



HAL
open science

Géographie et écologie végétale. Pour une nouvelle convergence.

Frédéric Alexandre

► **To cite this version:**

Frédéric Alexandre. Géographie et écologie végétale. Pour une nouvelle convergence.. Géographie. Université Paris 7 - Diderot, 2008. tel-01620835

HAL Id: tel-01620835

<https://sorbonne-paris-nord.hal.science/tel-01620835>

Submitted on 21 Oct 2017

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Géographie et Écologie végétale Pour une nouvelle convergence



Frédéric Alexandre
Habilitation à diriger des recherches
Volume inédit
réalisé sous le parrainage de Patrick Blandin
Professeur au Muséum National d'Histoire Naturelle

Soutenue le 8 décembre 2008 à l'Université Paris Diderot devant le jury composé de :
Thierry Brossard, directeur de recherches au CNRS
Jean-Paul Amat, professeur à l'Université Paris 4
Bernard Elissalde, professeur à l'Université de Rouen
Catherine Mering, professeur à l'Université Paris 7
Laurent Simon, professeur à l'Université Paris 1
Patrick Blandin, professeur au MNHN

Géographie et Écologie végétale Pour une nouvelle convergence

Frédéric Alexandre

Habilitation à diriger des recherches

Volume inédit

Remerciements

Ces remerciements s'adressent d'abord à Patrick BLANDIN, professeur au Muséum National d'Histoire Naturelle, qui a accepté de parrainer cette Habilitation à diriger des recherches. Ce volume n'aurait pu prendre cette forme et cette ampleur sans les réguliers échanges que nous avons eus. La rigueur intellectuelle et scientifique qu'il m'a fait partager a permis de faire ressortir l'essentiel de ce que je souhaitais exprimer et de délaissier les chemins de traverse vers lesquels je me serai égaré.

Jean-Paul AMAT, professeur à l'Université Paris-Sorbonne Paris IV, et Bernard ELISSALDE, professeur à l'Université de Rouen, ont accepté de rédiger, dans les délais très courts que mes retards successifs dans la rédaction de ce mémoire leur ont imposés, les pré-rapports permettant de la soutenance de cette habilitation. Je les remercie de ne pas m'en avoir tenu rigueur. Je leur associe, bien entendu, Catherine MERING, professeur à l'Université Paris-Diderot Paris 7, qui a bien voulu tenir le même rôle comme rapporteur interne ; en amont, ses conseils avisés m'ont été précieux, comme l'ont été, dans un autre registre, les discussions que nous avons pu avoir autour des programmes auxquels elle m'a associé.

Je remercie également Thierry BROSSARD, directeur de recherches au CNRS (UMR THEMA – Théoriser et modéliser pour analyser), d'avoir accepté la présidence du jury et Laurent SIMON, professeur à l'Université Paris 1 – Panthéon-Sorbonne d'avoir bien voulu y participer. Je compte sur le regard acéré qu'ils porteront sur ce travail pour que le débat soit animé et fructueux.

Ce volume est, par ailleurs, nourri de mon expérience d'enseignant et de chercheur, ce qui signifie aussi nourri par les contacts et les discussions avec mes collègues. Il me faut plus particulièrement citer Alain GENIN, maître de conférence à l'Université de Tours, avec qui j'ai noué depuis plus de trente ans, des relations de complicité scientifique et d'amitié. Au quotidien, c'est avec Marianne COHEN, maître de conférence HDR à l'Université Paris-Diderot, que les contacts sont les plus fournis ; merci à elle de m'avoir associé, dès mon arrivée à Paris 7, dans l'aventure du programme sur le Causse Méjan, dans bien d'autres depuis lors ; merci aussi de m'avoir poussé à entrer dans l'UMR Ladyss, laboratoire de recherche dont j'apprécie beaucoup la démarche interdisciplinaire. Gilles BENEST, maître de conférence en écologie, m'a, lui, entraîné dans une autre très riche aventure, celle du DESS (puis M2 pro) Espace et Milieux. La tâche de direction d'un master professionnel est aussi passionnante que prenante : je remercie Gilles d'avoir bien voulu s'en acquitter seul ou presque pendant les mois qu'ont duré cette rédaction.

Tous les enseignants-chercheurs le diront : on apprend énormément au contact des étudiants. Beaucoup de visages me viennent en mémoire au moment où j'écris ces lignes ; je ne peux mettre des noms sur tous. Faute de pouvoir tous les citer, je mentionnerai Hacène AREZKI, Florence GARLATTI et Julien ANDRIEU, les trois étudiants que j'ai encadré pour leur thèse (respectivement avec Marianne Cohen, Monique FORT et Catherine MERING).

Je tiens aussi à exprimer ma reconnaissance aux deux professeurs que je considère comme mes maîtres, Michel LECOMPTE, trop rapidement disparu, et Michel GODRON.

Merci enfin à Cécile, ma fille, et à Françoise CHAMPION, mon épouse, qui ont su garder patience durant ces mois de rédaction au cours desquels mon humeur a été, disons, inégale. Le regard extérieur porté par Françoise, comme sociologue, sur ce que j'écrivais m'a aussi été précieux.

Sommaire

p. 7 Introduction générale

p. 21 Première partie : Découpages, limites et discontinuités dans la biosphère

p. 27 Chapitre 1 - A petite échelle, la distribution des paysages végétaux et le modèle zonal

p. 49 Chapitre 2 - Revisiter le modèle zonal : transitions et limites entre domaines bioclimatiques

p. 77 Chapitre 3 - Le modèle de l'étagement de la végétation en montagne

p. 97 Chapitre 4 - A grande échelle, le modèle de la mosaïque

p. 123 Chapitre 5 - Modèles alternatifs : continuum, *gradient analyses* ...

p. 149 Deuxième partie : Organisation spatiale de la végétation aux échelles moyennes

p. 155 Chapitre 6 - Propositions pour l'étude des relations climat-végétation aux échelles moyennes

p. 185 Chapitre 7 - Du sahélien au guinéen, flore et végétation soudaniennes de la frange littorale de l'Afrique de l'Ouest

p. 207 Chapitre 8 - La limite nord du domaine bioclimatique méditerranéen

p. 235 Troisième partie : Dynamique du paysage

p. 241 Chapitre 9 : Paysage et environnement

p. 259 Chapitre 10 : Dynamique du paysage dans les montagnes méditerranéennes

p. 285 Chapitre 11 : Dynamique des « paysages » agricoles et forestiers dans les régions littorales d'Afrique de l'Ouest

p. 313 Conclusion générale

INTRODUCTION GENERALE

Géographie et écologie ont longtemps eu partie liée avant que l'écologie ne se tourne vers des concepts et des thèmes de moins en moins spatiaux tandis que la géographie, classiquement placée à la charnière des sciences de la nature et des sciences sociales, s'ancrait de plus en plus dans ces dernières. Or, le contexte a changé et les questions posées par la société sur l'état présent et à venir de l'environnement terrestre obligent la géographie à se « renaturaliser » tandis que l'écologie, qui doit se penser de plus en plus en termes de territoires, est amenée à se « respatialiser ».

Assurant depuis 2002 avec un écologue, Gilles BENEST, la direction du master professionnel Espace et Milieux où les savoirs et les compétences des deux disciplines sont, de longue date¹, associés, j'ai pu mesurer l'intérêt de notre alliance au service de la formation de gestionnaires de territoire (quelle que soit l'échelle de celui-ci) capables de traiter les questions d'environnement et de développement durable qui s'y rencontrent. Cette alliance trouve, naturellement (si j'ose dire), des prolongements dans la recherche. Je ne prétends pas avoir exploré tous ces prolongements mais quelques pistes ont été tracées concernant la manière dont la végétation « habite » la Terre ... Là où les racines grecques Oikos et Gê se rejoignent.

Dans mes premières années d'enseignant-chercheur à l'Université Paris 7, j'ai souvent entendu Olivier DOLLFUS, François DURAND-DASTES ou Michel LECOMPTE rappeler que la géographie tient en quelques questions d'une trompeuse simplicité : où ? jusqu'où ? pourquoi *ici* et pas *là* ? ... Faussement simples car, à l'usage, elles ouvrent vers une réflexion sur l'organisation de l'espace qui dépasse rapidement la dimension descriptive, voire contemplative qui a souvent été reprochée à la discipline. A ce propos, une phrase de Paul VIDAL DE LA BLACHE (1899) est souvent citée (*in* BLANDIN et LAMOTTE, 1988, PINCHEMEL G. et PH., 1997, *etc.*) quoiqu'elle ne puisse résumer l'approche du géographe :

« La géographie est une vieille science, mais elle se rajeunit périodiquement à mesure qu'elle se retrempe à ses sources vives, c'est-à-dire la diversité des spectacles terrestres. »

Ces questions applicables à l'ensemble des objets et des phénomènes qui s'inscrivent dans l'espace ou le parcourent fondent à elles seules l'unité de la géographie. Rappelons que cette unité était (et reste) contestée. Je me souviens ainsi d'un questionnaire envoyé par telle ou telle association de promotion des nouvelles approches en géographie, au début de la décennie 1990-

¹ Espace et Milieux a été en 1986 sous l'impulsion d'un écologue, Jean-Pierre RAFFIN et d'une géographe, Yvette DEWOLF. La formation garde, malgré les difficultés administratives que cela peut poser (nous sortons, de fait, des cadres prévus), un double rattachement au sein de l'Université Paris 7 : à l'UFR Géographie, Histoire et Sciences de la Société, d'une part, à l'UFR Sciences du Vivant, d'autre part. Ce double rattachement est notre raison même d'exister.

2000 aux professeurs d'histoire-géographie du secondaire (dont j'étais alors) sommant de cocher une des deux propositions d'évidence incompatibles suivantes : pour vous, la géographie est-elle une science de la nature ou une science sociale ? La marginalisation, voire l'éviction, du versant naturaliste de la géographie se profilait derrière une question à laquelle je n'avais pas répondu... Car elle n'a pas de réponse : plus qu'une science, la géographie est une discipline qui envisage la dimension spatiale des choses et des phénomènes. Je me tiendrai à cette discipline dans ce qui va suivre.

Au cœur de ce mémoire, la végétation, objet tout entier naturel en même temps qu'il importe tout entier aux sociétés humaines, sera passée au crible des questions d'apparence si simples du géographe. Elle sera ici essentiellement envisagée comme source d'information spatiale. De quel espace parlons-nous ?

Si l'on préfère, on cherchera à formaliser et à interpréter les indications livrées par la végétation sur les milieux et les systèmes socio-spatiaux à la croisée desquels elle se situe. Cette croisée des chemins correspond assez bien au « géosystème » défini par Georges BERTRAND (1968)² ; ceci dit, plus ambitieux, celui-ci a plus fondé son analyse sur un renouveau précurseur de l'étude du paysage, concept central d'une géographie physique qui se voulait globale que sur les différents niveaux d'information fournis par la végétation. Plus récemment, le programme environnement, vie et sociétés (PEVS) du CNRS (LEVEQUE, MUXART *et al.*, in ALEXANDRE et GENIN *éds.*, 2008) a proposé le terme d'« anthroposystème » défini comme :

« système complexe, hybride et interactif entre deux ensembles organisés constitués par un (ou des) sociosystème(s) et un (ou des) écosystème(s), plus ou moins artificialisé(s) ; ces systèmes se développent sur un territoire donné et évoluent selon une trajectoire temporelle ».

La végétation peut ainsi être envisagée comme l'émergence spatiale la plus tangible des anthroposystèmes, son meilleur indicateur en somme. Etudier la géographie de la végétation est ainsi une des manières d'interroger la dimension territoriale des anthroposystèmes.

Il peut paraître paradoxal de se réclamer d'une perspective systémique, pour ensuite ne retenir qu'un élément, fût-il fondamental à la compréhension de l'ensemble. L'apport du géographe, *a fortiori* celle du phytogéographe, ne peut, de fait, s'entendre qu'en complémentarité avec les autres disciplines. Dans tous les programmes ou opérations auxquels j'ai participé³, ce contact a été effectif, la recherche n'étant plus guère aujourd'hui une aventure individuelle. C'est aussi le sens de mon inscription au sein de l'UMR LADYSS dans laquelle la pratique de l'interdisciplinarité est une sorte de « marque de fabrique », singulièrement sur le thème de l'environnement⁴. Cette ouverture interdisciplinaire n'apparaîtra pleinement que dans la troisième partie de ce volume sur le thème des paysages. Les première et deuxième parties, c'est un peu la loi du genre pour une habilitation à diriger des recherches, ont été conçues dans un cadre plus fortement disciplinaire, cherchant à mieux replacer mon itinéraire dans celui du renouveau de la biogéographie⁵, vigoureux depuis une trentaine d'années.

² Article repris dans un recueil des textes choisis de Claude et Georges BERTRAND (2002).

³ De la question de l'embroussaillage sur le Causse Méjan (COHEN *et al.*, 2003) à la dynamique des paysages agricoles et forestiers en Afrique de l'Ouest, en passant par l'érosion sur les terrains marneux des Alpes du Sud, les interrelations terre-mer en baie du Mont-Saint-Michel, ou les sites d'études andalous, provençaux ou frioulans sur les paysages des arrière-pays montagneux méditerranéens.

⁴ Sur ce point, la publication de *Sciences de la Nature, Sciences de la Société : les Passeurs de frontières*, coordonné par Marcel JOLLIVET (1992) a été pionnière. Le rattachement à l'UMR LADYSS de la revue *Natures, Sciences et Sociétés* est un autre signe de ce caractère central de la pluridisciplinarité.

⁵ Au sens où on l'entend dans les départements de géographie.

Une définition de la végétation

Qu'est-ce que la *végétation* ? La définition de la végétation comme objet géographique n'a rien d'évident ; voici celle à laquelle je me suis arrêté, plus complète que celle donnée dans des textes précédents (LECOMPTE et ALEXANDRE, 1996, ALEXANDRE *et al.*, 1998b, ALEXANDRE *et al.*, 2002). Cette définition met l'accent sur la nature de l'information attendue par son étude.

Ensemble de végétaux assemblés en un lieu ou une région donnée, la végétation livre une information spatiale de trois natures :

- une information d'ordre physionomique ; elle porte sur sa structure horizontale et, dans le cas de végétations complexes, sur sa structure verticale ; en se référant à l'usage établi par August GRISEBACH (1875), on désignera comme *formation végétale* une végétation identifiée par des critères physionomiques, un type de *paysage végétal*, en somme ; l'information recueillie peut être qualitative (type de formation, types biologiques ou espèces dominantes) ou quantitative (taux de recouvrement, biomasse, spectre biologique, etc.) ;
- une information sur son contenu floristique, c'est-à-dire la liste des espèces botaniques présentes ; on parlera ici de *communauté végétale* pour désigner un ensemble d'espèces dont les individus vivent côte à côte ; la fréquence de co-occurrence de certaines espèces permet de déterminer des *groupements végétaux* dont la phytosociologie cherche à établir la classification ; la flore est ici envisagée comme un élément de la végétation, ce qui n'est pas toujours d'usage ; l'information floristique est *a priori* qualitative mais la fréquence des espèces dans les communautés peut aussi être quantifiée, ce qui rappelle que les niveaux d'information physionomique et floristique sont interpénétrés ;
- une information de nature démographique et dynamique ; chaque végétation est un assemblage de populations spécifiques qui peuvent être étudiées en elles-mêmes avec leurs caractères biométriques, chorologiques ou, dans leur évolution spatio-temporelle, en interaction les unes par rapport aux autres ; lorsque libre cours est laissé à cette dynamique, il se dessine des *successions végétales* ; les principales d'entre elles ont été « modélisées » sous le nom de *séries de végétation* dont le terme serait la végétation climacique ; la théorie du climax a soulevé, ceci étant, des questions aussi bien théoriques que pratiques.

Où ? Jusqu'où ?

Où ? Cette question permet de définir le *lieu* en précisant ses attributs. La végétation participe ainsi à définir le caractère bio-physique d'un lieu. « Élément de base de l'espace géographique, son atome en quelque sorte » (BRUNET R., *in* BRUNET, FERRAS, THERY *éds.*, 1990), le lieu n'existe que comme point dans une étendue formée d'une infinité d'autres lieux. Il faut ainsi passer des faits de localisation à la *spatialisation* qui peut être définie comme l'étude de l'agencement des lieux.

La première opération qui vient à l'esprit est une opération de généralisation spatiale ; elle consiste à préciser jusqu'où s'étend le fait observé en tel lieu, passant ainsi du point à l'aire homogène au regard de l'objet ou du phénomène étudiés. Lorsque le caractère change, une limite peut être tracée ; il en résulte une figure qui peut être dessinée sur une carte. La cartographie de la végétation et la cartographie écologique qui lui est associée, quelle que soit l'échelle à laquelle elles ont été réalisées, ont généralement procédé ainsi⁶. Le protocole expérimental est à peu près toujours le suivant : à partir d'un échantillon représentatif de points de relevés, ces derniers sont

⁶ On peut suivre les diverses tentatives faites en ce sens en feuilletant la revue *Documents de cartographie écologique* dirigée par Paul OZENDA.

classés en fonction du degré de similitude observé ; les critères sur lesquels s'effectue cette classification sont, à partir de là, extrêmement divers et des discussions parfois âpres ont été menées à ce sujet. L'information contenue dans la flore est reconnue comme plus riche et de plus grande valeur dans ses indications écologiques que l'information attachée à la physionomie de la végétation, laquelle, en revanche, enregistre clairement l'action passée et présente des sociétés humaines ; les critères qui décrivent une formation végétale (son étendue, sa forme, sa structure horizontale ou verticale) sont par ailleurs une information essentielle pour la connaissance des écosystèmes dont ils vont moduler le fonctionnement.

Quoi qu'il en soit, pour chacun des points, les résultats sont généralisés à une aire qui a été tracée, lorsque l'ensemble du terrain n'a pu être parcouru (ce qui est le cas général), à partir par exemple des zones d'égale apparence sur les documents de télédétection disponibles (photographies aériennes ou images satellitaires de plus ou moins haute résolution selon l'échelle de travail) ce qui postule que la structure spatiale des groupements végétaux se calque sur celle des formations végétales. Les levés topographiques permettent de nuancer dans le cas de formations végétales d'apparence trop homogènes.

Cette approche par généralisation du lieu à l'aire offre une représentation de la végétation à grande échelle. Celle-ci finit par rejoindre, en procédant par emboîtement d'échelles, une autre visée, fort ancienne, qui procède de façon inverse en recherchant un découpage de la « face de la Terre » :

« La connaissance de la Terre ne saurait se contenter d'informations ponctuelles, hétérogènes. Son approfondissement appelle la saisie des ensembles, une intelligence de la surface de la Terre, qui passe par sa division logique, rationnelle. De tout temps, les hommes ont marqué et ont pris possession de la Terre en la divisant. Les Grecs y distinguaient des climats, c'est-à-dire des zones ... » (PINCHEMEL Ph. et G., 1979)⁷

Ce découpage s'appuie sur la création de catégories dont on va ensuite rechercher les principes d'une classification. *Penser – Classer* : Georges PEREC, un des écrivains que les géographes aiment à citer, donna ce titre-manifeste à un texte (publié dans un recueil posthume : 1985). Doit-on le transposer et le proposer comme un horizon indépassable ? Qu'il soit indispensable de créer des catégories de référence n'implique pas que l'ensemble de l'objet d'étude (en l'occurrence, l'espace géographique) soit découpé et rangé de force dans ces catégories. Cela revient à corseter la réalité et, ce faisant, à abandonner sur des bases arbitraires une partie de l'information contenue dans celle-ci (LECOMPTE et ALEXANDRE, 1996).

La volonté d'aboutir à une classification partielle ou universelle a été poussée particulièrement loin en biogéographie végétale. Depuis plus d'un siècle, de telles classifications se succèdent, évoluant entre plusieurs concepts définis à des échelles plus ou moins explicites : *formations* (GRISEBACH, 1875), *étages de végétation* (SCHRÖTER, 1904), *synusies* (GAMS, 1918), *associations végétales* (BRAUN-BLANQUET, 1928, PAVILLARD, 1935), *étages bioclimatiques* (EMBERGER, 1930), *séries de végétation* (GAUSSEN, 1938), *biogéocoenoses* (SUKACHEV, 1942), *groupes phyto-écologiques* (GOUNOT, 1958), *unités de paysage* et *géosystèmes* (BERTRAND, 1969) ... Pour ne pas toutes les citer ... Les plus élaborées de ces classifications proposent une véritable systématique, la phytosociologie sigmatiste principalement. *Et si les classifications, dont la multiplicité étonne, n'étaient pas le moyen approprié à la description de la distribution des plantes ?* Cette question, posée dans un article paru voilà quelques années (ALEXANDRE *et al.*, 1998b) sera un des fils rouges de ce mémoire. Imaginer les moyens de « traquer » cette part négligée de l'information botanique, la mettre en forme et l'interpréter reste la visée principale des travaux de recherche que j'ai pu mener.

⁷ Republié en 2005 dans un recueil des articles de Geneviève et Philippe PINCHEMEL, joliment intitulé *Géographie : une intelligence de la Terre*. L'expression revient dans la citation.

La résultante des deux façons de procéder définies ci-dessus a été la constitution de quelques modèles spatiaux d'organisation de la végétation, habituellement admis : à petite échelle, le modèle zonal de distribution des grands biomes terrestres et le modèle de l'étagement en montagne ; à grande échelle, le modèle de la mosaïque des groupements végétaux et le modèle, plus contesté aujourd'hui, du climax. La première partie de ce mémoire reviendra sur la constitution de ces modèles au XIX^e et au XX^e siècles, en insistant à la fois sur la démarche qui a permis d'effectuer un inventaire raisonné des types de végétation et sur la part d'information laissée de côté, sur la complexité des figures et des formes spatiales présentées par la végétation présente et sur leur signification. L'approche historique de relecture des textes fondateurs sera complétée par des exemples tirés de mon travail de terrain dans une sorte de confrontation du modèle avec la réalité dont il entend rendre compte. L'emploi du terme de *modèle* demande ici quelques précisions. J'emprunterai ici la définition un peu ancienne du *Vocabulaire des sciences sociales* d'Alain BIROU (1966) qui convient bien aux modèles spatiaux, qui peut être adaptée aux modèles des sciences de la nature et qui n'enferme pas le terme dans ses seules formalisations mathématiques :

« système physique, mathématique ou logique représentant les structures essentielles d'une réalité et capable à son niveau d'en expliquer ou d'en reproduire dynamiquement le fonctionnement. »

De fait, les modèles dont il est ici question mettent à jour une organisation spatiale, ce qui renvoie aux facteurs organisateurs de cette réalité, j'y reviens ci-dessous. Dans un premier temps, toutefois, l'interrogation portera sur la structure spatiale mise à jour et sur la finesse avec laquelle elle est restituée.

Une part de l'information spatiale apparaît ainsi mal prise en compte par les approches évoquées, leur finalité commune étant avant tout d'effectuer un inventaire des types de végétation. S'agissant de la reconnaissance d'entités géographiques, des interrogations emboîtées surgissent sur les modalités de leur inscription dans l'espace :

- Comment traduire autrement que par un trait l'existence de bandes de transition, d'épaisseur variable, entre des secteurs où la végétation est plus homogène ?
- Quel est le statut des contours assigné à ces entités ? Correspondent-ils à une limite nette – pour au moins un paramètre – sur le terrain ? A une transition ? A une variation dans le rythme des changements ? A une ligne conventionnelle ?
- L'homogénéité face à un caractère ou un paramètre, nécessaire à l'identification des catégories spatiales est-elle partout présente ? La recherche de l'homogène est-elle toujours la voie pertinente pour une description convenable de l'espace bio-physique ?

La question se pose avec d'autant plus d'acuité que l'hétérogénéité domine souvent dans le tapis végétal, beaucoup plus qu'on ne le pense généralement :

- Comment montrer que ces transitions diffèrent à la fois dans leur intensité (part de la flore renouvelée, changements brusques ou imperceptibles dans le paysage), dans leur vitesse (transition brutale ici, plus lente là) et dans leur mode ?
- Comment prendre en compte la diversité des formes d'organisation en fonction des échelles d'analyse ?
- L'interrogation porte enfin sur la coïncidence ou la divergence entre la structure spatiale renvoyée par la composition floristique et celle, plus immédiate, livrée par l'observation du paysage végétal.

En répondant à l'ensemble de ces questions, il devient possible de jeter les bases d'une morphologie spatiale du couvert végétal. Celle-ci n'est pas sans correspondance avec les recherches menées dans le même sens en géographie humaine (GRASLAND, in ALEXANDRE et GENIN *éds*, 2008)

depuis la thèse majeure de Roger BRUNET sur les phénomènes de discontinuités en géographie (1967) ; il existe aussi quelques différences majeures qu'il faudra préciser. Le travail est cependant immense et seules les échelles intermédiaires, parfois délaissées, seront ici scrutées (en deuxième partie) : les principaux résultats d'une vingtaine d'années de collecte de données botaniques autour de la Méditerranée, dans le massif alpin et, plus récemment en Afrique de l'Ouest, doivent être rappelés ; l'extension de cette manière d'explorer le tapis végétal peut, pour le moins, renouveler la phytogéographie régionale.

Michel LECOMPTE (1973, 1986, 1988), sous la direction de qui ces travaux ont d'abord été menés, avait placé l'analyse de ces données dans le cadre d'un réexamen des corrélations entre géographie du climat et distribution des plantes : il proposait le nom de « phytoclimatologie dynamique » pour l'ensemble de ce raisonnement. Ceci amène à la deuxième question, celle de la recherche d'une organisation spatiale : derrière la structure révélée par l'analyse, le jeu d'un ou plusieurs facteurs organisateurs donne force explicative à l'ensemble et aide à comprendre comment l'ensemble des éléments constitutifs de la biosphère font système.

Pourquoi ici et pas là ?

Dans sa composition comme dans sa physionomie, la végétation offre une grande variété selon le lieu. C'est que tout lieu est un milieu qui offre aux êtres des conditions de vie plus ou moins hostiles ou favorables. Ce constat est un fait géographique majeur et a donné naissance à une science qui est devenue par excellence la science de la nature et de l'environnement : l'écologie. J'emploierai peu le mot de nature dans ce qui suit, bien que le sens que les Grecs donnaient au mot *phusis*, traduit par *natura* chez les auteurs latins, convienne assez bien à mon propos. Il correspond bien au *monde bio-physique* ou à la *biosphère* dont il sera plus volontiers question, le mot de nature s'étant chargé de trop de significations contradictoires.

Comme toutes les histoires de cette science (ACOT, 1988, DELEAGE, 1991, DROUIN, 1993, MATAGNE, 2002) le soulignent, l'écologie a, en effet, pris naissance à partir de la géographie des plantes que TOURNEFORT ou LINNE avaient esquissée avant qu'Alexandre de HUMBOLDT (1807) n'en pose les fondements, ajoutant là, en quelque sorte, un chapitre à la *Géographie physique* de KANT (1802). Ce dernier avait jeté les bases du raisonnement géographique moderne ; la géographie ne peut consister en un agrégat de connaissances ou un inventaire des lieux ; elle doit, au contraire, être construite comme un tout à l'intérieur duquel « les choses sont considérées selon les places qu'elles occupent sur la Terre ».

L'écologie repose, de fait, sur un paradigme⁸ géographique qui a émergé plus de cinquante ans avant que HAECKEL ne propose le terme en 1866 : celui du lien entre les êtres vivants et le milieu dans lesquels ils vivent, lien qui impose d'envisager le monde bio-physique comme un tout, mais un tout différencié spatialement par l'aptitude plus ou moins forte de survivre dans une gamme variée ou réduite de milieux. HUMBOLDT en a l'intuition⁹ lorsqu'il présente son *Essai sur la Géographie des plantes* à la Classe des sciences physiques et mathématiques de l'Institut national à Paris le 17 Nivôse de l'an 13 (publié en 1807) :

⁸ Au sens que Thomas S. KUHN (1970) donne à ce terme : « selon l'usage habituel, un paradigme est un modèle ou un schéma accepté, et cette signification particulière m'a permis de m'approprier ce terme, à défaut d'un meilleur. [...] Dans [son] application classique, le paradigme fonctionne en permettant de reproduire des exemples dont n'importe lequel, en principe, pourrait le remplacer. Dans une science, au contraire, un paradigme est rarement susceptible d'être reproduit : [...] c'est un objet destiné à être ajusté et précisé dans des conditions nouvelles ou plus strictes. »

⁹ Sur ce point, Jochen HOOCK (*in* LEVY et LUSSAULT éd., 2003) souligne que le travail de HUMBOLDT s'apparente, comme cela a été déjà souligné, « par l'approche raisonnée au cours de géographie de KANT tout en s'ouvrant sur une version totalisante à laquelle la morphologie goethéenne n'était pas totalement étrangère ».

« Les recherches des botanistes sont généralement dirigées vers des objets qui n’embrassent qu’une très petite partie de leur science. Ils s’occupent presque exclusivement de la découverte de nouvelles espèces de plantes, de l’étude de leur structure extérieure, des caractères qui les distinguent et des analogies qui les unissent en classes et en familles. [...] Il n’est pas moins important de fixer la Géographie des plantes ; science dont il n’existe encore que le nom, et qui cependant fait une partie essentielle de la physique générale. C’est cette science qui considère les végétaux sous les rapports de leur association locale dans les différents climats. »

Quelques années plus tard, dans son grand œuvre, dont le titre, *Cosmos* (1845-1862), évoque bien l’ambition totalisante, le lien est réaffirmé, explicité même. HUMBOLDT estime, au passage, que cette mise en correspondance est plus aisée à réaliser en s’appuyant sur les végétaux que sur les animaux, plus difficiles à saisir :

« Pour que la géographie des plantes prît rang parmi les sciences, il fallait que la doctrine de la distribution géographique de la chaleur fût fondée et qu’elle pût être rapprochée de celle des végétaux. [...] Les espèces auxquelles j’ai donné le nom de plantes sociales recouvrent uniformément de grandes étendues. [...] Ce mode spécial de distribution géographique, joint au port des végétaux, à leur grandeur, à la forme des feuilles et des fleurs, constitue le trait principal du caractère d’une contrée. La vie animale, malgré sa variété et son aptitude à faire naître en nous des sentiments de sympathie ou de répulsion, est d’un aspect trop mobile et trop insaisissable pour influencer bien puissamment sur la physionomie d’un pays : elle lui reste presque étrangère. »

Que l’étude des rapports entre les êtres vivants et leur milieu doive porter sur la « physionomie de la contrée », voilà qui, en revanche, a été fort contesté, au point que toute valeur scientifique a parfois été déniée aux travaux des phytogéographes. Par diverses voies, le paradigme s’est ainsi trouvé remanié et précisé. Pour s’en tenir à l’écologie et à la biogéographie végétale, débats et controverses ont porté :

- sur la qualité de l’information collectée : s’appuyer sur la flore, meilleure intégratrice des données du milieu ou en revenir au paysage végétal dont la structure qu’elle soit verticale ou horizontale est déterminante pour le fonctionnement de l’écosystème ;
- sur la manière d’aborder la question : procéder à la manière des phytosociologues en partant de la composition floristique et déduire la signification écologique des groupements végétaux identifiés ; ou bien partir du milieu et trouver ensuite les espèces réactives au changement d’état de celui-ci comme le proposait Louis EMBERGER (1943), comme l’ont pratiqué les phyto-écologues (GOUNOT, 1958, 1969 ; DAGET et GODRON, 1982) ou les tenants de la *gradient analysis of vegetation* (WHITTAKER, 1967, 1973) ;
- sur la façon de concevoir les communautés : supra-organismes pour Frederic E. CLEMENTS (1916), *continuum* pour Henry A. GLEASON (1926) ou Félix LENOBLE (1926) ou unités discrètes pour les phytosociologues et la plupart des auteurs des manuels de biogéographie en langue française contemporains (BRAQUE, 1988, LACOSTE et SALANON, 2001).

Pour GLEASON (1926), par exemple, qui s’opposa à CLEMENTS, le fondateur de la théorie du climax (1916) et à la plupart des écologues de son époque, chaque espèce a ses exigences propres face à la multitude des paramètres écologiques (chacune a sa propre « niche écologique »). La rencontre d’un ensemble d’espèces en un lieu donné lui apparaît comme un phénomène temporaire et fluctuant qui dépend, dans son origine, de l’histoire complexe des flores et, dans sa structure et sa dynamique, d’une part, de l’action sélective de l’environnement, d’autre part, de la nature de la végétation environnante. Il lui apparaît dès lors bien peu probable que le tapis végétal soit ainsi formé d’une mosaïque de groupements, simple reflet de la mosaïque des milieux actuels. Il est cependant possible, ajoute Robert H. WHITTAKER (1969), de trouver un ordonnancement (*ordination*) des végétaux en fonction des variations du milieu.

Les critiques les plus virulentes contre CLEMENTS, ses formations végétales ou ses biomes qui naissaient, devenaient adultes et atteignaient l'état d'équilibre, de plénitude (*climax*) avec le milieu sont toutefois venues d'Arthur G. TANSLEY (1935) dans un article au titre évocateur (*Use and abuse of vegetational concepts and terms*)¹⁰ dans lequel il propose le concept d'écosystème. Comme le résume Jean-Pierre RAFFIN (*Encycl. Univ.*)¹¹ :

« CLEMENTS travaille sur les formations végétales de la Grande Prairie américaine mises à mal par l'agriculture et l'élevage. L'exploitation à outrance de ces terres [...] a eu pour conséquence une érosion éolienne qui a abouti à la formation d'un « désert » (le *Dust Bowl*) et à une émigration massive de paysans, épisode admirablement décrit par John STEINBECK dans *Les Raisins de la colère* (1939). CLEMENTS avance que la succession des formations végétales conduit à un stade final naturel stable, le climax, que l'homme altère. TANSLEY, au contraire, pense que les unités de base de la nature, les écosystèmes, sont dynamiques et diverses en type et en taille. Pour lui, il n'est pas possible d'en exclure les milieux liés aux activités humaines, l'homme étant un facteur biotique à prendre en compte, au même titre que d'autres paramètres, dans l'analyse écologique. »

Le débat revient périodiquement sur le caractère spatial ou non des écosystèmes ; disons, en première instance, que l'écosystème, concept centré sur l'étude des complexes interrelations entre le vivant et l'inerte, n'est pas d'évidence un concept spatial. Des observations analogues pourraient être faites à propos des méthodes floristiques et floristico-écologiques (phytosociologie, phytocologie, analyse de gradients) dans lesquelles le point de départ est bien fondé sur des observations de terrain, donc ancré dans l'espace, mais où l'analyse spatiale est ensuite souvent sommaire ou estompée. Il subsiste, dans ces études, une certaine confusion entre localisation et spatialisation : les faits naturels sont observés et analysés, ils sont localisés puis rapportés à la station ; mais on en est trop souvent resté là calquant alors la biosphère sur la mosaïque des groupements végétaux. Or les entités écologiques qui forment la biosphère ne peuvent être systématiquement assimilées aux tesselles d'une mosaïque ; elles sont le produit de l'entrecroisement de processus, de dynamiques, de mécanismes qui se placent à des échelles d'analyse variées et qui correspondent à des figures spatiales diverses. Tout ceci invite à participer au « retour du spatial » en écologie, discernable depuis quelques années à travers les réflexions sur la cartographie des écosystèmes (BAILEY, 1996), sur l'agencement de ceux-ci en fonction de l'histoire des territoires (BLANDIN et LAMOTTE, 1985, 1988) ou sur la *Landscape ecology* (FORMAN et GODRON, 1986, BUREL et BAUDRY, 1999).

Dans ce qui précède, le paradigme fondateur est discuté, remanié, bousculé, mais non remis en cause radicalement. Les travaux cités (il y en eut évidemment bien d'autres) s'inscrivent ainsi dans la « science normale » telle que la définit Thomas S. KUHN (1970) :

« Parmi les gens qui ne sont pas spécialistes d'une science adulte, bien peu réalisent quel travail de nettoyage il reste à faire après l'établissement d'un paradigme, ou à quel point ce travail peut se révéler passionnant en cours d'exécution. Il faut bien comprendre ceci : c'est à des opérations de nettoyage que se consacrent la plupart des scientifiques au cours de leur carrière. »

Je contribuerai donc ici à « nettoyer le paradigme » en participant à ce retour du spatial qui écrit un nouveau chapitre des relations géographie – écologie. Pas de remise en cause radicale mais une démarche complémentaire des travaux existants : j'examinerai à nouveaux frais les modalités géographiques des correspondances végétation – milieu aux échelles petites et moyennes où le climat est le facteur organisateur principal, effectuant la synthèse de travaux menés, d'une part, au contact entre le domaine méditerranéen et les domaines voisins, d'autre part, dans le massif alpin. René BRAQUE (1988) posait la question « la biosphère : complexe d'unités discrètes ou continuum ? »

¹⁰ Critiques virulentes même si TANSLEY prend soin de préciser à l'endroit de ceux qu'il conteste : "If some of my comments are blunt and provocative I am sure my old friend Dr CLEMENTS and my younger friend Professor PHILLIPS will forgive me".

¹¹ L'intérêt des articles contenus dans cette Encyclopédie n'est pas en cause mais le choix éditorial qui consiste à ne pas faire figurer la date de rédaction des textes est désastreux, on ne le dira jamais assez. D'où le choix de ne pas faire figurer de date dans le texte. Tous les articles cités proviennent de la dernière version électronique de l'*Encyclopaedia Universalis*.

et choisissait la première solution. A l'échelle d'analyse considérée, la réalité se révèle plus complexe que l'alternative radicale proposée : construit sur la vitesse plus ou moins rapide de défilement des espèces le long des gradients climatiques en fonction des seuils biologiques (thermiques ou hydriques) que celles-ci éprouvent, le modèle du *continuum à facettes*, suivant l'expression proposée par Michel GODRON lors de ma soutenance de thèse en mars 1994 (reprise dans ALEXANDRE *et al.*, 1998b, ALEXANDRE et GENIN, 2007, GODRON et ANDRIEU, 2007), rend bien compte de l'hétérogénéité régionale du tapis végétal. A charge pour des travaux complémentaires d'étudier sa micro-hétérogénéité.

Une réflexion déroutée vers le paysage et l'environnement

Mes travaux de thèse et mes premières années comme enseignant-chercheur ont ainsi été consacrés à la question de la structure spatiale de la végétation et aux facteurs qui l'organisent. L'étude en est fondée sur le *contenu* botanique de cette végétation, qu'il soit complet ou réduit à la fraction vivace de la flore. La démarche floristico-écologique évoquée dans la deuxième partie montre l'utilité qu'il peut y avoir à envisager séparément l'information spatiale renvoyée par la distribution des espèces de la flore et l'*aspect* de la végétation, la structure horizontale et verticale des formations végétales, ce que Henri ELHAÏ (1968) résumait dans l'expression *paysage végétal*.

La différence entre les deux natures de l'information livrée par la végétation avait été notée par les phytosociologues dès le début du XX^e siècle (GUINOCHE, 1973) : cas général, à une formation végétale homogène correspond le plus souvent une grande hétérogénéité des groupements végétaux ; la réciproque se rencontre également et une même composition floristique peut se retrouver dans des physionomies variées, surtout parce que les choix des hommes l'ont voulu ainsi. Les fréquences spécifiques changent alors d'un faciès à l'autre. La séparation entre les deux niveaux d'information n'est cependant pas une fin en soi. Si les structures spatiales révélées par l'étude, d'une part, du contenu floristique, d'autre part, de l'aspect visuel de la végétation ne se superposent pas, elles ne sont pas non plus indépendantes. L'analyse de ces interdépendances montre le poids des interventions humaines présentes et passées dans la répartition des formations végétales. Elle permet ainsi de restituer la dimension temporelle et d'analyser la dynamique de la végétation et du milieu, en mesurant ce qu'elle a de spontané, de « naturel » et ce qu'elle a d'anthropique. Elle entre dans ce qu'il est convenu d'appeler l'étude du *paysage*. Au vrai, l'emploi de ce terme, ambigu à force d'être employé dans des sens tantôt larges, tantôt restrictifs, mérite d'être précisé ; son choix nous est en quelque sorte imposé par les circonstances qui le font apparaître dans les appels d'offre, les programmes et même aujourd'hui, avec la *Convention européenne du paysage*, dans les textes officiels. Singulièrement, au cours de ces dernières années, le paysage s'est imposé à moi à travers ma participation à deux programmes :

- le « bilan prospectif » du programme régional de conservation de la zone côtière et marine en Afrique de l'Ouest (PRCM) dont l'axe 4¹² est consacré à la *dynamique des paysages agricoles et forestiers* ;
- suite à l'appel d'offres « paysage et développement durable » du Ministère de l'Ecologie et du Développement durable, le projet *Dynamique des paysages des montagnes méditerranéennes, érosion et développement durable*¹³ a été retenu, un premier bilan à mi-parcours ayant été fait en 2007.

¹² Animation : Frédéric ALEXANDRE et Abilio Rachid SAÏD. Il y a en tout sept axes dans le volet recherche de ce programme régional de développement.

¹³ Présenté par l'UMR Ladyss sous la direction de Marianne COHEN. Programme sur 3 ans d'octobre 2005 à octobre 2008.

Il n'est guère d'ouvrages ou d'articles qui ne traitent du paysage en soulignant le caractère polysémique du terme. Pourtant, le sens général du mot, « portion du pays qui s'offre au regard », n'a guère varié depuis son apparition dans les langues européennes aux XIV^e et XV^e siècles. Il s'est, ceci étant, chargé de significations connexes (voir chapitre 10) qui en ont tantôt restreint, tantôt élargi l'usage.

L'usage en a été restreint lorsque l'on a cherché à faire du paysage un concept scientifique objectif, assemblage d'éléments physiques et biologiques (ils sont matérialisés par les formations végétales le plus souvent) et produit d'une histoire, dont il garde les traces, parfois fort anciennes, stratifiées comme ces feuilles de papyrus ou ces parchemins formant palimpseste, pour reprendre l'image employée par Jean-Robert PITTE (1983). Cette « objectivation » du paysage se retrouve dans l'école de géographie régionale française qui a fait grand usage du terme, au point que Maximilien SORRE (1943) a pu écrire que : « nous dirions volontiers que toute la géographie est dans l'analyse des paysages ». Chez Paul VIDAL DE LA BLACHE (1903), il était l'expression à la fois d'une géomorphologie, résultat des forces telluriques et de l'action des éléments, de l'eau tout particulièrement, et des « genres de vie » qui produisent les structures agraires, l'occupation du sol et l'habitat. Chez ses successeurs, la caractérisation du pays s'effectue par la description minutieuse des formes de relief, du paysage végétal, du paysage agraire, etc. Plus récemment, saisis par la sémiologie, certains géographes ont vu dans le paysage une « forêt de signes », démarche dont on a par ailleurs souligné les limites :

« La lecture du paysage s'apprend, il s'observe comme un objet d'étude : avec quelque distance. Il comporte tout ensemble des indices et des signaux. [...] Le paysage comme ensemble d'indices en dit long sur la société qui l'a produit. Non sans biais : des parties sont cachées ; des indices trompeurs, polysémiques, renvoient à des indiqués différents ; le "message" est brouillé, en partie à cause des rémanences : nombre de traces sont mortes, viennent de mouvements du passé. Par tous ces biais, le paysage n'est pas un reflet. S'il renseigne, c'est mal. » (BRUNET R. *in* BRUNET, FERRAS ET THERY, 1991)

En écologie, le paysage, dont on a vu qu'il avait été violemment rejeté par toute une partie de la communauté scientifique (les phytosociologues sigmatistes en particulier), a opéré un retour, à mesure qu'il devenait évident que connaître la forme, la taille, la connectivité des éléments qui le constituent est une condition nécessaire à l'étude des écosystèmes. La convergence des expériences, par delà les frontières si prégnantes durant la Seconde Guerre mondiale et la Guerre Froide, est remarquable¹⁴ : en Allemagne, avec la *Landschaftsökologie*, initiée par Carl TROLL (1939)¹⁵, en Union soviétique, avec la « science du paysage », en Australie, avec la démarche du CSIRO¹⁶ fortement centrée sur l'analyse des images de télédétection, aux Etats-Unis, avec le développement de la *Landscape Ecology*, on a assisté à l'émergence de « l'écologie du paysage » (FORMAN et GODRON, 1986, BUREL et BAUDRY, 1999). En France, la géographie a joué un rôle pionnier ; ainsi en fut-il de Pierre BIROT (1965), de Georges BERTRAND (1968, 1969) ou de Jean TRICART (1972) qui dessinèrent et mirent en pratique une géographie physique globale.

Pour autant, le terme de paysage est-il ici bien choisi ? Patrick BLANDIN et Maxime LAMOTTE (1985, 1988) estiment préférable de le récuser pour mener à bien l'analyse d'un niveau d'intégration écologique supérieur à celui de l'écosystème ; ils rappellent que la perception est indissociable du paysage et proposent le terme d'*écocomplexe* : il s'agit ici de se placer, en somme, au niveau de la

¹⁴ Les diverses voies sont présentées dans ROUGERIE et BEROUCHTCHACHVILI (1991).

¹⁵ La date et le lieu attirent évidemment l'attention ... et le soupçon (ainsi ROGER, 1994). BUTZER (1976, 2004) estime à la lecture des travaux de TROLL qu'il faut rejeter l'affirmation de collusion avec le régime nazi ; TROLL n'a ni rassemblé des informations militaires, ni subordonné ses travaux scientifiques à des préceptes politiques, ni participé à la propagande culturelle des nazis. « L'examen des principales publications de Troll démontre que celui-ci a subtilement contredit les positions politiques du régime jusqu'en 1943, et qu'il l'a fait avec l'appui tacite du *Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde* de Berlin. Pendant la période 1945-1947, il n'y a pas eu de dissimulation, mais seulement le désir de continuer et d'avancer », conclut BUTZER (2004).

¹⁶ Pour *Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation*. Le CSIRO est l'organisme gouvernemental de recherche australien.

mosaïque et non plus à celui des pièces qui la composent. L'écocomplexe permet de prendre en compte le rôle joué dans l'histoire par les sociétés dans la transformation du milieu bio-physique¹⁷ en se dégageant de la subjectivité de la perception du paysage et des inévitables jugements de valeur qui accompagnent le système de représentations sociales qui l'entoure. C'est une position à laquelle je me tiendrai pour l'analyse de l'agencement spatial des formations végétales en relation avec leur contenu botanique.

La position n'est pourtant pas toujours aisée à maintenir. Le terme de paysage n'apparaît ainsi pas très approprié lorsque l'on s'appuie sur une démarche quantificatrice ou géomatique intégrant analyse de données numériques obtenues par télédétection et Systèmes d'Information Géographique (SIG). Il peut alors être imposé par les circonstances. Ainsi dans le cadre de la recherche évoquée ci-dessus sur la bande littorale de l'Afrique de l'Ouest : sur cet espace où alternent vasières à mangrove dans les deltas et estuaires des « Rivières du Sud » et bandes de terre ferme, on a cherché dans une cartographie diachronique des grands types d'occupation du sol¹⁸ à quantifier les évolutions de celle-ci. En complétant cette approche par des relevés botaniques et des enquêtes auprès des villages, on passe d'une *cinématique* de l'occupation du sol à une analyse de la *dynamique* des anthroposystèmes et à leurs causes naturelles (fluctuations de la pluviosité) ou anthropiques (changements dans les pratiques et les usages). On passe aussi d'une analyse proprement spatiale à une analyse en termes de territoires. Parler alors de « dynamique des paysages » pour cette démarche offre sans doute l'avantage d'être aisément compris par les organismes gouvernementaux ou non gouvernementaux qui sont les commanditaires du bilan prospectif du PRCM¹⁹. A l'inverse, cela pose le problème de l'emploi d'un mot qui ne fait pas socialement sens dans les sociétés africaines. Comme l'a montré Augustin BERQUE (1990, 1995), la sensibilité paysagère n'est pas universelle (même si la « liste » qu'il donne des civilisations portant intérêt au paysage – le Japon, la Chine à partir du IV^e siècle, l'Occident depuis la Renaissance – a pu paraître exagérément limitative).

Au fond, le concept de paysage ne trouve pleinement son intérêt que si l'on prend en compte sa dimension subjective. Indissociable de l'observateur et de sa perception, le paysage n'est alors plus essentiellement cet ensemble de signes dont le géographe entreprend la lecture ou cet ensemble de formes dans lequel l'écologue va voir se moduler les relations écosystémiques. Il devient l'expression la plus visible des rapports entre l'homme et son espace bio-physique. Je suivrai sur ce point les subtiles notations d'Eric DARDEL (1952) dont le court mais essentiel ouvrage, *l'Homme et la Terre*, fait aujourd'hui l'objet d'une redécouverte. Le paysage est, pour lui, l'environnement de l'homme, l'expression même de la « géographicité » de celui-ci :

« Sol et végétation, ciel d'hiver, le visage local et familier de la Terre avec ses éloignements et ses directions, ce sont tous les éléments géographiques que rassemble le paysage. [...] Le paysage est la géographie comprise comme ce qui est autour de l'homme, comme environnement terrestre. Tout autre chose qu'une juxtaposition de détails pittoresques, le paysage est un ensemble : une convergence, un moment vécu. »

Si l'on peut en identifier les éléments, en faire l'analyse en quelque sorte, le paysage doit en complément être envisagé dans sa globalité. Plus essentiellement encore que les communautés végétales, il est bien difficile de le découper en unités puisque (toujours DARDEL), il est surtout expérience de notre rapport à la Terre, expérience sensible qui fuit à mesure que le regard fuit vers l'horizon qui, s'il est parfois borné lorsque l'on se situe au sol est tout sauf une limite :

¹⁷ A mettre en correspondance avec le projet d'une histoire écologique exposé par Georges BERTRAND dans l'introduction à *l'Histoire de la France rurale* (in Duby et Wallon eds., 1975).

¹⁸ Suivant des principes assez proches de ceux éprouvés en Europe pour la constitution de la couche d'information consacrée à l'occupation du sol dans la base de données environnementales CORINE (ALEXANDRE, 2003).

¹⁹ Rappel : programme régional de conservation de la zone côtière et marine en Afrique de l'Ouest.

« Le paysage n'est pas un cercle fermé, mais un déploiement. Il n'est vraiment géographique que par ses prolongements, que par l'arrière-plan réel ou imaginaire que l'espace ouvre au-delà du regard. A l'horizon de la plaine canadienne, on sent, dit André Siegfried, « la présence du Grand Nord » : mêlée à ses perspectives, à sa vie, comme l'Ouest peut l'être au paysage de l'Ohio ou le Sud saharien pour l'Algérie. Le paysage est une échappée vers toute la Terre, une fenêtre sur des possibilités illimitées : un horizon. Non une ligne fixe, mais un mouvement, un élan. »

Cette approche du paysage verse ainsi du côté de la phénoménologie : Gaston BACHELARD et sa *Poétique de l'espace* (1953) avait déjà mis l'accent sur cette dimension sensible. Elle n'est pas seulement une somme d'expériences individuelles mais est surtout expérience collective intégrant le paysage-histoire au sens où l'entend Yves LACOSTE (2003) citant Julien GRACQ (1992) comme le paysage-mémoire (NORA, 1984, SCHAMA, 1999, LOWENTHAL, 2008) ; ils s'additionnent à l'archéologie du paysage couramment pratiquée. S'il est une échappée du côté des sciences humaines à laquelle je suis sensible, c'est bien celle qui conduit vers l'histoire (sans doute comme ancien professeur de lycée) : j'en donnerai quelques exemples de mise en œuvre. Cette approche donne toute son importance à la perception et à la représentation que se font les sociétés des paysages, en même temps qu'elle livre des clés pour comprendre la façon dont elles manifestent une certaine logique dans l'occupation du pays. Le « postulat du paysage » est, dès lors, énoncé par Augustin BERQUE (1995) :

« Les sociétés aménagent leur environnement en fonction de l'interprétation qu'elles en font, et réciproquement elles l'interprètent en fonction de l'aménagement qu'elles en font. »

Présentant la raison qui avait poussé le Ministère de l'Écologie et du Développement durable à présenter un appel d'offres rapprochant les termes « paysage » et « développement durable »²⁰, Yves LUGINBÜHL soulignait combien le terme était, à son origine, notamment dans le hollandais *Landschap*, associé à la sensation d'harmonie et de bien-être que ressentait l'observateur face à certains paysages. Cette remarque montre avec quelle acuité se pose aujourd'hui la question des rapports entre l'homme et la biosphère, question qui est au cœur du programme sur les dynamiques des paysages des montagnes de l'Europe méditerranéenne. Dans ce programme, nous avons souhaité que le paysage marche, si l'on peut dire, « sur ses deux jambes » : que l'étude des perceptions et des représentations de ceux qui habitent ou visitent ces territoires s'appuie sur une analyse solide de leurs fondements biologiques et physiques. Une telle approche est nécessairement le fait d'équipes pluri-disciplinaires puisqu'elle réclame le dialogue entre les approches écologique, géographique, sociologique, historique voire juridique ou philosophique.

Je voudrais ainsi, dans ce mémoire, contribuer à écrire un nouveau chapitre des rapports entre la géographie et l'écologie, participant en cela au projet que SACCHI, LAMOTTE et BLANDIN (article « écologie », *Encycl. Univ.*) définissaient comme suit :

« Ainsi, selon des modalités diverses, les organismes et les communautés qu'ils forment se comportent comme de véritables observatoires permanents de l'environnement dont les propriétés – amplification, cumulation, mémorisation – rendent possible le repérage de perturbations du milieu dont la détection directe pourrait être fort difficile. »

[*Le thème des limites et des discontinuités dans la biosphère, développé en première partie, est central pour définir ce repérage.*]

« En réalité, l'enjeu n'est pas seulement de promouvoir une exploitation de la production biologique moins génératrice de pollution et mieux adaptée aux nécessaires restrictions d'énergie : c'est tout l'aménagement des

²⁰ En juillet 2006, lors du 1^{er} séminaire réunissant les équipes dont le projet avait été retenu.

territoires qui doit faire l'objet de choix rationnels. Ceux-ci auront à s'appuyer à la fois sur des monographies d'écosystèmes et sur l'étude des interactions entre ceux-ci à l'échelle régionale. »

[Il sera proposé, dans la deuxième partie, d'appuyer l'étude des écosystèmes sur une analyse renouvelée des correspondances spatiales entre climat et végétation.]

« Une telle démarche revient à fonder sur des bases biologiques solides une nouvelle géographie humaine étudiant dans une perspective globale les rapports de l'homme avec la biosphère. Cette approche sera fructueuse dans la mesure où une interdisciplinarité véritable réalisera une étroite coopération de l'écologie et des sciences de l'homme. »

[Le biogéographe, à l'exacte charnière entre écologie et sciences de l'homme, a d'évidence un rôle à jouer dans la définition de cette nouvelle géographie humaine. Je tenterai de donner corps à cette « évidence » dans la troisième partie consacrée au paysage.]

**PREMIERE PARTIE :
DECOUPAGES, LIMITES ET DISCONTINUITES
DANS LA BIOSPHERE**

INTRODUCTION A LA PREMIERE PARTIE

La végétation, révélatrice de la géographie de la biosphère

Encore une discussion sur les termes avant d'entrer dans le vif du sujet, mais il faut bien justifier ici l'emploi du mot de *biosphère*. Ce choix n'a rien d'évident pour un géographe. Les dictionnaires de la discipline²¹ n'y accordent qu'une attention distraite, renvoyant sans grand commentaire, à la définition originelle du géologue autrichien Eduard SUESS (1875, *in* GEORGE et VERGER *éds.*, 1996, BRUNET, FERRAS et THERY *éds.*, 1990, LACOSTE, 2003) :

« La biosphère comprend une simple pellicule d'êtres vivants au contact de la terre et de l'air, mais elle s'enfonce très profondément dans l'eau. » (GEORGE)

Est-ce une manière indirecte de dire qu'il s'agit là d'une notion qui intéresse surtout les scientifiques ? Roger BRUNET (1990) assortit sa définition d'une citation de Jacques MONOD rappelant que l'apparition de la vie est à placer du côté du hasard ... Quant au dictionnaire dirigé par Jacques LEVY et Michel LUSSAULT (2003) qui rompt délibérément avec la tradition de proposer un vocabulaire et dont l'ambition est de dresser l'état des savoirs et d'inventorier les concepts « utiles à la géographie », il ignore même le terme. Fâcheuse absence pour un dictionnaire qui s'est donné pour règle, *dixit*, « de ne jamais hésiter à promouvoir l'indispensable participation de la géographie aux interrogations autour des grands concepts fondamentaux ». La remarque vaut aussi pour l'encyclopédie en ligne *Hypergéó*²² consacrée à l'épistémologie de la géographie, pour laquelle j'ai été sollicité (avec Alain GENIN) pour la rédaction de trois articles consacrés à des notions empruntées par la géographie à l'écologie : *biome*, *biotope* et *biocénose* ... mais pas *biosphère*²³. Ou encore au *Dictionnaire de l'Environnement* qu'une équipe de géographes regroupée autour d'Yvette VEYRET vient de publier (2007) : plusieurs entrées sont consacrées à la biodiversité, mais la biosphère est, là encore, absente.

Pourtant, comme la biodiversité, la biosphère est de ces termes qui ont aujourd'hui pris toute leur place dans le débat social autour des enjeux environnementaux. Ce « succès » est le signe d'un élargissement déjà ancien de la définition (DUVIGNEAUD et LAMOTTE, *Encycl. Univ.*). Les dictionnaires de biogéographie et d'écologie (DA LAGE et METAILIE *éds.*, 2000, RAMADE, 2002) sont, sur ce point, éclairants :

« Le terme de biosphère fut créé par VERNADSKY²⁴ en 1925 pour désigner le système complexe que constitue l'association à la surface de la planète Terre de milieux présentant des caractéristiques physico-chimiques

²¹ ... Qui, on le sait, en est particulièrement friande.

²² *Dixit* la page de garde du site (www.hypergeo.eu) : « *Hypergeo* est une encyclopédie électronique, en accès libre, consacrée à l'épistémologie de la géographie et élaborée selon une architecture de type hypertexte. Elle a pour objectif de faire connaître à un public d'enseignants et d'étudiants les principaux concepts et théories de la géographie contemporaine. Les termes présentés dans *Hypergeo* sont répartis de la façon suivante : un champ général Géographie, est entouré de trois paradigmes principaux : spatialité des sociétés, territoires et régions, sociétés et environnement. *Hypergeo* est une réalisation du GDR Libergeo ».

²³ Les coordinateurs du projet sont bien entendu ouverts aux suggestions de nouvelles entrées qui pourraient leur être faites et je compte bien leur proposer, dès la rédaction de ce mémoire terminée deux entrées supplémentaires : « géographie et écologie » et, évidemment « biosphère ».

²⁴ DA LAGE et METAILIE adjoignent, pour cette définition, Pierre TEILHARD DE CHARDIN à Vladimir A. VERNADSKY, ce qui ne me paraît pas totalement convaincant, la vision inspirée de TEILHARD se plaçant par delà l'approche systémique.

uniques : océan, atmosphère, couches supérieures de la lithosphère, auxquels est associé l'ensemble des êtres vivants. » (RAMADE)

La biosphère est ainsi constituée de l'ensemble des écosystèmes, de leur combinaison en quelque sorte, telle qu'elle résulte des dynamiques naturelles et du long processus d'anthropisation. Comme telle, elle participe du paradigme dont il était question dans l'introduction générale. C'est dans ce cadre que j'envisagerai la végétation comme indicatrice de la géographie de la biosphère. Et ce dans les trois dimensions – floristique, physionomique et dynamique - citées dans la définition donnée en introduction. Indicatrice mais pas simple décalque : la combinaison d'écosystèmes (concept dont on a par ailleurs vu dans l'introduction générale qu'il n'était pas d'évidence spatial) qui constituent la biosphère ne coïncide pas nécessairement et dans le détail avec la structure spatiale de la géographie de la végétation. Et, d'abord, de quelle structure spatiale parle-t-on ? S'agit-il de celle qui est directement perceptible dans la physionomie de la végétation ou bien celle, plus subtile, qui surgit du relevé précis des espèces de la flore ? Les deux structures ne sont, le plus souvent, pas de même échelle et les processus qui les mettent en place et les font évoluer ne sont que partiellement de même nature. La correspondance végétation – milieu, cette « théorie du reflet » (la végétation est le reflet du milieu, reflet d'autant plus fidèle que l'on aura pris en compte l'ensemble des espèces qui la constitue), ne me paraît ainsi pas aller de soi. Elle reste pourtant à la base de l'identification des sites d'intérêt écologique. Plus modestement que dans l'hypothèse du reflet, on peut énoncer que les variations observées dans le tapis végétal sont révélatrices de certains processus biologiques et écologiques de temporalités variées (processus dont l'ensemble constitue les écosystèmes), comme elles sont révélatrices des pratiques des sociétés humaines sur le milieu.

Enjeux de l'histoire de la géographie botanique

Ni dans l'histoire des sciences, ni dans celle de la géographie, la géographie botanique n'a tout à fait la place qu'elle devrait avoir. Cette première partie a pour projet de la lui restituer : développant deux chapitres écrits à l'occasion de la question d'agrégation de géographie *Limites et discontinuités et leurs implications spatiales* dans les fascicules publiés par le CNED pour la préparation aux concours (ALEXANDRE, GAY, GRASLAND, 2002, ALEXANDRE et GENIN, 2003), elle a vocation à devenir un ouvrage dont le plan avait commencé à être discuté avec Alain GENIN et Michel LECOMPTE en juin 2001, discussions que le décès de celui-ci deux mois plus tard ont interrompu.

Les histoires de l'écologie publiées en langue française (ACOT, 1988, DELEAGE, 1991, DROUIN, 1993, MATAGNE, 1999, 2002), les ouvrages y faisant largement référence (LEVEQUE, 2001) et les recueils de textes fondamentaux (ACOT *éd.*, 1998) reconnaissent, certes, on l'a dit, un rôle pionnier à la géographie des plantes, mais elle a été progressivement mise à l'arrière-plan à mesure que s'élaborent les grands concepts de la science écologique. Les progrès dans le domaine de l'écologie végétale ont été accomplis alors qu'a décliné l'attention portée aux questions de localisation et de spatialisation, au point qu'elles ont été considérées comme pré-scientifiques. La critique est d'abord venue « de l'intérieur » avec l'avènement de la phytosociologie, avant que celle-ci ne soit à son tour accusée de s'en tenir à une conception trop descriptive et statique (BLONDEL, 2003).

Paradoxalement, si elle n'est plus un domaine qui suscite la novation, la géographie des plantes, comme les catégories et les modèles qu'elle a imposés, continue de servir de cadre pour penser la biosphère. Cadre qui ne se discute plus guère tant il paraît aller de soi. Ainsi la constitution du réseau *Natura 2000* s'appuie-t-elle sur le découpage du territoire européen en sept régions biogéographiques combinant les critères phytogéographiques et floristiques²⁵. A plus grande échelle, la définition des habitats repose, quant à elles, sur la nomenclature établie par la phytosociologie

²⁵ Les régions alpine, atlantique, boréale, continentale, macaronésienne, méditerranéenne et annonienne.

sigmatiste, que ce soit dans la base de données Corine-Biotopes²⁶ ou, au niveau national, dans les *Cahiers d'habitat* publiés par le Muséum National d'Histoire naturelle²⁷.

S'il montre ainsi son intérêt dans une perspective d'inventaire, ce cadre se révèle excessivement rigide à l'usage, notamment en ce qu'il néglige une part de l'information spatiale indispensable à une lecture dynamique de la biosphère. Ceci replace l'ébauche d'histoire de la géographie des plantes tracée ci-après sous le prisme de l'interrogation sur le continu et le discontinu.

Au prisme du continu et du discontinu

Le colloque *Continu et discontinu dans l'espace géographique*, tenu à Tours en novembre 2002, dont j'avais assuré avec Alain GENIN l'organisation, souhaitait, entre autre, aborder de front la question de la domination dans nos disciplines – je parle ici de la géographie et de l'écologie végétale – des perspectives dont la visée est le découpage et la classification. L'appel à contribution²⁸ le rappelait en termes qui ont pu être jugés provocateurs²⁹ :

« [...] Le flou, le chevauchant, le transitoire, l'incertain ont été largement ignorés au profit du net, de la rupture, de la coupure franche. [...] Le discontinu, qu'il soit temporel ou spatial, est devenu incontournable et le continu peu fréquentable. L'oukase discontinuiste règne encore sur de nombreuses disciplines scientifiques. Le chercheur est tomophile (de *tom(o)* signifiant "coupe, section" en grec) voire tomomane quand il propose des découpages dont la commodité cache leur insuffisance ou même leur insignifiance et le temps est autant concerné que l'espace. Que dire, par exemple, de la périodisation en histoire [...] »

« En géographie, la régionalisation est l'équivalent à la périodisation pour l'histoire. On retrouve le même souci de découper et les mêmes difficultés de délimitation. [...] L'étymologie du mot région (*regio*) renvoie d'ailleurs à la délimitation, puisque, au départ, il s'agit de "limites tracées dans le ciel par les augures". [...] Les géographes qui travaillent sur le monde bio-physique ont aussi succombé aux sirènes discontinuistes en circonscrivant précisément des climats ou des étages floristiques en ignorant les transitions, les chevauchements. Il semble ainsi qu'une partie de la légitimité de la géographie tient dans cette possibilité d'imposer des découpages ; les remettre en cause, non pour en proposer d'autres mais pour contester ce type de démarche, est un élément de déstabilisation de toute la discipline. »

« [...] La similitude des situations relevant du legs discontinuiste, et les craquements remettant en cause cette posture, apparaissant ici ou là, montrent que nous sommes peut-être arrivés à un tournant épistémologique. Après avoir classé et divisé, tâche sûrement nécessaire au départ, certains chercheurs d'horizons différents et apparemment sans concertation voient désormais qu'il faut dépasser ce qui est devenu une habitude. [...] » (*in* ALEXANDRE et GENIN éds., 2008)

Cette première partie a ainsi l'ambition de réexaminer le « legs discontinuiste » de deux siècles d'une géographie botanique surtout fondée sur l'inventaire et le découpage en unités homogènes du tapis végétal, unités superposables à tel ou tel état du milieu ; ce premier état des lieux reste incomplet et discutable : il est, pour l'instant, plus le fruit des hasards des lectures que d'une recherche bibliographique systématique. Tel quel, il dessine une première piste de recherche pour l'avenir, prenant place dans les recherches sur l'histoire de la géographie et sur celle de

²⁶ Consultable sur le site de l'Atelier technique des espaces naturels (ATEN) : <http://www.natura2000.espaces-naturels.fr>.

²⁷ Disponibles sur le site de l'Inventaire National du Patrimoine Naturel : <http://inpn.mnhn.fr/inpn/fr>.

²⁸ A la rédaction duquel participèrent notamment Olivier LAZZAROTTI et Jean-Christophe GAY.

²⁹ Dans un petit mot où il s'excusait de ne pouvoir répondre à notre invitation du fait d'autres engagements, Roger BRUNET, en particulier, faisait part d'un certain agacement vis-à-vis d'un texte d'appel à contribution dans lequel il voyait trop de prises de positions *a priori*. Dans notre esprit, il ne s'agissait pourtant pas d'engager le débat en réduisant toute recherche autour des discontinuités avec la tomophilie « épinglée » dans la citation.

l'écologie. *Histoire* avant que d'être *épistémologie* : la démarche s'appuie en effet sur les traces, sur les textes et sur le contexte. Sur ce dernier point, l'hypothèse (qui courra d'ailleurs dans l'ensemble de ce volume) est que le contexte a radicalement changé : d'une vision optimiste de la présence de l'homme sur terre, où la science, y compris écologique, se mettait au service on est passé à une inquiétude sur l'avenir de l'environnement de l'humanité. Les conséquences de cette histoire sur la collecte et le traitement des données, sur la façon ensuite dont on écrit ou on dessine l'espace géographique dans sa dimension biologique et physique seront envisagées.

Le modèle englobant des zones et des domaines bioclimatiques sera tout d'abord discuté (chapitre 1). De l'insatisfaction ressentie à la description des limites du domaine bioclimatique méditerranéen est née la volonté de réexaminer la question de l'organisation spatiale de la végétation aux échelles petites et moyennes (LECOMPTE, 1973, 1986, ALEXANDRE, 1996 ; cf. deuxième partie) (chapitre 2). Complémentaire du modèle zonal et parfois difficile à clairement distinguer de celui-ci, le modèle de l'étagement en montagne sera présenté dans le chapitre 3. Ces présentations seront l'occasion de poser les bases d'une discussion sur les impacts des changements climatiques sur la végétation, question que, de façon centrale ou non, tous les programmes de recherche comme tous les organismes chargés de la gestion des territoires sont amenés à se poser.

Si elle doit tenir compte du contexte global, la gestion des territoires se traite essentiellement à l'échelle locale. A cette échelle, la représentation cartographique de la végétation renvoie l'image d'une mosaïque de communautés végétales, reflet de la mosaïque des stations (chapitre 4). Les perspectives ouvertes par l'étude dynamique de cette mosaïque seront posées et leurs implications seront présentées dans la troisième partie. Enfin (chapitre 5), les conditions dans lesquelles d'autres approches, en rupture avec la logique du découpage qui a prévalu, surtout en Europe continentale, ont été développées ; les propositions développées en deuxième partie sont ensuite formulées.

Chapitre 1

A petite échelle, la distribution des paysages végétaux et le modèle zonal

Ce chapitre et ceux qui vont suivre s'attachent à déconstruire les modèles spatiaux sur lesquels s'appuient la biogéographie et l'écologie ; ceci sous-entend que la réalité représentée dans ces modèles n'est pas un donné dont il suffirait de retrouver les linéaments et les lois. Ces modèles apparaissent en effet comme la formalisation de l'observation de faits mais aussi comme le produit d'époques successives du regard porté par les scientifiques sur le monde bio-physique et de la place de cette pensée scientifique dans les sociétés. Sur le fond, la démarche est proche de la façon dont Bruno LATOUR (1989) regarde le travail du scientifique, non comme celui d'un « cerveau dans un bocal », coupé des turbulences d'un monde dont il essaie de prendre connaissance³⁰ mais comme participant pleinement de ce monde. Celui-ci serait appréhendé à travers des construits momentanément stabilisés, au sein desquels la science est un instrument, justement, de stabilisation. La connaissance ne révèle pas une vérité pré-existante, elle permet que « les choses tiennent ensemble » dans un contexte donné et c'est cet ajustement et cette « stabilisation construite » que les sociétés considèrent comme vraies (LUSSAULT, *in* LEVY et LUSSAULT éd., 2003). Le planisphère de distribution des *biomes*³¹ continentaux à la surface du globe, diffusé par les livres scolaires, les encyclopédies aussi bien que par les documents de travail des grandes organisations internationales, apparaît bien comme une de ces constructions. Elle peut être contestée par la manière trop univoque dont elle rend compte de l'organisation spatiale de la biosphère. Elle est surtout trop bien « stabilisée » dans ses limites qui parcourent un espace bio-physique qui se découvre toujours plus en perpétuelle redéfinition.

La représentation que renvoie le modèle zonal, façonnée peu à peu aux XIX^e et XX^e siècles et constituée par la juxtaposition de grands biomes significatifs du climat répond-elle encore bien, en effet, aux questions posées par la rapidité des changements qui affectent la biosphère ? Implicitement ou explicitement, le modèle tente surtout de reconstituer, non sans nostalgie, ce que serait celle-ci si l'Homme n'était pas là. La végétation, ainsi rendue à la Nature, parviendrait dans un délai plus ou moins long à un équilibre avec le milieu. Ce qui suppose que le milieu soit lui-même relativement stable, ce qui n'est pas réalisé partout ; c'est même l'inverse qui est la règle. Cette réalité fluctuante suivant les climats est reconnue depuis longtemps, même si elle est parfois perdue de vue. Les géologues ou les géomorphologues sont plus habitués à penser le monde bio-physique comme sujet à des crises : sans revenir à DAVIS et à ses cycles d'érosion, la théorie un peu désuète de Henri ERHART (1951) peut être citée ; ERHART oppose les milieux en biostasie - lorsque le climat permet le développement d'un couvert végétal suffisamment dense pour que les dynamiques de surface soient très limitées - et les milieux rhexistasiques - où ces dynamiques, au contraire, l'emportent :

³⁰ Bruno LATOUR a poursuivi sa réflexion en publiant en 1999 (réédité en 2004), *Politiques de la nature* où il se propose de réfléchir sur la manière dont on pourrait « faire entrer les sciences en démocratie ». Il ouvre là un débat dont les géographes, spécialistes de l'espace et des territoires, aux côtés des écologues auraient tout intérêt à se saisir. Cela doit reposer sur une lecture attentive que je n'ai pas encore pu faire dans le cadre de cette HDR.

³¹ Sur ce terme popularisé comme celui de climax par Frederic E. CLEMENTS, voir ALEXANDRE et GENIN, 2007.

« Les crises morphogénétiques correspondent aux phases de rhexistase (de *rhexein* – rompre) [...] phases pendant lesquelles les équilibres biopédologiques antérieurs se rompent, la disparition du couvert végétal entraînant celle des sols et l'attaque brutale des versants par les eaux courantes et par le gel qui fournissent des débris grossiers » (HUGONIE, 2004)

Si elle garde son actualité par sa conception d'un monde bio-physique instable (plus proche de la réalité que les très hypothétiques équilibres climaciques ou autres), la théorie de ERHART à laquelle il est encore parfois fait référence (ROVERA *et al.*, 1999, REY, 2002) est contestable pour le rôle protecteur très exagéré qu'elle confère à la végétation. D'autant que l'action anthropique a amplifié l'instabilité. Au fond, le versant rhexistasique de notre monde s'est amplifié et la biostase a montré ses limites.

Il est clair que le modèle zonal doit être repensé. Difficile ainsi de continuer à imaginer le Monde en tentant de l'imaginer comme si l'humanité n'était pas là à l'issue d'un siècle où celle-ci est passée de 1 à 6 milliards d'individus dont le mode de vie, au moins pour une part significative d'entre eux (plus nombreux en tout cas que l'humanité de 1900), a considérablement accru la pression sur les ressources disponibles. Difficile aussi de continuer à penser la biosphère en termes de stabilité et d'équilibre. Nous sommes quelque peu schizophrènes : nous reprenons sans sourciller les modèles spatiaux forgés pour d'autres époques et d'autres schémas de pensée alors que, dans le même temps, nous prenons de mieux en mieux en compte le caractère dynamique du système terrestre. Le terme de *dynamique* a longtemps été perçu comme la marche de la nature vers un terme où l'ensemble des éléments viennent prendre position dans un équilibre prédéterminé et présumé parfait. La dynamique repose en fait sur deux réalités :

- le *changement* qui est progressif et affecte une partie du système ; il peut s'exprimer par des ruptures brutales en fonction d'effets de seuil, le continu engendrant les discontinuités (BRUNET, 1967) ;
- la *perturbation*, évènement discret dans le temps et dans l'espace (à toute échelle), provoquant une réduction de la biomasse ou une mortalité importante dans les composantes du système (par exemple les arbres dans un ensemble forestier) à partir desquelles le retour à l'état initial, la résilience, pour mobiliser un terme à la mode, sont plus ou moins possibles.

Sur quelles bases, dès lors, doit-on reconstruire le modèle que l'on aura patiemment déconstruit ? Une conception considérant la végétation comme un assemblage d'espèces en perpétuelle redistribution en fonction des changements ou des perturbations de toute ampleur qui affectent leur milieu de vie mais en décalage temporel plus ou moins fort par rapport à ces changements paraît pertinente. La description de la géographie aux échelles petites et moyennes de ces ensembles floristiques déboucherait alors sur une présentation renouvelée du modèle zonal dans laquelle la disposition latitudinale reste évidemment en place mais où seraient mieux prises en compte les transitions et le caractère plus ou moins tranché ou fugace des limites. En ce sens, les propositions faites en deuxième partie sont une contribution à l'amélioration du modèle : la logique reste celle, exposée en introduction générale, du lent « nettoyage » du paradigme fondamental de l'écologie, tâche malgré toute exaltance de la science « ordinaire » (KUHN, *op. cit.*).

Ces assemblages d'espèces³² se structurent par ailleurs en paysages végétaux plus ou moins identifiables à de grands types, cependant difficiles à transformer en classes de paysages, identifiables à une certaine richesse biologique et à une forme de fonctionnement écologique. Le plus souvent, les sociétés humaines ont fortement contribué à structurer les paysages végétaux, en fonction des usages agricoles, pastoraux, forestiers, voire aujourd'hui touristiques que ces sociétés

³² L'expression n'est pas forcément plus heureuse, mais assurément plus neutre que celle de communauté végétale.

font de leur territoire. L'analyse de leur dynamique renvoie à la troisième partie de ce mémoire. Nous n'en sommes pas là ; je reviens dans ce premier chapitre sur l'histoire même du modèle, commençant ainsi à engager la discussion.

1.1- De l'observation d'un fait climatique à la représentation idéalisée de la biosphère

1.1.1 - Le klima des anciens grecs

La prégnance du découpage zonal de l'espace bio-physique est sans égal. La reconnaissance de différenciations spatiales horizontales à la surface du globe a donné naissance au modèle de la zonalité fondé sur la primauté accordée au climat actuel dans l'explication de la distribution des grands milieux terrestres. Dans son sens le plus large, l'adjectif zonal désigne « un phénomène dont l'extension est marquée principalement dans le sens des parallèles » (GEORGE et VERGER, 1996) et, de façon plus stricte, une zone est une région de globe comprise entre deux parallèles. L'importance de cette différenciation suivant la latitude est un fait d'observation très anciennement ancré dans la vision du monde développée par la civilisation occidentale, comme cela est généralement rappelé à propos de l'étymologie même du mot climat :

« L'opposition entre les différentes zones [région du globe comprise entre deux parallèles] du point de vue climatique a été remarquée très anciennement. La hauteur du soleil au-dessus de l'horizon différencie les zones et elle est à l'origine de l'adoption par les Grecs du mot climat, qui désigne étymologiquement l'angle entre les rayons solaires et la surface du globe. » (DURAND-DASTES, E. U.)

La reconnaissance sensible du phénomène fondée sur le confort ou l'inconfort que chaque climat apporte a été déterminante jusqu'au XVIII^e siècle, distinguant les contrées glaciales des régions tempérées ou torrides. Au sein de chaque zone, des domaines ou des régions sont reconnus, distinguant par exemple les milieux sous influence océanique des milieux continentaux.

Le schéma zonal qui s'est imposé trace ainsi, à la surface du globe, une sorte de grille à laquelle n'échappent que des milieux de faible extension où d'autres déterminismes entrent en jeu, comme certains milieux littoraux ou les milieux de haute montagne. Les lignes (variables suivant les auteurs) sont fixées suivant des critères climatiques qui peuvent être purement conventionnels (lignes isothermes, lignes isohyètes) ou chercher à traduire la position moyenne de phénomènes dynamiques comme la convergence des alizés qui trouve sa traduction dans la « ZCIT »³³ des climatologues).

A partir de ce déterminant climatique, le modèle zonal s'est construit, au XIX^e et au XX^e siècles (les principales étapes de cette construction sont rappelées ci-dessous), comme modèle quasi-exclusif de lecture de la biosphère à petite échelle. Les enfants des écoles découvrent la planète à travers lui, les manuels universitaires de toutes origines le présentent sans guère le discuter, les grandes organisations internationales comme l'UNESCO l'ont adopté. Est-il une schématisation acceptable de la réalité ? Sur le principe général, il n'y a guère de discussion. La reconnaissance de la différenciation latitudinale de la végétation en fonction de la température et des précipitations est un fait bien établi. En revanche, le modèle appauvrit la réalité (ou, pour dire les choses positivement, il pourrait être amélioré) lorsqu'il crée des ensembles homogènes de végétation superposés à des entités climatiques réputées elles aussi homogènes et à un type de sol. Il est réducteur, et parfois même trompeur, en ne considérant que la physionomie du couvert végétal. Enfin, alors que cette physionomie est profondément transformée par l'action humaine, les cartes des biomes terrestres ou des grands paysages végétaux (ce sont les mêmes puisque les premiers sont identifiés par les seconds) impose l'idée d'une biosphère idéale. Sont ainsi

³³ La zone de convergence inter-tropicale dont la trace au sol correspond à une aire de basses pressions qui, très grossièrement, fluctue suivant la saison de part et d'autre de l'équateur géographique.

représentées les formations végétales climaciques, image d'une biosphère « potentielle », telle qu'elle se présenterait s'il n'y avait pas les hommes ... Sans qu'il soit rappelé qu'il s'agit d'une hypothèse et alors même que le climax est de plus en plus considéré comme une conception désuète et simpliste de la dynamique de la végétation (ALEXANDRE et GENIN, 2005). Il est en conséquence intéressant de mentionner la catégorisation proposée par Paul DUVIGNEAUD (1980) qui reconnaît pour les biomes continentaux *silva*, *saltus*, *ager*, *desertus*, toundra, marais et eaux douces, s'affranchissant du modèle zonal et prenant en compte l'anthropisation des milieux.

1.1.2 – Une carte des paysages végétaux du globe

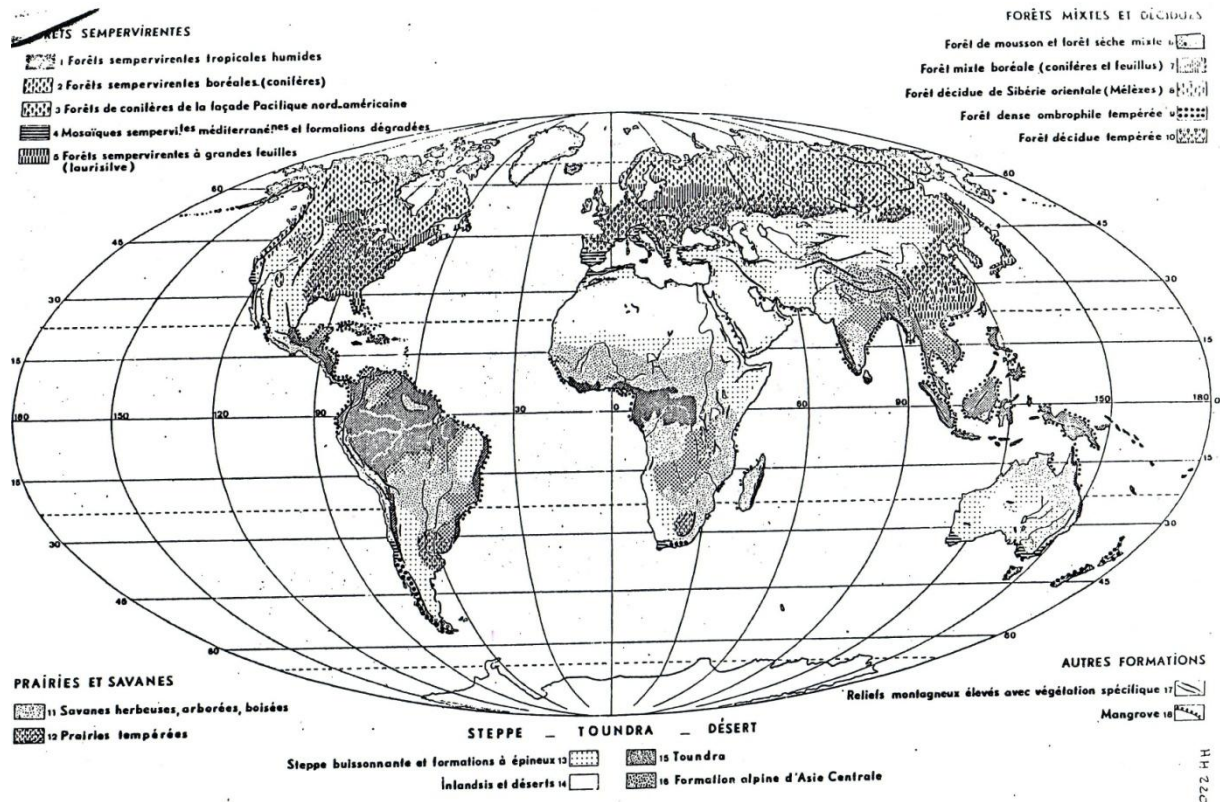


Figure 1 : Les paysages végétaux du monde (Elhaï, 1968) (reproduction d'une page photocopiée proposée en TD aux étudiants de L1 de Géographie)

Parmi bien d'autres, j'ai retenu, comme représentation classique du modèle zonal, celle proposée par Henri ELHAÏ (1968 : figure 1). Cette carte est d'abord intéressante par son titre : *Les paysages végétaux du monde*. A une époque où le paysage était considéré comme non scientifique, ELHAÏ le reprend, sans se réfugier derrière des concepts-écrans comme formation végétale ou biome. Au rebours, l'emploi du mot paysage souligne paradoxalement combien sera idéalisée la représentation : la différence d'échelle entre ce planisphère et le paysage dont l'ordre de grandeur est kilométrique est énorme. La classification des paysages sur laquelle repose sa cartographie s'appuie sur une diagnose simple, dans laquelle ELHAÏ ne fait entrer le climat qu'en dernier lieu, privilégiant ainsi les critères visuels sur l'explication *a priori*. Cette diagnose est la suivante :

1 - Végétation clairsemée (steppes, toundra) ou absente (désert) ou 2- Présence de végétation.

Si 2. végétation : 2.1 - Végétation non forestière ou 2.2 – Forêt.

Si 2.1 – Végétation non forestière : 2.1.1. – Végétation herbacée (prairie et savane) ou 2.1.2 – Autres formations.

Si 2.2 - Forêt : 2.2.1 – Forêts sempervirentes ou 2.2.2 – Forêts mixtes et décidues.

Sur la carte, la structure spatiale, grossièrement latitudinale, apparaît bien réalisée sur la plus grande partie des continents. Les exceptions sont à rechercher dans les régions où le schéma zonal du climat est lui-même remis en cause : c'est en particulier le cas pour l'Asie des Moussons, ce qui s'explique par le face à face entre la plus vaste masse continentale et l'ensemble Océan indien - Océan Pacifique. Sans avoir des conséquences aussi radicales, la circulation marine explique les décalages exceptionnels en latitude de certains paysages végétaux. La présence des grandes chaînes de montagnes est un troisième facteur produisant des « anomalies » au schéma zonal repérable sur la carte, surtout lorsque l'orientation des chaînes est méridienne, ce qui se produit en particulier sur toute la façade pacifique du continent américain.

Il existe, par ailleurs, au sein de certaines bandes latitudinales des différenciations dites intrazonales, comme celle qui se suit sur la carte depuis l'Europe de l'Ouest jusqu'au cœur de l'Eurasie, classique opposition entre les paysages végétaux associés aux domaines océaniques et les paysages végétaux des milieux continentaux. Enfin même s'ils ne sont guère aisés à discerner sur un planisphère, certains milieux échappent totalement à la logique générale et sont pour cela désignés comme azonaux : c'est le cas du domaine de la haute montagne et des littoraux.

L'idéalisation de la géographie de la végétation franchit un cran lorsque sont présentés des continents théoriques comme celui présenté par Robert G. BAILEY (1996) dans la figure 2 ci-dessous, figure qu'il emprunte au biogéographe canadien J. M. CROWLEY (1967) mais dont on retrouvera la filiation depuis CLEMENTS (1916). Il n'est pas indifférent que celle-ci soit tirée d'un ouvrage intitulé *Ecosystem Geography* : c'est bien une modélisation de la géographie de la biosphère que l'auteur souhaite proposer derrière la répartition des formations végétales naturelles. Celles-ci identifient des « écorégions », d'orientation globalement zonale. Le texte de Bailey rappelle le soubassement de cette modélisation zonale, fondée sur la convergence climat – sol – végétation : une zone est ainsi définie comme une aire dans laquelle les sols zonaux portent le même climax climatique potentiel :

« Zone : all areas in which the zonal soils have the potential of supporting the same climatic climax plant association ».

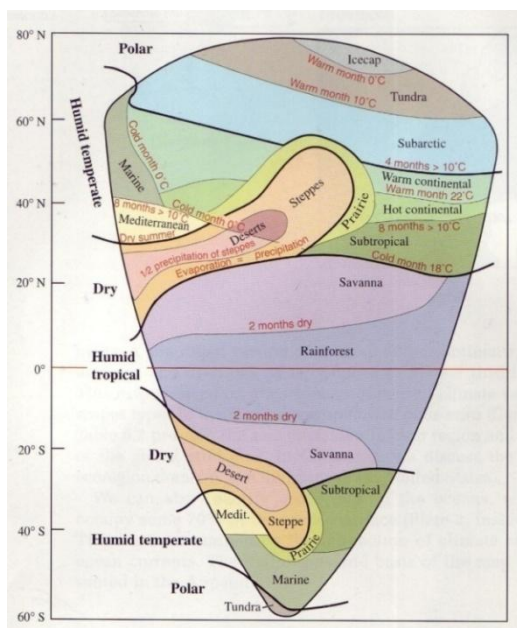


Figure 2 : Le modèle des écorégions sur un hypothétique continent d'altitude basse et uniforme (Bailey, 1996)

Dans cette définition comme dans la figuration qui l'accompagne, se retrouve ce qui est la marque même du modèle zonal : la convergence du climat, du sol et de la physionomie de la végétation définissant des entités géographiques marquées par une homogénéité des trois éléments ... Une « certaine » homogénéité disent généralement les auteurs : des tableaux de correspondance sont ainsi produits (BAILEY, 2003), accompagnant ces représentations schématiques et servant de base au découpage à l'échelle mondiale.

1.1.3 – Le découpage de référence dans les instances internationales

Par-delà ces cartes et schématisations qui se retrouvent dans les manuels et les encyclopédies, la communauté scientifique internationale, à travers de grandes organisations comme l’UICN ou le WWF, à travers aussi l’UNESCO³⁴ ou la FAO, a produit une division de la biosphère avec trois niveaux de découpage³⁵ dans lesquels s’interpénètrent les informations chorologiques, physiologiques et écologiques :

- le premier niveau est chorologique, fondé sur l’opposition entre le stock d’espèces que l’on rencontre aux latitudes intertropicales et les espèces que l’on retrouve aux latitudes moyennes et hautes, et sur la différence entre « ancien » et « nouveau » monde ce qui revient à reconnaître huit empires biogéographiques (*biogeographical realms*) au sens d’Alfred Russell WALLACE et que le WWF désigne aujourd’hui sous le vocable « d’écozones » : *Antarctic, Australasia, Oceania, Afrotropic, Indio-malayan, Palearctic, Nearctic* et *Neotropic* ;
- le deuxième niveau est celui des vingt-six biomes, le plus mal défini, somme toute, car les biomes sont identifiés par des formations végétales potentielles, au sein desquels vivrait une biocénose originale et sont représentatifs d’un certain état du climat ; par-delà les différences chorologiques, une certaine convergence physiologique justifie que quelques-uns de ces biomes soient présents dans plusieurs écozones ;
- au sein de ces vingt-six biomes, quelque 874 « écorégions » (concept repris de CROWLEY, 1967) sont reconnues dont 238 forment une sorte de « top list » (*Global 200*), en tant qu’elles sont plus représentatives de la biodiversité mondiale.

Les frontières des écorégions coïncident avec les valeurs de certains paramètres climatiques (BAILEY, 2003) ; les valeurs retenues étant celles qui avaient été proposées par Wladimir KÖPPEN (1930-1939, 1931), puis par Glen T. TREWARTHA (1968). Par degrés successifs de subdivision, on parvient à la mosaïque des stations dont il sera question dans le chapitre 4. Ainsi, toute la stratégie mondiale pour la biodiversité repose-t-elle sur cette lecture de la biosphère à laquelle on reprochera sa rigidité et le simplisme de son caractère gigogne. Pour en comprendre les tenants et les aboutissants, reprenons la genèse du modèle.

1.2 – Au XIX^e siècle, la construction du modèle autour des paysages végétaux

Géographie des plantes (HUMBOLDT, 1807), géographie botanique (DE CANDOLLE, 1855), identification des formations végétales (GRISEBACH, 1875), la reconnaissance progressive de la signification des paysages végétaux s’est appuyée sur la recherche d’une correspondance entre ensembles physiologiques et climat.

1.2.1 – HUMBOLDT (1807, 1808, 1848) : l’impossible tableau de la Nature

Alexandre³⁶ DE HUMBOLDT est-il tout à fait sincère lorsqu’il se fait modeste sur la postérité de son monumental *Cosmos* (1848), ouvrage dont il assure lui-même la préface ?

« Les ouvrages sur les sciences de la nature portent ainsi en eux-mêmes un germe de destruction, de telle sorte qu’en moins d’un quart de siècle, par la marche rapide des découvertes, ils sont condamnés à l’oubli, illisibles pour quiconque est à la hauteur du présent. »

Cette confiance dans la marche ininterrompue du progrès scientifique a, depuis lors, souvent été prise en défaut. La souplesse des correspondances climat – végétation établies par HUMBOLDT

³⁴ L’UNESCO a, on y reviendra, par ailleurs supervisé dans les années 1960 un travail de cartographie de la végétation à l’échelle continentale.

³⁵ <http://www.worldwildlife.org/science/ecoregions/biomes.cfm>

³⁶ ... Frédéric Alexandre, pour être exact ... Cela ne s’invente pas.

(voir chapitre 3) contraste, par exemple, avec la rigidité des catégories établies au XX^e siècle. Il est cependant des pistes suivies qui, avec le recul, se révèlent des impasses. Ainsi HUMBOLDT a-t-il fondé sa géographie des plantes sur les paysages dont il cherche à faire l'inventaire en les identifiant par les formes des végétaux qui dominent la physionomie de la végétation, travail scientifique qu'il conçoit comme indissociable des représentations picturales :

« Le botaniste systématique divise un grand nombre de groupes que le botaniste physionomiste se voit obligé de réunir. Aux yeux de celui-ci, quand les végétaux se présentent en masses, les contours et la disposition partielle des feuilles, la forme des troncs se fondent ensemble. Ainsi le peintre, et c'est surtout ici que la décision appartient au sentiment délicat et naturel de l'artiste ; le peintre saura sur le plan moyen et dans le fonds d'un paysage, distinguer les hêtres, les sapins et les palmiers ; mais il ne pourra discerner les ormes des autres arbres analogues » (1808).

Le problème se dessine rapidement car la liste des types s'allonge sans que Humboldt puisse la clore. La dominance des « plantes sociales » n'existe pas partout et, même là où certains types sont bien identifiables, la diversité est le plus souvent de mise. HUMBOLDT espérait des *Tableaux de la nature* (c'est le titre de son ouvrage de 1808) d'une profonde simplicité :

« Qu'il serait intéressant et instructif, pour le peintre de paysages, l'ouvrage qui représenterait les formes principales de végétation, d'abord isolées, puis en contraste les unes avec les autres. [...] C'est à l'artiste qu'il appartient d'anatomiser ces groupes eux-mêmes ; sous sa main, le grand tableau de la nature se décomposera en quelques grands traits simples ; comme dans tous les écrits des hommes, tous les mots se résolvent en quelques caractères primitifs. »

Il reconnaît dans *Cosmos* que la végétation, à l'usage, ne se prête guère à une telle simplification. Si le principe d'une différenciation latitudinale du tapis végétal n'est pas remis en cause, réduire le tableau à quelques ensembles physionomiques homogènes juxtaposés apparaît difficile. La science que HUMBOLDT souhaitait fonder autour du rapport climat – végétation se révèle plus complexe que les *Tableaux de la nature* le prévoyaient ; elle est plus affaire de composition entre les formes que d'identification de quelques formes simples :

« Pour que la géographie des plantes prit rang parmi les sciences, il fallait que la doctrine de la distribution géographique de la chaleur fût fondée et qu'elle put être rapprochée de celle des végétaux ; il fallait encore qu'une classification par familles naturelles permit de distinguer les formes qui se multiplient, de celles qui deviennent plus rares à mesure que l'on avance de l'équateur vers les pôles et de fixer les rapports numériques que chaque famille présente, dans chaque contrée, avec la masse entière des phanérogames de la même région. [...] »

« D'après tout ce que j'ai vu de la terre, dans mes voyages, l'association des espèces végétales [...] ne me paraît pas manifester la prédominance de certaines familles, de manière à permettre d'assigner géographiquement la région des Ombellacées, la région des Solidaginées, celles des Labiacées ou des Scitaminées. [...] Sans doute les Graminées et les Cypéracées prédominent dans les prairies et dans les steppes, tout comme les arbres à racines pivotantes, les Cupulifères et les Bétulinées règnent dans nos forêts du Nord. Mais cette prédominance de certaines formes est purement apparente ; c'est une déception produite par l'aspect particulier aux plantes sociales. [...] C'est par l'association des formes végétales, lesquelles peuvent se remplacer en partie l'une l'autre, c'est par leur importance numérique relative et leur mode de groupement que la nature végétale revêt à nos yeux le caractère de la variété et de la richesse, ou celui de la pauvreté et de l'uniformité. »

1.2.2 – Les doutes d'Alphonse DE CANDOLLE (1855)

D'autres éminents botanistes du XIX^e siècle, au premier desquels les suisses Augustin Pyrame DE CANDOLLE et son fils Alphonse sont plus circonspects encore. Ils entrevoient la difficulté à penser les choses en termes de classification et à opérer un découpage dans une réalité où la variabilité est extrême. Alphonse DE CANDOLLE³⁷, tout particulièrement, dans sa *Géographie botanique raisonnée* (1855), appelle à suivre une tout autre voie et à examiner les transitions : les conditions du milieu lui apparaissent changer sur le mode progressif et entraîner des changements tout aussi progressifs dans la composition de la végétation. Voie féconde qui a largement inspiré le projet de relecture de l'organisation spatiale de la végétation que, dans la continuité de Michel Lecompte, nous avons tenté de mettre en œuvre comme on le verra dans la 2^e partie. L'approche qui y est défendue n'est pas isolée mais elle reste minoritaire et les quelques lignes citées ci-dessous n'eurent pas vraiment de postérité, du moins en Europe, durant plus d'un siècle :

« Le progrès des découvertes donne un démenti continu à ces divisions du globe par régions positives et distinctes. [...] Une foule de voyageurs lorsqu'ils passent d'une région à l'autre, et surtout quand ils pénètrent dans des pays non explorés, intermédiaires entre ceux déjà connus, ne peuvent s'empêcher de dire : telle flore constitue une région botanique intermédiaire. [...] »

« [Les conditions naturelles] sont susceptibles d'une infinité de combinaisons et de modifications qui rendent la distinction de régions fort arbitraires. [...] On voit que les conditions de cette nature sont excessivement nombreuses, qu'elles se croisent et se combinent de mille manières. [...] De fait, il y a partout, dans les caractères physiques et dans les caractères de végétation qui s'y rattachent, des transitions, bien plus que des sauts brusques et évidents. [...] Chaque zone de quelques lieues offre un changement de climat et voit s'arrêter quelques espèces, ou se modifier la proportion de certains genres et de certaines familles. La transition n'est pas uniforme mais elle s'exprime partout. »

L'ambition qui prévaudra par la suite sera cependant bien de définir, malgré tout, des « régions positives et distinctes ». Qu'entend par régions « positives » ? Dans l'esprit de l'auteur, en accord avec celui de son siècle, il s'agirait de régions qui pourraient être rationnellement définies par la correspondance entre une physionomie végétale et un certain état du milieu. Or, expérimentalement, ces régions sont bien difficiles à reconnaître ...

DE CANDOLLE entame une autre discussion qui réapparaîtra constamment dans ce mémoire : la question de l'échelle pertinente pour aborder la géographie de la végétation. HUMBOLDT, héritier du siècle des Lumières, voyait grand, pensait universel et n'envisageait sa *Géographie des plantes* que comme un élément du *Cosmos* ; DE CANDOLLE, préoccupé par l'extrême diversité du couvert végétal, rétrécit, à l'inverse le champ de vision, préfigurant le modèle de la mosaïque de grande échelle :

« Il n'est pas un auteur de Flore qui ne trouve dans la province, le district ou l'île dont il s'occupe une sorte de région naturelle distincte des pays adjacents. [...] Le moyen rationnel de représenter la complication extrême des faits en géographie botanique, c'est de multiplier les groupes subordonnés, en d'autres termes de diviser et subdiviser beaucoup, jusqu'au point d'arriver à des districts, à des îles fort petites, qui ont aussi leurs caractères de végétation. »

³⁷ On trouvera dans la thèse de doctorat d'Hacène AREZKI, en cours de rédaction, une analyse plus complète de la *Géographie botanique raisonnée* d'Alphonse DE CANDOLLE.

1.2.3 – La Végétation du globe d'August GRIEBACH (1872)

Loin de la mise en œuvre d'une géographie des plantes pensée suivant les préceptes de DE CANDOLLE, on s'achemine dans la suite de l'histoire de la discipline vers une vision qui privilégie la définition d'entités de grande taille, entités dont l'homogénéité est attestée par une même apparence visuelle. Dans cette quête, la flore est délaissée, sa composition variant excessivement dans l'espace ; la physionomie de la végétation est, à l'inverse, à nouveau privilégiée, notamment chez August GRIEBACH qui, dans un monumental ouvrage³⁸ intitulé *La végétation du globe d'après sa disposition suivant les climats* (1872), se propose de mener à bien ce qui n'était resté qu'à l'état de projet chez HUMBOLDT. Sans ignorer l'apport de celui-ci, le professeur de Göttingen le minimise quelque peu : « depuis qu'Alexandre DE HUMBOLDT, lors de son séjour à Quito, a tracé le tableau de la nature des contrées tropicales ... ». GRIEBACH estime, en effet, qu'« un semblable tableau comparé de la végétation de toutes les parties du globe, ainsi que de chaque contrée en particulier, n'a jamais été essayé ». Ce faisant, il reprend l'idée d'établir la liste des *formes végétales* dominantes, susceptibles d'imprimer leur marque à la physionomie ; il en reconnaît pour sa part 54 ... La composition de ces formes permet de définir les formations qu'il définit comme « un ensemble de végétaux considéré sous le point de vue de la physionomie qu'ils impriment à un pays. »

Accompagné d'une carte hors-texte dessinée par PETERMANN, *La végétation du globe* se présente comme une première représentation systématique de la végétation du globe. GRIEBACH ne méconnaît pas le degré d'abstraction auquel il a fallu se livrer pour parvenir à ce résultat, ce qu'il justifie par la nécessité de fixer un cadre ; en cela, il puise certainement plus chez Karl RITTER, théoricien d'une géographie s'inscrivant dans une perspective que décrit comme « comparative, corrélatrice et régionale » (GEORGE, E.U.) que chez Alexandre DE HUMBOLDT, nourri par le spectacle de ce qu'il a vu au cours de ses voyages :

« J'ai cru devoir avant tout m'en tenir aux problèmes les plus généraux, pour l'examen desquels la voie m'a semblé mieux préparée, [...] voie suivie par la géographie qui cherche à n'embrasser le globe que dans ses traits les plus généraux, en se plaçant pour ainsi dire à un point de vue qui fait disparaître les détails, et en traçant de cette manière un cadre dans lequel les phénomènes locaux viennent se ranger graduellement et occuper la place qui leur appartient . »

Les deux volumineux tomes de l'ouvrage s'efforcent de préciser le contenu et la diversité des formations ainsi cartographiées, tout en les rapportant au climat des régions considérées. Le dessin des entités géographiques ainsi identifiées n'est en revanche pas discuté :

« Sous cette forme, la carte ne me paraît guère exiger une explication quelconque, puisqu'elle n'a d'autre but que de faire ressortir l'étendue des domaines de végétation auxquels se rapportent les diverses sections de l'ouvrage, et de me dispenser ainsi de toute indication de leurs limites, ce qui n'aurait pu se faire dans le texte sans beaucoup de longueurs. »

Quoi qu'il en soit, les grandes catégories physionomiques sont, à partir de là, posées et la carte conçue par GRIEBACH et dessinée par PETERMANN si elle va varier dans le détail ne bouge plus guère dans ses grandes lignes. Ceci se confirme, pour en rester aux botanistes germaniques, dans les ouvrages de Oscar DRUDE (1890) et de Andreas SCHIMPER, dont l'objectif général est un peu le même que celui de GRIEBACH (encore que chez SCHIMPER l'ambition ne soit pas seulement descriptive puisqu'il recherche dans la physiologie des plantes les raisons de leur distribution à la surface du globe). Le schéma général se fige peu à peu à mesure que se rigidifie la correspondance entre physionomie de la végétation et état du milieu. En l'état actuel de ces recherches bibliographiques, je reconnaitrai quatre voies qui vont concourir à fixer peu à peu les lignes qui courent sur le planisphère de la végétation :

³⁸ Je n'ai consulté que le tome 1 de la traduction française : c'est déjà un fort volume de 763 pages.

- le rôle tenu par les tenants d'un certain néo-lamarckisme, Gaston BONNIER et Charles FLAHAULT notamment, qui vont donner force de loi au caractère déterminant du milieu sur l'aspect de la végétation ; sans ignorer le rôle de l'histoire des flores ni celui des complexes interactions entre les espèces, ils vont fortement contribuer à imposer l'idée ; mieux : FLAHAULT impose au Congrès de Botanique de 1910 à Bruxelles un *Projet de nomenclature phytogéographique* qui, s'il a vieilli dans le détail, a depuis lors servi de cadre à la pensée en biogéographie et en écologie ; ce alors même que ses fondements théoriques ont rapidement été battus en brèche, la phytogéographie fondée sur la physionomie étant considérée comme un stade pré-scientifique dans le développement de la biogéographie végétale ;
- au même moment, de l'autre côté de l'Atlantique, Frederic E. CLEMENTS a, lui aussi, fortement contribué à fixer le modèle spatial en concevant la théorie du climax et le concept de biome ; surtout en concevant les biomes comme des supra-organismes, il pousse vers la définition d'entités ayant une enveloppe délimitable ;
- en définissant spatialement les climats par la distribution réelle ou supposée des paysages végétaux, le climatologue allemand Walter KÖPPEN a contribué à fixer l'idée qu'entités climatiques et biogéographiques coïncidaient ; fondée, par ailleurs, comme d'autres sur le calcul d'indices (DE MARTONNE, EMBERGER) ou la construction de graphiques synthétiques tirés de moyennes (WALTER et LIETH, BAGNOULS et GAUSSEN), la démarche de KÖPPEN a été contestée par les tenants d'une climatologie où la primauté est accordée à la succession des types de temps et des dynamiques atmosphériques ; une des originalités des travaux effectués sous la direction de Michel LECOMPTE est d'avoir tenté de combiner la climatologie dynamique et l'analyse du couvert végétal ;
- la science russe puis soviétique, s'appuyant sur le développement de la pédologie à partir de DOKUCHAEV, a par ailleurs donné au modèle la loi qui le régirait : la loi de zonalité.

On ne conclura pas à l'exposé de ces quatre voies à une collusion ou à un effort conjoint ; au contraire, des désaccords ont été parfois vivement exprimés. Elles convergent pourtant toutes vers ce point essentiel qui pousse à la reconnaissance d'entités spatiales, à leur délimitation et à leur classification, ce qui signifie qu'il faut arrêter une nomenclature. Face à cette visée, on gardera à l'esprit la mise en garde d'André LWOFF qui s'exprimait en taxinomiste prudent (cité par GOUROU, 1973) :

« La nature, si elle confirme parfois certaines conceptions théoriques, pardonne rarement aux classificateurs. »

1.3 - Une figure spatiale qui se fige

1.3.1- Le déterminisme du milieu sur la composition et la physionomie de la végétation

Sans se contenter du constat qu'il existait des correspondances entre données climatiques (températures, humidité, précipitations, ...) et végétation, Gaston BONNIER et Charles FLAHAULT ont cherché à en établir les modalités. Dans un article de 1878, dans les *Annales des sciences naturelles*, les deux auteurs livrent leurs « observations sur les modifications des végétaux suivant les conditions physiques du milieu »³⁹ ; ils examinent, à partir, d'une part, de l'exemple des hautes altitudes alpines et pyrénéennes, d'autre part, de celui des hautes latitudes scandinaves, les modifications à la fois de la composition du tapis végétal et de l'aspect des végétaux. La physionomie de la végétation devient ainsi la marque même des différences mésologiques à la surface du globe ; en revenant ensuite sur chacune des « influences physiques actuelles du milieu », ils décrivent les « variations

³⁹ Reproduit dans ACOT *éd.* (1998).

correspondantes [des végétaux] dont on connaît quelquefois les lois et qu'on peut, pour ainsi dire, prévoir à l'avance [et qui] sont en outre susceptibles d'être reproduites par l'expérience, isolées les unes des autres ou variées à volonté ».

Dans des articles ultérieurs rédigés cette fois-ci séparément, BONNIER et FLAHAULT vont préciser les choses, se ralliant, comme cela a été souligné à de nombreuses reprises (ROBIC, 1992, BERDOULAY, 1995, DROUIN in ACOT éd., 1998, MATAGNE, 1999) au courant néo-lamarckien⁴⁰ qui se développe alors en réaction aux théories darwiniennes de l'évolution. Le déterminisme du milieu sur l'aspect et la composition de la végétation est sensible dans la manière dont BONNIER rend compte de ses expériences menées sur des plantes placées d'une part en plaine, d'autre part en altitude, ces dernières conservant le même aspect de génération en génération, laissant entendre (sans vraiment l'écrire) que cette accommodation à l'altitude serait héréditaire. Toutefois, l'affirmation de l'hérédité des caractères acquis n'est vraiment affirmée que dans un article de FLAHAULT (1899) en recension du maître-livre du botaniste allemand SCHIMPER (1898) :

« [...] Les êtres qui vivent subissent à tout instant, et ont subi à travers la série indéfinie des générations dont ils descendent, l'action variable des agents extérieurs. Les espèces subissent à des degrés divers l'action du milieu ; elles sont plus ou moins malléables. Elles la subissent depuis un temps plus ou moins long, suivant le temps qui s'est écoulé depuis leur apparition. Enfin, l'hérédité a fixé à des degrés différents aussi les caractères déterminés par les agents physico-chimiques. »

Dans cette citation, c'est moins l'affirmation néo-lamarckienne qu'il faut retenir que ce qu'elle implique : l'existence d'une correspondance étroite et quasi-mécanique entre le milieu, la végétation et la flore ; bien après que les théories néo-lamarckiennes aient été abandonnées, l'identification des milieux par le contenu floristique de la végétation qu'ils portent est restée centrale et ce, à toute échelle d'analyse. C'est que, même fondée sur une base théorique erronée, l'idée est juste même si elle reste à nuancer : les espèces botaniques ayant une valence écologique plus ou moins élevée, leur distribution spatiale n'est pas sans signification, surtout si la valeur indicatrice de toutes les espèces est prise en compte.

Toutefois, la phytogéographie se tourne moins, à ce tournant du siècle, vers la prise en compte de la flore que vers la physiognomie qui restreint le cortège aux seules espèces dominantes. Par glissements successifs, le texte de 1899 passe à un déterminisme du climat sur les formations végétales ... :

« Chaque formation, caractérisée par une forme dominante, comprend d'ailleurs des éléments très variés, subordonnés aux formes dominantes. Dans la forêt, par exemple, la forme dominante est l'arbre ; mais d'autres formes, arbustes, herbes, mousses, etc., vivent avec lui [...]. *Au milieu de cette association, la forme dominante apparaît comme l'expression exacte du climat.* »

... FLAHAULT ne s'en tient pas là ; il emboîte alors le pas au biogéographe allemand en imposant l'idée d'un déterminisme étroit du climat sur les activités humaines, notamment agricoles :

« Des pluies régulières et fréquentes, même faibles, humectant la surface du sol pendant la période végétative, une température modérée pendant cette période, telles sont les conditions les plus favorables à la constitution des prairies. [...] En France, la Normandie, en Europe, la Belgique et la Hollande réalisent de manière la plus parfaite le climat favorable aux prairies. Ce sont des pays définis par leur climat comme pays d'élevage. »

L'écho rencontré par BONNIER et FLAHAULT est d'autant plus fort que leurs publications dépassent le cercle des botanistes et des écologues : leur pensée est régulièrement relayée par les

⁴⁰ Charles BOCQUET (*Encycl. Univ.*) rappelle que ce néo-lamarckisme doit bien peu à LAMARCK : « On créa, pour l'opposer aux théories darwiniennes, un néo-lamarckisme que certains Français considèrent encore avec une bienveillante nostalgie, fondé sur l'hérédité de l'acquis et sur une action directe du milieu au cours du développement des animaux, notions défendues en fait par GEOFFROY-SAINT-HILAIRE. LAMARCK n'avait, pour sa part, jamais envisagé qu'une action indirecte, combien plus vraie, des facteurs du milieu sur les organismes ».

Annales de Géographie et leur manière de concevoir les choses va profondément inspirer Paul VIDAL DE LA BLACHE et la géographie régionale française naissante (ROBIC, 1992). Ce tournant entre les deux siècles est aussi le moment où, en Allemagne, Friedrich RATZEL cherche dans son *Anthropogeographie* (1892) à « reconstituer l'unité de la géographie sur la base de la nature et de la vie » suivant les mots de VIDAL DE LA BLACHE. Cette sorte de biogéographie générale assigne aux êtres vivants (y compris les hommes) un enracinement dans un milieu de vie auquel ils ne peuvent guère échapper. La géographie humaine a parfois eu du mal à sortir du carcan du déterminisme. Quand à la biogéographie, elle s'en est, de son côté, d'autant plus mal dégagée que le déterminisme étroit du milieu actuel sur la végétation a au moins un fondement : les plantes sont, elles, bel et bien enracinées et elles ne peuvent guère échapper au sol dans lequel elles sont ancrées ... Au niveau de l'espèce, celui auquel l'écologie végétale se situe le plus souvent, les lignes peuvent bouger en fonction de la faculté de dissémination, de la plus ou moins grande compétitivité pour exploiter les ressources du milieu de chacune d'entre elles. La théorie du *climax* va restituer cette dimension dynamique en donnant une nouvelle justification au découpage de la végétation en formations végétales considérées comme des *supra-organismes* dont les contours épousent celui des milieux de vie ; venue des Etats-Unis où, si elle fut dominante, elle ne fit pas l'unanimité, la théorie de CLEMENTS va donner une nouvelle base théorique à la géographie zonale.

1.3.2 - CLEMENTS : la théorie du climax et les grands biomes terrestres

(a)- Une deuxième voie de fixation du modèle zonal a suivi le succès considérable rencontré par les interprétations en termes de *climax* et de *séries* de végétation, aux échelles spatiales petites et moyennes et à l'échelle temporelle du siècle. Pierre BIROT (1965) n'hésitait pas à écrire que « la notion de climax est la pierre angulaire de la biogéographie ». Les critiques ont, depuis lors, été nombreuses ; la théorie du climax reste pourtant prégnante, sous des formes édulcorées ou nuancées. En intégrant la variable temps, elle a ouvert vers la prospective et contribué à produire des cartes des formations végétales climaciques dont l'extension spatiale est potentielle. Ces cartes sont déclinées depuis l'échelle planétaire des planisphères jusqu'à l'échelle régionale : ainsi la carte de végétation de la France au 1:200 000^e, publiée par le CNRS (GAUSSEN et REY, 1955, REY, 1960, GAUQUELIN *et al.*, 2005), repose-t-elle sur ces principes. Henri GAUSSEN et Paul REY qui assurèrent la coordination de cette monumentale entreprise rappellent de quelle façon chaque paysage végétal peut être lu au double crible de sa signification écologique que les cartes traduisent par un système de couleurs (figure 3) et de sa place dans les successions végétales (figure 4).

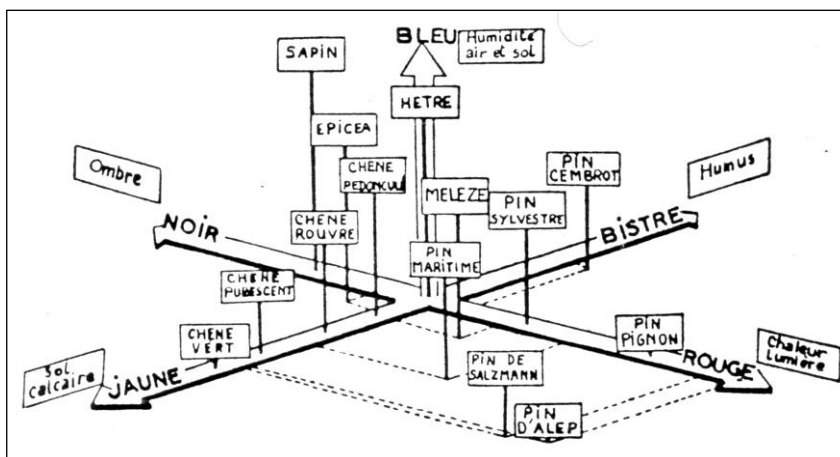
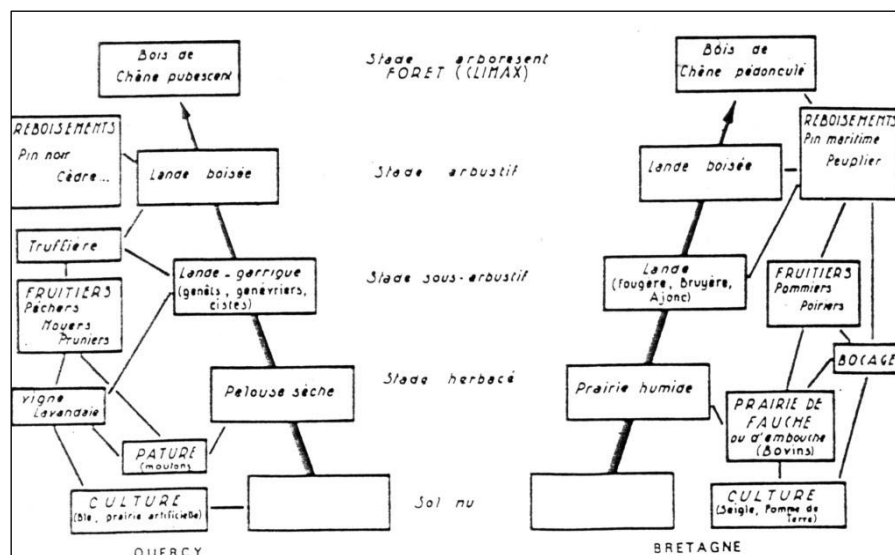


Figure 3 : Carte de la Végétation de la France (CNRS). Représentation de l'écologie de la végétation par un système de couleurs et position des principales essences climaciques (GAUSSEN et REY, 1955).

En conformité avec les conceptualisations de CLEMENTS (voir ci-dessous), la carte de la végétation de la France présente ainsi une vision somme toute rassurante où tout finit toujours par rentrer dans un ordre éventuellement troublé par l'action de l'homme, constitué par une juxtaposition de formations homogènes, identifiables à une essence dominante « à terme ». Faut-il faire de cette conceptualisation un « constat » que la végétation s'organise en « ensembles cohérents » comme dans la citation ci-dessus, figurant dans les notices sommaires qui accompagnent les feuilles de la Carte (reprise par GAUQUELIN *et al.*, 2005) ? C'est ce que je contesterai.

« La carte [...] repose sur un constat simple : la végétation se distribue en ensembles cohérents, selon des "séries de végétation" ou des "étages de végétation" en montagne et dont la répartition géographique est déterminée par les conditions du milieu, le climat et la nature des sols. La série ou l'étage se définit à travers une essence forestière dominante. Ainsi, l'étage du hêtre correspond à un climat nébuleux, humide, assez froid et neigeux l'hiver. Cartographier la distribution du hêtre revient donc, de façon indirecte, à cartographier les conditions climatiques qui permettent son maintien. De même, cartographier la distribution du chêne liège, c'est cartographier la nature acide du sol car cette essence ne peut se développer sur un sol calcaire. »

Figure 4 : Reconstitution de deux séries de végétation, l'une en région calcaire (série du Chêne pubescent en Quercy), l'autre en région siliceuse (série du Chêne pédonculé en Bretagne) (GAUSSEN et REY, 1955).



(b)- Dans une recherche botanique en plein foisonnement aux Etats-Unis au début du XX^e siècle (ACOT, 1988), Frederic E. CLEMENTS a donc forgé, dans des ouvrages successifs dont celui de 1916 est le point d'orgue, le modèle climacique. La notion a été conçue dans la langue anglaise où il importe de rappeler que le mot de *climax* est d'un usage courant, désignant le point culminant, l'apogée, le paroxysme ou, dans un autre registre, l'orgasme. Etymologiquement, le terme évoque donc plus un fragile moment de plénitude qu'un état stable de finitude.

Le modèle spatio-temporel du climax prend place dans le cadre géographique du Nouveau Monde et de ses ensembles régionaux de grande taille : CLEMENTS, travaillant dans la Grande Prairie et dans l'Ouest américain à la végétation mise à mal par l'agriculture et l'élevage et aux terres soumises à l'érosion éolienne et au ravinement (RAFFIN, *Encycl. Univ.*), inspiré par des convictions religieuses profondes (ARMSTRONG et MARTIN, 1998), a cherché à théoriser l'altération du milieu naturel par l'Homme et la succession des formations végétales, conçues comme des supra-organismes qui naissent et se développent, conduisant au climax. Botanistes et biogéographes européens ont repris avec engouement le mot et son contenu, tant ce concept leur parut convaincant pour opérer la mise en relation de la végétation avec les facteurs de l'environnement.

De leur interdépendance naîtrait ce degré ultime, stabilisé, révélateur des conditions écologiques du milieu, que l'on peut décrypter dans le paysage qui en est l'expression.

Le concept aboutit à un schéma très général, celle d'un climax unique ou monoclimax pour un lieu ou une région donnée, souvent en porte-à-faux avec la réalité. Sur ce point, la théorie du polyclimax a pu être présentée comme une alternative à la conceptualisation initiale de CLEMENTS. L'uniformisation de la phytosphère et de la pédosphère, à l'intérieur d'un espace présentant une homogénéité climatique d'échelle régionale ou zonale, n'est, de fait, jamais atteinte. Il subsiste une hétérogénéité de plus grande échelle, matérialisée par un assemblage de facettes. L'essaim climacique (ou polyclimax) rassemblerait ainsi les différents climax d'une même région ou d'un même domaine climatique (RAMEAU, 1988) ; il y a convergence des biocénoses à maturité, avec un « degré atténué d'autonomie de chacune d'entre elles » (BRAQUE, 1988). Cette vision des choses est la solution la plus fréquemment adoptée pour la synthèse du modèle zonal et du modèle de la mosaïque de grande échelle dont il sera question au chapitre 4. Solution qui souffre pourtant de présenter la végétation comme revenant vers un ordre naturel immuable où des unités aux contours définis s'emboîteraient les unes les autres comme les pièces d'un puzzle.

D'autres pistes ont été suivies. Paul ARNOULD (1993) s'amuse ainsi à décrire les multiples sens du mot « climax » avant d'en décliner la « descendance », dénombrant près d'une cinquantaine de termes construits à partir de la racine, témoignant de l'effort pour apporter nuances et adaptations au concept. Cet effort a été fourni principalement pour résoudre trois questions qui révèlent bien le caractère somme toute faiblement opératoire du climax à l'échelle zonale :

- *l'échelle spatiale* qui varie entre les applications américaine et européenne du concept de climax ; CLEMENTS l'avait conçu pour des ensembles régionaux vastes où le déterminisme est climatique ; dans nos contrées, phytosociologues et forestiers⁴¹ l'ont redéfini par l'association, à une échelle beaucoup plus fine ; il s'agit alors plutôt de pédoclimax ou de climax stationnels, à prétention biocénotique et non plus seulement paysagère ;
- *la linéarité et le sens de la succession* : la série progressive de CLEMENTS supposait une « facilitation » d'un stade par le précédent or l'inverse se produit parfois, à savoir une inhibition (parfois transitoire), par suite, par exemple, d'un changement d'état plus ou moins irréversible du milieu physique (acidification, érosion du sol, etc.) après régression de la végétation initiale ; un vocabulaire pléthorique (paraclimax, subclimax, euclimax, pénécliclimax, etc.) a été mis au point pour envisager ces situations complexes (DAGET et GODRON, 1974 ; DA LAGE et METAILIE, 2000) ;
- *le rôle de l'anthropisation* qui amène à démultiplier les types de dynamique ; les phytosociologues distinguent ainsi, dans l'évolution des forêts, une dynamique des lisières (dynamique externe) et une dynamique interne, au cœur du massif (GEHU, 1980) ; l'intérieur d'une forêt française recèle quantité d'associations marquées du sceau de l'homme parfois spatialement très réduites : groupements des sols tassés, des fossés comblés, des anciens sites habités qui s'intègrent de façon complexe à la dynamique interne.

L'ambiguïté du climax reste donc, malgré tous ces efforts, grande et le statut de telle ou telle formation peut être discuté à l'infini. A partir de ces incertitudes, de ces lambeaux de végétation dont on ne sait plus trop s'ils sont représentatifs du milieu qu'ils occupent ou de l'action anthropique, il est difficile de reconstituer ce que pourrait être la végétation « potentielle » d'une région, d'un domaine ou d'une zone. Les interrogations sur la dynamique de la végétation se traitent finalement aujourd'hui plus modestement à plus grande échelle et à terme plus court à travers par exemple la reconstitution des *séquences de végétation*, suivant l'expression que GODRON et POISSONET

⁴¹ Voir GEHU (1980), ARNOULD (1993), RAMEAU (1993a et b).

(1972) suggéraient de substituer à la série pour suggérer le fait que l'on s'en tenait désormais aux indices tangibles observables pour toute prospective sur le paysage végétal. Celui-ci se retrouve en quelque sorte remis à sa vraie place.

Reposant sur une vue excessivement simpliste des transformations de la biosphère, le climax est ainsi un concept en voie de tomber en désuétude. Pourtant, les représentations spatiales qui ont été produites en son nom perdurent. C'est que la théorie de CLEMENTS reste source d'inspiration à travers la notion de *biome*, sorte de corollaire spatial du climax.

(c)- Par le biais des biomes (ALEXANDRE et GENIN, 2007), la théorie de CLEMENTS est en effet restée en place dans ces grandes lignes par-delà les critiques qui viennent d'être évoquées. Le terme de biome, forgé aux États-Unis dans les années 1910-1920 (outre CLEMENTS qui en lança l'idée dans une conférence en 1901, il faut citer CARPENTER, FORBES ou SHELFORD), est significatif d'une histoire écologique qui ne développe plus seulement des connaissances sur les communautés végétales. Les communautés animales et leurs relations trophiques avec les phytocénoses sont également prises en compte dans une « écologie des successions biotiques ». Les grandes formations ont donc des fonctions qui ne peuvent s'expliquer que par l'intégration des groupes faunistiques et des groupements végétaux et, pour CLEMENTS et SHELFORD (1939), le biome a rang d'unité fondamentale de l'écologie, voulant ainsi signifier « l'entité et l'unité biogéographique que constituent une formation végétale et la formation animale qui lui correspond ». Le biome correspond ainsi à une vaste aire bioclimatique, d'échelle continentale ou sous-continentale, calquée sur les zones climatiques. Il constitue une formation écologique d'aspect plus ou moins homogène sur une vaste surface. Le biome se conçoit aussi comme unité supérieure de paysage, dans la mesure où il correspond à un « vaste territoire caractérisé par une formation végétale caractéristique qui donne aux paysages un caractère commun » (GODRON et JOLY, 2008). Il se présente enfin comme une unité fonctionnelle dont les composantes sont en interaction dynamique. Tel qu'il vient d'être défini, il correspond somme toute assez bien à l'essai climacique dont il a été question ci-dessus.

De l'Equateur au pôle Nord, la succession suivante des biomes pourrait ainsi être notée : forêt sempervirente ombrophile des tropiques humides, savane des régions tropicales à saisons contrastées, désert, matorral méditerranéen, forêt décidue tempérée, taïga des hautes latitudes boréales, toundra. Cette succession, on le voit, ne rend pas compte de la multiplicité des gradients de végétation qui expriment la résultante zonale et régionale de la température et de l'humidité. Sur d'autres coupes méridiennes, d'autres biomes apparaîtraient : forêt tropicale à feuilles caduques, désert froid, prairie et steppe... Souvent le biome reçoit un nom local : par exemple, le biome « prairies tempérées » est localement connu sous les noms de steppe, pampa ou veld en fonction du continent.

L'ensemble des biomes ou ensemble des lieux où la vie est possible constitue la biosphère. Il existe donc des biomes terrestres et des biomes aquatiques. Les biomes sont dénommés par les formations végétales qui les caractérisent, sauf pour la classification des biomes aquatiques qui est basée sur des caractéristiques physiques. Le biome devrait donc constituer, après la planète tout entière, la plus grande unité de classification écologique. Ce n'est pas toujours le cas. La répartition planétaire des grands biomes peut paraître simplificatrice, voire réductrice. D'autre part, les attributs d'un biome se fondent progressivement dans le suivant (soit par la variation progressive des gradients climatiques hors action de l'homme, soit précisément à cause de l'action de l'homme qui homogénéise les paysages végétaux). En conséquence, certains chercheurs ont proposé des typologies qui démultiplient les types et les sous-types, en faisant des distinctions plus grossières ou plus fines entre biomes. De plus, n'est-il pas nécessaire, dans une vision plus géographique, de rectifier les choses en fonction des échelles d'analyse ? Tout d'abord, parce que la zonalité est loin d'être parfaite, notamment dans le cas des oppositions de façades continentales et, aussi, parce que

des facteurs régionaux importants nuancent la distribution des grands paysages végétaux. Le déterminisme climatique n'est pas, d'une part, simple et, d'autre part, total. De ce fait, certains auteurs appellent *zonobiomes* ou *macroécosystèmes zonaux* (neuf zonobiomes pour GRABHERR) ce que d'autres dénomment biomes ; le biome correspond alors à un niveau inférieur d'ordre régional. Il est vrai que prendre les paysages végétaux comme indicateurs de milieu peut amener à des ambiguïtés ou des errements. Ainsi le nombre de biomes (ou des unités écologiques peu ou prou équivalentes) varie-t-il de huit à une centaine selon les auteurs. La démarche typologique n'a jamais donné lieu à des catégories de classification claires et indiscutables. Le pouvait-elle d'ailleurs ? En fonction de la résolution souhaitée et du degré de précision recherché, divisions et subdivisions des entités aboutissent à des différences plus ou moins importantes.

1.3.3 - KÖPPEN et la définition d'entités climatiques par les paysages végétaux

Toujours dans la première moitié du XXe siècle, le modèle zonal va se retrouver renforcé par les efforts fournis par les climatologues pour identifier les climats par les paysages végétaux : chaque climat devient ainsi un « bioclimat ». Le climat est le principal facteur de l'agencement de la végétation aux échelles petites et moyennes : le postulat peut être discuté car, en y réfléchissant, la transmutation du climat au paysage est rien moins qu'évidente. Quoi qu'il en soit, les paysages végétaux ont donné consistance aux entités spatiales climatiques que les climatologues peinaient à définir. Il ne faut pas perdre de vue, en effet, que le climat, s'il est intuitivement perçu par les sensations du corps, est bien difficile à saisir comme objet inscrit dans l'espace et dans le temps. Il est une construction (commode), rendant compte de l'état (ou de la succession des états) de l'atmosphère en un lieu donné, dont Max. SORRE (1934a) donnait une définition que j'aime bien car elle rend bien compte de son caractère flou :

« Le climat, c'est l'ambiance atmosphérique constituée par la série des états de l'atmosphère au-dessus d'un lieu donné dans leur succession habituelle. »

Le climat est, par ailleurs, décrit par des séries de mesures, livrées à des pas de temps variés ; chaque situation météorologique instantanée venant ainsi s'ajouter à toutes les précédentes modifie, si peu que ce soit, le tableau d'ensemble généralement établi par des moyennes. Le climat d'un lieu est donc en perpétuelle redéfinition (parler de changement climatique est au fond un pléonasme) et le climat est en constante variation dans l'espace géographique. Charles-Pierre PEGUY (1989) rappelle cette complexité :

« Sahara, Amazonie, Taïga sibérienne ou inlandsis groënlandais : les médias ont popularisé ces immensités où, sur des centaines de milliers de kilomètres carrés, l'uniformité du paysage paraît refléter une homogénéité du climat. Ne nous étonnons pas que leurs images viennent peut-être les premières à l'esprit quand on parle de climat. Ou qu'on évoque ces réalités, simples seulement en apparence, que certains appellent milieux naturels. Mais ailleurs, que de régions viennent apporter un démenti à cette idée que la planète ne serait que juxtaposition d'éléments de grande taille, à l'intérieur desquels le climat, le paysage ne varieraient que peu, et par touches imperceptibles... N'importe où, à dix kilomètres à l'intérieur des terres, le climat n'est déjà plus exactement celui du littoral. Dès que quelque relief apparaît, tout tend à se diversifier. En montagne, les trois pas qui vous auront permis d'enjamber une crête vous inciteront à mettre votre anorak, ou inversement à l'enlever si vous le portiez déjà. D'un point à un autre, le maillage climatique change d'échelle. Parfois, plusieurs maillages se superposent, et les réalités qu'ils portent s'imbriquent. »

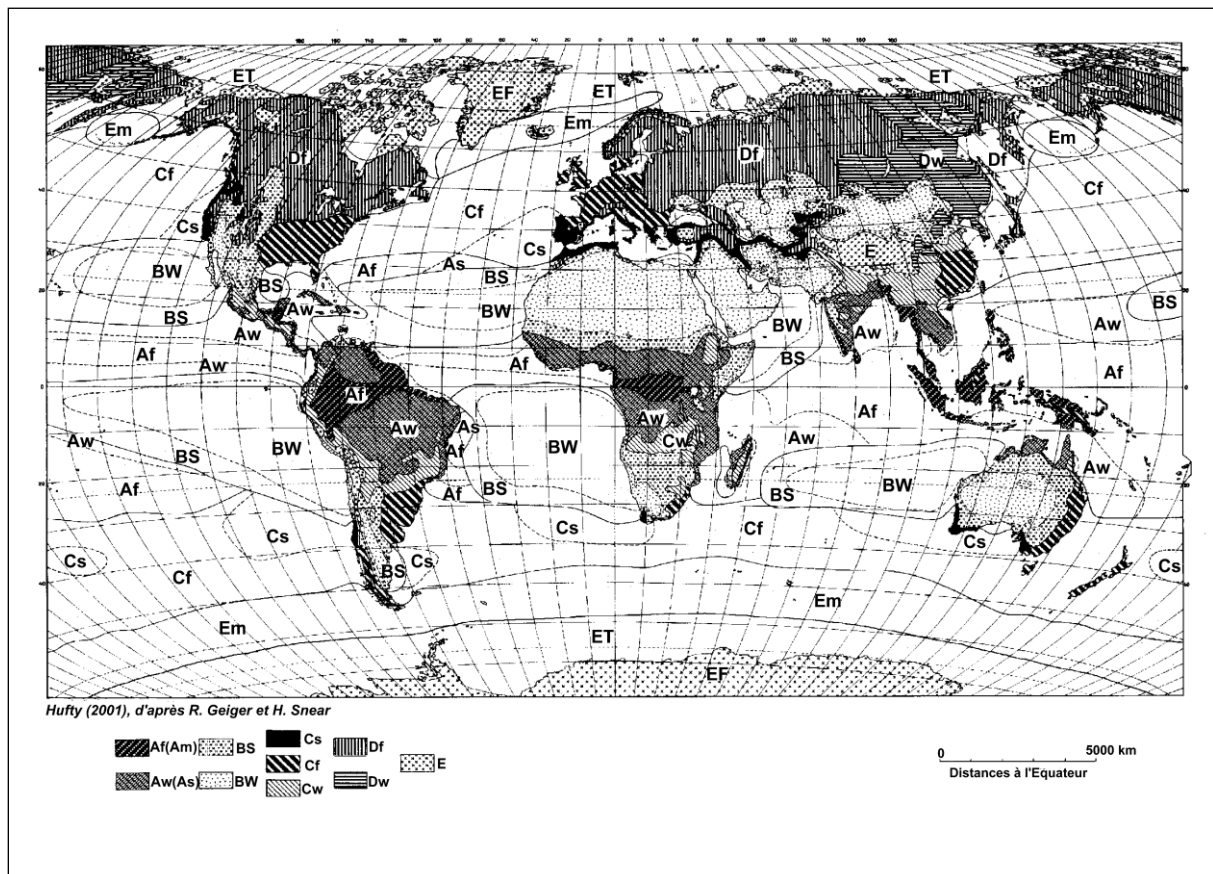
Ainsi fondée sur un objet qui se laisse si malaisément discrétiser, la classification la plus connue, est celle que Wladimir KÖPPEN mit au point entre 1930 et 1939 en publiant son *Handbuch der Klimatologie* (fig. 5). Cette perspective nécessite de reconnaître, au sein des champs climatiques, des caractères communs à de vastes étendues, permettant de différencier ces contrées d'autres entités spatiales. Comme bien d'autres après lui, KÖPPEN cherche alors dans la géographie contrastée de la

végétation, envisagée sous son angle physiologique, la justification de son découpage climatique. Ainsi, les différences entre formations végétales sont-elles retenues comme significatives des discontinuités climatiques ; à l'inverse, la dominance de telle ou telle espèce ou type biologique dans le paysage traduirait l'unité climatique des contrées où elle se manifeste :

« dans sa classification, l'auteur a tenté de délimiter, d'une manière simple, les principaux paysages climatiques, le mot de "paysage" évoquant une certaine concordance entre les climats et les écosystèmes (LETTAU, 1994) ; il ne s'agit pas ici directement de composition floristique ou d'espèces végétales mais d'albedo, de rugosité, de hauteur des arbres, de degré de recouvrement du sol, d'utilisation par la végétation de l'énergie solaire ou thermique..., en bref, de l'interface sol-atmosphère. » (HUFTY, 2001)

Ou, du moins, d'indices sur la configuration spatiale de cette interface... Les limites tracées sur les continents amènent KÖPPEN et ceux qui ont, par la suite, retravaillé sa classification, à tenter de conjecturer sur les climats régnant au-dessus des océans (sans le secours ici des paysages végétaux). Au total, le réseau de limites est construit à partir de limites conventionnelles d'indices climatiques (l'indice d'aridité notamment) sont les valeurs s'ajustent aux paysages végétaux et qui tentent ainsi de traduire des bio-climats.

Figure 5 : Planisphère des climats, d'après la classification de KÖPPEN (SOURCE : HUFTY, 2001)



Af (Am) : climats intertropicaux chauds et humides toute l'année. La lettre m indique une courte saison sèche.

Aw : climats tropicaux chauds à saison humide estivale.

BS : climats steppiques.

BW : climats désertiques chauds ou froids, à pluies très faibles.

Cs : climats méditerranéens à été chaud et aride alors que le reste de l'année est pluvieux et moins chaud.

Cfa : climats subtropicaux à été chaud et pluvieux, à hiver doux et humide.

Cfb : climats tempérés océaniques humides toute l'année.

Cw : climats subtropicaux de mousson ou d'altitude entre les tropiques avec un hiver sec et des pluies d'été.

Dfa ou b : climats tempérés continentaux, avec pluies chaudes d'été et neiges d'hiver.

Dfc : climat continental froid avec la forêt de conifères un été très bref et humide et un hiver long et faiblement enneigé.

Dw (a,b,c) : climat continental, très sec et froid en hiver.

ET : climat polaire de toundra ; l'été est très court et l'hiver long et très froid, inférieur à -6,5°C.

Em : climat polaire maritime (hiver moins froid que le précédent, supérieur à -6,5°C, avec une amplitude annuelle de température inférieure à 17°C ; il peut pleuvoir ou neiger toute l'année et la nébulosité est très grande).

EF : climat arctique et antarctique avec gel quasi-permanent.

André HUFTY (2001) reconnaît que cette classification, critiquée dans le détail, et dont « il est souvent de bon ton de mépriser l'empirisme » n'a jamais été remplacée et reste une « référence commode utilisée dans le monde entier ». Toutefois, il en montre bien les limites ou, pour mieux dire le simplisme :

« Il reste utile de décrire [le système que constitue l'interface sol-atmosphère] par ses effets sur quelques variables de l'atmosphère, faciles à mesurer et à cartographier, relativement indépendantes, telles que sa température et son état hydrique. *Ce système passe périodiquement par des états discontinus, des formes géographiques identifiables et, dans ce cas, les limites ont un sens ; ailleurs, cependant, il ne change que très lentement et il faut penser en termes de gradients, de zones de transition où les limites ont peu de sens* : si la concordance est bonne entre les trajectoires des perturbations du front polaire et la bordure de la taïga, on voit mal par contre où placer une coupure au nord de la prairie canadienne. Peut-être faudrait-il associer un indicateur de variabilité spatiale à toute isoligne considérée comme caractéristique d'un changement de l'état du système et mieux distinguer les ruptures et les passages progressifs. »

Sans remettre en cause l'intérêt d'avoir en mémoire des catégories de référence, HUFTY invite ainsi à prolonger cet effort de classification par une interrogation systématique sur le sens des limites cartographiques que les nécessités de la perspective adoptée ont amené à instituer. Ceci rejoint l'opinion de François DURAND-DASTES et Lena SANDERS (1989) pour qui le climat ne peut guère être discrétisé, le mode dominant d'organisation étant constitué de « noyaux de référence » entourés de zones de transition, le gradient étant dès lors la figure classique des champs climatiques.

La classification des climats selon KÖPPEN (affinée par TREWARTHA sans que le fond des choses en soit changé, n'est évidemment pas la seule tentative. D'autres modes de discrétisation et d'autres planisphères ont été proposés, dont certains tentent de donner une justification plus directe des limites tracées. La caractérisation des climats peut s'appuyer sur d'autres voies que celles des indices : les tentatives de traduire les ressemblances et les dissemblances entre climats *via* des représentations graphiques comme les diagrammes ombrothermiques proposés par François BAGNOULS et Henri GAUSSEN (1957) ou les climagrammes de Heinrich WALTER et Helmut LIETH (1960) peuvent bien entendu être citées. Toutefois, cette démarche bute sur la question de la généralisation spatiale des données recueillies dans des stations ponctuellement distribuées dans l'espace géographique.

En tout état de cause, que l'approche soit fondée sur des indices ou sur des constructions graphiques, les entités spatiales climatiques restent déduites de *l'uniformité apparente des formations végétales*. Le recours à la climatologie dynamique en identifiant les circulations atmosphériques à l'origine des climats permet de mieux justifier les limites et transitions climatiques (voir 2^e partie). Ce recours permet d'éviter les simplifications imposées par le recours à la physiologie de la végétation.

1.3.4 - La science du sol russe et la « loi de zonalité »

Le primat d'un découpage fondé sur les grands ensembles phytoclimatiques est systématisé et érigé en loi de la nature sous l'impulsion notamment de l'école agronomique russe qui donna naissance, autour de DOKUCHAEV, au début du XX^e siècle, à la science des sols, la pédologie. Les sols

sont replacés dans un contexte global qui suit la loi de zonalité. Celle-ci peut être énoncée comme suit :

« Dans chaque zone climatique, les sols issus de roche-mères différentes et les biocénoses correspondantes, tendent à converger vers un type assez uniforme, sinon unique » (GODRON, 1984).

GODRON (1984) montre que l'établissement de la loi de zonalité doit beaucoup à l'uniformité de la terre russe où, du nord au sud, la succession des bandes zonales est un véritable cas d'école ; les pédologues russes ont ainsi observé que :

« [...] De la Mer Noire à la Mer Blanche, se succèdent des unités climatiques [...] déterminées presque uniquement par la latitude, puisque aucune chaîne de montagnes ne barre ces immenses plaines. Ces Russes se sont aperçus que chaque zone climatique déterminait un type de sol [et], comme l'action de l'homme n'avait pas totalement détruit la végétation naturelle de ces immenses espaces, ils ont pu voir aussi que ces types de sols correspondent à des types de végétation naturelle tout aussi bien zonés. »

Ce qui les a amenés à proposer le tableau de correspondances suivant (tabl. 1) qui fut, par la suite, complété sous d'autres latitudes.

Tableau 1 : Organisation des milieux bio-physiques aux latitudes moyennes, d'après le modèle des agronomes russes (Dokuchaev et al., 1901), Source : Godron, 1984.

CLIMAT	VEGETATION	SOLS
Semi-aride	Steppe	Tchernozeems
Continental	Forêt de feuillus	Sols bruns
Continental froid	Forêt de conifères (Taïga)	Podzols
Continental très froid	Toundra	Sols arctiques

La loi de zonalité s'appliquerait ainsi y compris lorsque des éléments locaux d'hétérogénéité interviennent, par exemple en cas de changement, même radical, du substrat qui sert de roche-mère aux sols : l'exemple classique est celui du processus de brunification qui, sous climat tempéré suffisamment humide, toucherait tout type de sol forestier qu'il soit issu d'un substrat sableux siliceux ou d'une roche-mère calcaire ; l'uniformisation de la végétation suivrait ensuite celle des sols. Ceci étant, cette uniformisation reste très théorique et, dans la plupart des cas, on constate que subsistent des différences notables entre les sols sur roche-mère carbonatée et ceux auxquels donnent naissance des roches-mères siliceuses : ainsi, dans l'Ouest de la France (voir ci-dessus fig. 4), une certaine convergence vers les sols bruns et la chênaie peut-elle être notée (DUCHAUFOR, 1948). Toutefois, les bois et les pré-bois à Chêne pubescent sur calcaire n'ont guère de points communs, ni dans leur physionomie, ni dans leur composition floristique avec les futaies à Chêne sessile que l'on retrouve en contexte acide.

Cette idée d'une organisation très simple des milieux bio-physiques à l'échelle planétaire peut être poursuivie en évoquant les processus géomorphologiques qui sont attachés à chaque type de climat. On pourrait ainsi ajouter une quatrième colonne au tableau 1 en évoquant les *systèmes d'érosion bioclimatiques* :

« La combinaison des processus spécifiques d'un milieu bio-climatique donné a été nommée *système d'érosion* par CHOLLEY (1950) ou *système morphogénétique* par TRICART (1965), c'est-à-dire créateur de formes » (GEORGE et VERGER, 1996).

Ainsi, les modalités suivant lesquelles se produit l'altération sous différents climats où les précipitations sont importantes - altération biochimique dominante sous les climats des latitudes moyennes, altération géochimique dominante des climats tropicaux et équatoriaux (DUCHAUFOR,

1991) – engendrent-elles à la fois des types de sols particuliers à chacune des zones (familles des sols calcimagnésiques, des sols brunifiés et des sols podzolisés, d’un côté, familles des sols fersiallitiques, des sols ferrugineux et des sols ferrallitiques, d’un autre côté) et un modelé caractéristique de ces zones (CAYEUX et TRICART, 1953).

Corollaire de la loi de zonalité est l’idée que, au sein de chaque zone, existent de grands sous-ensembles en fonction de facteurs susceptibles de créer des discontinuités internes tout en conservant un certain nombre de caractères propres à chaque zone. Ces subdivisions intrazonales ont plusieurs origines. La première d’entre elles différencie des domaines intrazonaux océaniques ou maritimes et des domaines intrazonaux continentaux. Une autre distinction classique est produite en cas de changement de famille de substrat. Il est, en règle générale, souligné la différence qui s’établit entre les domaines bio-physiques des secteurs d’affleurements de roches carbonatées et ceux qui prennent naissance dans les secteurs d’affleurement de roches siliceuses. Les domaines intrazonaux auraient une traduction paysagère comme cela a été vu à propos de la carte d’ELHAÏ (voir ci-dessus 1.1).

Lorsque les particularités bio-physiques, sur une certaine aire, sont telles, du fait d’un facteur localement suffisamment déterminant pour qu’il annihile tout autre effet, qu’elles donnent naissance à un biotope et à une biocénose totalement originaux et indépendants des conditions zonales, on parle alors d’azonalité. Les dunes, les vasières, les milieux extrêmes de la haute montagne sont souvent présentés comme des exemples de milieux azonaux. De nombreux auteurs contestent que des milieux parfaitement azonaux existent puisque, dans les exemples cités, les biocénoses sont, en fait, notablement différentes en fonction de la latitude : il est vrai, par exemple, que la différence est considérable entre les slikkes européennes colonisées seulement dans leur partie haute par quelques touffes de Spartine ou quelques salicornes et la mangrove qui ourle les vasières tropicales. Autre exemple que Louis EMBERGER signalait déjà en 1930 : la haute montagne des marges méridionales du monde méditerranéen tel qu’il a pu l’observer dans l’Atlas marocain n’a que peu à voir, floristiquement comme physionomiquement, avec ses xérophytes épineux, avec la haute montagne, pourtant proche, d’Europe occidentale.

Conclusion

Par le biais de ces quatre courants convergents – l’influence néo-lamarckienne, le succès de la théorie du climax, la phytoclimatologie et la formulation d’une loi de la zonalité -, le modèle zonal s’est trouvé figé autour d’un nombre fini de biomes, identifiés par la physionomie de la végétation et tendant à un équilibre avec le climat. Pour faire bonne mesure dans la présentation de la multiplicité des présentations possibles du modèle zonal, je signalerais pour finir le schéma présenté par le québécois Pierre DANSEREAU (1957 ; *E.U.*), celui qui accorde la place la plus claire à la physionomie de la végétation et à sa signification climatique. DANSEREAU, se réclamant explicitement de l’œuvre de SCHIMPER c’est-à-dire d’un lien étroit entre le climat et le paysage végétal, passe à la proposition d’une véritable nomenclature des formations végétales en 20 classes :

- (1) – Forêt ombrophile tropicale ;
- (2) – Forêt ombrophile tempérée
- (3) – Forêt décidue tropicale
- (4) – Forêt décidue tempérée
- (5) – Forêt sempervirente acutifoliée
- (6) – Forêt sclérophyllie
- (7) – Parc tropical
- (8) – Parc tempéré
- (9) – Savane tropicale
- (10) – Savane froide ou tempérée

- (11) – Brousse épineuse
- (12) – Fourré tropical
- (13) – Fourré froid
- (14) – Toundra
- (15) – Prairie
- (16) – Steppe
- (17) – Pelouse
- (18) – Désert chaud
- (19) – Désert froid
- (20) – Croûte (mousses et lichens)

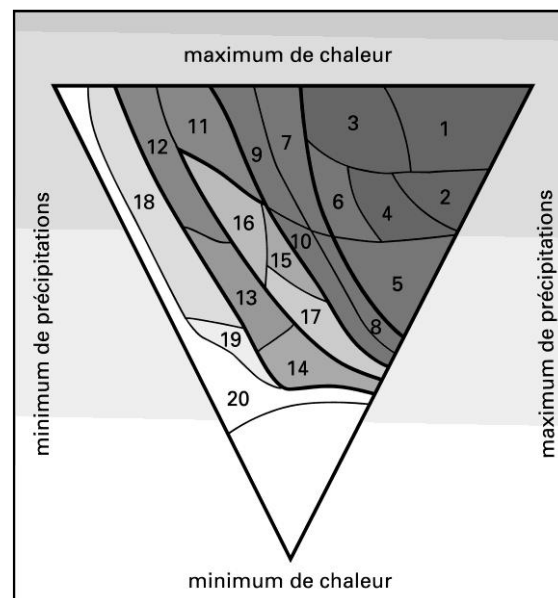


Figure 6 : Position des formations végétales du globe sur le triangle climatique de Dansereau (1957)

Ces 20 classes sont ensuite placées sur un triangle climatique (fig. 6) indiquant la position de chacune d'entre elles par rapport aux deux contraintes que sont d'une part le froid, d'autre part la sécheresse. Cette nomenclature réalise en quelque sorte l'ambition initiale d'Alexandre de HUMBOLDT ; mais là où le savant du XIX^e siècle avait échoué en la fondant sur la peinture des formes, DANSEREAU (et bien d'autres dans la deuxième moitié du XX^e siècle) tente de la refonder sur des critères scientifiques. Le résultat est-il pour autant satisfaisant ? Par-delà leur diversité, les tentatives présentées procèdent toutes d'une mise en ordre plutôt brutale de la biosphère, ce qui laisse en suspens bien des questions :

- la question du critère de discrétisation de la végétation dans ses rapports avec le climat ; la physionomie de celle-ci, fortement transformée par les hommes jusque dans ces aspects où nous la pensons produite par la nature, apparaît en distorsion de plus en plus forte avec la structure phytoclimatique à mesure que l'emprise humaine sur le milieu est élevée ; dès lors, le recours à un critère moins susceptible d'avoir été complètement transfiguré que celui du paysage apparaît inévitable, le contenu botanique de la végétation étant ce critère ;
- la question des changements et des perturbations (pour une part physiques, pour une part anthropiques) affectant la biosphère, ce qui remet en cause l'existence d'un état d'équilibre de celle-ci et l'existence d'une liste finie de cas de figure ;
- la question des limites entre les entités bioclimatiques créées ; parallèlement, la question de l'homogénéité de ces entités.

Chapitre 2

Revisiter le modèle zonal : transitions et limites entre domaines bioclimatiques

Les paysages végétaux à partir desquels le modèle zonal s'est construit sont trompeurs ; à tout le moins, ils laissent le plus souvent perplexes sur la fidélité avec laquelle ils traduisent la correspondance climat - végétation. Pour le montrer, je m'appuierai sur quelques exemples qui bousculent nos vérités cartographiées. La signification écologique prêtée à bon nombre de physionomies de la végétation prend, en effet, mal en compte l'ampleur des transformations liées à l'utilisation directe ou indirecte de la ressource végétale ou, tout simplement, du pays, par les sociétés humaines. Du coup, les limites des biomes et les limites bioclimatiques qui se superposent dans le modèle zonal « idéal » présenté dans le chapitre 1 divergent plus ou moins radicalement au point que la plus grande incertitude règne (2.1.1). L'écart peut être, suivant les cas, infime ou porter sur des décalages de plusieurs centaines de kilomètres, ce qui est tout de même bien embêtant lorsque les cartes servent de référence pour prendre des décisions en matière d'aménagement, de gestion de la biodiversité, etc. Cela invite à remettre sur l'ouvrage cette question des limites bioclimatiques en l'envisageant sous d'autres formes que l'habituelle approche par les paysages végétaux. L'exercice est d'autant plus difficile que même les plus sévères vis-à-vis de l'approche physionomique⁴² finissent toujours par y revenir, ne serait-ce que, à l'amont, pour fonder leur échantillonnage ou, à l'aval, pour dessiner des contours sur les cartes de végétation.

L'homogénéité supposée des biomes doit, par ailleurs, être interrogée tant paraissent arbitraires certaines limites qui tranchent au sein d'ensembles de physionomie proche sinon identique alors que, dans le même temps, des formations végétales aussi dissemblables que les écosystèmes dont ils constituent l'émergence spatiale se trouvent assemblées (2.1.2). On me rétorquera qu'il s'agit là d'un simple effet de l'échelle considérée, que le simplisme des subdivisions du modèle zonal est à seule visée pédagogique et qu'il suffit de rentrer plus dans le détail pour que les nuances réapparaissent. Délaisser ainsi les échelles petites et moyennes me paraît une erreur ou plutôt une fuite devant un problème complexe auquel il a été donné une réponse trop simple : il y a bien une question régionale en biogéographie et en écologie et il est bon de l'aborder de front. Sur quelles bases peut-on opérer une régionalisation de l'espace bio-physique ? Une première réponse à cette question sera : certainement pas en considérant des régions écologiques homogènes. La mesure, la description et l'étude de l'hétérogénéité doivent être placées au cœur de cette régionalisation.

La remise en cause d'une démarche phytoclimatique fondée, à petite échelle, sur la physionomie de la végétation se fonde enfin sur la discussion du caractère statique des représentations cartographiques du modèle zonal. Ce qui est cartographié est tantôt le paysage observé, tantôt le paysage « potentiel », terme climacique de la dynamique de la végétation ... Cette

⁴² Les phytosociologues par exemple (GUINOCHET, 1973) quoique sa critique se porte plutôt sur l'échelle locale.

dynamique n'est vraiment envisagée que sur le temps court des successions végétales alors que la structure spatiale d'ensemble change sur un tout autre temps et selon des modalités très différentes (ALEXANDRE et GENIN, 2005). Les travaux qui commencent à aborder ces questions, notamment pour envisager les conséquences du changement climatique global sur la biosphère, y répondent généralement en déplaçant les ensembles paysagers en latitude ce qui ne me paraît guère satisfaisant et je montrerai pourquoi à partir de l'exemple des paysages forestiers français au contact de plusieurs domaines bioclimatiques (2.1.3).

Le recours à la flore, au contenu botanique de la végétation, apparaît dès lors inévitable. Il est classique, on l'a vu en introduction générale, d'accorder à la composition floristique le rôle de « reflet » du milieu. Dans son application géographique, cela signifie que la flore varie en même temps que varient les conditions écologiques. Toutefois, elle a surtout été étudiée, suivant une règle plus ou moins explicite, aux échelles fines qui emboîtent les groupements végétaux au sein des grands ensembles physiologiques : en somme, aux petites échelles, le paysage, aux échelles grandes, la flore ; le découpage en biomes identifiables à leur physiologie d'un côté, de l'autre la mosaïque des unités de végétation caractérisées par des ensembles d'espèces indicatrices. Singulier paradoxe qui confère au paysage une valeur générale alors qu'il est d'abord affaire d'appréhension visuelle et que celle-ci se place plutôt à l'échelle kilométrique. J'aurais ainsi tendance à inverser la perspective en réservant le paysage pour les analyses à l'échelle locale ou micro-régionale et en réhabilitant l'emploi de la flore pour les études régionales.

Ces échelles moyennes ont, de fait, été un peu délaissées après avoir beaucoup inspiré les auteurs classiques, de Louis EMBERGER (1930, 1939, 1943, 1955) à Théodore MONOD (1973), de Carl TROLL (1939, 1964) à Paul OZENDA (1985, 1995, 2002, 2004), d'Henri GAUSSEN (1954) à Frank WHITE (1986), pour ne citer que quelques noms et quelques ouvrages ou articles auprès desquels j'ai l'habitude de me ressourcer. En revanche, aux très petites échelles, la chorologie et la biogéographie historique ont beaucoup produit pour préciser, sur le temps long, la mise en place *des flores*. On notera ici le passage au pluriel. Le détail de cette histoire ne nous intéresse ici qu'indirectement ; en revanche, la manière dont les ensembles floristiques entrent en contact, en interaction dynamique, est l'une de mes interrogations majeures. Ainsi sera-t-il proposé, en se repositionnant à une échelle intermédiaire, de faire converger l'approche floristico-écologique et l'approche chorologique pour renouveler l'étude des limites et des transitions entre domaines bioclimatiques (2.2).

Encore faut-il s'assurer de la qualité de l'information floristique. Sa capacité à indiquer les variations du milieu doit être discutée. La notion d'espèce est, par ailleurs, au cœur de l'approche par la flore ; or, elle est entourée de bien des incertitudes, sans compter les difficultés propres à la reconnaissance botanique sur le terrain. Une clarification de la façon dont les espèces occupent l'espace géographique doit ainsi être menée dans ce chapitre.

2.1- Les insuffisances du découpage zonal

2.1.1 - Le paysage, indicateur médiocre du lien climat-végétation

Deux exemples des incertitudes liées à l'utilisation des paysages végétaux comme indicateurs d'un certain état du climat sont donnés ci-dessous. Ils concernent, l'un et l'autre, le statut des formations herbacées des domaines semi-arides. Ce ne sont pas là des exceptions qui confirmeraient la règle. Les paysages considérés sont simplement particulièrement pédagogiques pour poser la question du statut écologique de la végétation : les grands espaces vides qu'ils ouvrent au regard les font considérer dans l'imaginaire social comme une des représentations les plus fortes de la Nature dans ce qu'elle peut avoir de plus grandiose et d'austère ; pourtant, ils sont aussi le produit d'activités humaines que les faibles densités font parfois oublier mais dont l'emprise spatiale est considérable, l'élevage extensif notamment.

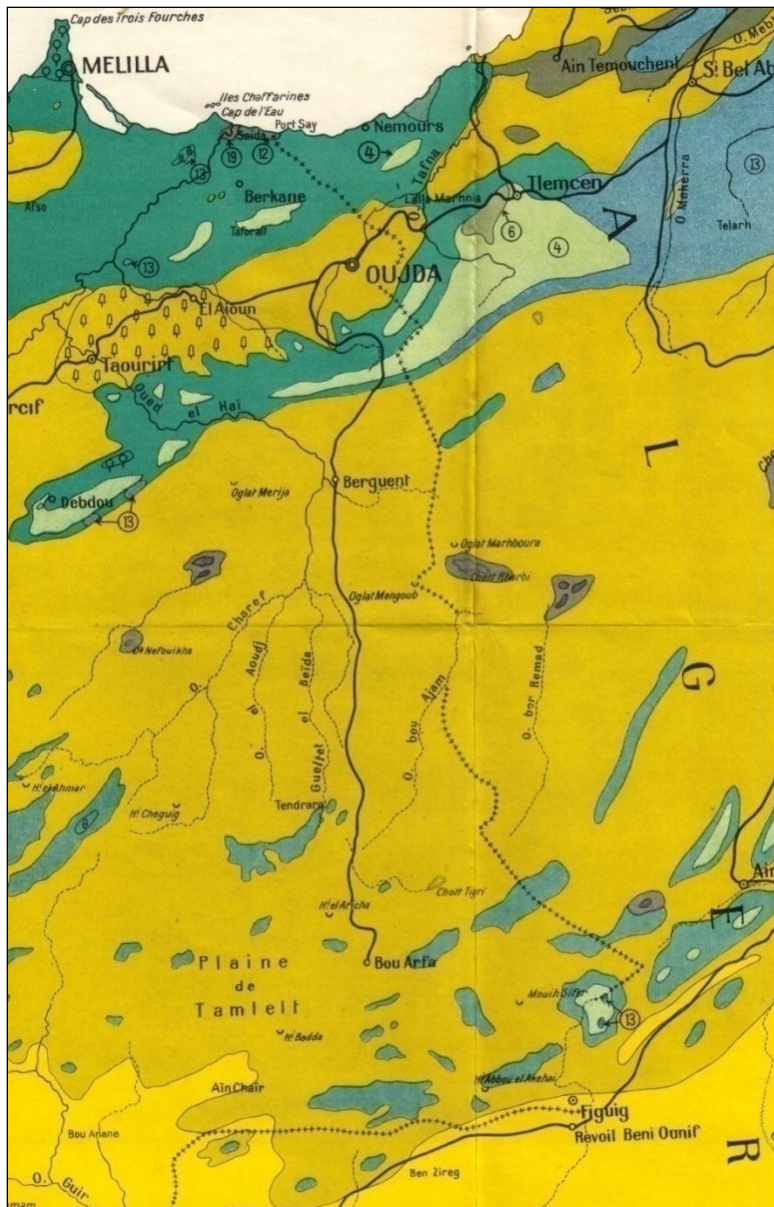


Figure 7: Extrait de la carte phytogéographique du Maroc au 1 : 1 500 000^e (EMBERGER, 1939)

Groupements végétaux* représentés (identifiés par les espèces dominantes) :

- (1)- (jaune clair) : Végétation désertique à flore saharienne
- (2)- (jaune foncé) : Au Maroc oriental, *Ziziphus lotus* – *Pistacia atlantica* ou *Stipa tenacissima* – *Artemisia herba-alba*
- (4)- *Quercus ilex*
- (6)- *Quercus suber*
- (12)- *Juniperus phoenicea*
- (13)- *Pinus halepensis*
- (19)- Végétation halophile

Les signes surajoutés désignent les essences en mélange : autour de Melilla, *Pinus halepensis* ; autour de Taourirt, *Tetraclinis articulata*.

*Emberger emploie l'expression dans un sens physiologique

(a)- La steppe d'Alfa de l'Oriental marocain

En apparence, quoi de plus symptomatique de la plongée vers le désert que la traversée des hauts plateaux de l'Oriental marocain, par exemple en suivant la route d'Oujda à Figuig⁴³. La diminution des précipitations moyennes annuelles de 340 mm à Oujda à 100 mm à Figuig avec une décroissance assez régulière passant par 190 mm à Aït Bni Mathar (anciennement Bergument : fig. 7) et 130 mm à Bouarfa. Les formations végétales s'accordent bien, en apparence, au passage du domaine bioclimatique méditerranéen au semi-aride et à l'aride, passage que la *Carte phytogéographique du Maroc* au 1:1 500 000^e, dressée en 1939 par EMBERGER, restitue (fig. 7). Les contrastes thermiques restent forts avec un hiver qui interdit à la plupart des espèces tropicales de s'installer (hiver d'autant plus marqué par des coups de froid que l'on se situe à des altitudes déjà élevées : jamais au-dessous de 800 m et souvent au-dessus de 1 000 m). En quittant le bassin d'Oujda pour monter les pentes des monts de Jerada, les boisements à Pin d'Alep (*Pinus halepensis*) ou à

⁴³ Route suivie lors du stage de l'UE Acteurs de l'environnement du Master professionnel Espace et Milieux (direction : Gilles BENEST, représentant l'UFR de Biologie et des Sciences du Vivant, et Frédéric ALEXANDRE, représentant l'UFR Géographie, Histoire et Sciences de la Société) en février 2008.

Genévrier rouge (*Juniperus phoenicea*) sont souvent très dégradés en matorral mais on restitue assez bien, par l'esprit, les mosaïques sempervirentes méditerranéennes de la carte d'Henri ELHAÏ (*op. cit.*) ou le biome de la forêt sclérophylle de la liste de DANSEREAU (*op. cit.*). En abordant l'immensité des hauts plateaux, la steppe à Alfa (*Stipa tenacissima*) a, d'évidence, une forte puissance évocatrice (fig. 8). L'uniformité des nappes d'Alfa y est à peine tranchée, lorsqu'une pluie intervient⁴⁴, par l'acheb, tapis fugace d'espèces à cycle végétatif court. Plus au sud, le tapis herbacé est de plus en plus discontinu et seuls les végétaux du désert résistent : xérophytes épineux comme *Launea arborescens* ou plantes en coussinet comme le « chou-fleur de Bou Amama » (*Fredolia aretioides*), espèce endémique du « golfe » saharien oranais (OZENDA, 2004).

Figure 8 : Entre Aït Bni Mathar et Bouarfa, dans la traversée des Hauts Plateaux de l'Oriental marocain, la steppe d'Alfa (*Alfa tenacissima*) se mêle de plantes en coussinet du désert (*Fredolia aretioides*) (photo : Gilles BENESE, 2008)



Confirmant son caractère de formation zonale, BENABID (2000) décrit la steppe à Alfa comme le climax des Hauts Plateaux comme suit :

« L'Alfa est une graminée vivace qui organise des écosystèmes pratiquement sans arbres, et sur d'immenses étendues du Maroc oriental aride. Dans leur ensemble, ces steppes à Alfa se développent sur des sols bien drainés et plus ou moins rocheux (EMBERGER, 1939 ; BENABID et FENNANE, 1994). Les associations à Alfa sont essentiellement climaciques. Rares sont celles qui dérivent par dégradation des formations présteppiques à Genévrier rouge (*Juniperus phoenicea* ssp. *turbinata*), à Pin d'Alep (*Pinus halepensis*) ou à Thuya de Barbarie (*Tetraclinis articulata*). Les massifs à Alfa ont beaucoup régressé à cause de la dégradation (surpâturage, défrichements, incendies, ...) »

Ce caractère « essentiellement climacique » de la steppe à Alfa est-il si évident ? La dominance de l'Alfa a été fortement favorisée par les hommes : d'abord utilisée par les populations locales pour la confection de nattes, de couffins, de cordages, la plante fit l'objet d'une véritable exploitation, durant la période coloniale, pour la fabrication du papier (GUITOUNI, in TROIN éd., 2002). L'Alfa a alors occupé une grande partie de l'espace régional, comme plante industrielle. Les alfatières sont aujourd'hui du domaine privé de l'Etat, la population locale ayant droit d'usage pour le parcours des ovins et pour les besoins domestiques. Ces dernières années, l'exploitation des terrains alfatières a eu tendance à se réduire à ces usages, la demande sur le marché international ayant chuté. Si l'on suit Mohammed EL RHAZI (2002), la régression actuelle des steppes à Alfa est autant due au non entretien des alfatières qu'au pâturage excessif (dans une région où la présence d'un cheptel d'un million de têtes de petit bétail exerce une réelle pression sur la ressource végétale). Parallèlement, la

⁴⁴ Ce qui était le cas le jour où nous y sommes passés.

réussite des plantations en Pin d'Alep, en dépit d'une succession d'années de faible pluviosité, peut faire douter du caractère radicalement asylvatique de la partie la moins aride de ces espaces.

Au fond, tout invite à en revenir aux formulations prudentes d'EMBERGER (1939) qui se bornait à opposer la steppe d'Alfa, présente sur sols rocheux et bien drainés, à la steppe d'Armoise blanche, le *Chih* (*Artemisia herba-alba*) qui « supporte d'avoir les pieds mouillés » et est, pour cela, dominant dans les dépressions argileuses. EMBERGER ajoutait :

« La steppe d'Alfa et l'Artémisiaie de Chih ne sont pas toujours climatiques⁴⁵. La destruction des forêts sèches au voisinage des régions alfatières a favorisé l'extension de la Graminée et de l'Armoise. Les prairies d'Alfa peuvent ainsi représenter d'anciennes forêts de *Juniperus phoenicea*, parfois même de *Callitris*⁴⁶ et même de *Quercus ilex*. L'étude de la composition floristique peut, dans ces cas, aider à résoudre le problème du caractère artificiel ou naturel de la nappe d'Alfa envisagée. »

Les signes qui ont subsisté et qui permettraient de trancher sont peu nombreux : EMBERGER rappelle toutefois qu'il suffit de trouver ça et là « une souche de Chêne-liège, un moignon de *Pistacia atlantica*, indicateurs infaillibles de l'ancien état ». D'un point de vue bioclimatique, il interprétait ces régions semi-arides et arides comme appartenant au domaine méditerranéen dans la mesure où, même sévèrement réduite, la pluviosité restait centrée sur la saison froide. Il distinguait, dans ce qui est cartographié de façon homogène sur la figure 7, des étages⁴⁷ méditerranéens semi-aride, aride et saharien, présageant l'existence de groupements intermédiaires entre la steppe climacique et la forêt. Derrière l'uniformité voire la monotonie d'un paysage, monotonie largement provoquée par l'exploitation de l'Alfa puis par le pâturage extensif, la flore (du moins ce qu'il en reste) enregistrait la lente transition de la Méditerranée au Sahara.

En tout état de cause, le découpage sur la base du paysage n'est pas aussi évident qu'il y paraissait. En admettant même que des limites puissent être tracées sur des cartes à petite échelle, celles-ci apparaissent significatives ... avec une marge d'erreur énorme de plusieurs centaines de kilomètres, la signification bioclimatique des formations étant sujette à des interprétations fort divergentes. De telles incertitudes rendent évidemment d'un intérêt réduit les cartes écologiques fondées sur la seule physionomie de la végétation.

(b)- Steppes de la Dobroudja

Un deuxième exemple permet de s'en convaincre pleinement ; il porte sur les steppes de la Dobroudja au sud-est de la Roumanie⁴⁸ : à mesure que l'on s'enfonce vers le sud-est, dans le continent eurasiatique, les précipitations diminuent et l'on passe par paliers du biome de la forêt décidue tempérée à la prairie puis à la steppe (on dénomme ici steppe également les formations à tapis herbacé continu, la présence du genre *Stipa* étant déterminante). En fonction du climat, les botanistes et les phytosociologues roumains estiment, dans leur majorité, que la Dobroudja du centre est bien steppique (coll., 1975, coll., 1992, SANDA et ARCUS, 1995, SANDA, 2002). La transition entre les formations forestières serait réduite au minimum. Un des sites où ce contact a été le mieux étudié se situe à proximité du bourg de Babadagh (fig. 9). Le massif de Babadagh est présenté comme situé sur la limite phytoclimatique elle-même. La diversité des physionomies végétales, en accord ici avec la diversité des groupements végétaux, apparaît, de fait, remarquablement

⁴⁵ C'est-à-dire, il s'en explique, des climax climatiques.

⁴⁶ *Callitris articulata* = *Tetraclinis articulata*.

⁴⁷ Sur l'emploi de ce terme par EMBERGER, voir chapitre 3.

⁴⁸ Observations effectuées au cours d'un stage de février 2002 du DESS Espace et Milieux organisé dans le Delta du Danube et la Dobroudja. Les informations sur lesquelles ce paragraphe s'appuie nous ont été données par Mihail PETRESCU de l'Institut de Recherches pour le Danube au cours de visites d'un terrain dont il est un remarquable connaisseur ; il a bien voulu aussi nous traduire et nous résumer les extraits les plus intéressants des ouvrages en langue roumaine, cités dans le texte.

pédagogique avec, se succédant, le long d'un gradient allant, sur quelques centaines de mètres, du mésophile au xérique (qui se dessine sur l'image reproduite à la figure 9) :

- sur le versant nord de l'élément de plateau qui domine le village et sur la partie sommitale de ce plateau (entre 200 et 300 m), ou bien s'insinuant, à l'inverse, dans les vallées plus humides et plus froides, la forêt mésophile de feuillus à Frêne (*Fraxinus excelsior*), Tilleul (*Tilia platyphyllos*) et à Charme (*Carpinus betulus*) connaît un beau développement avec des arbres hauts, en relation, semble-t-il, avec des conditions hydriques plus favorables que dans le reste de la Dobroudja ;
- la forêt change beaucoup d'aspect dès que les conditions hydriques lui sont moins favorables, ce qui se traduit avec l'apparition d'espèces balkaniques, appartenant souvent aux mêmes genres mais de plus petite taille : Frêne à feuilles de corroyère (*Fraxinus coriariifolia*), Tilleul argenté (*Tilia tomentosa*) et Chênes (*Quercus dalechampii*, proche de *Quercus petraea*, et *Quercus pedunculiflora*, proche de *Quercus robur*);
- un pas supplémentaire dans la péjoration du bilan hydrique est franchi sur le versant sud, où la formation forestière est dominée par les espèces subméditerranéennes dont bon nombre appartiennent à l'élément macédono-thrace : le Chêne pubescent (*Quercus pubescens*) y côtoie le Chêne de Virgile (*Quercus virgiliana*), le Charme d'Orient (*Carpinus orientalis*) et le Frêne-orne (*Fraxinus ornus*) ;
- à cette chênaie subméditerranéenne succèdent des forêts basses et claires, dites sylvo-steppes, où *Carpinus orientalis* est de plus en plus disséminé et le Chêne pubescent de plus en plus dominant, avec un sous-bois à *Cotinus coggygria* ; ces forêts sont très clairiérées (la végétation steppique apparaissant en clairière) et forment un écotone entre forêt compacte et steppe ; de ce fait, la formation est très riche en espèces avec à la fois des espèces forestières, des espèces des steppes et des espèces particulières à ces conditions du milieu ;

Figure 9 : La forêt de Babadagh et la steppe de la Dobroudja. (Image satellite fournie par Google Earth)

Le parcellaire, la rectitude des limites font douter que l'on soit là sur une limite bioclimatique séparant les forêts balkaniques et la steppe.



- en contrebas de la colline de Babadagh, en versant sud, on entrerait enfin dans le vaste domaine des steppes pontiques et sub-sibériennes, biome dont l'extension est considérable, des plateaux de l'Anatolie à ceux d'Asie centrale, de l'Ukraine à la Sibérie méridionale ; on entre aussi dans le domaine des sols noirs, les fameux *tchernozioms* ; la formation herbacée, dense et fermée ici, est aussi très riche floristiquement : environ 200 espèces dont *Stipa ucrainica* est l'espèce caractéristique ; c'est dire si la limite botanique ici franchie serait majeure.

Or, quand on interroge l'histoire de la Dobroudja, cette limite, à cet endroit, devient plus discutable. Des analyses anthracologiques effectuées non loin de là montrent que, au Néolithique, il y a 6 000 ans, la région était entièrement boisée, les Pins dominant. Les transformations ont été fortes au cours des derniers siècles, sous domination turque, le couvert forestier ayant alors subi une forte régression. Seuls quelques massifs ont été préservés par le pouvoir ottoman dont justement celui qui couvrait le plateau de grès calcaire de Babadagh. Cette forêt constituait le « jardin du Sultan », gardé militairement pour la qualité du bois de Chêne qu'elle fournissait. Le miel de Tilleul y était aussi récolté. Le recul de la forêt s'est ensuite accéléré au cours des 150 dernières années, pour la fourniture de traverses de chemin de fer ou du fait de la colonisation agricole, notamment avec l'arrivée de populations tcherkesses. Il faut aussi compter avec le pâturage qui s'est insinué jusque sous forêt entraînant un processus de steppisation du paysage et la disparition de certains faciès dans les lambeaux de forêt (la hêtraie par exemple). Autrement dit, l'extension actuelle de la steppe correspond ici à l'extension d'un certain mode d'occupation de l'espace. Retrouver, derrière ce paysage fortement anthropisé, la limite bioclimatique relève de la gageure ...

Il est possible, bien entendu, de multiplier les exemples qui montreraient ainsi les insuffisances du paysage végétal comme informateur écologique. Si la configuration spatiale de l'espace bio-physique en telle ou telle région ne peut être beaucoup précisée en ayant recours au paysage, il permet en revanche d'évaluer la part respective du milieu et de l'anthropisation dans son aspect actuel, évaluation qui peut reposer sur la mesure et la quantification. L'étude du paysage, si elle n'est pas à même de répondre à la question de l'écologie de la végétation à l'échelle régionale, se révèle donc utile pour d'autres aspects, développés en 3^e partie.

Dès la première moitié du XX^e siècle, le paysage a ainsi été récusé comme objet scientifique par une grande partie des botanistes et des écologues, les phytosociologues sigmatistes en particulier. La sévérité du jugement qu'ils portèrent sur les travaux des phytogéographes (ils désignaient ainsi, non sans un certain mépris, ceux qui se cantonnaient à l'analyse de la physionomie de la végétation) s'est encore durcie par la suite (par exemple chez GUINOCHET, 1973). La critique se nourrissait de l'idée que seule la prise en compte de l'intégralité des espèces présentes dans une végétation (la liste floristique complète, donc) permettait de livrer un diagnostic précis sur le milieu dans lequel s'inscrit cette végétation. Marcel GUINOCHET assortissait son propos de quelques remarques acerbes contre ceux qui faisaient le choix de se cantonner à la physionomie parce qu'ils étaient trop médiocres botanistes pour mener les déterminations nécessaires à une étude floristique. Sans reprendre ce type de polémique, je me rangerai toutefois à l'avis de ceux qui considèrent la flore comme un indicateur beaucoup plus sûr que le paysage, fort d'une expérience qui, à force de relevés de végétation en Touraine, en Ile-de-France, en Europe du Sud, dans le massif alpin, au Maroc et en Afrique occidentale, commence à ne plus être si modeste que cela. Toutefois, cette expérience m'a aussi montré que l'information floristique avait aussi ses limites (sur lesquelles j'aurai l'occasion de revenir dans la deuxième partie de ce chapitre et dans le chapitre 4) : la flore n'est pas le reflet simple et fidèle de toutes les variations du milieu.

2.1.2 – La question des limites et de l'homogénéité des biomes

(a)- Distinguer les limites de convenance des changements majeurs dans la composition de biosphère

Les limites issues du découpage planétaire en quelques grands biomes « en équilibre » avec le climat doivent être soumises à une étude critique afin de déterminer s'il s'agit de simples limites de convenance, coupant arbitrairement au sein d'une transition continue et destinées à introduire de l'ordre dans le réel, ou bien si elles correspondent à des seuils ou à des changements brusques d'un ou plusieurs paramètres, paramètres dont l'importance peut être suffisamment considérable pour que tous les constituants de l'espace bio-physique en soient affectés. Des décalages spatiaux peuvent par ailleurs intervenir, notamment en ce qui concerne les êtres vivants, déterminant plutôt des bandes de transition accélérée que des lignes nettes de démarcation. Suivant les lieux et suivant les moments, ces paramètres susceptibles d'expliquer l'apparition ou la disparition d'un grand nombre d'espèces végétales (ou animales) aux exigences proches différent mais la liste des facteurs limitants est assez courte. A l'échelle de la planète, les deux principaux de ces facteurs limitants sont le froid et la sécheresse ; à très grande échelle, c'est souvent la compétition pour la lumière qui est déterminante. Pour que cela ait une traduction dans la physionomie de la végétation, il faut que l'espèce dominante ou, mieux encore, le type biologique dominant rencontrent un seuil physiologique au-delà duquel les plantes auxquels ils appartiennent ne peuvent plus survivre.

Dès lors, la coïncidence entre les seuils d'apparition ou de disparition d'un grand nombre d'espèces, justifiant le tracé d'une limite cartographique stable et accompagnée par un changement dans la physionomie de la végétation, si elle n'est pas chose inconnue ne peut être présentée comme la règle. En bien des lieux, le tracé des limites est discutable à l'infini. Un seul exemple : celui des débats autour de la délimitation du domaine méditerranéen (ALEXANDRE, 1996, GENIN, 1997) telles qu'ils ressortent des discussions autour de « l'aire isoclimatique méditerranéenne actuelle », un des thèmes retenus lors du colloque de *Bioclimatologie méditerranéenne* tenu à Montpellier du 18 au 20 mai 1983 (actes publiés en 1984). Encore la réflexion se fondait-elle à l'époque sur une stabilité sur le court et le moyen terme du climat.

Faut-il partir classiquement de limites fondées sur des espèces emblématiques (le Chêne vert) ou sur des groupements végétaux (le Chêne vert et ses compagnes) ? La limite de la culture de l'Olivier a été fréquemment choisie en dépit de ce qu'elle est une limite plus humaine que bio-physique. Henri GAUSSEN (*Encycl. Univ.*) défendait une telle position. Cela revient cependant à faire reposer une limite bioclimatique sur la conjoncture économique plus ou moins favorable (ALEXANDRE, ANGLES, COHEN, 2006) ou, pire, sur la mode qui fait aujourd'hui de l'Olivier un des arbres les plus prisés pour l'ornement des ronds-points. Même réduit à l'état de mobilier urbain, l'Olivier a encore fière allure dans les rues de Bitche dans les Vosges du Nord, où il trône non sans péril toutefois car les coups de froid peuvent ici être rudes. L'autre marqueur classique est le Chêne-vert ou l'association à Chêne-vert comme le préconisait BRAUN-BLANQUET (1936, BRAUN-BLANQUET *et al.*, 1952), mais l'aire de l'Yeuse doit beaucoup elle-aussi aux sociétés humaines : donnant un bois abondant, les taillis de Chêne-vert ont envahi tous les versants où il pouvait pousser, l'homme favorisant l'élimination de la concurrence, le Chêne pubescent notamment.

Faut-il se tourner, comme le préconisait Louis EMBERGER (1930), d'abord vers la réalité climatique ? Il existe alors une infinité d'intermédiaires possibles. Philippe DAGET propose, dans un article intitulé « Introduction à une théorie générale de la méditerranéité » (*in coll.*, 1984), une diagnose très extensive fondée sur trois critères :

« Pour qu'un climat extra-tropical [1] soit méditerranéen, il faut et il suffit que l'été soit la saison la moins arrosée [2], et que, de plus, il soit sec [3]. »

... Ce qui revient à inclure dans le domaine une bonne partie de la façade atlantique française, tout le sud de la Bretagne et la Vendée notamment. A l'inverse, la position du professeur californien Homer ASCHMANN (*in coll.*, 1984), dans un autre article ("A restrictive definition of Mediterranean climate"), en vient à exclure l'ensemble du Midi méditerranéen français, la Côte d'Azur mise à part. Au fond, tous les auteurs ont raison : le bioclimat méditerranéen n'existe que par la définition que l'on veut bien lui donner. Chacun a tort s'il prétend avoir livré « la » définition indiscutable de la limite de ce bioclimat. Ce qui vient d'être dit pour le domaine méditerranéen, pourtant l'un des mieux délimités qui soit puisque les lignes de relief en cernent le plus souvent les contours, peut être étendu à presque tous les domaines bioclimatiques du globe.

(b)- La part des héritages

Le débat sur les limites zonales n'est, au demeurant pas seulement bioclimatique. Le modèle zonal a suscité des critiques aussi chez les pédologues qui l'avaient pourtant érigé en loi pour l'organisation de l'espace bio-physique : Jean BOULAIN (1981), dans un hommage à Georges AUBERT, rappelle que les sols ne peuvent être compris sans une prise en compte des héritages et donc des différents temps de la pédogenèse. Cette position est d'ailleurs devenue la position fondatrice de la classification française des sols : l'histoire de l'environnement, ses continuités et ses discontinuités, entre, à parts au moins égales, avec les facteurs externes du milieu, pour dessiner la géographie des sols qui se révèle ainsi bien plus complexe que ce que le découpage zonal laissait entrevoir. Je cite BOULAIN (1981) :

« Grâce à son expérience armoricaine, méditerranéenne et tropicale, Georges Aubert [directeur de la section de pédologie de l'ORSTOM] a pris très tôt une option fondamentale. Il refuse d'adhérer à la vision zonale de la répartition des sols. Dans le cours ronéotypé de 1965, on trouve, par exemple, cette phrase, « la notion de sols zonaux, azonaux et intrazonaux est pratiquement à rejeter. C'est surtout en s'abstenant de s'y référer qu'il s'oppose à la soi-disant loi de zonalité. [...] Si les pédologues français ont si facilement adopté les notions d'héritage, de transformation et néo-synthèse, c'est parce qu'ils avaient l'esprit préparé à percevoir dans un même sol des caractères dont certains sont zonaux et d'autres azonaux. L'équipe de l'ORSTOM, en découvrant par exemple des podzols à Madagascar ou en Guyane, a donné de nombreux exemples de la justesse de cette perspective. »

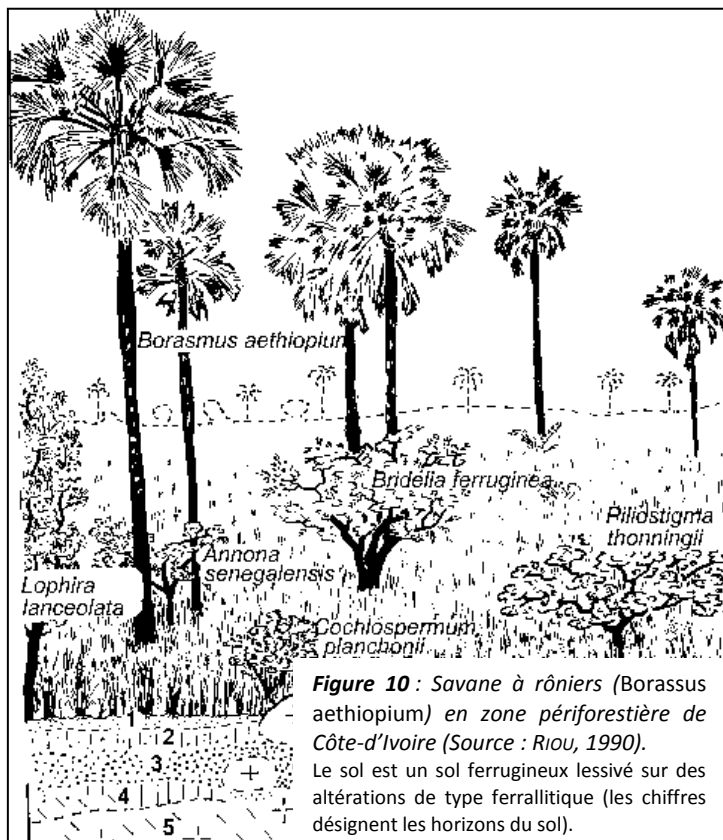
Cette critique du schéma zonal par l'importance des héritages (le passé de régions aujourd'hui placées dans des conditions assez semblables peut différer profondément) se retrouve chez les géomorphologues pour lesquels le passé est devenu un facteur d'interprétation des formes et du modelé toujours plus important face aux processus actuels.

Pour en revenir à la géographie de la végétation, la nécessité d'y faire entrer les différents temps de l'histoire (ALEXANDRE et GENIN, 2005) n'est plus à démontrer, mais il faut en tirer toutes les conséquences. Celles-ci ne portent pas seulement sur les limites, mais aussi sur le contenu botanique des biomes. Les assemblages d'espèces que nous connaissons actuellement et qui confèrent leurs caractéristiques aux paysages végétaux ne sont que le produit provisoire de rencontres autorisées par certains états passés ou présents du climat. Ainsi, la séparation des flores tropicales et tempérées, nette aujourd'hui sur l'Ancien Monde a pu être beaucoup moins forte par le passé ; sur le Bassin méditerranéen, par exemple, cela devait conduire, à climat équivalent, vers un paysage végétal inconnu aujourd'hui comme le suggère Jean-Louis VERNET (1997) qui voit dans les paysages végétaux des Canaries⁴⁹ avec une proportion beaucoup plus forte d'espèces tropicales un exemple

⁴⁹ Et, d'une manière plus générale de l'ensemble macaronésien. Toutefois, cette flore très particulière a aujourd'hui presque totalement disparu de certaines îles, confirmant le caractère très fragile des flores insulaires. Cela a été vu en particulier dans les îles du Cap-Vert (3^e partie) où les îles de Santiago et Boa Vista sont aujourd'hui presque entièrement couvertes par des espèces importées. Il est à craindre que les incendies qui ont récemment dévasté une partie des Canaries (particulièrement durant l'été 2007) n'ait porté gravement atteinte à cette flore.

de ce qu'ont pu être les paysages méditerranéens. Les îles Canaries ont conservé une partie des espèces pliocènes, à la faveur d'une position très méridionale qui leur a permis d'échapper aux froids glaciaires et d'une configuration spatiale rassemblant sur de faibles distances des milieux bien contrastés, avec une face au vent alizé très arrosée où croît une belle laurisylve, le *monte verde*, et une face sous le vent, beaucoup plus sèche, où la végétation se réduit parfois à un matorral composé de xérophytes épineux (VERNET, 1997). A y bien regarder, aucune des espèces de ce riche cortège⁵⁰ ne paraît incompatible avec les conditions que l'on rencontre aujourd'hui dans le domaine méditerranéen, au moins dans certaines de ces facettes. La pauvreté du cortège en Europe méditerranéenne paraît ainsi liée aux difficultés éprouvées par nombre d'espèces de trouver refuge lors des pulsations froides. La découverte récente du Dragonnier (*Dracaeno draco*), une des espèces les plus emblématiques de la flore macaronésienne, en position relictuelle sur quelques abrupts rocheux de l'Anti-Atlas occidental (BENABID et CUZIN, 1997) va dans le sens de cette démonstration, comme la présence de l'Arganier (*Argania spinosa*) ou du Laurier des Açores (*Laurus azorica*) dans cette même partie du Maroc. Le paysage méditerranéen actuel apparaît ainsi comme une version appauvrie par l'histoire des flores et fortement transformée par les hommes du paysage passé.

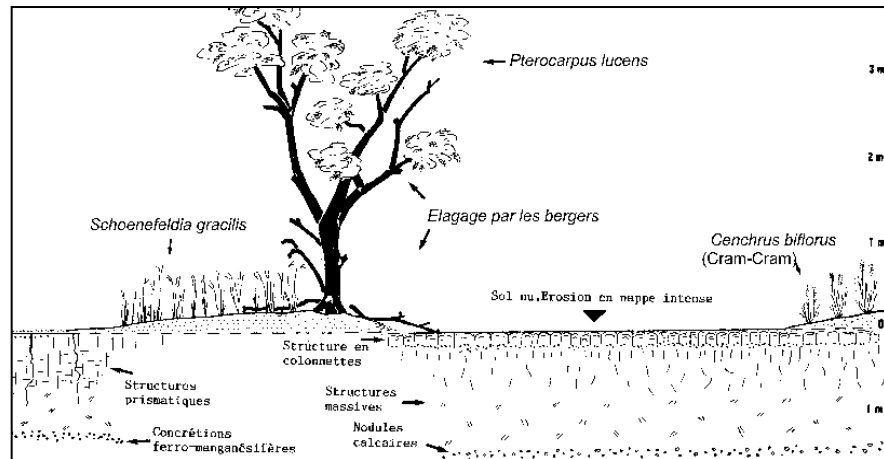
(c)- Une autre grande critique qui peut être faite au schéma de la zonalité concerne l'homogénéité supposée de chacune des zones, homogénéité qui justifie le tracé de limites entre les zones, puis entre les domaines, enfin entre les régions. Beaucoup d'auteurs font reposer, on l'a vu, cette homogénéité sur des critères physiologiques, un même paysage (et, en particulier, un même paysage végétal) accompagnant le voyageur au cours de la traversée d'une zone. Même ainsi forcée, l'homogénéité de la zone n'est pas toujours très évidente. L'exemple des savanes dont on trouvera



de minutieuses descriptions et des dessins levés sur le terrain dans l'ouvrage de Gérard RIOU (1995) peut aider à mieux comprendre ce point. Ainsi, sans même entrer dans les débats sur l'origine des savanes, la dissemblance dans le paysage mais la proximité dans la composition floristique, dans le type de sol, bref dans le fonctionnement de l'écosystème conduit à rapprocher cette savane à palmoïdes de Côte d'Ivoire (fig. 10) des milieux forestiers tout proches. Elle possède en tout cas beaucoup plus de points communs avec les forêts tropicales qu'elle n'en a avec cette savane herbeuse steppique du Sahel burkinabé, parcouru par les pasteurs Peul (fig. 11), et dont RIOU fait la description suivante :

⁵⁰ Cortège dont BESSEDIK (1985) estime pourtant qu'il ne représente déjà qu'un état appauvri de son ancêtre miocène.

Figure 11 : Savane herbeuse steppique en pays Peul, au nord du Burkina-Fasso (Source : Riou, 1990)



« A la fin de la saison pluvieuse, un couvert uniforme de cram-cram (*Cenchrus biflorus*) et d'*Aristida* s'étend à perte de vue sur les molles ondulations de l'erg ancien. Les arbres rares (*Combretum glutinosum* et *Balanites*) sont les haltes obligées de quelque pasteur ... Ici et là des Euphorbes (*Euphorbia balsamifera*) témoignent peut-être d'un ancien campement. [...] Le surpâturage et des cultures de petit mil (*Pennisetum typhoides*) trop fréquentes en certains secteurs, conduisent à une dégradation rapide, par ablation éolienne ... »

Le paysage décrit par RIOU et représenté sur la figure 11, les processus pédogénétiques, morphogéniques ou phytocinétiques qui y sont à l'œuvre, montrent, cette fois-ci, beaucoup plus de points communs avec les pays sahéliens de la marge sud du Sahara qu'il n'en possède avec la savane à rôniers de la figure 10. Dès lors, le découpage d'une entité dénommée zone à climat tropical chaud et à saison humide estivale (Aw chez KÖPPEN), déterminant la présence d'un biome, les savanes et les forêts claires, apparaît-elle bien arbitraire, puisque, entre les deux savanes prises en exemple, il n'y a guère de points communs, hormis la présence de quelques graminées, alors que chacune des savanes a beaucoup de points communs avec les milieux qui lui sont contigus. Essayer de retrouver ensuite sur le terrain « l'idéal-type » de la savane tient un peu de la gageure : à parcourir le Sénégal et la Guinée Bissau où on trouve une extrême diversité de faciès de forêts claires à tapis herbacé plus ou moins fermé, j'ai fini par en rencontrer un correspondant à l'image que je m'en faisais dans l'île d'Orango, la plus occidentale de l'archipel des Bijagos (photo ci-dessous, fig. 12). Cependant,



rencontrer des paysages aussi idéal-typiques est chose plutôt rare.

Figure 12 : Savane à Orango (archipel des Bijagos, Guinée Bissau) (Photo : Julien ANDRIEU, 2005).

Il serait donc plus juste de chercher à décrire les phénomènes biologiques et physiques comme se modifiant progressivement, pas nécessairement en coïncidence spatiale les uns par rapport aux autres le long des gradients climatiques. Ceci n'empêche pas que, à échelle plus grande, des discontinuités puissent se manifester : ainsi, pour reprendre un exemple classique, les modifications des conditions hydriques au passage d'une vallée se manifestent-elles dans les pays de savanes par l'apparition de forêts –galeries.

2.1.3 – Un modèle dont la rigidité s'accorde mal à une réalité mouvante, se redéfinissant dans ses formes comme dans son contenu

(a)- Pour une bonne part, les cartes de petite échelle reposent sur une représentation de la végétation potentielle, suivant un principe qui reste le produit en ligne directe de la théorie du climax. On a vu au chapitre 1 les amendements apportés à la théorie. Plus radicalement, les critiques du « paradigme série – climax » l'emportent aujourd'hui. Elles sont, à dire vrai, anciennes dans le domaine anglo-saxon où a été dénoncé l'organicisme explicite de la théorie de CLEMENTS (cf. chapitre 5). GLEASON (1926) soulignait, on y reviendra, que l'histoire complexe des flores et des formations aboutit à une infinité de combinaisons entre lesquelles il est bien difficile de tracer des limites sur le plan spatial, tout autant qu'il est difficile de les rassembler en fonction de leur histoire commune sur le plan temporel. TANSLEY (1935), fondant le concept d'écosystème, contestait l'analogie établie entre les dynamiques des biocénoses et le phénomène de la vie ; l'analogie avec les systèmes se révélera beaucoup plus féconde. Ceci étant, elle n'était pas incompatible avec la reconstitution d'un monde constitué d'une mosaïque d'écosystèmes se regroupant à des niveaux supérieurs d'organisation, les biomes continuant à jouer ce rôle dans une perspective renouvelée. Le mot d'organisation est pris ici dans un sens plus fort que celui que j'emploie lorsque je parle d'organisation spatiale. Dans ce sens, il s'agit simplement de la mise en évidence de correspondances entre les variations spatiales de deux phénomènes, l'un étant supposé avoir une influence sur l'autre (le climat, facteur organisateur de la végétation). Dans le sens de la théorie des écosystèmes, le lien n'est pas seulement supposé mais inscrit fonctionnellement.

Les notions de stabilité et d'équilibre sont aujourd'hui mises à mal dans un environnement que l'on découvre toujours plus instable et en perpétuelle redéfinition. Peut-on y définir un « état final », quand bien même un macro-équilibre (homéostasie) se réaliserait, constitué autour d'espèces longévives et très compétitives (le Hêtre par exemple) ? A côté de cette évolution vers une domination progressive des espèces « dryades », certains changements sont brutaux, voire d'allure catastrophique. Le hasard même intervient, à partir de perturbations internes ou de facteurs de désordre d'origine exogène (tempêtes). Les catastrophes concernent en général de petites surfaces ; peuvent-elles être pour autant réduites à du « bruit » par rapport aux tendances générales (RAMEAU, 1993a, 1993b) ? Observant les parcelles de la Tillaie et du Gros Fouteau en forêt de Fontainebleau, hors traitement forestier depuis le XVII^e siècle, Georges LEMEE (1989, LEMEE *et al.*, 1993) montre comment se combinent une dynamique linéaire (de la chênaie à la hêtraie) et une dynamique cyclique lorsque se produit un chablis dans le peuplement forestier. Celui-ci prend, de ce fait, l'aspect d'une mosaïque⁵¹ dont chaque pièce présenterait une certaine originalité. D'une manière plus générale, l'écologie des perturbations⁵² prend une place de plus en plus importante, « avec la prise de conscience du fait que la fréquence des événements extrêmes (ou catastrophes) pourrait sensiblement augmenter dans l'avenir en raison de l'augmentation générale de la pression anthropique (changements climatiques, urbanisation, gestion forestière intensive) » (CORDONNIER, 2004).

⁵¹ Mosaïque de nature assez différente de celle dont il sera question au chapitre 4.

⁵² « Par perturbation, nous entendons tout événement discret dans le temps et dans l'espace provoquant une réduction de biomasse ou une mortalité des entités fondamentales du système, par exemple les arbres dans un peuplement forestier » (CORDONNIER, 2004).

(b)- Il n'est guère possible de quitter ce chapitre sur l'organisation spatiale d'ensemble de la biosphère sans évoquer le changement global qui affecte aujourd'hui le système planétaire. Je n'entrerai pas dans le débat sur l'ampleur et sur la part des activités des hommes dans ce changement : je n'en ai pas la compétence et il me paraît aujourd'hui nettement tranché. Sa principale caractéristique est un réchauffement global, phénomène pour lequel l'émission de gaz à effet de serre par les sociétés humaines paraît bien être le facteur majeur, sinon unique.

Le biogéographe est-il concerné ? La réponse est d'évidence affirmative : il est concerné et il doit prendre sa place dans les dispositifs de veille environnementale qui se mettent en place. Il est évident également que la question du futur de la biosphère doit être reformulée. Il sera moins question d'imaginer les séries dynamiques conduisant au climax, hors intervention humaine que de tenter de déceler les conséquences des changements climatiques (et pas seulement ceux-là) sur la distribution et le contenu des biocénoses pour anticiper sur ce qu'elles deviendront si nous n'intervenons pas. Il y a là un changement de perspective majeur qui inscrit nos recherches non plus dans la nostalgie d'un paradis perdu dont il faudrait préserver quelques vestiges, mais dans la montée de l'inquiétude sur l'avenir de la « maison commune », pour reprendre la métaphore originelle de l'écologie. Prendre en compte le brutal retour sur terre que connaît l'humanité aujourd'hui, en quelque sorte.

En quoi le biogéographe peut-il être utile ? Ma réponse sera, sur cette deuxième question, beaucoup plus prudente : il est tentant de faire de la végétation un indicateur du changement ; deux terrains explorés (les altitudes supra-forestières de la montagne alpine, l'Afrique sahélo-soudanienne) tendent à montrer que la réponse de la végétation au changement climatique n'est pas aisée à préciser et ce pour trois raisons :

- la première tient au changement climatique lui-même dont la modulation spatiale est souvent extrêmement mal connue dès que l'on quitte les évaluations globales données dans les conférences internationales ; les études régionales sont, pour l'instant, très incomplètes⁵³ et portent surtout sur les températures, le sens général du changement étant le réchauffement ; l'incertitude augmente fortement en ce qui concerne la façon dont la distribution spatiale des précipitations sera affectée, alors que la question hydrique est déterminante pour une grande partie de la biosphère ;
- la deuxième est que le temps de réponse des différentes espèces à ce changement est plus ou moins lent ou rapide ; avant que les conséquences du changement soient perceptibles, il faudra qu'une à une les espèces soient touchées par un facteur limitant pour elles, leur seuil de tolérance vis-à-vis de ce facteur ayant été franchi, et ce, au stade de développement où ils sont le plus sensible (en fonction de la « loi du minimum » : BLANDIN, LAMOTTE, SACCHI, *Encycl. Univ.*) ; tout ceci fait beaucoup d'inconnues pour évaluer ce temps de réponse qui sera, de toute façon, variable suivant les végétations considérées ;
- la troisième tient aux choix effectués par les sociétés humaines pour leurs activités agricoles, pastorales ou pour la production forestière ; les espèces qui dominent aujourd'hui nos paysages végétaux sont rarement, à elles seules, des indicatrices indiscutables du climat actuel.

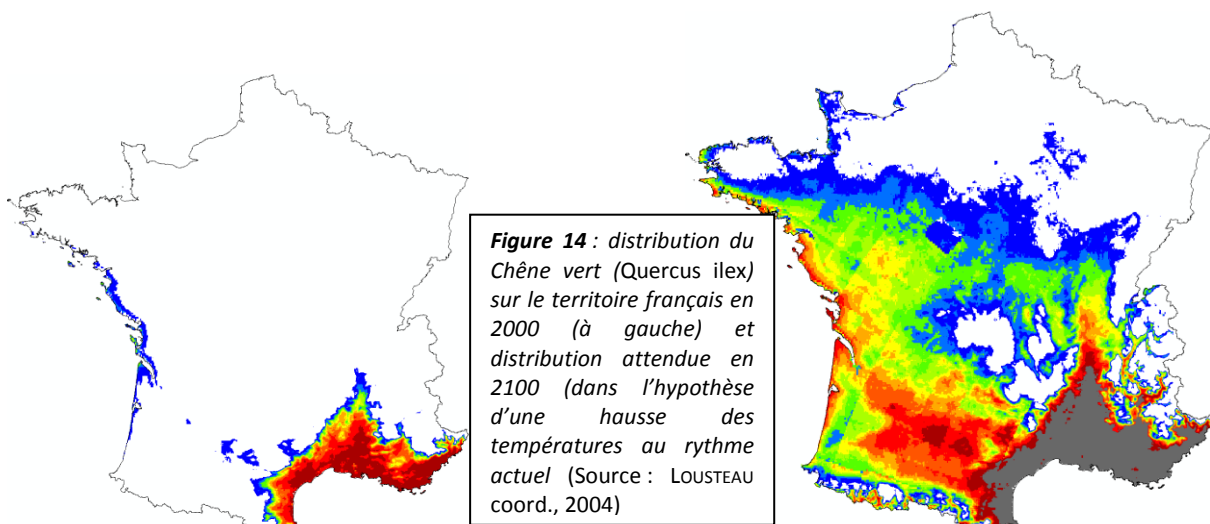
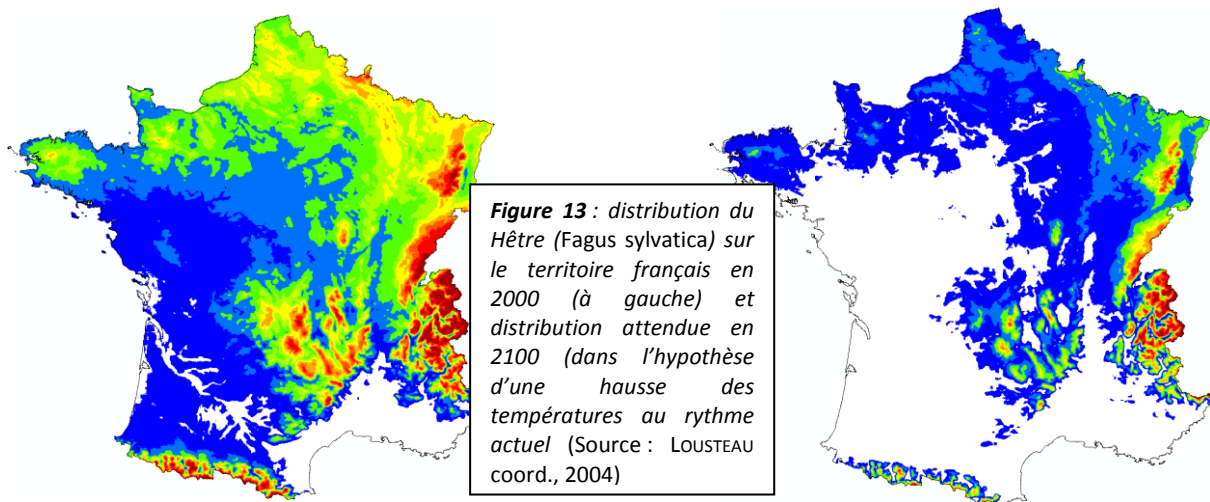
Les cartes prospectives sur les paysages végétaux futurs de la France, établies à l'horizon 2100 sur un scénario de maintien du rythme actuel du réchauffement actuel illustre bien les trois difficultés de l'exercice. Pour la plupart, celles qui sont diffusées sont issues du projet CARBOFOR

⁵³ Ce sont souvent bien souvent les séries chiffrées qui manquent ; la reconstitution du climat passé est surtout bonne dans les zones fortement urbanisées qui sont aussi celles qui ont connu la plus forte hausse des températures au siècle passé, hausse pour partie liée à la densification de l'habitat autour des stations de mesure.

(programme GICC – Gestion des impacts des changements climatiques du Ministère de l'Écologie et du Développement durable) dont elles ne constituent qu'un volet des conclusions (LOUSTEAU coord., 2004). Elles sont reprises dans le rapport remis au gouvernement début 2008 sur le changement climatique. Sans remettre en cause ni l'hypothèse de départ, ni les conclusions habituellement tirées (« il convient de se préparer au pire »), on peut douter que le résultat soit celui qui est proposé. Ces cartes sont établies sur la base de données recueillies par un grand nombre d'observateurs sur 67 espèces regroupés en treize groupes chorologiques dont la cohérence est surtout fondée sur la distribution des paysages forestiers. Ils font l'hypothèse d'une remontée en latitude des limites zonales, se manifestant dans les paysages forestiers, par une translation de chacun des types vers le nord, respectivement :

- de la hêtraie et de la chênaie à Chêne pédonculé (*Quercus robur*) et à Chêne sessile (*Quercus petraea*) ;
- de la chênaie à Chêne blanc (*Quercus pubescens*) ;
- de la chênaie à Chêne vert (*Quercus ilex*).

Sur les cartes diffusées par nos collègues de l'INRA concernant deux espèces particulièrement emblématiques, le Chêne-vert et le Hêtre, cela donne (figures 13 et 14) :



Pour que le « scénario » - pour parler comme les rapports nationaux et internationaux - se réalise, le Chêne vert devrait ainsi éliminer les essences forestières actuellement dominantes sur une bonne partie du Bassin aquitain. Rien ne s'oppose, de fait, à ce qu'il s'installe ... sinon la concurrence d'autres espèces. Deux arguments rendent cependant cette extension très hypothétique.

- Le premier argument est climatique. Il est peu probable que le réchauffement se traduise par une extension du climat méditerranéen vers le Bassin aquitain et le Centre de la France. En effet, la caractéristique principale du climat méditerranéen n'est pas d'être une version plus chaude des climats tempérés. Il existe bien une variante thermo-méditerranéenne qui autorise l'installation de plantes plus exigeantes thermiquement mais elle ne couvre qu'une petite partie du domaine : la Côte d'Azur n'est pas tout le domaine méditerranéen, loin s'en faut. Le climat méditerranéen est avant tout marqué par son régime des pluies lequel n'est bien réalisé que s'il existe un dispositif topographique qui rende peu efficace (en hauteur de pluie) les perturbations atlantiques et accroisse l'instabilité (déjà forte aux saisons intermédiaires) des masses d'air chargées en humidité sur la Méditerranée. A cette condition se met en place un régime des pluies fortement contrasté entre une saison froide et bien arrosée, surtout en automne et au début du printemps, saisons brèves où les cyclogenèses méditerranéennes se déclenchent, déversant des abats d'eau sous la forme d'averses violentes, et une saison chaude où les mécanismes atmosphériques qui engendrent des précipitations sont bloqués (ALEXANDRE, 1996).

Les conséquences du changement climatique global à l'échelle régionale et à l'échelle locale sont encore mal connues mais quelques évolutions notables sont enregistrées depuis une trentaine d'années : aucune ne va dans le sens d'un simple décalage en latitude des climats.

Sur le pourtour du Bassin méditerranéen occidental, de l'Andalousie à la Catalogne et au Languedoc, la structure générale du climat n'a pas changé mais la fréquence des années très sèches augmente. En quelque sorte, la méditerranéité s'accroît, faisant naître l'inquiétude dans des sociétés de plus en plus fortes consommatrices en eau (pour la production agricole comme pour les consommations urbaines). Ceci étant, les conséquences de cette succession d'années sèches sur la composition de la végétation sont difficiles à mesurer, la plupart des espèces constituant cette végétation résistant à des conditions de sécheresse beaucoup plus sévères encore.

En France atlantique comme en France continentale (il n'y a pas de limite tranchée entre les deux domaines), l'augmentation des températures moyennes est enregistrée dans toutes les stations, conséquences d'hivers plus doux mais avec, semble-t-il, une plus grande fréquence des gelées tardives, et des étés plus chauds. Les conséquences sur les précipitations et sur leur distribution au cours de l'année sont beaucoup plus contradictoires. En quoi de tels changements sont-ils susceptibles de changer le contenu des biocénoses ? Certes, quelques espèces sensibles aux températures verront de nouveaux lieux d'habitat (la Truffe noire est ainsi citée) mais peu, en sens inverse, leur céderont la place. Jusqu'ici, seul un événement exceptionnel – la canicule prolongée de l'été 2006 – a eu un réel effet sur certaines espèces. Curieusement, celle qui paraît avoir le plus souffert est le Pin sylvestre, essence réputée rustique mais dont des peuplements entiers ont mal résisté sur calcaire massif, en Dauphiné et dans les Alpes du Sud. D'autre part, les peuplements détruits sont remplacés par des peuplements pionniers et la meilleure pionnière, dans ces régions et sur ces sols, est ... le Pin sylvestre.

- Le deuxième argument est botanique et historique. Le décalage des formations végétales vers le nord repose sur l'idée que l'état actuel des peuplements forestiers cités ci-dessus correspond au stade climacique. Rien n'est moins sûr. La répartition actuelle respective de la chênaie à Chêne pubescent et de la chênaie à Chêne vert repose ainsi plus sur l'histoire rurale que sur un partage du terrain lié à un équilibre supposé avec le climat. Produisant de gros volumes de bois lorsqu'il est traité en taillis (LIEUTAGHI, 2006), le Chêne vert a été largement favorisé dans le domaine méditerranéen en particulier dans les régions où manquait le charbon de terre. Dans certains secteurs du Languedoc ou de Catalogne, des massifs entiers ont ainsi été conquis au XIX^e siècle, comme l'Alta Garrotxa (fig. 15) où Josep VILA (2000) rappelle ces documents d'archives où l'on signale une exploitation presque forcenée : la surexploitation des taillis obligeant à aller chercher le bois à l'aide de cordages jusque sur les abrupts les plus verticaux. Avec l'abandon du charbonnage au cours de la deuxième moitié du XX^e siècle, partout le Chêne pubescent regagne peu à peu sa place aux côtés du Chêne vert.

Figure 15 : Versants du massif de l'Alta Garrotxa (Catalogne, Espagne) entièrement couverts par la Chêne à Chêne vert (photo : Marianne COHEN, 2006).

L'extension historique de cette formation est liée à la production de charbon de bois. Subsistent quelques trouées pastorales (plus ou moins en voie d'abandon, comme sont aujourd'hui délaissées les terrasses agricoles) et, en ubac, la châtaigneraie et la hêtraie. Au final, un paysage entièrement construit par un système rural agro-sylvo-pastoral.



Cette reconquête, déjà signalée par GODRON *et al.* (1989) en commentaire de la *Carte des Etages de végétation du Languedoc-Roussillon*, est patente dans tous les relevés de végétation effectués sous chênaie d'Yeuse en Languedoc (ALEXANDRE, 1996) comme en Catalogne (VILA, 2000). Il serait ainsi surprenant que le Chêne vert supplante le Chêne pubescent dans le Sud-Ouest de la France pour des raisons climatiques alors que ce dernier manifeste une dynamique de reconquête sous des conditions a priori plus sévères pour lui.

Le thème des conséquences des changements climatiques⁵⁴ sur la composante végétale des biocénoses invite ainsi à nouveau à pousser l'analyse plus loin que la simple lecture du paysage. Refonder et affiner le modèle zonal sur des bases plus nuancées et plus souples nécessite de se fier à un indicateur plus complet. La flore, parce qu'elle intègre les exigences d'un grand nombre d'espèces, peut être cet indicateur.

Des bases plus nuancées ... C'est-à-dire une meilleure transcription de l'hétérogénéité régionale de la végétation (macro-hétérogénéité) et de ses formes spatiales. Des bases plus souples ... C'est-à-dire prenant mieux en compte les trois temps de la végétation : le *temps long*, perceptible à l'échelle de la planète ou des grands domaines bioclimatiques ; le *temps intermédiaire* qui envisage l'histoire des rapports entre les sociétés humaines et leur environnement bio-physique ; le temps court qui est, pour reprendre Claude et Georges BERTRAND (*in* BARRUE-PASTOR et BERTRAND éd., 2000) :

« le temps anthropisé, [... celui qui] correspond au temps naturel tel qu'il est modifié par les interventions humaines qui en perturbent la vitesse, le rythme et la durée ; ce temps hybridé, ni naturel ni social, est, de fait, le temps réel de l'environnement ».

Il sera temps alors d'en revenir au paysage, ce qui demandera un peu d'imagination : certains paysages d'hier ont disparu (les paysages méditerranéens du miocène n'existent plus, par exemple) ; les paysages végétaux du futur ne ressembleront pas nécessairement ni à la petite liste des biomes actuels, ni à celle de groupes chorologiques établis comme dans le projet CARBOFOR sur la cohérence des paysages végétaux actuels.

2.2- Pour une redéfinition du modèle zonal par la flore

2.2.1- Le choix de la flore

Que peut-on espérer de l'information spatiale livrée par la composition floristique de la végétation ? *A priori*, beaucoup. On attribue classiquement à l'information tirée de la végétation et, singulièrement, à son contenu floristique, une grande valeur indicatrice de la diversité écologique. Charles FLAHAULT (1897) l'affirma avec une force presque lyrique qui marqua ensuite la biogéographie végétale au XX^e siècle :

« Chaque espèce a, dans la nature, sa place marquée par des lois auxquelles l'homme ne saurait rien changer. Les modifications apportées par lui sont temporaires ; elles durent juste autant que le misérable effort qui les produit ; c'est un trouble passager qui peut tromper notre myopie ; mais la nature reprend toujours ses droits. Chercher à en discerner les lois, c'est vouloir s'y soumettre ; c'est ouvrir les yeux à la sublime harmonie de la nature. Nous lui devons des heures de grande joie ; nous voudrions les faire partager. »

Les parties de phrase en italiques sont mises en exergue par FLAHAULT, lui-même : elles apparaissent aujourd'hui bien discutables mais elles donnent la mesure de la confiance qui a pu être accordée aux indications données par la flore. Cette manière de voir les choses s'appuie sur l'idée que la composition de la végétation traduit jusque dans ses nuances les plus fines, à grande, voire à très grande échelle, les variations spatiales du milieu dans lequel les végétaux vivent. Dit de manière encore plus nette, la distribution des communautés végétales est le « complet révélateur » du milieu physique. La perfection du « reflet botanique » a, en particulier, été soulignée par l'école sigmatiste de phytosociologie : GUINOCHET (1973) estime ainsi qu'une analyse des groupements végétaux⁵⁵ (on

⁵⁴ Mieux vaut ici employer le pluriel pour bien traduire la diversité des changements à l'échelle régionale. Rappelons (j'aurai l'occasion d'y revenir) que cette diversité tient à ce que les changements qui affectent le climat ne sont pas seulement la conséquence du changement global lié à l'augmentation des émissions des gaz à effet de serre. D'autre part, les conséquences du changement global ne sont pas une augmentation des températures uniforme à tout moment et en tout lieu.

⁵⁵ Rappel de la définition donnée en introduction générale : composition floristique type, commune à de nombreuses communautés végétales. Cette définition diffère de celle utilisée par EMBERGER (1939 : voir ci-dessus 2.1) ; elle est conforme à la conception de Marcel BOURNERIAS (*BOURNERIAS et al.*, 2001).

appellera ainsi une composition floristique type, commune à de nombreuses communautés végétales), débouchant sur une cartographie phytosociologique de la végétation est la façon la plus rigoureuse et la plus complète pour établir un diagnostic écologique sur un territoire de taille réduite ou pour des propositions de gestion de cet espace :

« Si l'on a bien compris qu'une connaissance complète des associations végétales est le moyen le plus efficace pour, d'une part, diagnostiquer les habitats, de l'autre, prévoir comment la végétation peut évoluer en un lieu donné, il est, alors, évident que la phytosociologie peut rendre d'éminents services pour l'implantation des cultures et pour l'exploitation rationnelle des prairies, des pâturages et des forêts. »

Une telle opinion n'est, ceci étant, pas le seul apanage de la phytosociologie et le postulat est largement partagé par tous ceux qui s'intéressent à la biogéographie végétale ou presque. Je tenterai de montrer l'intérêt de diversifier, à d'autres échelles que celle à laquelle travaillent les phytosociologues, l'étude des indications floristiques. Cependant, le postulat est-il si indiscutable que cela ?

Le consensus est grand sur la validité du reflet botanique, il n'est pas total. Même chez ceux qui utilisent cette information, il se trouve des auteurs pour en discuter ou en nuancer le caractère trop systématique. Ainsi Jacques LEPART (1984) souligne-t-il l'intérêt mais aussi « les limites » de l'exercice qui consiste classiquement à établir des corrélations entre certains états de la végétation et certains états du milieu, du fait du caractère très inégal de la qualité de cette information sur le milieu en fonction du type de formation et, surtout, des activités humaines. La relative uniformité floristique de la chênaie à Chêne pubescent dans les Garrigues languedociennes par delà la diversité du milieu révèle en effet qu'il n'y a pas toujours des espèces pour signaler les nuances. On retrouverait cela sous le couvert profond de la hêtraie où le cortège est fortement appauvri ; encore que, au printemps, avant que le feuillage plagiotrope du Hêtre n'élimine les espèces de lumière ou de demi-ombre, des communautés fugaces, des *synusies* constituées d'espèces à floraison vernale, peuvent se manifester.

L'objection est toutefois suffisamment forte pour que l'on examine les règles selon lesquelles les espèces végétales habitent l'espace géographique et pour que l'on prenne bien en compte les imperfections du concept d'espèce.

2.2.2- L'espèce et l'espace

(a)- La variabilité infra-spécifique

Dans ce qui va suivre, les populations qui constituent chaque espèce seront, sauf précision contraire, considérées comme homogènes, ce qu'elles ne sont jamais. En présentant les aires de répartition des espèces comme peuplées d'individus identiques et interchangeable, on se livre, sans toujours le dire, à une simplification qui laissera de côté une partie de l'information. Pour une part, cette information est spatialisable et interprétable en fonction de l'histoire des flores ou des conditions écologiques ; elle est cependant difficile et coûteuse à collecter et les résultats pas toujours aisés à interpréter. Pour quelques genres, des études existent auxquelles il est intéressant de se référer : ainsi en est-il pour l'exemple des chênes sclérophylles méditerranéens, développé dans le chapitre 7 (QUEZEL et MEDAIL, 2003). La variabilité au sein des espèces est donc grande en fonction du lieu (et donc du milieu) dans lequel croissent les individus mais à des degrés divers. Les botanistes ont développé un riche vocabulaire pour décrire celle-ci : écoclines, écotypes, accommodats, vicariance, allopatrie, sympatrie ... La question est ensuite de savoir quel choix on effectue dans la précision de l'information collectée lorsque l'objectif est de couvrir un terrain suffisamment vaste pour que soit restituée la structure spatiale régionale de la végétation. Ce choix m'a porté à ne pas retenir la variabilité infra-spécifique estimant que la reconnaissance ne serait-ce

que de sous-espèce était généralement trop incertaine dans une collecte d'information à l'échelle régionale.

(b)- L'aire et la niche

L'espace occupé par une espèce (son *aire* de répartition) définit sa *chorologie* : il s'agit là de la donnée biogéographique la plus indiscutable ; bien souvent, d'ailleurs, dans les facultés des sciences, la biogéographie n'était envisagée que par la chorologie. Celle-ci n'est pas sans rapport avec son *écologie* (données autécologiques) ; elle ne se confond pourtant pas avec elle. Pour continuer le raisonnement, il est nécessaire de « se mettre au clair » avec quelques notions fondamentales, au premier rang desquels la *niche écologique*.

Comme le rappelle Jacques BLONDEL, la niche écologique était originellement (GRINNELL, 1917, *in* BLONDEL, 1995) géographique et suprapopulationnelle, « ensemble des conditions d'habitat nécessaires à une espèce qui existent sur son aire de distribution ». Sous l'impulsion d'HUTCHINSON (1957, *in* GODRON, 1984), elle est devenue une notion fonctionnelle, populationnelle et modélisée :

« [La niche écologique d'une espèce peut être] définie comme l'hyperespace [à n dimensions : chacune des dimensions est constituée par un paramètre écologique] limité par les valeurs des variables [amplitude écologique face à chacun des n paramètres] dont les organismes ont besoin pour vivre dans un espace écologique [théorique] non limité. »

Comme telle, la niche écologique permet de définir l'habitat d'une espèce mais ne se confond pas avec lui : l'habitat est la collection des lieux occupés par l'espèce, il est en quelque sorte la caractérisation écologique de son aire. L'analogie proposée par Eugene ODUM est bien connue qui qualifie la niche écologique de « profession » d'une espèce au sein de la biosphère, son habitat étant son « adresse » (RAMADE, 2002). Avec l'habitat, on repasse ainsi de l'hyperespace écologique théorique où chaque espèce est identifiée par les seuils écologiques qu'elle admet vis-à-vis de chaque paramètre et qui dessinent les contours de l'hypervolume qu'elle y occupe (fig. 16) à l'espace géographique.

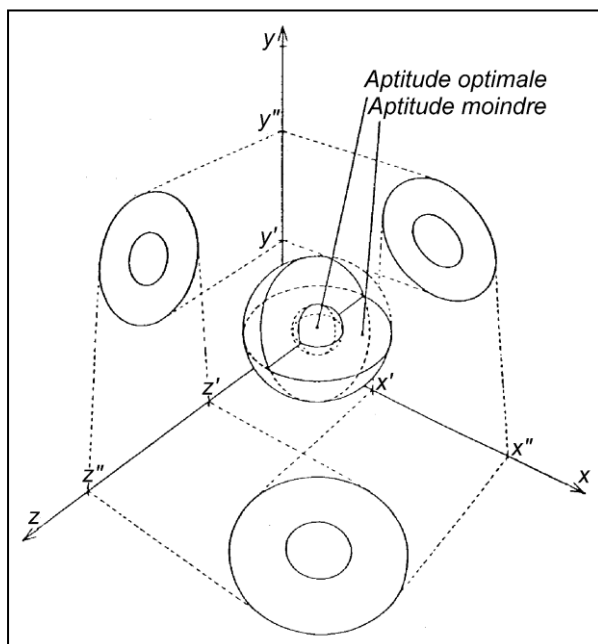


Figure 16: La niche écologique : hypervolume occupé par une espèce dans l'hyperespace écologique. Chacune des n dimensions correspond à un paramètre du milieu. (BLONDEL, 1995, d'après PIANKA, 1974).

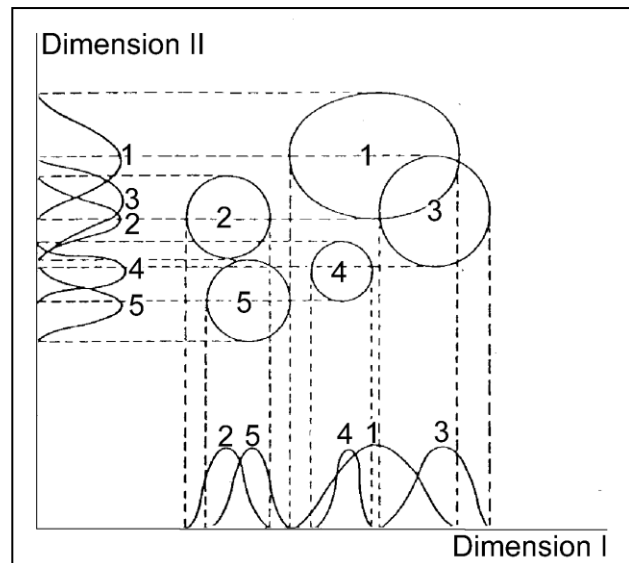
Dans les faits, une espèce n'occupe jamais l'ensemble de sa niche écologique, soit qu'elle ait été éliminée de sa niche par une espèce meilleure concurrente, soit que l'histoire des flores ait fait que les diaspores de l'espèce sont absentes d'un lieu qu'elle pourrait coloniser, soit, enfin, que certains cas de figure viables pour l'espèce ne soient réalisés nulle part. La règle est que les limites au sein desquelles on rencontre une espèce (sa « niche réalisée ») sont toujours plus restreintes que celles autorisées par la niche écologique de cette espèce.

Au sein de l'aire de distribution d'une espèce, de grosses différences de fréquence d'apparition peuvent être généralement notées ; la fréquence est souvent élevée au cœur de l'aire de distribution, décroissant progressivement vers ses marges où l'espèce apparaît plus disséminée.

Ce résultat est conforme au modèle général de la niche écologique où vis-à-vis de chacun des paramètres, la courbe de fréquence des espèces répondant à une distribution normale (fig. 17). Ce schéma gaussien très simple n'est pas sans incidence, on le verra, sur l'organisation spatiale des communautés.

Figure 17 : Projection de la niche de cinq espèces sur deux dimensions de l'hypervolume (Source : BLONDEL, 1995).

La distribution théorique de la fréquence d'une espèce le long d'un gradient écologique dessine une courbe gaussienne répondant à la loi normale.



Même en considérant les populations comme constituées d'individus identiques et interchangeables, les aires de distribution des espèces ne sont donc pas homogènes spatialement. Leurs limites ne sont par ailleurs pas immuables (elles ne le sont que dans le cas parfaitement hypothétique où l'ensemble de la niche écologique serait occupée et où le milieu serait stable). Sans cesse mouvantes, les limites des aires se déplacent, dans le détail, en fonction des phénomènes de concurrence interspécifique : ainsi, dans les forêts du Bassin parisien, en-dehors de toute intervention humaine (comme c'est le cas dans les parcelles de la Tillaie ou du Gros Fouteau en Forêt de Fontainebleau où les forestiers ne sont plus intervenus depuis l'époque où Colbert fit planter des chênes pour obtenir des futaies pour le bois de marine), l'aire occupée par le Hêtre, sous l'ombre duquel le Chêne ne peut se régénérer, ne cesse de s'étendre. L'expansion d'une espèce qui repousse ainsi ses limites est souvent liée à des processus de diffusion dans l'espace. En-dehors de la concurrence interspécifique qui remplace les individus pied à pied, on peut citer le cas bien connu des espèces dont le mode de dispersion des diaspores⁵⁶ est favorable. Chez les plantes dominantes, l'avantage est aux plantes sociales dans les formations herbacées et aux espèces dites dryades (c'est-à-dire des essences susceptibles de se régénérer sous ombre, à longue durée de vie et à larges aires de répartition) dans les peuplements forestiers⁵⁷.

(c)- Garder à l'esprit le caractère changeant des aires de distribution

Chez les végétaux, en effet, quelques espèces se manifestent par une grande aptitude à la dispersion. Cette aptitude peut se manifester en toute circonstance comme chez cette impatiens (*Impatiens noli tangere*, littéralement « ne me touchez pas ») qu'enfants, nous aimions frôler, dans le jardin de ma grand'mère, pour voir leur fruit spiralé se déployer brusquement, jetant ses graines dans toutes les directions. Chez d'autres espèces, ce sont les circonstances qui favorisent la

⁵⁶ Les diaspores manifestent la diversité du mode de reproduction ou de répliation des végétaux puisqu'elles sont les « organes destinés à disséminer et reproduire une plante ; les diaspores peuvent avoir pour origine un phénomène sexuel (ce sont les graines, associées ou non au fruit qui les contient) ou une multiplication végétative » (RAYNAL-ROQUES, 1994).

⁵⁷ Les dryades sont les mieux à même de réaliser les climax et leur aire de répartition potentielle dessinerait ce qui pourrait être la végétation potentielle si les sociétés humaines n'intervenait plus ; on notera qu'elles sont en beaucoup plus petit nombre que les espèces retenues généralement comme climaciques dans les cartes un peu anciennes.

dispersion ; c'est le cas des pyrophytes, espèces qui profitent des feux par la résistance de leurs graines à la chaleur et les « sauts » que les feux leur permettent d'accomplir. La flore méditerranéenne ou subméditerranéenne possède ainsi quelques pyrophytes qui colonisent de vastes espaces dès que se produit un incendie. C'est le cas du Genêt purgatif (*Cytisus purgans*) dont les graines éclatent lorsqu'elles sèchent sur le mode de l'Impatience, du Ciste de Montpellier (*Cistus monspeliensis*) qui entretient les feux par les essences qu'il contient mais qui leur résiste aussi très bien, permettant, après incendie, une expansion par reproduction végétative, du Pin d'Alep (*Pinus halepensis*), arbre pionnier dont les « pommes », projetées parfois à plusieurs dizaines de mètres, forment de véritables bombes incendiaires, propageant le feu ... et les graines (ALEXANDRE, 2001).

D'autres espèces repoussent leurs limites en profitant de certains agents de transports comme le vent (anémochorie) que de nombreuses espèces de composées utilisent, comme ces composées du type du Pissenlit qui, comme sur les images de couverture des dictionnaires Larousse, possèdent des akènes terminées par une aigrette, faisceau de soies qui permet au fruit d'être le jouet du vent ; les « hélicoptères » formés par les fruits en samare des érables, avec leur aile membraneuse, ne peuvent parcourir d'aussi longues distances. On connaît aussi des cas de déplacements des graines et donc de diffusion des espèces le long des réseaux hydrographiques (hydrochorie) et des corridors que forment les vallées, ou bien encore par les courants marins et la dérive littorale. Les animaux sont souvent de bons agents de transport (zoochorie), lorsque certaines diaspores s'accrochent aux poils des mammifères ou que des oiseaux consomment des fruits et en rejettent les graines. Le rôle du Geai dans la reconquête du Chêne en Europe après la dernière glaciation a ainsi pu être mis en lumière.

Cependant, ce sont les hommes qui jouent le rôle le plus grand – et un rôle qui va croissant – dans la modification des aires de distribution des espèces. Ceci peut résulter de choix économiques lorsque de grands défrichements ont lieu, ou que des forestiers favorisent telle essence plutôt que telle autre. Les changements de configuration amenés par les hommes peuvent aussi être fortuits. On connaît des cas d'anthropochorie, bien des espèces ayant ainsi accosté sur le continent européen avec les bateaux venant des Indes orientales ou occidentales. On rappelle aussi fréquemment l'anecdote des Cosaques venus en 1814 au moment de la chute de Napoléon 1^{er} ; dans le fourrage de leurs chevaux se trouvait une Crucifère qui s'est aujourd'hui répandue en suivant les mille et un vaisseaux de nos routes et chemins, *Bunias orientalis*. L'expansion de l'aire de certaines espèces dites invasives est, à l'heure actuelle, une préoccupation, celles-ci pouvant remettre en cause certaines biocénoses : on cite ainsi le cas de l'algue *Caulerpa taxifolia* qui cause de gros dégâts aux herbiers de la Côte d'Azur depuis qu'elle s'est échappée du Musée océanographique de Monaco.

Au rebours, il y a des phénomènes de régression et d'extinction, certaines espèces voyant leur aire se réduire, se fractionner (phénomènes de disjonction des aires) et disparaître. Ce mouvement semble s'accélérer, puisqu'on estime que 6 à 7 % sont aujourd'hui menacées de disparition du fait de la trop grande transformation de la configuration spatiale de leur aire par les sociétés humaines ou par diffusion de certaines maladies, comme la graphiose qui a amputé d'une bonne partie de l'ouest français l'aire de distribution d'un arbre qui y était très courant dans les haies et les bosquets, l'Orme champêtre (*Ulmus minor*). Les raisons de ces extinctions ne sont pas nécessairement humaines. Un cas concret montre que les phénomènes spontanés peuvent se traduire par des changements dans les limites et la régression d'une partie de la flore : dans les montagnes subméditerranéennes, la remontée des limites de la forêt et de l'arbre vers des altitudes d'où elles avaient disparu se traduit par un appauvrissement en espèces de la flore alpine (ALEXANDRE, 2003).

2.2.3- Incertitudes autour de la notion d'espèce en botanique

La notion d'espèce sur laquelle repose une bonne partie de la science écologique et de la lecture de l'espace bio-physique n'est pas à toute épreuve, ce qui est bien gênant, compte tenu du rôle central joué par la composition floristique. LHERMINIER et SOLIGNAC (2005) ont recensé pas moins de 146 définitions du terme. Cette fragilité du concept d'espèce vaut tout particulièrement pour le règne végétal en grande partie pour les raisons évoquées ci-dessus, mais pas seulement. Hervé LE GUYADER (2002) pose ainsi la question en termes provocateurs en titre d'un article : « doit-on abandonner le concept d'espèce ? », avant de la tempérer par une seconde question :

« La question est-elle importante ? Après tout, la notion intuitive que tout non-biologiste professionnel a en tête marche dans 99 % des cas. Ainsi, des études menées sur le vocabulaire de tribus proches de la nature montrent que, au moins pour les vertébrés, il y a quasi-concordance entre leurs traditions et le travail du naturaliste. Par exemple, en Nouvelle-Guinée, là où les Guinéens nomment 110 oiseaux, les ornithologues dénombrent 120 espèces différentes. »

Ce qui vaut pour les oiseaux vaut, sans doute, aussi pour la végétation : le succès des petites flores destinées aux promeneurs curieux montre que l'identification visuelle de la plupart des espèces qui constituent les communautés végétales n'offre pas de difficultés insurmontables. Ces ouvrages grand public réalisés par des scientifiques ou des naturalistes confirmés se révèlent d'ailleurs tout à fait utiles dans la collecte des informations botaniques sur le terrain, permettant une première détermination que le recours aux grandes flores systématiques permet ensuite de confirmer ou d'affiner ; par ailleurs, la mise en ligne sur *internet* de flores régionales⁵⁸ qu'il aurait été trop coûteux de publier vient aujourd'hui compléter un dispositif qui permet au phytogéographe de travailler avec la composition floristique de la végétation dans n'importe quelle région sans être « le » spécialiste de la flore régionale ou de telle ou telle famille. Il n'en reste pas moins vrai que, même si cela n'a une conséquence que sur un pourcentage réduit d'individus (mais un pourcentage beaucoup plus fort d'espèces), les incertitudes autour des applications pratiques de la systématique demeurent.

Identification visuelle : le principe de détermination des listes floristiques repose de fait sur ce point qui correspond à une conception de l'espèce totalement dépassée (LECOINTRE et LE GUYADER, 2001), conception qui court depuis les bases de la systématique jetées par LINNE à la définition donnée par CUVIER en 1812 (*in* DUQUET, 1995) :

« L'espèce est une collection de tous les corps organisés nés les uns des autres ou de parents communs et de ceux qui leur ressemblent autant qu'ils se ressemblent entre eux ».

Suivant cette conception que LE GUYADER (2002) dit « typologique » ou « essentialiste », il n'existe dans la Nature « qu'un nombre limité de types ou d'universaux [...] ; les organismes vivants sont la matérialisation, l'actualisation d'une essence d'un type ». Les espèces étaient fixées et ce qui les séparait établi une fois pour toutes. Comme telles, elles apparaissaient comme un donné divin, originel et immuable qu'il suffisait simplement pour les scientifiques de découvrir et décrypter :

« A l'époque de Linné, on admettait que tous les êtres vivants descendaient d'individus ou de couples fondateurs apparus lors de la Création. [...] Puisque tous les membres d'une espèce étaient apparentés, ils devaient partager certains caractères hérités du couple fondateur, ceux par lesquels il se distinguait des fondateurs des autres espèces. Ces caractères transmis invariablement depuis la Création constituaient l'essence de l'espèce » (GENERMONT, *Encycl. Univ.*).

Chaque espèce est alors désignée, suivant le modèle proposé par LINNE, par un nom scientifique formé de deux mots latins : le genre (avec une initiale majuscule) et l'espèce ; l'exemplaire qui

⁵⁸ A titre d'exemples : la flore des Alpes maritimes italiennes – <http://www.floramaritime.it/> - ou la flore des Hautes-Alpes – <http://www.floralpes.com/> .

matérialise le type est conservé dans des herbiers que, en cas de doute sur l'appartenance d'un individu à telle ou telle espèce, on peut aller consulter. Forment ainsi une population spécifique – une espèce – l'ensemble des individus ayant, d'une part, une même morphologie héréditaire et de mêmes caractères physiologiques (ce qui, dans les faits, peut recouvrir une polymorphie assez prononcée), d'autre part, interfécondité entre ces individus et stérilité vis-à-vis de ceux d'autres espèces. Ce dernier critère assure, en théorie, une limite indiscutable entre les espèces ... Mais pas dans le règne végétal (voir ci-dessous). Les espèces, dont les plus proches forment des genres, « présentant des similitudes (morphologiques, comportementales, physiologiques, génétiques) sont regroupées, par familles » (DUQUET, 1995) puis en ordres, en classes, en embranchements ... jusqu'au règne animal ou végétal. D'autres subdivisions ont été introduites par la suite, supra-spécifiques (infra-classe, sous-ordre, super-famille) ou infra-spécifiques (sous-espèces, variétés et même sous-variétés, ... raffinements qui laissent, à vrai dire, parfois rêveur).

Depuis lors, la pensée évolutionniste a changé le point de vue. La conception « populationnelle » – ou « biologique » – de l'espèce s'est imposée après l'avènement de la génétique. LE GUYADER (2002) rappelle la définition d'Ernst MAYR (1942) :

« Une espèce est un groupe de populations naturelles au sein duquel les individus peuvent, réellement ou potentiellement, échanger du matériel génétique ; toute espèce est séparée des autres par des mécanismes d'isolement reproductif ».

Le critère de ressemblance morphologique disparaît ou, du moins, il n'est plus décisif. En caricaturant, la biologie systématique se tourne alors vers l'histoire ce qui est bien embêtant lorsque l'on souhaite l'utiliser comme indicateur spatial. Les scientifiques travaillent, depuis des dizaines d'années, à reconstruire une systématique fondée sur la progressive différenciation des espèces au cours des temps. Dans la perspective phylogénétique⁵⁹, les discontinuités sont plus historiques que spatiales, liées aux complexes processus de spéciation, d'extinction ou de différenciation au sein de populations spécifiques. Dans le règne végétal, RAYNAL-ROQUES (1994) retrace ainsi les grands événements qui ont conduit à la dominance des plantes à fleurs (les Angiospermes) depuis les débuts de l'ère tertiaire, succédant à celle des Gymnospermes (Conifères) au Secondaire, des Fougères et des Algues à l'ère primaire. L'auteur présente aussi quelques exemples d'arborescences qui tentent de restituer cette histoire. Le travail de reconstruction est avancé aux niveaux supérieurs de la systématique, il l'est moins aux niveaux inférieurs.

Pour le règne végétal, la définition de MAYR ne règle pas tout, l'isolement reproductif étant souvent difficile à montrer. Les végétaux bousculent, on l'a vu ci-dessus, les barrières établies entre les sexes, les individus et les générations. Les espèces végétales ne sont pas à l'image de l'espèce humaine et de la plupart des espèces animales, c'est-à-dire formées d'individus sexués ayant une naissance et une mort, se reproduisant entre eux et transmettant le même potentiel génétique (RAYNAL-ROQUES, 1994, HALLE, 2004). D'autant moins que d'autres particularités ajoutent à la difficulté de tracer des frontières aisées entre les espèces de la flore. Ainsi la polyploidie – la possibilité pour un organisme de posséder plus de deux jeux de son matériel génétique de base – est-elle très répandue dans le règne végétal, d'où la multiplication d'individus aux caractères intermédiaires entre deux espèces.

La systématique botanique est ainsi bien embrouillée et incertaine dans certaines familles ou certains genres, comme chez les Rosacées où la reconnaissance d'espèces au sein des genres *Potentilla* (les potentilles), *Rubus* (les ronces), ou *Rosa* (les églantiers) est affaire byzantine : les flores enregistrent cet état de fait en présentant, suivant les cas, un nombre très réduit d'espèces, quitte à noter, comme le font GUINOCHET et DE VILMORIN (1973-1984), qu'il s'agit d'espèces *sensu lato*, ou, à

⁵⁹ « Histoire de l'apparition et de l'évolution des taxons, ainsi que des de l'enchaînement des lignées – phylums – qu'ils constituent en dérivant les uns des autres » (DA LAGE et Métaillé éd., 2000).

l'inverse, une infinité de taxons (espèces, sous-espèces et variétés). La flore de France coordonnée par les deux auteurs tente malgré tout de présenter une grande partie des Rosacées reconnues en France. Reconnues mais sont-elles pour autant reconnaissables ?

Bon gré mal gré, la botanique de terrain que pratiquent biogéographes, écologues et phytosociologues continue à fonctionner avec les espèces telles qu'elles étaient présentées au début du XX^e siècle, dans une perspective héritée du XVIII^e. Les études géobotaniques sont ainsi entachées par la complète obsolescence de la vision sur laquelle sont bâties nos flores et par l'incertitude qui entoure les catégories sur lesquelles elles se fondent. Ceci ne joue sans doute qu'à la marge, mais cette prudence, voire cette modestie, doivent être gardées en mémoire.

Le problème est souvent esquivé dans la mesure où les familles et les genres dont la systématique est complexe sont souvent considérés comme d'un intérêt moins grand pour l'établissement des relations végétation-milieu. Toutes les espèces ont-elles la même valeur indicatrice ? Les phytogéographes classiques traitaient le problème de manière simple en distinguant, d'une part, les espèces linnéennes, d'autre part, les espèces jordaniennes⁶⁰. Ainsi Henri GAUSSEN (1954) :

« Nous arrivons à une notion très importante sur laquelle les non-naturalistes ne sont pas toujours fixés. Les espèces sont-elles comparables entre elles ? [...] On a distingué deux types d'espèces : les espèces linnéennes ou grandes espèces, dont les caractères sont très nets et apparents, et les espèces jordaniennes ou petites espèces dont les caractères sont parfois difficiles à voir ; ces caractères sont héréditaires, ces espèces constituent par conséquent des lignées distinctes. Mais comme il est très difficile d'affirmer, à première vue, qu'un caractère est héréditaire, il est clair que la plus grande confusion règne dans la distinction des petites espèces. »

Il s'en suit que, pour GAUSSEN, le phytogéographe doit travailler essentiellement avec les « grandes espèces ». La distinction est pourtant à la fois un peu désuète et difficile à opérer. A partir de quoi peut-on parler de « grandes » ou de « petites » espèces ? Le problème, en ceci comme en beaucoup de choses, est que la limite ne se laisse pas toujours aisément tracer. Le niveau taxinomique est, par ailleurs, très incertain et fluctue grandement avec le temps : telle espèce se voit parfois ravalée au rang de sous-espèce, voire de variété, avant, parfois, de regagner son rang. Le concept de LITU (*Least-inclusive Taxinomial Unit* : unité taxinomique la moins inclusive) a été proposé, fondé sur la reconnaissance d'un caractère acquis, c'est-à-dire d'une apomorphie mais, en dépit de ce que l'emploi de la racine *morphos* laisse penser, ces caractères ne sont pas nécessairement aisément discernables sur le terrain.

Quelles règles adopter dès lors ? Celles auxquelles nous nous sommes tenus sont empreintes de pragmatisme. Faire du cas par cas et ne retenir comme information taxinomique que le rang auquel on est parvenu de façon indiscutable.

2.2.4- L'intérêt des échelles intermédiaires : l'articulation des données chorologiques et autécologiques

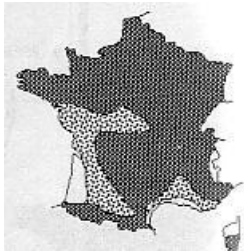
Faute de mieux, reconnaissons donc à l'espèce le rôle de niveau-clé pour la géographie de la végétation et du milieu. Pour autant, les choses ne sont pas simples en raison de la tension entre la chorologie qui, en traitant l'information sur la présence ou l'absence, la rareté ou l'abondance d'une espèce répond aux questions *Où ? Jusqu'où ?* ... Et l'écologie qui, en indiquant les exigences ou les tolérances des espèces vis-à-vis des paramètres mésologiques tente de répondre à la question *Pourquoi ici et pas là ?* Un des principaux objectifs des géographes travaillant la question est donc de

⁶⁰ Le botaniste lyonnais Alexis JORDAN (1814-1897) a proposé d'élever au rang d'espèce un grand nombre de ce qui était considéré jusqu'alors comme des variétés ... Au point d'en être moqué : dire d'une espèce qu'elle est un jordanon, c'est signaler que son rang est douteux.

tenter d'articuler l'une et l'autre, cette articulation relevant de leur savoir-faire. Or, cette articulation ne va pas d'elle-même. Chorologie et écologie sont souvent présentées séparément comme si elles n'avaient qu'un caractère commun assez lointain, par exemple dans la *Flore forestière française* (RAMEAU, MANSION et DUME, 1989, 1993) où la distribution géographique et les données autécologiques sont livrées dans deux rubriques différentes : les auteurs signalent simplement que la chorologie est donnée « en raison de son intérêt pour la connaissance des exigences macroclimatiques des espèces ». Soit ... Ce qui donne, par exemple, pour le Hêtre (*Fagus sylvatica*) :

Tableau 2 : Chorologie et autécologie du Hêtre (*Fagus sylvatica* L.). Extrait de la *Flore Forestière Française* (Rameau et al., 1989, 1993).

La carte à très petite échelle est dessinée à partir de l'*Atlas Flora Europaea* et de l'*Atlas partiel de la Flore de France* (DUPONT, 1990) : en blanc le territoire où l'espèce est absente, en gris clair là où elle est disséminée, en gris sombre là où elle est fréquente.

Distribution géographique	Données autécologiques
<ul style="list-style-type: none"> - [Espèce] commune en plaine dans la moitié nord de la France et en montagne dans la moitié sud ; - jusqu'à 1700 m : étage collinéen et montagnard ; base du subalpin dans le Jura, les Vosges et le Massif central ; - européenne à tendance subatlantique. 	<ul style="list-style-type: none"> - espèce ayant besoin de précipitations annuelles supérieures à 750 mm, favorisée par une humidité atmosphérique élevée ; - espèce sciaphile ; - humus : mull carbonaté à dysmoder ; sols plus ou moins riches en bases ; pH très variable (espèce cependant peu compétitive sur les sols les plus acides) ; - matériaux variés, plus ou moins filtrants : optimum de production sur limons ou loess épais, optimum technologique sur sol brun calcique ; - supporte les sols peu profonds (enracinement superficiel) ; espèce mésoxérophile à mésophile, craignant l'hydromorphie ; - caractère indicateur : espèce à très large amplitude.

La raison d'une telle séparation est à rechercher dans la différence entre les échelles d'observation des deux phénomènes. Si les données chorologiques se placent en général à petite, voire très petite échelle, l'autécologie est déterminée par des études à grande, voire très grande échelle. Dans le cas d'une essence comme le Hêtre, on remarque par ailleurs la finesse des observations des forestiers, très attentifs au rapport des végétaux avec le sol, question sur lesquelles ils disposent de nombreuses données expérimentales. De même, les interactions entre espèces forestières dans leur compétition pour la lumière comme dans leur manière de coloniser l'espace bénéficie d'une longue expérience. Les « caractères biologiques » des espèces sont donnés par ailleurs : le Hêtre y apparaît comme espèce dryade, profitant de sa capacité à se reproduire à l'ombre de ses concurrents et de sa relative longévité pour s'imposer peu à peu. Le rapport avec les données atmosphériques est, lui, présenté de façon beaucoup moins précise et surtout plus discutable ... Discussion qui permet de mieux préciser l'apport possible des géographes attentifs aux questions d'échelle, soucieux de précision dans la description et l'interprétation des faits spatiaux.

Pour établir ce rapport, les auteurs ont, semble-t-il, classiquement confronté les cartes de distribution des espèces avec les cartes climatiques. Sans doute, en s'en tenant au territoire français, y a-t-il conjonction entre l'aire du Hêtre et l'isohyète 750 mm. La carte de répartition de l'espèce (tirée de DUPONT, 1990, tabl. 2) montre par ailleurs l'absence de *Fagus sylvatica* dans les Alpes internes où les précipitations sont, de fait, beaucoup plus faibles que dans les massifs subalpins externes. Peut-on pourtant écrire que « la disparition totale du Hêtre résulte de précipitations estivales très limitées » ? La question ne semble pas si facile à trancher. Comme l'a noté Bernard THIEBAUT (1982) qui en avait fait sa question de thèse, il est tout de même curieux de constater que cet arbre que l'on dit si rebelle à la sécheresse prononcée soit aussi commun dans le Bassin méditerranéen jusqu'en Espagne, en Sicile ou en Grèce (fig. 19 tiré de l'*Atlas Flora Europaea*). Même s'il se rencontre essentiellement en ubac, on du mal à croire que la sécheresse y soit moins sévère

qu'en Maurienne, dans le Briançonnais ou dans le Queyras. Et quand, faisant quelques pas hors d'Aix-en-Provence, le Hêtre se retrouve dès les premières pentes de la montagne Sainte-Victoire, quand on le rencontre à la Valbonne ou dans le massif de la Sainte-Baume, on a du mal à être convaincu qu'il y soit simplement en position relictuelle (VERNET, 1997). THIEBAUT (*op. cit.*) suggérait qu'il pouvait exister plusieurs écotypes morphologiquement proches mais aux exigences écologiques différentes. Des travaux plus récents, cités par QUEZEL et MEDAIL (2002), s'appuyant sur l'analyse de l'ADN d'exemplaires de provenances géographiques variées, tranchent plutôt dans le sens de l'unicité du Hêtre européen qui présente plutôt une variabilité suivant un cline ouest-est que nord-sud.

Figure 19 : Distribution du Hêtre sur le continent européen (Source Atlas Flora Europaea).

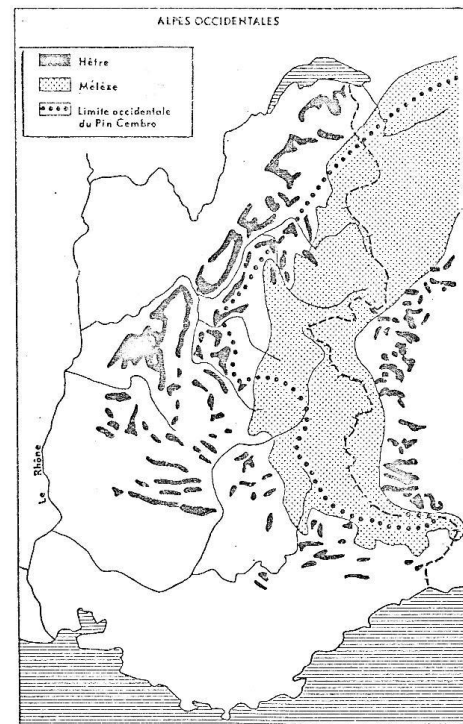
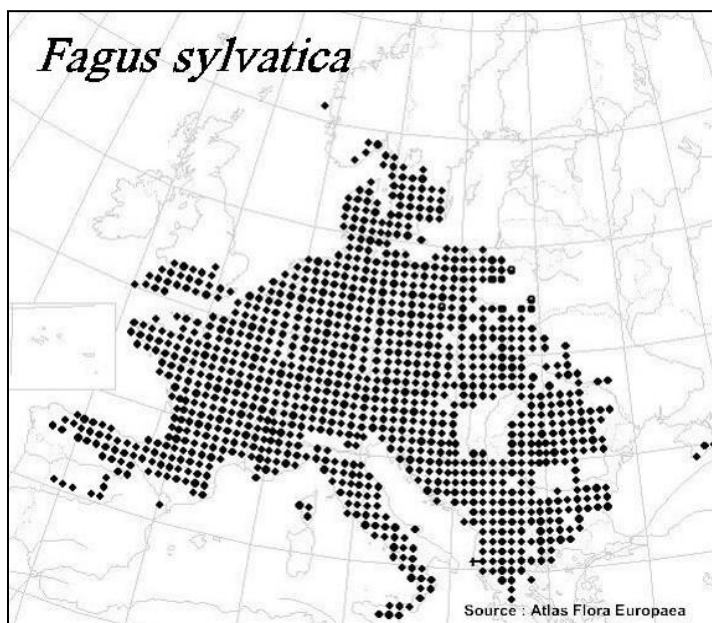


Figure 19 : Distribution du Hêtre et du Mélèze dans les Alpes franco-italiennes (Source OZENDA, 1985).

Pour expliquer son absence dans les Alpes internes, Ozenda (1985) reprend l'explication climatique en montrant qu'il existe une sorte de substitution du Mélèze (*Larix decidua*) au Hêtre dans ces vallées internes alpines (fig. 18). Le Mélèze, d'après RAMEAU, DUME et MANSION (*op. cit.*), « demande une atmosphère sèche (pluviosité annuelle variant de 600 à 1100 mm) » mais ils précisent que cette « post-pionnière nomade », très appréciée des sociétés rurales montagnardes, constitue un « faux climax à l'étage montagnard ou subalpin inférieur à la place de la sapinière, de la hêtraie-sapinière ou de la pessière », ce qui laisse à penser que la progression du Hêtre a pu être freinée par des choix humains. L'explication pourrait aussi être paléogéographique, le Hêtre n'ayant peut-être pas conquis depuis la dernière glaciation tous les terrains auxquels sa « très large amplitude » l'autoriserait à occuper.

Le Hêtre est, au sens strict du terme, exemplaire. Par les interrogations que suscite sa géographie, il permet de mesurer les limites d'une application sans nuance du lien végétation-milieu. Il faut souligner, en particulier, l'asymétrie, dans cette information, entre présence et absence d'une espèce. On peut valablement raisonner sur la présence d'une espèce : si elle est là, c'est bien que les conditions écologiques sont suffisantes pour qu'au moins un certain nombre de ses individus puisse y

survivre. Il est, en revanche, risqué, pour les raisons évoquées ci-dessus, de construire un raisonnement sur la réciproque : si l'espèce n'est pas là, c'est que les conditions de vie lui sont défavorables. En somme, l'écologie répond valablement à la question *Pourquoi ici ?* Elle est plus mal armée face à la question *Pourquoi pas là ?* Le géographe n'y répondra sans doute pas mieux mais, par un examen attentif de la façon dont les êtres vivants occupent l'espace, il peut contribuer à mieux poser les questions et à mieux mettre en relation les différents éléments constitutifs de la biosphère.

Ainsi a-t-il à dire sur la question des échelles (que les écologues n'ignorent pas : cf. AUGER, BAUDRY et FOURNIER *éds.*, 1992) : l'exemple du Hêtre montre l'intérêt qu'il y a à se placer à une échelle intermédiaire entre la petite échelle des cartes de distribution des espèces et les minutieux travaux de très grande échelle des écologues ou des phytosociologues. Intérêt d'autant plus grand que la société demande de plus en plus d'études sur l'impact des changements climatiques, par exemple sur le tapis végétal.

2.2.5- Une source d'inspiration : les conceptions de Frank WHITE (1986)

Pour l'élaboration du modèle zonal, l'approche floristique, si elle n'est pas dominante, n'est pas non plus inconnue mais la difficulté d'intégrer chorologie et écologie a été grande. Au début des années 1960, l'UNESCO a réuni un « Comité permanent pour la classification et la cartographie de la végétation » à une échelle mondiale. Ce comité a mis en œuvre un programme de cartographie de la végétation à une échelle du 1 : 5 000 000^e. Il en a résulté : la Carte de végétation du Bassin méditerranéen co-éditée par la FAO et coordonnée par GAUSSEN, la Carte de végétation de l'Amérique du Sud, la Carte de végétation de l'Afrique, coordonnée par WHITE (1986), etc. Cette dernière est, par certaines conceptions, moins conventionnelle que les autres. Produite par un comité, mais travail où les conceptions de WHITE s'expriment de façon suffisamment forte pour qu'il souhaite en assurer seul la paternité :

« J'ai eu la responsabilité de tenter de donner une uniformisation aux matériaux originaux et de les assembler en un tout cohérent. Ce faisant, j'ai continué de recevoir l'aide sans restriction des membres du comité et de nombreuses autres personnes, mais je dois assumer l'entière responsabilité de la présentation finale et des imperfections qui subsistent. »

Les autres cartes du programme de cartographie de la végétation mondiale de l'UNESCO reposent sur l'identification des paysages végétaux et des entités climatiques correspondantes. La logique aurait ainsi voulu que, pour l'Afrique, soient cartographiées les formations végétales reconnues lors de la conférence de Yangambi en 1956, liste précisée par l'UNESCO en 1973. Dans une toute autre perspective, WHITE fait passer au premier plan les ensembles chorologiques régionaux, le stock d'espèces que l'histoire des flores a rassemblé en une région donnée et dont la distribution va ensuite être modulée par les conditions actuelles du milieu, puis structurée en paysages végétaux, fonction par ailleurs des activités humaines actuelles. WHITE donne le nom de « phytochories » à ces ensembles chorologiques fondamentaux dont il reconnaît deux sortes. Lorsque plus de 60 % des espèces sont originales à une région, il parle de centre d'endémisme régional : entre ces centres d'endémisme, là où s'interpénètrent les ensembles floristiques, il parle de zones de transition. Une telle présentation présente, à ses yeux, les avantages suivants :

« La carte chorologique diffère des cartes antérieures par deux points importants. D'abord, les phytochories sont basées sur la richesse de leurs flores endémiques au niveau des espèces. En second lieu, on n'essaie pas de morceler l'Afrique en zones mutuellement exclusives, elles-mêmes subdivisées de manière hiérarchique (Régions, Secteurs, Domaines, Districts, etc.). »

Figure 20 : Phytochories et types de végétation en Afrique de l'Ouest. Extrait de la Carte UNESCO de la végétation de l'Afrique (WHITE, 1986)

Légende

Principales subdivisions

chorologiques (les chiffres romains) :

III – Centre régional d'endémisme soudanien

XI – Zone de transition guinéo-congolaise / soudanienne

Principaux types de végétation et mosaïques (les chiffres arabes et le système de couleurs) :

Dans la classe des « Transitions et mosaïques de forêts » :

11 – Mosaïque de forêt ombrophile planitiaire et de formation herbeuse secondaire – (a) : guinéo-congolaise [le 11b concerne Madagascar]

13 – Mosaïque de forêt ombrophile planitiaire, de formation herbeuse secondaire et d'éléments montagnards [cela ne concerne que le Fouta Djallon]

Dans la classe des « Forêts claires » :

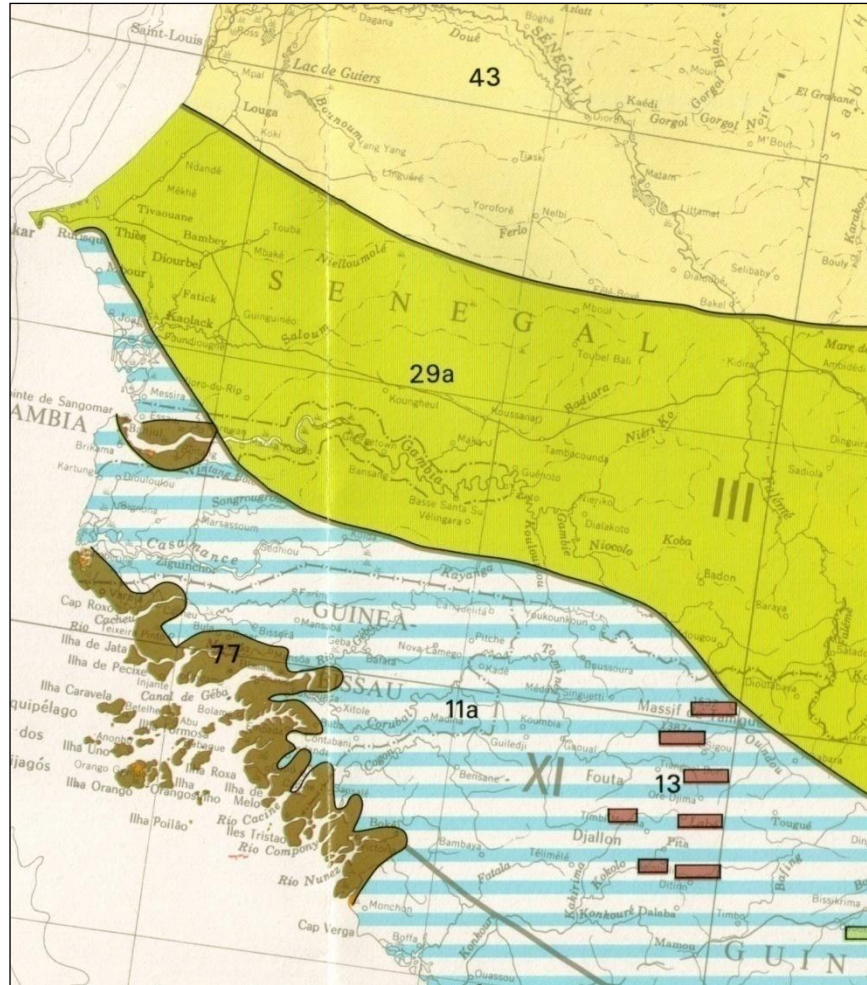
29 – Forêt claire indifférenciée – (a) : soudanienne [(b) : éthiopienne ; (c) : nord-zambézienne ; (d) : sud-zambézienne ; (e) : de transition vers la formation buissonnante du Tongaland-Pondoland]

Dans la classe des « Formations buissonnantes et fourrés » :

43 – Formation herbeuse boisée à *Acacia* et formation buissonnante décidue du Sahel

Dans la classe « végétation azonale » :

77 - Mangrove



La figure 20 présente un extrait de cette carte pour la partie de l'Afrique occidentale sur laquelle j'ai eu l'occasion de travailler. Le cadre régional dressé par WHITE me paraît bien poser la manière dont est organisée la végétation ouest-africaine mettant en lumière l'originalité de la végétation soudanienne qui s'appauvrit vers le nord dans la transition sahélienne vers le Sahara et s'enrichit vers le sud d'espèces appartenant à la zone forestière guinéo-congolaise. L'ambition de WHITE est ainsi remplie :

« Le but de la carte n'est pas de fournir des informations détaillées [mais] plutôt d'indiquer, en termes généraux, aux personnes qui résident en un endroit donné d'Afrique, la manière dont les principaux traits de leur végétation locale peut être rapportée aux traits généraux de la végétation de l'Afrique considérée dans sa totalité. »

La structure spatiale sous-jacente à une telle cartographie offre l'énorme avantage de s'affranchir du paysage (tout en laissant la possibilité d'y revenir dans un second temps), de prendre en compte les variations graduelles et d'envisager que l'état actuel de la végétation n'est qu'un résultat transitoire et évolutif.

Ce qui vient d'être écrit pour le modèle zonal peut être maintenant confronté à la troisième dimension de l'espace, ce qui sera fait dans le chapitre 3.

Chapitre 3

Le modèle de l'étagement de la végétation en montagne

Thème sur lequel j'ai eu l'occasion de revenir dans plusieurs publications⁶¹, la question de l'étagement de la végétation recoupe de façon exemplaire les interrogations de ce mémoire. En premier lieu parce que la phytogéographie est née de l'observation de la variation spatiale de la végétation avec l'altitude ; conjointement au modèle zonal, on voit alors peu à peu se construire une représentation schématique qui tend à devenir le mode de lecture unique du phénomène. Plus : les catégories élaborées dans le contexte particulier des Alpes et des Pyrénées – les étages collinéen, montagnard, subalpin et alpin – ont ensuite été transposés dans des massifs d'ampleur différente et placés sous d'autres climats.

L'élaboration du modèle de l'étagement en montagne met par ailleurs particulièrement bien en jeu la question du continu et du discontinu de la végétation et du milieu, question que nous avons déjà évoquée à propos du modèle zonal (chapitre 1). Les conséquences sur la végétation de la variation continue du climat avec l'altitude sont connues et indiscutables : la végétation change de bas en haut des versants par élimination successive des espèces de plaines et maintien ou apparition de quelques espèces susceptibles de résister dans les conditions extrêmes de la haute altitude. La question centrale ne porte pas sur ce changement mais sur les modalités spatiales selon lesquelles il se produit. Telle qu'elle est représentée dans le modèle de l'étagement, la distribution de la végétation sur les versants des montagnes présente un paradoxe : d'une part, le rôle organisateur des gradients climatiques (et des gradients bio-physiques induits) est affirmé ; d'autre part, la présentation de la végétation repose sur l'existence d'étages, bandes altitudinales homogènes identifiables à des traits physiologiques communs et définies par des complexes de communautés végétales.

Par le passé, le débat a plutôt tourné autour de deux questions d'ailleurs intriquées, même si elles ne se placent pas à la même échelle d'analyse. Peu ou prou, tout d'abord, l'élaboration du modèle a reposé sur la reconnaissance d'une certaine correspondance avec le modèle zonal : Carl TROLL tenta même de formaliser la correspondance entre la variation altitudinale du couvert végétal et sa variation latitudinale en un schéma global. La deuxième question qui a, en France, opposé Henri GAUSSEN et Louis EMBERGER portait sur la possibilité ou non de découpler l'étagement de l'altitude en faisant, comme le préconisait EMBERGER, de l'étage une subdivision des zones et des domaines bioclimatiques (il parlait, quant à lui, de Région) à même de transcrire le passage progressif d'une zone à l'autre (cf. chapitre 4). A l'inverse, GAUSSEN tenait à réserver le concept à la question de la végétation et de l'altitude ; plus encore, Paul OZENDA a travaillé, livre après livre (1985, 1995, 2002), à en faire un modèle général pour une « géobiologie des montagnes » ; dans une vision systématique, il cherche à montrer l'universalité des catégories d'étages collinéen, montagnard, subalpin et alpin. Après avoir rappelé la teneur de ces débats, je me placerai toutefois sur un plan un peu différent en recentrant le questionnement sur celui du discontinu et du continu.

La confrontation du modèle fondé sur l'existence de discontinuités bien marquées (même si l'on concède, comme GAUSSEN, *Encycl. Univ.*, l'existence d'étroites bandes de transition) avec la

⁶¹ LECOMPTE et ALEXANDRE, 1996, ALEXANDRE *et al.*, 1999, ALEXANDRE *et al.*, 2002a, ALEXANDRE, 2003.

réalité s'avère en effet particulièrement peu satisfaisante. L'expérience menée à travers le cheminement le long de transects botaniques d'échelle régionale suivis « par monts et par vaux » dans les montagnes méditerranéennes et dans le massif alpin a permis de démultiplier les observations faites le long des versants. Ils invitent en premier lieu à rétablir la distinction originelle faite par HUMBOLDT (1807) entre physionomie et flore. En Europe, la géographie des paysages voit aujourd'hui les classiques étagements des activités humaines décrits au début du XX^e siècle s'estomper à mesure de la déprise de ces activités. La géographie de la flore, elle, présente une variation beaucoup plus continue ; si l'on préfère, les discontinuités observées ne séparent pas des ensembles homogènes mais correspondent à des ruptures de rythme dans la courbe de variation de la vitesse de défilement des espèces sur le fil des gradients bio-physiques. Je reviendrai en deuxième et troisième parties sur ces résultats pour voir dans quelle mesure ils peuvent être généralisés.

3.1- L'escalier et le plan incliné : le modèle des étages de végétation, reflet des gradients climatiques ?

3.1.1 – Gradients barométrique, thermométrique, pluviométrique

Sur les versants des montagnes, la distribution de la végétation dépend, en première instance, des gradients climatiques dont le plus simple et le plus universel est la diminution de la pression atmosphérique qui, comme le rappelle Paul OZENDA (1985) :

« [La pression atmosphérique] suit une loi exponentielle [qui fait que] à 3 000 m, la pression est égale aux deux tiers de la pression au niveau de la mer ; au sommet du Mont-Blanc, elle tombe à un peu plus de la moitié ; au sommet de l'Everest, au tiers. »

Pourquoi choisir de citer d'emblée un botaniste comme OZENDA pour la caractérisation d'un phénomène dont il n'est pas un spécialiste et où il ne fait que reprendre ce que l'on trouverait partout ailleurs ? C'est que de tous les auteurs qui ont travaillé à l'élaboration du modèle de l'étagement en montagne, il est de ceux qui sont allés le plus loin dans l'affirmation d'une organisation de la végétation radicalement discontinue, apparemment en radicale contradiction avec la gradualité des changements physiques organisateurs qu'il ne méconnaît donc nullement. Partant d'une description plutôt nuancée lorsqu'il collaborait à la Carte de végétation de la France au 1 : 200 000^e (cf. notices « sommaires⁶² » des feuilles de Grenoble, Gap ou Digne), il construit, à mesure des synthèses qu'il publie (OZENDA, 1985, 1995, 2002), un système beaucoup plus rigide qu'il généralise à l'ensemble des montagnes de l'Europe occidentale et moyenne.

La diminution de la pression a des conséquences directes sur le rayonnement et la température et l'on sait que celle-ci baisse, en règle générale régulièrement, de l'ordre, en moyenne, d'un peu moins de 0,6°C/100 m (baisse un peu plus faible en air humide, 0,5°C/100 m ; plus forte, jusqu'à 1°C/100 m, en air sec). Toutefois, la décroissance ne répond pas nécessairement à une fonction linéaire. Sous certaines conditions locales ou/et temporelles, des discontinuités peuvent apparaître en fonction de certaines dynamiques superposant des airs de températures contrastées. Le cas le plus connu dans les montagnes d'Europe occidentale est celui des inversions de température en fond de vallée. On peut aussi citer l'exemple de la formation de « ceintures thermiques » chaudes comme celle mise en évidence par DELANNOY et LECOMPTE (1975) sur certains versants du Moyen-Atlas marocain.

La géographie du climat, construction théorique qui se manifeste par des changements constants dans l'espace dans le temps, s'écrit ainsi sur le mode du graduel et du continu. On y parle de « champs », de « gradients », de « zones de transition » entourant des « noyaux de référence »

⁶² Selon le propre qualificatif des concepteurs de la carte.

(DURAND-DASTES et SANDERS, 1984). Cette notion de « noyau de référence » suppose la présence à peu près constante au moins saisonnièrement de centres d'action. Dans les montagnes où la topographie démultiplie les situations, il est cependant bien difficile d'identifier ces noyaux de référence et de même qu'on peut définir la montagne comme un ensemble topographique où le relief change constamment, il est possible d'y affirmer que le climat y est infiniment varié.

D'autres gradients, en particulier pluviométriques, se combinent au gradient thermique, mais ils sont beaucoup plus variables dans le temps et dans l'espace, en fonction notamment, de la place relative du versant considéré par rapport aux flux dominants générateurs de précipitations. La variabilité spatiale des précipitations en montagne est par ailleurs mal connue, les postes de mesure étant peu nombreux en dehors des vallées, même dans des chaînes de montagne bien équipées, comme peuvent l'être les Alpes ou les Pyrénées. Des programmes de grande ampleur cherchent à corriger cette méconnaissance qui vaut d'ailleurs aussi pour les températures bien que l'extrapolation spatiale de ces dernières soit *a priori* plus facile.

3.1.2- Le poids variable des gradients suivant la latitude

Dans les montagnes où j'ai travaillé, le facteur thermique s'est révélé être, parmi les facteurs abiotiques, le principal organisateur de la végétation. Ce déterminisme thermique perd de son importance vers les climats plus chauds (disons qu'il faut monter plus haut pour qu'il se fasse vraiment sentir). La distribution des précipitations pèse alors d'un poids égal ou supérieur dans l'agencement de la végétation. Ainsi dans la Sierra de Grazalema en Andalousie où les contrastes dans la distribution spatiale des pluies sont extrêmes : une pluviosité très faible, inférieure à 500 mm en moyenne annuelle, domine sur la partie occidentale du massif alors que les précipitations moyennes annuelles les plus fortes d'Espagne (2 000 mm par an) sont atteintes aux altitudes moyennes de certains versants, notamment en exposition nord, là où l'évaporation est la plus atténuée. Cette caractéristique a bénéficié au Sapin d'Espagne (*Abies pinsapo*) qui trouve là la plus importante de ses stations relictuelles dans la péninsule ibérique ; à la faveur de la mise en Parc national de cette partie du massif, la sapinière à *Abies pinsapo* fait preuve aujourd'hui d'une dynamique assez remarquable (fig. 21). Autre bel exemple du rôle joué par le gradient des précipitations dans les montagnes des basses latitudes : celui de la Serra do Pico da Antonia dans l'île de Santiago, la plus peuplée des îles du Cap-Vert : le renforcement des pluies sur le relief suffit à faire passer en quelques kilomètres du domaine aride où ne subsistent guère que les plantations de *Prosopis juliflora*, petit arbre remarquablement résistant à la sécheresse, au subaride où la végétation est dominée par les Acacias (*Acacia albida*, notamment) et au subhumide sur les parties sommitales les mieux exposées où le colonisateur portugais a laissé quelques plantations d'Eucalyptus. Ici tout particulièrement, l'étagement des paysages végétaux est rendu très clair par l'intervention humaine dont les choix ont été fonction de la contrainte climatique qui est ici clairement liée au volume des précipitations.

Même lorsque l'on sort du domaine aride ou semi-aride, le gradient hydrique pèse d'un poids fort dans les montagnes tropicales où les précipitations croissent avec l'altitude jusqu'à un maximum au-delà duquel elles connaissent un rebroussement. Les contrastes sont, là aussi, très forts entre les altitudes où les nuages, les pluies et l'humidité sont constantes, où croît une forêt dense à lianes et épiphytes (l'expression française « forêt des nuages » n'a pas fait école pour la désigner, la *Nebelwald* des botanistes germaniques ou la *rain forest* des anglo-saxons l'emportant) et les altitudes plus hautes où la sécheresse est la principale contrainte : les similitudes morphologiques avec les espèces du milieu aride est alors grande même si les espèces sont ici très particulières comme avec les formations de xérophytes épineux en boules ou les *paramos* de la haute montagne andine.

Aux latitudes moyennes, c'est, bien plus fortement, la contrainte liée au froid qui est déterminante. Il faut ici rappeler que le froid est susceptible d'agir de trois manières qui se combinent pour éliminer certaines espèces à mesure que l'on monte en altitude. Celle à laquelle on pense le plus spontanément, c'est l'abaissement des températures extrêmes. La deuxième composante du froid réside dans sa durée, avec la répétition de longues périodes de températures basses. La troisième composante est complémentaire de la deuxième : c'est le raccourcissement de la période végétative ; à titre indicatif, on donne souvent la date des dernières et des premières gelées, tout en sachant que chaque espèce a sa propre amplitude. Pas tout à fait semblable est la troisième composante La manière dont la contrainte imposée par le froid va se manifester est très différente suivant la latitude, ce qui rend extrêmement circonspect vis-à-vis de toute tentative de généralisation. Ainsi, le raccourcissement de la période végétative jouera un rôle beaucoup plus fort aux altitudes où les saisons thermiques sont bien marquées (latitudes moyennes) que dans les climats tropicaux où le rythme saisonnier, lorsqu'il existe, est donné par les précipitations.

En donnant ainsi une idée du poids varié des phénomènes atmosphériques qui se produisent en fonction de l'altitude, en songeant aussi aux autres facteurs qui peuvent influencer sur l'étagement, le facteur anthropique notamment, la probabilité de l'existence d'un modèle très simple fondé sur quelques étages, toujours les mêmes, apparaît bien faible. Tout comme apparaît discutable le fait de concevoir chacun des étages comme des bandes homogènes.

Figure 21 : La futaie de Sapin d'Espagne, en expansion sur versant d'ubac (Sierra del Pinar) dans le Parc National de Grazalema (Andalousie) (Photographie : Frédéric ALEXANDRE, 2006)



3.2- Emergence du modèle de l'étagement en montagne : Humboldt, pionnier là encore

3.2.1- Prémices

(a)- Les descriptions des différences entre la végétation des plaines et celle que l'on trouve en altitude sont présentes dans la plupart des relations de voyage du XVIII^e siècle où elles ne sont toutefois guère théorisées. Le pouvaient-elles ? Cela dépend en fait beaucoup des contrées traversées. Ainsi, Joseph PITTON DE TOURNEFORT dans les relations de ses observations effectuées en Haute-Provence, dans les Alpes, les Pyrénées ou au cours de son voyage au Levant (effectué de 1700 à 1702) qui le mène jusqu'à l'ascension du mont Ararat. En Crète, il progresse depuis les basses altitudes où domine la Pimprenelle épineuse (*Sarcopoterium spinosum*), constituant une garrigue appauvrie par le pâturage (la photographie de la figure 22, prise dans les monts de Palestine, près d'Hébron, donne sans doute une image de ce qu'a pu voir Tournefort), vers des altitudes plus élevées où la marque de l'exploitation humaine est à cette époque plus limitée. Plus que la contrainte imprimée par la baisse des températures, ce sont les différences dans l'occupation humaine qui apparaissent déterminantes :

« On n'avança ce jour-là que jusqu'aux premières neiges qui n'étaient pourtant qu'au pied d'autres montagnes beaucoup plus hautes, sur lesquelles nous nous promenâmes le lendemain. Quoique ces montagnes soient très froides, les Chênes verts y sont d'une grande beauté et les Kermès y viennent aussi hauts que nos Chênes ordinaires ; on y voit de beaux Érables à feuille découpée en trois pointes. Rien n'est plus surprenant qu'une espèce de Prunier dont tous ces rochers sont tapissés pour ainsi dire et qui fleurit à mesure que la neige fond [...]. » (Tournefort, 1717⁶³)

Figure 22 : La garrigue à *Sarcopoterium spinosum* dans les monts de Palestine, près d'Hébron (Cisjordanie). Une image de l'altération de la végétation méditerranéenne par l'action anthropique. (Photographie : Frédéric ALEXANDRE, 2005)



⁶³ Publication posthume : TOURNEFORT est mort en 1708.

Parvenu en Asie mineure, sa description du mont Ida (1774 m, actuellement Kaz Dag) témoigne, elle aussi, de la profonde altération de la végétation en Méditerranée orientale (on notera, au passage l'emploi du mot paysage qui n'est admis que lorsqu'il s'agit d'un « beau paysage, suivant les critères du temps, bien évidemment) :

« Ce célèbre mont Ida ne montre qu'un gros vilain dos d'âne tout plat : on n'y voit ni paysage, ni solitude agréable, ni fontaine, ni ruisseau : à peine s'y trouve-t-il un méchant puits dont il faut tirer l'eau à force de bras, pour empêcher les moutons et les chevaux de mourir de soif ; on n'y trouvait que des haridelles, quelques moutons et quelques chèvres que la faim oblige à brouter jusqu'à la *Tragacantha*⁶⁴, si hérissée de piquants que les Grecs l'appellent Épine de Bouc. »

Quelques décennies plus tard, dans l'*Encyclopédie*, le Chevalier DE JAUCOURT qui rédigea une grande partie des articles mineurs de l'ouvrage, reprend (sans citer sa source) mot à mot la description de TOURNEFORT, en y ajoutant toutefois un commentaire de son crû, peu convaincant mais intéressant en ce qu'il témoigne de la progression, au cours du siècle, du lien qui unit le climat et les plantes :

« Ceux donc qui ont avancé que les hauteurs du mont Ida de Candie étaient toutes chauves, et que les plantes n'y pouvaient pas vivre parmi la neige et les glaces, ont eu raison de ne nous point tromper, et de nous en donner un récit très fidèle. »

(b)- Autre exemple : Michel ADANSON, élève des frères JUSSIEU et de REAUMUR, dans son voyage vers le Sénégal en avril 1749, fait relâche dans l'île de Tenerife aux Canaries. Il reproduit la succession des paysages depuis les vallées vers le sommet du Pic de Teide⁶⁵ (3718 m). Aux basses altitudes, ADANSON note la présence conjointe des flores tropicale et méditerranéenne, si caractéristique de la région biogéographique macaronésienne :

« Le terrain de cette île est rougeâtre, peu profond et léger, mais d'une grande fertilité. Dans les gorges des montagnes qui sont au nord et à l'est de la ville, on trouve de belles forêts d'orangers, de citronniers, de cédrats et de limoniers de toutes les espèces. Les grenadiers et les figuiers croissent partout à plaisir. Aux plus excellents fruits de l'Europe, les habitants de Tenerife joignent ceux de l'Afrique, comme les bananiers, les papayers et les ananas qu'ils cultivent dans leur jardin. Les caroubiers, les melons de toute espèce, et surtout les melons d'eau, occupent les terres les plus ingrates. Les vallées qui forment leurs campagnes portent les plus beaux blés au milieu desquels s'élevaient par intervalle des bouquets de Sang-dragon⁶⁶ et de Latanier⁶⁷. Les montagnes sont mises en vignoble [...]. » (ADANSON, 1757)

Il esquisse ensuite la succession des plantes dominantes dans le paysage végétal, à mesure que l'on s'élève sur les flancs du volcan canarien :

« Je m'aperçus en courant les montagnes que les plantes qui leur étaient particulières affectaient une certaine hauteur. Le *Kleinia*⁶⁸ par exemple et quelques plantes nouvelles, que je me propose de faire connaître, en occupent constamment la partie inférieure, celle où se font communément les plantations de vigne. Dans la partie moyenne, on ne voyait que le Titimale arbrisseau ; enfin leurs sommets étaient couverts de forêts d'Euphorbe dont les tiges de douze à quinze pieds de hauteur m'avaient paru d'en bas comme une verte pelouse d'une herbe

⁶⁴ *Astragalus tragacantha* L.

⁶⁵ Dénommé par ADANSON, « Pic de Ténérif ». Il ajoute que celui-ci « doit être regardé comme une des plus hautes montagnes de l'Univers ».

⁶⁶ *Dracaena draco*, le Dragonnier des Canaries, est très souvent planté dans l'archipel ; on y visite, à Icod, un exemplaire réputé millénaire signalé par Humboldt au XVIII^e siècle. Il est aussi présent au Maroc où il est considéré comme un des rares témoins relictuels de la présence du cortège tropical en Méditerranée : BENABID et CUZIN (1992) l'ont par exemple observé dans le Jbel Lekst, dans l'Anti-Atlas ; le « sang » du Dragonnier a été utilisé par les hommes préhistoriques pour la réalisation de leurs peintures rupestres.

⁶⁷ « Espèce de Palmier dont les feuilles s'ouvrent en éventail », signale Adanson. Le nom français de Latanier recouvrant, aujourd'hui encore, un certain nombre d'espèces, il n'est pas très aisé de préciser celle à laquelle il fait référence.

⁶⁸ *Kleinia nerifolia* Haw. est une sorte de sénéçon buissonnant endémique des îles Canaries.

très fine. L'Euphorbe et le Titimale⁶⁹ étaient pour lors en fleurs et environnés de plusieurs espèces de liserons qui serpentaient autour de leur tige ... » (ADANSON, 1757)

Toutefois, s'il se révèle un voyageur précieux dans ses observations (quoique non dépourvu de préjugés), Adanson en reste, comme bien des voyageurs de son époque, à un point de vue essentiellement descriptif.

(c)- L'étude de l'Abbé Jean-Louis GIRAUD-SOULAVIE, auteur d'une monumentale *Histoire naturelle de la France méridionale* (1780-1784) va plus loin ; Charles FLAHAULT (1909) lui rend d'ailleurs un juste hommage. Il établit en effet un lien entre la température et le type de plantes que l'on trouvera à telle ou telle altitude :

« Sans chaleur ou sans feu, il n'est point de vie dans l'ordre végétal. Or comme le feu ou la chaleur varie en intensité du plus au moins du pays inférieur vers les hautes montagnes, région des neiges et des glaces, il s'ensuit que le système végétal est composé d'autant de zones parallèles et horizontales qu'il y a d'espèces de plantes sur cette Terre. [...] La nature a posé des divisions d'une manière constante et inaltérable ; elle a assigné aux plantes leur climat. [...] Les plantes sont nos thermomètres [et] la géographie des plantes permet de dresser des cartes botaniques d'après les climats des végétaux. »»

GIRAUD-SOULAVIE a appliqué ses principes, dans le bassin de l'Ardèche. Il distingue ainsi, à l'échelle régionale, la succession des physionomies végétales que des cultures emblématiques ou la dominance de telle ou telle essence lui permet d'identifier entre la vallée du Rhône et le sommet du Mézenc :

« Du rivage de la mer, montons, en suivant le cours des fleuves et des eaux, vers les sommets des montagnes du Vivarais, de la Savoie ou de la Suisse, dont la plupart sont couvertes de glaces éternelles ; nous verrons les forces de la Nature s'affaiblir peu à peu en raison de la chaleur atmosphérique ; nous ne trouverons plus sur ces hauteurs que des plantes de la Suède ou du Nord décrites par le savant Linnaeus. »

Une figure de son ouvrage, reproduite par DESCOINGS (1988), montre ainsi qu'il avait distingué cinq « climats » de végétation, qualifiés, de bas en haut, par l'Olivier, les vignes, le Châtaignier, les « grands arbres alpins » et l'adjectif « alpin ». Toutefois, si les intuitions de GIRAUD-SOULAVIE ont historiquement leur importance, ses conceptions restent, dans le détail, plutôt confuses et c'est à nouveau chez HUMBOLDT qu'il faut aller chercher une description de quelque ampleur des phénomènes qui affectent la distribution du couvert végétal le long des versants des montagnes.

3.2.2- Humboldt : discontinuités paysagères et défilement de la flore en fonction de l'altitude

(a)- Le terrain : les montagnes de l'Amérique équinoxiale

C'est à l'issue du voyage qu'il entreprit avec son ami Aimé BONPLAND en « Amérique équinoxiale » que HUMBOLDT tout à la fois institua cet objet géographique qu'est la végétation et établit les principales modalités des différenciations spatiales en son sein. En quelque sorte après être passé du ponctuel (la plante considérée comme individu) au continu (la végétation), il se livre à une identification des changements et des discontinuités observables dans le couvert végétal.

L'escalade que HUMBOLDT et BONPLAND firent des versants du Chimborazo et du Cotopaxi eut, à cet égard, une sorte de valeur initiatique, d'ailleurs savoureusement racontée par les intéressés, jusque dans les souffrances physiques engendrées par les hautes altitudes. Ainsi, dans une lettre à

⁶⁹ Le genre *Tithymalus*, les épurges, est aujourd'hui réuni au genre *Euphorbia*. La flore des Canaries possède plusieurs *Euphorbia* arbustives endémiques de sorte qu'il est assez difficile d'établir une correspondance exacte avec les espèces observées par Adanson.

son frère Guillaume, datée du 25 novembre 1802, Alexandre DE HUMBOLDT fait-il la narration de son escalade :

« Le 9 juin 1802, nous partîmes de Quito pour nous rendre dans la partie méridionale de la province où nous voulions examiner et mesurer le Chimborazo. [...] Nous avons réussi à nous approcher jusqu'à environ 250 toises près de la cime de l'immense colosse. Une traînée de roches volcaniques dépourvue de neiges nous facilita la montée ; nous montâmes jusqu'à la hauteur de 3031 toises. [...] Le baromètre baissa, dans cette région élevée jusqu'à quatorze pouces sept lignes, et le peu de densité de l'air nous fit jeter le sang par les lèvres, les gencives et les yeux mêmes ; nous sentions une faiblesse extrême [...]. Les Indiens qui nous accompagnaient nous avaient déjà quittés avant d'arriver à cette hauteur disant que nous avions intention de les tuer. Nous restâmes donc seuls, Bonpland, Charles⁷⁰, moi et un de mes domestiques qui portait une partie de mes instruments ; nous aurions poursuivi malgré cela notre chemin jusqu'à la cime si une crevasse trop profonde pour la franchir ne nous en eût empêché : aussi fîmes nous bien de descendre. Il tomba tant de neige à notre retour que nous eûmes de la peine à nous reconnaître. Peu garantis contre le froid perçant de ces régions élevées, nous souffrions horriblement et moi, en particulier, j'eus le désagrément d'avoir un pied ulcéré d'une chute que j'avais faite peu de jours auparavant ; ce qui m'incommoda horriblement dans un chemin où à chaque instant on se heurtait contre une pierre aigüe, et où il fallait calculer chaque pas. [...] Le peu de séjour que nous fîmes à l'énorme hauteur à laquelle nous nous étions élevés fut des plus tristes et des plus lugubres ; nous étions enveloppés d'une brume qui ne nous laissait entrevoir de temps en temps que les abîmes affreux qui nous entouraient. Aucun être animé, pas même le condor, qui sur l'Antisana planait continuellement sur nos têtes, ne vivifiait les airs. De petites mousses étaient les seuls êtres organisés qui nous rappelaient que nous tenions encore à la terre habitée. »

C'est un juste hommage que de citer ce récit : il rappelle utilement la nécessité de collecter les données sur le terrain, données dont la précision ne peut être obtenue par d'autres voies. Cette nécessité du terrain s'impose, à mon avis, encore aujourd'hui, même si la précision des autres sources d'information comme les images fournies par télédétection a beaucoup augmenté. La théorie sur la succession des régions de végétation en fonction de l'altitude (HUMBOLDT ne parlait pas d'étage), telle qu'elle fut présentée à son retour, apparaît ainsi non comme une vue de l'esprit mais bien comme le fruit d'une expérience scientifique.

(b)- L'« invention » de la végétation

Ce paragraphe est en digression mais il est utile pour manifester que, au retour de son périple américain, Alexandre DE HUMBOLDT en fondant la géographie des plantes, « cette science qui considère les végétaux sous le rapport de leur association locale », institue la végétation comme objet géographique, ce qui manifeste un intéressant basculement du sens de ce terme.

Dans la langue française, le mot *végétation* n'a, en effet, pris que récemment ce sens géographique. Pour cela, il a fallu reconnaître comme un tout l'ensemble des plantes : passer du ponctuel (les organismes pris individuellement) au global et au continu. Il faut, pour bien comprendre la « révolution » que ces points occasionnent dans notre manière de voir et de penser le monde se replacer dans les projets qui étaient ceux de l'Europe moderne dans les disciplines de la géographie et des sciences de la vie. Dans un cas comme dans l'autre, l'objectif était d'établir un inventaire : BONPLAND, le compagnon de HUMBOLDT, en reste, lui, d'ailleurs, à cette logique. En géographie, pour chaque contrée ou chaque localité, la liste des ressources du lieu était établie ; au rang de ces ressources, les plantes tenaient une bonne place comme produits de l'agriculture ou de la collecte des bois et des épices. Les articles courts de l'*Encyclopédie* de DIDEROT et D'ALEMBERT sont souvent consacrés à cet inventaire. Pour les sciences de la nature, l'inventaire des espèces animales ou

⁷⁰ Charles MONTUFAR, fils du Marquis de SELVALEGRE chez qui HUMBOLDT et BONPLAND sont reçus à Quito.

végétales est la mission scientifique essentielle des voyages dont on ramenait échantillons ou descriptions des formes de vie rencontrées. La botanique médiévale était fondée sur la symbolique des plantes et sur leur utilisation médicale ; la botanique de l'époque moderne a, du coup, un double objectif scientifique : construire une systématique et rendre compte de la diversité géographique du monde végétal (MAGNIN-GONZE, 2004). Au XVIII^e siècle, le premier objectif est prédominant. Ainsi que le rappelle Pascal ACOT (1988), « la botanique était encore descriptive : on s'attachait surtout à reconnaître les espèces pour les classer. » Mais, ajoute-t-il, « comme, au fur et à mesure des découvertes, les compilations floristiques des botanistes-voyageurs couvraient des étendues de plus en plus vastes, des rapports de plus en plus étroits apparurent entre les caractères climatiques des régions prospectées et la nature des tapis végétaux. » ACOT emploie ici la métaphore familière du tapis, autre manière de désigner la végétation.

Le terme recouvre, en fait, dans la langue française, deux définitions⁷¹ que les dictionnaires présentent généralement dans cet ordre :

« A. Fait de végéter, d'accomplir [chez les plantes] les fonctions nécessaires à la croissance et à l'entretien de la vie. B. Ensemble de végétaux spécifiques d'une zone géographique, climatique, d'un genre de terrain et qui forment un certain type de paysage. » (Trésor de la Langue française)

L'ordre d'apparition des définitions correspond à la chronologie. Cependant, l'emploi du mot dans sa seconde signification est de plus en plus fréquente pour ne pas dire qu'elle devient exclusive, ce qui nous intéresse très directement puisqu'elle confère à la végétation un sens géographique. Il existe quelques indices sur le « basculement » d'une signification à l'autre dans le corpus de dictionnaires anciens et modernes réunis par l'équipe ATILF⁷². La substitution se lit bien également dans les textes littéraires où elle intervient dans la première moitié du XIX^e siècle.

A l'entrée « végétation », les 1^{ère} (1694), 2^e (1762) et 5^e (1798) éditions du *Dictionnaire de l'Académie française* disent uniquement : « action de végéter ». L'édition de 1694 n'applique pas cette qualité seulement aux végétaux :

« L'homme est végétatif, sensitif et raisonnable, les plantes n'ont qu'une âme végétative. Les chimistes disent qu'il y a une vertu, une faculté, une propriété végétative dans les métaux. »

L'édition de 1762, elle, précise, à l'entrée « végéter » le principe de la végétation : « Croître, pousser par un principe intérieur et par le moyen de racines ». Et l'édition de 1798 ajoute que « pour les plantes, végéter c'est vivre ». On y distingue le « végétal [...] qui appartient à ce qui végète : le genre végétal, le règne végétal ... », du « végétatif [...] qui fait végéter : principe végétatif, âme végétative ». Les éditions de 1798 et de 1832 signalent aussi le terme « végétant : qui prend nourriture du suc de la terre et des fluides atmosphériques ». Ce terme qui signalait la dépendance des plantes vis-à-vis du milieu disparaît au XX^e siècle.

Dans l'Encyclopédie également, l'article *Végétation*⁷³ renvoie au caractère particulier des fonctions que connaissent les plantes : il y a la végétation des végétaux, contrepoint de la vie des animaux :

« Phénomène de la nature qui consiste dans la formation, l'accroissement, et la perfection des plantes, des arbres, et de tous les autres corps de la nature, connus sous le nom de végétaux. La vie et l'accroissement sont les caractères distinctifs de ces corps, différents des animaux en ce qu'ils n'ont pas de sentiment ; et des minéraux, en ce qu'ils ont une véritable vie, puisqu'on les voit naître, s'accroître, jeter des semences, devenir sujets à la langueur, aux maladies, à la vieillesse, et à la mort. [...] Quelquefois la végétation est si faible, qu'elle n'est presque point sensible ; bien des arbres de la zone torride restent longtemps dans nos serres sans faire de

⁷¹ Il serait évidemment intéressant d'effectuer la même recherche dans d'autres langues que la langue française.

⁷² Analyse et traitement informatique de la langue française (CNRS / Université de Nancy) : <http://atilf.fr/>

⁷³ Article non signé donc *a priori* attribuable à Diderot.

progrès ; et la plupart de nos arbres qui se dépouillent de leurs feuilles en hiver ne paraissent végéter qu'aux yeux des observateurs attentifs ; enfin, les oignons des plantes bulbeuses passent un temps considérable de l'année dans un état de non-végétation. Mais lorsque, dans le printemps et dans l'automne, tous ces êtres vivants poussent de nouvelles feuilles et de nouveaux bourgeons, et que la nature se pare de toutes les nuances de leur verdure et de l'éclat de leurs fleurs, c'est alors que le phénomène de la végétation est brillant, et qu'il se laisse voir dans toute son étendue. »

Le sens géographique, spatial du mot est sous-jacent, sans avoir vraiment émergé. Lorsqu'il existe une certaine prise en compte d'ensembles végétaux, cela tient, le plus souvent, à des raisons agronomiques ou plus généralement économiques. Dans l'article *Forêt*, LE ROY, Lieutenant des Chasses du Parc de Versailles, reconnaît, certes, des entités spatiales formées de végétaux ; son point de vue n'est cependant pas celui du naturaliste cherchant à observer et à comprendre le monde végétal, mais celui du haut fonctionnaire inspiré par les théories des Physiocrates, dont la préoccupation est l'amélioration des peuplements forestiers :

« On entend en général [par forêt] un bois qui embrasse une fort grande étendue de terrain : cependant, cette dénomination n'est pas toujours déterminée par la plus grande étendue. On appelle forêt dans un lieu, un bois moins considérable que celui qui ne porterait ailleurs que le nom de buisson. Une grande forêt est toujours composée de bois de toute espèce et tout âge. [...] Il paraît que, de tout temps, on a senti l'importance de la conservation des forêts ; elles ont toujours été regardées comme le bien propre de l'Etat et administrées en son nom : la religion même avait consacré les bois, sans doute pour défendre par la vénération, ce qui devait être conservé pour l'utilité publique. Nos chênes ne rendent plus d'oracles et nous ne leur demandons plus le gui sacré ; il faut remplacer ce culte par l'attention ; et quelques avantages que l'on ait autrefois trouvé dans le respect qu'on avait pour les forêts, on doit attendre encore plus de succès de la vigilance et de l'économie. »

Au XIX^e siècle, sous l'influence de tous ceux qui ont, à la suite de HUMBOLDT, œuvré à construire la géographie botanique, le basculement vers le 2nd sens du mot végétation s'opère ; il se lit très bien dans les éditions de 1832 et 1932 du *Dictionnaire de l'Académie française*. Le premier sens continue à être cité (il l'est encore dans la plupart de nos dictionnaires quoique son emploi ait largement décliné) mais l'édition de 1832 ajoute que le mot végétation « se dit *quelquefois*, collectivement, des arbres et des plantes ». Un siècle plus tard, la 8^e édition (1932) fait disparaître le « quelquefois » : « se dit *aussi*, collectivement des arbres et des plantes ». Derrière ce basculement, on lit la fondation de la biogéographie et de l'écologie.

(c)- La distinction entre information physionomique et information floristique

Laissant BONPLAND se concentrer sur l'inventaire des espèces rencontrées, HUMBOLDT s'attache à décrire les différences spatiales qui affectent le couvert végétal. Ses propres observations sont évidemment centrales ; celles menées par les naturalistes (dont ceux cités ci-dessus), en particulier ceux qui ont travaillé dans les montagnes d'Europe occidentale, Alpes et Pyrénées principalement, l'amènent à jeter les bases du modèle de l'étagement en montagne. Il établit ainsi la synthèse des observations faites lors de ses ascensions reproduite ici sous une forme simplifiée (fig. 1). Les fragments suivants, extraits du *Tableau physique des régions équatoriales*, reviennent sur ce schéma précisant au passage de façon étonnamment moderne et subtile la forme spatiale de cette différenciation altitudinale de la végétation, établissant la différence entre la structure spatiale renvoyée par la flore (variation progressive) et l'impression visuelle laissée par le paysage (discontinuités) :

« Lorsque du niveau de la mer on s'élève aux sommets des hautes montagnes, l'on voit changer graduellement l'aspect du sol et la série des phénomènes physiques que présente l'atmosphère. Des végétaux d'une espèce très différente succèdent à ceux des plaines : les plantes ligneuses se perdent peu à peu et font place aux plantes herbacées et alpines ; plus haut on ne trouve plus que des graminées et cryptogames. Quelques lichens couvrent

les rochers même dans la région des neiges perpétuelles. Avec l'aspect de la végétation, varient aussi les formes des animaux : les mammifères qui habitent les bois, les oiseaux qui animent les airs, les insectes même qui rongent les racines des plantes, tous différents selon la hauteur du sol. »

« D'après nos observations, j'ai placé sur le tableau, le nom des plantes que la nature fait naître entre deux limites déterminées. Le cadre étroit dans lequel j'ai resserré ces résultats, ne m'a permis de nommer qu'un petit nombre d'espèces [...]. Mais comment indiquer, dans le tableau général, cent-cinquante espèces de *Melastoma*, cinquante-huit *Psychotria*, trente-huit passiflores, et plus de quatre-cents graminées, que nous rapportons des régions équatoriales, et dont la plupart cependant ne végètent qu'à de certaines hauteurs que la nature leur a désignées ? » [Chaque espèce a sa manière d'occuper l'espace ; il en résulte des changements floristiques le plus souvent progressifs, continus].

« [...] j'ai divisé cette carte botanique en régions, selon l'analogie des formes que présentent les différentes élévations. On a gravé le nom de ces régions, comme on désigne les provinces sur les cartes ordinaires. » [Fig. 23 : les discontinuités paysagères jalonnent les changements de la végétation sur les flancs des montagnes].

Le constat établi est resté, dans ses grandes lignes, classique et peut se résumer en trois idées principales (LECOMPTE et ALEXANDRE, 1996, ALEXANDRE, 2003) :

1. La physionomie de la végétation – le paysage végétal - change en fonction de l'altitude ; ce changement du fait des changements dans les espèces ou formes de croissance dominantes engendre des discontinuités paysagères, souvent assez brusques pour être tracées sur un schéma ou une carte par une limite ; il se matérialise dans ce qui sera ultérieurement dénommé étagement de la végétation (la figure 23 rappelle que Humboldt emploie, lui, le terme de « région ») ;
2. Les changements floristiques qui accompagnent ces changements paysagers sont beaucoup plus progressifs, les espèces se succédant peu à peu le long des versants ;
3. Humboldt établit une analogie entre les changements de la végétation en fonction de l'altitude et ceux qui interviennent en fonction de la latitude ; les changements qui s'établissent dans les phénomènes physiques (notamment climatiques) sont identifiés comme directeurs des changements biologiques.

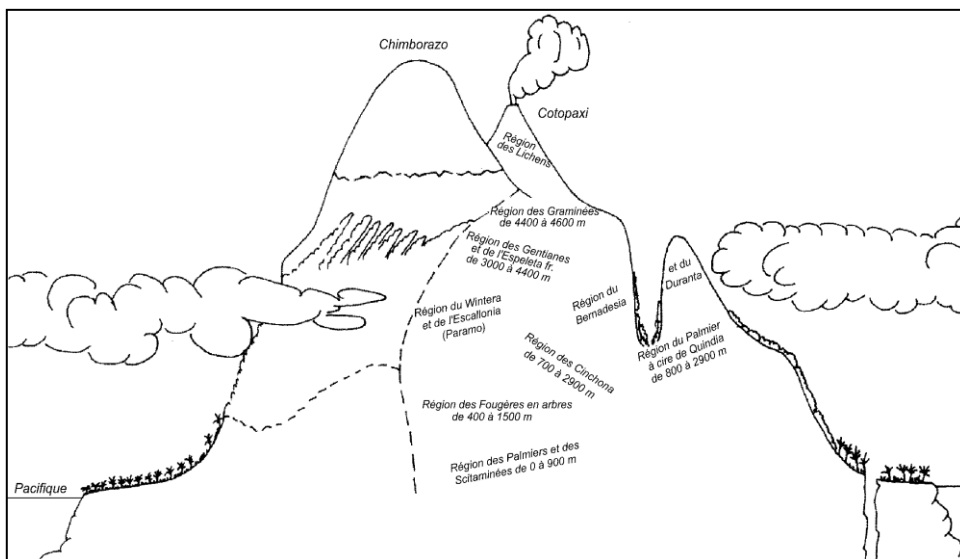


Figure 23 : Coupe à travers les Andes d'après Alexandre de Humboldt (1807) (Source : LECOMPTE et ALEXANDRE, 1996)

A la gauche du croquis (versant ouest du Chimborazo), HUMBOLDT figure le paysage ; seules sont reportées les limites, parfois fort irrégulières. A la droite (versant est du Cotopaxi), il nomme les « régions », correspondant aux différentes unités de paysage et identifiées aux espèces physionomiquement dominantes. D'autres espèces remarquables rencontrées sur le versant figurent également sur le « Tableau » de HUMBOLDT, en marge de cette coupe ; elles ne sont pas reproduites ici, mais témoigneraient de la reconnaissance par Humboldt du caractère progressif (= continu) des changements floristiques.

3.3- Collinéen, montagnard, subalpin, alpin et nival : des catégories universelles ?

3.3.1 - Le schéma de SCHRÖTER (1904)

Le collinéen, le montagnard, le subalpin, l'alpin et le nival : les catégories définies par Carl Joseph SCHRÖTER⁷⁴ au début du XX^e siècle se sont imposées et restent la base habituelle du découpage en étages. Ce succès est paradoxal : extrait d'un ouvrage *Das Pflanzenleben der Alpen* (1904), consacré à la végétation dans les Alpes du Nord, le schéma apparaît nettement inscrit dans un contexte spatial et historique précis même si son sous-titre – *Eine Schilderung der Hochgebirgeflora* – montre une ambition de généralisation spatiale que SCHRÖTER confirme par la suite en évoquant un modèle qui pourrait être étendu à l'ensemble des montagnes eurasiatiques. Dans les faits, le schéma de SCHRÖTER rend surtout compte de l'exploitation par les sociétés montagnardes des potentialités offertes par la gamme des altitudes. La complémentarité des terroirs agricoles, forestiers ou pastoraux, identifiables par les types de végétation se succédant de bas en haut des versants, prenait toute sa place dans le cadre de l'économie rurale telle qu'elle se présentait au début du XX^e siècle. L'expression spatiale de ces économies rurales, et du système agro-sylvo-pastoral sur lequel elles s'appuient, se lit alors dans le paysage. Quant au contenu floristique, s'il est bien présent dans le texte (et le titre), il n'est pas fondamental dans la définition de ce modèle paysager.

Un siècle a passé depuis Alexandre DE HUMBOLDT et le thème de l'organisation de la végétation en montagne n'a cessé de retenir les naturalistes mais aussi les observateurs de la vie rurale. Dans son ouvrage, SCHRÖTER rassemble en un vaste tableau synoptique les observations consignées par de nombreux auteurs ayant essentiellement travaillé dans les Alpes du Nord suisses, allemandes et autrichiennes ; les systèmes d'étagement qui ont résulté de ces études sont remarquablement diversifiés : 29 sont exposés dans le tableau, ce qui signale que la succession des étages souvent présentée comme une évidence visuelle ne s'est pas imposée d'emblée aux yeux des observateurs. Les principes sur lesquels reposent le découpage sont eux-mêmes variés : certains s'appuient sur les données climatiques, d'autres partent d'indications botaniques. Les plus nombreux ont un point de vue paysager fondant les limites d'étages sur quelques espèces emblématiques au sein de la végétation, d'autres enfin sur les activités humaines. Certains de ces systèmes sont très simples comme celui de BAUMGARTNER qui reconnaît trois unités de paysages, la région des feuillus, la région des conifères (une bande de transition où les uns et les autres se mélangent est reconnue) et la région des alpages qui commencent dès 1800 m, limite surbaissée par l'extension des usages pastoraux. D'autres systèmes démultiplient les catégories : le système de MÜHRY (1871, *in* SCHRÖTER, 1904), fondé sur un critère climatique (la durée de l'hiver), découpe la montagne en 8 étages ; il est vrai qu'il prend en compte les plus hautes altitudes, largement au-dessus des derniers végétaux et que le climat sur un versant se laisse beaucoup plus difficilement discrétiser.

La synthèse proposée par SCHRÖTER part du constat que, sur les versants des montagnes européennes, la géographie de la végétation doit beaucoup aux sociétés montagnardes. Celles-ci n'ont pu agir de manière indépendante des données écologiques, la gamme des végétaux et donc des activités agro-sylvo-pastorales possibles étant réduite en dépit de l'ingéniosité déployée. De ces régularités, le botaniste suisse tire un modèle de géographie globale, devant autant sinon plus à la géographie humaine qu'à la géographie physique des lieux. Le schéma de SCHRÖTER définit ainsi par leur limite supérieure (comme HUMBOLDT, SCHRÖTER lui-même n'emploie pas le terme d'étage, mais celui de « région » ; je l'introduis ici pour me conformer à l'usage établi ensuite) :

⁷⁴ Carl-Joseph SCHRÖTER (1855-1939) a marqué l'histoire de la géographie botanique non seulement pour ses travaux sur la végétation des Alpes mais aussi pour sa participation, aux côtés de Charles FLAHAULT, au projet de nomenclature phytogéographique, établi lors des congrès de botanique de 1900 et 1910, projet dont on a vu qu'il a profondément marqué notre représentation de la biosphère. SCHRÖTER a aussi contribué à établir la distinction entre autécologie et synécologie.

- l'étage collinéen, région des cultures et des prairies de fauche, montant jusqu'à la limite supérieure de la vigne (soit de 550 à 800 m selon les régions et les expositions de versant ;
- l'étage montagnard, région de la forêt de feuillus (Hêtre en particulier) ou en mélange avec les résineux (le Sapin pectiné notamment) ; sur les versants en forte pente des vallées forgées sur les glaciers, cette forêt n'en est pas moins exploitée ; elle s'élève jusqu'à la limite supérieure du Hêtre (soit entre 1200 et 1500 m) ;
- l'étage subalpin, région de la forêt de conifères ; parmi ces conifères, l'Épicéa est souvent recherché et donc favorisé ; dans sa partie supérieure, l'étage subalpin laisse place à une lande piquetée d'arbres bas et résistants ; la limite supérieure de l'arbre (jusqu'à 2200 m dans les Alpes du Nord) – nettement plus élevée que celle de la forêt – est aussi la limite de l'étage subalpin ; on a, par la suite, désigné comme « zone de combat », la bande entre la limite supérieure de la forêt et la limite supérieure de l'arbre (*timberline*) ;
- l'étage alpin, région des prairies d'estive ; dans le détail, cet étage se subdivise en une ceinture arbustive et buissonnante jusqu'à la limite supérieure des espèces de lande, une ceinture prairiale (parfois dénommée région alpine « vraie » jusqu'à la limite supérieure des herbages continus, une ceinture subnivale contenant des taches de prairie en mosaïque avec les névés ;
- l'étage nival, région des neiges permanentes et du rocher où subsistent quelques plantes disséminées mais où il n'y a plus de végétation.

Dans l'espace géographique, les étages connaissent éventuellement des changements dans les essences dominantes, résultat autant des variations régionales du climat (variation de la pluviosité, degré de continentalité, ...) que des choix effectués par les sociétés humaines. En latitude, les déplacements se traduisent par une translation des altitudes de l'ensemble des étages. Ces changements dans l'utilisation du sol et ces changements de gamme d'altitude se retrouvent dans les classiques oppositions entre adret et ubac.

3.3.2 - Un schéma restreint à son contexte

Le lien entre le schéma de SCHRÖTER et l'utilisation de l'espace par la société montagnarde du début du XX^e siècle est présenté comme une faiblesse rédhitoire par Paul OZENDA (1985) qui souhaite redéfinir les étages en leur donnant un contenu biologique :

« L'étage ainsi compris [par Schröter] était une notion plus large et d'une application plus générale que l'étage de végétation proprement dit ; notons l'importance qui était donnée au facteur humain (*Alpwirtschaft*) dans un type d'exploitation qui, il est vrai, était une économie rurale séculaire en équilibre avec l'écologie. Il est inutile de commenter ici ces divisions, que les progrès faits depuis dans la connaissance physique de la chaîne alpine (mesures météorologiques, pédologie, etc.) et dans la connaissance de son tapis végétal rendent complètement périmées. »

Je suis d'accord avec le diagnostic d'OZENDA sur le schéma de SCHRÖTER qui doit rester réduit à son contexte spatial (les Alpes du Nord), temporel (le début du XXe siècle) et scientifique (la phytogéographie définie par les congrès de botanique de 1900 et 1910) ; d'accord aussi avec la volonté d'OZENDA de réfléchir au contenu biocénotique des milieux observés (réduit dans les faits à son contenu botanique). Je suis en désaccord en revanche avec la sévérité du jugement qui paraît disqualifier la démarche de SCHRÖTER au motif qu'elle intègre géographie humaine et biogéographie : si le retrait de l'économie agro-sylvo-pastorale ancienne rend de fait obsolètes les subdivisions qu'elle avait créées, cela invite plutôt à examiner les conséquences de la déprise sur les paysages de montagne. A examiner, conjointement, l'impact sur ces paysages des nouvelles formes prises par les activités agricoles, forestières ou pastorales, plus forcément liées en un système prenant en compte

l'intégralité de la colonne verticale comme autrefois ; à intégrer aussi les nouvelles activités industrielles ou touristiques qui viennent s'insérer sur telle ou telle gamme altitudinale sans respect pour les antiques limites entre les étages ; ou bien encore envisager les conséquences paysagères des politiques publiques de toute nature ... Dans les faits, OZENDA s'est plutôt livré à l'opération inverse : il réfute la démarche de géographie globale mais conserve le nombre et le nom des catégories de SCHRÖTER auxquelles il va chercher à donner un nouveau contenu quitte à faire un peu bouger les lignes.

A l'heure où l'on parle en termes d'anthrosystèmes, où le paysage végétal est de plus en plus analysé comme le produit croisé des conditions du milieu et des systèmes sociaux, la démarche synthétique de SCHRÖTER mérite pourtant d'être analysée avec plus d'indulgence. Cette présentation pose la question, travaillée par de nombreux géographes, de la prise en compte de la profonde transformation de la végétation par les sociétés. Il est ainsi intéressant de noter que le *Dictionnaire de Biogéographie végétale* (DA LAGE et METAILIE éds., 2000) en revient à une définition beaucoup plus globale des étages et de l'étagement, ménageant une large place, dans la logique de SCHRÖTER, aux activités humaines :

« En montagne, [l'étage est un] espace compris, entre deux courbes de niveau, individualisé par son peuplement végétal ou par son utilisation agro-pastorale [...]. Les limites des étages de végétation [...] varient en altitude sous l'effet de conditions stationnelles particulières (exposition, éboulis, col venteux, utilisation par l'homme, ...). »

Dans d'autres contextes que les Alpes du Nord, les géographes se sont livrés à la même opération. Ainsi, pour les Andes, est-il classique d'évoquer la succession altitudinale de *tierras calientes* – *tierras templadas* – *tierras frias* – *tierras heladas* (DOLLFUS, 1979, 1991), traduisant des types de possibilités de mise en valeur humaine très variés suivant l'altitude. Du fait de l'ampleur de la gamme altitudinale et de l'existence de paliers altitudinaux comme l'altiplano péruvien-bolivien, l'utilisation verticale de l'espace montagnard par les sociétés andines se révèle beaucoup plus complexe qu'il ne l'est dans les Alpes du Nord. De ce fait, on ne retrouve guère de rapport avec le schéma de SCHRÖTER, ce qui montre à nouveau qu'il est bien difficile d'en faire un principe général.

3.4 – Systématisation de la discrétisation de la végétation et du climat avec l'altitude

A partir du début du XX^e siècle, le processus est, somme toute, le même que pour le modèle zonal : les limites et le contenu des entités phytoclimatiques vont se fixer progressivement dans un schéma excessivement rigide. On pourrait suivre le même type de cheminement que pour le principe de zonalité, les noms sont d'ailleurs pour partie les mêmes. Je me cantonnerai ici au rôle joué par quelques auteurs français. Bon nombre d'entre eux ont repris la voie du climax, bien commode pour matérialiser des limites « potentielles ». Cette logique est à l'œuvre en particulier dans la *Carte de la végétation de la France* au 1:200 000^e, publiée par le CNRS (voir présentation critique des principes sur lesquels elle repose dans le chapitre 2).

3.4.1- L'utilisation de l'étagement dans la carte de végétation de la France

A consulter les définitions rassemblées par Philippe DAGET et Michel GODRON (1974) dans leur *Vocabulaire d'écologie*, nombreux sont les auteurs (GAUSSEN, 1938, 1963 ; NOIRFALISE et GALOUX, 1950 ; REY, 1960 ; CARLES, 1963) pour qui la recherche d'une coïncidence climat/végétation sur les versants des montagnes est indissociable de la notion de climax. Ainsi, pour NOIRFALISE et GALOUX (1950), l'étage est :

« [...] la tranche altitudinale caractérisée par l'extension d'un climax déterminé et de son essaim climacique, l'ensemble étant conditionné par des circonstances climatiques particulières. »

Lorsqu'il y a dégradation, l'équilibre climacique est rompu, mais les limites de la mosaïque perdurent, les formations de dégradation s'inscrivant dans des séries (« l'essaim climacique » de NOIRFALISE et GALOUX) qui ne sauraient transgresser les frontières préétablies par les botanistes.

Sur la *Carte de végétation* de la France du CNRS, la définition du climax fait essentiellement référence, on l'a vu, aux espèces dominantes et donc au paysage végétal. L'information botanique sur les séries qui convergent vers un climax est encore limitée, seulement indicative, ne prétendant nullement à l'exhaustivité. La filiation des termes des séries est cependant étroite et linéaire. La signification écologique des séries et climax est déclarée.

L'exemple de la feuille de Carcassonne, analysé à l'occasion de ma thèse de doctorat, peut être brièvement repris : il illustre bien le caractère tout à fait conventionnel de la délimitation des étages. Tout aussi bien, les feuilles de Foix, de Digne, de Grenoble ou de Gap, régulièrement utilisées pour les exercices étudiants, pourraient être évoquées. Les tentatives ultérieures, souvent placées à des échelles plus grandes et cherchant à intégrer la phytosociologie sigmatiste ont procédé avec la même logique (nombreux exemples cités par OZENDA, 1985).

Sur la carte de Carcassonne, la série du Chêne pubescent, par exemple, qui constitue « l'étage collinéen propéméditerranéen », n'est pratiquement représentée que par des formations arbustives basses et des châtaigneraies. Or, les maquis classés dans cette série ne sont guère différents de ceux qui sont versés dans la série du Chêne vert de « l'étage euméditerranéen ... à l'intérieur de la limite de l'Olivier ». Le cortège des compagnes floristiques cité dans la notice sommaire est d'ailleurs pratiquement identique dans les deux cas, avec le Buis (*Buxus sempervirens*), la Bruyère arborescente (*Erica arborea*), le Thym (*Thymus vulgaris*), le Cade (*Juniperus oxycedrus*), etc. Plus ennuyeux encore, comme cela a été vu au chapitre 3, le Chêne pubescent (*Quercus pubescens*) a tendance à regagner, aux basses altitudes, la place que le Chêne vert, aidé par les hommes, avait conquise. La limite entre « étage euméditerranéen » et « étage propéméditerranéen » s'estompe à mesure que cette reconquête s'effectue. Comment cette limite avait-elle été tracée au sein d'une végétation de physionomie et de composition floristique homogène ?

Il semble bien que, face au vide forestier (aujourd'hui comblé par les plantations de résineux) et faute de véritable argument floristique, les auteurs de la carte aient simplement suivi une « logique » altitudinale, classant certaines formations arbustives du côté de la série supposée du Chêne pubescent, lorsque l'altitude atteignait ou dépassait 600 mètres sur les flancs de la Montagne Noire, de l'Espinouse ou de l'Escandorgue, et dans la série du Chêne vert lorsque l'altitude était inférieure. La limite choisie est supposée indiquer un changement du climat à une altitude déterminée, tout aussi hypothétique que le changement de végétation...

Lorsque l'on passe dans les châtaigneraies, les limites choisies sont encore plus artificielles, de l'aveu même des auteurs de la notice :

« L'extension [du Châtaignier] n'est limitée que par des exigences édaphiques (sols siliceux et bien drainés) ; moins exigeant du côté du climat, on peut le rencontrer dans plusieurs séries : surtout celle du Chêne pubescent propéméditerranéen dont il forme la majorité des bois mais aussi dans la partie inférieure du Chêne sessile et même dans la partie supérieure du Chêne vert ; enfin, vers l'ouest, il se substitue souvent au Chêne pédonculé. »

Dès lors, le choix de classer une châtaigneraie dans telle série plutôt que dans telle autre devient un exercice illusionniste. Seules des limites altitudinales d'étages préétablis font la différence ! Des critiques analogues pourraient être produites à l'encontre de la délimitation de

l'étage montagnard, classiquement identifié à la série du Hêtre. Les exemples de ce type abondent en-dehors de la carte de Carcassonne.

3.4.2 - Le « modèle alpin généralisé » de Paul OZENDA

En dépit de ce que leur désuétude est généralement reconnue, les catégories introduites par SCHRÖTER se retrouvent dans la plupart des ouvrages traitant de la biogéographie en montagne au XX^e siècle notamment, on l'a vu, chez Paul OZENDA qui est celui qui est allé le plus loin dans la conceptualisation de l'étagement. Dans une série successive de synthèses (1985, 1994, 2002), il redéfinit leur contenu botanique tout en corsetant de plus en plus celui-ci dans le carcan d'étages homogènes. Il faut ici préciser que « homogène » ne signifie pas « uniforme » : chacun des étages est censé correspondre à un système cohérent de groupements végétaux. OZENDA justifie cette homogénéité par le rôle « directeur » joué, selon lui, par les essences forestières dominantes ou réputées telles ; chaque essence dominante serait suivie d'un ensemble de compagnes ; l'exemple le plus couramment invoqué étant celui du Hêtre dont les compagnes habituelles sont le Houx (*Ilex aquifolium*), le Pain de coucou (*Oxalis acetosella*), le Muguet (*Convallaria maialis*) ou le Maïanthème (*Maianthemum bifolium*) ... Il est vrai que l'ombre profonde des hêtraies, passé le débouillage des arbres au printemps, limite grandement le cortège aux seules espèces sciaphiles. Ainsi l'homogénéité floristique des hêtraies est-elle largement liée au caractère plagiotrope du feuillage de *Fagus sylvatica*, ce qui en fait plus un cas particulier qu'un cas général. Autre façon de le dire : l'exemplarité de la hêtraie est contestable.

En fait, on voit revenir, comme pour le modèle zonal, la justification par le climat. Ainsi, si OZENDA rappelle, à de nombreuses reprises, que « les coupures établies dans les Alpes [ou ailleurs] par les anciens auteurs, [...] (qui) reposaient sur des observations physiologiques plus que sur des données biologiques, sont aujourd'hui très dépassées », il n'en estime pas moins que :

« Des discontinuités existent [...] (et que) cette situation tient pour une très grande part au fait que ces divisions sont concrétisées par des climax forestiers et, que le nombre des espèces forestières de l'Europe étant très limité par suite de l'appauvrissement dû aux glaciations, le nombre des climax possibles est lui-même si limité que dans les cas extrêmes il peut n'y avoir qu'une espèce climacique pour représenter localement un étage ... ».

OZENDA fait ainsi coïncider limites paysagères « potentielles » et limites entre communautés végétales, chaque essence dominante étant suivie d'un cortège de compagnes. La démarche qui consiste à envisager la végétation potentielle n'est pas sans danger ; celui-ci, on vient de le voir avec la Carte de végétation de la France, est encore plus grand quand il s'agit de limites potentielles : celui de se trouver infirmé par les faits quelques années plus tard. Dans les faits, surtout dans les montagnes européennes, l'estompement des limites, à mesure du retrait de la société montagnarde agro-sylvo-pastorale est souvent la règle.

Quoi qu'il en soit, Il paraît possible à OZENDA de conserver le nom des étages de SCHRÖTER, en substituant à leur contenu humain, un contenu biologique et écologique, en faisant coïncider un « intervalle de températures » et « un système de groupements végétaux réunis par une affinité écologique dans une même tranche d'altitude ». Au fil de ses livres, Paul OZENDA procède ensuite par généralisations successives, évoquant l'étage comme « un ensemble structuré d'écosystèmes » et proposant les notions de « système alpin généralisé » (1990) pour les massifs montagneux où la nomenclature de SCHRÖTER redéfinie est applicable, puis d'« orosystème » (2002) là où un semblable étagement lui paraît discernable. Il est, en général, concédé que les limites entre étages ne sont pas nécessairement linéaires mais qu'elles correspondent le plus souvent à des bandes plus ou moins

larges de transition entrant dans la catégorie des *écotones*⁷⁵. En dépit de cette souplesse introduite, le système garde, à mon avis, une excessive rigidité en tentant à tout prix de reconnaître des paliers homogènes (à la micro-mosaïque des milieux près), toujours les mêmes (aux décalages altitudinaux près).

3.4.3 – Un bon exemple d'application pour la théorie des discontinuités de Roger BRUNET ?

Il sera fait dans ce mémoire, et notamment dans sa deuxième partie, appel à la théorie des discontinuités de Roger BRUNET (1967, 1990, 2001) (voir aussi, sur ce point, la deuxième partie de l'introduction des Actes du colloque de Tours : *Continu et discontinu dans l'espace géographique*, ALEXANDRE et GENIN édés, 2008). Les discontinuités invoquées par BRUNET ne correspondent ni aux limites tracées après un découpage « par commodité », ni à la simple inscription à la surface de la Terre de différences triviales. Il s'inscrit dans une vision dynamique de l'espace géographique et les termes qu'il emploie (phénomènes, interactions, processus...) renvoient directement à cette lecture :

« Les géographes ont depuis longtemps observé toutes sortes de discontinuités. Les surfaces de discordance, les ruptures de pente, le knick, la ligne de rivage en sont autant d'exemples. L'œkoumène, le paysage cultivé sont discontinus. Mais ce sont là des discontinuités matérielles, figées relativement. Elles conditionnent les processus mais ne sont que faiblement influencées par eux. Nous les nommerons discontinuités statiques. [...] La réflexion à laquelle nous nous livrerons ici porte sur un autre genre de discontinuités : celles qui apparaissent au cours d'une évolution continue. Nous les appellerons discontinuités dynamiques. »

Intervenant au cours d'un processus, les discontinuités qu'il invite à étudier sont, de ce fait, en premier lieu, temporelles, mais elles ont aussi une traduction spatiale. Dans ce cadre, l'étagement en montagne lui paraît exemplaire d'un *espace bandé*.

BRUNET (1990) ne méconnaît nullement les transitions climatiques à l'œuvre sur les versants des montagnes. Dans sa présentation des étages, il livre cependant une explication de leur genèse dont j'avais souligné, dès ma thèse, le caractère peu convaincant :

« L'élévation en altitude implique normalement une diminution régulière des températures, et un accroissement des précipitations jusqu'à un point de rebroussement, au-delà duquel elles diminuent au contraire. Traduites par la végétation, quelque peu forcée elle-même par les sociétés humaines, ces variations se traduisent non par des changements progressifs mais par l'apparition de véritables étages. (...) Des progressions apparemment continues sont exploitées par la végétation en bandes assez homogènes entre deux seuils : *c'est qu'un sous-système se développe à l'intérieur d'une "fourchette" acceptable par lui, et "réussit" au point d'occuper tout l'espace de la fourchette*⁷⁶. Le saut est souvent brusque, les transitions sont réduites au minimum.»

Il y a quelque chose de miraculeux dans cette alchimie du discontinu. En effet, l'apparition de seuils pour la végétation, communs à un nombre important d'espèces, sur le fil des gradients physiques contredit la diversité des niches écologiques (et donc géographiques) spécifiques ; chaque espèce occupant l'espace « à sa manière », l'ensemble ne peut être habituellement constitué en communautés homogènes : donc, pas d'étage, sauf rupture écologique ou limite d'un type biologique - celle de l'arbre en altitude - ou sauf en considérant les seuls espèces ou types biologiques physionomiquement dominants - l'herbe dans l'étage alpin - susceptibles de concrétiser les « sous-systèmes bandés », juste retour à la géographie des paysages.

⁷⁵ « Lieu de contact et de transition entre deux communautés biologiques différentes.[...] Un écotone est peuplé d'espèces présentes dans les communautés voisines, auxquelles s'ajoutent des éléments originaux, liés aux conditions mésologiques locales. » (Da Lage et Métaillé éd., 2000).

⁷⁶ C'est Roger Brunet qui met en exergue.

3.4.4 - L'enseignement des flores

Marcel GUINOCHET dans la *Flore de France* publiée par le CNRS (GUINOCHET et DE VILMORIN, 1973-1984) tente de préciser le contenu des étages en se référant à la phytosociologie sigmatiste, ce qui le conduit à ne se référer qu'aux niveaux supérieurs de la hiérarchie (alliance, classe ou ordre), niveaux qui sont aussi les plus contestables, comme nous le verrons dans le chapitre suivant. Le tableau 3, ci-dessous) résume ces choix. Ils donnent l'impression que, derrière l'étagement des paysages végétaux, d'ailleurs tout relatif, chaque étage est un complexe cohérent et distinct de groupements végétaux. Or, si l'on se penche sur les indications données sur la localisation de chacune des espèces dans la flore de GUINOCHET et DE VILMORIN, loin de se regrouper en étages, les espèces transgressent les frontières établies. GUINOCHET et DE VILMORIN se cantonnent, pour ces indications, à citer les étages (presque toujours au pluriel) où l'espèce est rencontrée, se refusant à donner des indications plus précises en termes de tranche d'altitude occupée, estimant que celle-ci est trop variable d'une région à une autre, voire d'un versant à l'autre, selon que l'on soit en adret ou en ubac.

Tableau 3 : Contenu phytosociologique des étages (Guinochet et de Vilmorin, 1973-1984)

Etage inférieur ou collinéen	Etage du climax climatique de l' <i>Oleo-Ceratonion</i> et du <i>Quercion ilicis</i> dans la région méditerranéenne et du <i>Fraxino-Carpinion</i> ou des <i>Quercetea robori-sessiliflorae</i> ailleurs
Etage montagnard	Etage du climax climatique du <i>Quercion pubescenti-petraeae</i> dans la région méditerranéenne et du <i>Fagion</i> ailleurs
Etage subalpin	Etage du climax climatique des <i>Vaccinio-Piceetalia</i>
Etage alpin	Etage du climax climatique des <i>Caricetalia curvulae</i>

La flore forestière française (tome 2 : montagnes, RAMEAU, DUME et MANSION, 1993) est plus précise puisqu'elle donne l'altitude minimale et l'altitude maximale où l'espèce est rencontrée dans toute l'étendue des massifs montagneux français. Seules les espèces forestières sont mentionnées, ce qui limite l'échantillon du côté des espèces des pelouses et des rochers d'altitude. Par ailleurs, la prise en compte de montagnes placées dans des domaines climatiques différents a pour effet d'étirer la gamme altitudinale, encore que, dans les massifs méridionaux (ceux que j'ai fréquentés), il ne soit pas rare que les limites signalées par la flore soient outrepassées. Ainsi en va-t-il pour le Pin arolle (*Pinus cembra*) ou le Mélèze (*Larix decidua*) que l'on trouve souvent, dans le Queyras ou l'Ubaye au-dessus des 2 600 m annoncés.

En l'état de ces valeurs indicatrices, le tableau 4 où ces indications sont représentées pour une cinquantaine d'espèces ligneuses communes de cette flore forestière des montagnes montre ces espèces rencontrant une à une leur limite altitudinale supérieure à mesure que le froid (dans toutes ses composantes, voir ci-dessus) s'impose comme une contrainte, c'est en tout cas l'hypothèse centrale que l'on peut faire. Un seuil biologique est alors franchi – c'est d'ailleurs sur ce point que l'on retrouvera la théorie des discontinuités de Brunet. Si l'on excepte le cas de quelques espèces méditerranéennes aux exigences thermiques plus fortes (non présentes dans la flore forestière), la limite à partir de laquelle les premières espèces « cèdent » se situe aux alentours de 1 000 m, soit largement au-dessus de la limite inférieure que l'on assigne généralement à l'étage montagnard. Les disparitions s'accroissent ensuite jusqu'à la *timberline* ; sur l'échantillon du tableau 4 (qui se révèle assez représentatif), le rythme est maximal entre 1 600 et 2 200 m, aux altitudes qui correspondent traditionnellement à l'étage subalpin.

Les limites inférieures n'ont pas la même signification. Qui peut le plus peut, le plus souvent, le moins et aucune contrainte biologique n'arrête vers le bas les espèces. En général, elles sont encore présentes aux altitudes collinéennes, voire en plaine, dès lors que la concurrence, plus nombreuse à ces altitudes où le climat est moins rude, leur a permis de s'installer ... Pourvu aussi que les choix humains n'en aient pas décidé autrement. Pourvu, enfin, que les caprices de l'histoire de la flore ne les aient pas cantonnées en haute altitude. Le cas de *Dryas octopetala*, dont le nom a été

choisi pour désigner le dernier épisode froid du fait de l'abondance de son pollen piégé dans les tourbes, est ainsi emblématique, comme celui d'autres espèces arctico-alpines. « Douées » pour résister au froid, elles n'ont plus, plus bas en altitude, de lieux pour s'installer. Parfois, ce sont même leurs stations d'altitude qui sont menacées comme au sommet du Mont Ventoux où la reconquête forestière menace les petites communautés de plantes arctico-alpines et héliophiles.

La catégorie des orophytes ne serait-elle pas cependant factice ? Un orophyte est, suivant la définition donnée par Roland SCHNELL (1970), « un élément de flore des hautes montagnes sans affinité avec les flores de basse altitude ». « ... Sans affinité ... » : la formulation est prudente. Le *Dictionnaire de Biogéographie végétale* (DA LAGE et METAILIE eds., 2000) l'est plus encore qui parle de taxons ou de groupements végétaux « inféodés aux massifs montagneux » ce qui, pour le coup, fait complètement disparaître toute notion d'altitude. En fait, il y a bien un groupe d'espèces qu'on ne rencontre qu'en altitude (« elles ne dépassent guère vers le bas, l'étage subalpin », écrit Favarger, 1995), ces orophytes présentent des adaptations qui leur confèrent une morphologie particulière comme ces plantes en coussinets denses et suffrutescents à la base, du type du Silène acaule (*Silene acaulis*). Leur adaptation est aussi physiologique mais, dans tout cela, rien ne leur interdit de survivre et même de bien vivre à basse altitude, comme dans le *Jardin alpin* du MNHN, pour peu que les jardiniers éliminent soigneusement la concurrence. Doit-on dès lors parler, lorsqu'elles sont présentes dans les plaines ou les collines de « stations abyssales » comme certains auteurs rappelés par Claude FAVARGER (1995) ? Le trait me paraît trop forcé.

Cette démonstration esquisse ce que pourrait être une redéfinition de l'étagement en montagne : plus fondée sur la vitesse de disparition et d'apparition des espèces que sur des ensembles homogènes. En l'état, elle soulève cependant au moins une objection : le fait que chaque espèce possède ses propres limites altitudinales à l'échelle de la France n'interdit pas, *a priori*, qu'elles se regroupent *sur le terrain* en étages entre lesquels il n'y aura pas de frontière intangible mais marqué tout de même par des discontinuités identifiables, comme le suggère d'ailleurs FAVARGER (1995) :

« Si tous les botanistes sont d'accord pour penser que l'étagement dépend du climat, la délimitation des étages et leur nomenclature dans une chaîne de montagnes – même aussi bien connue que les Alpes – soulèvent encore bien des controverses. Cela n'a rien d'étonnant car il s'agit d'un problème de frontières. Or les frontières n'existent pas sur le terrain, mais seulement dans notre esprit – et Dieu merci, les esprits des hommes ne sont pas encore uniformisés ... -. La notion d'étage a été introduite pour mettre un peu d'ordre dans la complexité de la nature et pour classer la végétation des montagnes en première approximation, le but étant de mettre ensemble des végétations répondant à un même climat général. »

Or, précisément, voilà le problème : ceci supposerait qu'il existe une série de climats « généraux » superposés les uns aux autres sur les versants des montagnes, ce qui n'a rien à voir avec la complexité et la gradualité des changements qui affectent les champs climatiques sur le relief. Face aux gradients climatiques, les végétaux répondent, quelle que soit l'échelle considérée (échelle d'un massif, échelle de la région écologique, échelle du versant), par un changement graduel de la composition botanique par disparition progressive jusqu'à l'épanouissement des orophytes qui occupent peu à peu tout l'espace « libéré ».

Encore ce schéma n'est-il que partiellement réalisé tant la question de l'occupation humaine des versants reste importante. C'est cette complexité qui se laisse difficilement modéliser que je voudrais montrer dans la deuxième partie (chapitre 10) en rappelant l'intérêt, pour une démonstration plus argumentée, appuyée sur des résultats, de mener une démarche phytoclimatologique renouvelée. Il apparaît essentiel de tenter de clarifier la manière dont la végétation réagit au climat (et aux changements qui l'affectent) lorsqu'on s'élève en altitude.

Chapitre 4

Aux échelles grandes, le modèle de la mosaïque

A grande échelle, la biosphère est-elle réductible à une mosaïque d'unités discrètes ?

Lorsque l'on quitte la question de l'organisation des milieux à l'échelle planétaire pour parvenir à des échelles d'analyse plus grandes, le modèle le plus commun de lecture de l'espace bio-physique est celui qui conduit à reconnaître celui-ci comme une mosaïque d'unités élémentaires homogènes, pouvant se regrouper en des unités de taille plus grande.

Se sont ainsi constitués des modèles gigogne d'organisation spatiale de la végétation et du milieu, ou, si l'on préfère une autre image, un système pyramidal d'unités d'échelles emboîtées. Dans les textes, les analogies ne manquent d'ailleurs pas pour évoquer ces systèmes : botanistes et écologues ont ainsi aimé comparer leurs systèmes de classification des biocénoses à la systématique du vivant, les unités élémentaires s'emboîtant dans des unités de plus petite échelle comme les espèces se regroupent en familles qui se regroupent en classes, puis en ordres. Ainsi de la phytosociologie sigmatiste pour laquelle Marcel GUINOCHET⁷⁷ (1973) justifie qu'elle soit fondée sur une classification hiérarchique sur le fait que rien n'interdit une transposition :

« [...] Il est tout de même nécessaire de comprendre que cette classification hiérarchique n'est pas une propriété *sui generis* de la systématique : c'est un procédé intellectuel général applicable à une multitude de situations. On ne voit donc pas pourquoi l'usage en serait interdit au phytosociologue si, comme le systématicien, il trouve que c'est encore le moins mauvais moyen de rendre compte des faits auxquels il est confronté. »

Une métaphore plus géographique pourrait être celle qui comparerait l'organisation de l'espace bio-physique à l'organisation administrative d'un état comme la France avec ses unités élémentaires, les communes, se regroupant en cantons, puis en arrondissements, en départements et en régions. Cette deuxième métaphore est plus conforme à l'esprit des congrès de botanique de la fin du XIX^e siècle et du début du XX^e siècle, au cours desquels avait eu lieu un travail de commission sur la cartographie de la végétation puis, pour fonder cette cartographie, sur une nomenclature phytogéographique « normalisée ». Charles FLAHAULT joua un rôle majeur, accompagné par la suite par Carl SCHRÖTER, celui même qui mit ordre et hiérarchie dans la dénomination des étages dans le massif alpin (4.1).

Les différents principes de découpage (système bioclimatique d'EMBERGER : 4.2 ; phytosociologie : 4.3) s'appuient, plus radicalement que dans le modèle de la zonalité ou dans celui de l'étagement en montagne, sur une conception discontinuiste de l'espace bio-physique qui postule l'existence de discontinuités nombreuses, formant un treillage fin, et simples, puisque correspondant le plus souvent à des changements brusques, réductibles à des limites séparant des unités

⁷⁷ Marcel GUINOCHET (1909-1997) qui termina sa carrière comme professeur à l'Université de Paris-Sud Orsay a été, en France, le plus convaincu des prolongateurs de la phytosociologie sigmatiste dont les bases avaient été fixées dans les années 1930. Ces ouvrages majeurs sont empreints d'une ironie mordante.

homogènes, mais dont chacun convient qu'ils correspondent pour le moins à des bandes de transition que l'on estime généralement étroites. D'autre part, à côté des discontinuités qui séparent les unités élémentaires, existent des discontinuités d'échelle, des « sauts d'échelle » comme il est dit communément, permettant de passer des unités élémentaires aux unités de plus grande taille. Pour cette deuxième sorte de discontinuité, l'analogie est celle de l'appareil photographique qui permet de voir clairement les plans plus ou moins distants d'un paysage à mesure que l'on joue sur l'objectif de l'appareil ; entre les moments où tel ou tel plan apparaît clairement, la vision est, à l'inverse, floue. Il y a pourtant là davantage transfert que saut d'échelle (4.4).

4.1- Charles FLAHAULT et le projet de nomenclature phytogéographique

4.1.1- Une préoccupation qui marque les congrès de botanique de 1889 à 1910

Les botanistes se sont réunis en congrès internationaux à partir de 1865 à Amsterdam (même si le premier congrès international de botanique « officiel » s'est tenu à Paris en 1900). Ces congrès sont indissociables de l'ambiance dans laquelle baigne la science dans la deuxième moitié du XIX^e siècle, moment où s'accélère la révolution industrielle. Les congrès se réunissent d'ailleurs souvent dans le cadre des expositions universelles ou coloniales. Il faut le redire avec force : les modèles et les systèmes sur lesquels nous nous reposons encore sont marqués par le contexte dans lequel ils ont été construits, contexte qui diffère radicalement du contexte dans lequel nous tentons encore de les faire fonctionner. Ces modèles s'en trouvent en quelque sorte suspendus en l'air, privés de leurs fondations ; c'est aussi en ce sens qu'il apparaît important de les refonder.

Dans ces décennies qui ont précédé la Première Guerre mondiale, premier grand traumatisme du XX^e siècle, les progrès scientifiques et techniques sont mis au service de la rationalisation économique, ce qui passe par l'utilisation rationnelle du territoire. Ainsi les premiers congrès sont ils indissociablement des congrès de botanique et d'horticulture⁷⁸. Dans tous les domaines, un effort de mise en ordre des connaissances est effectué, en premier lieu, évidemment, pour clarifier le système de classification des espèces : les principes adoptés alors vont inspirer les autres nomenclatures. En 1889, sous l'ombre tutélaire de la Tour Eiffel, symbole triomphant de l'ère industrielle, le congrès de Paris réfléchit aux principes de l'établissement d'une carte botanique destinée à l'amélioration de l'agriculture et de la foresterie. Sont cartographiées des unités de végétation dont il convient de lever l'ambiguïté des termes employés pour les désigner ; il s'agit de clarifier le langage de la géographie botanique pour la rendre opérationnelle, en somme. Une commission sur la nomenclature phytogéographique est constituée autour de Charles FLAHAULT en 1899 à Berlin. Les premières conclusions en sont présentées au congrès qui se tient en parallèle, là encore, de l'exposition universelle de Paris en 1900. L'ambition étant pratique, la clarification proposée par FLAHAULT s'appuie sur deux principes simplificateurs qui vont s'imposer comme des règles d'organisation spatiale de la biosphère, règles qui ne vont pas pourtant d'elles-mêmes. Le premier principe est celui de la coïncidence spatiale des unités de végétation et du milieu, les premières découlant des deuxièmes :

« La nomenclature phytogéographique doit s'appliquer avant tout à deux choses différentes :

- 1^e Au substratum géographique et topographique de la végétation, c'est-à-dire aux unités géographiques et topographiques ;
- 2^e A la végétation elle-même, groupée de diverses manières, suivant les conditions de climat et de milieu, c'est-à-dire aux unités biologiques.

⁷⁸ Le congrès de 1877 à Amsterdam porte même le titre de congrès des botanistes, horticulteurs, négociants et fabricants du règne végétal.

Ce sont là les termes fondamentaux du problème. [...] Il convient de prendre pour base des divisions fondamentales des faits essentiels dominant tous les autres, incontestables en eux-mêmes et dans leurs conséquences pour la vie végétale. »

Comme on le verra ci-dessous, la coïncidence n'est pas aisée à trouver car « si le désordre est grand dans le classement des unités géographiques et topographiques, la confusion est extrême dans celui des unités biologiques » (FLAHAULT, 1900). FLAHAULT établit cependant une correspondance fondamentale entre stations et associations, chaque combinaison originale des éléments du milieu déterminant un certain assemblage d'espèces, les unes représentées en grand nombre, les autres se manifestant par une présence plus discrète.

Le deuxième principe est celui d'une subdivision hiérarchique : partant des facteurs organisateurs jouant à chacune des échelles, FLAHAULT descend jusqu'au niveau de base, où parvenant à une surface homogène, il n'est plus possible de subdiviser, reproduisant l'effet gigogne des poupées russes. Si les choses sont relativement claires pour le milieu où chaque niveau est clairement géographique, il n'en va pas de même pour les communautés végétales. Si, dans l'esprit de FLAHAULT, le niveau fondamental de l'association correspond bien aux stations, il n'en va pas de même pour les autres niveaux de la classification proposée, le regroupement s'opérant suivant d'autres logiques que géographique. D'où des distorsions entre les deux systèmes hiérarchiques qui devaient se réponde.

Les propositions du congrès de Paris sont ensuite reprises par Charles FLAHAULT en introduction de la *Flore de France* publiée sous la direction de l'Abbé Henri COSTE (1901) pour l'élaboration d'une carte botanique de la France. Le retour à l'ambition cartographique de départ l'oblige à se référer avant tout aux unités géographiques et topographiques qui deviennent alors également des unités phytogéographiques. Les congrès de botanique suivants où l'effort de FLAHAULT est relayé par ses élèves, dont le suisse Carl SCHRÖTER et le français Jules PAVILLARD, n'apportent que des retouches au projet de nomenclature phytogéographique (MATAGNE, in ACOT éd., 1998). Il faut alors attendre le texte de Josias BRAUN-BLANQUET et Ernst FURRER (1913) donnant naissance à la phytosociologie pour qu'une nouvelle impulsion soit donnée : ce texte remet en cause l'emploi de la physionomie de la végétation (qui restait fondamentale dans l'approche de FLAHAULT) et non pas les autres fondements du projet.

4.1.2 – Stations et associations : la difficile superposition des unités physiques et botaniques

L'unité élémentaire retenue, sorte de cellule ou d'atome de l'espace bio-physique, est la *station*. Dans le système pyramidal proposé, à chaque échelon, une concordance est établie entre les unités physiques retenues et les êtres vivants peuplant ces unités. Les termes de ce système pyramidal du point de vue physique sont les suivants⁷⁹ :

GROUPE DE REGIONS,

Régions (Schouw, 1820),

DOMAINE,

Secteur,

DISTRICT (= Bezirk : Engler, 1879),

Sous-district,

Station (Wimmer, 1844).

A la base de ce système pyramidal, la station est donc appelée à jouer le rôle fondamental, unité spatiale à partir de laquelle les processus écologiques pourront être étudiés ; à l'émergence de

⁷⁹ En restituant la typographie choisie par FLAHAULT.

la théorie de l'écosystème, le terme a été supplanté par celui, presque équivalent, de biotope. Comme telle, la station devient aussi bien le lieu d'émergence physique des écosystèmes que l'unité réputée homogène au sein de laquelle les phénomènes physiques pourront être étudiés, quantifiés, voire modélisés :

« il nous reste à parler du dernier terme, du degré ultime de la série des unités géographiques et topographiques, de la station (*Standort*). [...] Dès 1844, WIMMER insistait sur la nécessité d'ajouter à la diagnose morphologique de chaque espèce une diagnose phytogéographique qui fixât d'une manière précise et en termes compris de tous les conditions où elle vit ; car une diagnose de ce genre ne contribue pas moins que la première à la connaissance de l'espèce. »

« Une station est une circonscription d'étendue quelconque, mais le plus souvent restreinte, représentant un ensemble complet et défini de conditions d'existence. La station résume tout ce qui est nécessaire aux espèces qui l'occupent, la combinaison des facteurs climatiques et géographiques avec les facteurs édaphiques et biologiques, c'est-à-dire les rapports de chaque espèce avec le sol et avec les espèces auxquelles elle est associée. »

L'espace bio-physique serait ainsi une mosaïque de stations entre lesquelles existeraient, sinon des limites toujours tranchées, du moins des transitions suffisamment rapides pour qu'on puisse parler d'un « complexe d'unités discrètes », suivant l'expression de René BRAQUE (1988) à propos de la végétation. A chaque station correspondrait une communauté d'êtres vivants, végétaux et animaux (encore que la mobilité des animaux rend, d'emblée, les choses plus complexes).

Autre idée contenue dans le texte de FLAHAULT, le point de vue selon lequel si un des éléments dans les conditions stationnelles change, on change alors de communauté.

« La disparition ou seulement la modification d'un élément, une manière d'être spéciale, une variation même très faible d'un facteur quelconque suffisent pour déterminer une différence de station. Le vocabulaire de chaque pays, né du milieu même et du besoin qu'éprouve un peuple d'exprimer les faits et les phénomènes qu'il observe chaque jour, doit fournir les moyens de désigner les stations propres au pays. Les Bruyères de l'Ecosse, les Steppes de la Russie, les Landes de Bretagne, les Prairies de l'Amérique du Nord, les pré-bois de nos Alpes représentent des formes particulières de végétation dont on risque de se faire une idée fautive, lorsque, ne les ayant pas vues, on croit pouvoir les assimiler à une forme de végétation d'un autre pays. Il faut donc se défier des traductions et ne pas craindre, en géographie botanique, d'adopter un nom de station tel que nous le fournit la langue indigène. »

FLAHAULT retient le terme d'*association* pour désigner la fraction végétale de ces communautés d'êtres vivants, la physionomie jouant encore un rôle fondamental dans l'identification botanique de ces unités de base :

« On doit à Alexandre DE HUMBOLDT d'avoir appelé le premier l'attention sur l'importance des associations végétales. [...] Cette notion a donc son histoire. Il faut en préciser le sens. *L'association végétale est la dernière expression de la concurrence vitale et de l'adaptation au milieu dans le groupement des espèces.* Les habitants d'une même station ne sont pas seulement rattachés les uns aux autres par de simples relations de coexistence, mais encore par un lien d'intérêt réciproque, certains d'entre eux au moins trouvant avantage et profit dans les conditions déterminées par la présence des autres. Le terme d'association végétale n'implique pas un concours harmonique de tendances diverses vers un but commun de bénéfice collectif, comme dans toute société fondée sur la division du travail. Il s'applique à un rapprochement de formes spécifiques et morphologiques étrangères les unes aux autres, avec le profit exclusif de chacune d'elles pour objet ; elles vivent les unes à côté des autres, suivant la conformité ou la diversité d'exigences qui trouvent leur satisfaction, soit dans les conditions même du milieu, soit dans les conditions déterminées par la présence d'autres végétaux. »

La végétation qui constitue ces associations est ainsi un reflet parfait de la diversité de l'espace bio-physique, le descripteur complet de son hétérogénéité puisque, à la base, on parvient à une *unité homogène*. La discussion portera ensuite sur le meilleur moyen d'étudier les associations

puisque au sein de chacune d'entre elles, certaines espèces constituent le « fond » de la végétation, d'autres n'étant que disséminées et ayant généralement une présence discrète :

« Parmi les espèces qui composent l'association, les unes sont dominantes, soit par l'action qu'elles exercent sur l'habitat en créant pour ainsi dire la station, soit parce qu'elles sont caractéristiques du paysage végétal par la forme, la taille ou le nombre des individus ; elles forment alors le fond de la végétation. Les autres sont secondaires, plus ou moins isolées, comme si on en avait saupoudré la végétation fondamentale ; ou bien encore elles sont subordonnées à divers degrés, soit qu'elles soient très peu répandues, rares, suivant le terme courant, soit qu'elles ne puissent vivre qu'à l'abri des premières, à leur ombre ou épiphytes sur leurs organes aériens, ou, à leurs dépens, en parasites ... »

La question va être résolue dans le sens d'une prise en compte complète si possible de la flore. Ceci étant, la confusion reste grande sur le point de savoir comment regrouper les associations. Dans le texte de 1900, FLAHAULT choisit la voie hiérarchique suivante qu'il est bien difficile ensuite de faire correspondre à la hiérarchie choisie pour le découpage de l'espace bio-physique :

TYPE DE VÉGÉTATION écologique nommé par le bon sens vulgaire.

Série écologique **de Groupe d'Associations**, caractérisée par un substantif : HYDROPHYTES, XÉROPHYTES, etc. (WARMING, 1894).

GRUPE D'ASSOCIATIONS (Vereinsklasse, Warming, 1894, = *Formations*, Schimper, 1898, Grisebach *partim*).

ASSOCIATIONS (Al. de Humboldt, 1807, A.P. de Candolle, 1820 = *Formations*, Grisebach, 1872)

Forme biologique ; c'est l'unité écologique la plus simple, comme la station est l'unité topographique élémentaire.

FLAHAULT ajoute, par ailleurs, au-dessous de l'association, une subdivision, la forme biologique qui témoigne de la difficulté à faire coïncider les deux nomenclatures :

« Si l'association est l'unité biologique la plus simple au point de vue géographique, l'expression ultime de la lutte pour la vie et de l'adaptation, les formes biologiques peuvent être considérées comme les unités élémentaires au point de vue spécial écologique, comme les espèces sont les unités élémentaires de la botanique floristique. »

Le « point de vue spécial écologique » dont parle FLAHAULT revient en fait sur cette idée qui court depuis HUMBOLDT et qui confère à la physionomie des végétaux une signification considérable, chaque type de milieu engendrant, en quelque sorte, ses propres formes de vie, caractérisables par les adaptations qui marquent l'aspect physique des végétaux. On retrouve ainsi en filigrane la filiation néo-lamarckienne dans laquelle FLAHAULT s'inscrivait (*cf.* chapitre 1). Plus qu'un assemblage d'espèces telle qu'elle sera définie par la suite, l'association végétale serait ainsi un assemblage de formes biologiques, notion sur laquelle les botanistes scandinaves, danois en particulier, WARMING (1898) puis RAUNKJAER se sont attachés à définir. Les types biologiques de RAUNKJAER (1905, 1934) – phanérophytes, chaméphytes, hémicryptophytes, cryptophytes et thérophytes – restant d'usage courant, chaque végétation pouvant être identifiée par son « spectre biologique », dessiné par la proportion qu'y occupe chaque type.

Les niveaux plus élevés de la hiérarchie, au-dessus de l'association, restent assez flous, jusqu'à ce niveau supérieur où il en est appelé au « bon sens vulgaire » qui fait la différence entre les forêts de feuillus, les forêts de résineux, les landes, les maquis ou les garrigues, etc. Ce flottement existe dans tous les systèmes hiérarchiques où, dès lors qu'il faut regrouper les types de végétation, le choix se porte généralement sur un rapprochement sur des bases physionomiques. L'exception notable en est le système d'EMBERGER entièrement fondé sur un découpage hiérarchique géographique (voir ci-dessous).

4.1.3 – Une organisation spatiale de la biosphère excessivement verrouillée

Le texte de Charles FLAHAULT, dans ses différentes versions, n'avait pas d'autre ambition que pratique. Comme tel, il a ouvert la voie à une lecture plus claire, normalisée, du couvert végétal en relation avec le milieu physique, même si la clarification était loin d'être achevée, peut être parce qu'elle est impossible par la voie choisie. Sans entrer ici dans les débats qui ont eu lieu entre les différents systèmes qui en sont issus (débats dont on trouvera un écho dans les deux systèmes pris en exemple ci-dessous), il faut d'emblée noter un manque de souplesse dans les perspectives tracées.

Sur trois points essentiels, la mise en ordre proposée par FLAHAULT, appliquée à la lettre, va avoir l'effet d'un corset.

1. Le premier point est au fondement même de l'image de la mosaïque, assemblage de petits éléments auquel on restituera, en suivant GODRON et FORMAN (1985), le nom latin de « tesselles ». Quelle que soit son hétérogénéité, l'espace bio-physique pourrait être découpé en des surfaces de taille d'ordinaire réduite homogènes à la fois d'un point de vue physique et biologique. Or il ne manque pas de contre-exemples où il s'avère impossible de découper des tesselles, simplement parce qu'on ne parvient jamais à fixer des contours à l'intérieur desquels la réalité bio-physique est homogène. Les versants des montagnes en sont un bel exemple comme en témoigne ce versant d'ubac de la haute vallée du Cristillan dans le Queyras (fig. 24), où pour s'en tenir aux essences dominantes, la proportion respective de Pin arolle (*Pinus cembra*) et de Mélèze (*Larix decidua*), aisé à distinguer puisqu'à feuillage décidu, varie constamment de bas en haut du versant, tandis que des bandes alternent d'amont en aval. Cette variation graduelle est explicable par la reconquête progressive de l'Arolle, depuis ses refuges d'altitude, au détriment du Mélèze autrefois favorisé par les hommes. La reconquête de l'Arolle est favorisée par un oiseau, le Casse-noix moucheté (*Nucifraga caryocatactes*) (CROCO, 1990, 2000, AREZKI et LECOMPTE, 2003) qui établit des caches de graines d'Arolle au pied des mélèzes, graines dont il n'est jamais consommé la totalité. Elle est, en revanche, remise en cause dans les couloirs d'avalanche auxquelles le Mélèze résiste beaucoup mieux, déterminant les bandes où ce dernier demeure dominant. Par ailleurs, on voit changer progressivement la composition floristique du sous-bois du bas



Figure 24 : Les versants de montagne, un domaine qui se prête mal au découpage en mosaïque. Le versant ubac de la haute vallée du Cristillan (Queyras, Alpes françaises). (Photographie : Frédéric ALEXANDRE, 2004).

de versant avec ces mélèzeins à Dryade (*Dryas octopetala*), Rhododendron ferrugineux (*Rhododendron ferrugineum*), Myrtille (*Vaccinium myrtillus*) et Airelle (*Vaccinium vitis-idaea*) au haut du versant avec ses vieilles futaies d'Arolle à Camarine (*Empetrum nigrum*) (ALEXANDRE *et al.*, 1999). On pourrait continuer cette description en démultipliant les exemples pour montrer

comment chacune des espèces occupe, à sa manière, le versant mais on voit d'ores et déjà que cela met en jeu des processus variés qui rendent peu probable le regroupement de ces espèces en petits ensembles homogènes, si ce n'est sur quelques pointements rocheux qui se comportent alors comme des « îles » biologiques au sein de l'espace bio-physique qu'ils tranchent.

2. Le deuxième point repose sur le lien étroit qui est établi entre l'hétérogénéité du milieu et celle présentée par la végétation comme si l'une et l'autre marchaient nécessairement de conserve que ce soit à petite ou à grande échelle. Un changement parfois infime peut provoquer un bouleversement majeur dans la composition de la végétation : ainsi prenons-nous dans notre stage de licence l'exemple très pédagogique de deux stations situées à faible distance (moins d'un kilomètre) l'une de l'autre dans la vallée de l'Ouvèze en amont de Buis-les-Baronnies, sur des versants rocailleux de même exposition, sur une même roche, pourtant différentes à hauteur de près de 50 % des espèces que l'on y rencontre ; dans un cas, le cortège est méditerranéen, dans l'autre, il pourrait être qualifié de subméditerranéen (cf. chapitre 8). A l'inverse, il existe bien des cas où la végétation reste homogène alors que le milieu a changé parfois sur des paramètres fondamentaux : dans nos régions, la hêtraie se prête bien à ce genre de piège avec une remarquable identité dans sa composition et sa physionomie sur une large gamme de milieux depuis des positions subméditerranéennes où le creux estival des précipitations est marqué jusqu'à des situations continentales où il pleut à l'inverse. Ainsi faisons-nous constater aux étudiants au cours du même stage la similitude des cortèges de la hêtraie relevés dans trois stations, la première proche du col du Tamié à 800 mètres dans les Bauges, la deuxième au-dessus du lac de Serre-Ponçon près du village de Pontis (1 200 m), la troisième à 1 300 m sur la montagne de Chamouse dans les Baronnies où la présence d'une espèce endémique des Alpes du Sud, l'Androsace de Chaix (*Androsace chaixii*), fait tout de même une différence ...
3. Le troisième point enfin concerne la liste des groupements végétaux qui, dans le texte de FLAHAULT apparaît comme un état fini auquel serait parvenu la végétation, fermant inconsciemment la porte pour l'avenir à d'autres combinaisons possibles. Ce manque d'imagination pour l'avenir reste de mise : ainsi les travaux qui envisagent les conséquences des changements climatiques sur la végétation se cantonnent-ils généralement, comme cela a été entrevu au chapitre 2, à envisager les déplacements des types de végétation actuels dans l'espace, comme si les espèces composant ces types allaient se déplacer « comme un seul homme ». Là encore, c'est ignorer la diversité des processus qui vont amener chacune d'elles à être en expansion ou en régression. Il suffit par ailleurs de se reporter à ce que nous apprend la paléobiogéographie pour voir que, à climat égal, d'autres combinaisons ont pu exister par le passé, les espèces ayant ensuite connu des destins divers en fonction des fluctuations du climat. L'exemple de la végétation du Bassin méditerranéen dont toute une partie du cortège a disparu depuis le miocène, a déjà été cité. De l'ancien cortège, seuls quelques témoins ont été conservés dans le sud du Maroc ou dans les archipels macaronésiens alors que plus au nord, tout un ensemble d'espèces de la flore tempérée s'est introduit (VERNET, 1997).

Le verrouillage des notions est patent dans les deux systèmes hiérarchiques analysés ci-dessous, le système bioclimatique d'EMBERGER et la phytosociologie sigmatiste.

4.2 – Un exemple de système pyramidal : le système bioclimatique d'EMBERGER (1930, 1933, 1943, 1959 ; EMBERGER et MAIRE, 1934)

4.2.1- Partir du facteur organisateur

Considérant que le caractère scientifique du terme était jusqu'alors mal affirmé, le botaniste montpelliérain Louis EMBERGER « récupère » le terme d'étage pour en faire un des niveaux fondamentaux du système pyramidal d'étude de la végétation en fonction du climat qu'il cherche à construire. Comme tel, ce système d'Emberger a ainsi sa place dans ce chapitre, les unités élémentaires qui constituent en fin de compte les étages étant une des formulations du modèle de la mosaïque dont il est ici question. EMBERGER construit son système un peu à la manière de FLAHAULT, en partant du sommet et en descendant vers la base. Découplant l'étagement de l'altitude, il propose un système par unités emboîtées faisant la jonction entre les unités de petite échelle, les unités d'échelle moyenne (les *étages* qu'il suffit d'étendre à la plaine) et les groupements végétaux de grande échelle (EMBERGER et MAIRE, 1934). Ceci étant, son « système » est resté cantonné au Monde méditerranéen et n'a pas trouvé d'équivalence dans d'autres zones ou domaines bioclimatiques ce qui était pourtant son ambition de départ. L'originalité de sa démarche est de partir du facteur organisateur majeur, le climat, pour en étudier les effets sur la végétation. Les unités de végétation, des régions botaniques aux groupements végétaux apparaissent ainsi modelées par le climat dont elles sont l'expression vivante. Les autres facteurs du milieu sont susceptibles de moduler les effets du climat ; ainsi des sols qui vont compenser ou amplifier la sécheresse climatique.

Travaillant en France méditerranéenne et au Maroc, EMBERGER est frappé par l'unité des pays méditerranéens. Laissant de côté les explications par l'unité de la civilisation méditerranéenne, très en vogue à l'époque, cette unité provient, pour lui, de caractères climatiques communs qui se traduisent dans le paysage végétal, ainsi qu'il le rappelle dans un texte de 1930, fondateur pour sa pensée en géographie botanique et en écologie :

« Le voyageur qui parcourt les pays baignés par la Méditerranée est constamment sous un climat identique ou très semblable à lui-même. La végétation, miroir fidèle du climat, y conserve partout les mêmes traits. L'esprit le moins averti se rend compte de l'unité phytogéographique parfaite de ces pays ; leur ensemble forme une région, la Région méditerranéenne. »

Le terme de Région, « unité biologique [qui] se modèle sur le climat dont elle est l'expression vivante » est employé ici par EMBERGER dans un sens emprunté au texte de FLAHAULT (1900) : « les grandes régions de végétation sont de grandes régions climatiques ».

Unité n'est pas homogénéité et « chaque Région, aussi naturelle qu'elle soit, n'est pourtant pas uniforme ». EMBERGER va dès lors s'attacher à définir au sein de cette Région prise en exemple (mais les mêmes principes pourraient, dans son esprit, être appliqués ailleurs) des unités de taille plus petite qui traduisent les modulations du climat et leur expression botanique. Dans un texte ultérieur (1943), EMBERGER livre les clés de son approche, critique des approches phytogéographiques classiques qui lui paraissent génératrices de limites discutables :

« Les limites déterminées floristiquement n'indiquent que l'aire d'extension des espèces ou groupements employés comme réactifs : celle de l'Olivier et de la végétation qu'il représente ; celle de l'association du Chêne-vert ou celle du *Genista cinerea* et des autres espèces citées par M. Lenoble⁸⁰. [...] Il n'est pas douteux que climat et végétation sont solidaires comme force et matière, mais il est clair qu'avant d'affirmer que telle ou telle espèce ou groupement d'espèces permet de délimiter une aire aussi naturelle que les territoires climatiques, il faut d'abord connaître ce climat, puis fixer ses limites sur le terrain et alors seulement chercher des espèces qui, à

⁸⁰ Le texte cité par Emberger est l'article de Félix Lenoble (1934) : « Sur la définition de la région méditerranéenne en géographie botanique et ses limites dans le Sud-Est de la France », *Bulletin de la Société botanique française*, 88-96.

l'intérieur de l'aire délimitée, suivent le plus étroitement la frontière climatique. Ces espèces varieront suivant les régions, puisque leur géographie est très capricieuse, même à l'intérieur des territoires climatiques qui leur conviennent. »

Ces phrases-clés (en particulier celle que j'ai placée en italiques) sont aussi la part la plus obsolète de la théorie d'EMBERGER : comment, en effet, « fixer les limites » d'un objet comme le climat qui est une pure construction des scientifiques, utile mais en perpétuelle redéfinition dans l'espace et dans le temps. On rappellera ainsi, avec LECOMPTE (1990), que :

« Il y a de grandes difficultés à tracer des limites climatiques, autant que pour définir le climat lui-même. Il faut bien admettre en effet qu'il n'existe pas de clef pour la synthèse du contenu des climats, même sur une base appliquée, ce qui pose évidemment quelque problème pour l'approche de leurs contours. »

Je retiendrai dès lors d'EMBERGER la volonté de tester l'effet du climat sur la forme et le contenu de la végétation sans toutefois l'enfermer, comme il le faisait, dans des entités spatiales fixées *a priori*. Un renouvellement de la démarche phytoclimatique passe, on le voit, par une caractérisation des variations spatiales et temporelles du climat. Il n'est pas inutile, là encore, de revenir sur la manière dont EMBERGER proposait de définir ses entités climatiques à partir du calcul d'indices et par des constructions graphiques. Cette démarche a eu son heure de gloire et rejoint les tentatives qui ont été faites pour traduire l'aridité ou produire des atlas climatiques. Il est plus surprenant de voir que, le plus souvent, on en reste là aujourd'hui dans beaucoup d'études d'écologie végétale où les allusions au climat se cantonnent le plus souvent à reprendre les vieux schémas, à placer un diagramme ombrothermique (BAGNOULS et GAUSSEN, 1954) ou, à l'inverse, de placer quelques grandes généralités sur le changement climatique.

4.2.2- Indices et constructions graphiques : une approche abstraite et figée

EMBERGER fonde sa réflexion sur la construction d'un indice, d'une formule qui tente de prendre en compte les caractères principaux du bioclimat méditerranéen et susceptible de révéler ses facettes. Il tente ainsi de mettre en rapport les apports (les précipitations) et les prélèvements par évaporation, fonction des variations saisonnières des températures. Il en résulte le *quotient pluvio-thermique* dont il a produit de nombreuses versions. Dans le texte de 1930, le rapport proposé est le suivant :

$$Q_E = 100 P / 2 [(M + m/2) \cdot (M - m)]$$

Dans lequel P représente les précipitations moyennes annuelles, M la température maximale moyenne du mois le plus chaud et m la température minimale moyenne du mois le plus froid. Plus le quotient est élevé et plus le climat méditerranéen est humide, ce qui apparaît surtout comme l'effet de précipitations moyennes élevées ; plus le quotient est bas, plus le climat méditerranéen est marqué par l'aridité. Pour mieux restituer la troisième dimension de l'espace et l'effet de l'altitude, EMBERGER construit un « climagramme » où il croise le quotient pluviométrique (en ordonnées) et la moyenne des minimales du mois le plus froid (en abscisses) donnant ainsi un poids plus fort au facteur thermique. Il place ensuite sur ce climagramme les stations pour lesquelles il possédait, à l'époque, des séries statistiques suffisamment fiables pour que le quotient y soit calculé (fig. 25).



Figure 25 : Climagramme de la Région méditerranéenne (d'après figure et tableau, EMBERGER, 1930 ; redessiné in LECOMPTÉ et ALEXANDRE, 1996).

En abscisses, les températures moyennes minimales du mois le plus froid ; en ordonnées, le quotient pluviothermique (échelle logarithmique).

A partir de ce climagramme qui, de fait, ordonne de façon fort intéressante les stations climatiques les unes par rapport aux autres (même si EMBERGER note modestement : « cette formule pourra être rectifiée ; nous n'en doutons pas ; l'état actuel de l'exploration climatologique ne nous a pas permis de trouver mieux » ; il s'en chargera par la suite lui-même, on l'a dit), l'auteur trace des limites qui fonderont le découpage en étages de la Région méditerranéenne. « La course des lignes s'explique aisément », écrit alors Emberger, sans qu'il justifie véritablement leur tracé, ses explications portant plutôt sur la justesse de son ordination, soulignant l'intérêt de voir les rapprochements qui s'opèrent entre certaines parties du monde méditerranéen et certaines autres. En note, Emberger livre cependant la clé de sa classification :

« Sur le tableau, les limites sont figurées par une ligne ; il est clair que les passages ne se font pas brusquement mais peu à peu, insensiblement. Les limites des étages sont forcément un peu conventionnelles, mais elles ne le sont pas plus que ne le sont les limites des étages géologiques. »

Cette phrase révèle du coup la fragilité de l'édifice : les différences bio-climatiques au sein de la Région étant établies, on peut légitimement se demander si le découpage surimposé est d'une grande utilité. Faute de pouvoir les matérialiser sur le terrain comme il en avait initialement le projet, sur quoi EMBERGER s'appuie-t-il pour fixer des limites climatiques entre étages ? Ainsi, quel est l'élément déterminant lorsqu'il écrit :

« le passage de la Région méditerranéenne à la région de l'Europe tempérée occidentale s'effectue ainsi par l'intermédiaire de l'étage méditerranéen humide. C'est bien ce que l'on observe dans la nature ; nul étage méditerranéen ne l'est moins que l'étage méditerranéen humide, et vers les limites de la région méditerranéenne, il est souvent pénétré par des prolongements ou semé d'îlots de régions étrangères. »

Nos propres observations (ALEXANDRE, 1996, GENIN, 1997, ALEXANDRE *et al.*, 1998a) permettent d'éclairer le sens des propos d'Emberger ; en effet, ce qu'il veut signifier, c'est que sous un climat gardant son caractère méditerranéen (notamment dans son régime des précipitations), la pluviosité

peut être suffisante pour que s'installe une végétation composée d'espèces aux exigences hydriques plus fortes que les espèces méditerranéennes. Ce faisant, EMBERGER montre que ce sont somme toute les indications que lui livre la physiologie de la végétation qui lui servent à délimiter ses entités bioclimatiques ... Cédant ainsi à la tentation contre laquelle il mettait au départ en garde (voir ci-dessus). En somme, une lourde construction théorique pour parvenir au même résultat que ce que ses observations botaniques de terrain, toujours d'une grande finesse chez lui, livraient. A relire EMBERGER aujourd'hui, on est d'ailleurs tout à la fois ébloui par sa connaissance de la végétation du Maroc dont le tableau phytogéographique est remarquablement fin et détaillé (1939) et frappé par l'obsolescence de sa construction climatique.

Ainsi que je l'évoquerai dans la deuxième partie, l'approche phytoclimatique nécessite le recours à la climatologie dynamique pour saisir le climat « réel » ressenti par les plantes à travers la succession des types de temps et la fréquence plus ou moins grande des événements extrêmes. Il n'est au demeurant jamais exclu que ceux-ci puissent prendre parfois le dessus : un événement exceptionnel hors norme peut modifier considérablement la composition et la structure de la végétation et donc de l'écosystème, brouillant ainsi l'image d'une végétation « en équilibre » avec le climat. Il s'agit là d'une catastrophe écologique au sens où François RAMADE (2002) la définit. Ainsi, dans la moitié nord de la France, la lente conquête d'une espèce dryade comme le Hêtre a-t-elle pu être remise en cause sur des superficies assez considérables par le passage des tempêtes de décembre 1999 du fait de son enracinement superficiel.

Le détour par la climatologie dynamique est une condition nécessaire pour une étude phytoclimatique, elle n'est pas suffisante à l'heure où il faut envisager les conséquences du changement climatique sur les communautés végétales. L'étude des longues séries statistiques est alors indispensable (encore faut-il qu'il y ait des données disponibles ce qui n'est pas partout réalisé et oblige à rester modeste sur les conclusions tirées).

4.2.3- Subdivisions des étages : une mosaïque lâche

L'étage, unité (pour lui fondamentale) de rang inférieur à la Région, étant défini (avec les réserves d'usage sur le caractère conventionnel des limites choisies), EMBERGER justifie alors son système composé d'unités emboîtées par la coïncidence entre les caractères physiques de chacune des unités et leur contenu biologique (ici limité au contenu botanique) :

« Au climat régional de la région correspond la Région de végétation ; à chaque climat sous-régional correspond un étage de végétation. [...] Prenons maintenant un climat sous-régional. Ce que nous venons de dire à propos du climat de la région peut s'appliquer aux climats sous-régionaux. On peut distinguer, à l'intérieur de chaque climat sous-régional, divers types [auxquels correspondent] un sous-étage de végétation qui réunit tous les groupements croissant sous ces types [...]. Enfin, le sous-étage se décompose en groupements végétaux élémentaires. [...] Les associations végétales se distingueront à l'intérieur des groupements élémentaires ou s'identifieront avec eux, suivant que l'on voit grand ou petit. »

Cette dernière remarque nous rappelle que les identifications des unités élémentaires ne sont pas toujours simples sur le terrain où les sauts d'échelle ne se matérialisent pas toujours aussi facilement que sur le papier, laissant l'observateur hésiter à prendre position entre un découpage plus grossier ou plus fin, ni l'un ni l'autre ne s'imposant d'évidence : Emberger a, du moins, la sagesse de ne pas trancher, c'est d'ailleurs ce qui fait le prix de ses études de terrain où l'esprit de système ne l'emporte jamais devant la finesse de l'observation.

Il réserve plutôt cet esprit de système pour les parties plus générales de ses articles. Une dernière citation à propos du système proposé par EMBERGER est source de réflexion pour nous : « Régions, étages, sous-étages et groupements élémentaires ou associations sont les seules unités

phytoécologiques susceptibles de servir d'armature à une méthode de classification naturelle des groupements végétaux. » On pourrait objecter : oui, mais doit-on nécessairement classer ? Il aurait sans doute répondu par l'affirmative au nom de la nécessité de cartographier. Ce qui déplace le problème sans le résoudre.

4.3 – La phytosociologie sigmatiste : quelle position adopter vis-à-vis d'un système dominant ?

4.3.1 – De la phytogéographie à la phytosociologie, une même perspective d'inventaire et de classification des unités de végétation aux échelles grandes et très grandes

Vient le moment où il me faut me situer par rapport à la phytosociologie sigmatiste, école qui continue de dominer (en France, du moins) l'analyse de la végétation, même si elle subit bien des critiques. Les appréciations sont en effet extrêmement contrastées vis-à-vis de cette école née durant la Première Guerre mondiale, dont l'objectif initial était d'aider à la cartographie de la végétation dans la droite ligne du projet de nomenclature phytogéographique évoqué ci-dessus, objectif qui s'est ensuite transformé en une volonté de proposer une classification universelle des groupements végétaux sur le modèle de la classification du vivant. Cette dernière ambition explique que ceux qui adhèrent (difficile de dire les choses autrement) à la doctrine phytosociologique ne puissent envisager d'étude du couvert végétal qui ne s'y réfère pas, disqualifiant parfois par avance tout travail ne respectant pas ses principes. A l'inverse, nombreux sont les écologues qui réfutent tout ou partie de la construction phytosociologique. Pour ma part, ayant autrefois mené des travaux dans le cadre sigmatiste, puis dans un cadre plutôt critique à son égard, je me tiendrai à une position assez mesurée, estimant que la théorie phytosociologique ne mérite ni cet excès d'honneur, ni cette indignité.

La critique à mon avis la plus forte porte sur la fidélité du reflet que la végétation renverrait de la biosphère. Le consensus n'est pas si grand que les phytosociologues ne le disent sur la validité de ce reflet. Même chez ceux qui utilisent l'information floristique, il se trouve des auteurs pour en discuter ou en nuancer le caractère trop systématique. : ainsi LEPART (1984) souligne-t-il l'intérêt mais aussi « les limites » de l'exercice qui consiste classiquement à établir des corrélations entre certains états de la végétation et certains états du milieu du fait du caractère très inégal de la qualité de cette information sur le milieu en fonction du type de formation et, surtout des activités humaines. Non sans s'attirer l'hostilité des écologues de leur époque, Félix LENOBLE (1926) ou Henry A. GLEASON (1926) doutaient déjà dans les années 1920 que la géographie des plantes indique fidèlement les nuances du milieu. Je rappellerai dans le chapitre 5 ce qui fondait leur opinion.

Il ne manque pas aujourd'hui d'écologues pour dénier à la végétation tout caractère indicateur, celui-ci leur semblant toujours trompeur : ainsi, lors des cours qu'il nous dispensait il y a trente ans à l'Université de Tours, Vincent LABEYRIE, alors directeur de l'institut de biocénétique expérimentale des agrosystèmes⁸¹, s'en prenait-il aux botanistes et aux phytosociologues en particulier, estimant que les groupements végétaux qu'ils reconnaissaient n'était qu'un résultat instable et transitoire des dynamiques propres aux populations de chaque espèce. Chacune de celles-ci ayant une amplitude écologique bien supérieure aux lieux qu'elle occupe réellement (la niche écologique théorique est toujours plus importante que la niche écologique réalisée), le résultat observé à un instant t n'aurait pas la signification que les phytosociologues lui prêtent. Il est des avertissements que des étudiants alors lancés dans une maîtrise de géographie appliquant la phytosociologie à la cartographie des milieux dans le cadre d'études d'impact avant remembrement (ALEXANDRE et GENIN, 1980) ont eu tout loisir de méditer. Avec un peu de perplexité tout d'abord car, enfin, appliquée dans toute sa rigueur sur le terrain tourangeau, la diagnose des groupements

⁸¹ L'IBEAS est aujourd'hui installé à l'Université de Pau et des Pays de l'Adour.

végétaux s'effectuait plutôt aisément et il n'y a pas à renier la carte de végétation potentielle proposée à l'issue de ces travaux, carte qui avait trouvé une certaine utilité auprès des commissions de remembrement et, plus largement, auprès de la Direction Départementale de l'Agriculture d'Indre-et-Loire, suffisamment convaincue pour en demander la généralisation de la réalisation dans les pré-études d'impact futures. Voilà pourquoi il faut aujourd'hui s'interroger sur les raisons qui ont amené les botanistes à poser le postulat de la biogéographie végétale, pour préciser dans quelle mesure et à quelles conditions il reste possible de s'appuyer dessus. Les raisons en question ne sont jamais très éloignées de celles de la DDA d'Indre-et-Loire qui était de disposer de documents pratiques, utiles pour l'aménagement du territoire.

La phytosociologie sigmatiste n'est vraiment inacceptable que lorsque, quittant cet objectif, elle prétend occuper toute la place et qu'elle se proclame indépassable. C'est un peu ce que les phytosociologues font en tentant d'imposer, au moins en Europe (*cf.* construction de la couche Biotopes au sein de la base CORINE), une lecture de la biosphère qui oblige à se référer à leur *Code international* de nomenclature (WEBER *et al.*, 2000). Pour le reste, une utilisation souple de la phytosociologie me paraît souhaitable lorsque l'on mène des travaux aux échelles grandes ou très grandes (échelles auxquelles je me suis, au demeurant, peu référé ces dernières années). Qu'entendre par utilisation « souple » ? Ce serait, ainsi que je m'en explique ci-dessous, en considérant le système sigmatiste non comme une classification qui révélerait le merveilleux ordonnancement de la Création (j'exagère à peine, voir ci-dessous la citation de FLAHAULT, 1897) mais comme une typologie dégagant des ensembles d'espèces significativement co-occurentes et indicatrices des conditions du milieu dans lesquels on les rencontre en commun.

4.3.2- Genèse de la théorie sigmatiste

Revenons à la genèse de la théorie. Elle prend naissance au moment où Josias BRAUN-BLANQUET⁸², assistant de SCHRÖTER et RÜBEL à Zürich, vient passer quelques temps auprès de Charles FLAHAULT à Montpellier. On a vu l'activité que celui-ci déployait dans ces années pour promouvoir dans une visée de cartographie utile à la mise en valeur du territoire les notions combinées de station et d'association végétale, alors définie comme un « groupement végétal de composition floristique déterminée, de conditions stationnelles et de physionomie homogènes » (FLAHAULT et SCHRÖTER, 1910). Le premier terme va alors prendre une importance considérable ce qui se dessinait dès 1897 chez FLAHAULT qui précise la valeur indicatrice de la composition floristique pour la mesure de la diversité écologique. Il l'affirme alors avec une force presque lyrique qui marque ensuite la biogéographie végétale au XX^e siècle :

« Chaque espèce a, dans la nature, sa place marquée par des lois auxquelles l'homme ne saurait rien changer. Les modifications apportées par lui sont temporaires ; elles durent juste autant que le misérable effort qui les produit ; c'est un trouble passager qui peut tromper notre myopie ; mais la nature reprend toujours ses droits. Chercher à en discerner les lois, c'est vouloir s'y soumettre ; c'est ouvrir les yeux à la sublime harmonie de la nature. Nous lui devons des heures de grande joie ; nous voudrions les faire partager. »

L'idée introduite par BRAUN-BLANQUET dans un article rédigé en 1913 avec FURRER est de s'affranchir totalement de la physionomie en fondant l'identification de l'association sur un inventaire floristique complet et en identifiant au sein de celui-ci les espèces caractéristiques, c'est-à-dire celles qui se trouvent dans ce groupement et non dans les autres. Dans les faits, ces espèces caractéristiques sont rarement les espèces physionomiquement dominantes. Par ceci, la

⁸² Josias BRAUN-BLANQUET (1884 – 1980) : de 1913 à sa mort survenue à Montpellier a été un infatigable promoteur de la méthode züricho-montpelliéraine fondée sur la reconnaissance et la classification des groupements végétaux à partir de l'étude de la composition floristique. Celle-ci s'est imposée en Europe continentale pour la description de la végétation, cependant qu'elle se trouvait quelque peu marginalisée par la montée de l'écologie des écosystèmes, plus soucieuse des processus.

phytosociologie qui va naître de l'union des écoles de Zürich et Montpellier (qui créent alors la Station Internationale de Géobotanique Méditerranéenne et Alpine : SIGMA) va se distinguer, voire s'opposer à la tradition phytogéographique, de plus en plus assimilée à la seule étude des formations et des paysages végétaux. La rupture sera parfois suivie de débats rugueux, par exemple en France avec les forestiers (PUYO, 1997).

Dans son sens le plus large, la phytosociologie peut être définie comme l'étude des communautés végétales. Une difficulté s'interpose d'emblée : la prédominance de l'école züricho-montpelliéraine ou école sigmatiste, a été telle qu'elle a tendance à être confondue avec la phytosociologie. Or, concurremment à l'école züricho-montpelliéraine dont les bases ont été fixées par le monumental *Pflanzensoziologie* de Braun-Blanquet (1928) et par le *Vocabulaire de sociologie végétale* (BRAUN-BLANQUET et PAVILLARD, 1928) s'est développée l'école suédoise d'Uppsala (DU RIETZ, 1930). Le critère servant au découpage de la phytosphère est fort différent suivant les deux écoles (les limites entre groupements végétaux peuvent donc être eux aussi très différents). La différence entre les deux approches phytosociologiques apparaît sur la figure 26 empruntée à BRAQUE (1988) : alors que l'école d'Uppsala met l'accent, pour la reconnaissance des groupements végétaux, sur les espèces dominantes dans la physionomie de la végétation (dans un contexte, il est vrai, de pauvreté floristique), l'école sigmatiste reconnaît les groupements végétaux par la présence d'un cortège d'espèces qui leur sont exclusives et qui permettent de différencier un groupement de tous les autres (notion d'espèce différentielle préférée à celle d'espèce dominante), même si elles sont fort discrètes dans le paysage végétal. La différence peut être grande comme dans l'exemple de la figure 26. Il n'est pas toujours si flagrant : les espèces caractéristiques des groupements forestiers désignées par les sigmatistes sont d'ailleurs bien souvent les essences qui dominent ces forêts. La phytosociologie sigmatiste ne s'est pas toujours si aisément affranchie que cela du paysage. Les deux écoles se rejoignent en revanche sur quelques points essentiels qui ont trait à l'organisation spatiale de la végétation et du milieu.

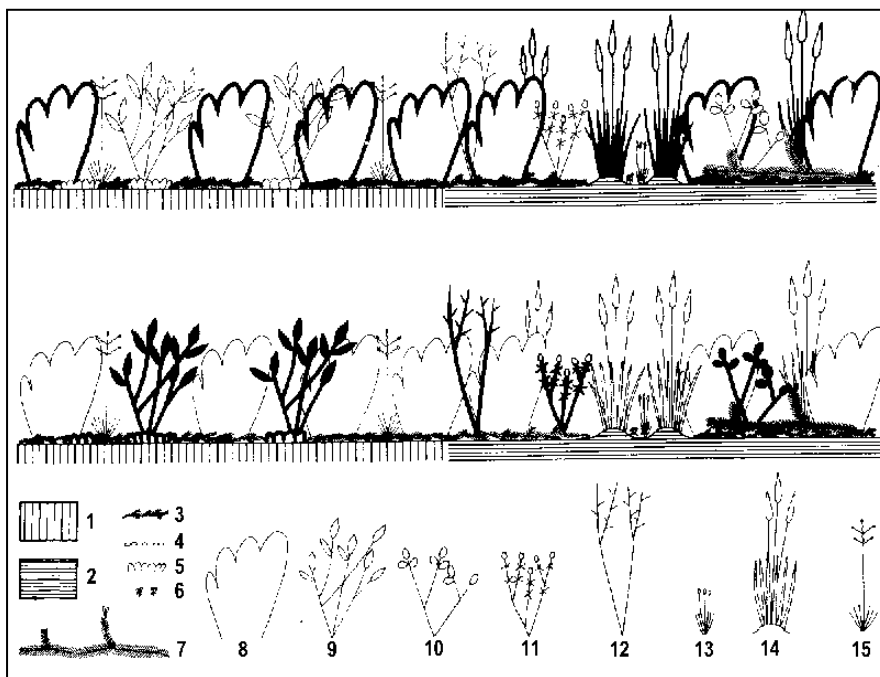


Figure 26 : Deux représentations schématiques d'une lande sèche (à gauche) et d'une lande humide (à droite) dans l'esprit de la méthode des dominantes (A) – école d'Uppsala - et dans celui de la méthode sigmatiste (B) – école züricho-montpelliéraine (source : Braque, 1988).

Les espèces en traits épais sont en A les dominantes de chaque strate, en B les caractéristiques.

- 1- Sol bien drainé ;
- 2- Sol hydromorphe
- 3- *Pleurozium schreberi*
- 4- *Ptilidium ciliare*
- 5- *Cladonia* spp.
- 6- *Sphagnum* spp.
- 7- *Lycopodium clavatum*
- 8- *Calluna vulgaris*
- 9- *Vaccinium myrtillus*
- 10- *Vaccinium uliginosum*
- 11- *Erica tetralix*
- 12- *Genista anglica*
- 13- *Scirpus cespitosus*
- 14- *Malinia caerulea*
- 15- *Deschampsia flexuosa*

Non sans malice, l'écologue catalan Ramón MARGALEF (1968) voyait dans ces querelles qui lui paraissaient un peu dépassées plus un effet de contexte qu'un réel débat scientifique : le « génie des lieux » imposerait en fait pragmatiquement telle ou telle voie pour la description de la végétation :

« Les écosystèmes reflètent l'environnement physique dans lequel ils se sont développés et les écologues reflètent les propriétés de l'écosystème dans lequel ils ont grandi et mûri. Toutes les écoles d'écologie sont puissamment influencées par un *genius loci* qui ramène au paysage local. [...] La végétation en mosaïque des pays méditerranéens et alpins, sujette depuis des millénaires à l'intervention humaine, a assisté à la naissance de l'école de sociologie végétale de Zürich et Montpellier avec BRAUN-BLANQUET comme représentant le plus marquant par sa clarté d'exposé du système. La Scandinavie, avec une flore pauvre, a produit des écologues qui comptent chaque pied et chaque pousse. Il est bien dommage que la forêt tropicale humide, le plus complet et le plus complexe des écosystèmes, n'ait pas eu une place plus importante dans la formation des écologues. Et il est somme toute naturel que les vastes espaces et les lentes transitions de l'Amérique du Nord et de la Russie aient suggéré l'approche dynamique en écologie et la théorie du climax. »⁸³

On pourrait discuter tel ou tel point du tableau de MARGALEF⁸⁴; il a au moins le mérite de nous rappeler que le modèle de la mosaïque n'épuise pas le sujet, il s'en faut de beaucoup, Voilà qui rend évidemment singulièrement dubitatif sur l'universalité de cette structure spatiale en mosaïque. Cela rend aussi d'autant plus urgent de remettre au premier plan la question spatiale pour en restituer toutes les nuances : sur ce point, les catégories proposées par l'écologie du paysage (matrice, corridors, « îles » et « tesselles ») apportent un début de réponse, à mon sens insuffisant.

4.3.3 – L'univers végétal des phytosociologues

Autant qu'au *genius loci*, la construction théorique de BRAUN-BLANQUET (1928), à la fois confirmée et précisée par GUINOCHET (1973), a obéi au projet d'être utile pour l'aménagement et la mise en valeur du territoire, utilité qui tardera à se faire reconnaître. Marcel GUINOCHET est acide en constatant que l'approche proposée est, somme toute, si peu utilisée, ce qu'il met, plus loin dans son texte, sur le compte de l'incompétence en botanique et du refus de s'y former, pierre qu'il lance dans le jardin de nos écoles d'ingénieurs :

« Les exemples de réalisations sont malheureusement encore peu nombreux, les principaux utilisateurs possibles, à savoir les agronomes et les forestiers, ayant, jusqu'à présent, regrettamment fait preuve, dans leur ensemble, d'une extrême réserve, voire, pour beaucoup, d'une franche hostilité à l'égard de la phytosociologie sigmatiste. Cela tient certainement en grande partie à ce que les hommes d'action que sont les praticiens n'ont parfois pas le goût, ce qui est tout à fait leur droit, et presque jamais le temps de se tenir au courant des progrès de la science fondamentale. »

Le préjudice a été un peu réparé, notamment avec les enseignements et les travaux réalisés au sein de l'ENGREF par Jean-Claude RAMEAU dans les années 1980 et 1990. Ceci étant, je reste interrogatif pour l'utilisation de la méthode phytosociologique pour d'autres objectifs que ceux évoqués ci-dessus pour lesquels l'approche statique et d'inventaire est une fin en soi. Je pense en particulier à toutes les questions qui traitent de la biodiversité, pour lesquelles des méthodes à la fois plus précises et plus souples me paraissent devoir être adoptées.

Quoi qu'il en soit, les postulats (ou les présupposés, comme l'on voudra) sur lesquels repose la phytosociologie sont conformes aux « textes d'orientation » des Congrès de botanique du début du XX^e siècle :

⁸³ *Perspectives in Ecological Theory*, p. 26. J'ai assuré la traduction.

⁸⁴ En particulier sur son interprétation de l'écologie nord-américaine dont il gomme quelque peu les aspérités (cf. chapitre 5)

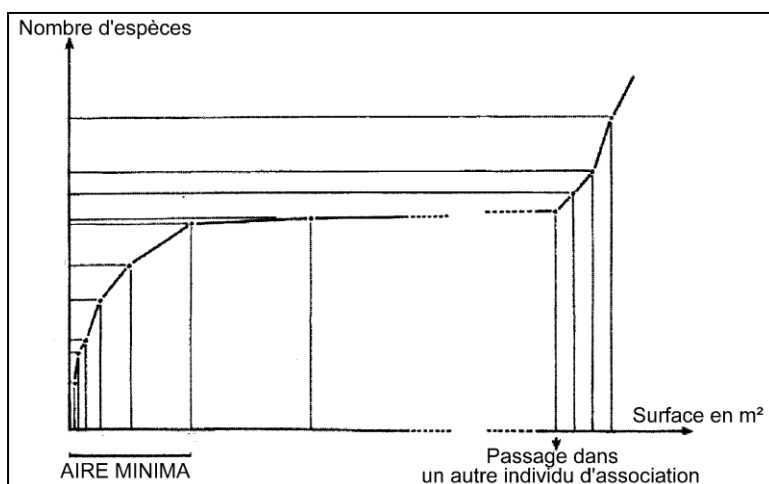
- premier principe : la végétation à travers sa composition floristique est le reflet fidèle du milieu. Il suffit donc d'inventorier les phytocénoses pour avoir un reflet fidèle de la diversité de l'espace bio-physique, ce qui est *a priori* séduisant ;
- le deuxième principe est que les communautés placées dans des conditions mésologiques homologues ont une composition floristique sinon semblable, du moins comprenant le même ensemble d'espèces caractéristiques ; les groupements végétaux seraient donc récurrents dans l'espace, d'où l'objectif d'aboutir à une classification universelle de ces groupements.

Chacune des végétations relevées sur le terrain est ainsi classable en associations, alliances, ordres et classes (catégories emboîtées de la classification proposée). Les « individus d'association » (GUINOCHET, 1973) matérialisent sur le terrain ces entités syntaxinomiques hiérarchisées, dont le rang est en relation avec le degré de généralité de l'habitat (ALEXANDRE *et al.*, 1998). Il apparaît d'emblée discutable de construire une classification hiérarchique des groupements végétaux à l'image de la systématique des êtres vivants, se traduisant par des clefs dichotomiques, comme le propose GUINOCHET (*op. cit.*) :

- « le procédé mental est le même que celui du systématicien qui n'a pas besoin de se remémorer chaque fois toute la diagnose d'une espèce pour en nommer un spécimen dans la nature ».

La rupture de l'interfécondité entre deux lignées qui se séparent pour devenir des espèces n'a pas d'équivalent dans les groupements végétaux puisque tous les intermédiaires peuvent exister entre deux types. En conséquence, le fondement de la classification est une convention commode plutôt qu'une réalité biologique.

Les relevés sont effectués en suivant un protocole expérimental qui consiste à se placer au centre d'une station réputée homogène, et à prospecter en élargissant progressivement l'aire du relevé (d'abord 1 m², puis 4 m², puis 16 m², etc.). Le relevé des espèces de la flore se complète alors jusqu'à saturation progressive de la liste : quand ce palier est atteint, on a alors prospecté « l'aire minimale » de relevé (voir la classique figure 27), qui indique que l'individu d'association est entièrement caractérisé. Cette aire minimale dépend évidemment du type de végétation étudié : en fonction du « grain » de cette végétation (grain grossier des forêts, grain fin des pelouses et des prairies), l'aire minimale à parcourir sera plus ou moins vaste. La figure 27 montre par ailleurs que l'on entre dans un autre individu d'association lorsque, continuant la prospection, le chercheur trouve de nouvelles espèces en grand nombre ; la courbe aire-espèces se redresse alors, signalant que l'on a franchi une discontinuité spatiale. Dans les faits, cette vérification expérimentale de l'existence de ces discontinuités est rarement faite, ce qui est bien dommage, car, de l'aveu même de GUINOCHET, l'existence systématique de limites nettes entre les individus d'association n'existe pas : il



reconnaît, en effet, la présence de transitions, mais propose de les mettre, « dans un premier temps », de côté en commençant l'investigation par les espaces homogènes. Une des ambitions pourrait justement être de passer au deuxième temps ...

Figure 27 : Détermination de l'aire minimale par l'établissement de la courbe aire-espèces. Passage d'un individu d'association signalé par une nette discontinuité dans cette courbe (Source : LACOSTE et SALANON, 1999).

Cette manière de procéder affaiblit assez considérablement le degré de généralisation possible des résultats obtenus par la démarche sigmatiste ; la généralisation spatiale notamment apparaît, à partir de là, bien difficile. Les généralisations des phytosociologues sont fondées sur les observations de relevés empiriquement placés, qui constituent la seule population réelle d'individus d'une association, puisque ceux-ci n'ont pas d'existence hors de ces observations. Il est difficile d'apprécier objectivement à partir de tels échantillons la variabilité des milieux et des flores. La validation de cet échantillonnage est alors pure affaire de praticien, et l'intuition des phytosociologues est alors irremplaçable.

L'échantillonnage est en effet biaisé puisque toute une partie de l'hétérogénéité de l'espace bio-physique étudié est mise entre parenthèses. La vérification de la prédominance dans cet espace des surfaces floristiquement homogènes, clairement délimitables, sur les transitions où les variations floristiques sont progressives n'est pas effectuée. Or, cette prédominance ne paraît pas avérée, les cas de mosaïque apparaissant souvent liés à l'utilisation passée ou présente du sol par les hommes (le maillage est alors celui du parcellaire). En l'absence de cette vérification, les catégories créées par les phytosociologues sigmatistes ne peuvent être validées. En effet, pour reprendre ce que nous écrivions il y a quelques années :

« Les généralisations floristiques des phytosociologues sont fondées sur les observations de relevés qui constituent le seul échantillon d'individus réels d'une association créés à mesure de leur observation. Il est difficile d'apprécier objectivement, en l'absence de population concrète de référence, la représentativité botanique de tels échantillons de relevés, eu égard à la variabilité de la flore, variabilité que l'on sait grande »
(ALEXANDRE *et al.*, 1998b).

Si l'on ajoute à cela, l'histoire troublée des flores et les perturbations introduites par l'homme, on comprend que l'existence de groupements végétaux, clairement délimités, facilement identifiables car récurrents dans l'espace est plus un cas particulier qu'une règle susceptible d'être appliquée à l'ensemble de la géographie de la végétation.

Pour reprendre l'exemple de la figure 26, il est simple de distinguer un ensemble floristique des landes sèches et un ensemble floristique des landes humides. Pour les élever au rang d'association, il faudrait cependant connaître tous les cas intermédiaires, pour savoir si une distinction nette s'établit entre ces deux types de lande ou s'il existe un nombre infini de cas hybrides entre les deux situations très contrastées volontairement choisies. Lorsque la vérification expérimentale a été tentée (GUILLERM, 1969), le résultat a été le suivant : en multipliant les relevés, loin de retrouver des cas déjà connus qui justifieraient l'existence d'une classification, on voit se multiplier les situations intermédiaires. Ainsi les changements progressifs, les continuités semblent-ils l'emporter, y compris à grande échelle, sur les changements tranchés, souvent forcés par les sociétés humaines. Lorsque l'action de ces sociétés se réduit, comme dans les montagnes européennes touchées par la déprise agro-pastorale, les discontinuités nettes au sein de la végétation s'estompent peu à peu et les cortèges floristiques s'interpénètrent, rendant bien difficile la délimitation et l'identification des associations.

4.3.4 – Les ensembles caractéristiques des unités phytosociologiques : classes ou types ?

Une association est individualisée lorsqu'un botaniste a choisi ses espèces caractéristiques, en regroupant les relevés floristiques qui se ressemblent au sein du tableau phytosociologique dont la constitution et l'ordonnement constituent le point d'orgue de la méthode. Les associations sont ensuite regroupées en alliances, ordres et classes en fonction de leurs affinités floristiques, chaque niveau de regroupement étant lui-même identifié par une ou plusieurs espèces caractéristiques.

D'abord manuelles, les analyses comparatives ont épousé les progrès des statistiques ; l'analyse factorielle des correspondances a paru bien adaptée aux tableaux « qualitatifs » de présence-absence des espèces dans les relevés (ROUX et ROUX, 1967, LACOSTE, 1975), bien que sa destination initiale ne soit pas de classer, mais « de mettre en ordre », j'y reviendrai. GUINOCHET (1973) justifie ces analyses qualitatives en argumentant que la présence des espèces a une signification écologique comparable au génotype d'une espèce alors que leur abondance serait seulement « phénotypique ». De fait, les phytosociologues, s'ils notent soigneusement abondance-dominance et sociabilité, ne recherchent guère leur interprétation statistique.

L'un des apports majeurs de la phytosociologie est de souligner la valeur indicatrice des espèces si fidèles à leur habitat qu'elles en deviennent les caractéristiques, alors que les espèces dominantes, chères à l'école d'Uppsala, indiquent moins finement les variations écologiques locales. Comme elle prend pour objet l'ensemble de la flore, la phytosociologie serre de près la diversité de la végétation, au moins dans les localités étudiées. Mais son postulat associatif l'éloigne vite des réalités géographiques. Pour être nettement différenciées, les associations doivent en effet correspondre à des milieux typés et tranchés.

Le « verrou » qui lèverait bien des réticences sur la phytosociologie tient finalement à la volonté des sigmatistes de proposer une classification qui suppose une discrétisation de la végétation et du milieu. Idéalement, une fois le travail de syntaxinomie terminé, chaque combinaison floristique doit trouver sa place dans la nomenclature établie. Cependant, bien plus qu'à une classification, la végétation se prête à une typologie. Il est de fait possible de repérer des ensembles d'espèces apparaissant fréquemment en commun et les méthodes statistiques y aident. La liste des espèces ainsi rapprochées permet de construire des types de végétation auxquels la réalité de terrain correspondra peu ou prou. La phytosociologie pourrait ainsi transposer la méthode de la sociologie de Max WEBER qui s'appuie sur la construction d'idéaux-types permettant de rendre compte d'une réalité sans prétendre l'épuiser. La typologie est aussi très usitée en géographie. Pour prendre un exemple, il est classique en géographie urbaine, de tenter de dresser une typologie des grandes villes. Ainsi peut-on dresser la liste des caractéristiques généralement communes aux grandes villes nord-américaines, avec leurs quartiers centraux d'affaires (*Central Business District*) marqués par les gratte-ciels, les quartiers centraux dégradés qui sont périodiquement réinvestis par la *gentry* et les interminables banlieues pavillonnaires (*suburbs*) s'étendant en tache d'huile (*spread city*). Dans les faits, chacune des grandes villes américaines se conforme plus ou moins au type idéal ; les unes comme Chicago y ressemblant beaucoup, les autres comme Los Angeles en divergeant plus ou moins radicalement. De la même façon, l'association du *Galio odorati-Fagetum*, la hêtraie-sapinière à Aspérule des altitudes montagnardes des montagnes françaises, peut-elle être décrite comme :

« une forêt mélangée de sapins (*Abies alba*) et de hêtres (*Fagus sylvatica*) et, plus rarement, d'épicéas (*Picea abies*), d'érables et de sorbiers, installée sur des sols bruns forestiers à mull ou moder. La strate herbacée très diversifiée est caractérisée par l'Aspérule (*Galium odoratum*), la grande Fétuque (*Festuca altissima*) et, localement, en bas de pente sur colluvions par la Mercuriale (*Mercurialis perennis*). » (Base CORINE – Biotopes ; code 42-12)

Ce type de forêt s'identifie de fait aisément, par exemple à la sortie d'Annecy, sur le versant du mont Semnoz (figure 28). Cette forêt présente cependant des différences entre 600 et 1200 m d'altitude : la proportion respective de *Fagus sylvatica* et d'*Abies alba* s'inverse et la strate herbacée, très riche en bas de versant s'appauvrit vers le sommet. Faire appel à la typologie phytosociologique a été utile à un moment de la description mais seule une partie de l'information spatiale a été traitée. Ce type d'utilisation que je qualifierais, faute de mieux, de « souple » de la phytosociologie sigmatiste se retrouve par exemple dans la démarche adoptée par Marcel BOURNERIAS pour son *Guide des*

groupements végétaux de la Région parisienne (BOURNERIAS, 1983)⁸⁵. Ceci étant, cela ne règle pas la question de l'organisation spatiale conjointe de la végétation et du milieu.



Figure 24 : Mont Semnoz (900 m) - Individu d'association du Galio odorati-Fagetum (Photographie : Frédéric Alexandre, 2004).

Physionomie : Hêtraie-sapinière en futaie haute et régulière.

Arbres et arbustes : *Abies alba* ; *Acer campestre* ; *Acer pseudoplatanus* ; *Corylus avellana* ; *Fagus sylvatica* ; *Fraxinus excelsior* ; *Picea abies* ; *Sorbus aria* ; *Sorbus aucuparia* ; *Tilia platyphyllos* ; *Viburnum lantana*.

Buissons, lianes et micro-ligneux : *Crataegus monogyna* ; *Euphorbia amygdaloides* ; *Hedera helix* ; *Ilex aquifolium* ; *Lonicera alpigena* ; *Lonicera nigra* ; *Lonicera xylosteum* ; *Ribes alpinum* ; *Rosa pendulina* ; *Rubus fruticosus* ; *Rubus idaeus* ; *Vaccinium myrtillus* ; *Vaccinium vitis-idaea*.

Herbacées : *Alchemilla alpina* ; *Alchemilla xanthochlora* ; *Anemona nemorosa* ; *Aruncus dioicus* ; *Asperula odorata* ; *Cardamine heptaphylla* ; *Carex digitata* ; *Carex sylvatica* ; *Convallaria maialis* ; *Festuca sp.* ; *Fragaria vesca* ; *Hieracium murorum* ; *Lamium galeobdolon* ; *Lathyrus vernus* ; *Luzula sylvatica* ; *Maianthemum bifolium* ; *Melica uniflora* ; *Mercurialis perennis* ; *Moehringia muscosa* ; *Mycelis muralis* ; *Oxalis acetosella* ; *Paris quadrifolia* ; *Phyteuma spicatum* ; *Polygonatum verticillatum* ; *Trollius europaeus* ; *Viola riviniana*.

Fougères : *Asplenium trichomanes* ; *Athyrium filix-femina* ; *Dryopteris filix-mas*

Assimiler les unités à des types a, en effet, l'inconvénient de consacrer la « déspatialisation » de la phytosociologie. La cartographie, dont il faut rappeler qu'elle a longtemps été l'objectif majeur des phytosociologues devient alors vite un exercice impossible ou déviant du but initial. La carte phytosociologique au 1/20 000e de Pontarlier par GUINOCHET (1955, in GUINOCHET, 1973) ne révèle en rien la mosaïque des milieux ; elle se révèle en revanche une excellente carte de la dynamique des paysages, ce qui est paradoxal si l'on se rappelle la dureté du jugement des phytosociologues sur les approches physionomiques mais guère étonnant lorsque l'on prend en compte l'échelle de la carte.

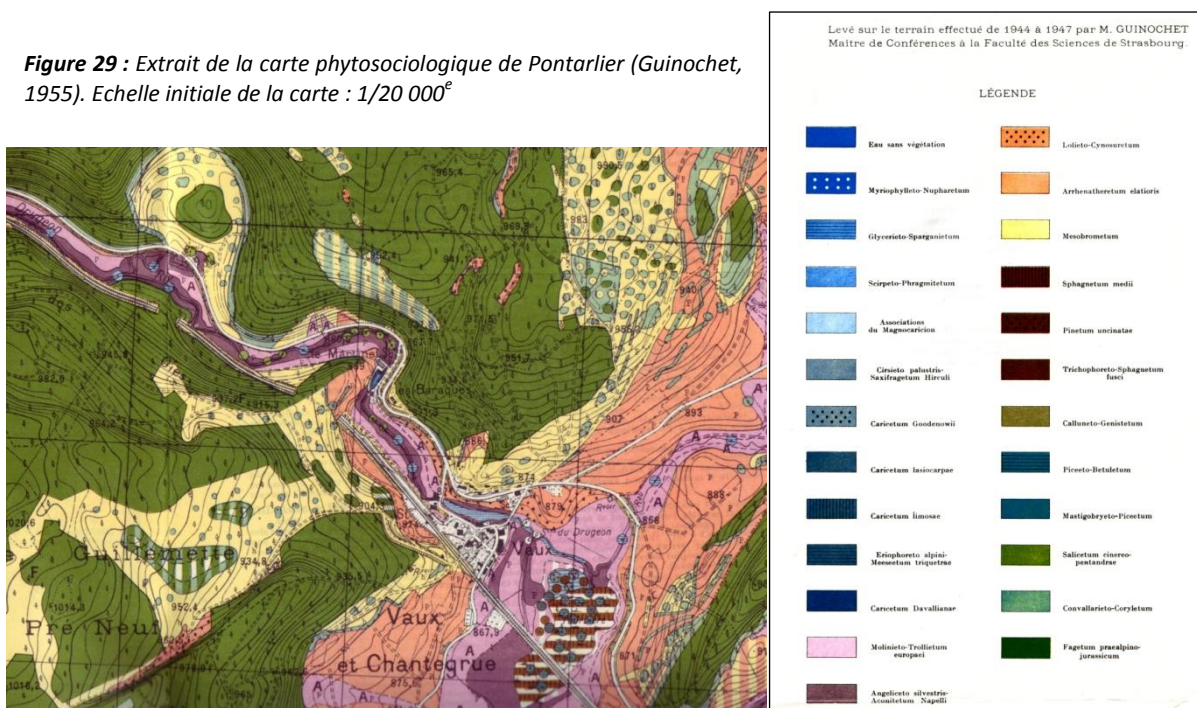
Le secteur de Vaux-et-Chantegrue⁸⁶ (fig. 29) peut être pris en exemple. Les reliefs jurassiens de monts y apparaissent couverts par une seule association, la hêtraie-sapinière (dénommée, par

⁸⁵ Les versions anciennes de ce *Guide* se conforment mieux à ce point de vue que la dernière édition (BOURNERIAS, ARNAL, BOCK, 2001).

⁸⁶ Étudié dans le cadre d'un stage des étudiants de 3^e année de l'IUP Environnement (Option Espace et Milieux) en mars 1997. L'étude botanique dont j'avais assuré l'encadrement avec Christian SOUCHON pouvait s'appuyer sur cette carte de 1955 notamment en ce qu'elle montrait un état du paysage une trentaine d'années avant que nous l'observions, permettant de mesurer la progression de l'enfrichement des versants et l'avancée des conifères.

GUINOCHET, *Fagetum praealpino-jurassicum* ce qui ne la différencie pas du *Galio odorati-Fagetum* évoqué ci-dessus), ce qui laisse supposer une bien extraordinaire et à vrai dire improbable homogénéité écologique de ce secteur accidenté du Jura. Même sentiment d'homogénéité sur de vastes superficies sur les parties basses de ces versants couverts par une pelouse calcicole (*Mesobrometum*) qui semble en voie d'abandon par le pastoralisme (piquetés par des bosquets de chênes pubescents et de noisetiers du *Convallarieto-Coryletum* voire de hêtres lorsqu'ils sont plus anciens) et dans le val où la prairie mésophile mieux entretenue (*Arrhenateretum eliatoris*) cède ensuite la place à la prairie hygrophile à Molinie (*Molinieto-Trollietum europaei*). Cette simplicité qui est loin de couvrir la diversité stationnelle cède la place à une extrême précision dès que l'on arrive, à proximité des sources du Dugeon, dans un secteur de tourbières où l'on dénombre alors près d'une dizaine d'associations parfois monospécifiques. Le niveau d'informations choisi semble donc différer suivant le type de milieu, suivant qu'ils ont été étudiés en détail ou non par les botanistes. Tout ceci constitue somme toute une tentative cartographique riche ... à la condition de sortir des canons de la théorie sigmatiste. Et cela ne règle pas l'analyse de l'hétérogénéité du couvert végétal.

Figure 29 : Extrait de la carte phytosociologique de Pontarlier (Guinochet, 1955). Echelle initiale de la carte : 1/20 000^e



Somme toute, faute d'un plan d'échantillonnage adapté aux exigences de la cartographie, les phytosociologues en reviennent à une délimitation de leurs unités fondée sur la physionomie de la végétation dont ils dénoncent par ailleurs le caractère trompeur. Alain LACOSTE et Robert SALANON (2001) le reconnaissent lorsqu'ils défendent l'universalité du modèle spatial de la mosaïque d'unités discrètes :

« L'observation de la végétation à ses divers niveaux de perception, soit directement sur le terrain, donc aux plus grandes échelles (niveaux stationnels et local), soit, aux échelles plus petites, par le biais d'images aériennes classiques ou par satellites, permet la reconnaissance de discontinuités plus ou moins tranchées, délimitant des unités différenciées, au moins sur la base de caractères physionomiques (structure, densité, couleurs, etc.). »

René BRAQUE (1988) part exactement du raisonnement inverse pour justifier le même modèle, estimant que l'impression visuelle va plutôt dans le sens de changements graduels au sein du paysage :

« L'impression de continuum ressentie sur le terrain à un stade préliminaire de l'étude détaillée des formations, se révèle dans bien des cas un artefact ; un examen plus approfondi ne laisse aux pseudo-continuum qu'une

signification transitionnelle dans l'espace et dans le temps ; ils correspondent à des mosaïques à petites mailles, des mélanges, des stades fugaces d'évolution. Les auteurs qui refusent de voir dans les faits de cohabitation des espèces le simple résultat du hasard, et accordent du poids à l'information écologique apportée par l'analyse floristique de la biosphère, rejettent le postulat du continuum et voient dans les formations des complexes organisés d'unités discrètes (au sens mathématique) de végétation, d'assiette territoriale d'ailleurs fort inégale. »

Dans un cas comme dans l'autre, le problème me semble moins une question de « postulat » du continu ou du discontinu que de moyens que l'on se donne pour analyser l'hétérogénéité de la végétation : on a alors besoin d'un modèle de départ qui envisage que celle-ci soit maximale, ce que le modèle de la mosaïque d'unités discrètes n'autorise pas puisqu'il présuppose que l'on peut toujours parvenir à des unités homogènes.

4.3.5 – L'impossible système hiérarchique

Je m'éloigne un instant de la question de l'analyse spatiale du couvert végétal qui m'intéresse directement pour aborder une question connexe qui court à travers tous les systèmes de lecture de la végétation et de la biosphère, celui du classement hiérarchique des unités créées. Le détour est nécessaire car cette question gagnerait à être à nouveau articulée avec la question spatiale dans les débats concernant les échelles d'analyse (AUGER, BAUDRY et FOURNIER éd., 1992). *A priori*, les unités phytosociologiques ne sont pas spatiales, même si, à travers la volonté toujours présente de cartographier, l'ambiguïté demeure. Il s'agit bien d'unités biologiques constituées d'espèces regroupées en fonction de leur fréquence d'apparition dans les communautés végétales. Le processus de révélation de la hiérarchie de ces unités s'établit, en théorie, lorsque le chercheur réarrange les lignes (les espèces) et les colonnes (les relevés) de son tableau phytosociologique. Idéalement, s'il a suivi les règles, il doit obtenir un tableau final ressemblant au modèle théorique du tableau 5. Les espèces s'y rangent « naturellement » en fonction de leur spécialisation plus ou moins grande dans un type de végétation et un type de milieu : la hiérarchie doit s'imposer d'elle-même. Pour prendre un exemple concret, sur un ensemble de relevés effectués dans la partie méditerranéenne de mon terrain de thèse dans l'arrière-pays bitterrois, le pays d'Orb et la montagne de l'Espinouse (cela pourrait être mes relevés si je les avais effectués suivant le plan d'échantillonnage et le protocole des phytosociologues) dans la végétation arborée ou arbustive de l'arrière-pays méditerranéen pour laquelle Braun-Blanquet a créé la classe du *Quercetea ilicis* (synonyme de ce que Julve nomme *Pistacio-lentisci-Rhamnetea lentisci*⁸⁷), pourrait-on distinguer les espèces qu'on ne trouve que dans les maquis fermés (ordre du *Quercetalia ilicis*) de celles que l'on rencontre dans les maquis plus clairs où apparaissent des héliophiles (ordre du *Pistacio lentisci-Rhamnetalia alaterni*). Au sein de ce dernier ordre, certaines espèces ne se rencontrent que dans les communautés sur substrat acide (alliance de l'*Ericion arborae*), d'autres seulement dans les garrigues à Chêne-vert et à Chêne-kermès sur rochers et corniches souvent calcaires (alliance du *Rhamno lycioidis-Quercion cocciferae*)⁸⁸. Et au sein de chacune de ces deux alliances, chaque type de stations pourrait être identifié par un cortège qui lui est original et constituant l'ensemble caractéristique de chacune des associations croissant dans ces milieux.

Si l'on construit son tableau en aveugle et non guidé par la nomenclature existante⁸⁹, on a bien du mal à choisir une logique pour la réunion des espèces aux différents niveaux hiérarchiques, ceux-ci ne surgissant pas de façon si évidente que cela. Le groupe de travail qui a conçu le *Prodrome des végétations de France* dit avoir procédé :

⁸⁷ Je m'en tiendrai là dans les synonymies car, comme le dit BRAUN-BLANQUET (1933), citant FLAHAULT et SCHRÖTER (1910) : « La nomenclature est une aide pour la science et son but est de faciliter son progrès. Sa fonction est essentiellement et même entièrement pratique. [...] Ceux qui prétendent à travers elle à l'érudition et au pédantisme sont sans utilité pour la science et devraient être ignorés ».

⁸⁸ Dénominations des classes, ordres et alliances tirées du *Prodrome des végétations de France* (BARDAT *et al.*, 2004).

⁸⁹ Règles actualisées dans WEBER *et al.* (2000) ; les grandes subdivisions pour la France sont présentées dans : GUINOCHET et DE VILMORIN (1973-1984), RAMEAU *et al.* (1989, 1993), BARDAT *et al.* (2004).

« Sur la base des critères classiques de progression sociologique de BRAUN-BLANQUET et aussi selon diverses considérations physiologiques, structurales, synécologiques et syndynamiques » (BARDAT *et al.*, 2004) ...

Voilà qui est bien vague. Doit-on d'abord tenter de rassembler les groupements intégrés dans une même série dynamique ? Doit-on plutôt privilégier les critères écologiques ? Dans les faits, la nomenclature s'est construite peu à peu à partir de choix successifs parfois contradictoires qui ont épousé tantôt l'une, tantôt l'autre de ces logiques. Souvent, c'est la plus inattendue d'entre elles, la logique physiologique, qui a prévalu ... Comme dans les tentatives cartographiques. La plus inattendue puisque, au départ, BRAUN-BLANQUET et FURRER (1913) voulaient s'en affranchir. On comprend alors les réticences de Georges MANGENOT sur cette construction hiérarchique, réticences exprimées dans la préface de la Flore de France (GUINOCHET et DE VILMORIN, 1973-1984) :

« ... Il est bien évident que, dans l'état actuel de la science, on est encore très loin de connaître les tempéraments des quelques 4 300 espèces de la flore de France ; par conséquent, indiquer pour chaque espèce, l'association dans lequel elle vit, est pour le moment, la seule information possible concernant son écologie. Je suis à cet égard, complètement d'accord, sur le fond, avec mon ami GUINOCHET, tout en ne l'étant pas sur la forme : pour chaque espèce, en effet, a été indiquée, non pas l'association à laquelle elle appartient, mais l'alliance, l'ordre ou la classe ; or, ces notions d'alliances, d'ordre ou de classe sont moins concrètes, moins précises, que celles d'association ; dans les classifications phytosociologiques, comme dans les classifications taxinomiques hiérarchisées, l'unité devient de moins en moins objective et de plus en plus discutable, ainsi qu'on l'a noté plus haut, à mesure que son rang est plus élevé. »

Tableau 5 : Tableau phytosociologique final théorique		Ensembles de relevés								
		R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9
ENSEMBLES CARACTERISTIQUES D'ASSOCIATION (identifiées par suffixe en <i>-etum</i>)	Ensemble association a									
	" " b									
	" " c									
	" " d									
	" " e									
	" " f									
	" " g									
	" " h									
	" " i									
ENSEMBLES CARACTERISTIQUES D'ALLIANCE (suffixe en <i>-ion</i>)	Ensemble alliance 1									
	" " 2									
	" " 3									
	" " 4									
ENS. CARACT. D'ORDRE (suffixe <i>-etalia</i>)	Ensemble ordre A									
	" " B									
CARACT. CLASSE (<i>-etea</i>)	Ensemble classe I									
AUTRES ESPECES (ubiquistes ou très disséminées)										

Le problème se situe malheureusement aussi à la base de la classification où il est souvent bien difficile de trouver un ensemble caractéristique pour chacune des nuances du milieu ; la coïncidence station-association ne s'impose pas, là encore, d'évidence. On ne retrouve en fait d'espèces très spécialisées que dans des biotopes bien particuliers où de fortes contraintes ont éliminé les espèces de valence écologique plus ample. Ce sont ainsi bien souvent les milieux azonaux qui sont bien décrits par la méthode sigmatiste mais ils ne constituent qu'une petite partie de l'espace bio-physique. Cette différence est remarquable sur l'exemple du secteur de Pontarlier

cartographié ci-dessus (figure 29) où une station de tourbière porte une dizaine d'associations tandis qu'un chaînon montagneux n'en porte qu'une. Les associations correspondraient ainsi suivant les cas soit à un niveau infra-stationnel, soit à un niveau supra-stationnel. La solution qui consiste à considérer les groupements qui transgressent les stations comme représentatifs non d'une association mais d'une alliance n'est qu'un leurre car elle masque l'abandon de toute une partie de l'information : incapables de faire coïncider l'hétérogénéité de la végétation avec le modèle de la mosaïque, on lui substitue une entité homogène ... Quitte d'ailleurs à corriger les choses par un texte : ainsi, dans la notice sommaire qui accompagne la carte de Pontarlier, GUINOCHET consacre-t-il un très long paragraphe aux différents faciès de la hêtraie-sapinière (*Fagetum praealpino-jurassicum*), faciès entre lesquels il y a des différences floristiques mais pas suffisamment tranchées pour se matérialiser en ensembles caractéristiques d'associations. Au fond, dans tout cela, c'est bien le modèle de la mosaïque qui est en cause s'avérant trop rigide et univoque.

4.4 – Rendre compte de l'hétérogénéité de la biosphère en général et de la végétation en particulier

4.4.1 - A grande échelle, la mosaïque est un cas de figure non la règle

Je ne comprends pas bien, en fait, l'intransigeance des auteurs qui se font les partisans résolus d'une biosphère structurée par le maillage dense des limites entre les biocénoses (identifiées par leur composante végétale) : celle-ci ne correspond guère à ce qui est observé. Pourquoi ne pas plus simplement reconnaître le caractère conventionnel de certaines césures : les mathématiciens ne s'y prennent pas autrement lorsqu'ils opèrent une discrétisation au sein d'une série continue (à charge pour eux de justifier les critères de discrétisation) ? Un découpage de convenance, destiné à faire comprendre la réalité, est acceptable ... S'il est complété par d'autres analyses qui s'intéressent à l'information qui a été mise « entre parenthèses ».

D'autre part, il me semble qu'il faut remettre en cause la coïncidence entre la structure spatiale des biocénoses et celle des facteurs physiques dont celles-ci dépendent :

« A partir du moment où sont admises l'existence de discontinuités floristiques, et leur coïncidence au moins partielle avec des discontinuités écologiques, l'établissement d'une typologie des groupements végétaux reflétant les variations du milieu devient possible et nécessaire. » (BRAQUE, 1988)

Dans le domaine des paramètres écologiques organisateurs de la biosphère plus encore que pour la végétation, à toute échelle, le discontinu est plus l'exception que la règle, les variations progressives l'emportant le plus souvent (paramètres climatiques, paramètres édaphiques dépendant des systèmes de pentes, ...). Encore faut-il préciser que les discontinuités qui peuvent être reconnues, sont moins des limites séparant des unités homogènes, que des changements de rythme dans des variations graduelles : ces discontinuités séparent donc le plus souvent des ensembles spatiaux hétérogènes. Au sein de ces unités, ce sont des changements réguliers qui créent, au-delà de certains seuils, un changement plus net, conformément à la théorie des discontinuités de Roger BRUNET (1967) pour qui la croissance graduelle d'un des paramètres du système peut engendrer des discontinuités dans l'évolution ou la distribution spatiale d'un élément de ce système (point 2 de sa théorie qui en comporte 17). Pour reprendre l'exemple du Languedoc étudié au cours de ma thèse) :

« Le changement de flore observé en quelques kilomètres lorsque l'on descend le rebord méridional du Massif Central peut être interprété comme le franchissement d'un seuil biologique au-delà duquel les besoins hydriques des espèces mésophiles de la flore atlantique ne sont plus satisfaits : il s'agit bien d'un seuil d'extinction de cette flore et d'un seuil de manifestation de la flore méditerranéenne qui s'y substitue. » (ALEXANDRE et GENIN, 2008a)

Il serait plus sage de considérer qu'il n'y a pas, dans la biosphère, de « postulat » : ni postulat du continuum, ni postulat de l'existence généralisée d'unités discrètes. Je ferai du terme de

continuum un autre usage (cf. introduction de la deuxième partie) que celui de modèle descriptif ; suffisamment englobant pour saisir toutes les figures possibles, il est un bon modèle de travail. Pour étudier l'organisation spatiale de la biosphère, il convient donc d'améliorer la qualité des observations géographiques pour mieux capter la subtile information que nous livrent les structures spatiales plus complexes et variées que dans les modèles : il existe ainsi, sur le terrain, une infinité de gradations entre la limite nette entre deux unités homogènes et la transition progressive parfois étalée sur des centaines de kilomètres. Quant à la question de la coïncidence entre structure spatiale des biocénoses et structures spatiales des paramètres écologiques, il faut admettre là-aussi que tous les cas de figures peuvent exister : un état suffisamment contraignant d'un paramètre ne laissant subsister qu'un nombre restreint d'espèces très spécialisées (formant donc une biocénose homogène), un paramètre dont la variation est continue mais provoquant, au-delà d'un certain seuil, un des changements majeurs dans la biosphère, un paramètre présentant des discontinuités passant inaperçues des êtres vivants, etc.

4.4.2 – Flore et végétation : un problème d'échelle

Quel(s) modèle(s) pour décrire la biosphère aux différentes échelles ? La question est somme toute une question de morphologie spatiale (GRASLAND, 2008) ce qui renvoie à certains aspects de la théorie du mathématicien René THOM, théorie dont il est d'ailleurs fait grand usage chez les géographes (*in* ALEXANDRE et GENIN éd.s., 2008) comme chez les écologues (AUGER, BAUDRY, FOURNIER éd.s., 1992, GODRON et JOLY, 2008). Des règles de la genèse des formes qu'établit René THOM (1981), il peut être retenu l'idée générale selon laquelle des structures fortes apparaissent à certaines échelles. Ces structures sont assez faciles à identifier (visuellement) si l'on se réfère au paysage [échelle entre l'hectomètre et le kilomètre] comme le font GODRON et JOLY (2008) :

« Les types de paysage [échelle entre le kilomètre et la dizaine de kilomètres] s'inscrivent essentiellement dans le cadre des activités humaines à l'échelle locale, les familles de paysage [échelle de la dizaine de kilomètres à la centaine de kilomètres] sont liées à la géomorphologie et aux secteurs écologiques, les ordres de paysage [échelle de la centaine de kilomètres au millier de kilomètres] dépendent des climats régionaux et les classes de paysage sont à l'échelle du continent. »

Des correspondances peuvent être trouvées avec les échelles de grandeur de l'analyse géographique proposée par Yves LACOSTE (2003). Cependant, on vient de le voir, le paysage entretient avec la composition floristique de la végétation des relations ambiguës et complexes qui invite à envisager, dans un premier temps, le problème séparément (il faudra bien, au bout du compte, revenir à l'articulation physionomie / flore : cf. 3^e partie). Pour la flore, les choses sont moins simples et les structures spatiales ne s'imposent pas d'elles-mêmes, correspondant parfois aux structures visuelles du paysage et parfois non : il faut, en somme, partir à leur recherche. Oui mais à quelle échelle doit-on placer son analyse puisque cette échelle n'est pas connue d'avance ? Prosaïquement, quelle taille le relevé sur lequel les informations seront collectées doit-il avoir ?

Pour le savoir, il faut dans une dimension de l'espace, expérimentalement faire varier la maille et voir pour lesquelles d'entre elles une structure spatiale surgit. L'expérience a été tentée par Hacène AREZKI⁹⁰ sur un des transects qu'il a suivi dans le Haut-Atlas marocain. Partant du constat que les variations de détail de la flore n'étaient plus perceptibles si l'on effectuait des relevés d'une taille supérieure à 50 m, il a augmenté peu à peu la maille : jusqu'à une longueur de relevés de 500 m, la même structure spatiale apparaît. Elle s'estompe au-delà, les différences entre relevés étant progressivement gommées si l'on passe à des relevés de 1 kilomètre de long. Ainsi deux niveaux d'organisation apparaissent-ils : l'un à grande échelle, observable par des relevés de 50 m ou moins,

⁹⁰ Thèse à soutenir sous la direction de F. ALEXANDRE et M. COHEN. Les résultats de cette expérience n'ont pas encore été publiés, mais font l'objet d'un article en cours d'élaboration (auteurs : AREZKI, ALEXANDRE et GODRON).

l'autre à plus petite échelle que des relevés de quelques centaines de mètres de long permettent d'analyser. Deux niveaux d'hétérogénéité sont ainsi mis en évidence. Cependant, ce résultat obtenu dans la montagne marocaine est-il généralisable ?

Cette expérience (lourde à mener) semble correspondre aux observations menées un peu partout dans le domaine méditerranéen et tempéré de « l'ancien monde ». Elle invite à adopter la distinction opérée par GODRON (in GODRON et JOLY, 2008) entre micro-hétérogénéité et macro-hétérogénéité. En adaptant un peu son point de vue, les deux échelles d'analyse définissent en quelque sorte une hétérogénéité infra-paysagère et une hétérogénéité supra-paysagère. Suivant les végétations, l'une l'emportera ou l'autre. Une autre manière d'exprimer les choses est de faire référence à la taille moyenne des éléments (pas obligatoirement homogènes) définissant le grain de la végétation (GODRON, 1982), à rapporter au grain du milieu et au grain du paysage (« les anglophones attentifs qui évitent d'employer les expressions "small scale" et "large scale" parce qu'elles ne correspondent pas à la grandeur réelle des échelles cartographiques, disent qu'un paysage est "fine grained" ou "coarse grained" », GODRON et JOLY, 2008). Ceci ouvre la voie vers d'autres manières d'explorer la végétation dans ses rapports avec le milieu et avec l'occupation humaine. Pour citer à nouveau Michel GODRON :

« Le grain se mesure facilement grâce à des transects constitués de quelques dizaines de segments consécutifs de taille égale suivis de calculs de quantités d'information. »

Les propositions contenues dans le chapitre 6 tentent de mettre en œuvre à l'échelle régionale cette préconisation. Les chapitres qui suivent en montrent ensuite quelques exemples de mise en application qui dessinent une morphologie spatiale du couvert végétal.

Chapitre 5

Modèles alternatifs : continuum, *gradient analyses* ...

La vision d'une biosphère divisible en une infinité d'unités élémentaires délimitables et cartographiables, les stations, identifiées par les groupements végétaux qu'elles portent, puis regroupées en unités de rang supérieur, suivant un principe équivalent à la classification du vivant, parvenant au sommet de la hiérarchie, au planisphère des grands biomes terrestres et au découpage en étages pour la troisième dimension de l'espace planétaire n'est pas la seule manière de concevoir les choses, on vient de l'entrevoir. On se souvient de l'intuition de DE CANDOLLE (chapitre 1) qui, dans la première moitié du XIX^e siècle, soulignait l'infinité de combinaisons présentées à la fois par les conditions du milieu et par la composition botanique de la végétation, ceci aussi bien dans l'espace que dans le temps. La dominance de la théorie du climax d'une part, de la phytosociologie sigmatiste d'autre part, a, par la suite, semblé balayer ces arguments sur la complexité du phénomène étudié.

Il n'a pourtant pas manqué, au XX^e siècle, de travaux remettant en question le trop grand simplisme des modèles établis. Les uns s'en sont tenus à une application plus souple, voire réformée (cf. phytosociologie synusiale⁹¹) des modèles en place, d'autres ont mené une critique beaucoup plus radicale qui a finalement conduit, par exemple, à la disqualification du modèle spatio-temporel du climax ou à l'adoption de nouveaux concepts, l'écosystème notamment. Ce bouleversement n'a pourtant pas fondamentalement porté sur la remise en cause des implications spatiales de ces modèles. On a plutôt assisté à un désintérêt pour les questions géographiques en écologie et à une certaine réduction de la biogéographie aux seules questions chorologiques, plutôt en articulation d'ailleurs avec des questions d'histoire de la biosphère qu'avec l'étude de son état actuel ou futur. Or, celui-ci soulève suffisamment de questions importantes, notamment autour de ce qu'il est aujourd'hui convenu de nommer biodiversité, pour que nous fassions flèche de tout bois, éventuellement en brisant les vieux carcans, pour dresser le portrait le plus précis et le plus fidèle de cet état. En revenant sur l'apport de certaines écoles (école du Wisconsin, CEPE de Montpellier), il peut être alors proposé un moyen d'investigation simple et utile de la végétation à l'échelle régionale, ce qui sera développé en deuxième partie. Auparavant, je voudrais revenir sur la marginalisation des questions spatiales en écologie végétale (5.1) et sur la façon dont les modèles alternatifs se sont mis en place (5.2, 5.3, 5.4).

5.1 - Marginalisation de la géographie botanique

5.1.1 – *Organicisme ou systémisme, il faut choisir*

Le XX^e siècle a vu se succéder deux conceptions, *a priori* inconciliables, sur la nature de la biosphère : elle a d'abord été considérée comme un *supra-organisme*, ensemble de supra-

⁹¹ En mettant l'accent sur les synusies, communautés végétales fortes, occupant un élément bien particulier de l'espace ou d'une formation végétale, parfois de façon fugace, l'école de la phytosociologie synusiale (GILLET, DE FOUCAULT et JULVE, 1991) offre une solution intéressante et souple pour l'étude de la micro-hétérogénéité de la végétation. Imposent-ils pour autant un changement de paradigme, comme ils l'affirment ? Je ne le pense pas.

organismes de tailles plus modestes, puis, comme un *système*, au sein duquel on peut, pour les besoins de l'étude, considérer des sous-systèmes, les écosystèmes⁹². Il y a bien entendu des implications spatiales à ces choix sur la nature de la biosphère. Il est en fin de compte beaucoup plus facile de concevoir un monde morcelé si chacune des pièces qui le composent sont des supra-organismes, ce qui implique une cohérence interne et des contours plus ou moins nets, ces supra-organismes n'étant pas des ectoplasmes. Un système (surtout un système ouvert comme l'écosystème) peut avoir une émergence spatiale mais ceci n'implique nullement qu'il y ait des limites nettes pour les matérialiser.

Alors que la deuxième proposition qui s'est constituée par opposition à la première est, aujourd'hui, universellement adoptée à la satisfaction de chacun, on trouve des réminiscences de la première façon de concevoir les choses, voire parfois un retour en force de l'organicisme comme par exemple avec le crédit accordé à l'« hypothèse Gaïa » de James LOVELOCK, hypothèse que certains écologues bien intentionnés relaient n'identifiant pas vraiment la différence entre Gaïa et l'écosphère. Non que les écologues en soient tous revenus au panthéon, mais la métaphore leur paraît convaincante. Ceci me semble en désaccord avec le projet de TANSLEY (1935) lorsqu'il fonde le concept d'écosystème par opposition à l'organicisme du système des formations végétales / biomes de CLEMENTS. Je rappelle ici le titre explicite de son article : *Use and abuse of Vegetational Concepts and Terms*.

L'identification de la biosphère à un ensemble parcouru de multiples discontinuités a en effet été renforcé par le recours au discours métaphorique ou analogique, comme le note Christian LEVEQUE (2001) :

« [En écologie], beaucoup d'idées [sont nées] comme des métaphores et des analogies, en tirant des leçons d'une série d'expériences dans un domaine, pour les appliquer à d'autres domaines. [...] Bien que n'ayant pas valeur démonstrative, analogies et métaphores se retrouvent en amont et en aval de l'administration de la preuve : en amont, dans l'invention de l'hypothèse, en aval dans la communication didactique (ACOT, 1988). L'analogie est de l'ordre de l'image et établit des parallèles entre deux phénomènes distincts, mais du même ordre – l'un bien connu et maîtrisé, l'autre davantage opaque et mystérieux – jetant ainsi une passerelle du connu vers l'inconnu. [...] La métaphore opère entre des phénomènes d'ordres différents, consistant par exemple, à comparer un cerveau et un ordinateur. »

La métaphore organiciste consiste ainsi à assimiler les biocénoses – et, singulièrement, les communautés, végétales – à des organismes vivants, naissant, vivant, puis devenant sénescents et mourant. Sur ce point, la théorie du botaniste américain Frederic E. CLEMENTS reste encore prégnante, même si toute une partie de cette théorie est aujourd'hui considérée comme obsolète. Il est ainsi surprenant de voir encore aujourd'hui la métaphore ressurgir, y compris chez des auteurs se référant au systémisme alors que l'incompatibilité entre les deux conceptions me semble nette.

De ces premières études sur la phytogéographie du Nebraska à celles sur l'Arizona, CLEMENTS a fondé ses théories sur des observations botaniques menées dans l'Ouest américain. On retient généralement de CLEMENTS la théorie du climax (*cf.* chapitre 1) ; plus globalement, il apparaît comme le promoteur d'une vision organiciste et discontinuiste de la biosphère. Les principes généraux de sa théorie sont exposés au début de son maître ouvrage *Plant Succession* (1916). CLEMENTS y assimile la formation végétale à un organisme qui naît et vit pour atteindre un stade adulte, stade « idéal de retour à la Nature » où la formation se stabilise par substitution continue des individus morts par des individus jeunes appartenant aux mêmes espèces. Les conséquences spatiales de la théorie de

⁹² La biosphère est d'ailleurs conçue comme l'écosystème planétaire chez beaucoup d'auteurs. Ramade (2002, *Encycl. Univ.*) ne dit pas autre chose lorsqu'il parle assimile biosphère et écosphère. Ce flou assumé autour de l'échelle de l'écosystème témoigne de la déspatialisation de la notion d'écosystème.

CLEMENTS sont dès lors claires : la phytosphère est composée de super-organismes vivants et structurés, possédant donc des contours :

« La formation végétale est un organisme complexe, qui possède fonctions et structures ; c'est une unité organique. [...] La végétation est la somme totale des plantes qui couvrent une aire [mais] elle est plus qu'un simple groupement de plantes individuelles. Elle est le résultat de l'interaction de nombreux facteurs. Les effets des plantes sur le lieu dans lequel elles vivent et leur influence les unes sur les autres sont particulièrement significatifs. [...] L'étude de la végétation révèle qu'elle est une *entité organique* et que, comme un organisme, chaque partie est interdépendante vis-à-vis de chaque autre partie [...] Comme tous les organismes, la végétation naît, se développe, atteint sa maturité, se reproduit et peut éventuellement mourir [...] Comme tous les organismes, la végétation n'est pas seulement soumise à un développement ; elle possède aussi une structure. »

... Une structure et une enveloppe qui, si elle n'est pas charnelle, s'exprime néanmoins dans des limites nettes et une cohérence interne qui expliquerait une certaine répétitivité du contenu. D'une foi réputée intransigeante, qui imprègne ses écrits, CLEMENTS conserve par ailleurs l'idée d'une Nature, création de Dieu et pervertie par l'Homme. Ceci explique la difficulté à concevoir autre chose qu'un stade final stable d'équilibre entre le milieu et les êtres vivants qui l'habitent.

On le voit, c'est dans le domaine de la dynamique de la végétation (c'est-à-dire dans la prise en compte du facteur-temps) que la métaphore organiciste a fonctionné. Elle concerne originellement des unités ayant un caractère physiologique (formations végétales) que, par la suite, des unités ayant un contenu floristique (groupements végétaux).

Or, quelle que soit l'échelle à laquelle on la considère et quelle que soit la nature de l'information que l'on retienne, une unité de végétation (formation végétale ou groupement végétal) ne ressemble guère à un organisme. La métaphore est, si l'on peut dire, trop lointaine. Difficile de dire où elle commence et où elle finit, sinon par commodité (ce qui est défendable, mais il faut alors admettre qu'il en est ainsi). La question de l'âge est aussi bien discutable : cela a-t-il vraiment un sens de dire qu'une formation est jeune si elle contient des individus jeunes et des espèces pionnières ? D'autre part, pour qu'il y ait organisme, il faudrait qu'il y ait organes ; rien pourtant ici qui puisse y être assimilé.

L'organicisme transparait aussi, quoique de manière cette fois-ci analogique dans la phytosociologie sigmatiste, et plus globalement dans les systèmes de classification par échelles emboîtées. GUINOCHET (1973) présente ainsi la classification des groupements végétaux comme faite à l'image de la systématique des êtres vivants, se traduisant par des clefs dichotomiques :

« Le procédé mental [pour identifier les groupements végétaux] est le même que celui du systématicien qui n'a pas besoin de se remémorer chaque fois toute la diagnose d'une espèce pour en nommer un spécimen dans la nature ».

L'analogie s'attire les mêmes critiques que précédemment :

« Malheureusement, la rupture de l'interfécondité entre deux lignées qui se séparent pour devenir des espèces n'a pas d'équivalent dans les groupements végétaux, puisque tous les intermédiaires peuvent exister entre deux types. En conséquence, le fondement de la classification est une convention commode plutôt qu'une réalité biologique » (ALEXANDRE *et al.*, 1998b)

... Et les implications spatiales en termes de discontinuités entre groupements se trouvent à rediscuter. On voit mal, en effet, dans ces conditions, par quels mécanismes se constitueraient des unités discrètes de végétation (BRAQUE, 1988), identifiées par des ensembles d'espèces récurrents dans l'espace.

Il semble en revanche satisfaisant de concevoir les communautés végétales comme s'intégrant au sein d'un système. Les théorisations en termes d'écosystèmes (TANSLEY, 1935) de géosystèmes (BERTRAND, 1969) ou d'anthroposystèmes (LEVEQUE *et al.*, 2008) ne posent pas les mêmes problèmes. On y trouve bien des entrées, des sorties, des processus, des fonctions, des éléments déterminants (conditions physiques de milieu) et des éléments déterminés (les êtres vivants et les végétaux en particulier). Toutefois, la modélisation de tout ou partie de la biosphère en termes de systèmes a eu un prix : sa déspatialisation. J'aurais presque écrit sa désincarnation si je n'avais eu peur de tomber à mon tour dans l'ornière organiciste.

5.1.2- La déspatialisation de l'écologie végétale

La critique vigoureuse de l'organicisme latent ou proclamé des courants dominants de l'écologie végétale a pu conduire à l'élaboration de modèles alternatifs, on va le voir ci-dessous (5.2). Cependant, surtout en Europe, elle a surtout conduit à un résultat paradoxal : l'écologie, en-dehors même des prolongements qu'elle a pu trouver dans des thèmes ou des mouvements politiques au cours des trente dernières années, a connu un développement considérable au cours du XX^e siècle et des premières années du XXI^e. Des voies diverses ont été explorées. Un des grands thèmes concerne l'évolution historique de la biosphère, aussi bien dans le domaine végétal qu'animal (et, plus, sans doute, sur le règne animal – et sur le genre *Homo*, plus encore – que sur le règne végétal) ; la reconstitution d'une mise en ordre spatio-temporelle du vivant qui se substitue à celle qui fut construite, au XVIII^e siècle, en particulier par Carl VON LINNE, dans une perspective fixiste, considérant la biosphère comme un élément de la Création, a occupé beaucoup de chercheurs ; au point que, dans bien des facultés des sciences, les enseignements de biogéographie se concentrent sur cet objet. BROWN et LOMOLINO (1998), y consacrent l'essentiel de leur gros manuel de biogéographie, soulignant la marginalisation d'autres thèmes intéressant plus directement la géographie :

« La classification géographique des régions, fondée sur leur contenu biologique, fut, au départ, le thème dominant de la biogéographie ; il ne reçoit aujourd'hui qu'une attention passive de la plupart des scientifiques actuels. Les uns parce qu'ils sont satisfaits des systèmes existants de classification géographique, les autres parce qu'ils considèrent que la construction de tels systèmes sont des exercices descriptifs triviaux, bien qu'il reste beaucoup de travail intéressant et important à faire, spécialement dans la classification des régions océaniques et des sous-ensembles au sein des régions des systèmes continentaux. »⁹³

On pourrait ajouter que la perspective classificatrice adoptée, génératrice de limites souvent conventionnelles entre régions biogéographiques, entre biomes ou entre communautés d'êtres vivants, n'est pas forcément la seule qui puisse être adoptée.

Deuxième grande voie explorée par l'écologie, celle de l'écologie des écosystèmes. Le débat sur le caractère spatial ou non des écosystèmes a déjà été évoqué en introduction. Concept centré sur l'étude des complexes interrelations entre le vivant et l'inerte, l'écosystème n'est pas d'évidence spatiale. L'ambivalence tient, d'une part, au caractère matériel, inscrit dans l'espace, des éléments mis en jeu et, d'autre part, à la perspective systémique, voire modélisatrice, contenue dans la notion, perspective qui tire cette notion vers un point de vue rendant secondaire la prise en compte des configurations spatiales. L'ambivalence transparaît dans la définition donnée par DUQUET (1995) :

« Unité écologique, stable dans le temps, formée par l'ensemble des organismes vivants – c'est-à-dire la biocénose – habitant un milieu naturel donné et par ce dernier – appelé biotope. Au-delà de cette composante matérielle, l'écosystème représente une unité fonctionnelle, qui intègre les interactions entre les espèces et leur milieu de vie, et les rapports existant entre les espèces. »

⁹³ Dans un paragraphe éclairant sur l'état de la discipline dans le monde anglo-saxon : « *Biogeography : Past, Present, and Future* », p. 620.

En se concentrant sur les interactions, les écologues ont un peu déserté la question de la configuration spatiale de la biosphère, considérant que la question était réglée à la satisfaction générale par les approches habituelles aboutissant à une cartographie écologique dont on a vu dans les chapitres précédents qu'elle pouvait être caricaturale.

Des observations analogues pourraient être faites à propos des méthodes floristiques et floristico-écologiques (phytosociologie, phyto-écologie, analyse de gradients), où les études de terrain ne manquent pas, mais dans lesquelles l'analyse spatiale est parfois centrale, mais le plus souvent sommaire ou estompée. Certes, ces études sont bien ancrées en un lieu ou un site, mais il subsiste une certaine confusion entre localisation et spatialisation : les faits naturels sont observés et analysés, ils sont localisés ; en revanche, l'analyse spatiale en reste souvent là, sinon dans des travaux récents où, comme l'écrit LEVEQUE (2001) :

« Les limites d'un écosystème sont le plus souvent définies de manière opérationnelle en fonction des processus étudiés ou des questions posées. »

Autre manière – plus radicale - de dire les choses, non seulement les entités écologiques qui forment la biosphère ne peuvent être systématiquement assimilées aux pièces d'une mosaïque, mais encore, elles sont le produit de l'entrecroisement de processus, de dynamiques, de mécanismes qui se placent à des échelles d'analyse variées et qui correspondent à des figures spatiales diverses. Le « retour au spatial » se justifie par la nécessité de préciser ces figures. Le renouvellement de l'interrogation géographique passe, à mon avis, par une relecture de ceux qui ont mené la critique des positions dominantes dans l'entre-deux guerres mondiales. Faute de quoi, on risque de réduire ces positions à une caricature : c'est alors généralement le mot *continuum* qui fait l'effet de repoussoir. A l'inverse, le continuum a pu bénéficier ces dernières années d'une sorte d'effet de mode, pas seulement en biogéographie d'ailleurs.

5.2 – Avant la Deuxième Guerre mondiale, des réflexions alternatives, en marge de la science établie

Qu'ils contestent le modèle du climax ou les approches proposant un découpage de la végétation en groupements végétaux homogènes, le point commun entre RAMENSKY, GLEASON et LENOBLE est d'avoir publié des textes qui les plaçaient en marge de la biogéographie de leur temps. Une partie de leur réflexion a cependant fini par trouver un écho dans les années 1950 notamment. S'il est difficile d'avoir accès à l'œuvre écrite de Leonti RAMENSKY qui travailla en Union soviétique en dehors du chemin tracé par SUKHACHEV, il est intéressant de revenir sur les textes de GLEASON qui fut en son temps autant reconnu comme botaniste que rejeté par les écologues et de LENOBLE, franc-tireur de la biogéographie française.

5.2.1 – GLEASON, le mieux entendu

Tôt décidé à devenir botaniste (« simplement parce que j'aimais les plantes », a-t-il écrit), Henry A. GLEASON (1882-1975) suit, dans un premier temps du moins, un itinéraire assez proche de celui de CLEMENTS. Formé à l'Université de l'Illinois, il s'intéresse comme lui aux communautés végétales du Middle West américain, consacrant ses deux thèses à la végétation de la prairie (1901) puis à celle des monts Ozark (1904)⁹⁴. Influencé dans un premier temps par COWLES qui tentait d'articuler les cycles d'érosion de DAVIES et la dynamique de la végétation, il prend peu à peu ses distances avec celui-ci et affirme son indépendance vis-à-vis des courants dominants dans l'écologie

⁹⁴ Signalées pour mémoire car je n'ai pas eu le temps de les rechercher.

végétale américaine. Ceci l'amène à être en désaccord de plus en plus profond avec CLEMENTS dont le point de vue est déjà bien établi par la publication de *Research Method of Ecology* (1905). Dans un article de 1910, ce désaccord s'exprime sur le rôle du milieu dans la constitution des communautés végétales (GLEASON estime que les interrelations entre les espèces ont un rôle au moins aussi grand) :

« *La plante est, dans beaucoup de cas, l'agent qui contrôle l'environnement. [...] L'établissement d'une plante à l'endroit qu'elle occupe s'explique presque autant par l'influence des autres plantes que par l'environnement physique.* »⁹⁵

GLEASON décrit, par ailleurs, un exemple de succession régressive qui remet en cause le principe de développement contenu dans la théorie de CLEMENTS pour qui la succession est nécessairement progressive.

Cependant, GLEASON affine sa conception de la communauté végétale après sa découverte de la végétation tropicale dans les années 1910, et après s'être interrogé sur l'histoire de la végétation du Middle West. Ses études lui permettent d'arguer qu'il n'existe pas deux espèces qui aient les mêmes exigences écologiques. La conséquence spatiale en est que les plantes n'apparaissent pas en groupements répétitifs prédéterminés. Des individus appartenant à la même espèce s'avèrent capables de croître dans différents milieux et associés avec diverses autres espèces. GLEASON soutient alors qu'il n'y a pas deux aires identiques en termes de composition spécifique et de proportion d'individus de chaque espèce dans une communauté. Ceci conduit au **concept d'individualité des communautés végétales de son article le plus connu (1926) et donc une approche impliquant que l'on donne la primauté aux individus végétaux et aux espèces auxquelles ils appartiennent.**

GLEASON estime ajouter une troisième théorie aux deux existantes à son époque :

- celle de CLEMENTS assimilant l'association végétale à un quasi-organisme dont la cohérence est assurée par une étroite interdépendance des éléments qui le constituent, avec des principes vitaux analogues à ceux d'un individu vivant, ce qui inclut des phénomènes comparables à la naissance, la croissance et la mort, et une certaine constance dans la structure, comparable aux structures d'un être vivant ;
- celle de COOPER et NICHOLS pour qui l'association est une série d'unités similaires distinctes, variables en taille mais récurrentes dans l'espace ; comme telle, elle est comparable à une espèce, ce qui rejoint les principes de la phytosociologie européenne.

En contradiction avec ces théories, la **végétation est, pour GLEASON, un phénomène temporaire et fluctuant qui dépend, dans son origine, sa structure et sa disparition, de l'action sélective de l'environnement et de la nature de la végétation environnante.** Il suggère que la végétation consiste en un *continuum de variation* ; l'organisation universelle de la végétation répondrait à des types de végétation se substituant graduellement les uns aux autres sur de longues distances. Conséquemment : « on peut difficilement trouver deux quadrats pris aléatoirement qui possèderaient exactement la même structure ». Il tente aussi de démontrer que l'interprétation écologique de la végétation pourrait être améliorée par la prise en compte de la floristique et l'histoire de la flore. Prolongation et développement de son article de 1926, il publie en 1939 : "*The individualistic concept of the plant association*".

Continuum ... Le grand mot était lâché. Pour ses détracteurs, GLEASON proposait alors une conception trop relativiste et même décourageante de la végétation qui ne serait que l'expression du désordre. Lors d'une discussion organisée à Ithaca (Etat de New York) autour de son article, il semble

⁹⁵ "The plant itself is in many cases the controlling agent in the environment [...] The establishment of a plant in the place which it occupies is conditioned quite as much by the influence of other plants as by that of the physical environment."

que la ligne de clivage ait été assez nette entre les botanistes et les taxinomistes qui lui étaient favorables et les écologues qui rejetaient le concept individualiste.

5.2.2 – Félix LENOBLE, l'iconoclaste de la biogéographie française

Figure un peu oubliée de la biogéographie française, Félix LENOBLE apparaît souvent associé à Henry A. GLEASON. Mais si les articles et les ouvrages de celui-ci apparaissent encore cités et lus (surtout dans le monde anglo-saxon), il n'en va guère de même pour LENOBLE. Pourtant, là encore, les remarques faites par ce dernier, sont éclairantes notamment en ce qu'il pousse lui-aussi à envisager comment les espèces occupent l'espace, chacune à leur manière. Il est vrai que LENOBLE s'était, en quelque sorte, fait, dans les années 1920, une place d'iconoclaste dans la géographie française ce qui peut expliquer qu'il ait été marginalisé. Ainsi avait-il vigoureusement contesté la thèse suivant laquelle les Alpes auraient connu un dramatique recul de leurs forêts au cours des siècles passés s'en prenant à la « légende du déboisement des Alpes » (1923) et, par là-même, à la politique menée par le corps des forestiers depuis le XIX^e siècle de reboisement des terrains en montagne (RTM), nous aurons l'occasion d'y revenir (3^e partie : chapitres consacrés à la dynamique des paysages dans les montagnes méditerranéennes). Iconoclaste aussi lorsqu'il conteste les associations végétales de la phytosociologie naissante, contestation qu'il justifie au nom des conseils donnés par Charles FLAHAULT (in introduction à la *Flore de France*, COSTE, 1900) :

« La phytogéographie doit avoir pour base l'observation sur le terrain, rigoureuse, multipliée, poursuivie en un grand nombre de points et à travers toutes les saisons. »

Il privilégie alors le grand nombre de lieux sur le grand nombre d'espèces en se livrant à une expérience sur « les limites de quelques espèces méditerranéennes dans le bassin moyen du Rhône et les Préalpes sud-occidentales » (1921). Pour limité qu'il soit, le choix des espèces étudiées est bien fait, puisqu'il s'agit d'espèces « réactives » à l'échelle régionale (répandues dans le domaine méditerranéen mais disparaissant lorsqu'on monte en latitude) et assez indifférente au milieu dans cet ensemble régional. Les cinq espèces choisies sont en effet : le Pin d'Alep (*Pinus halepensis*), le Chêne-vert (*Quercus ilex*), le Genêt épineux (*Genista scorpius*), le Thym (*Thymus vulgaris*) et le Brachypode rameux (*Brachypodium ramosum*). Il a ainsi l'intuition d'un débat finalement peu souvent mené : la prise en compte de l'ensemble de la flore (et, si possible, au niveau de précision taxinomique le plus grand, distinguant notamment les sous-espèces) telle qu'elle est prônée par les phytosociologues est-elle, pour toutes les questions, la meilleure solution ? Le débat me paraît, sur ce point, tranché : si cette prise en compte est indispensable pour reconnaître les nuances de détail du tapis végétal, donc aux grandes échelles, elle engendre en revanche beaucoup de bruit dans les études menées à échelle régionale. A l'inverse, cependant, plus on prend d'espèces, plus les indications spatiales seront à la fois précises et nuancées. Il y a là un moyen terme à trouver pour les études régionales que nous avons tranché, sur la base de l'expérience en ne retenant, suivant les études, que la fraction vivace ou, plus restrictivement, que la fraction ligneuse de la flore.

La liste de LENOBLE est, sans doute, trop courte ; elle lui permet néanmoins de poser le principe d'une transition graduelle du bioclimat méditerranéen vers les bioclimats de la France du Nord :

« A ne voir que la région sud-orientale, avec ses lignes rapprochées, on pourrait conclure que les 5 espèces étudiées sont des associées en ce sens qu'elles vivent à peu près ensemble et que lorsqu'on trouve l'une d'elles, on trouve les autres à côté, à peu de distance. Mais cette conclusion n'exprime plus les faits quand on regarde le milieu de la carte, de Donzère à Tain et d'Aubenas à Die. Là, les cinq espèces ont rompu toute association étroite : le Thym prospère à plus de cent kilomètres du Chêne-vert ; le Genêt épineux fleurit en landes serrées à quarante kilomètres plus au nord que le Brachypode rameux. [...] La vérité est que les associations d'espèces réalisées dans une région de climat uniforme où les stations ne se différencient que par la composition chimique, la constitution

physique ou l'exposition du sol, disparaissent dans d'autres régions et n'ont pas la constance et la rigidité que certains phytogéographes ont voulu leur attribuer. »

Ceci se traduirait alors par une série de limites, plutôt que d'une limite unique telle qu'elle est ordinairement présentée. Il est vrai que, là encore, le paysage paraît imposer une limite indiscutable, celle qui correspond aux arbres dominants dans la physionomie de la végétation (Pin d'Alep, Chêne-vert) alors que les espèces buissonnantes plus discrètes peuvent « s'aventurer » beaucoup plus au nord. Tout ceci explique que, en prenant l'exemple de la vallée du Rhône, LENOBLE file la métaphore :

« Si Donzère est la porte de la Provence, Livron et la Voulte en sont le vestibule. »

Quel que soit l'intérêt de ce qui a été écrit dans les années 1920, il faut attendre que les réflexions soient systématisées pour que naissent vraiment des modèles alternatifs d'organisation de la biosphère et des méthodes pour contribuer à les élaborer. Cela est passé par une position plus forte de ceux qui offraient ces alternatives : en quelque sorte, fini le temps des marginaux et des francs-tireurs. Dans les années 1950, 1960, 1970, on entre dans le temps où l'écosystème est reconnu comme le concept majeur de l'écologie moderne, GLEASON reçoit en 1959 l'*Eminent Ecologist Award* décernée par l'*Ecological Society of America* et l'école d'écologie végétale du Wisconsin occupe, autour de CURTIS et de WHITTAKER une place sinon exclusive, du moins dominante. En Europe, la phytosociologie sigmatiste est bousculée par l'ensemble très composite constitué par la phyto-écologie. A Montpellier même, l'un des deux pôles de l'école züricho-montpelliéraine, le CEPE devient un des pôles où celle-ci s'élabore.

5.3 - Les enseignements de l'école du Wisconsin

5.3.1- Les travaux fondateurs de CURTIS et WHITTAKER et leur réception en Europe

Il existe en français peu de synthèses « de première main » sur les travaux de l'école de biogéographie américaine dite du Wisconsin du fait du travail fondateur effectué dans cet état américain par CURTIS (1959). A ma connaissance, le chapitre que lui a consacré Michel GOUNOT (1969) sous le titre « le problème du continuum » reste la référence. Il s'y montre sévère vis-à-vis d'une approche qu'il ne partage ni sur la méthode qu'il trouve de bout en bout discutable, ni sur les conclusions dont il ne voit pas en quoi elles illustrent la figure du continuum, figure qui lui semble coupée des exigences pratiques. On pourrait dès lors considérer l'affaire comme réglée (ainsi que le fait par exemple GUINOCHET, 1973) ; deux points dans la démonstration implacable de GOUNOT invitent pourtant à aller y regarder de plus près.

En premier lieu, il y a une dose trop forte d'antiaméricanisme dans le texte de GOUNOT pour qu'on lui accorde un crédit total. Du côté européen, il y aurait le développement d'une science positive se mettant au service de l'aménagement du territoire, du développement agricole et forestier, du côté « anglo-saxon », une recherche dispersée et coupée des réalités :

« Toutes les erreurs méthodologiques [précédemment notées] proviennent sans doute d'une façon radicalement différente de poser les problèmes par rapport aux chercheurs européens. Depuis la guerre, nous l'avons déjà souligné, les recherches en Europe continentale ont été de plus en plus guidées et stimulées par le souci de résoudre des problèmes agricoles, pastoraux ou forestiers. *Dans ces conditions, l'étude de la végétation doit nécessairement être très approfondie pour aboutir à définir des unités homogènes du point de vue des conditions d'utilisation et doit donc être étroitement liée à l'étude du milieu.* [...] La recherche anglo-saxonne est beaucoup plus dispersée. Elle est parfois plus expérimentale *La recherche, manquant de stimulant, s'est orientée vers une description à grands traits de la végétation, utilisant des unités très lâches et très compréhensives, dont l'homogénéité est douteuse.* [...] De tout ceci résulte pour un Européen un certain malaise devant des travaux comme ceux de CURTIS et WHITTAKER. »

La justification donnée par GOUNOT pour parvenir à des entités homogènes apparaît un peu datée : le modèle apparaît imposé par la nécessité de produire une étude approfondie des terroirs. On retiendra plutôt l'idée mise en avant dans les deux phrases en italiques : la meilleure des raisons à la différence dans les résultats obtenus tient à ce que les deux types d'analyse ne se placent pas à la même échelle, ce qui renvoie à la micro-hétérogénéité et à la macro-hétérogénéité évoquée par GODRON (cf. chapitre précédent) qui cite volontiers une phrase des physiiciens pour qui « l'échelle crée le phénomène ». Je m'insurge en revanche contre la hiérarchie établie par GOUNOT ; il est encore trop fréquent de voir ainsi critiquer les approches qui ne se placent pas à l'échelle micro-locale : on n'est pas moins précis ou moins rigoureux lorsque l'on travaille à des échelles plus petites. En changeant d'échelle, on change simplement de phénomène et de configuration spatiale associée. En raisonnant à l'inverse, on parvient vite à l'absurdité car pourquoi s'en arrêter à l'association et à la station ? Pourquoi alors s'en arrêter là et ne pas descendre systématiquement au niveau de la plante, voire de la cellule ?

Le deuxième point qui invite à retourner vers les originaux est que le texte de GOUNOT (1969) ne prend pas en compte les synthèses qui commençaient à être produites par l'école du Wisconsin (cf. notamment WHITTAKER, 1967). Il lui était évidemment impossible de prendre en compte les synthèses ultérieures (WHITTAKER, 1973), ni bien sûr les prolongements qui ont été donnés à la théorie.

Ceci ne concerne malheureusement pas John Th. CURTIS prématurément disparu à l'âge de 47 ans en 1961, peu de temps après la publication de son maître-livre sur la *Végétation du Wisconsin* (1959) et qui n'a pas pu répondre sur les critiques de méthode qui lui ont été adressées. De toutes les façons, son analyse nous intéresse moins dans la mesure où il se détourne d'une certaine façon de la question spatiale : fondée sur un échantillon de lieux de relevés ponctuellement distribués dans l'espace (échantillonnage assez complexe d'ailleurs puisqu'à deux niveaux : au sein de chacun des sites, un certain nombre de quadrats étant étudiés), sa démarche ne permet pas de restituer la structure spatiale de la végétation. CURTIS cherche à montrer qu'il peut y avoir tous les intermédiaires possibles dans la composition et la physionomie de la végétation lorsque l'on fait varier certains paramètres du milieu. Ainsi pour la prairie qui couvre de larges surfaces dans le sud de l'état du Wisconsin, constituant au niveau de l'occupation du sol, suivant la description donnée dans un texte antérieur (1956), une matrice au sein de laquelle s'inscrivent des îlots forestiers se transformant vers le nord-est en une matrice forestière avec des îlots de prairie⁹⁶ : les courbes de fréquence des espèces (de forme grossièrement gaussiennes) s'ordonnent en fonction de la réserve hydrique des sols. Le « continuum » est donc extrêmement théorique puisque rien ne prouve que ce paramètre varie graduellement dans l'espace. Fondamentalement, le raisonnement est le même pour l'étude des formations forestières (CURTIS et MAC INTOSH, 1951), même si celles-ci s'avèrent plus complexes du fait de leur stratification verticale amenant les auteurs à distinguer la strate des arbres, végétaux physionomiquement dominants, et le sous-bois.

L'approche envisagée par WHITTAKER pour l'étude de la végétation des Great Smoky Mountains (au sud des Appalaches à la limite du Tennessee et de la Caroline du Nord) (1956) puis des Siskiyou Mountains (partie prenante de la Chaîne des Cascades, à la limite de la Californie et de l'Oregon) (1960) est, *a priori*, mieux à même de donner une réponse sur le mode d'organisation spatiale de la végétation puisque l'auteur propose d'explorer la végétation par des transects⁹⁷ le long

⁹⁶ On remarque au passage que les catégories descriptives qui seront ensuite utilisées par l'écologie du paysage étaient d'usage courant, bien avant qu'elle ne soit fondée.

⁹⁷ Le terme qui a aujourd'hui un succès certain en géographie et en écologie n'a, pour l'instant, trouvé place dans aucun dictionnaire courant de la langue française. Il est également d'un usage récent dans la langue anglaise, venu de la géographie botanique : on le trouve proposé par CLEMENTS (1905) pour désigner une ligne constituée de segments le long de laquelle on prélèvera des informations. Le dictionnaire Oxford en donne une définition proche : "A line or a belt of land along which a survey is made of the plant or animal life or some other feature".

desquels un ou plusieurs paramètres écologiques varient graduellement. Ces transects ont par exemple consisté à effectuer des relevés régulièrement espacés le long d'une pente ou le long d'une courbe de niveau. On connaît la critique classique sur cette approche accusée de segmenter la réalité, coupant éventuellement arbitrairement au milieu d'une communauté ; GOUNOT (1969) reprend cette critique :

« Dans ces conditions, il est essentiel de ne pas utiliser une méthode qui ne permette pas de mettre en évidence des groupements végétaux discontinus même s'ils existent. L'apologue d'EGLER relatif au zootechnicien qui découpe en morceaux égaux les bœufs puis en prélève un certain nombre au hasard et nie sur cette base l'existence d'individus bœufs est suggestif à cet égard. Or si l'on étudie les méthodes d'analyse préconisées, on a un peu l'impression d'être dans ce cas. »

Il peut être répondu à cette critique en prenant soin d'ajuster la maille du relevé au grain de la végétation. Au rebours, il faut aussi ne pas utiliser une méthode qui ne permette pas de mettre en évidence les transitions progressives même lorsqu'elles existent. Si la question qui importe est la caractérisation de la forme spatiale du phénomène, cette forme étant présumée interprétable, il faut adopter une méthode permettant de capter tous les cas de figures en n'oubliant pas que ces formes n'apparaissent qu'à certaines échelles, un peu comme lorsque le photographe, en jouant sur la focale de son appareil, voit tel ou tel plan devenir clair ou se brouiller.

Ceci étant, ce qui intéresse avant tout WHITTAKER, ce n'est pas la configuration spatiale de la végétation mais la relation végétation/milieu. Et l'analyse de gradients qu'il théorise par la suite (1967, 1973) cherche à ordonner les espèces par les gradients écologiques, les gradients géographiques n'étant qu'un cas particulier des premiers.

5.3.2 – Gradient analyses : *ordination des espèces en fonction des gradients écologiques*

Il n'est pas inutile de reprendre la définition du terme gradient pour bien mesurer combien il correspond au mode de variation le plus commun dans les milieux bio-physiques :

« Taux de variation d'une quantité ou d'une propriété rapportée à une distance [...]. Différence d'intensité ou de potentiel sur une surface donnée, ou entre deux points. » (BRUNET et DURAND-DASTES, *in* BRUNET *et al.*, 1990)

La prédominance du graduel dans la variation des paramètres intervenant dans l'organisation de la biosphère est en effet reconnue par tous (même si les conséquences pratiques ne sont pas toujours tirées). Qu'il s'agisse des paramètres intervenant à échelles petites et moyennes (climats généraux et régionaux) ou à grande échelle où la topographie et les systèmes de pentes (mêmes faibles) sont déterminants (topoclimats, toposéquences de sols), celle-ci peut être aisément constatée.

Partant de ce constat, l'école du Wisconsin a proposé de mettre plutôt l'accent sur ces changements progressifs et sur leurs implications sur la végétation. Cette démarche correspond à ce que ses promoteurs ont dénommé *Gradient analyses* ou « analyses de gradients ». Comme le montre R. H. WHITTAKER (1967, 1973), il s'agit là d'un renversement important de perspective : à la voie généralement explorée de la classification des communautés (voir phytosociologie sigmatiste ci-dessus), il propose de substituer, à travers la « Gradient analysis », une étude de la végétation telle qu'elle s'ordonne le long des gradients écologiques. *L'ordination remplace donc ici la classification*, dans une perspective déjà tracée par CURTIS. Cette ordination concerne, d'une part, l'étude des populations spécifiques dont la fréquence croît ou décroît en fonction des seuils de tolérance de l'espèce et de son optimum par rapport au paramètre écologique étudié, d'autre part, les communautés végétales dont la composition varie en fonction des valeurs du paramètre. Des espèces caractéristiques de chacun des états du paramètre peuvent être recherchées.

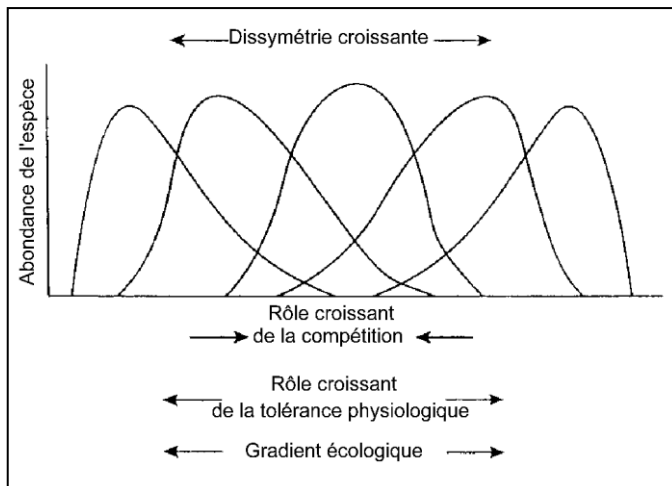


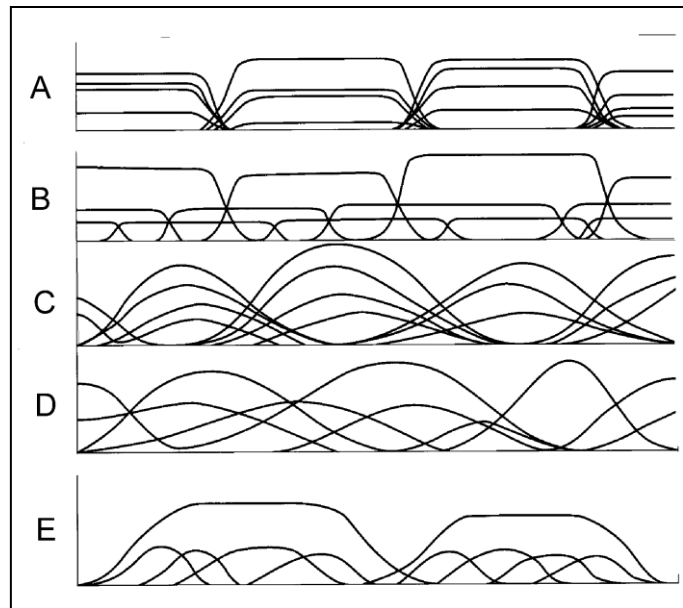
Figure 30 : Variation de la forme des courbes de réponse d'une espèce le long d'un gradient écologique (Source : KENT et al., 1997, redessiné d'après AUSTIN, 1990)

La figure 30 montre que le mode de distribution d'une espèce en fonction des valeurs d'un gradient écologique correspond à une *courbe gaussienne plus ou moins dissymétrique* suivant les cas. Lorsque le paramètre écologique atteint des valeurs critiques, les populations atteignent vite leurs limites, la dissymétrie est alors forte. Lorsque l'on se situe dans les valeurs moyennes, le paramètre écologique a moins d'importance et c'est la concurrence entre les espèces qui joue, la courbe est alors presque symétrique. Si l'on passe de l'étude des populations à celle des communautés, *comment ces distributions gaussiennes spécifiques s'ordonnent-elles le long des gradients ?* Dans les cas simples, lorsque l'on n'envisage qu'un seul paramètre (*direct gradient analysis*), GAUCH, CHASE et WHITTAKER (1974) montrent que les courbes gaussiennes se succèdent en se chevauchant, traduisant le défilement des espèces le long du gradient. Ils proposent ensuite une technique (*gaussian ordination*) permettant d'ordonner les relevés en prenant en compte les courbes gaussiennes de toutes les espèces présentes dans chacun des relevés.

Cette analyse unidimensionnelle puisque fondée sur un seul paramètre est un cas très théorique. Dans le cas où le gradient étudié ne peut être clairement isolé des autres paramètres du milieu (*indirect gradient analysis*) ou lorsque la concurrence entre les espèces intervient, ce qui est le cas général et, en tout cas le cas qui nous intéresse (celui de relevés ordonnés dans l'espace géographique, par exemple des relevés enchaînés le long d'un transect), WHITTAKER (1973) envisage cinq hypothèses possibles sur la réponse de la végétation (fig. 28) :

- A- Les espèces se regroupent en communautés discrètes, chaque communauté remplace l'autre abruptement ; cette hypothèse correspond aussi bien aux super-organismes de CLEMENTS (1915) qu'aux associations de BRAUN-BLANQUET (1928).
- B- Derrière des changements d'espèce dominante nets (discontinuités paysagères), les espèces se succèdent le long du gradient, chacune d'elle débutant ou s'arrêtant brusquement.
- C- Les espèces se regroupent en communautés s'interpénétrant largement ; si l'on se situe au cœur de la communauté, la végétation est homogène, sur ses marges, elle est hétérogène.
- D- Chaque espèce se comporte comme si elle était totalement indépendante de toutes les autres ; aucun groupement végétal n'est discernable (hypothèse qui correspond au continuum pur vers lequel penchait GLEASON, 1926).
- E- La plupart des espèces sont regroupées au sein d'ensembles paysagers dominés par quelques espèces ; l'hétérogénéité floristique est grande dans ces ensembles paysagers.

Figure 31 : Cinq hypothèses autour de la distribution des espèces le long d'un gradient écologique (Source : BROWN et LOMOLINO, 1998, d'après WHITTAKER, 1973).



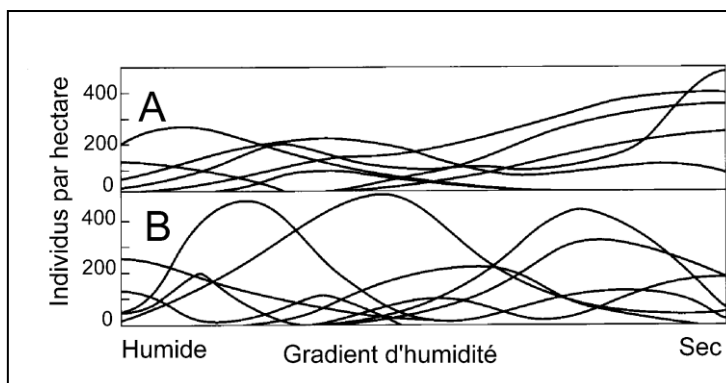
Ces cinq hypothèses posées, WHITTAKER les confronte à ses propres observations effectuées dans les montagnes de l'Oregon (Siskiyou Mountains) et de l'Arizona (Santa Catalina Mountains), où il a étudié la modification de la composition floristique de la végétation en fonction du gradient d'humidité. Le résultat présenté dans la figure 32 montre que les distributions effectives peuvent être variées, mais ne sont jamais aussi simples que le voudraient les hypothèses de départ : dans le cas des Siskiyou Mountains, on aboutit à un continuum assez proche de l'hypothèse D, mais avec une ordination beaucoup plus forte des espèces le long du gradient ; dans le cas des Santa Catalina Mountains, le résultat est là encore proche du modèle du continuum avec des phases d'accélération ou de changements plus lents au sein de ce continuum (situation un peu intermédiaire entre l'hypothèse C et l'hypothèse D).

Dans ces deux cas, comme dans tous ceux donnés par WHITTAKER et ses collaborateurs, la continuité des changements l'emporte qui sont à la fois plus rares et plus complexes que dans l'hypothèse A. Toutefois, l'interprétation des résultats en terme de continuum reste entachée, comme chez CURTIS, par une certaine confusion entre gradient écologique et gradient géographique : les espèces étant réarrangées en seule fonction de leur amplitude écologique vis-à-vis du paramètre considéré, leur placement le long du gradient ne prouve pas grand-chose quant à leur distribution spatiale. Si l'on respecte l'ordre géographique des relevés, la réponse de la végétation aux variations graduelles du milieu apparaît plus diversifiée avec parfois des changements progressifs et parfois des changements brusques. Les figures dessinées ne sont par ailleurs pas les mêmes suivant l'échelle considérée : pour faire simple, le continuum apparaît plus nettement aux échelles moyennes et petites, une structure discontinue ressort plus souvent à plus grande échelle. Cette règle posée apparaît aussitôt simpliste car l'alternative continu / discontinu ne saurait recouvrir la diversité des situations. Encore faut-il s'entendre sur ce qu'on entend par continuum⁹⁸ de végétation à partir du moment où il apparaît difficile de distinguer au sein du couvert végétal des surfaces homogènes au regard de leur composition.

⁹⁸ Les passions autour de cette question « continuum ou complexe d'unités discrètes ? » ne sont qu'en partie éteintes, chaque « camp » proclamant sa « victoire ». On trouve ainsi d'un côté de l'Atlantique, « il est généralement admis que la plupart des écologues acceptent aujourd'hui le modèle du continuum » (COLLINS *et al.*, 1993) et de l'autre, « la plupart des phytosociologues et des phytogéographes accordent peu de crédit aux théories de la végétation reposant sur la notion de continuum » (DA LAGE et METAILIE éd.s., 2000).

Figure 32 : Densité de diverses espèces d'arbres par hectare le long de deux gradients d'humidité (Source : Brown et Lomolino, 1998, d'après Whittaker, 1967).

- A- Siskiyou Mountains (Oregon)
- B- Santa Catalina Mountains (Arizona)



5.3.3 – Gradient écologique, gradient géographique

Les schémas qui précèdent semblent suggérer une organisation de la biosphère bien différente de celle qui domine dans les manuels ou les articles français, organisation dans laquelle la continuité l'emporterait sur les discontinuités. Cependant, une des critiques classiques portées à la démarche de WHITTAKER (GOUNOT, 1969, BROWN et LOMOLINO, 1997) - la critique qui au fond m'importe, compte tenu de la question centrale de ce mémoire - porte sur le caractère non spatial des gradients analysés, du moins d'une partie d'entre eux. La continuité des changements le long de ces gradients écologiques se traduit-elle par une organisation continue de la biosphère ? Ce n'est pas nécessairement le cas. Que vis-à-vis d'un paramètre, chaque espèce ait sa propre amplitude, que, en totalisant tous les paramètres, chaque espèce ait sa propre niche écologique prouve-t-il que la végétation se présente comme un continuum ? Chaque espèce a sans nul doute sa propre manière d'habiter l'hyper-espace écologique (voir chapitre 2) mais celui-ci reste une abstraction – nécessaire à une étape du raisonnement – qui ne tranche pas quant à la manière dont sont agencées les communautés d'espèces dans l'espace géographique.

Un bon exemple de la difficulté de l'exercice est donné par les communautés végétales de l'île sablonneuse de Letea dans la partie fluvio-marine (externe) du Delta du Danube⁹⁹. Cette île deltaïque est constituée de cordons sableux qui formaient le littoral il y a deux mille ans et qui ont depuis lors été sculptés en dunes de formes et de tailles extrêmement variées. La structure en bandes parallèles y est plus ou moins conservée ou estompée par le remaniement éolien. Ainsi y trouve-t-on une gamme extrêmement complète de conditions stationnelles qui vont depuis les plus humides (dans les dépressions ou les cuvettes interdunaires) jusqu'aux conditions les plus xériques au sommet des accumulations sableuses les plus élevées. En fonction de ce gradient, les formations végétales se succèdent depuis la roselière à *Typha angustifolia* et *Scirpa maritima* et l'aulnaie à *Alnus glutinosa*, la frênaie (*Fraxinus angustifolia*, *Fraxinus pallisae*) fait la transition avec la forêt de Chênes (*Quercus robur*, *Quercus pedunculiflora*), encombrée de lianes dont la Clématite (*Clematis vitalba*), la Vigne sauvage (*Vitis sylvestris*), le Houblon (*Humulus lupulus*) et *Periplocus graeca*, Asclépiadiacée méditerranéenne en position ici très septentrionale. La forêt de Letea, une des dernières forêts primaires d'Europe, qui a colonisé cette île littorale au cours des 500 dernières années, comprend quelques vieux chênes d'environ 300 ans, au diamètre parfois impressionnant (certains atteignent 2 mètres). On y trouve aussi *Asparagus pseudosambucus* en sous-bois avec *Cornus sanguinea*, *Pyrus pyraeaster*, *Malus sylvestris*, *Viburnum opulus*. La peupleraie à *Populus alba*, *Populus nigra* et *Populus canescens* s'avance ensuite jusque dans les clairières jusqu'au niveau où il n'y a plus assez d'eau pour elle. Cette forêt occupe ainsi les dunes moyennes au-delà desquelles la végétation devient steppique avec les Armoises mais aussi *Euphorbia seguieriana*, *Centaurea arenaria*, *Carex colchica*,

⁹⁹ A nouveau merci à Mihai PETRESCU de l'Institut scientifique du Delta du Danube de m'avoir fourni cet exemple lors d'une éclairante visite du secteur situé à proximité du village de Letea (voyage d'étude DESS Espace et Milieux, 2002).

Daucus guttatus, *Verbascum chaixii*. Dans ses parties les plus sèches, la steppe psammophile comprend ici des espèces que l'on rencontrerait plus à l'est dans des conditions plus arides : *Scabiosa ucrainica*, *Carex colchica*, *Stipa boristinica*, etc. Enfin sur les dunes les plus élevées (l'altitude maximale ne dépasse pas 13 m) la végétation est marquée par la présence d'*Ephedra distachya*.

La diversité floristique dont j'ai essayé de donner une idée est ainsi grande sur un espace réduit mais où le milieu varie fortement. Il serait aisé d'ordonner les espèces le long du gradient hydrique : du plus humide vers le plus sec, *Typha angustifolia* et *Scirpa maritima* apparaîtraient sans doute les premières et *Carex colchica* et *Ephedra distachya* les dernières. On pourrait ordonner les relevés stationnels de la même façon que GAUCH, CHASE et WHITTAKER (1974) le proposaient. Sur le terrain, cette fois-ci, la figure sera pourtant bien marquée par un réseau dense de discontinuités et, si le modèle de la mosaïque n'a rien d'universel, il s'applique bien en revanche ici. Les stations plus ou moins sèches ou plus ou moins humides s'imbriquent en effet les unes les autres, et la structure spatiale en mosaïque est identifiable dans le paysage, par les taches de forêts et le caractère plus ou moins dense de la steppe (fig. 33). Elle est encore plus nette si l'on prend en compte la composition floristique totale, la micro-hétérogénéité étant grande au sein de chacune des formations.

Figure 32 : Forêt de Letea (Est du delta du Danube) – Gradient écologique du plus sec au plus humide et structure spatiale paysagère en mosaïque – La grande hétérogénéité floristique de chacun des éléments du paysage donnerait au final une mosaïque constituée de tesselles de petite taille. (image extraite de Google Earth ; croquis levés sur le terrain)



Je ne m'intéresserai dans ce qui suivra qu'aux *gradients géographiques*. L'influence sur l'organisation spatiale de la végétation ne sera étudiée que pour les gradients d'importance micro-régionale et régionale où ils sont dominés par la variation spatiale du climat général, variation guidée par les grandes lignes du relief, à l'échelle donc où ils ont le plus de probabilités de se traduire par un continuum. Pour l'étude de la micro-hétérogénéité, d'échelle infra-paysagère, cette probabilité diminue, les micro-variations du milieu dominant comme dans le cas (cependant extrême) de l'île de

Letea. Ces gradients géographiques sont nécessairement complexes, puisque, dans ce cas, il est impossible d'isoler le paramètre dont la variation est graduelle des autres paramètres qui ne suivent pas nécessairement la même gradation. Leur étude s'inscrit donc dans l'analyse indirecte de gradient (*indirect gradient analysis*) telle que l'a définie WHITTAKER (1973).

5.3.4 – Le lien recherché avec le paysage

L'école du Wisconsin a continué à approfondir ces réflexions et à se développer au point d'occuper une position dominante encore aujourd'hui aux Etats-Unis où une grande partie des travaux continue de se référer à ses méthodes comme à ses concepts. N'étant pas constituée en corpus comme la phytosociologie sigmatiste, elle s'est au demeurant fondue avec d'autres courants, notamment dans l'articulation qu'elle a su trouver avec la *Landscape Ecology*. Le nombre, vite impressionnant, de références m'a cependant invité à repousser à plus tard le travail de dépouillement et il y a sans doute encore beaucoup à apprendre de cette somme de travaux. Pour n'en prendre qu'un exemple, telle étude sur la distribution régionale de la végétation ligneuse dans les forêts de l'Oregon (OHMANN et SPIES, 1998) m'a paru intéressante à placer en correspondances des travaux que notre équipe a réalisés autour du Bassin méditerranéen et dans les Alpes. De cette vue très partielle et avec l'appui d'un article de synthèse de KENT, GILL, WEAVER et ARMITAGE (1997) important mais déjà un peu ancien et consacré à un point particulier (la question des limites et discontinuités en écologie du paysage), il me semble se dégager deux temps (qui se chevauchent) :

- un premier temps où la question a surtout porté sur l'approfondissement de la notion de continuum ; dans ces travaux, l'ambiguïté relevée quant au caractère spatial ou non des gradients étudiés reste, à mon avis, un aspect mal réglé ;
- depuis les années 1990, le retour du spatial semble se dessiner ; la demande est de plus en plus forte pour la cartographie à l'échelle régionale comme à l'échelle locale des écosystèmes (BAILEY, 1996) ; l'articulation entre l'information floristique et l'information physionomique ne va pas d'évidence ; aussi ne traiterai-je pas ci-dessous de cette question, me réservant d'entamer la discussion dans la troisième partie.

De nombreux auteurs ont donc prolongé la réflexion de WHITTAKER sur les gradients. Il me paraît important pour discuter de nos résultats de présenter le plus important (à la réserve d'une étude bibliographique systématique bien entendu) du modèle du continuum hiérarchique de Scott L. COLLINS, Susan M. GLENN et David W. ROBERTS (1993). Dans une tentative de systématiser la théorie individualiste de GLEASON (1926) selon laquelle chaque espèce occupe l'espace bio-physique, ils reconnaissent quatre types¹⁰⁰ d'espèces (entre lesquels il existe évidemment tous les intermédiaires possibles) (fig. 33).

Les espèces plus communes (*core species*) sont à la fois abondantes et occupent beaucoup de lieux (ce qui signifie aussi une large gamme de milieux) : leur distribution aura une signification régionale ou zonale. A l'opposé, les espèces rares (*satellite species*) occupent peu de lieux et leur présence est discrète : elles sont souvent bonnes indicatrices, à l'échelle locale, des milieux et l'on peut reconnaître en elles les espèces différentielles qui permettent aux phytosociologues sigmatistes d'identifier leurs associations. La troisième catégorie (*urban species*) évoquerait plutôt les espèces sociales, abondantes localement sur lesquelles l'école phytosociologique d'Uppsala a fondé sa classification (DU RIETZ, 1930). Le quatrième type (*rural species*) est sans doute formé par les espèces sur lesquelles il est le moins facile de statuer : très disséminées dans l'espace, leur faible fréquence interdit la plupart du temps de tirer des généralisations lorsqu'elles sont présentes.

¹⁰⁰ Typologie qui reprend notamment des éléments développés par les continuateurs de l'école scandinave de phytosociologie, notamment le finlandais Ilkka HANSKI (1982). HANSKI travaille aujourd'hui sur la dynamique des métapopulations en relation avec l'écologie du paysage. On notera que, ce faisant, il fait disparaître la barrière entre biogéographie végétale et biogéographie animale.

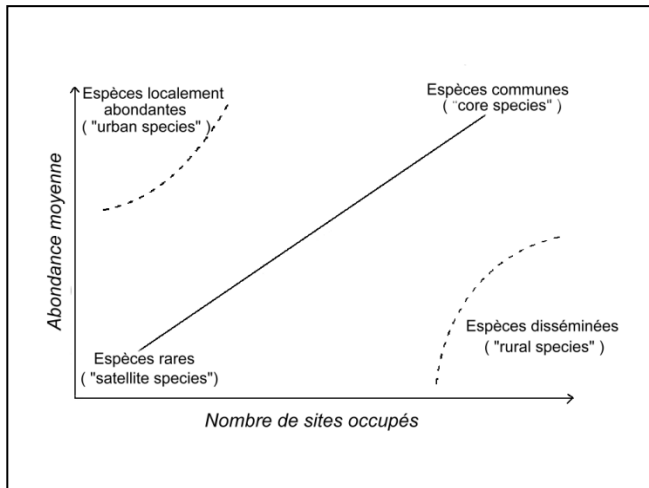
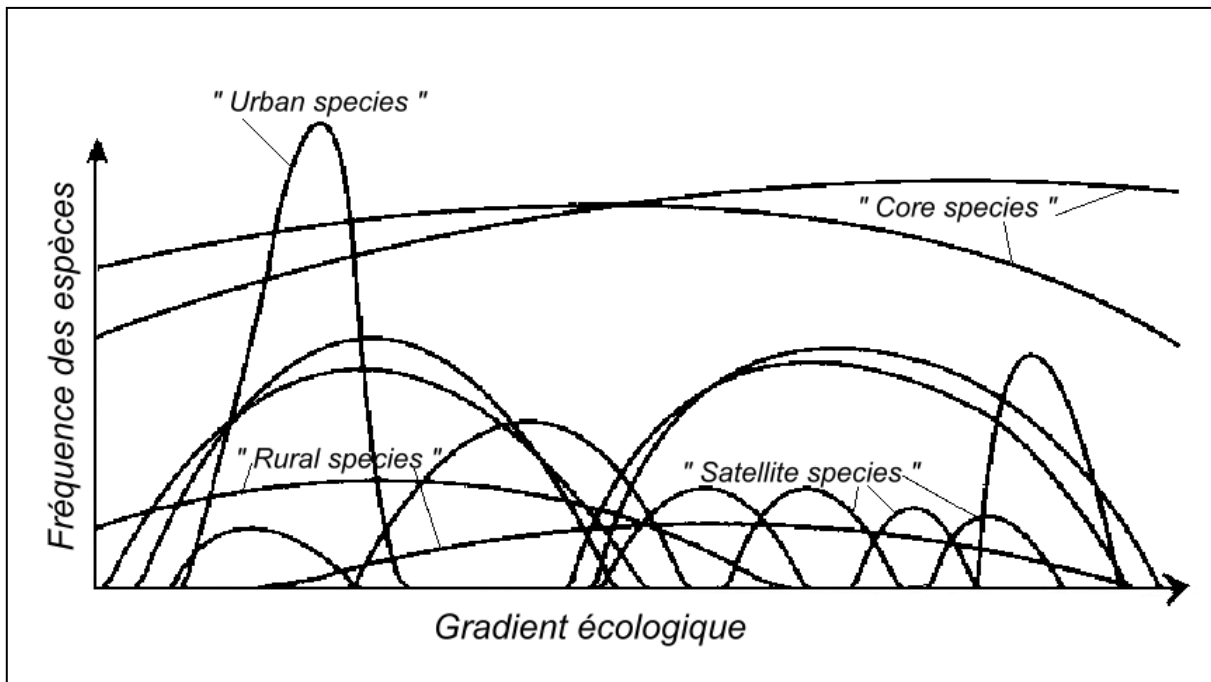


Figure 33 : Quatre types d'espèces en fonction de leur abondance moyenne et du nombre de sites occupés (Source : KENT et al., 1997, d'après HANSKI, 1982a, 1982b, 1991, COLLINS et al., 1993).

COLLINS et GLENN (1991) ont essayé de faire converger ces types avec les catégories de GRIME (1977) fondées sur la stratégie des espèces dans les successions végétales. Rappelons que GRIME place chaque espèce au sein d'un triangle en fonction de sa réussite face au stress imposé par le milieu (espèces « stress-tolérantes »), face à la compétition avec les espèces concurrentes (espèces compétitives) ou face aux perturbations (espèces « rudérales »). Le modèle du continuum hiérarchique fait la synthèse de ces approches dynamiques et géographiques reconnaissant des échelles d'organisation du couvert végétal (fig. 34). Il conviendra d'avoir en tête ce modèle pour le commentaire des transects phytoclimatiques.

Figure 34 : Le modèle du continuum hiérarchique (hierarchical continuum model) de COLLINS et al. (1993). (Source : KENT et al. 1997)



5.4 - Apport des méthodes floristico-écologiques à la connaissance de la structure spatiale de la biosphère

5.4.1 – Groupes écologiques et liaisons interspécifiques

L'opposition Europe-Amérique ne doit pas être exagérée et, par delà la querelle sur le continuum, il y a beaucoup plus de convergences dans la méthode que ne l'écrit GOUNOT (1969) entre l'école du Wisconsin et les diverses approches floristico-écologiques développées en Europe, notamment dans celles qui ont été développées au Centre d'Etudes en Phyto-Ecologie (CEPE) de Montpellier avant que celui-ci ne se tourne vers d'autres thèmes (en changeant au passage de nom). Dans les deux cas, ces méthodes consistent à tenter de mettre en relation la composition de la végétation et les paramètres du milieu au moyen des statistiques. Dans les travaux du CEPE, apparaissent ainsi complémentaires la statistique multivariée et les calculs de probabilité issus de la théorie de l'information (GODRON, 1966). Cette complémentarité féconde des approches statistiques sera reprise dans la deuxième partie ; je me contenterai ici d'en rappeler le principe, l'intérêt de la citation étant par ailleurs de rappeler quel était l'objectif fixé à cette étude :

« Les méthodes de traitement des relevés en vue de trouver les groupes écologiques ont été largement développées et continuent à être perfectionnées. Précisons seulement qu'elles combinent normalement une approche "globale" par analyse multivariable et une approche analytique où sont examinées toutes les liaisons entre chaque espèce et chaque variable écologique ; ces liaisons sont précisées grâce à des profils écologiques et leur intensité s'exprime commodément par un calcul d'information mutuelle, qui permet de peser l'importance relative des variables et même de discerner les caractères originaux de chacune des régions observées. »

Rechercher les « groupes écologiques » : c'est de fait dans cet objectif que la phyto-écologie européenne se différencie de l'approche développée aux Etats-Unis. Là-bas, dans une perspective influencée par les analyses de GLEASON (1926), l'accent est mis sur l'individualité des espèces se traduisant par l'originalité de chaque combinaison concrètement observée ; ici, dans une sorte d'alternative proposée à la phytosociologie sigmatiste, l'accent est beaucoup plus mis sur les ensembles d'espèces d'écologie commune, ensembles mis en lumière par des fréquences d'apparition en commun (la « fidélité » des espèces aux groupements végétaux, notion chère aux phytosociologues, n'étant pas fondamentalement remise en cause). La phyto-écologie inverse en quelque sorte l'ordre de priorité voulu par les phytosociologues : pour ceux-ci, il faut d'abord mettre en lumière, par une méthode strictement floristique, les groupements d'espèces de quelque niveau syntaxonomique que ce soit ; les groupements végétaux délivrent ensuite leur « message » sur le milieu dont ils sont le reflet (rappelons la règle si souvent répétée par les phytosociologues : la flore est le complet révélateur du milieu). Pour les phyto-écologues, on part du milieu dont on connaît au moins sommairement les caractéristiques et l'on cherche à voir les groupes d'espèces qui répondent aux différentes classes des variables (quantitatives ou qualitatives) écologiques retenues.

Ce faisant, le débat a d'abord surtout porté, chez les phyto-écologues, sur le caractère sociologique¹⁰¹ plus ou moins prononcé que recouvrent les groupes écologiques. Ces différences de conception, telles qu'elles ressortent des définitions rassemblées par DAGET et GODRON dans leur *Vocabulaire d'écologie* (1979) retentissent ensuite sur la façon dont on conçoit la biosphère. Chez Paul DUVIGNEAUD (1953, in DAGET et GODRON, 1979), le « sens sociologique » est fort, les raisons qui militent pour des regroupements récurrents d'espèces étant nombreuses :

« [Un groupe écologique est] un ensemble d'espèces ayant entre elles une affinité sociologique résumant toutes les tendances, écologiques, géographiques, climatologiques, biologiques (symbiose, parasitisme, saprophytisme, etc.) ou autres, qu'ont certaines plantes à se rassembler dans un milieu déterminé. »

¹⁰¹ Toujours l'ambiguïté lorsque l'on est dans l'analogie : les « sociétés » végétales dont il est ici question sont fondées sur des groupes d'espèces qui se rencontrent en commun ... Ce qui diffère de ce que HUMBOLDT (1807) ou encore FLAHAULT (1897) mettaient sous l'adjectif « sociales » appliqué à des plantes d'une même espèce croissant en grand nombre (espèces dominantes).

DUVIGNEAUD évoluera par la suite, en lien avec l'école pédologique française, et notamment les travaux de Philippe DUCHAUFOR, vers la définition de groupes d'espèces combinant l'écologie générale de la plante et le degré de richesse du milieu dans lequel on la rencontre (le groupe des « hydrophytes des milieux oligotrophes », pour reprendre l'exemple donné par DA LAGE et METAILIE, 2000). La concordance de tels groupes écologiques avec les syntaxons des phytosociologues apparaît possible, comme l'est la définition de Michel GOUNOT (1969, *in* DAGET et GODRON, 1979) :

« La plus petite unité synécologique concevable qui présente des caractères structuraux, floristiques et écologiques précis. »

Implicite à une telle définition, on retrouve le modèle de la mosaïque d'unités discrètes, seule la méthode pour identifier les groupements végétaux différant de celle des phytosociologues. Les propositions de GOUNOT font passer le critère écologique au premier plan, sa méthode reposant sur l'analyse statistique d'un lot de relevés fondé sur un échantillonnage stratifié en fonction de la connaissance préalable du milieu. Sur cette base statistique, GOUNOT avait auparavant donné, dans sa thèse sur les groupements végétaux messicoles et rudéraux de Tunisie (1958, *in* DAGET et GODRON, 1979), une définition beaucoup plus souple et ne tranchant pas *a priori* sur le caractère individualiste ou non du « comportement écologique » des espèces :

« Groupe d'espèces : 1- ayant un comportement écologique semblable et un degré de présence négligeable hors des relevés présentant les caractéristiques écologiques du groupe, 2- Qui sont en liaison positive entre elles dans les relevés quand on étudie l'ensemble des relevés dont on dispose, 3- mais qui sont statistiquement indépendantes si on étudie seulement l'ensemble des relevés effectués dans les milieux favorables à l'installation du groupe, 4- le groupe est ainsi défini pour un certain "domaine". »

Cette définition statistique (qui offre par ailleurs l'avantage appréciable de n'accorder qu'une valeur régionale et non universelle aux groupes d'espèces) peut être rapprochée de la conception du groupe écologique donnée par Heinz ELLENBERG (1954, *in* DAGET et GODRON, 1979), la moins « sociologique » de toutes :

« [Le groupe écologique] rassemble toutes les espèces qui concordent approximativement dans leur comportement vis-à-vis des principaux facteurs de la station. »

Dans toutes ces définitions, l'imprécision de certaines formulations (« tendances », « comportements » ... qui « concordent approximativement », « affinité sociologique », etc.) me gêne, dans le sens où je n'y trouve pas d'avis définitif sur des questions importantes mais sur lesquelles je n'ai pas autorité pour trancher : doit-on envisager seulement la distribution individuelle des espèces – la synécologie n'étant alors qu'une somme d'informations autécologiques – ou doit-on considérer les groupes d'espèces comme des ensembles structurés. J'ai certes mon idée sur le sujet, correspondant à un peu plus que des impressions : elle consiste à admettre qu'au sein de ces ensembles structurés que sont les écosystèmes et les biocénoses qui en constituent la fraction vivante il y a des éléments plus indépendants que d'autres et que, le plus souvent, les végétaux qui n'ont besoin que d'eau, de lumière et de ressources minérales pour croître et multiplier en font partie ... Ce qui n'est pas ignorer qu'ils ont aussi parfois d'autres éléments de la biocénose (on sait par exemple l'inquiétude qui entoure la raréfaction programmée des essaims d'abeilles, essentielles dans la pollinisation), ni que leurs interactions donnent lieu à des phénomènes d'exclusion de certaines espèces, comme dans ces hêtraies où l'ombre réduit drastiquement la liste des compagnes possibles.

Une « solution » classique du problème consiste à proposer d'autres formulations plus neutres ou plus prudentes : on parle aujourd'hui moins de groupes écologiques. Soit que l'on choisisse de s'en tenir aux strictes liaisons statistiques (« groupes de forte liaison », ALEXANDRE, 1996, GENIN, 1997 ; « coenons », GODRON et KADIK, 2003, KADIK et GODRON, 2004, MESLI-BESTAOUI, BOUAZZA et GODRON, 2007), soit que l'on souhaite rappeler que ces regroupements d'espèces ne sont pas que le

produit des conditions du milieu mais aussi de dynamiques entrecroisées placées à différentes échelles de temps. Sur ce point, on notera que le terme de *coenon* ou cénon, que l'on trouve déjà dans certains travaux de l'école du Wisconsin (West, 1966, par exemple) acquiert un sens plus fort et plus précis chez BLANDIN et LAMOTTE (1985) :

« Ils entendent ainsi analyser l'histoire des populations d'un groupe fonctionnel par la "pression de sélection" par leurs interactions réciproques [...] cherchant à mettre en évidence des phénomènes de co-évolution, stricte ou diffuse. De même, [les auteurs] en viennent à considérer les "cénons" comme des entités donnant globalement prise à la sélection naturelle, "selon des modalités certes distinctes de la sélection darwinienne mais en cohérence avec celle-ci. » (LARRERE R., in LARRERE C. éd., 1997)

J'emploierai plus loin le terme dans le sens plus « plat », si j'ose écrire, donné par GODRON (GODRON et KADIK, *op. cit.*). C'est que je ne perds pas de vue mon objectif. Celui-ci n'est pas, je le répète, de dégager des groupes d'espèces d'écologie voisine, ni d'étudier la signification profonde des communautés ainsi identifiées mais de voir comment ces espèces s'agencent dans l'espace. L'apport du géographe (dont le travail n'a vraiment d'intérêt que dans des équipes pluridisciplinaires où il côtoiera des botanistes ou des écologues qui ont les moyens d'aborder les questions évoquées ci-dessus) est de saisir ces formes spatiales, d'en restituer la complexité ou, à l'inverse, d'en montrer parfois l'étonnante simplicité et de participer à leur interprétation.

Dans cette perspective, l'étude des liaisons interspécifiques n'est intéressante que si l'on envisage la manière dont ces groupes ou ces coenons se répartissent et se succèdent dans l'espace. La même tension que celle qui a été notée entre gradient écologique et gradient géographique se retrouve ici : pour pouvoir inférer de l'échantillon (ponctuel ou linéaire) à l'espace, l'échantillon doit être géographiquement ordonné. Par ailleurs, d'autres calculs doivent être effectués pour mesurer le lien entre les espèces et le milieu exploré par l'échantillon. L'échantillon est alors considéré comme un *profil écologique* (ELLENBERG, 1956, DAGET et GODRON, 1982) vis-à-vis d'une des variables descriptives du milieu :

« [On appellera profil écologique] une suite de fréquences (relatives, absolues, pondérées, ...) ordonnées selon les magnitudes successives du descripteur envisagé » (DAGET et GODRON, 1982).

On notera qu'il n'y a pas de différence fondamentale entre l'étude de ces profils écologiques et celle des gradients écologique de WHITTAKER *et al.*

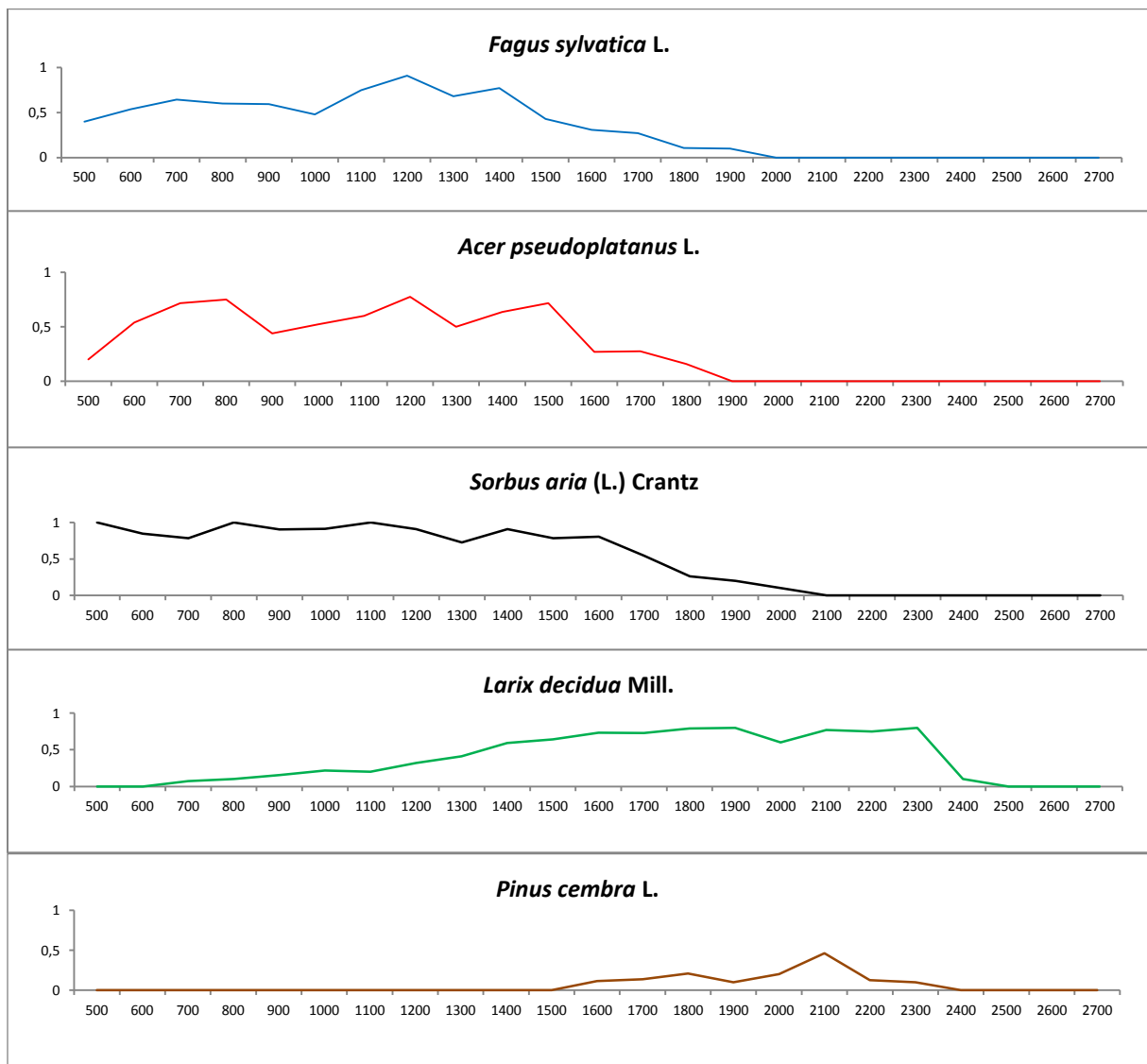
5.4.2 – Souplesse d'emploi de ces méthodes pour l'analyse d'un lot de relevés enchaînés en continu dans l'espace géographique

Dans ce dernier paragraphe du dernier chapitre de la première partie, je voudrais montrer, comme une transition vers ce qui va suivre, que les analyses de profils écologiques géographiques suggèrent un nouveau vocabulaire pour décrire la structure spatiale de la phytosphère, vocabulaire qui doit s'adapter aux figures dessinées, lesquelles s'accordent mal au simplisme et surtout au caractère univoque des modèles spatiaux décrits dans les trois premiers chapitres.

Chaque lot de relevés peut donc être décrit par un ensemble de variables écologiques vis-à-vis duquel il dessine un profil écologique. Dans le cas d'un lot de relevés enchaînés en continu dans l'espace géographique (transect), ces profils défont en général l'ordre géographique des relevés. Conséquemment, la distribution des espèces le long de ces profils, version simplifiée des gradients, ne permet pas d'en déduire la distribution concrète de la végétation sur le terrain (figure 35). Pour s'en donner une idée, il faut présenter le profil ordonné que j'appellerai profil géographique (qui peut être figuré par un profil topographique : figure 36) : pour la suite, ce sont eux qui seront à la base du raisonnement, même si, chemin faisant, la démonstration peut s'appuyer sur un profil écologique « ordinaire ». L'étude des variations spatiales de la végétation pose, de fait, des

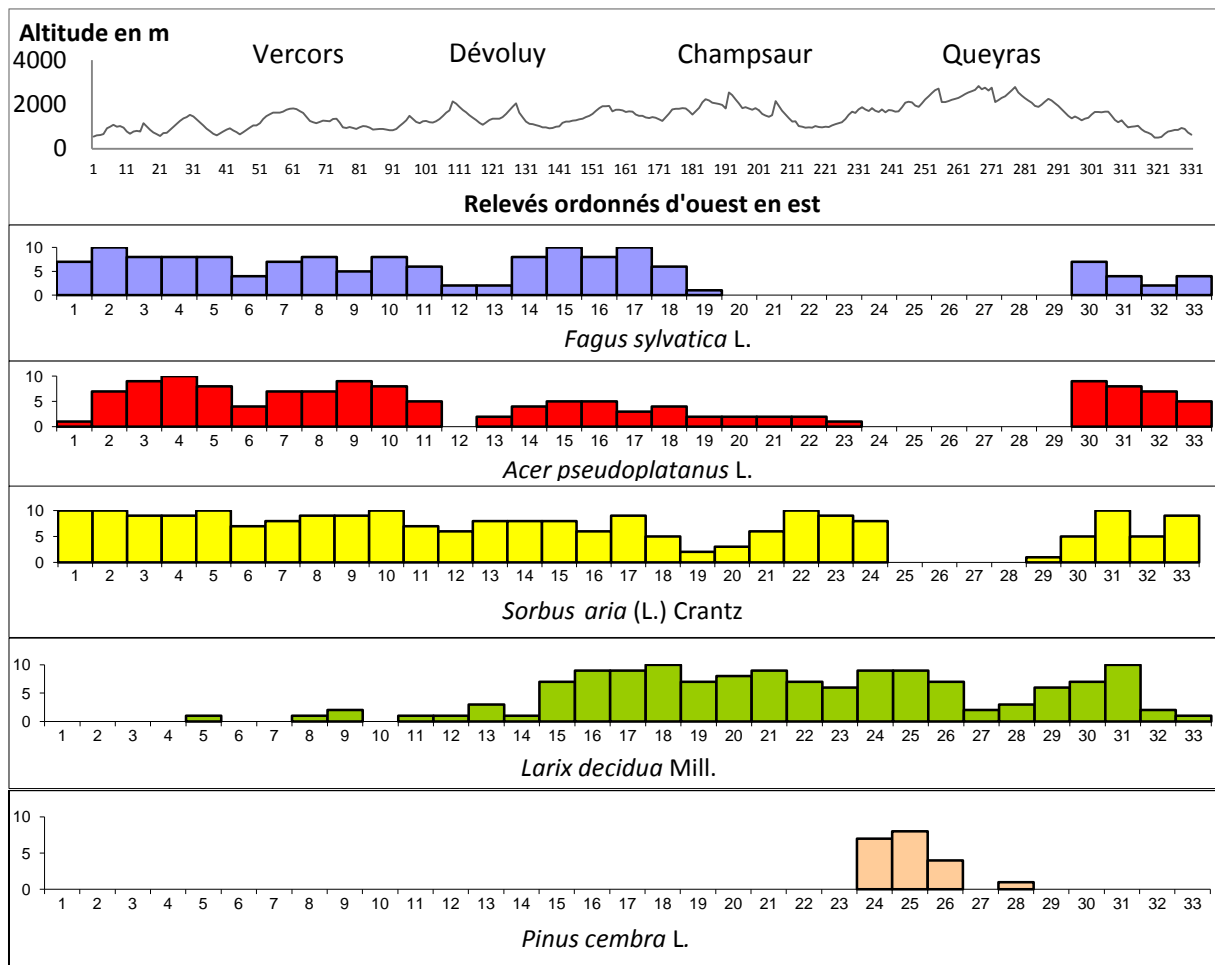
problèmes d'interprétation plus importants que dans le cas d'un profil écologique simple. Un gradient géographique est, en effet, on l'a vu, toujours une combinaison de plusieurs variables écologiques (auxquelles il faut ajouter les interactions biologiques et l'action anthropique). Par hypothèse, un facteur est présumé jouer un rôle plus fort que les autres mais il faut systématiquement tester l'hypothèse et évaluer le poids respectif de chaque facteur. Pour reprendre l'exemple des figures 35 et 36, la distribution de ces cinq essences forestières très communes dans les Alpes franco-italiennes médianes¹⁰² résulte de la combinaison du gradient altitudinal (lui-même combinaison de plusieurs phénomènes climatiques) et d'un effet régional qui substituent certaines espèces (le Mélèze, l'Arolle) à d'autres (le Hêtre, l'Erable sycomore, l'Alisier blanc) dans la partie interne du massif.

Figure 35 : profil écologique de cinq essences forestières en fonction de l'altitude (fréquence relative de l'espèce dans chaque classe d'altitude de 100 m. Les relevés constituent 331 segments enchaînés le long d'un transect d'échelle régionale du Vercors à la haute vallée du Pô – Alpes franco-italiennes médianes)



¹⁰² Médianes au sens où elles sont à la charnière des Alpes du Nord et des Alpes du Sud.

Figure 36 : profil géographique de cinq essences forestières le long d'un transect d'échelle régionale du Vercors à la haute vallée du Pô (fréquence absolue de l'espèce par ensemble de 10 relevés)



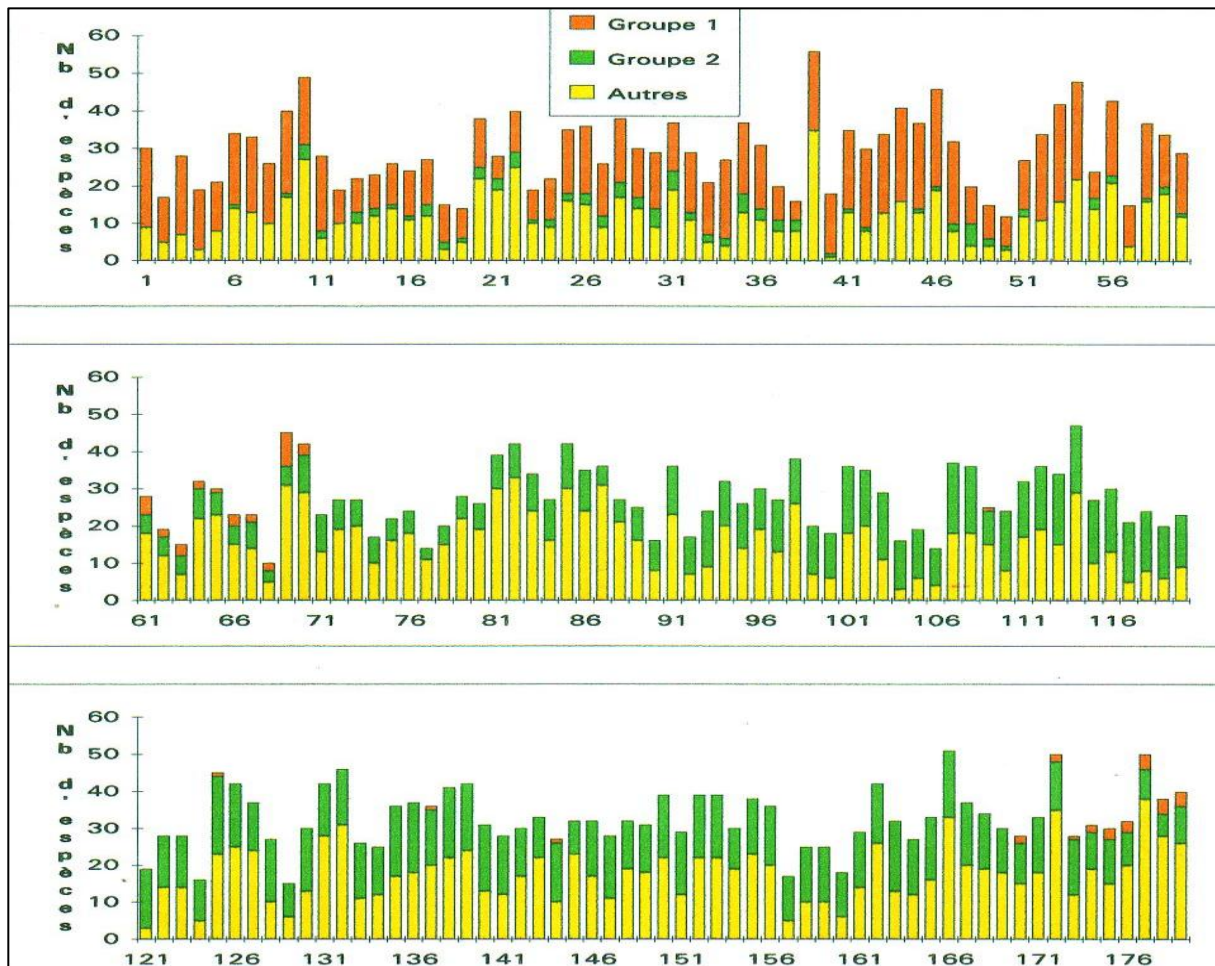
GODRON (1967) a montré que le passage d'un groupe écologique à un autre n'était, le plus souvent, pas matérialisé – sauf en cas de « forçage » anthropique – par une limite nette, mais que les espèces d'un groupe disparaissaient les unes après les autres, remplacées, au fur et à mesure que les conditions du milieu se modifiaient, par les espèces de l'autre groupe. Par une expression imagée, GODRON a parlé pour désigner ce mode de différenciation spatiale dans la biosphère de « *groupes écologiques imbriqués en écailles* ». Cette figure spatiale que GODRON a décrite à échelle locale peut aussi se rencontrer à l'échelle régionale. La figure 37, extraite de ma thèse de doctorat (ALEXANDRE, 1996), montre ainsi la succession en écailles du groupe des espèces mésophiles fréquentes sous climat atlantique vers le groupe des espèces mésoxérophiles méditerranéennes le long d'un transect constitué de 179 relevés enchaînés en continu à travers le Haut-Languedoc, depuis les premières collines rencontrées lorsque l'on quitte la plaine du Bas-Languedoc dans l'arrière-pays bitterrois jusqu'à la retombée du Massif central vers le Bassin aquitain. Les deux groupes présentés dans la figure 37 résultent du calcul de l'information mutuelle que s'apportent les espèces deux à deux : il se dessine ainsi des ensembles d'espèces dont la co-occurrence est significativement élevée dans le lot de relevés considérés. Dans les groupes, les espèces sont présentées en fonction de l'information mutuelle décroissante qu'elles s'apportent :

Groupe 1 (espèces méditerranéennes) : *Erica arborea*, *Quercus ilex*, *Rubia peregrina*, *Cistus albidus*, *Arbutus unedo*, *Asparagus acutifolius*, *Bupleurum fruticosum*, *Euphorbia characias*, *Juniperus oxycedrus*, *Phillyrea media*, *Clematis flammula*, *Smilax aspera*, *Dorycnium pentaphyllum*, *Cistus monspeliensis*, *Brachypodium retusum*, *Pistacia terebinthus*, *Buxus sempervirens*, *Pistacia lentiscus*, *Spartium junceum*, *Lonicera implexa*, *Coronilla*

emerus, Thymus vulgaris, Lonicera etrusca, Phillyrea angustifolia, Acer monspessulanum, Ruscus aculeatus, Rhamnus alaternus, Sorbus domestica, Teucrium chamaedrys, Daphne gnidium.

Groupe 2 (espèces atlantiques) : *Fagus sylvatica, Quercus petraea, Sorbus aucuparia, Lonicera periclymenum, Pteridium aquilinum, Agrostis tenuis, Sorbus aria, Ilex aquifolium, Brachypodium sylvaticum, Frangula alnus, Stellaria holostea, Deschampsia flexuosa, Fraxinus excelsior, Corylus avellana, Crataegus monogyna, Teucrium scorodonia, Centaurea pratensis, Mycelis muralis, Viola sylvestris, Hedera helix.*

Figure 37 : Disposition en écailles de deux groupes d'espèces fortement liées entre elles (information mutuelle interspécifique élevée) le long d'un transect du Languedoc à l'Aquitaine (179 relevés ordonnés d'est en ouest) (ALEXANDRE, 1996)



Cette succession en écailles chevauchantes peut aussi être évoquée au niveau des espèces comme sur le schéma de la figure 38, ce qui rappelle opportunément la grande souplesse des techniques utilisées qui ne nécessitent pas *a priori* sur la question du caractère individuel ou communautaire du comportement spatial des espèces.

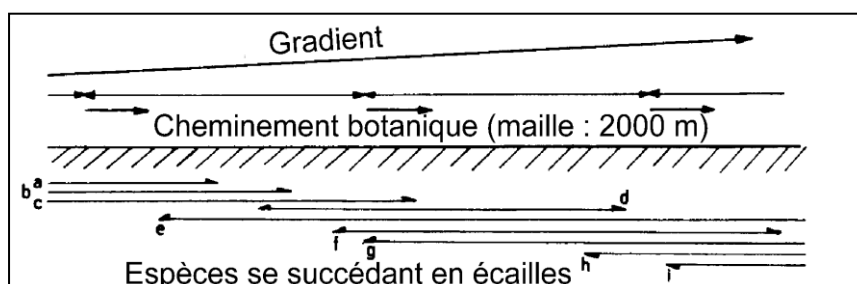


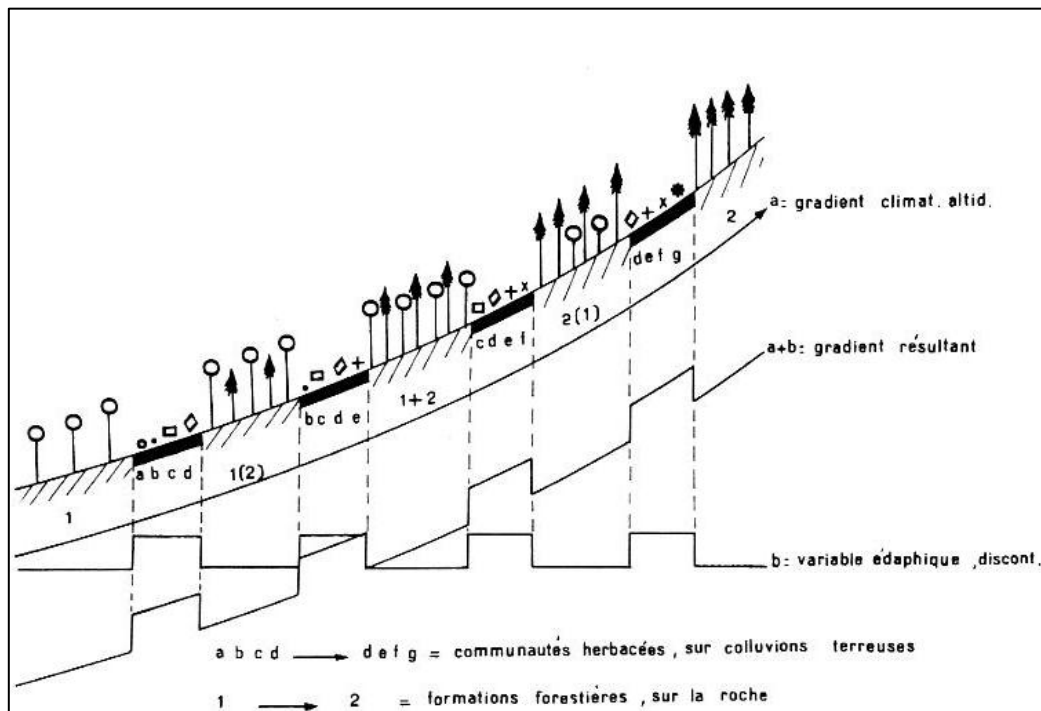
Figure 38 : Schéma théorique d'espèces se succédant en écailles doubles le long d'un gradient géographique régulier (Source : LECOMPTE, 1986).

On observera, là encore, que ce modèle est conforme aux observations de l'école de la *Gradient analysis*, quoique, cette fois-ci, ce sont clairement des gradients géographiques qui sont en jeu. D'autres auteurs ont pu, par d'autres voies statistiques, aboutir à un résultat comparable : BACHACOU (1973), s'appuyant sur de classiques analyses factorielles, montre que les espèces s'égrenant sur un plan factoriel dans le cas d'un effet Guttman correspondent aux *courbes gaussiennes chevauchantes* des schémas de WHITTAKER et de ses collaborateurs.

Peut-on dégager un modèle spatial de ces observations ? Il peut au moins être ébauché à charge pour la deuxième partie de donner une réponse plus argumentée. Ce modèle alternatif irait dans le sens d'un subtil jeu du continu et du discontinu qui tranche avec les positions extrêmes des partisans du continuum ou des tenants de la mosaïque d'unités discrètes. Là, les discontinuités sont moins des limites entre des entités homogènes que des variations dans la « vitesse » des changements notés par un observateur le long d'un cheminement. L'expression de *continuum à facettes*, proposée par Godron pour les différenciations spatiales de la végétation à l'échelle régionale (ALEXANDRE *et al.*, 1998, Andrieu et Godron, 2008) exprime ces changements de rythme : à une facette de végétation homogène succède une facette où les changements s'accroissent progressivement, puis une facette où ils ralentissent... Les discontinuités sont parfois à peine visibles sur le terrain.

Les hésitations sont encore grandes quant à la manière de nommer les phénomènes comme en témoigne ici le fait que LECOMPTE (1986) a repris l'expression de continuum à facettes pour désigner un autre type de variation progressive, où la progressivité s'exprime à l'échelle régionale, alors que des discontinuités existent à l'échelle locale ; le cas présenté sur la figure 39 montre, sur un versant du Rif où alternent bancs calcaires et bancs argileux, la modification différenciée des deux facettes sur lequel s'exerce l'effet du gradient climatique altitudinal. Pour illustrer ce deuxième type de continuum à facettes on peut aussi citer le changement progressif de la flore par disparition « en écailles » des espèces méditerranéennes du bas vers le haut Languedoc. Ce changement progressif s'effectue aussi bien, quoique sur des cortèges différents, au sein des facettes de maquis à Chêne-vert et Chêne pubescent qu'à l'ombre des châtaigniers plantés puis abandonnés par les hommes, les uns et les autres alternant dans le secteur (ALEXANDRE, 1997).

Figure 39 : Changement progressif de la composition de la végétation sur un versant du Rif (nord du Maroc) où alternent bancs calcaires et colluvions (LECOMPTE, 1986)



Ces quelques exemples, faisant état, de façon pour l'instant volontairement désordonnée, d'études ayant porté sur des terrains variés, montre l'intérêt d'une géographie botanique renouvelée dans ses méthodes, son vocabulaire et ses modèles d'interprétation. Le renouvellement est tout relatif dans les méthodes auxquelles il a été fait allusion. On puisera simplement dans la « nébuleuse » de techniques, sorte de boîte à outils constituée depuis les années 1950, de part et d'autre de l'Atlantique. La nouveauté est plus grande dans la manière de poser le problème de façon plus nettement géographique et dans la remise en question des schémas établis et rarement rediscutés. Il ne s'agit nullement, il faut le dire une fois encore, de laisser à penser que tout ce qui s'est fait auparavant était sans valeur. Le problème soulevé est bien plutôt que certaines questions ont été considérées comme réglées alors qu'elles méritent d'être à nouveau posées, en changeant l'angle d'approche. Une part de l'information portée par la végétation a été négligée et l'objectif est de la mettre à jour parce qu'elle est nous est utile pour mieux comprendre les évolutions actuellement en cours dans la biosphère.

CONCLUSION DE LA PREMIERE PARTIE

Cette première partie avait pour premier objectif d'aider à mesurer la richesse et la complexité de l'histoire de la géographie des plantes. Cette discipline dont Alexandre DE HUMBOLDT disait dans son discours de 1805 qu'il n'en existait jusqu'alors « que le nom » a eu son heure de gloire en donnant naissance tout à la fois à la géographie moderne et à l'écologie. Elle semble pourtant parfois avoir livré tous ses secrets, au point qu'on pourrait presque dire qu'il n'en reste plus aujourd'hui que le nom, un peu désuet. Tout se passe comme si la question de la répartition spatiale de la végétation n'avait plus qu'un intérêt secondaire, puisque les grands traits et les grandes règles en sont connus. Or ces grands traits s'avèrent plus incertains qu'il n'y paraît et les modèles spatiaux hérités, pris au pied de la lettre, sont sources d'imprécisions, voire de contresens.

Etablis dans d'autres contextes, avec d'autres schémas de pensée et d'autres objectifs que ceux que nous poursuivons en ce début du XXI^e siècle, ces modèles spatiaux méritent pourtant d'être sérieusement dépoussiérés, adaptés ou transformés pour répondre aux questions sur lesquelles nous sommes interpellés depuis que l'inquiétude a saisi nos sociétés sur l'état de l'environnement terrestre. On peut en effet sérieusement s'interroger sur l'utilité de conserver en l'état un planisphère des grands biomes terrestres qui n'est, ni plus ni moins, que la reconstitution d'un mythe puisqu'il représente les paysages végétaux tels qu'ils auraient existé si l'humanité n'avait pas été là ... et si le climat était resté fixe depuis qu'elle est apparue ... et si la liste de ces paysages végétaux avait été arrêtée une fois pour toutes il y a quelques milliers d'années. Les études de paléobiogéographie disent avec certitude que ce passé mythique n'a pas existé. Et je prends sans risque un pari : à l'avenir, même si l'humanité disparaissait, jamais la biosphère ne prendra ce visage.

Il est aussi bien difficile de continuer à rendre compte de l'organisation de la végétation en montagne avec un modèle qui cherchait à traduire la complémentarité des terroirs et l'ingéniosité avec laquelle des sociétés rurales aujourd'hui en grande partie démantelées exploitaient les différences d'altitude. Faut-il enfin continuer à rechercher dans une classification des groupements végétaux des réponses à des questions pour lesquelles elle n'a pas été conçue ? Etablie pour contribuer, par les potentialités ou les contraintes que la végétation révèle, à une mise en valeur rationnelle (à court terme du moins) agricole et forestière du pays, est-elle la mieux placée pour aider à répondre aux nouveaux enjeux de l'aménagement des territoires ?

L'organisation spatiale de la végétation doit être repensée pour aider à répondre aux questions suivantes :

- la question de la biodiversité, de l'étude et de la mesure de son érosion, que ce soit au niveau de la richesse spécifique des biocénoses dont la végétation constitue une fraction essentielle, ou au niveau de la dynamique des éléments qui la constituent ;
- la question des fluctuations et des changements du climat, de la possibilité de les étudier à travers l'indicateur que constitue la distribution géographique des espèces, d'envisager aussi les conséquences que pourront avoir ces changements sur la composition de la végétation ;
- la question des ressources, de leur disponibilité et de leur renouvelabilité pour lesquelles là encore la végétation peut être un bon indicateur.

La qualité de la caractérisation des formes spatiales prises par la végétation ne donnera évidemment qu'un élément de réponse à ces questions. Cependant, comme il s'agit d'un point qui a été un peu négligé, puisque considéré comme réglé, il me semble essentiel de contribuer à le renouveler afin de mieux prendre en compte ce qu'est la réalité du couvert végétal telle que nous l'observons : le résultat très transitoire de dynamiques entrecroisées. Sur quelles bases, dès lors, contribuer à améliorer la qualité de notre représentation de la végétation ?

En repartant de ce qu'un observateur perçoit, c'est-à-dire le paysage, au sens le plus commun du terme (« étendue de pays qu'une personne peut observer », dit ainsi le dictionnaire joint à l'*Encyclopaedia Universalis*), deux niveaux d'hétérogénéité dans la composition du couvert végétal qui constitue généralement un des éléments majeurs de ce paysage (non le seul) vont devoir être pris en compte. Le premier niveau est d'échelle régionale et supra-paysager (macro-hétérogénéité). Les modifications à l'échelle régionale du paysage végétal que l'œil ou même les images de télédétection permettent de déceler sont, on l'a vu, parfois trompeuses et toujours très simplifiées par rapport aux indications livrées par la flore, même par une fraction de celle-ci. La deuxième partie est consacrée à l'analyse de la macro-hétérogénéité de la végétation. Les résultats et les réflexions qui en seront tirées ne sont pas généralisables, je le dis d'emblée, à l'autre niveau d'hétérogénéité de la végétation. Cet autre niveau est d'échelle locale et infra-paysager : c'est celui de la mosaïque (souvent forcée) des stations et des groupements végétaux. Cette échelle est, de loin, la plus couramment étudiée et, si j'ai exprimé quelques réserves sur le modèle sur lequel repose son étude, je ne l'ai guère pratiquée de façon concrète, depuis mes années d'étude. Aussi n'irai-je pas plus loin dans ce volume sur l'analyse de la micro-hétérogénéité de la végétation

Il restera, dans la troisième partie, à revenir sur le paysage, là où les deux niveaux d'hétérogénéité s'articulent. On l'a dit en introduction, on l'a vu à travers plusieurs exemples dans la première partie, cette étude n'est pas évidente car l'analyse objective qui peut être faite de la structure et de la dynamique du paysage doit constamment être confrontée à la perception qu'ont les individus de ce qu'ils voient du pays et aux représentations que la société véhicule. Un travail (passionnant mais risqué) de dialogue entre les sciences de la nature et les sciences sociales doit alors être mené.

DEUXIEME PARTIE

**ORGANISATION SPATIALE DE LA VEGETATION
AUX ECHELLES MOYENNES**

INTRODUCTION

Cette deuxième partie voudrait montrer l'intérêt de systématiser une démarche expérimentée depuis une trentaine d'années ; si je n'ai été ni à l'origine de ce mode de lecture régionale de la végétation (dû à Michel LECOMPTE), ni le seul à avoir suivi la voie tracée, je pense, sans fausse modestie, être celui qui, directement, en multipliant la collecte des données sur le terrain, ou, indirectement, à travers la direction d'étudiants de masters ou de doctorat, a acquis l'expérience la plus complète. Aussi n'ai-je pas trouvé de meilleure façon de démontrer l'intérêt de continuer à creuser ce sillon. Il me semble, en particulier, que ce mode d'investigation trouve tout à fait sa place dans les perspectives plus larges ouvertes dans la troisième partie sur la dynamique des paysages et sur son interprétation en lien avec certaines questions d'environnement (conséquences biologiques du changement climatique, érosion de la biodiversité).

Il me faut donc tenter une synthèse¹⁰³ sur un ensemble de travaux consacré à l'étude de la végétation aux échelles petites et moyennes, là où le climat joue un rôle majeur pour redistribuer dans l'espace les cortèges d'espèces mis en place par l'histoire des flores. L'étude porte plus précisément sur les secteurs de transition entre ensembles floristiques, là où ils s'interpénètrent. Une même approche réunit l'ensemble de ces travaux tentant de renouveler la phytoclimatologie : l'information centrale repose sur des transects botaniques de plusieurs dizaines de kilomètres, constitués de segments enchaînés en continu – pour autant que la topographie le permette –, sur lesquels sont effectués des relevés de la végétation et du milieu (GODRON, DAGET, EMBERGER *et al.*, 1968). Chaque transect est orienté en fonction de la variation climatique dont on souhaite mesurer les effets : il constitue ainsi une ligne-échantillon représentative de la transition d'un climat à un autre. Cette dernière est approchée en ayant recours à la climatologie dynamique qui en faisant intervenir la succession des circulations atmosphériques quotidiennes permet de comprendre la variabilité spatiale des principaux paramètres du climat au cours de l'année. Selon que telle ou telle dynamique l'emporte, ces paramètres atteindront des seuils de valeur au-delà desquels les besoins de telle ou telle espèce seront ou non satisfaits (ALEXANDRE, 1996, ALEXANDRE *et al.*, 1998a, ALEXANDRE, GENIN et LECOMPTE *in* ALEXANDRE et GENIN éd., 2008).

L'unité dans la méthode et le nombre de transects explorés autorise maintenant une certaine généralisation des résultats obtenus. En effet, initiée par Michel LECOMPTE pour l'étude de la transition du domaine bioclimatique méditerranéen vers le domaine aride à travers le Moyen Atlas central (LECOMPTE, 1973, 1986), sur une suggestion de Michel GODRON, la méthode proposée tentait de répondre à une certaine insatisfaction vis-à-vis des présentations habituelles sur l'organisation spatiale du couvert végétal. LECOMPTE souhaitait alors surtout revenir sur l'approche pluviothermique développée par EMBERGER (*cf.* chapitre 4) et qui reste le cadre de réflexion de la biogéographie marocaine (BENABID, 2000). Depuis lors, la multiplicité des régions explorées a amené une étude beaucoup plus complète des modèles spatiaux produits par la géographie botanique, inventaire auquel je me suis attelé dans la première partie.

La démarche suivie dans cette deuxième partie apparaît comme un cas particulier des approches floristico-écologiques (*cf.* chapitre 5) telles que les pratiquait le Centre d'Etudes Phyto-écologiques (CEPE) de Montpellier, thème que le laboratoire créé par Louis EMBERGER, devenu Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive (CEFE) a quelque peu délaissé au fil des années. Il est dommage que cette voie féconde ait été délaissée alors même que la demande reste forte pour ce type d'études et que les discussions autour de l'organisation spatiale de la biosphère sont ravivées par le développement de l'écologie du paysage et des démarches qui lui sont proches. La question peut aussi être considérée comme un cas particulier des études de gradients telles que les a conçues

¹⁰³ Partielle car j'ai peu développé depuis ma thèse de doctorat les aspects climatiques, domaine où l'on est aujourd'hui vite dépassé.

WHITTAKER (1967, 1973, cf. chapitre 5) : étudier l'ordination des espèces qui constituent la végétation d'un gradient écologique. A l'école du Wisconsin est emprunté le modèle englobant du continuum. Rappelons qu'il ne constitue pas une pétition de principe sur l'organisation spatiale de la végétation mais une manière d'envisager l'hétérogénéité maximale que peut recouvrir la composition du tapis végétal. A partir de ce modèle de départ, ce sont bien tous les éléments de structuration spatiale de la composition du couvert végétal que nous recherchons : en quelque sorte, à la recherche des discontinuités (spatiales), dans la diversité des formes que celles-ci peuvent recouvrir.

Après avoir rappelé les principaux points de cette approche renouvelée des questions phytogéographiques et phytoclimatiques et souligné le caractère aisément reproductible de la méthode (chapitre 6), les résultats obtenus seront présentés et discutés. Ces résultats ont donné à plusieurs articles qui forment aujourd'hui un ensemble assez dispersé (ils sont ceci étant rassemblés dans le volume de publications de cette HDR). Parce qu'aussi de nouveaux résultats et de nouvelles analyses sont aujourd'hui venus s'ajouter, le temps d'une synthèse semble venu. Par ordre de complexité croissante, seront ainsi évoqués :

- dans le chapitre 7, la transition qui conduit du sud vers le nord de la flore guinéenne à la flore soudanienne et à la flore sahéenne sur la partie de l'Afrique de l'Ouest la plus proche du littoral ; la simplicité du dispositif topographique qui fait alterner bas-fonds et interfluves très plans se prête bien à la démonstration de l'existence d'un continuum d'échelle régionale liée au gradient de pluviosité ; celui-ci se dédouble en fonction de l'alternance entre conditions édaphiques plus humides ou plus sèches ; les espèces se succèdent alors sur le fil du gradient de pluviosité suivant le modèle des écaillés chevauchantes mis en évidence à une tout autre échelle par Michel GODRON (1967) (ANDRIEU et ALEXANDRE, 2008) ;
- dans le chapitre 8, la transition du domaine bioclimatique méditerranéen vers le domaine atlantique dans le Midi méditerranéen français mérite d'être revue pour une synthèse des thèses jumelles que nous avons soutenues dans les années 1990, Alain GENIN et moi-même, synthèse qui avait été partiellement écrite il y a quelques années mais que nous avons délaissée au profit d'articles effectuant une synthèse sur l'ensemble du Bassin méditerranéen occidental (ALEXANDRE *et al.*, 1998a, 2008) ; l'intérêt de cette synthèse s'est de plus amplifié depuis la réalisation d'un transect en Haute-Provence à travers le massif des Baronnies et les Préalpes de Digne ;

En y ajoutant les réflexions sur l'organisation spatiale de la végétation à l'échelle des Alpes, évoquée dans plusieurs publications (ALEXANDRE *et al.*, 1999, 2002, ALEXANDRE, 2002, GENIN, 2008), où la complexité est sensiblement plus forte puisque se combinent les effets de l'altitude (gradient thermique décroissant, changement dans la nature et le volume des précipitations), de la latitude (changement dans le régime des précipitations) et de la longitude (montant décroissant des précipitations des Alpes externes vers les Alpes internes), c'est tout un nouvelle manière de décrire l'organisation de la végétation aux échelles moyennes qui se dégage (conclusion).

Des perspectives s'ouvrent alors pour d'autres recherches utilisant la « phytoclimatologie dynamique » (LECOMPTE, 1988, 1989, 1990). Cela concerne, d'une part, la question de la généralisation spatiale des études stationnelles pour laquelle des indicateurs sont recherchés; une tentative a été faite pour utiliser les indications de la flore pour étendre les données du climat en relation avec l'érosion par ravinement sur les marnes des Alpes du Sud (ALEXANDRE *et al.*, 2000) . Le résultat a été un peu décevant, le décalage étant trop important entre ce qui importe dans le climat méditerranéen pour définir le climat érosif (l'intensité des précipitations) et le bioclimat (durée et intensité de la saison sèche). Ces perspectives concernent aussi la question de l'évolution spatio-temporelle des structures mises en lumière ; cette deuxième question se pose avec acuité pour

évaluer les conséquences du changement climatique global (avec ses déclinaisons régionales et locales) sur la biodiversité ; des éléments de réflexion peuvent être puisés, à la fois dans le cas africain (ANDRIEU et ALEXANDRE, 2008) et dans le cas alpin (COHEN et ALEXANDRE, 2007).

Chapitre 6

Propositions pour l'étude des relations climat – végétation aux échelles moyennes

L'objectif étant de mieux saisir l'organisation spatiale régionale de la végétation et ses rapports supposés avec le climat, les choix en matière de plan d'échantillonnage et de collecte de l'information doivent permettre de retrouver, dans cet espace bio-physique régional, aussi bien des limites franches qu'un continuum « pur », tel que le définissent GODRON et JOLY (2008) dans le *Dictionnaire du paysage* :

« Paysages où les transitions spatiales entre les habitats ou entre les éléments de paysage sont toujours progressives. Le continuum est un concept théorique promu par les écologues de l'école du Wisconsin et qui correspond à la réalité seulement dans certains paysages naturels tels que ceux des forêts de l'est des Etats-Unis d'Amérique où il est difficile de s'orienter par manque de repères distincts. Cette conception s'oppose à celle des communautés végétales possédant des limites clairement visibles. »

Cette définition du continuum diffère de l'emploi que je ferai du terme dans ce qui suivra. Conformément à ce qui a été esquissé dans le chapitre 4, il s'agit de prendre le continuum comme modèle de départ, prenant en compte l'entropie du couvert végétal¹⁰⁴, c'est-à-dire l'hétérogénéité maximale possible ou, si l'on préfère, le degré d'inorganisation extrême qu'il peut théoriquement atteindre. Après récolte de l'information botanique sur le terrain, une certaine néguentropie, c'est-à-dire un certain écart par rapport au modèle de départ, donc un certain degré d'organisation apparaissent. Plus cette néguentropie est faible, plus on est proche du continuum tel que défini par GODRON et JOLY ; plus elle est forte, plus une structure se révélera, sans préjuger de la nature de cette structure : ordination des espèces ou succession de communautés discrètes. Reste à concevoir l'échantillon pour que ce soit bien la structure spatiale qui soit saisie. Une fois la forme spatiale observée et décrite, il est supposé qu'elle n'est pas due au hasard : elle est donc confrontée aux facteurs organisateurs qui l'ont produite, le climat en premier lieu, facteur majeur mais jamais exclusif aux échelles petites et moyennes.

Entre les deux possibilités extrêmes (le continuum et la mosaïque de communautés végétales délimitées par un réseau dense de limites tranchées), il peut en effet exister une infinité d'intermédiaires, une grande diversité de configurations et même une combinaison des deux extrêmes, notamment en fonction de l'échelle d'analyse. Sous le nom de *phytoclimatologie dynamique*, Michel LECOMPTE (1973, 1986, 1988) a proposé une approche possible pour l'étude de l'organisation spatiale de la végétation aux échelles petites et moyennes où le climat est le principal facteur écologique organisateur. Il propose pour cela de choisir une ou plusieurs lignes-échantillon (transects) orientés dans le sens de la plus forte variation observée au sein des champs climatiques d'une région donnée. Au sein de la végétation, c'est ici la composition floristique qui est examinée ;

¹⁰⁴ Envisagé dans sa composition floristique dont on a vu qu'elle pouvait différer, dans sa répartition spatiale, du paysage.

dans les travaux les plus récents, seule la fraction ligneuse (éventuellement étendue aux herbacées vivaces) de la flore a toutefois été retenue, l'expérience ayant montré que, à cette échelle de travail, elle apporte autant d'information que la flore complète. Je reviendrai sur ce choix qui diffère par exemple de la méthode sigmatiste (chapitre 4) dont la mise en œuvre exige que la composition floristique complète soit établie.

La démarche proposée par LECOMPTE, son nom l'indique, couple cette analyse de la végétation avec une approche de la géographie du climat par le jeu des dynamiques atmosphériques. Rappelons qu'il existe deux manières (complémentaires¹⁰⁵) de concevoir la synthèse climatique. Elle peut être progressive, suite à une démarche analytique prenant comme point de départ les éléments atmosphériques mesurables (températures, précipitations, vitesse et direction du vent, nébulosité, insolation, humidité, pollution, etc.), puis calculant des moyennes, érigées en « normales » lorsque le nombre d'observations est jugé suffisant, analysant la fréquence des phénomènes, combinant les éléments pour parvenir à des indices, pour dégager les caractéristiques climatiques du lieu où ont été menées les observations. La portée de ces caractéristiques est ensuite extrapolée à l'espace environnant. L'alternative est de partir de la réalité synthétique spontanée que constitue l'état instantané de l'atmosphère, pour aboutir à une classification des types de circulation dont la succession habituelle en un lieu constituera le climat de ce lieu. La phytoclimatologie classique s'est construite en combinant les données de climatologie analytique pour le calcul d'indices ou pour des représentations graphiques. Or, les représentations graphiques, fondées sur des moyennes (généralement au pas de temps du mois), prennent mal en compte la variabilité interannuelle du climat et, comme on l'a vu avec l'un des plus élaborés d'entre eux, le quotient pluviothermique d'EMBERGER (cf. chapitre 4), les indices sont frustes, éloignés de la relation complexe végétation - milieu et difficiles à extrapoler dans l'espace. A l'inverse, par la démarche compréhensive dont elle procède, l'étude de la dynamique atmosphérique permet cette généralisation, en particulier relativement aux données quotidiennes. La reconstitution des champs pluviométriques ou thermométriques est à ce prix. La climatologie analytique reste évidemment incontournable : lorsqu'il s'agit de montrer et de chiffrer les tendances et les changements qui affectent le climat, le recours aux longues séries chiffrées s'imposant alors ... Lorsque de telles séries existent, bien sûr, ce qui n'est donné que pour un petit nombre de lieux.

J'ai, depuis bientôt vingt ans, largement exploré cette voie vers une approche régionale de la géographie de la végétation et du milieu, pour une part individuellement au cours de ma thèse de doctorat dans le Haut Languedoc (ALEXANDRE, 1996), pour une autre part collectivement à la fois dans des tentatives de synthèse autour de la Méditerranée occidentale (ALEXANDRE, GENIN, LECOMPTE, 1998a et *in* ALEXANDRE et GENIN éds, 2008) et dans des prolongements dans le massif alpin où la topographie, la géologie et les changements à l'œuvre dans les sociétés montagnardes ajoutent de la complexité : de premiers résultats sur cet exemple alpin ont été publiés (ALEXANDRE *et al.*, 1999, 2002), d'autres sont encore inédits. Plus récemment, à travers l'encadrement de la thèse de Julien ANDRIEU (soutenance en décembre 2008), un essai a été réalisé en Afrique de l'Ouest où, les effets du relief sont simplifiés à l'extrême mais où il faut compter avec les profondes digitations du littoral avec une démultiplication des estuaires entrecoupant des interfluves continentaux et où la variabilité interannuelle de la pluviosité est forte. Dans les Alpes comme en Afrique, la question de la climatologie dynamique n'a pas été, pour l'instant, totalement abordée, les chapitres de cette deuxième partie s'attacheront donc à une partie seulement de la méthode proposée par Michel LECOMPTE sous le nom de phytoclimatologie dynamique, celle qui concerne la caractérisation de la

¹⁰⁵ Quoique parfois antagonistes : des débats parfois vifs ont animé et animent encore la communauté des climatologues sur le point de savoir quelle est la meilleure façon d'élaborer la synthèse climatique. Voir, par exemple, les prises de position opposées de DAUPHINE (1976) ou de VIGNEAU (1986).

géographie de la végétation, étape qui mène vers son interprétation ; celle-ci sera effectuée à titre d'hypothèse mais elle ne constitue pas le fond de ma démonstration.

6-1- Le principe général : l'exploration botanique des strates de variation climatique

6.1.1 - Champs climatiques et gradients

Pour étudier la végétation en fonction d'une ou plusieurs variables mésologiques, l'échantillonnage stratifié est généralement choisi. Il est défini par SCHERRER (in FRONTIER éd., 1983) comme :

« [...] Une technique qui consiste à subdiviser une population hétérogène en sous-populations ou "strates" plus homogènes, mutuellement exclusives et collectivement exhaustives. [...] Un échantillon indépendant est par la suite prélevé au sein de chacune des strates en appliquant un plan d'échantillonnage au choix de l'écologiste. »

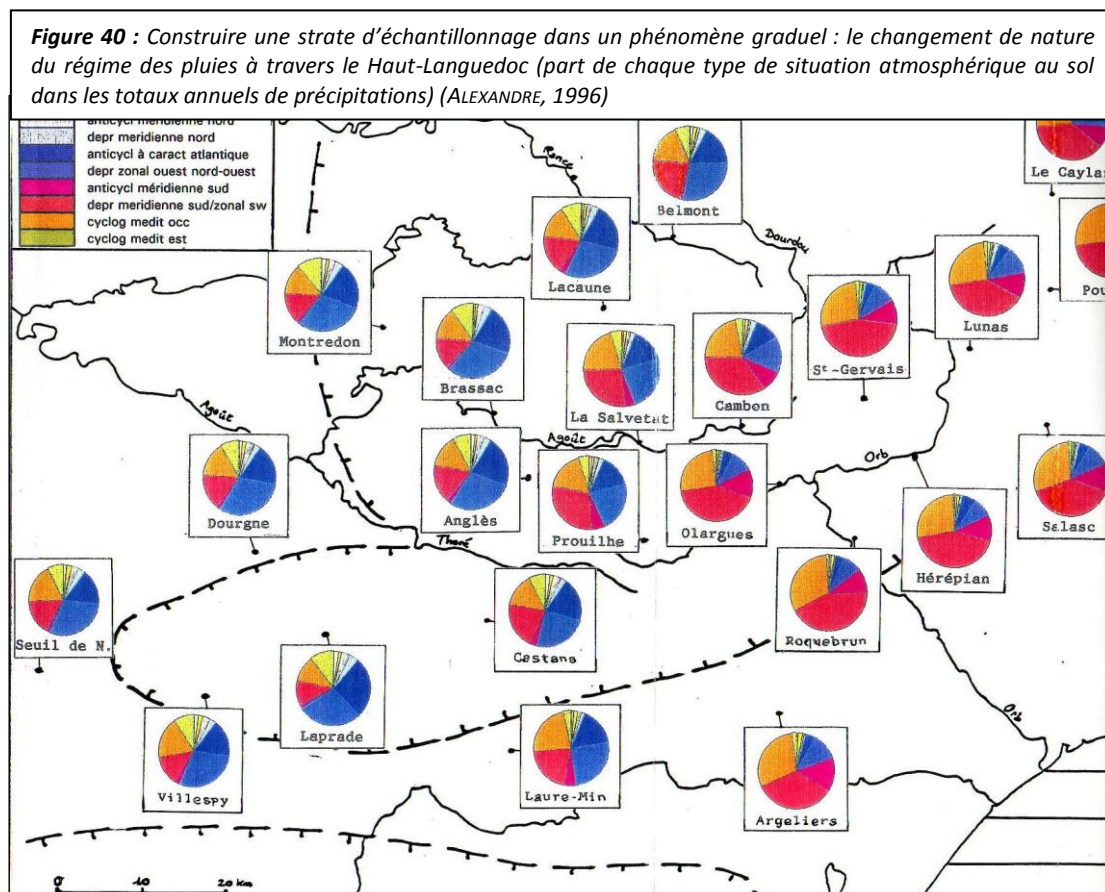
Une telle définition, prise abruptement, soulève la question de la discrétisation de l'objet étudié (la végétation) et du facteur qui est supposé faire la différence (le milieu). Chaque strate correspond à un état du milieu et les relevés constituant l'échantillon sont équitablement répartis dans chacune des strates. L'espace est ainsi discrétisé en fonction de cette stratification. Cette logique de découpage s'accorde bien au modèle de la mosaïque de stations dont il a été question dans le chapitre 4. Pourtant, on l'a vu, la discrétisation de l'espace bio-physique ne va pas de soi : la difficulté est double lorsqu'il s'agit, comme ici, d'étudier la concordance ou la discordance de structures spatiales de deux objets difficiles à considérer *a priori* comme des populations au sens statistique du terme. La végétation ne l'est que si l'on considère les végétaux individuellement, mais on se place là à une échelle plus grande encore que celle qui permet d'étudier la micro-hétérogénéité infra-paysagère. Pour transformer la végétation en population statistique, il faut donc procéder à un premier découpage *a priori* en unités de taille égale (segments si l'on se place dans une dimension ; quadrats si l'on considère un plan) dans l'ensemble desquelles l'échantillon sera prélevé aléatoirement. La difficulté est du même ordre pour le milieu : si un découpage sur une base généralement topographique ou édaphique est encore assez facile à concevoir sans trop forcer la réalité aux échelles grandes, les choses sont moins aisées à l'échelle régionale, là où le climat est déterminant. Certes, les grandes lignes du relief peuvent, là encore, « guider les ciseaux », mais au sein de chaque unité le climat n'est pas homogène. Pour rendre compte de la configuration spatiale de tels phénomènes, il faut faire un détour par la notion de *champ* (« aire d'extension ou d'action d'un phénomène ou d'un processus », BRUNET in BRUNET, FERRAS, THERY, 1992), laquelle avait pris une grande importance en géographie dans les années 1980-1990 et dont l'occurrence a, depuis lors, décru. Roger BRUNET (*op. cit.*) avait pourtant raison d'écrire que :

« [Le champ] a une place éminente en géographie : le Monde entier est structuré par une grande abondance de champs de toutes tailles, dans lesquels se déploient des phénomènes particuliers. Ces champs eux-mêmes sont structurés, ils ont un ou des centres, des axes et des cheminements, des vides ou des lacunes, des fronts qui fluctuent plus ou moins, en expansion ou en retrait, comme les bords d'une flamme dont le dessin général, pourtant, demeure. Ils peuvent même se déplacer dans l'espace et dans le temps. »

La notion un peu abstraite ainsi définie s'applique bien aux phénomènes où l'on a besoin de considérer les choses comme un tout et non comme une série de petites unités juxtaposées et distinctes. Bien mieux que la mosaïque, le champ rend compte des phénomènes bioclimatiques aux échelles petites et moyennes. Ainsi, les paramètres du climat varient-ils de manière continue dans l'espace et le temps et le climat peut-il être conçu comme un ensemble de champs (pluviométrique et thermométrique pour les deux principaux d'entre eux) traduisant les variations spatiales des paramètres climatiques mesurés, se combinant les uns aux autres en fonction de la succession des dynamiques atmosphériques. La notion pourrait très bien aussi s'appliquer à la végétation, quoique

son emploi soit ici inhabituel, pour décrire la façon dont la composition floristique répond aux champs climatiques.

Quoi qu'il en soit, les mesures recueillies dans les stations climatiques permettent de fixer les axes majeurs de ces champs climatiques mais celles-ci sont souvent en trop petit nombre pour qu'une généralisation de ces mesures ponctuelles à l'ensemble du champ soit autre que très grossière et pour que l'ensemble ait une certaine valeur prédictive. Ceci peut être obtenu en ayant recours à la climatologie dynamique qui permet d'interpréter valablement les valeurs mesurées et, par là même, d'inférer des lieux aux intervalles entre ces lieux. Les axes des champs climatiques sont orientés par des centres d'action atmosphériques assez stables autour de leur position géographique moyenne : ainsi, les anticyclones dynamiques subtropicaux, qui déterminent sur leurs marge nord et sud des gradients méridiens de xéricité ou les anticyclones thermiques continentaux, à l'origine de gradients dits de continentalité ou encore des centres plus locaux, liés à l'orographie, générateurs de gradients divers en montagne. De la même façon, les évolutions du climat, aux différentes échelles de temps, doivent être, d'une part mesurées, d'autre part mises en relation avec l'évolution de la structure climatique, structure qui repose sur la fréquence relative des types de circulations atmosphériques et leur traduction sensible, les types de temps. La figure 40, extraite de ma thèse de doctorat (ALEXANDRE, 1996) montre, à titre d'exemple, une représentation possible du champ pluviométrique régional sur la terminaison méridionale du Massif central entre le Bassin aquitain et la plaine du Bas-Languedoc : la part jouée par les précipitations venues respectivement de l'Atlantique et de la Méditerranée dans le régime des précipitations varie progressivement d'ouest en est. A Montredon-Labessonnié, à l'ouest, la part des précipitations atlantiques est maximale et la sécheresse estivale dommageable aux végétaux mésophiles est largement estompée. A Roquebrun ou Hérépian, dans l'arrière-pays bitterrois, les précipitations reposent surtout sur les remontées méridiennes de sud qui donnent de très fortes averses au début de l'automne et à la fin de l'hiver, apports en eau dont une grande part ruisselle et vient gonfler les cours d'eau pour des crues brutales et parfois catastrophiques plus qu'ils ne sont efficaces pour les végétaux.

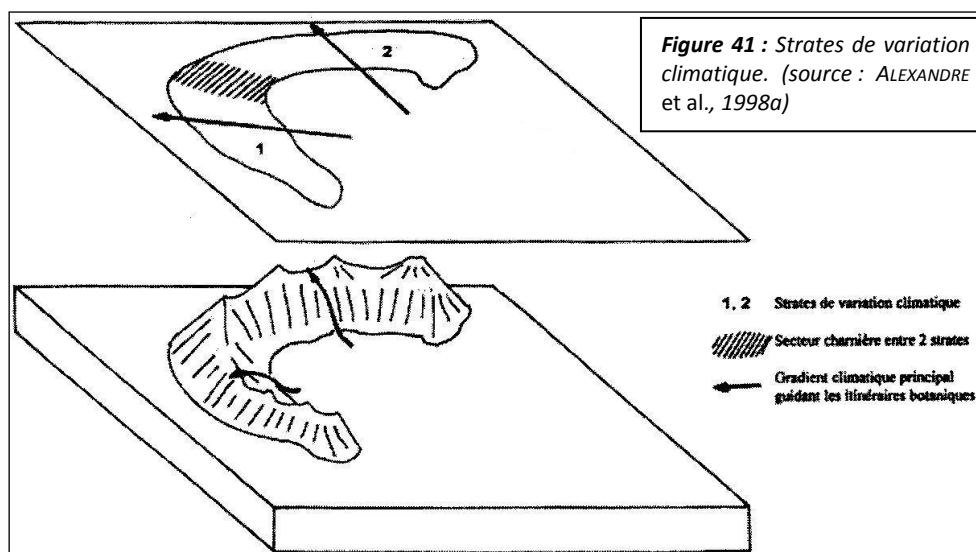


Sur la complexe question des relations climat-végétation, la notion de gradient apparaît non seulement bien adaptée mais indispensable à mettre en œuvre en complément et en éclairage de celle de champ. Dans ce cadre, la phytoclimatologie dynamique peut être considérée comme un cas particulier des *gradient analyses* proposées par WHITTAKER (1967, 1973, cf. chapitre 5) en rappelant toutefois que l'entrée est ici clairement géographique, la variation graduelle dont il est question étant inscrite spatialement, ce qui n'est pas nécessairement le cas, on l'a vu, pour les gradients écologiques de WHITTAKER. Dans cet échantillonnage spatial, il n'est pas possible de séparer le climat régional d'autres facteurs qui peuvent amplifier, réduire ou même masquer son effet. La topographie joue un rôle (d'ailleurs souvent topoclimatique), le facteur édaphique également, l'homme, déterminant dans l'aspect de la végétation, intervient aussi dans sa composition ; les interactions biotiques, ne serait-ce que dans la compétition pour la lumière, doivent également être prises en considération. Le poids relatif du climat dans chacun des espaces observés devra être testé. Comment, à partir de là, « stratifier » un espace bio-physique régional, défini comme un ensemble de champs où des gradients s'expriment et se répondent ?

6.1.2- La notion de strate de variation climatique

Au sein des champs climatiques, LECOMPTE (1986) a proposé la notion de *strate de variation climatique* pour désigner non pas des états homogènes du climat que sépareraient des limites nettes, (tels que les imaginaient par exemple EMBERGER, 1930, cf. chapitre 4), mais des entités spatiales présentant un type de variation climatique, orientée par un gradient sinon unique, tout au moins dominant sur une certaine largeur de territoire, celle de la strate de variation qui constitue ainsi une « portion » du champ climatique ; la région étudiée correspondant à une telle strate homogène, peut être représentée par, au minimum, une ligne-échantillon. Cette ligne-échantillon sert alors de support pour un long transect botanique sur lequel les espèces défilent en fonction des gradients climatiques ... et des autres facteurs du milieu. La question sera alors de savoir de quelle « fonction » il s'agit : comme on le verra, ce n'est en aucun cas une relation simple, de type linéaire.

Les lignes générales du relief déterminent en effet, dans une région donnée, des portions de champ régulières, axées sur des gradients orographiques. Ceux-ci combinent à l'influence de l'altitude celle des dynamiques de l'atmosphère dirigées par le relief. L'ensemble des portions régulières des champs du climat constitue la base d'échantillonnage stratifié du climat d'un type particulier, en ce que les strates ne sont pas caractérisées par des états donnés des variables climatiques, mais par des variations d'un type donné (ordonnées) de ces états (LECOMPTE, 1973, 1986) (fig. 41).



Pour reprendre l'exemple du Haut-Languedoc (fig. 40), une strate de variation climatique orientée dans les sens de la plus forte variation du régime des pluies peut être dessinée et une ligne-échantillon peut y être choisie aléatoirement (fig. 42).

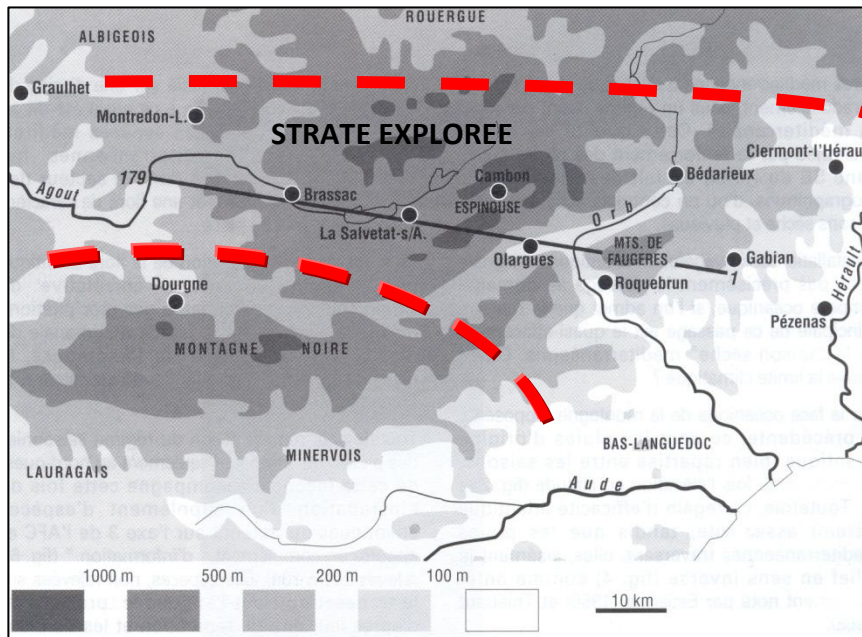


Figure 42 : Strate de variation climatique et choix aléatoire d'un transect pour son exploration botanique (Haut-Languedoc). Le transect (ligne pleine en noir) est orienté par la plus forte variation climatique (cf. fig. 40 ci-dessus) (Source : ALEXANDRE et al., 1998b)

Une fois le tracé du transect désigné, un deuxième choix d'échantillonnage doit être effectué. Il concerne, cette fois, la végétation : suivant quelle maille doit-on la relever ? Cette maille doit être ajustée de manière à ce que la macro-hétérogénéité soit la mieux prise en compte possible. A l'inverse, elle doit être suffisamment longue pour que la micro-hétérogénéité soit gommée. Elle engendrerait en effet un « bruit » qui parasiterait le signal renvoyé à cette échelle. Le grain de la végétation (cf. chapitre 4, GODRON, 1982) nous guide alors pour trouver la juste longueur, le choix final étant empirique. Toutefois, lorsque la vérification expérimentale a été faite (expérience inédite menée par Hacène AREZKI dans le Haut-Atlas), elle a confirmé la justesse du choix. Celui-ci s'est porté, suivant les cas, vers des relevés segmentaires effectués à raison de 2 (500 m : Maroc, Alpes, Afrique de l'Ouest) ou 3 (330 m : Haut-Languedoc et Cévennes) par kilomètre. Il se trouve que ces chiffres rejoignent ceux cités par CLEMENTS et SHELFORD (1939) pour l'analyse des massifs forestiers d'Amérique du Nord. En dépit de ce qui a été dit sur la plus grande diversité de la végétation de l'Ancien monde et de l'homogénéité qu'elle présenterait dans le Nouveau, je ne considère pas cette coïncidence comme très étonnante. La diversité à laquelle il est généralement fait référence pour l'Europe ayant plutôt trait à la micro-hétérogénéité.

6.2 – Procédure d'étude du climat et protocole pour la collecte de l'information botanique

6.2.1 – Climatologie dynamique : rappel d'une procédure ancienne mais qui a prouvé son efficacité

Si l'on en vient à une présentation concrète de l'approche suivie, celle-ci suppose donc un jeu de miroirs entre une étude de climatologie dynamique et une analyse de longs transects botaniques, l'une informant l'autre et réciproquement. Dans les chapitres qui suivent où je tenterai, à partir des quelques terrains sur lesquels j'ai travaillé, de dégager une sorte de grammaire de l'analyse spatiale du couvert végétal, on verra que ce jeu subtil a été plus ou moins mené au bout : indéniablement sur la question des limites du domaine méditerranéen, partiellement sur le massif alpin où l'analyse

climatique n'a pas encore partout été effectuée, indirectement en Afrique de l'Ouest où les publications sur le climat ont été très nombreuses, notamment autour des longues années de sécheresse que le sous-continent¹⁰⁶ a connues. Je n'ai, de fait, plus guère travaillé la question climatique depuis une dizaine d'années et ce paragraphe est plutôt là pour rappeler que la démarche, pour produire tous ses résultats, doit être menée dans son ensemble, pour dire aussi ma conviction qu'il y aurait encore intérêt à poursuivre une méthode simple et peu coûteuse (sinon en temps) d'envisager l'étude dynamique du climat. J'y ajouterai simplement aujourd'hui la nécessité d'envisager en complément le changement du climat par une étude des longues séries statistiques de mesures du climat.

La méthode sur laquelle s'appuient les études climatiques lorsqu'elles ont été menées fait largement appel à une analyse « à la main », un par un, de centaines de bulletins quotidiens d'informations météorologiques. Le codage manuel des types de situations quotidiennes apparaît aujourd'hui lourd et un peu désuet. Il peut surtout lui être reproché son caractère qualitatif. D'autres pistes s'appuyant sur la classification automatique des types de temps existent pour mener de façon plus objective une étude de climatologie dynamique, mais elles demandent un investissement plus fort et donc de travailler en équipe avec des climatologues, ce qui est évidemment souhaitable. Elles ont permis de reconstituer de façon beaucoup plus fine les champs climatiques en fonction notamment de la topographie, et ce dès les années 1980 pour la France (BENICHO, 1983, 1985, BENICHO et LE BRETON, 1987), ce qui n'est toutefois possible que s'il existe un réseau suffisamment dense de stations de mesure.

La méthode manuelle garde l'avantage de ne pas perdre de vue les mécanismes météorologiques, de garder par son caractère typologique une plus grande souplesse, ce qui conduit à un résultat honorable, certes au prix d'un travail plutôt fastidieux mais à la portée d'un non-spécialiste. Au fond, je ne retirerai pas grand-chose de ce que j'écrivais dans ma publication de thèse (1996) :

« Lorsque les mesures sont trop peu nombreuses et aléatoires comme c'est le cas en ce qui concerne les données aérologiques dont la liste des paramètres n'est pas close et où la hiérarchie des facteurs n'est pas vraiment fixée, le choix d'une typologie qualitative est défendable. Les systématiques quantitatives comme celles de DUBAND (1974), de DER MEGREDITCHAN (1975) ont, c'est vrai, une valeur prédictive plus grande mais, comme le souligne LECOMPTE (1986), les typologies qualitatives réalisent "déjà un certain niveau de synthèse dans l'explication des phénomènes climatiques" ce qui, de fait, répond mieux aux objectifs [de la phytoclimatologie]. »

« Les taxinomies aérologiques quantitatives butent, par ailleurs, sur un certain nombre de difficultés. Selon la métrique utilisée, les résultats peuvent manquer de stabilité. Les classes se recoupent souvent et les cas sont fréquents où des individus sont plus proches d'individus de classes voisines que du centre de gravité de leur classe. Certaines classes établies à l'aveugle pour le problème étudié peuvent manquer d'intérêt. Finalement, l'approche visuelle-synthétique reste supérieure, en l'état actuel des outils statistiques. »

L'objectif étant de parvenir à une restitution convenable de champs climatiques régionaux (échelle de la centaine de kilomètres), le protocole suivi s'appuie donc sur l'analyse de la succession quotidienne des types de temps ayant régné sur une région et la mise en relation de ces types de temps avec les paramètres climatiques mesurés (précipitations, températures) en différentes stations de l'espace régional. A partir de l'examen de plusieurs années de bulletins météorologiques quotidiens, il peut ainsi être arrêté un certain nombre d'informations pertinentes codifiables par référence à quelques types simples. Pour exemple, la typologie utilisée pour ma thèse (1994, publ. 1996) et celle, jumelle, d'Alain GENIN (1996, publ. 1997) : mise au point et utilisée par Michel LECOMPTE et DELANNOY (1980) au Maroc, puis par Josyane RONCHAIL (1980) dans les Alpes, et par DERRAZ (1993) et EL ALAMI (1993), de nouveau au Maroc. S'appuyant sur un nombre limité de critères,

¹⁰⁶ L'Afrique de l'Ouest est plus souvent dénommée sous-région mais le terme est excessivement ambigu.

cette classification est apparue simple sans être pour autant simpliste, ce qu'ont pu contester certains climatologues. Ainsi, Jean-Pierre VIGNEAU (1986) estime-t-il, à l'inverse, que :

« ... La disparité apparaît trop forte entre l'échelle des figures isobariques et celle de l'espace concerné ce qui rend médiocrement explicatives des combinaisons renvoyant à des styles par trop schématiques ».

L'examen des bulletins météorologiques sur un grand nombre de journées, ayant permis une bonne reconstitution des champs climatiques, infirme les inquiétudes exprimées par VIGNEAU. Sa propre typologie reconnaît 46 classes pour les configurations d'altitude, 77 classes pour les situations au sol, 10 classes pour les flux régionaux et 10 classes pour les types de temps. Indéniablement plus précise, une telle classification, dans son emploi, bute sur deux difficultés. La première est que l'appréciation de certains critères nécessite la présence d'un observateur permanent, installé pour plusieurs années sur place. La seconde est que la multiplication des classes entraîne un nombre de combinaisons éventuelles - 46 x 77 x 10 x 10 dans le cas de la typologie de VIGNEAU - qui retire une grande partie des possibilités de généralisation ; cela rend par ailleurs irréalisable l'analyse statistique.

La typologie de DELANNOY et LECOMPTE comportait à l'origine cinq groupes d'informations. La dernière de ces informations qui concernait le passage ou non d'un front au-dessus de la région pour une journée donnée a été abandonnée, cette information binaire se révélant peu discriminante dans l'espace. D'autre part, la lecture des résumés climatologiques montre que, en de nombreux cas, le dessin ou non d'un front sur les cartes synoptiques des champs de pression tient de la libre interprétation de la réalité météorologique par le cartographe ; les résumés signalaient en effet le passage de fronts qui n'avaient pas été cartographiés ... ou l'inverse.

Le premier groupe d'informations est la situation en altitude, classiquement analysée à partir des isohypses de la surface isobarique de 500 hPa dans l'optique de ROSSBY (PEDELABORDE, 1991, DURAND-DASTES, *in* DOLLFUS éd., 1990). Ce critère permet de mettre en avant l'effet déterminant du champ de pression de la moyenne et de la haute atmosphère : l'onde planétaire agit ainsi par résonance sur les basses couches de l'atmosphère. Les perturbations sont aggravées ou modérées selon que les deux champs de pression - en altitude et au sol - sont ou non couplés (phénomène de *steering*). Quoique l'importance de cette corrélation mécanique simple soit parfois remise en cause, elle existe dans un grand nombre de cas. Elle s'avère surtout déterminante dans certains climats en association avec d'autres facteurs aggravant ou modérant la situation : par exemple, le couplage entre un versant oriental de vallée dessinée sur la surface de 500hPa et une situation au sol méridienne de sud est responsable de la plupart des fortes averses qui atteignent la France méditerranéenne, les contrastes thermiques entre la base et le sommet de la masse d'air et entre la mer et la terre étant le facteur aggravant, surtout en automne. A titre d'exemple, les types retenus pour ce premier groupe d'informations étaient les suivants :

- marais barométrique ;
- dorsale anticyclonique ;
- versant occidental de vallée barométrique ;
- axe de vallée barométrique ;
- dépression d'altitude, goutte froide ;
- versant oriental de vallée barométrique ;
- flux rapide d'ouest.

Les second et troisième groupes d'informations concernent la situation au sol, appréhendée à 0 heure et à 12 heures. Les types choisis prennent en compte plusieurs informations : le caractère perturbé ou non de la masse d'air (situation anticyclonique ou dépressionnaire ou marais barométrique), sa trajectoire générale (zonale ou méridienne) en liaison avec son origine lointaine (atlantique, continentale, ...). Dans le cas de l'Europe méridionale, ces phénomènes se développent à l'échelle du domaine ou concernent parfois des systèmes dépressionnaires de taille plus réduite

positionnés soit sur le Levant espagnol ou le Golfe du Lion, soit sur le Golfe de Gênes ou l'Adriatique. Dix types de situation au sol avaient ainsi été retenus :

- marais barométrique ;
- situation anticyclonique méridienne de nord ;
- situation anticyclonique méridienne de sud ;
- situation anticyclonique zonale à caractère atlantique ;
- situation anticyclonique à caractère continental ;
- cyclogenèse locale centrée sur le golfe du Lion ;
- situation dépressionnaire zonale d'ouest ou nord-ouest ;
- situation dépressionnaire zonale de sud-ouest ou méridienne de sud ;
- situation dépressionnaire méridienne de nord ;
- cyclogenèse locale centrée sur le golfe de Gênes.

Le quatrième et dernier groupe d'informations est la direction du flux sur la région. Le vent régional influe sur l'évolution ultime de la masse d'air et détermine donc son incidence sur les volumes de relief du terrain. Les classes de ce 4^e groupe étaient les huit directions principales de la rose des vents, plus le cas où le flux est faible ou nul : vent faible ou nul ; vent de secteur nord-ouest ; vent de secteur nord (codé 2) ; vent de secteur de nord-est (codé 3) ; vent de secteur est (codé 4) ; vent de secteur sud-est (codé 5) ; vent de secteur sud (codé 6) ; vent de secteur sud-ouest (codé 7) ; vent de secteur ouest (codé 8).

LECOMPTE (1986), évoquant jugeait que :

« ... Par rapport à ses devancières, la typologie ici proposée présente l'intérêt de hiérarchiser les échelles de circulation, distinguant ainsi entre les influences proprement aérologiques d'origine lointaine et celles de la dynamique proche, au contact des reliefs ; cela donne, par enchaînement de ces influences, une explication progressive du climat ».

Vingt ans plus tard, il m'apparaît encore utile de continuer à procéder de cette façon (en adaptant bien évidemment la typologie lorsque l'on se situe sur d'autres terrains) pour répondre au type de questions posées dans ce volume. Ceci n'enlève rien à la nécessité de développer des approches complémentaires dans le cadre notamment de l'étude du (ou des) changement(s) climatique(s). J'y vois surtout une preuve supplémentaire de l'importance de mener les recherches en équipes pluri-disciplinaires : la climatologie en est souvent absente et on ne peut continuer à produire des études scientifiques ou des plans de gestion dans lesquels le chapitre climatique se réduit à un ou deux diagrammes ombrothermiques.

6.2.2 – La collecte de l'information botanique

(a)- Le terrain ne se réduit pas à la collecte raisonnée de l'information

Ma position vis-à-vis du terrain a déjà été évoquée ça et là dans le texte ; elle doit maintenant être précisée. Dans mon esprit, peut-être trop marqué par la vieille école (ou déformé par elle), le travail de terrain est capital, essentiel pour la collecte de données, mais il ne se réduit pas à elle. Je ne conçois ce qui vient d'être dit sur l'échantillonnage ou ce qui va être dit sur les choix en matière de relevé que comme l'étape centrale d'un processus qui débute par une prise de connaissance du pays ou de la région et se poursuit par une prise en compte du ou des territoires dans lequel (lesquels) ces informations s'inscrivent. Derrière le territoire, un ensemble de questions : qui l'a mis en valeur et comment ? Qui y agit aujourd'hui ? Qui y habite ? Qui le traverse ou le visite ? En somme, l'information collectée n'a d'intérêt que si elle est replacée dans son contexte tant physique qu'humain. Ce contexte est pour partie global, mais il reste aussi largement régional et la connaissance sensible du terrain, des acteurs sociaux qui y interviennent et, plus généralement, des

hommes qui l'habitent et l'utilisent comme ressource est un élément essentiel du raisonnement, comme on le reverra dans la troisième partie de ce mémoire.

Cette exigence de terrain a longtemps été un point commun entre écologie et géographie, même si l'une et l'autre n'y cherchaient pas les mêmes choses. Elle n'a toutefois plus tant bonne presse aujourd'hui. Du côté des écologues, on reproche son côté pré-scientifique à une approche qualifiée de naturaliste, ce qui est, aujourd'hui, au mieux condescendant. Elle m'apparaît pourtant encore utile à la condition de ne pas lui faire dire plus qu'elle ne le peut. Le temps apparaît lointain où l'on pouvait justifier un plan d'échantillonnage seulement guidé par le « flair » et les connaissances accumulées par les naturalistes au fil de leurs cheminements. Ainsi de Marcel GUINOCHET (1973) pour la phytosociologie :

« M. GODRON (1971) a passé en revue les diverses méthodes employées par les techniciens des sondages statistiques pour aboutir à la conclusion que, dans le cas de la phytosociologie, l'échantillonnage le plus simple est un échantillonnage stratifié avec analyse d'un nombre égal de parcelles dans chaque strate. [...] C'est au fond une systématisation de ce que font *intuitivement* les phytosociologues classiques qui, en outre, font appel, en premier lieu aux connaissances que l'on a concernant la distribution géographique des espèces dans le territoire qu'ils se proposent d'étudier. »

Dans cette logique, la connaissance intime du terrain servait ensuite pour la généralisation spatiale des résultats, y compris pour produire une carte. Le rapport très particulier au pays qu'établit le naturaliste ne se dissocie pas de l'approche scientifique :

« Les associations végétales d'un territoire ayant été définies et décrites à l'aide de relevés floristiques complets [...], il est ensuite relativement aisé de les reconnaître au *simple coup d'œil*¹⁰⁷ sur le terrain. Le procédé mental est le même que celui du systématiseur qui n'a pas besoin de se remémorer chaque fois toute la diagnose d'une espèce pour en nommer un spécimen dans la nature. » (GUINOCHET, *op. cit.*)

Mon point de vue est plutôt que la connaissance sensible et intuitive que les naturalistes ont du terrain est une première étape qui permet de poser les bonnes questions et de construire convenablement son échantillon. Cette première étape gagne à être découplée de l'étude systématique qui s'en suivra. Elle peut ensuite servir pour une interprétation correcte des résultats.

Du moins les naturalistes ont-ils conservé un pouvoir certain, sinon dans l'université, du moins dans la société où leur connaissance du terrain continue à être déterminante pour la conservation des espèces et la protection des espaces qui vont de pair : ainsi le *guide méthodologique des plans de gestion des réserves naturelles* (LIEDERMANN *et al.*, 1991) rappelle-t-il que celles-ci sont « des sites qui ont attiré l'attention des naturalistes », ce qui donne une juste mesure de ce pouvoir légitimé par la connaissance du terrain. Du côté des géographes, l'importance de la « tournée » de terrain est renvoyée à des temps plus anciens (1890-1945) et à l'héritage contesté de Paul VIDAL DE LA BLACHE et d'Emmanuel DE MARTONNE :

« Dans la dernière décennie du XIXe siècle, Paul VIDAL DE LA BLACHE a installé la géographie dans l'Université française et insufflé à ses premiers étudiants un nouvel esprit disciplinaire. [...] Il s'agissait principalement d'une appréhension visuelle directe des milieux humanisés, qui était ensuite méthodiquement abstraite et vulgarisée au moyen de généralisations descriptives et graphiques privilégiant l'échelle régionale. Dans la genèse du Tableau de la géographie de la France de Vidal de la Blache, le parcours effectif et personnel du terrain étudié et sa soumission à la vue directe ont constitué la première des postures de recherche. » (MENDIBIL, in ROBIC *et al.*, 2006)

Marie-Claire ROBIC et Marie-Vic OZOUF-MARIGNIER (*in* BAUELLE, ROBIC, OZOUF-MARIGNIER édés., 2001) souligne le côté initiatique qui était alors accordé au terrain, apprentissage indispensable pour une discipline ancienne mais qui s'est tardivement imposée dans le domaine universitaire :

¹⁰⁷ Dans cette citation comme dans la précédente, c'est moi qui met en italiques.

« Le contact avec la "réalité géographique", sur le terrain ou par ses substituts, est valorisé par le savoir voir, qui implique un coup d'œil, mais aussi un sens du placement et un art du déplacement sur les lieux. Le travail individuel de terrain et l'excursion collective sont les moments clés de cet apprentissage, car il existe bien un apprentissage du voir ou plutôt du "savoir regarder" et la dizaine d'années qui entoure le tournant du XXe siècle est pleine de témoignages sur la constitution de ces micro-techniques du regard et du déplacement. »

Micro-techniques qui étaient ensuite transcrites en un discours transmis aux étudiants lors des excursions au cours desquelles le maître se dirigeait vers tel ou tel point de vue démonstratif, la sûreté avec laquelle il s'y rendait étant un gage de sa connaissance du terrain. Celui-ci étant indissociable de l'école française de géographie régionale est-il frappé d'obsolescence à mesure du déclin de la démarche classique ? Doit-elle se réduire au strict minimum (levés, mesures ou relevés en géographie physique ; enquêtes auprès du public ou des acteurs en géographie humaine) ? Toute approche qualitative et sensible du territoire doit-elle être suspectée ?

Je le crois de moins en moins car le contexte nous impose plutôt de la prendre à nouveau au sérieux dans les termes que j'ai rappelés ci-dessus. Ma lecture de l'histoire de la géographie me conduit à ce constat : son évolution, singulièrement pour la géographie française, suit plus qu'elle ne précède les questions que la société se pose sur son espace et son environnement. Nous feignons souvent de penser que nous maîtrisons les évolutions de la discipline alors que nous ne faisons que coller à la demande sociale (ce qui, au final, est plutôt à notre honneur) : c'est le constat qui ressort d'un récent *Géopoint* (Groupe Dupont et UMR ESPACE, 2008). A partir des années 1960, la victoire de la « nouvelle géographie » a certes été difficile dans la mesure où des forteresses institutionnelles étaient à prendre, mais elle était inéluctable avec l'effacement des sociétés rurales et des territoires qui formaient la trame du récit régional de l'école vidalienne : ces petits pays, subtiles synthèses des caractères physiques du lieu et des genres de vie, et les régions naturelles qui les réunissaient. Leur connaissance s'établissait par le biais de cette approche par le terrain et l'analyse du paysage. Les années d'après-guerre où la planification (impérative à l'est, incitative à l'ouest) dominait, furent marquées par le grand tournant aménagiste de la discipline ; les années 1980 et 1990, durant lesquelles le reflux de l'idée qu'il put y avoir une géographie volontariste, furent celles où s'épanouit la lecture des effets spatiaux de l'économie « naturelle » (au sens d'Adam SMITH), tandis que la fin des idéologies amenait à démonter le fonctionnement spatial des sociétés comme le produit du jeu des acteurs. Au final, c'est par ce courant que les territoires sont revenus, se reconstituant comme lieux de vie ou comme espace de projet collectif.

Une cinquantaine d'années après le *Tableau de la Géographie de la France* de VIDAL DE LA BLACHE (1904), les éditions Larousse publiaient, sous la direction de Daniel FAUCHER (1951), une sorte de chant du cygne de l'approche vidalienne qui s'y exprime jusqu'au maniérisme, au moment où la réalité qu'elle décrit au grand public s'efface (symboliquement, c'est le temps où le basculement entre population rurale et population urbaine s'opère au bénéfice de cette dernière) : les pays qui constituaient la mosaïque française y défilent un à un dans une minutieuse description de leurs traits physiques, des modes d'utilisation et des activités industrielles et artisanales diffuses dont les bourgs et petites villes sont le siège. D'où vient que la lecture d'un tel ouvrage me paraît redevenue utile aujourd'hui ? C'est que, à l'heure où la question environnementale et l'impératif du développement durable imposent un nouveau tournant à la géographie, l'échelle du pays et des régions, ainsi que le besoin de leur connaissance intime s'imposent à nouveau. La nouvelle *vulgate* nous dit « pensez global, agissez local » : finalement, tant mieux, elle impose au géographe de refaire du terrain. Il y croisera le naturaliste qui ne l'a jamais quitté. Leur connaissance du terrain et des personnes qui y vivent ne s'arrête évidemment pas au registre sensible même si celui-ci aide à bien poser les questions.

(b)- Le relevé de végétation : les approximations de la botanique de terrain

La forme et l'étendue des relevés peuvent être très variées en fonction de la question posée et des choix qui ont été effectués en matière de plan d'échantillonnage. En revanche sur le contenu du relevé lui-même, les pratiques ne sont pas très éloignées les unes des autres. Rappelons que le choix s'est porté sur des relevés segmentaires enchaînés en continu le long du transect. La continuité n'est interrompue que par les passages escarpés ou les zones de culture. La taille du relevé, de 300 à 500 m ici, est ajustée à l'étude de la macro-hétérogénéité de la végétation et, comme telle, ajustée au grain grossier de celle-ci. La longueur de la maille est choisie de manière à valoriser l'influence phytogéographique des facteurs à pas long – le climat général – et à gommer, à l'inverse, l'expression botanique des facteurs de « haute fréquence » (LECOMPTE, 1973). Il n'est donc pas question de « piéger », avec une aussi large maille, les mosaïques fines de végétation, typiques notamment des milieux non forestiers ou la structure précise des lisières forestières (ALEXANDRE *et al.*, 2002a)

Il existe un consensus relatif autour du relevé de végétation qui présente toujours une liste d'espèces et une étude plus ou moins complète du milieu, preuve s'il en est de la confiance qui continue à exister sur la solidité du lien végétation-milieu. BRAUN-BLANQUET (1928) en a proposé une version adaptée à la phytosociologie sigmatiste mais généralisable à d'autres approches ; le CEPE de Montpellier (GODRON, DAGET, EMBERGER *et al.* (1968) a précisé toute l'information qu'il était possible de collecter dans ce qui constitue un *Code pour le relevé méthodique de la végétation et du milieu*, véritable manifeste pour la pratique rigoureuse de la phyto-écologie en vue de son utilisation pour des analyses statistiques et quantitatives. En contrepoint de cette codification, je citerai ici la description du « relevé de végétation » tel que le décrit Fernand MOREAU (1960) car il traduit bien les espoirs de tous ceux qui souhaitent étudier les rapports des plantes avec leur milieu :

« C'est sur le terrain que le phytogéographe recueille ses propres documents : il observe les plantes sur le lieu même où elles croissent et, flore en main, il détermine les espèces qu'il rencontre. Il en dresse ensuite la liste ; il fait un relevé, dit-on ; il note pour chacune les caractéristiques (altitude, exposition, humidité, pente, sol, etc.) de la station où il l'a recueillie, et il retient son abondance et sa rareté. »

« Sur place, il exprime sous forme de schémas les grands traits que la végétation imprime au paysage. Souvent, il représente par quelques grandes lignes l'aspect général de la végétation (au flanc d'une montagne par exemple). [...] L'appareil photographique dont il est muni lui permet de rapporter des paysages observés une image plus fidèle qu'un schéma vivement crayonné [...]. A l'aide d'une boussole, il détermine l'orientation d'un versant ; la boussole de pente lui fait connaître l'angle d'un terrain avec le plan horizontal. L'altimètre lui indique l'altitude du lieu où il se trouve [etc.] »

Il manque certes le GPS mais la description reste assez fidèle. Et même si une place est accordée au paysage (dont on a ici une pratique héritée de l'école vidalienne), il faut y voir la confiance toujours réaffirmée dans la « supériorité » de l'information floristique – même réduite à sa plus simple expression : présence ou absence des espèces - en matière de signification écologique. L'exercice de la botanique de terrain pose cependant un certain nombre de problèmes que le texte sympathiquement élégiaque de MOREAU masque quelque peu. Le relevé idéal existe-t-il en-dehors des études de très grande échelle ? Peut-on atteindre, dans les conditions habituelles de l'exercice de la géographie botanique, l'exhaustivité dans l'établissement des listes floristiques ?

Il existe un grand écart entre les raffinements de la nomenclature et le repérage puis la détermination des espèces sur le terrain, même en prélevant des échantillons pour les espèces non immédiatement reconnues. Pour reconstituer les communautés végétales, la botanique de terrain ne possède pas les outils nécessaires pour aller très loin dans la reconnaissance des niveaux les plus fins de la taxinomie ; la vérification individu par individu de la justesse de la détermination est évidemment illusoire. Le problème se pose, dans un nombre non négligeable de genres, dès le niveau de l'espèce : c'est le cas pour le genre *Rubus*, le genre *Rosa* ou le genre *Potentilla* chez les Rosacées,

le genre *Festuca* ou le genre *Agrostis* chez les Poacées ; en domaine tropical, les difficultés se démultiplient y compris dans des familles où abondent les ligneux comme les Moracées (le genre *Ficus* et ses 700 espèces se révèle particulièrement redoutable) ou la sous-famille des Césalpinées ... La liste n'a évidemment rien d'exhaustif. La tension est alors forte entre l'exigence du géographe qui veut des données représentatives de l'espace exploré (ce qui signifie qu'elles doivent être en grand nombre pour permettre d'étudier la fréquence des espèces ou des communautés) et l'exigence du botaniste ou du phytosociologue soucieux d'exhaustivité sans laquelle toute sa construction s'écroule, ce qui exige de progresser méthodiquement au cours du relevé par élargissement successif de l'aire explorée (1 m², puis 4 m², puis 16 m², etc. si l'on suit les prescriptions de BRAUN-BLANQUET). L'exhaustivité réclame aussi que l'on vérifie minutieusement les individus de morphologie proche, la détermination des sous-espèces pouvant s'avérer décisive pour la reconnaissance de tel ou tel syntaxon. Cela exige aussi que l'on revienne à plusieurs reprises au cours de l'année sur la station étudiée pour noter les cryptophytes et les thérophytes dont l'apparition est saisonnière¹⁰⁸.

Par delà la diversité des objectifs fixés pour cette collecte d'information botanique, nous avons tous besoin d'un matériel d'une qualité sans reproche avec des relevés présentant une homogénéité parfaite, mais, justement parce que les objectifs sont différents, la question portera sur l'exigence ou non d'exhaustivité. Pour le but que nous souhaitons atteindre à travers une étude phytoclimatique d'échelle moyenne, le souci sera moins d'avoir *toutes* les espèces¹⁰⁹, la reconnaissance des types de communautés n'étant pas notre visée, que de disposer d'une liste d'espèces à la fois la plus étendue possible afin de multiplier le nombre d'indicateurs, et la plus sûre compte tenu que les données ont été obtenues par une équipe de chercheurs dont les observations doivent être harmonisées.

Sur le terrain, seuls les sens comptent, au premier rang desquels la vue. Comment vérifier que l'on a bien eu l'œil et que rien n'a été oublié ? L'identification *in situ* ou après prélèvement d'échantillons repose uniquement sur le fait que l'observateur a distingué une morphologie végétale d'une autre morphologie végétale. Pour un très grand nombre d'espèces, le problème n'a, on l'a dit, rien d'insurmontable même pour un botaniste non confirmé. Pour certaines familles ou certains genres, la détermination est beaucoup plus longue et malaisée. La détermination est surtout souvent incertaine : sur le terrain, on ne choisit pas l'état dans lequel on va trouver les échantillons et celui-ci n'est en général pas aussi parfait que le voudraient les clefs des flores. La convergence morphologique peut aussi entraîner des confusions par-delà les familles : dans la *Flore forestière française*, RAMEAU, DUME et MANSION (1989, 1993) signalent systématiquement les confusions possibles.

Les aspects phénologiques sont aussi à prendre en compte. La variabilité de la végétation d'une saison à l'autre est grande. L'aspect de la formation végétale et sa composition floristique apparente changent. La classification des végétaux en types biologiques par RAUNKJAER (1905, 1934) le rappelle : bien des espèces passent inaperçues une grande partie de l'année, qu'elles gardent un appareil souterrain ou qu'elles ne survivent qu'à l'état de graines dormantes. A grande échelle, d'une saison à l'autre, c'est parfois la configuration spatiale même de la végétation qui varie. L'exemple le plus frappant, d'ailleurs fréquemment cité (dans BOURNERIAS *et al.*, 2001, par exemple), se trouve dans les hêtraies de nos contrées. Au début du printemps, des communautés de plantes à fleurs vernalles dans lesquelles la Renoncule ficaire (*Ficaria verna*), la Jacinthe des bois (*Hyacinthoides non scripta*), l'Anémone des bois (*Anemone sylvatica*) sont particulièrement abondantes dans une partie des sous-bois profitant de ce que l'ombre profonde induite par le feuillage plagiotope du Hêtre ne

¹⁰⁸ Voir y revenir sur plusieurs années car toutes ne s'expriment pas chaque année. La phytosociologie synusiale offre une bonne alternative à ces problèmes en permettant de reconnaître des communautés fugaces dans le temps et dans l'espace.

¹⁰⁹ D'autant que cette quête est un peu illusoire, hors station expérimentale surveillée en permanence.

s'est pas encore constituée. Ces communautés d'annuelles ou de cryptophytes ne sont plus observables dès que le débouillage du Hêtre a eu lieu.

Il faut admettre que, avec la meilleure volonté botanique du monde, dans chaque relevé, une part de l'information est soit manquante (parce que c'est la mauvaise saison, parce que l'observateur a l'attention moins acérée, parce qu'une partie des échantillons est restée indéterminée, ...), soit incomplète (identification s'arrêtant au niveau taxinomique du genre, voire de la famille). Avant tout traitement des données, il faut dès lors savoir évaluer la qualité de l'information collectée, harmoniser les listes et éliminer ce qui n'est pas sûr ou ce qui n'a pas été reconnu par tous ceux qui ont participé à la campagne de terrain. Ce processus de sélection des espèces retenues doit évidemment être raisonné. Deux solutions s'offrent :

- On peut procéder comme les phyto-écologues de Montpellier dans certains de leurs travaux : pour permettre à un grand nombre de personnes de participer aux relevés, on retient au départ une liste de cinquante ou cent taxons dont les études préalables ont montré qu'ils étaient intéressants et dont la détermination ne pose pas de problème. Ceci ne fonctionne que si le terrain et la végétation sont déjà connus ;
- On peut aussi choisir de se concentrer sur une fraction seulement de la flore (ce qui permet de garder une plus grande ouverture) ; pour une étude régionale portant sur les rapports climat-végétation, il paraît raisonnable de se concentrer sur les espèces connaissant « une immersion complète et continue dans l'atmosphère » (ALEXANDRE *et al.*, 2002), c'est-à-dire les *espèces vivaces* gardant au moins une partie de leur appareil aérien toute l'année (hémicryptophytes, chaméphytes et phanérophytes). Les géophytes ont un statut bioclimatique plus ambigu ; quant aux annuelles, elles opèrent leur cycle végétatif en un temps court profitant d'une opportunité saisonnière (ou non) et sont donc peu représentatives du climat.

Au sein des plantes vivaces, nous avons souvent fait le choix de ne retenir que la fraction ligneuse (hémicryptophytes possédant une base sous-ligneuse, chaméphytes et phanérophytes). Une première raison de ce choix est pratique et rejoint ce qui est dit ci-dessus : même si elles gardent toujours un appareil aérien et qu'il est parfois possible de se fonder sur quelques critères végétatifs pour leur détermination, les herbacées vivaces ne sont, pour la plus grande partie d'entre elles, identifiables sans ambiguïté que lorsqu'elles possèdent leurs caractères floraux ; ne pouvant choisir le moment où nous pouvons nous rendre sur le terrain, il est souvent difficile de maintenir ce groupe. Il est, au demeurant, possible de garder les herbacées dont la détermination s'effectue sans difficulté en toute saison : c'est ce qui fut fait, dans les Alpes du Sud, pour la Bauche (*Achnatherum calamagrostis*), Poacée cespiteuse dont les grosses touffes qui colonisent ravines et badlands restent aisément identifiables.

D'autres raisons, de fond, cette fois-ci, amènent à se concentrer sur la flore ligneuse. En partant de relevés exhaustifs, Michel LECOMTE (1973, 1986), dans le Moyen-Atlas central, a montré que la prise en compte des annuelles rendait plus difficile la lecture spatiale ; elle agit en effet comme du bruit sur un signal pour reprendre l'expression classique. Il a aussi montré que l'information était plus importante si l'on se cantonnait à la seule flore ligneuse par rapport à la prise en compte de l'ensemble de la flore (tabl. 6). Le même résultat a été obtenu dans le Haut-Languedoc par moi-même (ALEXANDRE, 1996) et dans les Cévennes par Alain GENIN (1997). Ceci confirme que l'exclusion des espèces herbacées peut se justifier dans les domaines où la flore ligneuse est bien représentée dans tous les milieux. Cette exclusion des espèces herbacées, souvent liées à des variables locales du milieu, facilite de ce fait le filtrage de celles-ci.

Tableau 6 : Analyse factorielle des données floristiques recueillies sur un transect ouest-est dans le Moyen-Atlas central du causse d'Imouzère à la cuvette de Skoura – Valeurs propres comparées des trois premiers facteurs principaux pour les trois fractions de la flore (Source : LECOMPTE, 1986)

	Axe 1	Axe 2	Axe 3	Total 1, 2 et 3
Ensemble de la flore.....	8 %	8 %	7 %	23 %
Herbacées annuelles.....	6 %	6 %	5 %	17 %
Herbacées vivaces.....	8 %	7 %	6,5 %	21,5 %
Ligneuses.....	11 %	8 %	7 %	26 %

(c)- La qualité de l'information collectée : trois cas de difficultés botaniques

Comme cela a été vu au chapitre 2 (p. 72), les difficultés propres à l'application de la notion d'espèce dans le règne végétal, difficultés auxquelles il faut ajouter tous les écueils de la botanique de terrain rappelés ci-dessus, obligent à trancher au cas par cas avec pragmatisme sur les déterminations litigieuses, en ne retenant comme information botanique que le rang taxinomique auquel on est parvenu de façon indiscutable. Trancher au cas par cas : la liste promet d'être longue ... Trois exemples suffiront à montrer combien ces règles apparemment simples ne sont pas si faciles à appliquer.

Fétuque(s) des Grands Causses

Le genre *Festuca*, écrit GUINOCHET (*in* GUINOCHET et de Vilmorin, *op. cit.*), « a de tout temps défié la sagacité des botanistes ». Cela a mené à définir des espèces collectives dont, en particulier, pour la flore française, la Fétuque des moutons (*Festuca ovina* L. *sensu ampl.*), la Fétuque rouge (*Festuca rubra* L. *sensu ampl.*). Le programme de recherche sur l'embroussaillement sur le Causse Méjan (COHEN éd., 2005) auquel j'ai prêté un concours tardif en termes de relevés botaniques et de traitement statistique des données collectées¹¹⁰ (Cohen et Alexandre, 1997) a donné lieu à quelques discussions à propos des fétuques. Faute de pouvoir discerner les espèces, sous-espèces et variétés, la tentation était grande de tout classer en Fétuque des moutons, entendue au sens large.

Cependant, les brebis – et, du coup, les éleveurs – opèrent une distinction entre ces fétuques. Certaines d'entre elles sont appréciées et se reconnaissent aisément au moins au fait qu'elles sont fortement abrouties ; quelques critères végétatifs – vert clair un peu bleuté des feuilles, par ailleurs très souples - semblant par ailleurs rapprocher ces plantes de la Fétuque glauque (*Festuca glauca*), il a été convenu de désigner ainsi ces bonnes fétuques fourragères. A l'inverse, d'autres touffes apparaissaient délaissées par le bétail : à leur aspect plus rude, ils ont été rapprochés de *Festuca duriuscula* qui est aujourd'hui considérée comme la sous-espèce la plus typique de la Fétuque rouge (*Festuca rubra* ssp. *rubra*).

Deux fétuques seulement pour le Causse Méjan ? N'ayant guère le moyen de faire mieux à partir des moyens dont on dispose sur le terrain, il s'agissait, je pense, de la manière la plus sage de procéder.

Juniperus communis et *Juniperus sibirica*

Autre exemple ayant soulevé la perplexité quant à la conduite à tenir, aussi bien sur les sommets du Massif Central que dans les Alpes : celui des genévriers (genre *Juniperus*). La présence du Genévrier nain (*Juniperus sibirica*) est présentée comme significative des landes et pelouses

¹¹⁰ COHEN et ALEXANDRE, 1997 ; COHEN, ALEXANDRE et MATHIEU, 1998.

subalpines ou pseudo-alpines. Il se distingue du Genévrier commun par son port. Or, cette espèce n'est pas reconnue comme telle par certains auteurs qui n'y voit qu'un phénotype de *Juniperus communis*. Jacques GENERMONT (*Encycl. Univ.* : article variation) livre une solution qui n'arrange guère le botaniste de terrain puisqu'il reconnaît l'existence à la fois de l'espèce *Juniperus sibirica* et de la forme naine de *Juniperus communis*, sans qu'il soit possible de distinguer l'une de l'autre sur des critères purement physiologiques :

« Chez le genévrier commun, les individus de montagne acquièrent, du fait de leur milieu de vie, un port prostré favorable à la vie dans ce milieu, bien différent du port érigé des individus de plaine. Ces exemples illustrent l'aptitude de l'organisme à ajuster son organisation et sa physiologie en sorte que les fonctions essentielles à sa survie et sa reproduction soient assurées dans une certaine gamme de variation des conditions de milieu. [...] La part de variation d'origine environnementale n'est pas héréditaire. Semées en plaine, des graines de genévrier commun récoltées sur des pieds prostrés de montagne donnent des plantes sans aucune tendance au port prostré. Il existe en revanche un genévrier nain, à port prostré en plaine comme en montagne, qui diffère génétiquement du genévrier commun. L'effet de l'altitude sur celui-ci fournit donc un phénotype qui copie une variation génétique : c'est une phénocopie. »

Quelle attitude tenir en pareil cas ? Le choix est de ne garder que l'information la plus sûre, n'identifiant les individus prostrés à *Juniperus sibirica* qu'aux altitudes alpines. Pour les Genévriers comme pour les autres espèces ou genres de détermination mal assurée, nous nous sommes ainsi résolus à ne garder que l'information la plus sûre, mais aussi la plus générale, quitte à perdre un peu de la vertu démonstrative du relevé.

Chênes méditerranéens

Les chênes sclérophylles méditerranéens fournissent un autre exemple des difficultés posées par la taxinomie du règne végétal. L'exemple est d'autant plus intéressant qu'il porte ici sur des végétaux dominants entre lesquels certaines différences qui s'avèrent très fragiles à l'usage ont été retenues. Il faut du coup mener l'enquête pour trancher quant à l'information à retenir. La taxinomie des chênes sclérophylles s'avère « délicate », suivant le terme employé par Pierre QUEZEL et Frédéric MEDAIL (2003), pour les espèces *Quercus ilex* (le Chêne vert) et *Quercus coccifera* (le Chêne kermès) :

« [ils] représentent en fait deux espèces collectives très variables et il est souvent impossible de discerner les unités infraspécifiques, voire spécifiques qui ont été identifiées par certains auteurs. »

Ainsi a-t-on longtemps distingué le Chêne kermès répandu de la péninsule ibérique et du Maghreb jusqu'à la Grèce du Chêne de Palestine (*Quercus calliprinos*) que l'on rencontre en Asie mineure. Le premier est décrit par les flores de COSTE (1901-1904) et de FOURNIER (1961) comme un arbrisseau ne dépassant pas, en hauteur, deux ou trois mètres et adoptant souvent un port prostré de quelques dizaines de centimètres. Ce buisson drageonnant ne semblait pas pouvoir être confondu avec *Quercus calliprinos*, arbre qui atteint de beaucoup plus grandes dimensions, dépassant fréquemment une vingtaine de mètres. Cette distinction n'est aujourd'hui plus considérée comme pertinente ; QUEZEL et MEDAIL (*op. cit.*) estiment ainsi que :

« la distinction entre des types sous-frutescents et des types arborescents n'est guère possible en fonction de critères morphologiques ou géographiques, puisque ces derniers [les types arborescents] existent en fait sur toute l'aire de l'espèce, du Portugal au Proche-Orient ».

Il est vrai que la distribution actuelle du Chêne kermès dans le bassin méditerranéen occidental est étroitement liée aux terrains que les sociétés rurales ont bien voulu lui laisser. Cantonné sur les bas plateaux de calcaire massif et dans les terrains qui ont connu des incendies, sa souche se révélant très résistante au feu, le Kermès ne peut guère produire que ce morphotype bas et comme prostré, bien illustré par le *garric* provençal ou languedocien. Les usages dans la garrigue

n'étaient pas absents, mais bien moins nombreux que ceux développés autour du Chêne vert, le plus lucratif d'entre eux, la récolte de la cochenille (*Kermes vermilion*) vivant sur ses rameaux¹¹¹ pour la coloration rouge vermillon que l'on tirait de ses œufs, s'est effacée au XVIII^e siècle (LIEUTAGHI, 2006), face à la concurrence du carmin de la cochenille prélevée sur certaines cactacées du Mexique et du Pérou. Quoi qu'il en soit, les chênaies de Chêne kermès s'élèvent à des altitudes beaucoup plus hautes au Proche-Orient, ce qui semble dessiner deux écotypes qui justifieraient, selon certains auteurs (TOUMI et LUMARET, 2001, in QUEZEL et MEDAIL, 2003), que deux sous-espèces soient distinguées : *Quercus coccifera* ssp. *coccifera* et *Quercus coccifera* ssp. *calliprinos* ... Encore s'agit-il ici de deux sous-espèces dont les aires de distribution sont bien distinctes.

Le Chêne vert pose des questions plus épineuses encore où se mêlent les raisons morphologiques, biochimiques, ethnologiques, écologiques et paléobiogéographiques pour distinguer ou non plusieurs espèces ou sous-espèces. De fait, s'il est aisé de le distinguer par ses feuilles ternes (surtout sur la face inférieure) du Kermès, ces mêmes feuilles présentent, chez le Chêne vert, des formes et des caractéristiques remarquablement variées. C'est cependant sur un critère foliaire qu'est distingué du Chêne vert *sensu stricto*, un Chêne à feuilles rondes (*Quercus rotundifolia*) dans la péninsule ibérique et au Maghreb ; en Espagne et au Portugal notamment, il constitue une bonne partie de ces formations désignées ici sous le nom de *dehesa* et là de *montado*, boisements clairs dominant un tapis herbacé continu (pour cela appelées « savanes » méditerranéennes par les auteurs anglophones : GROVE et RACKHAM, 2001). Un autre caractère différencie ces deux chênes verts : *Quercus rotundifolia* possèdent des glands doux, comestibles (pour certaines populations de l'Atlas, il a joué le même rôle alimentaire que celui du Châtaignier dans les Cévennes), alors que *Quercus ilex* *sensu stricto* donnent des fruits âpres, chargés de tannin, immangeables tels quels sinon par les animaux¹¹² (LIEUTAGHI, 2006). Sur la base de cette différence, le Chêne-vert ibérique et maghrébin a été nommé par DESFONTAINE *Quercus ballota*, du nom de *ballut*, donné à ce Chêne dans la langue arabe. Pour GROVE et RACKHAM (*op. cit.*), la différence morphologique et biochimique se double d'une différence physiologique et écologique, ce qui justifie d'en faire deux espèces distinctes :

« Le Chêne vert des Baléares, de Corse et d'Italie, commun en Sardaigne, moins commun en Grèce et en Crète, a bien des propriétés du Chêne kermès, mais il ne peut, en général, survivre à l'état de buisson bas. Il repousse aisément après incendie et après une coupe grâce à ses rejets, mais est moins résistant que le Kermès au pâturage. Il tolère l'ombre et est plutôt un arbre forestier qu'un arbre des savanes. »

« En Espagne et au Portugal, à la place du Chêne vert, on trouve *Quercus rotundifolia* (dénommé *encina* en espagnol, *azinheiro* en portugais). C'est l'arbre le plus commun des savanes d'Espagne et sur de larges aires, il est l'arbre unique. Il est souvent confondu avec *Quercus ilex* mais, dans son apparence et son écologie, il a plus en commun avec le Chêne kermès. Il peut ainsi être faiblement enraciné ; il préfère des sols non argileux. Il est très résistant à la sécheresse et il existe une forme prostrée très résistante. »

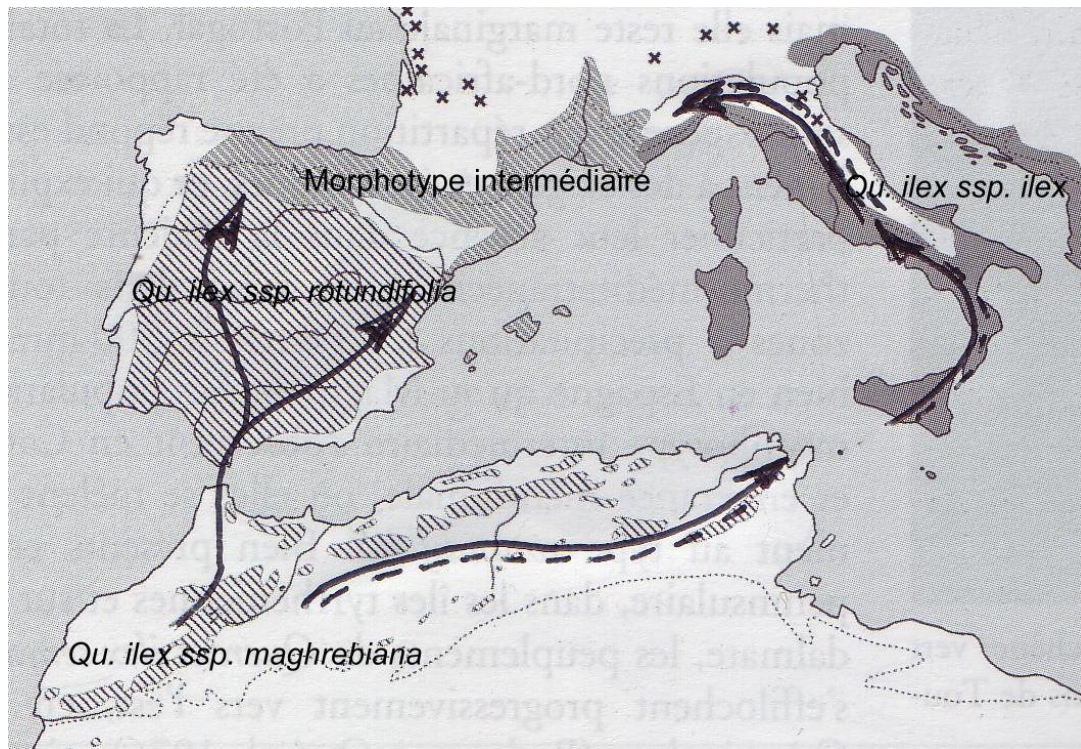
GROVE et RACKHAM ajoutent que le chêne vert ibérique ainsi défini « ne franchit pas les Pyrénées ». Que faire, dès lors, des peuplements de Chêne vert de Catalogne, du Languedoc et de Provence, non cités par les auteurs ? Dans la *Flore forestière française*, RAMEAU, DUME ET MANSION (*op. cit.*) ne retiennent pas un partage aussi net. En reprenant les critères biochimiques et morphologiques et en les croisant à des données paléo-biogéographiques, LEBRETON *et al.* (2001, in QUEZEL et MEDAIL, 2003) proposent de distinguer trois sous-espèces qui auraient dérivé des peuplements atlasiques. Il y aurait ainsi une sous-espèce « originelle » : *Quercus ilex* ssp. *maghrebiana* à partir de laquelle se seraient constituées deux lignées, l'une par l'Algérie et l'Italie,

¹¹¹ La Cochenille du chêne (le *kirmiz* des Persans et des Arabes, l'*alkermes* des Espagnols) s'est aujourd'hui beaucoup raréfiée. Rappelons que Linné a rappelé cette particularité dans le nom donné à cette espèce : *Quercus coccifera*, le Chêne qui porte la Cochenille.

¹¹² Les animaux préfèrent, ceci étant, les glands doux du *Quercus ballota*, lesquels confèrent, estime-t-on, en retour sa saveur incomparable au jambon des sierras espagnoles.

l'autre par l'Espagne et le Portugal. La première constitue les populations de la sous-espèce *Quercus ilex* ssp. *ilex*, la deuxième celles de la sous-espèce ibérique *Quercus ilex* ssp. *rotundifolia*. Ces deux lignées se rejoignent aujourd'hui en France méditerranéenne où l'on rencontre « un morphotype intermédiaire qui résulte d'évènements d'introgression généralisée entre la lignée orientale et la lignée occidentale » (QUEZEL et MEDAIL, *op. cit.*) (fig. 43).

Figure 43 : Répartition spatiale actuelle des trois sous-espèces de Chêne vert (*Quercus ilex* L.) dans le bassin méditerranéen occidental et trajet probable suivi (d'après QUEZEL et MEDAIL, 2003).



La démonstration est convaincante. Ses conséquences pratiques sont plutôt, là encore, décevantes. Pour ne reprendre que les régions que j'ai pu explorer, si l'on peut sans trop de risques nommer *Quercus ilex* ssp. *rotundifolia*, les chênes verts que nous avons rencontrés dans la Sierra de Grazalema en Andalousie, et *Quercus ilex* ssp. *ilex* les chênes verts des vallées du Var ou de la Tinée dans les Alpes maritimes françaises, on ne peut guère avancer d'appartenance à une sous-espèce pour les yeuses des Cévennes, du Haut-Languedoc ou des Pyrénées orientales françaises ou catalanes. Dans une perspective de mise en commun régionale de tous ces relevés, il faut une fois de plus s'en tenir à l'information la plus générale et tout regrouper en *Quercus ilex*.

6.3 – Traitement des données

Le traitement des données recueillies sur la végétation le long des transects s'est effectué par la voie devenue classique depuis les années 1960 des techniques numériques. Je m'en suis tenu à des analyses éprouvées (tabl. 7) suivant le principe énoncé par GODRON (1966 : cf. chapitre 5, p. 139) de complémentarité entre une approche synthétique fondée sur les analyses multivariées et une approche analytique fondée sur des calculs d'information. Ces techniques ont connu d'importants développements depuis l'époque où j'ai commencé à les utiliser à la fin des années 1980, développements qui, pour une part, tiennent à la plus grande puissance et à la plus grande vitesse de calcul des ordinateurs. Ils tiennent aussi à la sophistication des analyses qui peuvent être beaucoup plus finement adaptées aux types de données et de questions que l'on se pose. On trouvera, en

particulier, sur le site du laboratoire de Biométrie et de Biologie évolutive de l'Université Lyon II qui a développé la logithèque ADE4¹¹³ une vaste gamme de fonctions statistiques et de références bibliographiques montrant l'étendue des possibilités actuellement offertes. A partir de là, les techniques d'analyse numérique des données constituent un outil qui doit être utilisé pour ce qu'il est : un guide qui met un peu d'ordre dans la complexité.

Tableau 7 : Techniques d'analyse des données utilisées pour l'étude des transects botaniques, lignes-échantillons des strates de variation climatique explorées

	Statistique multivariable	Approche probabiliste Applications de la théorie de l'information à l'analyse de la fréquence des espèces le long d'un transect
Analyse du tableau de présence/absence des espèces dans un lot de relevés segmentaires enchaînés le long d'un transect	Analyse factorielle des correspondances AFC	« Cascade » d'informations : - information apportée par la connaissance de la fréquence d'une espèce sur une ligne de relevés contigus ; - recherche de la limite optimale ; - information apportée par le début ou la fin de l'espèce le long du transect ; - information mutuelle entre espèces prises 2 à 2 ; - identification des coenons (groupes d'espèces co-occurentes) ..
Analyse couplée de deux tableaux : présence/absence des espèces et variables descriptives du milieu	Analyse canonique des correspondances ACC (= AFCVI)	- activités et efficacité des variables ; - information mutuelle espèces / états des variables.

6.3.1 – Analyses multivariées

(a)- AFC appliquée à un tableau de données botaniques

Les techniques statistiques d'analyses multivariées permettent de prendre en compte aussi bien les données quantitatives que qualitatives. Ces analyses sont d'un usage courant en géographie ; elles sont en effet bien adaptées à l'analyse de données spatialisées (SANDERS, 1989). Elles sont aussi utilisées très couramment pour l'analyse des données dans le domaine des sciences de la nature¹¹⁴ aussi bien que dans celui des sciences sociales (CIBOIS, 1983, 2007). Utilisées également pour l'analyse des données climatiques, nous avons appliqué ces analyses multivariées aux tableaux de données botaniques que les relevés aient été enchaînés le long de transects ou distribués en un semis de points (COHEN et ALEXANDRE, 1998 ; COHEN *et al.*, 2003).

Les géographes ont beaucoup utilisé l'Analyse en Composantes Principales (ACP) qui s'applique à des variables quantitatives et dont les résultats se présentent « sous la forme de composantes, combinaisons linéaires de variables différenciant au maximum les individus statistiques analysés et correspondant, dans l'interprétation géographique, à une association de variables conceptuellement liées qui classent les unités géographiques de manière comparable et qu'il faut chercher à identifier » (SANDERS, 1989). L'Analyse Factorielle des Correspondances (AFC)¹¹⁵ présente l'intérêt de permettre le traitement de variables qualitatives et de mettre en évidence des structures qui ne sont pas nécessairement linéaires. Elle se prête ainsi bien à l'étude descriptive de tableaux floristiques « qualitatifs » (chaque espèce étant assimilée à une variable binaire prenant les valeurs 1 ou 0 selon qu'elle est présente ou absente). Comme telle, elle a été utilisée aussi bien en phytosociologie (ROUX et ROUX, 1967, LACOSTE, 1975), qu'en phyto-écologie (ROMANE, 1972, DAVID *et al.*, 1979) ou que dans le cadre des analyses de gradient (HILL, 1973).

¹¹³ Pour Analyse des Données en Ecologie : méthodes Exploratoires et Euclidiennes en sciences de l'Environnement. Adresse : <http://pbil.univ-lyon1.fr/ade4/>

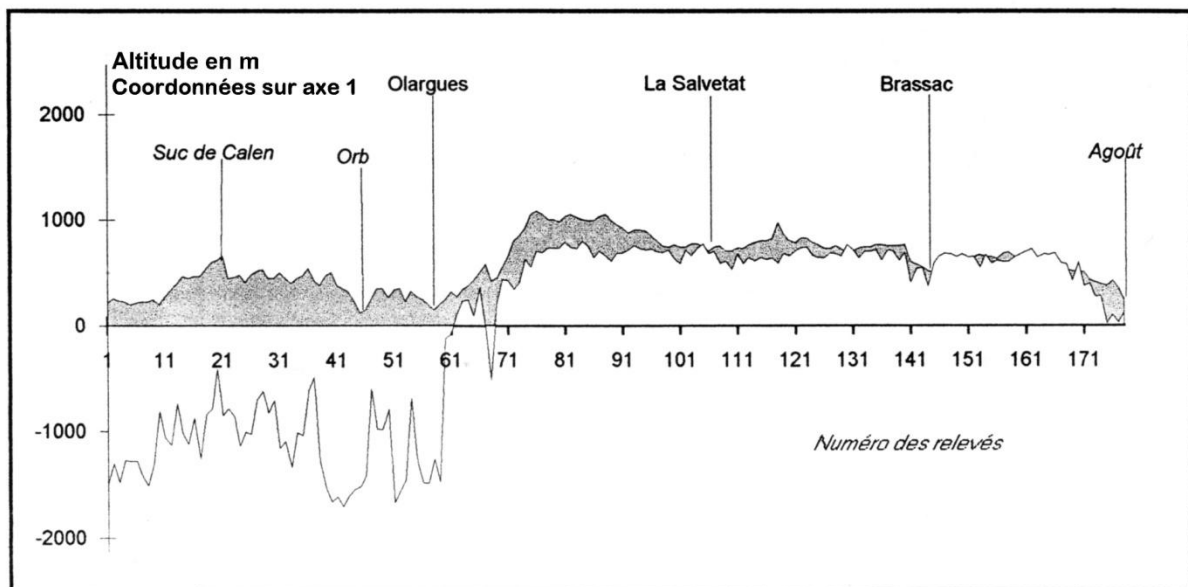
¹¹⁴ Les principes de leur utilisation ont été posés dans DAGNELIE (1960), ROUX et ROUX (1967), ROMANE (1972), LEGENDRE et LEGENDRE (1979) ...

¹¹⁵ Développée en France par Jean-Pierre BENZECRI à partir des années 1960 (cf. BENZECRI, 1980).

L'AFC permet d'avoir une vue synthétique sur les données au sens où elle compare des profils qui combinent l'ensemble des variables pour décrire les individus et, réciproquement, l'ensemble des individus pour décrire les variables. Ainsi, les relevés (individus) seront-ils rapprochés entre eux en fonction du degré de proximité de leur composition floristique ou opposés en fonction de leur degré de dissemblance ; les espèces (variables) seront rapprochées si elles ont une distribution géographique proche ou opposées si elles sont très différentes. Appliquée à la description des transects floristiques, l'AFC manifeste bien les ruptures ou les transitions spatiales qui sont justement recherchées. Elle en fournit des représentations graphiques commodes, sous la forme classique des premiers plans factoriels ou, mieux encore, en figurant les variations des coordonnées des relevés pour chacun des facteurs principaux ordonnés en fonction du profil comme le propose ESTEVE (1978). La figure 44 en donne un exemple le long du transect haut-languedocien étudié en thèse. Ce mode de représentation sera largement utilisé pour illustrer les chapitres qui vont suivre.

Figure 44 : Analyse du transect botanique du Haut-Languedoc. Variations des coordonnées du premier facteur principal pour les relevés ordonnés d'est en ouest (ALEXANDRE, 1996)

Le profil topographique est figuré au deuxième plan. Les deux fractions de la flore qui contribuent fortement à l'allongement de l'axe apparaissent séparées par une nette discontinuité sous forme d'une bande de transition de deux ou trois kilomètres de large, calée sur le pied du principal obstacle topographique.



Espèces caractéristiques des groupes de relevés
(Contribution > 0,5%)

Coordonnées négatives	Coordonnées positives
<i>Amelanchier ovalis</i> , <i>Aphyllantes monspeliensis</i> , <i>Arbutus unedo</i> , <i>Asparagus acutifolius</i> , <i>Brachypodium retusum</i> , <i>Bupleurum fruticosum</i> , <i>Buxus sempervirens</i> , <i>Cistus albidus</i> , <i>Cistus monspeliensis</i> , <i>Clematis flammula</i> , <i>Coronilla emerus</i> , <i>Daphne gnidium</i> , <i>Dorycnium pentaphyllum</i> , <i>Erica arborea</i> , <i>Euphorbia characias</i> , <i>Helichrysum stoechas</i> , <i>Juniperus oxycedrus</i> , <i>Juniperus phoenicia</i> , <i>Lonicera etrusca</i> , <i>Lonicera implexa</i> , <i>Phillyrea angustifolia</i> , <i>Phillyrea media</i> , <i>Pistacia lentiscus</i> , <i>Pistacia terebinthus</i> , <i>Prunus mahaleb</i> , <i>Quercus ilex</i> , <i>Rhamnus alaternus</i> , <i>Rubia peregrina</i> , <i>Ruscus aculeatus</i> , <i>Ruta chalepensis</i> , <i>Smilax aspera</i> , <i>Spartium junceum</i> , <i>Stahelina dubia</i> , <i>Teucrium chamaedrys</i> , <i>Thymus vulgaris</i>	<i>Agrostis tenuis</i> , <i>Centaurea pratensis</i> , <i>Corylus avellana</i> , <i>Deschampsia flexuosa</i> , <i>Fagus sylvatica</i> , <i>Frangula alnus</i> , <i>Holcus lanatus</i> , <i>Ilex aquifolium</i> , <i>Lonicera periclymenum</i> , <i>Pteridium aquilinum</i> , <i>Quercus petrea</i> , <i>Sorbus aria</i> , <i>Sorbus aucuparia</i>

(b)- Les relevés de végétation envisagés comme segments d'un texte

Certaines limites des applications des analyses multivariées conçues pour l'écologie (taille contrainte du tableau, fragilité des calculs qui rendent mal compte de la complexité de la réalité biophysique) peuvent être repoussées en faisant appel à d'autres développements de ces analyses. C'est ce qui a été tenté en faisant appel à la textométrie et en particulier aux analyses lexicographiques (ALEXANDRE, MERING, SALEM, 2008 : ce paragraphe prend largement appui sur cet article). L'idée est de regarder comment évolue la composition floristique le long des lignes-échantillons un peu à la manière dont, par exemple, le vocabulaire s'infléchit ou change radicalement au cours de telle ou telle période. L'étude quantitative des textes est, en effet, couramment appliquée à l'étude de séries textuelles chronologiques. On peut songer ainsi à l'étude des discours au cours de la Révolution française puisque nous avons joué de cette analogie pour parler de « révolution floristique » (ALEXANDRE *et al.*, 1998a), expression sur laquelle j'aurai l'occasion de revenir dans les chapitres qui vont suivre.

L'idée de soumettre des données biogéographiques à une analyse textométrique peut apparaître, dans un premier temps, saugrenue. Dans un deuxième temps, à l'exposé de l'analogie dont il sera question ci-dessous, la démarche est séduisante. Elle est, de fait, plus qu'une expérience amusante. En premier lieu, il faut rappeler une évidence : si les analyses textométriques appliquées à un ensemble de relevés de végétation livrent des résultats intéressants et originaux, c'est d'abord et avant tout parce que les listes d'espèces produites lorsque l'on effectue des relevés de végétation forment, bel et bien, des textes ; plus précisément, dans le cas qui nous intéresse, l'ensemble des listes floristiques collectées le long de la ligne-échantillon constitue un texte et chacun des relevés (ou ensemble de relevés) peut être considéré comme un segment de ce texte. La biogéographie n'est, au demeurant, pas le seul domaine de la géographie où des textes porteurs d'une signification pour le lieu où ils sont produits pourraient être analysés au moyen des outils de statistique textuelle. Peu nombreux sont pourtant les travaux qui se sont engagés sur cette voie : des tentatives ont été faites en géographie urbaine (GRESILLON, 2006), ou en géographie rurale, pour l'analyse d'enquêtes sur les pratiques comparant entre elles des communautés villageoises (ANDRIEU, 2004)¹¹⁶.

La « grammaire » des textes obtenus est certes sommaire mais leur richesse lexicale est assez grande et variée : ce sont en conséquence de fait les aspects lexicométriques qui ont été utilisés. Les traitements textométriques usuels (SALEM, 1987) ont donc été utilisés pour l'étude de ce corpus un peu particulier. Le logiciel LEXICO3 a été mobilisé, notamment pour la capacité de la troisième version de ce programme, créé en 1990, à localiser des particularités lexicométriques au sein d'un texte :

« la caractérisation des différentes parties d'un corpus par les formes qu'elles emploient abondamment est rendue plus précise [...] par la possibilité de mettre en évidence des sections du texte dans lesquelles telle particularité de répartition est particulièrement remarquable. La matérialisation de ces sections sur des diagrammes représentant le texte permet de dresser une véritable topographie textuelle. » (FRACCHIOLA *et al.*, 2004)

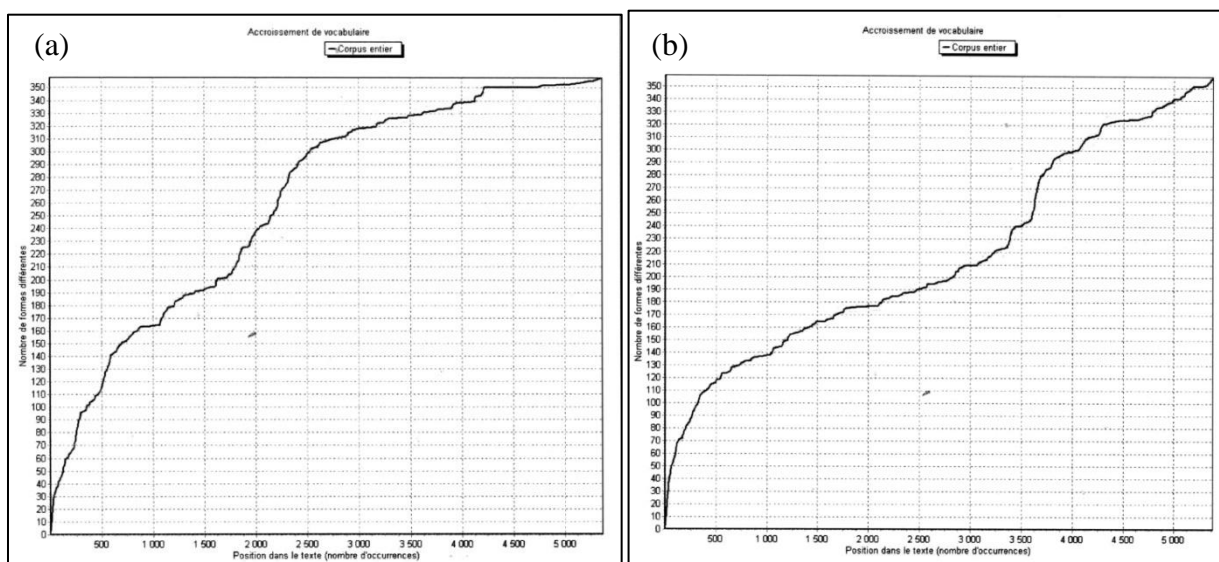
Il n'y a pas d'innovation majeure dans les techniques statistiques utilisées puisque l'on y retrouve les analyses multivariées. Ce qui est neuf réside dans les développements des techniques classiques imposés par l'analyse statistique des textes. Ainsi les analyses textométriques ont-elles dû s'adapter à la richesse lexicale considérable de certains corpus qui excède d'ailleurs de beaucoup celle de nos listes floristiques : songeons que les 179 listes floristiques obtenues dans la traversée du Haut Languedoc ne comportent que 358 formes différentes (*i.e.* espèces de la flore ligneuse et herbacées

¹¹⁶ Mémoire de DEA EMTS, direction : Catherine MERING et Frédéric ALEXANDRE.

vivaces) dont 79 n'apparaissent qu'une seule fois (« hapax »). Ce qui est déjà trop pour les logiciels couramment employés en écologie qui partent le plus souvent aujourd'hui de fichiers de données constitués avec le tableur EXCEL lequel n'admet pas plus de 255 colonnes. On peut bien entendu, puisque les lignes et les colonnes jouent un rôle symétrique dans les AFC allonger la liste floristique en plaçant les espèces en lignes ; la contrainte porte alors sur le nombre de relevés, ce qui peut être tout aussi gênant. Cette barrière de la taille des tableaux traités se trouve ainsi levée.

L'analogie avec d'autres corpus s'avère par ailleurs particulièrement féconde. S'agissant de données spatiales collectées le long d'une ligne-échantillon, vient à l'esprit en particulier, on l'a dit, l'analogie avec des ensembles de textes constituant une suite chronologique. Il est classique alors d'analyser les continuités (inflexions) et les discontinuités (ruptures) dans le discours. Ici, ce sont les changements lents ou rapides de la composition de la végétation qu'on peut chercher à déceler : notons au passage que, sur un transect, les variations spatiales peuvent être analysées dans les deux sens (pour le transect du Haut-Languedoc, pris en exemple depuis le début de ce chapitre, d'est en ouest, puis d'ouest en est : fig. 45a et b).

Figure 45 : Transect Haut-Languedoc - Contrôle de l'apparition de nouvelles espèces d'est en ouest (a) et d'ouest en est (b) à l'aide de la courbe d'accroissement du vocabulaire. Source : ALEXANDRE, MERING, SALEM, 2008). Apparition de nouvelles formes (*i.e.* espèces) dans le texte (*i.e.* listes floristiques en segments enchaînés).



Parfois, d'un segment à l'autre, les mêmes termes reviennent de façon presque obsédante. Il est intéressant d'identifier ces groupes de mots (*i.e.* ces espèces) et de voir ce qu'il en advient au long du texte de segment en segment (*i.e.* le long du transect, de relevé en relevé). Parfois, à l'inverse, le « discours » s'infléchit, certains mots se font plus rares ou disparaissent, d'autres s'y substituent. Parfois même, la rupture est brutale, signalant là ce que nous avons pu appeler une « révolution floristique » (ALEXANDRE *et al.* 1998a). Sur les figures 45a et 45b, les points d'inflexion de la courbe signalent la vitesse plus ou moins grande de renouvellement de la flore.

D'est en ouest (fig. 45a), on note ainsi deux phases d'enrichissement du « vocabulaire » : la première correspond aux Monts de Faugères qui dominent la plaine du Bas-Languedoc (fig. 42, p. 158) et manifeste la richesse et l'hétérogénéité de la végétation méditerranéenne ; la deuxième est fixée au pied de l'accident principal, à l'endroit où la végétation atlantique trouve des conditions favorables à son installation. D'ouest en est (fig. 45b), l'homogénéité de la composition floristique sur le plateau qui monte en pente douce vers la montagne de l'Espinouse se marque par l'apparition très

rapide d'un palier sur la courbe avant que, à la redescende vers la vallée de l'Orb, la végétation méditerranéenne « n'explode », ce qui se traduit par un brusque enrichissement du « vocabulaire », visible sur la courbe d'apparition de nouvelles espèces (fig. 45).

(c)- ACC appliquée à l'analyse d'un couple de tableaux espèces / variables du milieu

A côté de ces analyses portant sur un tableau de données (ici présence ou absence des espèces), il est d'usage de confronter les résultats obtenus à un tableau de variables du milieu, présumées explicatives. Le choix d'un type d'analyse pour un couplage de ces deux tableaux dépend d'une part de la question que l'on se pose, d'autre part du type de données dont on dispose. Daniel CHESSEL et Pascal MERCIER (1993) estiment que, la plupart du temps, les traitements de données effectués répondent à un « objectif dissymétrique » au sens où l'on cherche soit, comme le font les phytosociologues, à déduire le milieu de la composition floristique, soit, comme les phyto-écologues, à voir en quoi le milieu influence le contenu botanique :

« L'objectif dissymétrique apparaît sous les deux formes :

- Quelles variations de la quantité d'organismes et du mode d'assemblage des espèces ont-elles leur source dans les variations des paramètres mésologiques ? C'est là la question centrale de l'écologie factorielle.
- Quelle est la capacité de la liste des espèces présentes en un point à prédire la valeur des paramètres environnementaux ? C'est la question centrale de la théorie des indicateurs biologiques. [...]

[...] La diversité des contraintes liées au matériel vivant engendre une grande diversité de type de données, donc de conditions numériques engendre une grande diversité de types de données, donc de pratiques statistiques. »

Il est assez clair que, pour nous, la première question a prévalu ce qui a entraîné le choix des analyses canoniques des correspondances¹¹⁷. Les ACC offrent l'intérêt de permettre de mettre la matrice de données (une matrice d'informations spatiales par exemple) sous contrainte du tableau de variables explicatives. Les ACC permettent, plus précisément, de tester la validité des critères explicatifs retenus, à travers la mesure de la quantité d'information expliquée, de hiérarchiser les différentes variables explicatives et d'établir un lien entre certaines de ces variables explicatives et certaines des informations obtenues par les analyses classiques (AFC ici). Les axes sont construits avec comme critère d'optimisation la meilleure discrimination possible des structures des nuages de points, d'après les facteurs explicatifs.

L'ACC s'effectue à partir de deux tableaux. Le premier, T, est le tableau de données déjà analysé par l'AFC. Le second, X, est le tableau des variables explicatives, qualitatives dans ce travail. Chacune des colonnes de X correspond à une des modalités d'une des p variables codées de façon binaire. L'influence de X sur T est supposée. Il s'agit alors à la fois de mesurer cette influence, de décomposer celle-ci en fonction des différentes modalités des variables et de faire le lien entre les modalités des variables et les points-colonne (les postes dans le cas de cette étude climatique) du tableau de contingence.

L'ACC se déroule en deux étapes. Dans un premier temps, une régression linéaire multiple de chacune des t colonnes de la matrice Y, issue de T par pondération par le total marginal de chaque ligne, sur le tableau X est effectuée ; la matrice ainsi reconstituée peut être nommée Y'. La suite de l'analyse consiste à faire une ACP sur Y', ce qui permet de concentrer l'information sur les variables principales - appelées aussi canoniques -, responsables des allongements les plus forts du nuage de points ; les résultats de cette ACP permettent d'établir les corrélations entre les modalités des variables et les axes. L'ACP réalisée sur la matrice Y', équivaut mathématiquement à réaliser une AFC sur un tableau T', issu de Y', qui peut être considéré comme une reconstruction du tableau de

¹¹⁷ Adaptées aux données écologiques par une équipe néerlandaise autour de C.J.F. TER BRAAK (1987) et une équipe française autour de Jean-Dominique LEBRETON¹¹⁷ (LEBRETON *et al.*, 1988a et b).

contingence de départ (T) après projection sur l'espace des variables, recombinaison des descripteurs. Sous cet angle, l'accent est mis sur la reconstitution par l'ACC du nuage des points-ligne et des points-colonne, manière de voir les choses qui rend le travail d'interprétation plus aisé.

Les ACC se révèlent cependant fragiles à l'usage, dans la mesure où elles ne donnent des résultats fiables que si les variables explicatives et leurs modalités sont en nombre réduit, en tout cas largement inférieur à celui des individus (MERCIER, 1991). La restitution du milieu par ce tableau ne peut donc être que grossière. MERCIER (*op. cit.*) montre, par ailleurs, que les résultats deviennent vite impossibles à interpréter lorsque l'on introduit dans le tableau des variables des descripteurs du milieu sur lesquels il n'existe aucun *a priori* quant à l'influence qu'ils pourraient avoir sur la distribution des espèces. La mésaventure s'est produite dans l'étude sur le Causse Méjan (COHEN et ALEXANDRE, 1997) où la confrontation du tableau floristique avec un tableau de variables associant des descripteurs écologiques et des descripteurs de l'action anthropique avait produit des résultats bien difficiles à interpréter. Les conseils donnés à l'époque par Daniel CHESSEL (subdiviser le tableau des variables, en réduire le nombre) nous avaient permis de grandement les améliorer.

CHESSEL et MERCIER (1993) privilégient cependant une autre alternative prenant une certaine distance avec les questions initiales en assignant ce qu'ils appellent un « objectif symétrique » à l'analyse couplée de deux tableaux qui tenterait alors de répondre à une question reformulée ainsi :

« Quelle est la concordance établie entre la typologie des relevés du point de vue du contenu spécifique (structure du tableau F des données) et la typologie des échantillons du point de vue des variables (structure du tableau M des variables environnementales) ? »

Ils préconisent alors d'avoir recours aux analyses de la co-structure des deux tableaux du type de l'analyse de co-inertie, robuste « quels que soit les nombres de variables et de taxons ». Notre choix s'est plutôt porté sur l'emploi d'autres techniques permettant à la fois la complémentarité des approches et la confirmation des résultats obtenus par la voie de la statistique multivariable (tabl. 7 et ci-dessous pour la présentation de ces approches complémentaires).

6.3.2- Approche probabiliste et calculs d'information

Michel GODRON (1966, 1971, 1982) et les membres de ce qui était encore le CEPE (DAVID, POISSONET et ROMANE, 1979 ; DAGET et Godron, 1982) ont développé une approche probabiliste s'appuyant sur certaines applications de la théorie de l'information qui viennent préciser les sortes d'épures produites par les analyses multivariées. Celles-ci gardent leur utilité pour extraire et hiérarchiser les informations essentielles mais n'ont pas toujours la robustesse ni la précision attendues. GODRON a, depuis lors, continué à perfectionner l'outil, proposant de nouveaux calculs, adaptant aussi le vocabulaire et les concepts, articulant notamment ces analyses au développement de l'écologie du paysage dont il a été en France un des introducteurs après en avoir fixé le contenu en collaboration avec R.T.T. FORMAN (FORMAN et GODRON, 1985).

Les transects botaniques se prêtent en effet bien à une telle exploitation statistique. Celle-ci est fondée sur la statistique non inférentielle et non paramétrique fondée sur le « modèle uniforme » où toutes les espèces seraient réparties de manière aléatoire sur le transect. « L'impossibilité de spécifier *a priori* les lois de la distribution des espèces » (LEBART et FENELON, 1975) conduit en effet à l'utilisation de statistiques non paramétriques qu'il est commode d'associer à un calcul d'information. L'idée centrale est de chercher les écarts les plus importants entre les répartitions des présences observées des espèces et toutes celles que peut produire le modèle uniforme. Ceci revient à calculer l'information apportée par la probabilité de réalisation des répartitions observées par rapport au nombre total des répartitions possibles.

(a)- Entropie et information

Seuls quelques principes, indispensables à la compréhension de ce qui va suivre, sont repris ici. Les concepts d'entropie et d'information, centraux dans ces analyses, doivent, en particulier, être redéfinis.

La notion d'entropie, utilisée en thermodynamique, peut être transposée à la théorie de l'information en admettant que l'entropie relative à une « expérience » (ici, les observations collectées sur le terrain) mesure le degré d'indétermination de celle-ci. L'incertitude qui régnait avant que l'observation soit faite est classiquement considérée comme une « entropie » analogue, à une autre échelle, à celle qui règne dans un gaz où les molécules se déplacent au hasard. L'information peut donc être considérée comme une « négumentropie ».

L'indétermination d'un événement porte sur deux variables : le nombre total d'éventualités de cet événement et la probabilité de chacune. L'entropie (ou indétermination, les deux termes pouvant être considérés comme équivalents) est d'autant plus forte que ces éventualités sont plus nombreuses et que leurs probabilités sont peu différentes. La notion d'information est exactement complémentaire de celle d'entropie ; elle utilise pour sa mesure les mêmes unités. D'une façon générale, la quantité d'information obtenue en se livrant à une expérience ou une observation est la différence entre l'entropie du système avant l'expérience (entropie *a priori*) et son entropie après l'expérience (entropie *a posteriori*).

Reprenons alors le calcul classique de l'information que l'on acquiert en faisant une observation pour « lever » une indétermination (BRILLOUIN, 1962) : dans un lot de relevés, quand la fréquence de l'espèce A est connue, il reste une indétermination à lever pour savoir où sont placées les présences ou, en d'autres termes, pour savoir quelle est la « complexion » réalisée, c'est-à-dire pour caractériser la *structure* des présences de l'espèce.

Pour lever cette incertitude, il faut acquérir une quantité d'information qui en est l'exacte contrepartie : quand vous jetez une pièce en l'air, les deux événements possibles ont des probabilités égales à $\frac{1}{2}$ et $\frac{1}{2}$ et l'information acquise lorsque vous avez observé le résultat est, par définition, égale à un « shannon » (symbole abrégé : *sha*). Lorsque la probabilité d'un événement est P, BRILLOUIN (1962) a proposé de mesurer l'information apportée par l'observation du résultat par une formule très simple :

$$I = \log_2 1 / P$$

Cette formule de BRILLOUIN est aujourd'hui préférée à celle de SHANNON pour des raisons explicitées dans GODRON et KADIK (2001).

(b)- Applications à la description de la structure floristique de la végétation

Le nombre de présences et d'absences d'une espèce dans un lot de relevés permet de calculer une entropie dite entropie-espèce, correspondant au nombre de distributions possibles (complexions). Le calcul montre que si une espèce est présente ou absente dans tous les relevés, l'entropie-espèce est nulle ; une telle espèce aura donc peu d'intérêt pour l'analyse. Si l'espèce est présente ou absente dans la moitié des relevés, l'entropie-espèce sera égale à 1 qui est la valeur maximale ; il s'agira là des espèces dont la distribution sera la plus intéressante *a priori*. D'une certaine manière, cette simple constatation rejoint l'intuition de RAUNKJÆR (1934), qui admettait que le tapis végétal est homogène s'il comporte essentiellement des espèces rares ou des espèces très fréquentes. Comme le note par ailleurs Alain GENIN (1997), la complémentarité entre les analyses multivariées et l'approche probabiliste tient aussi à ce qu'elles ne mettent pas l'accent sur les mêmes espèces ; ce sont en effet les espèces peu fréquentes qui ressortent de l'AFC alors que, ici, les espèces de fréquence moyenne sont potentiellement porteuses de plus d'information.

La formule générale pour une espèce présente A fois dans une ligne de S segments :

$$\text{Nombre de complexions} = P_A = C_S^F = S! / F! (S-F)!$$

La localisation des espèces sur la ligne-échantillon peut alors être analysée. Tout comme les variables écologiques et chorologiques dont elle est le reflet, la distribution horizontale des espèces présente en effet les caractères de variables régionalisées. Le caractère de localisation engendre une dépendance spatiale, non connue *a priori*, entre les données floristiques. Un calcul de probabilités peut être réalisé pour apprécier le caractère plus ou moins exceptionnel de la répartition spatiale obtenue. Par définition, la probabilité d'un événement est le quotient du nombre de cas « favorables » par le nombre total de cas possibles supposés équiprobables. L'équiprobabilité des cas possibles signifie que le modèle sous-jacent est le modèle « uniforme » qui se présente sous deux aspects équivalents :

- chaque espèce a des chances égales de se trouver dans chacun des segments ;
- toutes les complexions ont autant de chances de se réaliser.

Finalement, pour une espèce A, présente dans F des segments d'une ligne de S segments, on peut mesurer l'information acquise quand on observe les positions des présences :

$$I_A = \log_2 1/P_A = \log_2 C_S^F \text{ sha}$$

Le théorème des probabilités composées permet ensuite de combiner les informations apportées par toutes les espèces si l'on veut porter un jugement sur l'ensemble de la végétation et donner ainsi la mesure de ce que l'on pourrait appeler la « biodiversité spatiale » qui correspond au calcul de la macrohétérogénéité pour un transect d'échelle régionale (GODRON et KADIK, 2001).

Différents calculs peuvent alors être faits :

« GODRON (1974) a proposé une *cascade d'informations* emboîtées, liées à la connaissance des éléments structuraux suivants : fréquence de l'espèce considérée, début, fin et étendue de sa distribution sur la ligne, nombre de groupes de relevés contigus la contenant, types de groupes, types de césures, etc. D'une façon générale, les particularités de la distribution des espèces seront jugées d'autant plus intéressantes qu'elles apparaîtront plus improbables *a priori*, leur connaissance apportant par conséquent la plus forte information » (LECOMPTE, 1986).

Cette cascade d'informations comprend en particulier :

- l'information apportée par la connaissance de la fréquence F de l'espèce sur une ligne de N relevés contigus ; cette information est d'autant plus forte que l'entropie *a priori* est élevée et que l'entropie liée à la fréquence connue (*a posteriori*) est faible, c'est-à-dire F voisin de 0 ou de N ;
- l'information supplémentaire apportée par la connaissance du début de l'espèce sur la ligne (de la première occurrence de l'espèce sur la ligne) ; elle est d'autant plus élevée qu'une espèce, par ailleurs fréquente sur la ligne, débute tard ;
- l'information supplémentaire apportée par la connaissance de la fin de l'espèce (de la dernière occurrence de l'espèce sur la ligne) ; elle est d'autant plus élevée que l'espèce finit extraordinairement tôt, compte tenu de son début et de sa fréquence.

Godron propose, par ailleurs de rechercher la ou les limites optimales. Il désigne ainsi les césures qui réalisent, sur chacune des deux parties de la ligne ainsi séparées, la répartition la plus homogène des espèces. Les limites optimales, calculées espèce par espèce, sont totalisées sur l'ensemble de la flore pour chacune des césures. Les limites optimales pour l'ensemble de la flore sont ensuite obtenues en effectuant la moyenne arithmétique des limites relatives à chaque espèce. L'entropie attendue de la limite L, si les présences étaient distribuées au hasard, est inégale selon l'emplacement des césures, croissant depuis les extrémités de la ligne vers son milieu : aussi

l'entropie observée est-elle souvent corrigée en considérant le rapport information obtenue / information attendue.

En dernier lieu, les liaisons entre espèces deux à deux peuvent être mesurées par la probabilité de coexistence de ces espèces dans l'ensemble des relevés. L'information apportée par cette mesure est d'autant plus élevée que la coexistence des espèces est improbable *a priori*. Cette approche constitue une approche de la sociologie des espèces, de leur coexistence ou de leur exclusion mutuelle. Ainsi peuvent se dessiner des groupes de fortes co-occurrences des espèces dont on peut figurer la distribution le long du transect (fig. 35, p. 146). Cette information, là encore, est un complément utile de l'analyse factorielle des correspondances, permettant de préciser la solidarité des ensembles floristiques discriminés par celle-ci.

(c)- Applications à l'analyse des relations espèces-milieu

Dans ce qui précède, la distribution horizontale de la végétation est étudiée en supposant non connues les lois qui régissent cette distribution. Il est possible, dans un second temps, de tenter, à partir des variables observées dans les relevés, de saisir la logique de l'organisation dans l'espace des espèces.

En calculant l'entropie des variables écologiques, l'activité et l'efficacité de chacune peuvent être évaluées. L'entropie *a priori* de la variable ne dépend que de l'échantillonnage. On est relativement libre de faire varier la proportion d'observations dans chaque classe de la variable. Il est donc possible de maximiser l'entropie *a priori* afin d'augmenter le potentiel d'information susceptible d'être fourni par cette variable, ce qui ouvre évidemment des possibilités qui n'étaient pas possibles avec l'ACC. L'entropie maximale correspond à un échantillonnage qui place le même nombre de relevés dans chaque classe de la variable (probabilités égales). Dans ce cas, l'entropie de la variable ne dépend plus que du nombre de classes. L'« activité » d'une variable se mesure par la moyenne d'informations mutuelles apportées par l'ensemble des espèces relativement à cette variable. Toutefois, comme l'activité dépend de la qualité de l'échantillonnage, on préfère comparer le rapport des informations mutuelles à l'entropie *a priori*, rapport qui caractérise l'efficacité écologique de ces variables.

La quantité d'information apportée par une espèce relativement à une variable écologique peut être estimée à partir des profils écologiques ; rappelons que le profil écologique d'une espèce pour un facteur représente la répartition des présences de l'espèce dans les classes du facteur. Elle est appelée information mutuelle entre une espèce et un facteur (GODRON, 1966,1968). Il est alors commode de représenter sous forme de profils indicés cette information, exprimant le caractère plus ou moins significatif de la co-occurrence entre espèces et états des variables compte tenu de la distribution d'ensemble des fréquences spécifiques parmi ces états (GAUTHIER *et al.*, 1977). Moins cette co-occurrence est *a priori* probable, plus elle est significative, le même raisonnement pouvant être tenu pour les absences des espèces. Les seuils de signification des co-occurrences sont fixés à 0,5, à 0,1 et à 0,01. En fonction de ces seuils, on peut déterminer des présences (ou absences) peu, moyennement, hautement ou très hautement significatives. Comme le montre le tableau 8 qui représente, toujours pour le transect du Haut-Languedoc, les profils indicés des 50 espèces les plus significatives vis-à-vis de la position le long du transect (et donc de la strate de variation climatique explorée), il se dégage ainsi des groupes d'espèces liées à certains caractères du climat. Il est ainsi possible de déterminer les espèces indicatrices d'un état du milieu ; ce sont celles qui apportent une grande quantité d'information sur l'état des variables auxquelles elles sont sensibles. Cela aide à la définition des groupes écologiques au sens de Philippe DAGET et Michel GODRON (1982).

Tableau 8 : Transect Haut-Languedoc (Source : ALEXANDRE, 1996) – Profils indicés relativement à la position le long du transect (orienté dans le sens de la plus grande variation climatique).

Les classes de la variable sont numérotées de 0 à 17 d'est en ouest et correspondent à des ensembles de 9 ou 10 relevés segmentaires.

FR = fréquence absolue de l'espèce le long du transect ; IM = information mutuelle espèce/variable (en shannons)

Liaison très hautement significative : +++ ; Liaison hautement significative : ++ ; Liaison significative : +

Espèce non significativement liée à l'état de la variable : .

Liaison négative très hautement significative : --- ; Liaison négative hautement significative : -- ; Liaison négative significative : -

Classes de la variable	FR	IM	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Nombre de relevés			9	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
<i>Arbutus unedo</i>	39	0,6	+++	+++	++	.	+++	+++	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Dorycnium pentaphyllum</i>	31	0,4	+++	+++	.	.	++	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Cistus albidus</i>	40	0,5	+++	++	+	+++	++	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Cistus monspeliensis</i>	28	0,4	+++	++	++	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Spartium junceum</i>	24	0,3	+++	++	++	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Asparagus acutifolius</i>	36	0,5	+++	.	+	+++	+	++	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Clematis flammula</i>	25	0,3	+++	.	.	+++	+	++	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Phillyrea angustifolia</i>	19	0,4	+++	.	.	.	+++	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Lonicera implexa</i>	25	0,3	+++	+	.	.	++	+++	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Rhamnus alaternus</i>	20	0,3	+++	.	.	.	+++	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Pistacia lentiscus</i>	18	0,3	+++	.	.	.	++	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Daphne gnidium</i>	20	0,3	+++	.	.	.	+++	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Smilax aspera</i>	31	0,4	++	+	.	.	+++	+++	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Sorbus domestica</i>	26	0,3	.	++	+	++	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Phillyrea media</i>	39	0,4	.	++	+	.	+++	++	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+
<i>Juniperus oxycedrus</i>	33	0,3	+	+	.	+	++	+++	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Ruscus aculeatus</i>	34	0,4	.	.	+++	.	++	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+++
<i>Acer monspessulanum</i>	25	0,4	.	.	+++	++	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Buxus sempervirens</i>	45	0,6	.	.	+++	+++	+++	++	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	++
<i>Euphorbia characias</i>	35	0,4	+	.	+	+++	+++	++	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Teucrium chamaedrys</i>	17	0,3	.	.	+	+	+++	+++	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Bupleurum fruticosum</i>	35	0,5	+	.	.	+++	+++	+++	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Brachypodium retusum</i>	28	0,4	.	.	.	+++	+++	+++	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Thymus vulgaris</i>	23	0,3	.	.	.	+++	+++	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Hippocrepis emerus</i>	18	0,3	.	.	.	++	+++	+++	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Pistacia terebinthus</i>	21	0,3	.	.	.	+	+++	+++	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Helichrysum stoechas</i>	16	0,3	+	.	.	.	+++	+++	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Aphyll. monspeliensis</i>	10	0,2	.	.	.	.	+++	+++	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Erica cinerea</i>	58	0,4	-	.	.	-	-	-	+	+++	+++	+	.	.	.	.	.	+	.	.
<i>Sorbus aria</i>	83	0,7	--	--	.	--	--	--	.	+++	+	+++	+++	++	+	+++	.	.	.	--
<i>Calluna vulgaris</i>	85	0,4	.	.	-	--	--	.	.	++	++	.	.	.	+	+	.	.	.	++
<i>Fagus sylvatica</i>	85	0,8	--	--	--	--	--	--	.	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+	.	.	++	-
<i>Sorbus aucuparia</i>	79	0,7	--	--	--	--	--	--	.	.	.	+++	.	++	++	+	.	++	+++	.
<i>Deschampsia flexuosa</i>	96	0,5	---	.	-	---	--	-	.	.	+	+	+	+	.	.	.	.	.	.
<i>Pteridium aquilinum</i>	122	0,6	---	---	--	-	--	---	.	.	+	+	+	+	+	+	.	.	+	.
<i>Agrostis tenuis</i>	90	0,6	--	---	---	---	---	---	.	.	+	+	.	.	.	+++	+	+	.	++
<i>Abies sp.</i>	46	0,4	.	-	-	-	-	-	.	-	+	.	+	+	.	+	.	.	+	-
<i>Viola sylvestris</i>	58	0,4	-	-	-	-	-	-	.	.	+	.	+	++	.	+	+	.	.	.
<i>Stellaria holostea</i>	43	0,4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	+	+	+	+	.	.	.
<i>Ilex aquifolium</i>	92	0,6	--	---	.	-	---	---	.	.	.	+	.	+	+	+	.	++	++	+
<i>Centaurea pratensis</i>	44	0,4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	+	++	.	.	.	.
<i>Mycelis muralis</i>	32	0,3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	++	.	.	.	.	.	++	.
<i>Lonicera periclymenum</i>	70	0,7	-	--	--	--	--	--	--	--	--	.	+	+++	+	+++	++	+++	+++	++
<i>Corylus avellana</i>	79	0,7	.	.	-	.	-	--	.	--	--	.	.	++	++	++	+++	+++	+++	.
<i>Teucrium scorodonia</i>	127	0,5	---	.	-	.	---	--	.	.	.	.	+	+	.	+	+	+	+	+
<i>Fraxinus excelsior</i>	82	0,5	--	.	-	.	-	-	.	-	-	.	+	+	.	+	+++	.	.	+++
<i>Crataegus monogyna</i>	112	0,5	---	.	.	.	---	---	--	--	--	.	.	++	.	++	.	++	.	++
<i>Frangula alnus</i>	48	0,6	.	-	-	-	-	-	-	-	-	.	.	.	+++	++	.	+++	+++	.
<i>Brachyp. sylvaticum</i>	46	0,5	.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	.	.	.	+	.	+++	++	+++
<i>Hedera helix</i>	100	0,6	---	.	.	.	.	-	.	--	---	---	.	.	.	.	+	++	++	++

Conclusion

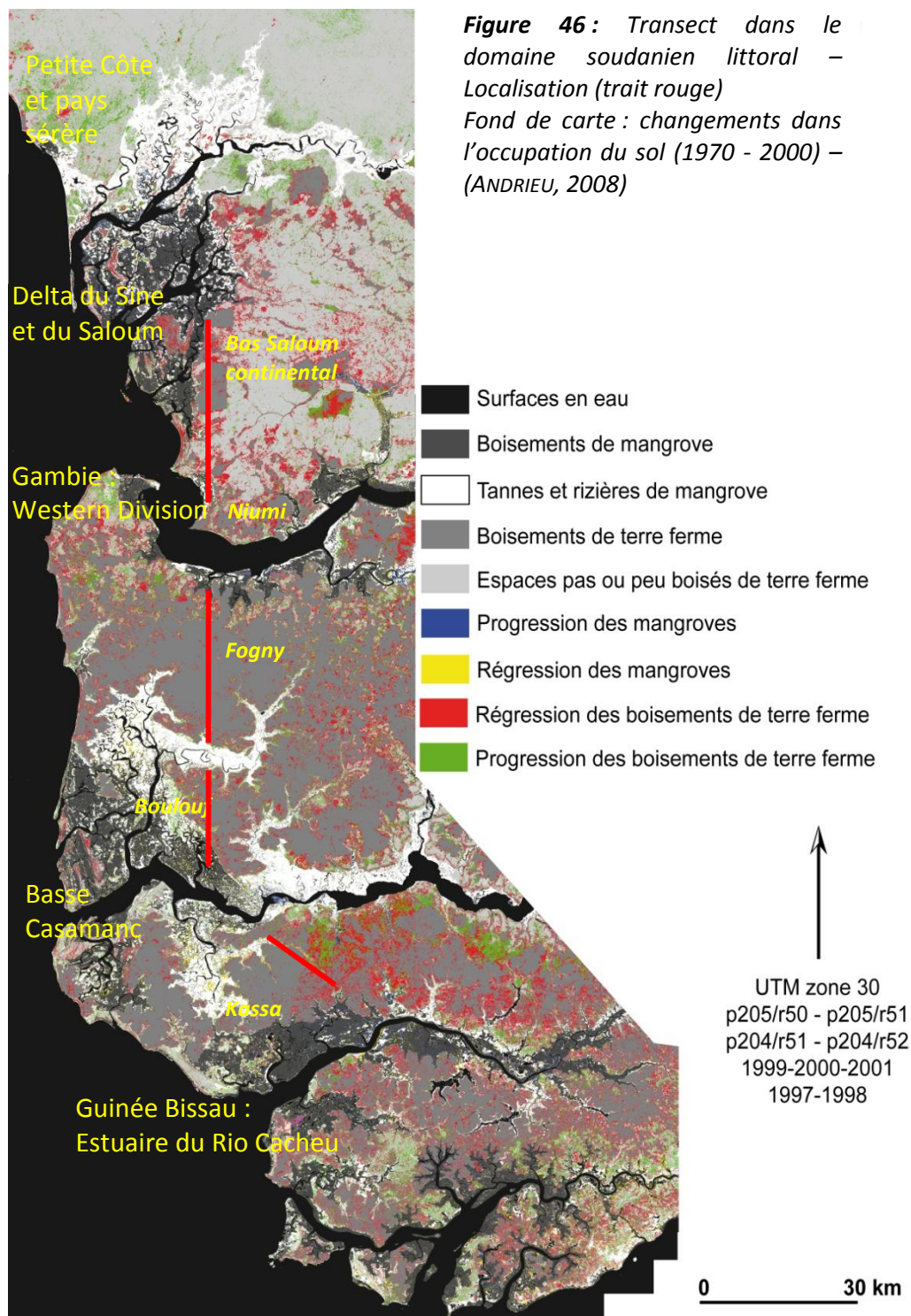
Ainsi peut-on résumer en trois étapes le protocole d'observation et d'analyse des liens climat-végétation aux échelles moyennes :

- définition de la strate de variation climatique étudiée et de la ligne-échantillon qui permettra d'en faire l'exploration botanique, à partir de la collecte de la fraction vivace de la flore ;
- description de la variation floristique, s'appuyant sur l'AFC et sur la « cascade d'informations » livrées par l'étude de la distribution horizontale des espèces ;
- essai d'interprétation de cette variation par confrontation des données mésologiques et floristiques en utilisant l'ACC et les calculs d'information mutuelle espèces-variables.

Le dispositif et le canevas ainsi mis en place ont montré qu'ils permettaient d'améliorer les modèles habituellement admis d'organisation de la végétation en donnant une lecture plus précise et plus nuancée de la phytosphère, en aidant à une meilleure définition des limites entre zones et domaines bioclimatiques, en conduisant vers une redéfinition des régions écologiques fondée non plus sur l'homogénéité mais sur une certaine forme d'hétérogénéité et en ouvrant, par sa souplesse, de nouvelles perspectives pour l'étude des conséquences du changement climatique. Les chapitres qui suivent reviennent sur ces résultats ; ils ont surtout l'ambition de définir un langage pour exprimer les nuances et la variété des formes spatiales révélées par la composition floristique de la végétation.

Chapitre 7

Du sahélien au guinéen, flore et végétation soudanienne de la frange littorale de l'Afrique de l'Ouest



C'est finalement en considérant l'étude la plus récente que je commencerai la synthèse de ces travaux de phytoclimatologie d'échelle régionale. Ce chapitre prend appui sur un projet d'article (ANDRIEU, ALEXANDRE, GODRON) qui reprend une partie du travail effectué par Julien ANDRIEU pour sa thèse (soutenue en décembre 2008 en quasi-simultanéité avec cette HDR). Des traitements statistiques ont été effectués par Michel GODRON sur le jeu de données obtenu le long d'un transect nord-sud et il a bien voulu participer à son interprétation. L'idée ici, comme dans les chapitres suivants, n'est pas d'abord de présenter les résultats (encore qu'il faille bien en évoquer les principaux) mais de discuter la pertinence et la signification de la structure spatiale obtenue.

Sur ce plan, le Soudan littoral pose des questions passionnantes auxquelles l'expérience (de taille pour l'instant réduite) évoquée ci-dessous ne peut répondre que de façon partielle. Du moins les premiers résultats obtenus donnent-ils envie de prolonger l'approche. Au départ, le dispositif régional apparaît simple du point de vue topographique avec peu de relief et de faibles altitudes ; simplicité également dans l'opposition nette entre deux biomes, deux types d'écosystèmes, si l'on préfère, car les biocénoses contrastées correspondent bien à deux milieux nettement différenciés : les mangroves qui occupent une grande partie des vasières soumises aux battements de la marée, les savanes et forêts claires qui constituent le paysage végétal sur « terre ferme ». Il est au moins ici une discontinuité nette qui sépare ces deux domaines intrazonaux : de part et d'autre de cette limite, deux végétations qui n'ont guère de points communs. La simplicité se retrouve, au moins en première instance, avec le climat, puisque la région dans son ensemble est soumise à la même alternance entre une saison sèche et une saison humide, la durée respective de l'une et l'autre variant assez régulièrement du nord au sud. Tout apparaît donc en place pour pouvoir mesurer au plus juste la manière dont la végétation envisagée dans sa composition floristique s'ajuste au climat et à sa variation spatiale graduelle. Deux éléments fondamentaux viennent toutefois troubler l'expérience :

- La fraction ligneuse de la flore qui, conformément à la justification donnée dans le chapitre 6, a été privilégiée est, ici plus qu'ailleurs, dépendante des sociétés rurales ; les paysages végétaux explorés sont presque tous agro-forestiers, agro-foresterie dans laquelle les arbres et les arbustes jouent toujours un rôle majeur, si ce n'est central. Dès lors, jusqu'à quel point la végétation observée à l'échelle régionale est-elle le produit du facteur climatique ?
- Si l'alternance de deux saisons en lien avec ce qu'il est aujourd'hui convenu d'appeler la mousson ouest-africaine n'est pas remise en cause, la variabilité interannuelle du phénomène est grande, déterminant des périodes où la pluviosité fléchit nettement (1965-1995) et des périodes où elle reprend (ce qui a été le cas au cours de la décennie qui vient de s'écouler, NICHOLSON, 2005) : dans quelle mesure et avec quelle vitesse la végétation répond-elle à cette évolution dans le temps ?

La thèse de Julien ANDRIEU, effectuée sous la direction de Catherine MERING et à laquelle j'ai été étroitement associé, est consacrée à la question de la dégradation des paysages végétaux au cours des trente dernières années sur la bande littorale de l'Afrique de l'Ouest, entre delta du Sine-Saloum et rio Gêba, dans la partie septentrionale des Rivières du Sud (CORMIER-SALEM éd., 1994, 1999), ensemble complexe de deltas et de rias envasées, bordées par la mangrove et séparées par des interfluves de terre ferme, qui s'étend du Sénégal à la Sierra Léone. Le mot « question » doit être ici entendu au sens fort dans la mesure où sont en général présentés comme dégradation des phénomènes multiples et des évolutions contradictoires. L'interrogation porte également sur l'état auquel on se réfère ; il varie grandement suivant les auteurs : pour dire les choses de façon parlante, on oscille entre la référence à un hypothétique état de nature et celle, quelque peu mythique, à un temps de l'histoire où il y eut une Afrique heureuse. Le point de vue adopté par Julien ANDRIEU a été de placer l'état de référence au début des années 2000, moment où un jeu de données de

téledétection cohérent était disponible¹¹⁸ et où le travail de terrain a été effectué¹¹⁹, puis de remonter le temps pour tenter de saisir ce qui avait changé. Pour l'analyse d'images, cela conduit à voir les évolutions sur une vingtaine d'années (fin des années 1970). Le fond de carte présenté dans la figure 46 repose sur la carte obtenue qui sera analysée dans la troisième partie. N'en retenons pour l'instant que le contexte général d'importantes transformations affectant le couvert végétal.

Le cœur du travail a porté sur l'analyse d'images de téledétection. Leur étude diachronique a permis d'établir des séquences d'évolution du couvert végétal au cours des trente dernières années : un échantillon de placettes a été étudié pour reconstituer les processus à l'œuvre derrière chaque type de cinématique. Un des résultats marquants est que ces processus se différencient à l'échelle des territoires villageois, ce qui repose sur l'observation minutieuse des changements intervenus dans l'occupation du sol et sur une enquête auprès de villages identifiés comme pouvant servir à élaborer des types de dynamique paysagère. A l'échelle de l'ensemble régional, Julien ANDRIEU a cherché à utiliser les indications données par la fraction ligneuse de la flore pour préciser la transition phytoclimatique qui se produit entre le delta du Sine et du Saloum et le nord de la Guinée-Bissau. Cette dition correspond en effet à une strate de variation climatique le long de laquelle la saison pluvieuse s'allonge peu à peu, passant ainsi du bioclimat sahélien au bioclimat guinéen. C'est au fond cette longue transition qui donne son unité au domaine soudanien qui n'est nulle part homogène sinon dans la « vitesse » assez régulière de la variation climatique. L'idée est ensuite de voir si des indices signalant des changements, transformation ou translation, ont pu affecter cette structure spatiale à l'échelle de quelques décennies, en lien en particulier avec la forte baisse de la pluviosité enregistrée durant la période 1968-1994.

7.1 – Les indications espérées de la flore ligneuse sur la forme et la signification de la transition phytoclimatique

7.1.1- La coïncidence spatiale supposée de la végétation et du climat

Le sahélien, le soudanien, le guinéen : les catégories bioclimatiques établies de longue date (CHEVALIER, 1900, TROCHAIN, 1940, AUBREVILLE, 1950, WHITE, 1986, ARBONNIER, 2002) en Afrique de l'Ouest méritent un réexamen. Si la description s'est affinée, elle n'a, de fait guère varié depuis qu'Auguste CHEVALIER en a posé les bases en 1900 dans une logique inspirée par le *Projet de nomenclature phytogéographique* exposé la même année par FLAHAULT (cf. chapitre 4) :

« En allant du nord au sud, on observe :

1^e - La zone sahélienne caractérisée par quelques espèces sahariennes et des espèces ligneuses peu nombreuses, de taille souvent réduite et ne formant que des taillis très peu épais. Le sol est presque partout sablonneux.

2^e - La zone soudanienne, la plus vaste de toutes, constituée en grande partie par des plateaux de latérite presque nus en saison sèche et qui deviennent en hivernage (de juin à novembre) d'épaisses prairies ou des savanes formées de hautes graminées et de nombreuses légumineuses. Les arbres sont d'espèces très variées et souvent de belle taille. Ils ne forment jamais de forêts impénétrables ou même épaisses. Ils sont rarement enlacés de lianes.

3^e - La zone guinéenne, constituée à proximité de la mer par des terrains plats et marécageux, souvent auprès de larges estuaires saumâtres bordés de palétuviers. Dans l'intérieur, le pays est souvent montagneux et couvert de rivières ou de ruisseaux à courant assez rapide. Les régions basses et les vallées sont généralement constituées de hautes forêts compactes ou même impénétrables lorsque les arbres sont enlacés de lianes. Il y existe également de grandes clairières, couvertes de hautes graminées, de rizières, de champs de mil. [...] Les cours d'eau sont souvent bordés d'un épais fouillis de végétaux, parmi lesquels les bambous, les *Elaeis*, les *Raphias*. »

¹¹⁸ La difficulté étant d'avoir le couvert végétal à peu près au même moment de son cycle végétatif sur l'ensemble des images, ce qui a amené à privilégier la saison plutôt que l'année.

¹¹⁹ Avec toutefois un léger décalage puisque celui-ci a été fait en 2004-2005.

Ces zones dont on voit bien qu'elles correspondent avant tout à des types paysagers sont ensuite subdivisées en domaines. Pour le Soudan littoral, CHEVALIER en reconnaît deux : la province littorale, comprise entre le fleuve Sénégal et le fleuve Gambie, province qui recouvrirait aujourd'hui une grande hétérogénéité et la province de Casamance dont l'auteur signale que « sa flore est déjà celle des pays du Rivières du Sud. Comme tout découpage de l'espace géographique (cf. 1^{ère} partie), celle-ci impose une vision discrétisée de la réalité qui cadre mal avec la progressivité des changements, progressivité que l'absence de relief marqué renforce sur l'Afrique de l'Ouest littorale. D'une certaine manière, la reconnaissance de domaines intermédiaires – le sahélo-soudanien, le soudano-guinéen – ne supprime pas la difficulté et risque même d'augmenter les risques d'ambiguïté. TROCHAIN (1940) subdivise ainsi le domaine soudanien (il ne parle plus de zone) en un secteur soudano-sahélien (au nord du pays sérère) et un secteur soudano-guinéen plus au sud (fig. 46). Au début des années 1950, AUBREVILLE définissait, lui aussi, un secteur soudano-guinéen :

« Du point de vue biogéographique et floristique, la séparation d'une flore forestière soudano-guinéenne est parfaitement naturelle. C'est la flore forestière de territoires phytogéographiquement, floristiquement, biologiquement, climatologiquement et écologiquement bien définis, qui constituent une bande de régions sèches et demi-sèches qui, parallèlement à l'équateur, et comprise entre le Sahara et la forêt dense humide du type équatorial, traverse toute l'Afrique tropicale boréale depuis l'Océan Atlantique jusqu'à la Mer Rouge et l'Océan Indien. »

« Séparation ... parfaitement naturelle » ? Voire : les entités climatiques qui sont censées déterminer la végétation sont en fait déduites des paysages végétaux, lesquels sont loin d'être aussi simples à distinguer sur le terrain que dans les représentations schématiques qui nous sont données (cf. chapitre 2). Or, bien plus qu'à la reconnaissance d'entités spatiales clairement délimitées, les champs climatiques de l'Afrique de l'Ouest se prêtent à l'illustration de la notion de gradient¹²⁰. La réduction simultanée de la durée de la saison des pluies et du volume des précipitations lorsque l'on se dirige du sud vers le nord est liée à une dynamique de l'atmosphère maintenant bien connue sous le nom de mousson ouest-africaine (SULTAN, 2002). Il convient d'en garder à l'esprit le principe pour en comprendre la variabilité interannuelle et en envisager les conséquences biologiques.

Un climat est dit climat de mousson dès lors qu'il y a alternance de deux saisons¹²¹ et que cette alternance est liée à l'inversion saisonnière de la dynamique atmosphérique sur une masse continentale faisant face à une masse. Le mot mousson, venu de l'arabe *mawsim*, signifie événement saisonnier, ce qui traduit assez bien le moment souvent brusque où le basculement intervient. En revanche, le mot arabe évoque plutôt une date précise de l'année, comme une fête, ce qui n'est justement pas le cas avec la mousson comme phénomène climatique. Si elle n'est pas sans conséquence sur les températures, la mousson détermine surtout le régime des pluies (fig. 47). Si reconnaissance de régions climatiques il doit y avoir en Afrique de l'Ouest, elle repose essentiellement sur la différence entre le régime bimodal des latitudes guinéennes marqué par deux saisons humides, au printemps et en automne, et le régime de mousson qui rythme aux latitudes soudaniennes et sahéliennes l'alternance entre un hiver sec et un été pluvieux (appelé hivernage en Afrique francophone). Cette distinction ne correspond pas à la géographie de la végétation : ainsi la végétation dite guinéenne est-elle en place bien plus au nord que le régime bimodal décrit ci-dessus. Les secteurs étudiés se trouvent tout entier dans le climat soudanien et sahélien de mousson, lequel varie graduellement sur un axe méridien.

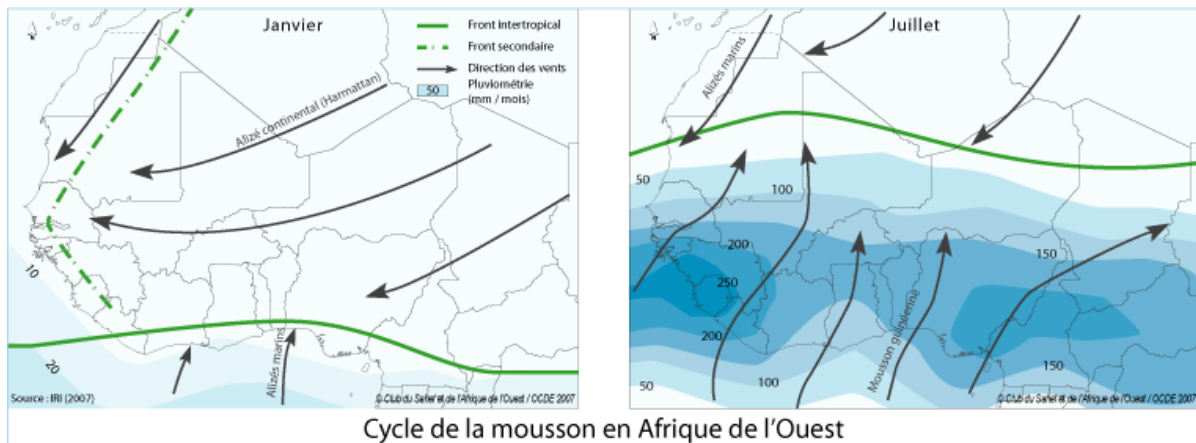
En Afrique de l'Ouest (fig. 47), le régime de mousson dépend de la position de la convergence intertropicale qui détermine une zone d'air humide et instable là où viennent se rencontrer les alizés des deux hémisphères (ZCIT). Cette position varie en latitude en relation avec le balancement saisonnier lié à l'inclinaison de l'axe des pôles par rapport au plan de l'écliptique. Si le moment où se

¹²⁰ Nous exploitons d'ailleurs chaque année cet avantage pédagogique avec un exercice sur les bilans hydriques proposé en année de L2.

¹²¹ Il faut rappeler que le mot mousson, venu de l'arabe *mawsim*, signifiant événement saisonnier, ce qui traduit assez bien le moment souvent brusque où le basculement intervient. En revanche, le mot arabe évoque une date précise de l'année, comme une fête, ce qui n'est justement pas le cas avec la mousson comme phénomène climatique.

déclenche la saison des pluies lié au passage du front inter-tropical est important, Benjamin SULTAN (2002) a montré que le déplacement de la ZCIT qui marque l'installation du régime de mousson est déterminant ; il se traduit par un saut en latitude très brutal depuis une position autour de 5° de latitude nord en mai et juin vers une position qui se stabilise autour de 10° de latitude nord en juillet et août. Il montre également que l'activité de la mousson est variable au cours de la saison entre des séquences pluvieuses et des séquences sèches. C'est en fonction de la variabilité de ces paramètres que les mesures principales de la variabilité interannuelle – la durée de la saison des pluies, le total et l'intensité des précipitations – se trouvent modulées.

Figure 47 : Le principe de la mousson ouest africaine (Source : Atlas de l'intégration régionale en Afrique de l'Ouest, CEDEAO - CSAO/OCDE, 2006)



La correspondance climat-végétation sera donc d'autant plus difficile à établir que le climat est, ici moins qu'ailleurs, une donnée stable. Moins qu'ailleurs également, il sera possible de s'appuyer sur les paysages.

7.1.2 – L'apparente confusion du paysage

J'aurai l'occasion de revenir dans la troisième partie (chapitres 14 et 15) sur les dynamiques à l'œuvre dans les paysages agricoles et forestiers de la bande littorale ouest-africaine. Je voudrais simplement rappeler ici combien ils sont difficiles à mettre en relation de façon précise avec le climat ; le raisonnement phytoclimatique ne devient possible que si l'on prend en compte une fraction significative de la composition floristique. C'est d'autant plus vrai que le paysage est ici propice au contresens. D'un ordonnancement très différent des paysages ruraux européens où, depuis l'époque antique, le partage spatial est net entre terres cultivées (*ager*), parcours pour le bétail (*saltus*) et espace forestier (*silva*), le paysage ouest-africain donne une impression désordonnée qui laisse souvent une fausse idée de naturalité. Or les mots de savanes ou de forêts ne doivent pas tromper : le paysage est presque partout agro-forestier, très construit, sans être tracé au cordeau, autour de l'utilisation de la ressource agricole et de celle que constituent la plupart des espèces ligneuses. Cependant, les systèmes ruraux sont, dans le détail très variés du nord au sud, comme nous le verrons dans la 3^e partie. L'interprétation des paysages en termes phytoclimatiques n'en est que plus difficile.

Du point de vue physiognomique, la végétation de la bande littorale ouest-africaine soudanienne peut, en 1^{ère} instance, sembler assez homogène en fonction de l'alternance de la mangrove qui occupe les vasières des estuaires et des savanes et agro-forêts qui constituent les paysages de terre ferme. En s'en tenant à la terre ferme, si on considère les deux extrémités du transect, le paysage végétal apparaît, au final, fort contrasté, les contrastes étant largement amplifiés par des systèmes ruraux radicalement divergents dans leur organisation, leurs productions et leur

finalité. Le paysage du Bas Saloum (fig. 48), dominé par les champs d'arachides et une savane-parc très ouverte à Baobab, fait place à un paysage où les champs d'arachides sont des parcelles bien délimitées au sein de savanes forestières. Les agro-forêts de palmiers prennent une place de plus en plus importante dans le Fogy gambien et casamançais et finissent par côtoyer dans le Kassa quelques faciès forestiers spontanés. Passée la frontière de la Guinée-Bissau, le paysage agro-forestier est marqué par le passage régulier des brûlis défrichant les sous-bois de la palmeraie (fig. 49). La conversion massive de ces champs aux plantations d'Anacardier appauvrit grandement la diversité végétale.

Figure 48 : Nord du transect. Région du Bas-Saloum – Savane-parc à Baobab et culture d'arachide. Palmarin, Sénégal. (Photographie : Denis TURPIN, 1986)

Le Baobab (*Adansonia digitata* L.), arbre dominant et emblématique de ce paysage, manifeste, comme d'autres genres de la famille des Bombacacées, une adaptation aux climats tropicaux à longue saison sèche d'autant plus spectaculaire qu'elle est bien visible. Son tronc très volumineux est constitué d'une forte proportion de tissus parenchymateux gorgés d'eau, parcourus par des canaux, des cellules à mucilage ; on estime qu'un individu de belle taille comme celui de cette photographie peut emmagasiner 120 000 litres d'eau.

Est-il pour autant, à lui seul, un bon indicateur bioclimatique ?



La variation régionale des paysages végétaux n'est vraiment bien dessinée que sur les cartes et, si les deux termes, septentrional et méridional, sont aisément identifiables, les intermédiaires sont plus difficiles à discerner et les limites d'autant plus difficiles à tracer que le couvert végétal est largement transformé par les usages des sociétés locales (fréquence et nature des brûlis, développement des palmeraies), par le développement de productions agricoles nouvelles ou qui l'ont été (arachide, anacardier), voire par diverses mesures de protection (forêts classées, aires naturelles protégées). D'autre part, les variations locales du milieu de vie des végétaux ne sont pas à négliger : variabilité édaphique sensible notamment au niveau des bas-fonds, variabilité micro-climatique liée à la proximité plus ou moins grande du littoral ou des fleuves, ...

C'est pourquoi l'étude présentée ci-dessous se concentre sur le lien entre la géographie de la flore et le climat de sorte à aborder la question de la réponse de la végétation au climat et à ses fluctuations. La géographie actuelle de la flore ligneuse est ainsi esquissée et mise en relation avec les facteurs qui l'organisent : climat, sols et activités humaines. L'analyse d'un transect botanique effectué depuis le Saloum jusqu'à la frontière bissau-guinéenne permettent de discuter la définition du domaine soudanien et de ses éventuelles subdivisions.

Dans le mémoire accompagnant la carte de végétation de l'Afrique publiée par l'UNESCO, WHITE (1986) avait mis l'accent sur la mise en place et le déplacement sur le temps long des structures biogéographiques et floristiques (cf. chapitre 2 ; fig. 20 p. 76), en donnant la primeur aux

données chorologiques et en reconnaissant un « centre d'endémisme régional soudanien ». Au nord de celui-ci, la « zone de transition régionale du Sahel », au sud, la « zone de transition guinéo-congolaise / soudanienne ». En nous inspirant de son étude, nous nous posons la question des modalités selon lesquelles ces ensembles floristiques, ces phytochories pour reprendre le terme forgé par WHITE, se différencient dans l'espace.

Figure 49 : Sud du transect. Région frontalière entre le Sénégal et la Guinée-Bissau. Riziculture pluviale sur brulis de l'année dans un paysage de savane forestière à Palmiers (*Elaeis guineensis* surtout). Nhambala, Guinée-Bissau (Photographie : Frédéric ALEXANDRE, 2007).

1.1.3 – Mangrove et terre ferme



(a)- L'homogénéité floristique de la mangrove

L'étude du contenu botanique de la végétation ligneuse est à envisager de façon différente suivant que l'on se situe dans les vasières à mangrove ou sur la terre ferme. D'une richesse floristique beaucoup plus réduite que celle du bassin indo-pacifique (SCHNELL, 1952 ; TOMLINSON, 1986), la mangrove d'Afrique de l'Ouest ne varie guère dans sa composition du nord au sud de la zone considérée. Les mêmes six espèces de palétuviers sont présentes dans les régions étudiées : elles se distribuent, au sein de chaque vasière, en fonction de la dynamique sédimentaire et de la variation graduelle de l'inondation par la marée et de la salinité des sols¹²². La combinaison des contraintes induites pour les végétaux explique la réduction extrême du nombre des espèces, chacune d'elles ayant un habitat précis ce qui se traduit spatialement par une zonation constituée de bandes homogènes successives où, une fois n'est pas coutume, la physionomie et la distribution des espèces de la flore concordent étroitement.

¹²² Les auteurs ont discuté du poids respectif des différents facteurs, les uns mettant en avant l'importance de la durée d'inondation (KIENER, 1978, BERTRAND, 1991), les autres la salinité et les sols (VIEILLEFON, 1977, MARIUS, 1985), d'autres enfin ont mis l'accent sur la dynamique hydrosédimentaire (BOADEN et SEED, 1996). Ces facteurs sont interdépendants et déterminent l'originalité de l'écosystème de mangrove.

Lorsque la mangrove est complète, la zonation suivante est observée de bas en haut de l'estran vaseux :

- des arbustes bas de *Laguncularia racemosa* sur les bancs de vase instables des estuaires et, plus rarement, de leurs digitations (*bolons*) ;
- une bande à mangliers (genre *Rhizophora*), constituée d'un rideau de *Rhizophora racemosa* souvent hauts (fig. 50a), puis, en position médiane sur l'estran, d'une formation à *Rhizophora mangle* (on trouve aussi des individus hybrides, reconnus comme *Rhizophora harrisonii*) ;
- une bande à *Avicennia africana* (fig. 50b), espèce qui supporte une salinité plus forte et se trouve ainsi située en haut de l'estran ;
- sur les sols soumis plus irrégulièrement à l'inondation par la marée et en bordure des écoulements continentaux d'eau douce, des arbustes de *Conocarpus erectus* ;
- lorsque la concentration en sel est très forte, les palétuviers ne peuvent survivre ; le sol est nu ou couvert d'un tapis herbacé discontinu d'halophytes, constituant le tanne.



Figure 50 : Les deux principaux visages de la mangrove – Parc national des tarrafes (mangroves) du Rio Cacheu (Guinée-Bissau).

Spécialisation des espèces et zonation des mangroves en fonction de la salinité.
a – Bancs vaseux à *Laguncularia racemosa* et haut rideau à *Rhizophora racemosa* en rive d'estuaire (Photographie : Frédéric ALEXANDRE, 2007).

b – Formation à *Avicennia africana* en haut d'estran (Photographie : Julien ANDRIEU, 2005).



La physionomie de la mangrove varie du nord au sud, la largeur de chacune des bandes et l'extension relative du tanne par rapport à la mangrove varie également (cf. 3^e partie), non la composition floristique qui reste uniforme. Doit-on pour autant faire de la mangrove un biome azonal ? Je ne le pense pas, puisque le déterminisme reste climatique et que l'on ne rencontre pas de mangrove en dehors des latitudes tropicales. On a parfois voulu faire le parallèle entre l'organisation spatiale de la mangrove et l'opposition slikke-schorre des vasières des latitudes tempérées, mais la radicale différence des cortèges floristiques ne permet pas de pousser très loin le parallèle. Cependant, il est clair que d'autres facteurs que climatiques interviennent et viennent bouleverser la différenciation intrazonale des mangroves.

(b)- Présentation du transect botanique

La réponse de la végétation au gradient zonal de pluviométrie sera recherchée dans la distribution de la flore ligneuse sur terre ferme. Un long transect orienté par le principal gradient climatique, fondé sur la durée de la saison sèche, grossièrement parallèle au littoral, a été tracé depuis la forêt classée de Sangako (delta du Sine-Saloum, Sénégal) là où, en 1940, Jean TROCHAIN plaçait le début de la transition entre le domaine soudanien et le domaine guinéen jusqu'à la frontière entre le Sénégal et la Guinée-Bissau où Luiz Miguel Fazendeiro CATARINO (2004) localise aujourd'hui la transition floristique (fig. 46 et, pour la localisation plus précise des relevés, fig. 51 ci-dessous).

Afin de garantir un caractère aléatoire à cet échantillon, le point de départ est choisi au hasard. Autant que faire se peut, la ligne droite a été suivie, notant la présence des espèces ligneuses sur une bande de deux à trois mètres (à portée de regard) de part et d'autre de la ligne choisie. Si rien ne s'y oppose, 500 m sont relevés pour 500 m non relevés ; cet allègement du dispositif permet de pallier les traversées de secteurs de mangrove, de villages, de cultures ... En l'état, le transect restitue la variation de la flore ligneuse sur environ 160 kilomètres. Le transect est donc ici discontinu (1 relevé linéaire de 500 m par kilomètre).

La fraction de la flore retenue (arbres, arbustes, lianes et buissons) est, on l'a vu, la meilleure intégratrice de la relation climat-végétation en ce qu'elle produit moins de « bruit » que la flore herbacée dont la composition est beaucoup plus sensible aux micro-variations du milieu, en particulier de nature édaphique. Pour la flore forestière soudano-guinéenne, André AUBREVILLE (1950) faisait un choix identique délaissant la « flore herbacée ubiquiste et monotone des savanes », au profit des ligneux :

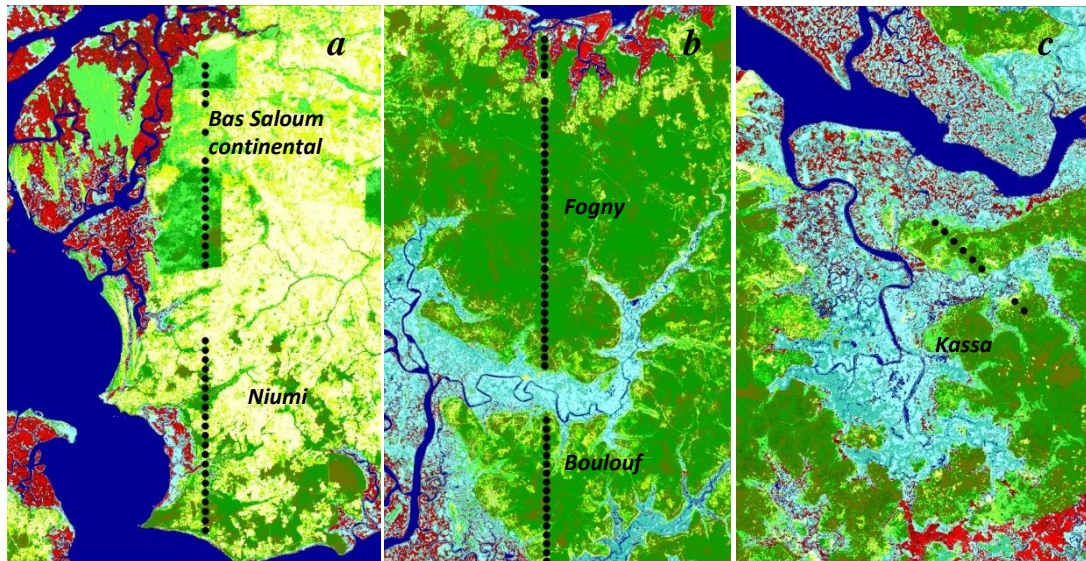
« Flore d'arbres, d'arbustes, d'arbrisseaux, atteignant au moins normalement la taille d'un homme, la limite [de notre sujet d'étude] est conventionnelle. Elle correspond cependant à la conception pratique des usagers du bois, des écorces, à celle du forestier et de l'agronome qui recherchent les plantes fixant le sol par leur enracinement profond et le protègent par leur ombrage, à la physionomie des communautés végétales des savanes boisées et des forêts claires où, au-dessus de la flore herbacée ubiquiste et monotone des savanes, les plantes ligneuses constituent les éléments principaux du paysage. »

152 espèces ligneuses ont ainsi été recensées le long d'un transect constitué au final de 102 relevés, présentés dans la figure 51 en trois tronçons. Le fond de ces cartes, constitué par l'occupation du sol en 2000 fait apparaître le caractère très ouvert des savanes du Bas-Saloum continental et du Niomi, malgré la présence des forêts classées de Sangako et de Fathala. Entre fleuves Gambie et fleuve Casamance, la savane est beaucoup plus forestière notamment dans le Fogny, secteur à cheval sur la Gambie et le Sénégal. La partie du Kassa traversée par le transect entre fleuve Casamance et frontière Sénégal – Guinée-Bissau, plus anthropisée, présente plus l'aspect d'une mosaïque.

Figure 51 : Localisation des relevés du transect de la flore ligneuse de terre ferme (Source : ANDRIEU, 2008).

- a- De la forêt de Sangako à l'estuaire de la Gambie (Bas-Saloum continental, Niimi) ;
- b- Entre fleuve Gambie et fleuve Casamance (Fogny, Boulouf) ;
- c- Entre fleuve Casamance et frontière Sénégal/Guinée-Bissau (Kassa).

Le fond de carte figure l'occupation du sol en 2000 : bleu foncé – eau ; bleu clair – tanne et rizière ; rouge – mangrove ; du jaune – savane peu boisée ; vert clair – savane forestière ; vert foncé – palmeraie et forêt



7.2 - La flore ligneuse soudanienne littorale : continuum à facettes et continuum dédoublé

Comment la végétation répond-elle au gradient climatique qui fait varier du nord au sud la durée de la saison des pluies et les quantités précipitées ? Les deux paramètres sont fortement interdépendants et se combinent à travers le bilan hydrique qui détermine la période d'activité de la végétation. *A priori*, le gradient hydrique va différencier la composition floristique sur le fil du transect nord-sud. De quelle manière ? Comme nous allons le voir, la variation régulière le long du gradient est traduite par la végétation par un changement irrégulier dans la flore ligneuse, correspondant à ce que Michel GODRON a proposé de nommer *continuum à facettes*, chaque facette présentant une vitesse plus ou moins lente ou rapide de défilement des espèces le long du gradient. Les discontinuités principales ne seront donc pas des limites entre des ensembles homogènes mais des ruptures de pente dans les courbes d'apparition ou de disparition des espèces.

7.2.1- La transition nord-sud du sahélo-soudanien au soudano-guinéen : trois facettes ; deux situations édaphiques et topographiques

Le premier (peut être le plus intéressant) des résultats est qu'aucune rupture nette n'intervient le long de ce transect confirmant que l'ensemble du domaine soudanien est, sur le plan floristique, une zone de transition. Ainsi l'information calculée pour évaluer la valeur de chaque césure entre deux relevés ne révèle-t-elle aucune « limite optimale » (GODRON, 1966) séparant le transect en deux parties nettement différenciées (fig. 52) de part et d'autre de laquelle les flores seraient assez homogènes. Lorsqu'une ou plusieurs de ces limites apparaissent, la courbe obtenue présente en effet un ou des pics bien marqués. Ici, le profil presque parfaitement en cloche montre au contraire que la flore ne change que progressivement. Et les valeurs maximales calculées par addition de l'information par chacune des espèces au regard de chacune des césures n'atteignent que 6,5 sha. La transition soudanienne est ainsi un cas de figure tout à fait opposé à la « révolution

floristique » décrite à la limite nord du domaine méditerranéen (ALEXANDRE *et al.*, 1998a et chapitre 8). Cette transition est aussi le plus bel exemple de continuum d'échelle régionale rencontré.

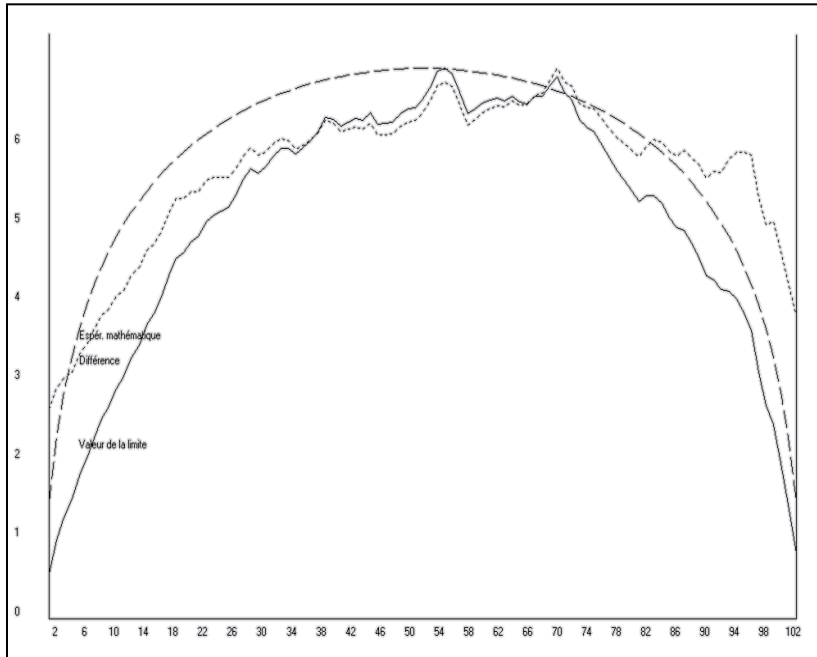


Figure 52 : Transect soudanien littoral - Valeur des limites optimales relativement à l'ensemble des espèces.

En trait plein, les valeurs non corrigées ; en tireté, l'espérance mathématique ; en pointillé, les valeurs corrigées.

L'AFC sur le tableau de présence-absence des espèces dans les relevés confirme à travers ses indicateurs généraux la faible différenciation des individus et des variables : la première valeur propre n'est que de 0,26 ce qui traduit un nuage regroupé autour de son centre de gravité. Encore cette première valeur propre se distingue-t-elle nettement des suivantes : 0,14 pour le deuxième facteur et 0,1 pour le troisième ... Par ailleurs les coefficients de corrélation canonique révèlent une médiocre qualité de représentation de l'ensemble du nuage de points par les premiers facteurs principaux : 0,51 pour le premier facteur, 0,38 pour le deuxième, 0,32 pour le troisième. Malgré la faible structuration du nuage de points, les premiers axes factoriels sont interprétables et permettent de déceler des effets d'échelle régionale. Ils permettent surtout de définir les facettes du continuum.

Les pourcentages d'inertie attachés à chacun des axes factoriels (part de la variance totale de la matrice) mesurent, en quelque sorte la part de l'information totale contenue dans les données qui sera interprétable à travers chaque facteur. Dans des tableaux de présence-absence, ces pourcentages sont en général plus faibles que pour des tableaux de contingence ou des tableaux disjonctifs complets (BENZECRI, 1980) ; cela tient à la très grande dispersion de l'information dans les tableaux floristiques, même lorsque, comme ici, n'ont été retenues que les espèces ayant une certaine fréquence d'apparition (supérieure à 3). Dès lors, avec près de 10 % (9,9 %), le pourcentage d'inertie affiché par le premier axe factoriel est à considérer d'autant qu'il se détache nettement.

La figure 53 présente commodément, de la façon suggérée par ESTEVE (1978, cf. chapitre 6), les variations des coordonnées sur l'axe 1 des relevés ordonnés du nord au sud. L'opposition est manifeste entre les relevés du Bas Saloum (coordonnées positives), d'un côté, et les relevés du Kassa casamançais (coordonnées négatives), de l'autre. Surtout, le transect apparaît séparable en trois tronçons (les *facettes*) séparés par des points d'inflexion dans la tendance générale de la courbe : le premier marqué par une décroissance générale des coordonnées, signe que des changements réguliers interviennent dans la flore, le deuxième par une relative stabilité, marque d'une homogénéité de la végétation, le troisième à nouveau par une décroissance.

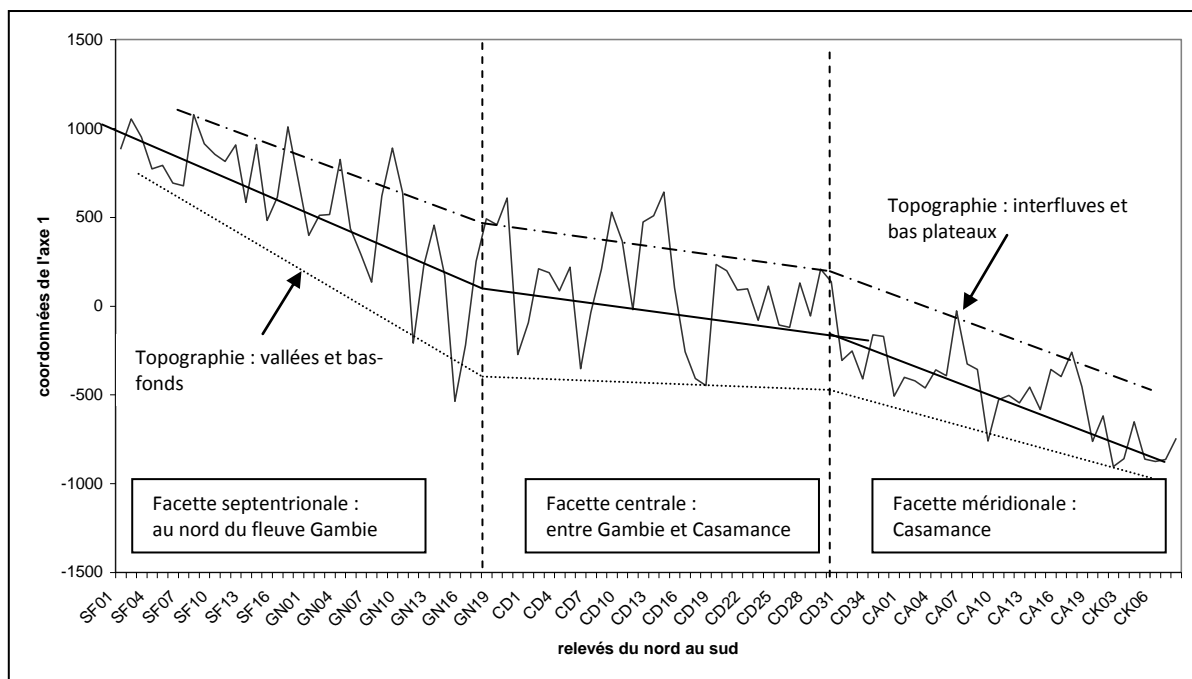


Figure 53 : AFC transect soudanien littoral – Coordonnées des relevés relativement au premier facteur principal (ANDRIEU, 2008)

Les trois facettes sont, par ailleurs, marquées par une hétérogénéité interne identifiable aux indentations de la courbe, particulièrement dans les secteurs situés de part et d'autre du fleuve Gambie (moitié nord du transect). La courbe se dédouble et ce dédoublement correspond à deux situations topographiques contrastées : d'une part, les interfluves, bas plateaux où la sécheresse climatique se trouve amplifiée par la sécheresse édaphique, d'autre part, les bas-fonds et les vallées où le sol est plus argileux et peut être temporairement inondé. Le renouvellement de la flore le long du transect se produit dans les deux situations comme le suggèrent les deux courbes en pointillés tracées sur la figure 53.

Un cas de figure comparable a été décrit, à une autre échelle, par Michel LECOMPTE (1973) sur un versant du Rif occidental où la variation régulière de la flore suivant l'altitude se dédoublait en fonction de l'alternance de bancs de calcaire massif portant des formations forestières et de bancs marneux couverts de colluvions terreuses portant des communautés herbacées (cf. fig. 39, chapitre 5, p. 145). Comme je l'ai noté p. 145, LECOMPTE proposait plutôt l'expression « continuum à facettes » pour la forme spatiale résultante. Ce chevauchement de vocabulaire n'ayant pu être éclairci entre GODRON et LECOMPTE, je propose de trancher en désignant cette deuxième figure comme un *continuum dédoublé*. Ici, les deux figures se combinent.

Le domaine botanique soudanien littoral se présenterait donc, à l'échelle régionale, sous la forme d'un continuum à facettes, constitué par l'interpénétration des cortèges sahélo-soudanien et soudano-guinéen (retenons pour l'instant ces appellations) qui détermine des phases de transition lente ou accéléré. Ce continuum est un continuum dédoublé en fonction de la position topographique des végétations observées : le bilan hydrique climatique se trouve corrigé ou péjoré selon que l'on se situe sur le plateau ou en bas-fonds et selon la texture des sols (les deux facteurs étant liés).

Dans cet énoncé, le mot *continuum* reste, au final, le plus discutable. Pas seulement, parce qu'il est fortement chargé des significations multiples accumulées par plus de quatre-vingts ans de conflit entre botanistes. Plus simplement parce que ce transect comprend plusieurs hiatus : l'information est absente au passage des estuaires, les Rivières du Sud proprement dites ; elle est absente aussi dans les secteurs où la mise en valeur agricole a une emprise plus forte (au sud de la

forêt de Fathala notamment). Par ailleurs, seul un relevé sur deux a été fait sur chaque kilomètre. Dans l'attente de compléments (dont je dirai, intuitivement, qu'ils renforceront le continuum), on pourrait s'en tenir au terme de *transition*. Ces compléments devraient aussi consister en un allongement du transect, une grande partie des espèces rencontrées ayant une répartition débordant largement la limite nord et la limite sud de celui-ci.

7.2.2 – Les trois facettes de la transition nord-sud

La facette septentrionale correspond aux relevés situés au nord du fleuve Gambie. La tendance d'ensemble de la courbe s'explique par la disparition très progressive des espèces sahélo-soudaniennes vers le sud (tabl. 9). Ces espèces font l'originalité des premiers relevés, effectués dans les forêts classées de Sangako et de Fathala, mais la plupart d'entre elles n'y sont pas cantonnées. Certaines connaissent, certes, leur limite méridionale sur le transect dès le Bas-Saloum continental comme le Bouleau d'Afrique (*Anogeissus leiocarpus*) ou *Ficus ingens*, petit arbre disséminé dans toute la bande soudanienne et jusqu'au Yémen. Certaines ont été retrouvées jusqu'en Gambie, comme *Acacia sieberiana* ou comme le Jujubier (*Ziziphus mauritiana*). D'autres se retrouvent plus au sud encore, en Casamance, comme *Combretum glutinosum* ou *Acacia macrostachya*, un des buissons qui constituent les fourrés de la brousse tigrée sahélienne ... Conformément à la figure du continuum dédoublé, cette transition progressive concerne aussi les espèces qui se retrouvent dans les bas-fonds comme *Mitragyna inermis*, bonne indicatrice des sols lourds argileux et mal drainés (ARBONNIER, 2002). Toutefois, la plupart des espèces que l'on rencontre sur les sols mal drainés dans le Bas Saloum continental n'appartiennent pas au cortège sahélo-soudanien : cantonnées ici aux bas-fonds, on peut les rencontrer beaucoup plus au sud sur les interfluves.

Il faut, là encore, rester prudents du fait du caractère pour l'instant incomplet du transect. Du fait de cet échantillon un peu mince, la distribution observée de certaines espèces peut se révéler trompeuse, notamment les espèces à chorologie large mais très disséminées au sein de leur aire de distribution (*rural species* du continuum hiérarchique de COLLINS *et al.*, 1993, *cf.* fig. 34 et 35, chapitre 5). Occupant peu de lieux, elles peuvent avoir échappé sur une partie de l'espace régional aux mailles trop lâches du filet tendu. Leur absence ne peut être tenue comme véritablement significative. Il en va sans doute ainsi, par exemple, pour *Terminalia laxiflora* dans le tableau 9 : elle n'a pas été trouvée au-delà du treizième relevé alors qu'ARBONNIER (*op. cit.*) la cite dans les savanes et les galeries forestières jusqu'au Cameroun.

	IFIN	REL.1	102
<i>Anogeissus leiocarpus</i>	21.2	*.**.....	
<i>Terminalia laxiflora</i>	19.3	*.****.....*	
<i>Ficus ingens</i>	28.2	.***.****.*.....	
<i>Gardenia ternifolia</i>	12.9	..*..*..*..*.....	
<i>Mitragyna inermis</i>	12.5	*.....**.....	
<i>Acacia sieberiana</i>	12.2	***.....*	
<i>Ozoroa insignis</i>	17.4	.*.***...*.***.....	
<i>Ziziphus mauritiana</i>	35.2	**.....*****.*.....	
<i>Gmelina arborea</i>	11.3*..**..**.*.....	
<i>Terminalia macroptera</i>	30.4	.*****.*.....*	
<i>Ixora brachypoda</i>	10.3**.*.....*.....	
<i>Pericopsis laxiflora</i>	12.1****.....*.....*	
<i>Securidaca longepedunculata</i>	13.9	**.****.*.*.....**.....	
<i>Hymenocardia acida</i>	10.3	.*..*..*..*..*.....**.*.....	
<i>Combretum glutinosum</i>	18.1	*****.....****.*****..**.....	
<i>Combretum nigricans</i>	13.5	..*****.*.....*****.....*	
<i>Acacia macrostachya</i>	14.1	*****.....****.***.....**.....*	
<i>Icacina senegalensis</i>	15.6	*****.....*****.***.....**.....	
<i>Clerodendrum sinuatum</i>	11.6	**.....*****.....*****.....*	
<i>Lannea velutina</i>	10.9**.....*****.....**.....**.....*	

Tableau 9 : Espèces connaissant une fin significative (information > 10 sha) sur le transect soudanien littoral (ANDRIEU, 2008)
 IFIN = Information apportée par la connaissance de la fin de l'espèce sur le transect (en shannons)
 * = présence par maille de 2 relevés
 . = absence

La facette centrale qui couvre les relevés effectués au sud du fleuve Gambie dans le Fogny montre une certaine stabilité de la flore : cette bande de territoire à cheval sur la frontière sud entre la Gambie et le Sénégal est par excellence le secteur où les deux cortèges sont indissociables. La substitution des espèces soudano-guinéennes aux espèces sahélo-soudaniennes ne s'y effectue qu'à un rythme ralenti. Une après l'autre cependant les premières apparaissent (tabl. 10). Cette facette centrale apparaît donc comme une zone de chevauchement des flores où se rencontrent des espèces de répartition plus septentrionales, plus ou moins résistantes à l'allongement de la saison sèche (*Acacia sieberiana*, *Anogeissus leiocarpus*, *Gardenia ternifolia*, *Ziziphus mauritanus*, *Ozoroa insignis*, *Acacia macrostachya*, etc.) ... D'autres espèces ont une répartition plus méridionale d'écologie forestière (*Malacantha alnifolia*, *Psychotria psychotioides*, *Smilax anceps*, *Landolphia heudelotii*, *Combretum micranthum*, *Sesbania sesban*, *Dialium guineense*, *Holarhena floribanda*, ...).

	IDEB REL. 1	102
<i>Vismia guineense</i>	11.3**
<i>Ficus vallis-choudae</i>	11.6**...
<i>Pseudospondias microcarpum</i>	11.6*....*
<i>Parinari excelsa</i>	20.5*.....*
<i>Sesbania sesban</i>	14.0*.....*
<i>Stereospermum kunthianum</i>	14.3**.....*
<i>Premna quadrifolia</i>	11.2**.....*
<i>Psychotria psychotioides</i>	29.1*.....**.....*
<i>Albizia adianthifolia</i>	30.7**.....**.....*
<i>Zanthoxylum zanthoxyloides</i>	38.6*.....**.....**.....*
<i>Markhamia tomentosa</i>	11.2*.....**.....*
<i>Ceiba pentandra</i>	10.4**.....*.....**.....*
<i>Uvaria chamae</i>	46.8**.....**.....**.....**.....*
<i>Moghania fagina</i>	13.8*.....**.....**.....**.....*
<i>Combretum tomentosum</i>	18.4*.....**.....**.....**.....*
<i>Ficus polita</i>	10.4*.....**.....**.....**.....*
<i>Salacia senegalensis</i>	11.8*.....**.....**.....**.....*
<i>Sorindeia juglandifolia</i>	20.5**.....**.....**.....**.....*
<i>Strophantus sarmentosus</i>	13.7*.....**.....**.....**.....*
<i>Malacantha alnifolia</i>	24.0*.....**.....**.....**.....*
<i>Dialium guineense</i>	22.5**.....**.....**.....**.....*
<i>Calotropis procera</i>	11.2*.....**.....**.....**.....*
<i>Holarhena floribunda</i>	29.1**.....**.....**.....**.....*
<i>Landolphia heudelotii</i>	20.0**.....**.....**.....**.....*
<i>Newbouldia laevis</i>	13.2*.....**.....**.....**.....*
<i>Smilax anceps</i>	11.2*.....**.....**.....**.....*
<i>Hoslundia oppositifolia</i>	10.2*.....**.....**.....**.....*

Tableau 10 : Espèces connaissant un début significatif (information > 10 sha) sur le transect soudanien littoral (ANDRIEU, 2008)

IDEB = Information apportée par la connaissance du début de l'espèce sur le transect (en shannons)

* = présence par maille de deux relevés

. = absence

La Casamance qui constitue la facette méridionale est le prolongement de cette transition floristique. Le rythme des substitutions change toutefois avec la fin des espèces sahélo-soudaniennes qui trouvent de moins en moins de biotopes à occuper et l'enrichissement en espèces soudano-guinéennes, bien souvent forestières. Le changement de cortège finit ainsi par avoir des conséquences paysagères. La liste des espèces connaissant un début significatif (information apportée par la connaissance de cette limite de distribution sur le transect supérieure à 10 sha, ce qui équivaut à une probabilité) sur le transect (tabl. 10) est assez longue. A vrai dire, il faudrait, pour la plus grande partie d'entre elles, considérer plutôt la transition dans le sens sud-nord, à mesure que la contrainte hydrique élimine les espèces. La même remarque que précédemment peut alors être faite : si ces espèces contribuent fortement à l'originalité floristique des relevés méridionaux, la plupart d'entre elles n'y sont pas cantonnées. Quelques-unes n'ont été trouvées que dans le Kassa au sud du fleuve Casamance comme *Ficus vallis-choudae*, espèce soudano-guinéenne se rencontrant surtout le long des rivières, sur sols bien drainés, conditions écologiques qui ne se retrouvent plus guère au nord. D'autres ont une répartition plus large qui peut être un héritage comme *Parinari excelsa*, grand arbre de la famille des Rosacées, dont AUBREVILLE (1950) signale qu'il est un « vestige de la forêt ancienne détruite par les défrichements et les feux, [...] espèce qui était un des constituants principaux des forêts denses demi-sèches qui couvraient autrefois les secteurs maritimes depuis la Gambie jusqu'en Guinée française ; il en subsiste encore des forêts intactes en Basse-Casamance ». Beaucoup s'avancent largement au nord du fleuve Casamance dans le Boulouf

et le Fogny. Le nombre des disparitions s'accroît ce qui explique l'inflexion de la courbe sur la figure 53, séparant facette centrale et facette méridionale. C'est par ailleurs ici que les informations relatives à la disparition (ou à l'apparition ... tout dépend dans quel sens on aborde le transect) les plus fortes sont enregistrées : 30,7 sha pour *Albizia adianthifolia*, 38,6 sha pour *Zanthoxylum zanthoxyloides* ou 46,8 sha pour *Uvaria chamae*, trois parmi les espèces les plus fréquentes des forêts et savanes forestières sèches des marges septentrionales du domaine guinéen.

Le deuxième facteur principal de l'AFC est, lui aussi, intéressant en ce qu'il met en relief les relevés de bas-fonds les plus anthropisés parce que les plus proches des villages et des cultures. Des lianes comme *Paulinia pinnata* ou des arbres vénérés pour leurs multiples usages médico-magiques comme *Ficus* sur (ARBONNIER, *op. cit.*) constituent le cortège particulier de ces secteurs.

7.2.3 – Le défilement des espèces en fonction du gradient climatique : les groupes « écologiques » se chevauchant en écailles

Classiquement, chaque relevé est accompagné de renseignements sur les principaux descripteurs (EMBERGER, DAGET, GODRON *et al.*, 1968) : climat (pluviosité), topographie, sol, distance à l'océan, distance à la vasière la plus proche, distance au village le plus proche, physionomie. Dans ce qui suit, la flore ligneuse est mise en relation avec le descripteur ressorti, sans surprise, des analyses comme le plus efficace (quantité d'information de 2,77 sha) : le total annuel de précipitations évalué, pour chaque relevé, par interpolation spatiale des données stationnelles sur la période 1960-1995. Les estimations obtenues ont ensuite été discrétisées selon des classes de même amplitude : 50 mm. Celles-ci sont rigoureusement distribuées du nord au sud : on notera qu'elles ont été inégalement échantillonnées pour les raisons qui ont été expliquées plus haut.

La probabilité élémentaire à calculer est celle de la table de contingence entre la présence ou l'absence de l'espèce et chacune des classes de pluviosité ainsi obtenues. L'information calculée est apportée par la connaissance du nombre de présences de chaque espèce dans chaque classe du descripteur. Plus cette distribution est exceptionnelle (exemple : *Ficus vallis-choudae* présente seulement dans 3 relevés du Boulouf), plus l'information apportée est forte (probabilité entre 0,01 et 0,001 ; quantité d'information correspondante supérieure à 7 shannons), ce qui témoigne d'une liaison très significative avec la classe de pluviosité correspondante (total annuel supérieur à 1200 mm). Seules les espèces significativement liées à au moins une classe pluviométrique sont ici présentées (tabl. 11), soit 47 espèces (liaison supérieure à 7 sha). Elles sont classées dans le tableau en fonction du barycentre de leur distribution sur le transect.

Sur le fil du gradient climatique, les espèces défilent suivant le modèle des *groupes imbriqués en écailles* (GODRON, 1966) : les distributions spécifiques se chevauchent les unes les autres et l'on passe ainsi des espèces soudano-guinéennes aux espèces soudaniennes puis aux espèces sahélo-soudaniennes (tabl. 11). On peut suivre la succession des groupes mis en évidence du sud vers le nord à mesure que le bilan hydrique défavorable élimine les espèces (tabl. 12).

Au contact avec le domaine guinéen, dans la partie sud du transect, *Ficus vallis-choudae* est l'espèce dont le centre de gravité est le plus méridional. Elle s'agrège à un groupe homogène d'espèces aux centres de gravité proches et aux liaisons significatives avec les hauteurs de pluie les plus élevées (groupe 1 ; tabl. 12). Un deuxième groupe assez nombreux peut être individualisé (groupe 2), lui-aussi constitué par des espèces exigeantes en eau mais s'avançant plus vers le nord (totaux moyens annuels de l'ordre de 1150 mm) parmi lesquelles le Palmier à huile (*Elaeis guineensis*) ou *Afzelia africana*. Le groupe central (groupe 3), constitué par 10 espèces liées aux pluviosités moyennes et hautes (supérieures à 1100 mm/an) voit disparaître du sud vers le nord : *Hoslundia opposita*, *Calycobolus heudelotii*, ... jusqu'à *Lannea acida* et *Ixora brachypoda*.

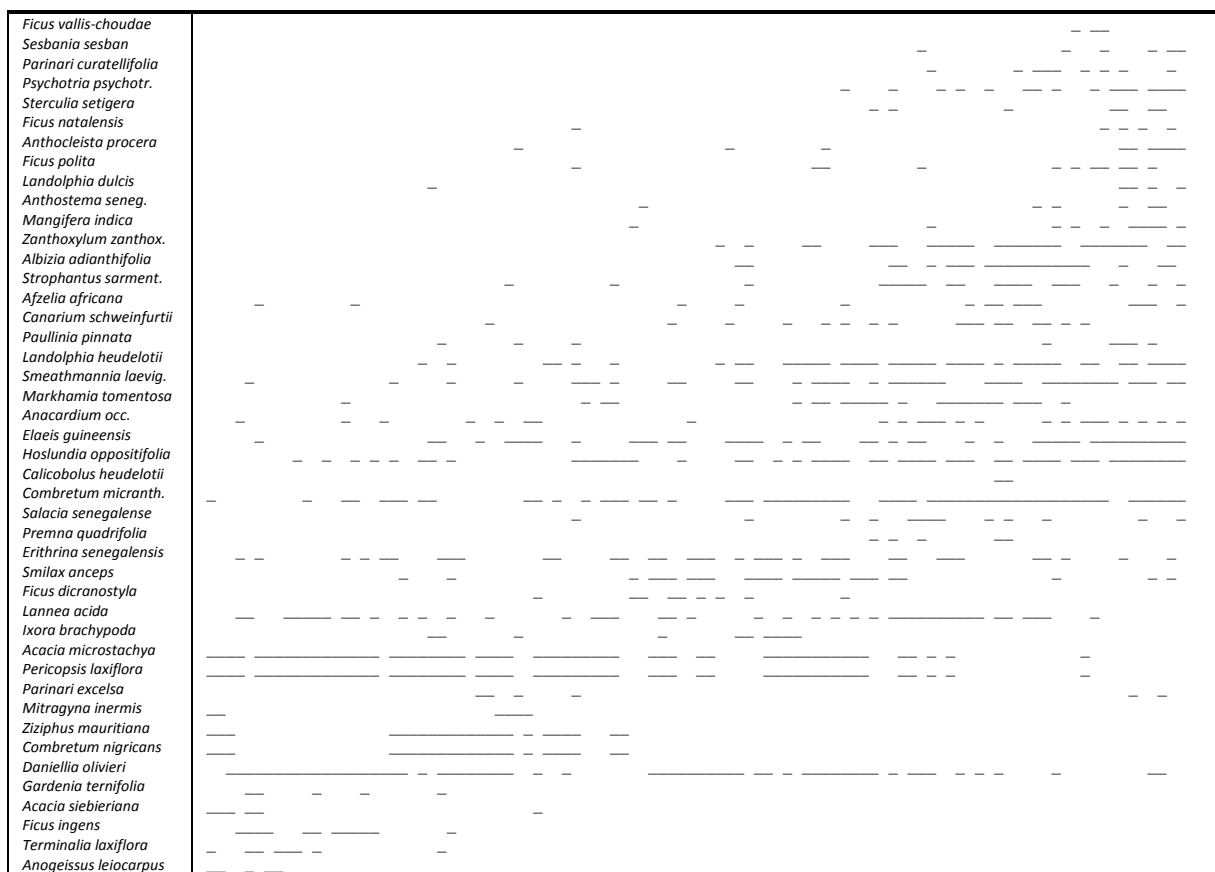


Tableau 11 : Distribution le long du transect des 47 espèces les plus fortement liées au descripteur pluviosité (Source : ANDRIEU et ALEXANDRE, 2008)

Présence sur un relevé : –

Les deux derniers groupes (groupes 4 et 5) sont constitués par les espèces les plus résistantes à la sécheresse. Si *Parinari excelsa*, *Albizia ferruginea* et *Mitragyna inermis* ont leur optimum entre 950 et 1000 mm annuels, *Pericopsis laxiflora* entre 850 et 1000 mm, les espèces soudano-sahéliennes supportent une pluviosité inférieure à 850 mm en année moyenne. Elles se substituent aux espèces précédentes dans les relevés les plus septentrionaux ; parmi elles, *Daniellia olivieri*, *Acacia siebieriana* et *Anogeissus leiocarpus*. Ces trois espèces illustrent bien le modèle des groupes en écailles et permettent de discuter du caractère écologique de ces groupes. En effet, si ces trois ligneux apparaissent hautement significatifs des relevés les plus septentrionaux (tabl. 12), ils n'occupent pas le transect de la même manière : on l'a vu, *Anogeissus leiocarpus* n'est présent qu'au nord du transect alors qu'*Acacia siebieriana* s'avance jusqu'en Gambie. Quant à *Daniellia olivieri*, si elle est constante dans les relevés septentrionaux, l'espèce se retrouve, disséminée, jusqu'en Casamance. La forte liaison statistique de ces espèces avec une classe de pluviosité vaut-elle démonstration du caractère indicateur de ces espèces vis-à-vis de ce descripteur écologique ? D'évidence non : le calcul ne donne qu'un indice qui invite à aller y regarder de plus près. Ainsi *Daniellia olivieri*, espèce à répartition vaste, ne devient beaucoup plus fréquente vers le nord du domaine soudanien que parce que cet arbre ne grandit bien qu'à découvert : il est alors aisément reconnaissable dans le paysage à sa cime étalée. Plus au sud, la multiplication des physionomies forestières le cantonne aux secteurs en jachère où *Daniellia olivieri* repousse et drageonne en fourrés denses. Avant tout héliophile, c'est aussi une espèce qui peut résister à des conditions xériques sévères, en position topographique de fond de vallée toutefois :

« Dans les pays sahélo-soudanais très secs, on le rencontre isolément dans le lit des oueds, et dans les plats inondés en saison des pluies. [...] C'est une espèce héliophile qui ne tolère pas d'ombre ; elle ne pénètre pas en forêt dense et lorsqu'une savane à *Daniellia*, incluse dans un massif forestier, ne brûle plus et que la végétation forestière autochtone tend alors à s'y réinstaller, le *Daniellia* est voué à la disparition. » (AUBREVILLE, 1950)

Tout ceci précise assez bien l'apport du géographe à la démarche phytoclimatique. Attentif à l'échelle d'analyse et à la structure spatiale de l'objet étudié, à la confrontation de celle-ci avec la structure spatiale d'autres phénomènes, il peut poser les questions un peu différemment (par exemple, ici, sur la part respective du milieu et des actions de l'homme dans la répartition des espèces) et apporter des arguments précisément référencés. A un moment où l'on cherche à évaluer l'impact du climat, de ses variations ou de ses changements sur les communautés d'êtres vivants et leur diversité, cette « expertise spatiale » me paraît essentielle.

Tableau 12 : Information mutuelle espèces / pluviosité - Profils indicés des 47 espèces les plus fortement liées au descripteur pluviosité (ANDRIEU, 2008)

- +++ Fréquence très hautement significative dans la classe considérée – probabilité < 0,01
- ++ Fréquence hautement significative – probabilité < 0,1
- + Fréquence significative – probabilité < 0,5 :
- Absence significative – probabilité < 0,5
- Absence hautement significative – probabilité < 0,1
- Absence très hautement significative – probabilité < 0,01

Classes de pluviosité (mm/an)		< 850	850-900	900-950	950-1000	1000-1050	1050-1100	1100-1150	1150-1200	1200-1250	> 1250
Effectif (relevés/classe)		15	9	11	26	2	4	7	4	7	17
Groupe 1	<i>Ficus vallis-choudae</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	++
	<i>Sesbania sesban</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+++
	<i>Parinari curatellifolia</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+++
	<i>Psychotria psychotrioides</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+++
	<i>Sterculia setigera</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	++
	<i>Ficus natalensis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+++
	<i>Anthocleista procera</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+++
	<i>Ficus polita</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+++
	<i>Landolphia dulcis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	++
	<i>Anthostema senegalense</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	++
	<i>Mangifera indica</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+++
Groupe 2	<i>Zanthoxylum zanthoxyloides</i>	.	.	.	.	.	.	.	+	++	+++
	<i>Albizia adianthifolia</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	+++	++
	<i>Strophantus sarmentosus</i>	.	.	.	.	.	.	.	++	+	+
	<i>Azelia africana</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	+++	.
	<i>Canarium schweinfurthii</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	+++	.
	<i>Paullinia pinnata</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	++
	<i>Landolphia heudelotii</i>	---	.	.	.	.	.	.	++	+	+
	<i>Smeathmannia laevigata</i>	---	.	.	.	.	.	.	.	.	+++
	<i>Markhamia tomentosa</i>	.	.	.	.	.	.	.	++	+++	.
	<i>Anacardium occidentale</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+++
<i>Elaeis guineensis</i>	---	.	.	.	.	.	.	.	.	+++
Groupe 3	<i>Hoslundia oppositifolia</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	++
	<i>Calicobolus heudelotii</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	++	.
	<i>Combretum micranthum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	++	+
	<i>Salacia senegalensis</i>	.	.	.	.	.	.	.	++	.	.
	<i>Premna quadrifolia</i>	.	.	.	.	.	.	.	++	.	.
	<i>Erythrina senegalensis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	<i>Smilax anceps</i>	.	.	.	.	.	.	++	.	.	.
	<i>Ficus dicranostyla</i>	.	.	.	.	.	.	+++	.	.	.
	<i>Lannea acida</i>	.	.	.	.	.	.	.	++	+	.
<i>Ixora brachypoda</i>	.	.	.	.	.	.	++	.	.	.
Groupe 4	<i>Acacia macrostachya</i>	+++	+++	+++	.	.	.	.	.	---	---
	<i>Pericopsis laxiflora</i>	.	++	++	.	.	.	.	.	.	.
	<i>Parinari excelsa</i>	.	.	.	++	.	.	.	.	.	.
	<i>Albizzia ferruginea</i>	.	.	.	+++	.	.	.	.	.	.
	<i>Mitragyna inermis</i>	.	.	.	+++	.	.	.	.	.	.
	<i>Ziziphus mauritiana</i>	.	++	++	++	++	.	.	.	.	.
Groupe 5	<i>Combretum nigricans</i>	++	+	.	.	.	.	.	.	.	---
	<i>Daniellia olivieri</i>	++	.	.	.	.	.	.	.	.	---
	<i>Gardenia ternifolia</i>	++	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	<i>Acacia sieberiana</i>	+++	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	<i>Ficus ingens</i>	+++	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	<i>Terminalia laxiflora</i>	+++	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	<i>Anogeissus leiocarpus</i>	+++	.	.	.	.	.	.	.	.	.

7.3 – Permanence, transformation ou translation des structures spatiales

7.3.1 – Les fluctuations de la pluviosité en Afrique de l’Ouest

L’Afrique de l’Ouest connaît, autant que l’on puisse reculer dans le temps (soit deux siècles : NICHOLSON, 2001), d’importantes fluctuations d’un des éléments majeurs de son bioclimat, la pluviosité. Même si l’on n’atteint pas le degré de variabilité extrême qui se rencontre par exemple dans le Nordeste intérieur brésilien, ces fluctuations changent les conditions d’existence des êtres vivants en général et des végétaux en particulier de façon plus considérable que ce qui a pu être observé en Europe au cours du dernier millénaire. Or, comme cela a été montré par Emmanuel LEROY-LADURIE (1983) ou par Pascal ACOT (2003), les conséquences n’ont pas été minces, par exemple aux XVII^e et au XVIII^e siècles connus, peut être abusivement, comme « petit âge glaciaire ». On peut attendre qu’il en soit de même pour le facteur pluie en Afrique.

La chronologie est aujourd’hui assez bien connue, surtout pour le XX^e siècle, et la cartographie de cette variabilité a pu être établie (NICHOLSON *et al.*, 1988). La figure 54, extraite de l’Atlas de l’intégration régionale en Afrique de l’Ouest, en offre une synthèse à petite échelle. Elle fait apparaître, pour la bande sahélienne et soudanienne, des premières décennies du XX^e siècle où les années de bonne pluviosité ont largement dominé (notamment durant les années qui ont suivi la Deuxième Guerre mondiale) alors que, depuis les années 1960, les pluies ont été beaucoup plus faibles avec une péjoration particulièrement sévère durant les années 1973-1974 et 1983-1984. Depuis le milieu des années 1990, les hauteurs de pluie enregistrées remontent (NICHOLSON, 2005).

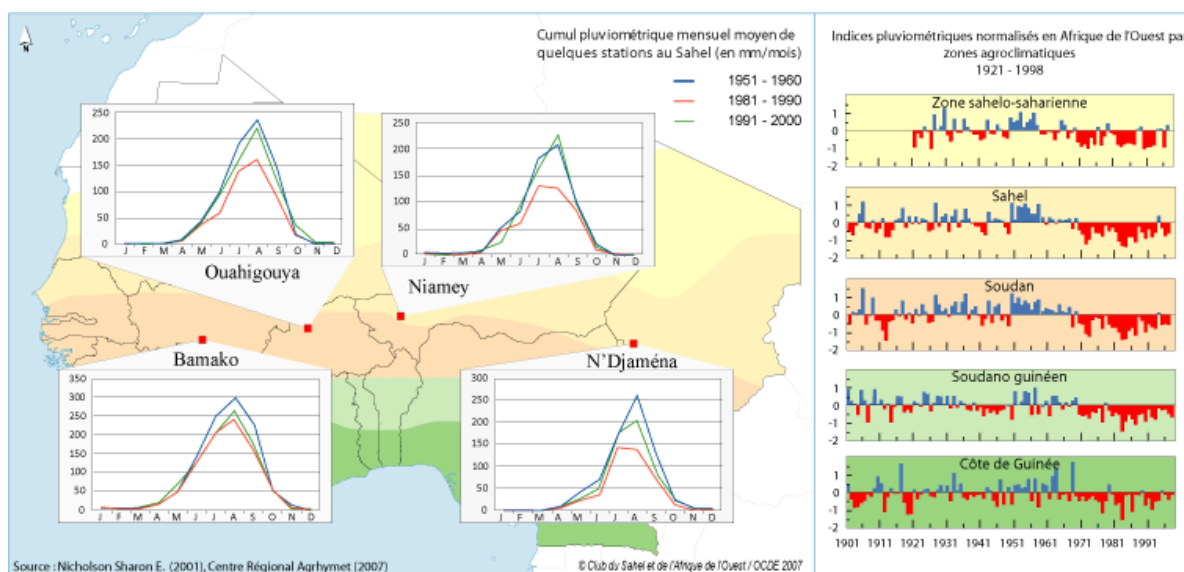


Figure 54 : Variabilité de la pluviosité en Afrique de l’Ouest au cours du XX^e siècle (Source : Atlas de l’intégration régionale en Afrique de l’Ouest, CEDEAO - CSAO/OCDE, 2006)

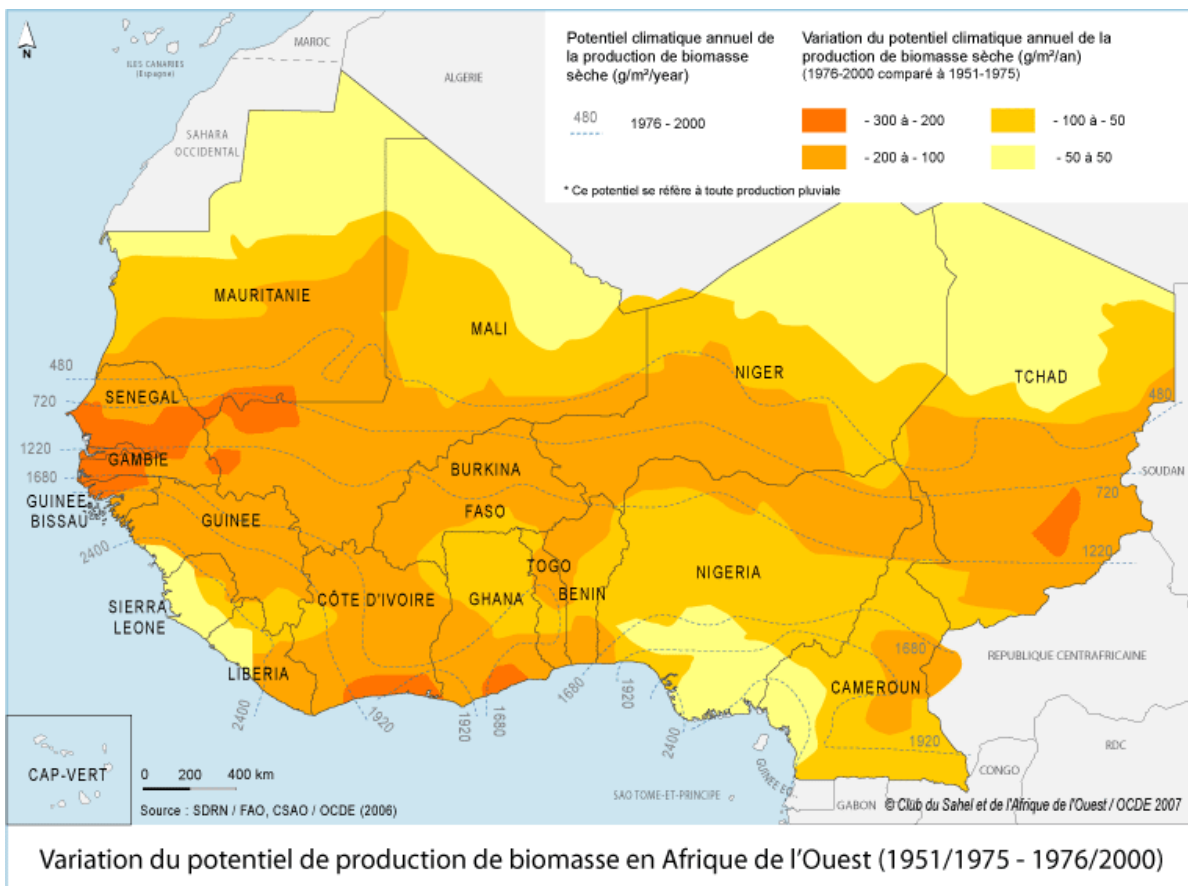
Il a été montré (GAUTIER *et al.*, 1998, MAHE *et al.*, 2000) que le Sénégal, la Guinée-Bissau et l’ouest de la République de Guinée ont été atteints plus tôt (dès 1966) et plus sévèrement que les régions situées plus à l’intérieur des terres. Rappelons que cette baisse de la pluviosité a deux composantes essentielles susceptibles de retentir sur la végétation :

- Le raccourcissement de la période où la végétation est active. Cette période d’activité de la végétation calculée en un lieu est, à vrai dire, une notion plus théorique qu’il n’y paraît puisque selon le type biologique et l’espèce, elle peut être notablement décalée.
- La baisse de la hauteur totale des précipitations qui peut avoir des conséquences directes, ou indirectes en modifiant l’hydrologie régionale.

7.3.2 – Conséquences biologiques des fluctuations pluviométriques

Quelles conséquences pour la végétation ? Celles-ci peuvent être envisagées à plusieurs niveaux. Le plus évident, mais aussi le plus immédiatement essentiel pour les populations, est la réduction de la production végétale. Elle concerne, bien entendu, les produits de l'agriculture mais aussi la ressource pastorale et la végétation spontanée. Son évaluation n'a rien de très évident ; cependant, les estimations qui ont pu être faites, sur la base des productions agricoles non irriguées, confirment que, proportionnellement, le domaine soudanien littoral a été un des plus fortement touchés (fig. 55 : la baisse est spectaculaire alors même que les périodes choisies ne sont pas les plus pertinentes).

Figure 55 : Variation du potentiel de production de la biomasse entre la période 1951-1975 et la période 1976-2000 en Afrique de l'Ouest (Source : Atlas de l'intégration régionale en Afrique de l'Ouest, CEDEAO - CSAO/OCDE, 2006)



Un autre indice peut être recherché dans la mesure de l'activité chlorophyllienne, ce qui a été tenté par Julien ANDRIEU (2008) en utilisant les synthèses du NDVI produites par le satellite MSG pour chaque quinzaine de jours. Rappelons que le NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) est l'indice de végétation le plus communément utilisé pour estimer la quantité de végétation présente sur la surface et suivre son évolution temporelle. Il est calculé comme le rapport normalisé de la différence entre la réflectance proche-infrarouge et la réflectance acquise dans la bande spectrale rouge du capteur. Cette étude permet de fait d'affiner la cartographie des formations végétales et ces synthèses bi-mensuelles se présentent comme un bon instrument pour le suivi de la végétation. *A priori*, cette approche doit permettre de mesurer la dégradation du couvert végétal si, après reprise des pluies, l'activité chlorophyllienne se révèle moins importante qu'elle ne l'était avant la période sèche. Trois éléments limitent cependant ces espoirs :

- Les changements physiologiques qu'enregistrent les états de surface mesurés par les satellites sont le plus souvent liés aux activités humaines, de façon suffisamment forte en tout cas pour qu'il soit difficile de trancher assurément que tel changement est anthropique ou tel autre climatique.
- Pour l'Afrique, la période sèche dont on cherche à voir les effets est ancienne et, tout simplement, les données manquent pour avoir une idée de ce qu'était l'état originel.
- La reconstitution de la végétation peut s'effectuer avec un temps de retard, une sorte de convalescence en somme, temps qu'il est bien difficile d'évaluer.

La connaissance et le suivi de la géographie de la flore peut apporter des réponses sur ces trois points. En identifiant les espèces en expansion ou en régression, elles permettent de reconstituer les séquences de végétation en cours et d'envisager non pas l'hypothétique végétation climacique. La collecte des données complémentaires au relevé de végétation permet de donner une certaine force explicative aux données et d'identifier de façon crédible les processus en cours.

Des données anciennes existent par ailleurs qui doivent permettre de reconstituer la géographie de la flore depuis l'entre-deux-guerres, ce qui nous ramène aux décennies de bonne pluviosité pour l'Afrique de l'Ouest. Des études botaniques ont en effet été menées aussi bien par le colonisateur français que par les Anglais ou les Portugais. Elles concernent les milieux forestiers comme les milieux ouverts. Le problème est leur grande dispersion. Un travail de constitution d'une base de données sur les pâturages sahéliens, comprenant des relevés remontant aux années 1920, a toutefois été réalisé à l'IRD sous la direction de Philippe DAGET (base FLOTROP, DAGET et GASTON, 2001) qui serait heureux de la voir plus complètement exploitée. Cette exploitation est envisagée dans le cadre de la participation des UMR PRODIG et LADYSS au programme ECLIS (Contribution de l'Élevage à la réduction de la vulnérabilité des ruraux et à leur adaptabilité aux changements Climatiques et Sociétaux en Afrique de l'Ouest au sud du Sahara), qui vient d'être retenu par l'ANR. Dans ce programme qui concerne toute la bande sahélo-soudanienne, notre contribution porterait sur les questions de régionalisation : pour atteindre cet objectif, les indications données par la flore seront un élément important.

Enfin, les évolutions de la distribution géographique des espèces étant reconstituées, on peut avoir une idée du degré de transformation effectif, durable du couvert végétal, de la part qu'il faut attribuer dans ces changements à la variabilité du climat. La réversibilité ou l'irréversibilité des transformations peut aussi être évaluée (encore que rien ne soit irréversible en la matière).

7.3.3 – Une tentative de comparaison temporelle

Jean TROCHAIN (1940) a effectué (dans les années 1930) cinq relevés entre le village de Sangako (à 60 km au sud-ouest de Kaolack, région du Saloum) et la frontière sénégal-gambienne. Pour autant que l'on puisse précisément localiser ces relevés, ils semblent recouvrir les dix premiers relevés du transect effectué par Julien ANDRIEU en 2005. Même si les bases pour établir une comparaison sont a priori un peu minces, le rapprochement des deux dates rend l'expérience trop tentante pour ne pas être essayée (ANDRIEU, 2008).

Après harmonisation des deux ensembles de relevés (recherche des synonymies botaniques, abandon de la flore herbacée relevée par TROCHAIN), il apparaît une liste de 57 espèces ligneuses dont 49 sont communes aux deux ensembles de relevés, ce qui signale au passage que l'idée d'effectuer cette comparaison n'est pas saugrenue. La plus grande partie de la flore ligneuse (31 espèces) se retrouvent aux mêmes endroits à soixante-dix ans d'intervalle, ce qui témoigne dans ce secteur-clé de la transition floristique d'une stabilité d'ensemble de la structure floristique. La capacité de la végétation ligneuse de cette marge nord du domaine soudanien à résister à une trentaine d'années

de péjoration parfois sévère de l'apport en eau serait ainsi, sous réserve d'une vérification plus complète, remarquable.

Reste ce qui a changé. On négligera les espèces peu fréquentes (*satellite species* au sens de COLLINS *et al.*, 1993) : l'objectif n'étant, ni dans une étude ni dans l'autre, de produire un inventaire floristique complet, elles ont pu échapper aux mailles d'un filet ou de l'autre, pour reprendre une comparaison déjà employée. L'anthropisation a pu jouer un rôle en favorisant l'introduction de nouvelles espèces. Parmi celles-ci, le Neem (ou Margousier : *Azadirachta indica*) manifeste un dynamisme un peu envahissant, notamment dans le secteur de Sangako et de la forêt de Fathala, d'où il était absent en 1940. Il est frappant de le voir, aujourd'hui, omniprésent dans les villages, les terroirs cultivés ou les espaces forestiers où il colonise les clairières et les sous-bois mis à nu par le feu (fig. 56). Ce petit arbre, originaire de la région indo-malaise, a aujourd'hui été introduit dans une grande partie du monde tropical ainsi qu'en région méditerranéenne. Dans sa région d'origine, il est considéré comme un remède universel, toutes ses parties ayant des vertus thérapeutiques ; certains textes sacrés hindous le signalent comme l'arbre qui guérit toutes les affections. Il faut y ajouter des propriétés insecticides (par ses feuilles et ses racines) et alimentaires. Le Neem est, à l'inverse, peu utilisé au Sénégal et sa prolifération d'autant plus spectaculaire.

Figure 56 : Forêt classée de Fathala (Bas-Saloum continental, Sénégal) – Prolifération d'*Azadirachta indica* A. Juss.) (reconnaisable à ses feuilles composées imparipennées) en sous-bois après incendie (Photo : Julien ANDRIEU, 2005).



D'autres espèces déjà présentes dans la région, notées plus au nord par TROCHAIN, ont pu gagner du terrain à la faveur de l'anthropisation du milieu. C'est sans doute le cas de la « Pomme de Sodome » (*Calotropis procera*) qui colonise volontiers les jachères et les lits temporaires sableux ou de *Guiera senegalensis*, petit arbuste pionnier de la famille des Combrétacées dont ARBONNIER (2002) signale qu'il est un indicateur du surpâturage, disséminé par le bétail sur les sols sableux lessivés et

épuisés dans les jachères sahéliennes et soudaniennes ou bien encore de *Flueggea virosa*, Euphorbiacée elle-aussi signalée comme caractéristique des sols perturbés et des jachères.

L'expansion vers le sud de quelques espèces semble plus liée à la longue succession d'années sèches entre 1965 et 1995 et pourrait être la principale conséquence de celles-ci sur la modification de la structure floristique étudiée. On pourrait citer *Lophira lanceolata*, arbre des savanes et des jachères, mais plus sûrement le Jujubier (*Ziziphus mauritiana*), espèce des savanes sahéliennes et soudaniennes sur sols sableux ou rocheux ou *Hannoa undulata*, arbre de la famille des Simarubacées à port dressé pouvant s'élever de 6 à 10 mètres, qui apprécie les sols légers et bien drainés. La liste, on le voit, n'est guère longue et ne manifeste en aucune façon une translation des flores vers le sud.

Seules deux espèces assez communes, relevées par TROCHAIN ne l'ont pas été par ANDRIEU (*Ximenia americana*, *Maytenus senegalensis*) ; on ne peut évidemment être sûr qu'elles ont disparu de la région. Aucune disparition notable d'espèce ne serait donc intervenue dans ce secteur. L'hypothèse est que la péjoration climatique a pu jouer en défaveur de la régénération de certaines espèces et a pu gêner leur croissance sans que l'on assiste à une mortalité massive des individus en place.

Difficile, une fois encore, de tirer des conclusions définitives de cette expérience réduite. Elle suffit pourtant pour établir au moins quatre hypothèses :

- Les structures floristiques ne réagissent qu'avec un temps de retard, difficilement déterminable car variable suivant les espèces, aux fluctuations ou aux changements du climat. Cela vaut tout particulièrement pour la flore ligneuse. *A priori*, un évènement météorologique exceptionnel susceptible de provoquer une mortalité importante chez des populations d'espèces d'écologie voisine aura plus de conséquences.
- Les conséquences des changements climatiques se ressentent plutôt sur la croissance, la reproduction ou la régénération des espèces. Dès lors, les transformations de la structure floristique se manifesteront d'abord par l'expansion de certaines espèces ; le recul pour raison climatique est beaucoup plus lent et plus rare, au moins chez les ligneux ;
- Les modifications qui interviennent concernent des espèces prises individuellement, non des communautés d'espèces ; il en résulte des assemblages nouveaux plutôt qu'une simple reconduction de l'existant ; l'hypothèse d'une translation simple des flores est peu probable ;
- L'homme, à travers son utilisation de la ressource végétale, à travers les espèces qu'il favorise ou non, qu'il introduit (volontairement ou involontairement), apparaît, dans les secteurs où son emprise s'accroît, comme un facteur de transformation de la géographie de la flore plus important aujourd'hui que ne l'est le climat.

Chapitre 8

Figures de la limite nord du domaine bioclimatique méditerranéen

Figure 57 : Midi méditerranéen français – Localisation des trois transects étudiés : 1- Haut-Languedoc ; 2- Cévennes – Mont Lozère ; 3- Baronnies – Haute Provence (Fond de carte : Météo-France – localisation des stations pluviométriques)



Pourquoi revenir sur le cas de la limite du domaine méditerranéen alors que ma thèse (ALEXANDRE, 1996), puis plusieurs publications (ALEXANDRE, GENIN, LECOMTE, 1998a, 2008) y ont déjà été largement consacré ? Le temps d’une nouvelle synthèse me semble venu, permettant de confronter les figures spatiales qui y ont été décrites avec ce qui a pu être observé dans l’étude de la transition sahélo-soudanienne. Cette confrontation permet d’affiner le vocabulaire utilisé, on va le voir ci-dessous avec les termes de transition climatique, de rupture ou de révolution floristique, de seuil biologique ... D’autre part, il m’a paru intéressant de centrer cette synthèse sur le Midi méditerranéen français où trois longs transects (fig. 57) ont été menés à bien, dans le Haut-Languedoc (ALEXANDRE, *op. cit.*), dans les Cévennes (GENIN, 1997) et en Haute-Provence. Des transects complémentaires (non figurés ici) sont venus étayer les résultats, dans la Montagne Noire, en Cévenne vivaraise ou en Haute-Provence (GODRON et ANDRIEU, 2008). Trois strates de variation climatique proches ont été explorées. Elles conduisent toutes les trois du domaine méditerranéen

vers le domaine tempéré océanique ou océanique dégradé. L'organisation spatiale se conserve-t-elle d'un site à l'autre ?

Ce chapitre, comme le précédent, doit être replacé dans le projet exposé au chapitre 2 : revisiter le modèle zonal par l'étude de la structure floristique de la végétation et sa mise en relation avec les données du climat. L'hypothèse est que, derrière les lignes tracées à petite échelle sur les cartes des grands biomes terrestres ou à échelle plus grande sur les cartes régionales de végétation telles celles publiées par l'UNESCO il y a deux ou trois décennies, se cachent des cas de figure diversifiés dont il importe de préciser la forme. Le cas du domaine soudanien littoral, décrit comme le domaine des savanes forestières, a montré une transition très ménagée entre la flore des milieux xériques de la bande sahélienne et la flore forestière guinéenne ; les deux flores s'interpénètrent pour n'en former qu'une ; leur rencontre sur la bande soudanienne est conforme à l'interprétation donnée par WHITE (1986) de l'existence d'un centre régional d'endémisme soudanien se différenciant vers le nord et vers le sud en fonction du bilan hydrique. Cependant, en Afrique de l'Ouest, la configuration climatique est elle-même marquée par une transition lente et régulière du régime et du total des précipitations, la complexité venant de l'irrégularité interannuelle du climat.

Il en va tout autrement sur le pourtour du domaine méditerranéen. En Afrique, tout allait dans le sens d'une modification progressive du bioclimat ; ici, tout concourt à un changement brusque. Pas de lente transition climatique, mais un changement génétique du climat : la dynamique de l'atmosphère change lorsque l'on s'éloigne des rives de la mer éponyme sur laquelle se noue une bonne part des situations aérologiques qui vont conférer son originalité au bioclimat méditerranéen. Le rythme saisonnier du climat s'en trouve affecté. Autre notable différence : alors que l'absence de relief marquant accentuait la simplicité du dispositif en Afrique occidentale en allongeant la transition, l'existence d'un arrière-pays montagneux se dressant rapidement au-delà de plaines étroites, interrompu seulement par quelques passages assez étroits (seuil de Naurouze et vallée du Rhône pour le Midi méditerranéen français), va accroître la vitesse de la variation spatiale au sein des champs climatiques. Il faut alors envisager les conséquences biologiques de cette variation : le bioclimat méditerranéen est fondé sur un certain rythme saisonnier, rythme qui ne se retrouve pas

Plusieurs générations de botanistes, de climatologues, de géographes se sont essayées à traduire la force de l'impression laissée par l'entrée dans le monde méditerranéen. L'image qui s'est imposée est celle du franchissement d'une frontière. Aux arguments bioclimatiques objectifs s'ajoute ici une composante subjective en raison de l'ancienneté et de la grandeur des civilisations qui sont passées par là, surlignant le trait d'ensemble. Je ne résiste pas à citer, une fois encore (ALEXANDRE, 2001), les phrases de Maximilien SORRE (1934) :

« La nature et l'humanité méditerranéennes forment une combinaison géographique originale parée de tous les prestiges de l'histoire. L'idée qu'on s'en fait ne se sépare pas d'une certaine image du paysage classique. L'enchantement dont est saisi le voyageur descendant du Nord vers les rivages de la Méditerranée est une de ces impressions sur lesquelles les hommes ne se blasent pas. La transparence de l'atmosphère, la sérénité de la mer couleur violette et moirée par la brise, la noblesse des montagnes nous pénètrent d'un sentiment de plénitude heureuse et bannissent de notre âme tout ce qui n'est pas harmonie et beauté. Qui s'éloigne de ces bords en garde un nostalgique souvenir. »

Malgré la force de l'impression, le monde méditerranéen en général, et le Midi méditerranéen français en particulier, offrent une remarquable collection de courbes tentant de cerner la limite du domaine. Chacun a, cependant, « sa frontière » dont aucune ne s'impose plus à l'évidence que l'autre. L'idée d'une limite unique, fortement marquée résiste-t-elle à l'analyse ?

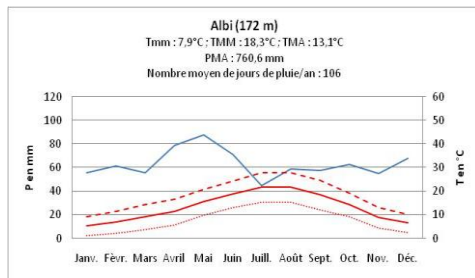
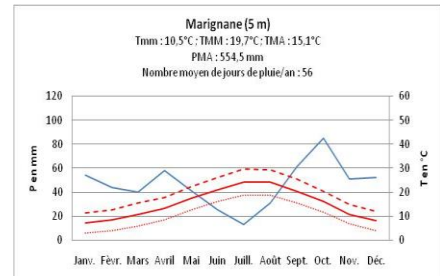
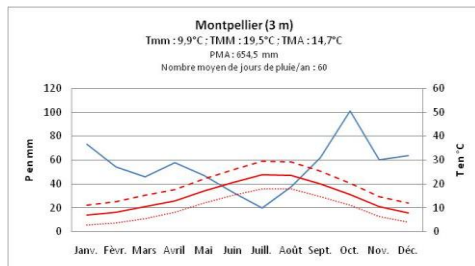
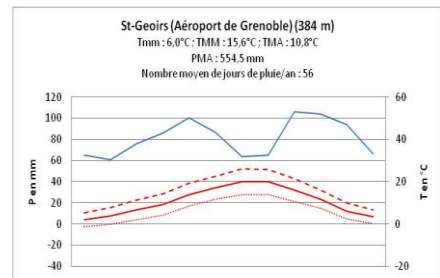


Figure 58 : Régimes pluvio-thermiques de quatre stations du Midi français



8.1 – Le bioclimat méditerranéen : comment le définir ? Comment le délimiter ?

8.1.1 – Distinction bioclimatique au sein des midis français

La matérialisation de la limite d'un domaine tient beaucoup à la distinction qui va s'opérer ou non dans les conditions de vie des plantes pour des raisons climatiques. Le bioclimat (ou, plus exactement, le phytoclimat méditerranéen) se différencie de ses voisins, par la durée et l'intensité de la saison sèche (fig. 58). La sécheresse est, ici, un facteur d'exclusion de certaines espèces végétales d'autant plus fort qu'elle est placée en saison chaude, au cœur de la période d'activité de beaucoup d'entre elles, à un moment où les déperditions hydriques sont maximales. Il en résulte un stress hydrique estival qui caractérise incontestablement (pour les êtres vivants) le climat méditerranéen (LAMOTTE et BLANDIN, 1989). Il faut aussi prendre en compte l'existence d'une saison froide qui différencie le bioclimat de ses voisins sur la marge méridionale du domaine, éliminant la plus grande partie des espèces tropicales. MITRAKOS (1980) propose ainsi de définir le bioclimat méditerranéen comme présentant deux stress séparés dans le temps, l'un hivernal (froid), l'autre estival (sécheresse) (*in* LAMOTTE et BLANDIN, *op. cit.*) (fig. 59). Ceci rejoint l'analyse d'EMBERGER (1930, chapitre 4) faisant du méditerranéen un climat biologique à détermination pluvio-thermique.

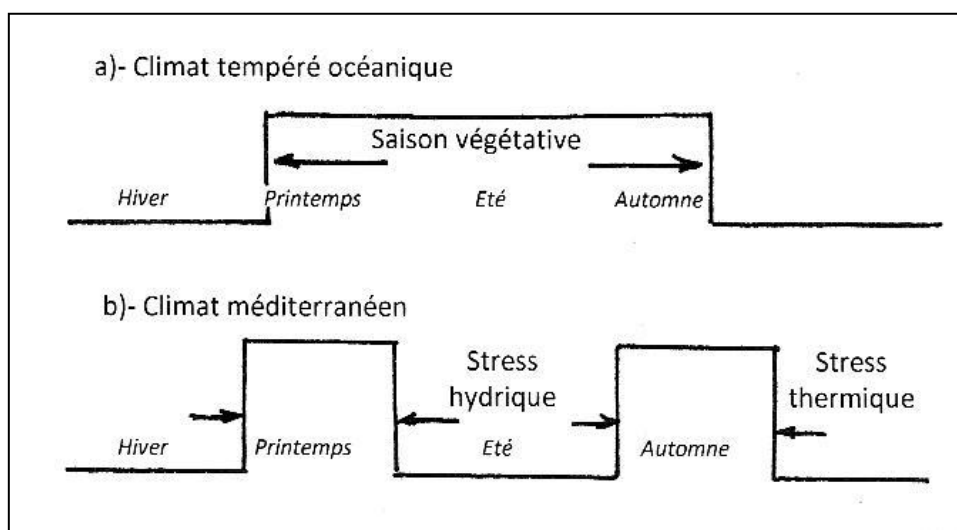
Dans le Midi français, le stress hivernal joue à la marge, surtout en conférant une certaine originalité à la végétation des parties les plus chaudes du domaine, à proximité du littoral notamment, à la faveur de la grande rareté du gel. Un cortège d'espèces thermiquement exigeantes peut y être individualisé (pourvu que l'urbanisation ne l'ait pas considérablement exagéré en multipliant l'introduction d'espèces exotiques). Il disparaît rapidement vers l'intérieur des terres. La différence bioclimatique essentielle entre le Midi méditerranéen et les régions voisines porte donc sur le stress hydrique estival comme le montrent les deux couples de diagrammes ombrothermiques (BAGNOULS et GAUSSEN, 1957) de la figure 58 : Montpellier et Albi d'un côté de la vallée du Rhône, Marnagnane et Saint-Geoirs à l'est.

Alors que les diagrammes de Montpellier et Marnagnane font apparaître plus de trois mois de sécheresse biologique au sens de BAGNOULS et GAUSSEN ($P < 2T$), les diagrammes d'Albi et de Saint-Geoirs n'en montrent aucun en dépit du net fléchissement des précipitations durant les mois d'été. Le contraste est accentué par les apports importants au printemps alors que le maximum est en automne dans les stations méditerranéennes. Il faut par ailleurs se rappeler que ces précipitations

automnales tombent le plus souvent sous la forme de violentes averses qui ruissellent, décapent les sols qui restent squelettiques sur les versants, avant que de servir les végétaux.

Le rythme biologique imposé par le climat apparaît donc bien fondamentalement différent entre le méditerranéen, d'une part, et l'atlantique ou l'océanique dégradé tel qu'on le retrouve à l'est du Rhône, d'autre part, ce que tente de restituer la représentation schématique de la figure 59. La différence bioclimatique s'incarne dans des cortèges floristiques largement différenciés. Les caractéristiques du cortège méditerranéen apparaissent aussi comme la conséquence de l'histoire des flores, ainsi que, dans une mesure que l'on cherchera à préciser dans la troisième partie, des feux et de l'érosion, phénomènes amplifiés par l'anthropisation, forte dans les contrées méditerranéennes.

Figure 59 : Bioclimat tempéré et bioclimat méditerranéen



8.1.2 – Flore et végétation méditerranéennes

(a)- Une convergence morphologique à ne pas exagérer

Les conséquences du climat méditerranéen et, particulièrement, de la saison chaude et sèche sont, d'évidence, considérables sur le monde vivant, comme sur la vie des sociétés humaines. Le tapis végétal est particulièrement concerné. Le régime hydrique méditerranéen est, en effet, en opposition de phase par rapport au rythme biologique de la plupart des plantes présentes. Ces plantes sont alors au cœur de leur période d'activité : c'est la saison durant laquelle leurs besoins en eau sont les plus forts et que les disponibilités sont les plus faibles. Le stress hydrique est donc partout présent quoique de manière plus ou moins longue et plus ou moins intense. Bien des espèces végétales des latitudes moyennes n'y résistent pas, à commencer par la plupart des grands arbres des forêts tempérées comme les chênes sessiles ou les chênes pédonculés. Le cortège méditerranéen¹²³ se différencie des cortèges voisins en étant composé essentiellement d'espèces peu exigeantes du point de vue hydrique. Cette faible exigence se traduit par des formes d'adaptation souvent bien visibles qui confèrent aux paysages végétaux méditerranéens une grande partie de leur originalité. Il ne faut cependant pas exagérer l'importance de ces convergences

¹²³ C'est-à-dire la fraction de la flore dont le centre de gravité se situe autour du Bassin méditerranéen. Ce cortège comprend des espèces qui sont limitées à tout ou partie du domaine climatique méditerranéen ; la plupart déborde cependant celui-ci, parfois largement, que ce soit du côté de la flore aride ou du côté de la flore tempérée.

morphologiques. Certes, elles sont souvent frappantes, surtout lorsque l'on prend en compte la fragmentation du domaine méditerranéen. Ainsi, CODY et MOONEY (*in* BROWN et LOMOLINO, 1997) montrent-ils les ressemblances dans les morphologies foliaires observées sur des espèces, appartenant parfois à des familles différentes, en Californie, au Chili, en Sardaigne et en Afrique du Sud (fig. 60). BROWN et LOMOLINO rappellent le processus qui a conduit à cette convergence :

« Les similitudes, non seulement dans les tailles et les formes des feuilles, mais aussi dans leurs caractéristiques physiologiques, [...] reflètent des adaptations similaires à des environnements similaires, réponses à la sélection naturelle s'effectuant au travers d'évolutions indépendantes. »

L'accent peut, à l'inverse, être mis sur les divergences : la composition de la flore, la morphologie des plantes et, par conséquent, la physionomie de la végétation peuvent ainsi notablement différer d'une région à l'autre alors même que les conditions actuelles du milieu y sont identiques ou proches. Le passé de ces régions peut, en effet, avoir été fort différent, et même en présence d'une évolution climatique synchrone, les effets ont pu être dissemblables en fonction des configurations spatiales en présence : la disposition méridienne des reliefs sur le continent américain a ainsi favorisé migrations et reconquêtes alors que, dans l'Ancien Monde, les barrières aux translations latitudinales des aires de répartition spécifiques étaient multiples.

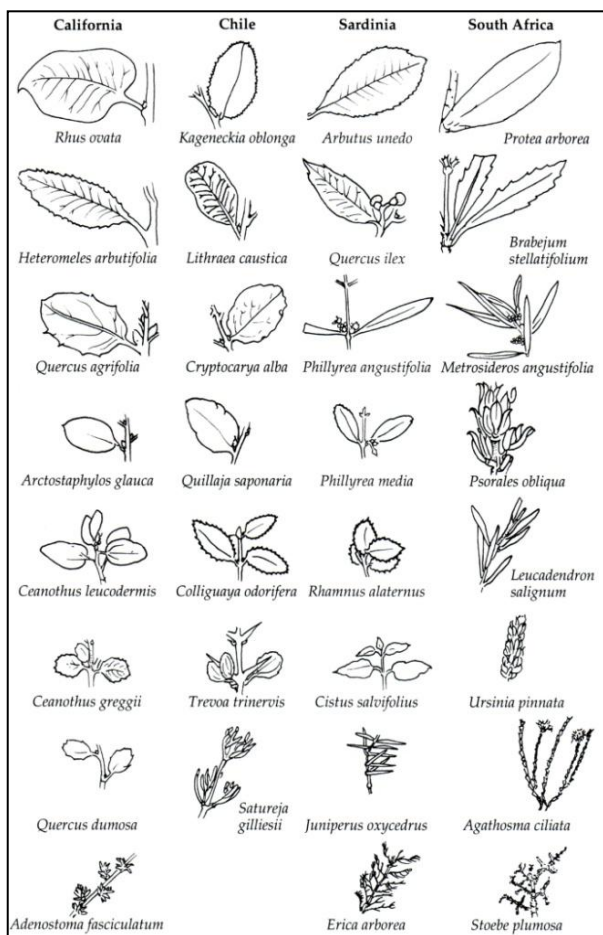


Figure 60 : Convergence dans les morphologies foliaires d'espèces végétales des formations buissonnantes des climats méditerranéens dans quatre régions nettement séparées (CODY et MOONEY, *in* BROWN et LOMOLINO, 1997).

(b)- La mise en place du cortège

L'histoire de la flore de l'Europe méridionale (GENIN, 1997, ALEXANDRE et GENIN, 2005) permet de mesurer la difficulté du raisonnement phytoclimatique qui ne peut se réduire à l'examen de l'actuel. Il y a 4 à 5 millions d'années, dans la dernière partie de l'ère tertiaire, la configuration actuelle des terres, des montagnes et des mers est à peu près en place. Le climat de l'Europe

méridionale est alors décrit comme assez chaud, plus que le présent, et relativement humide, ressemblant à celui qui règne aujourd'hui sur les rives sud de la mer Noire. La saison la moins arrosée est déjà l'été. La flore correspondante est riche et diversifiée, en arbres surtout, comprenant de nombreuses Lauracées comme le Camphrier (*Cinnamomum*), l'Avocatier (*Persea*) ou le Magnolia ainsi que des genres bien représentés aujourd'hui sur le continent américain où leurs représentants actuels manifestent une grande tolérance thermique : *Carya*, *Tsuga*, *Liquidambar* (VERNET, 1997). Par référence aux catégories actuelles, la flore pliocène de l'Europe méditerranéenne comprend à la fois des éléments tempérés, des espèces actuellement bien représentées en domaine méditerranéen (espèces des garrigues et des matorrals) et des espèces tropicales.

Ainsi des plantes aux exigences écologiques apparemment variées croissaient-elles en un même lieu ou à proximité les unes des autres. Cette surprenante complexité est-elle une anomalie du Pliocène pour notre Europe ? Henri ELHAÏ (1968) rappelle qu'une telle diversité se rencontre actuellement en Chine du Sud ou dans la partie sud de la forêt appalachienne. Plus proches de nous, les îles Canaries ont conservé, elles-aussi, une bonne partie des espèces pliocènes (cf. chapitre 2, p. 53). L'appauvrissement du cortège en Europe méditerranéenne paraît plutôt lié aux difficultés éprouvées par nombre d'espèces de trouver refuge lors des pulsations froides, du fait des multiples barrières, montagneuses ou maritimes.

Durant la fin du Pliocène et au cours du Quaternaire, les époques xériques et froides alternent avec des phases plus humides et tempérées. Pendant les épisodes froids, la forêt se « dissout » sur place ; les espèces des flores tropicale et méditerranéenne se cantonnent dans quelques îlots-refuges ou disparaissent. La glaciation passée, une forêt de chênes à feuillage caduc se constitue à partir de ces îlots (VERNET, 1997). La situation actuelle dérive donc « d'un régime tropical peu à peu mais inexorablement altéré par des refroidissements répétés » (SUC, 1985) et desséchants. Le cortège méditerranéen qui nous paraît si typique des conditions écologiques actuelles est la résultante de cette histoire ; on gardera aussi à l'esprit qu'il serait sans doute assez différent si la configuration topographique et orographique du Bassin méditerranéen avait été autre.

Les grands arbres ne sont pas exclus aujourd'hui de ce cortège – la présence au Maghreb et au Levant de belles cédraines, même si elles ont beaucoup reculé, en témoignent - mais il est frappant de constater combien le nombre d'espèces capables de donner des arbres de belle taille est faible au sein d'une flore dont chacun se plaît à rappeler la richesse, relativement à celle de l'Europe tempérée notamment¹²⁴. Ces arbres sont souvent des conifères, des pins notamment, comme le Pin pignon (*Pinus pinea*) aux formes de parasol, le Pin d'Alep (*Pinus halepensis*) dont la résine est utilisée pour parfumer le vin en Grèce, ou les multiples Pins noirs (*Pinus nigra*) – comme le Laricio de Corse -, largement utilisés pour la colonisation sylvicole des arrière-pays montagneux. En altitude, s'y mêlent des sapins, comme le Sapin de Grèce (*Abies cephalonica*) ou le Cèdre, roi souvent détrôné des forêts de l'Atlas (*Cedrus atlantica*), de Chypre ou du Liban (*Cedrus libani*). Les boisements ou les formations ligneuses basses peuvent aussi être dominées ou constituées par des feuillus mais les espèces à feuillage caduque sont rares et ne se rencontrent que dans la partie septentrionale du bassin, avec le Chêne blanc (*Quercus pubescens*¹²⁵) en particulier, la présence d'une légère pubescence sous les feuilles de celui-ci, leur petite taille, montrant déjà un dispositif limitant un peu les pertes en eau par transpiration. Les formes d'adaptation à la sécheresse chez les chênes à feuillage persistant, comme le Chêne vert (*Quercus ilex*), le Chêne kermès (*Quercus coccifera*) ou le Chêne liège (*Quercus suber*),

¹²⁴ Cette richesse relative est par exemple soulignée par Paul OZENDA (1995). Cette diversité, cependant, tient, pour une large part, au morcellement en îles et péninsules de l'aire biogéographique méditerranéenne, morcellement qui a favorisé l'endémisme (distribution géographique limitée et bien définie) et la vicariance (évolution divergente à partir d'un ancêtre commun dont la descendance s'est trouvée subdivisée en groupes dont les aires de répartition sont séparées) : la Corse et la Sardaigne ont ainsi de nombreuses espèces endémiques, les espèces corses et les espèces sardes étant souvent vicariantes.

¹²⁵ Auquel on peut rattacher quelques espèces proches dans leur physionomie et leur écologie : *Quercus faginea* en Espagne et au Portugal, *Quercus cerris* en Italie et dans les Balkans ou *Quercus frainetto* en Grèce.

sont évidemment plus aisément identifiables avec leurs feuilles coriaces, couvertes d'un cuticule ou d'un vernis et pourvues d'aiguillons.

La sclérophylie se retrouve chez nombre d'arbustes, de buissons ou d'arbrisseaux qui abondent dans la végétation méditerranéenne. L'air de famille est ainsi patent entre le Chêne-vert, les Filaires (*Phillyrea*), l'Alaterne (*Rhamnus alaternus*), etc. Les pertes en eau sont aussi limitées par la réduction de la taille des feuilles, voire leur quasi-disparition (*aphyllie*) comme chez certains genévriers : chez le Genévrier thurifère (*Juniperus thurifera*) ou le Genévrier de Phénicie (*Juniperus phoenicea*), elles se réduisent à des écailles imbriquées. Les buissons faiblement feuillés mais fortement épineux, comme le Calicotome (*Calicotome spinosa*) ou le bien nommé Genêt-scorpion (*Genista scorpius*), sont nombreux. Autre stratégie adaptative : la sécrétion d'essences donnant de puissantes odeurs, aromatiques chez le Thym (*Thymus vulgaris*), le Romarin (*Rosmarinus officinalis*) ou les lavandes ; certaines sont moins agréables comme celle - difficile à traduire en mots - de la Rue d'Alep (*Ruta chalepensis*) que les Romains utilisaient pourtant, dit-on, dans leur cuisine. Les plantes succulentes sont présentes également, avec les grandes euphorbes ligneuses par exemple. Vers le sud, aux marges du monde aride, apparaissent quelques espèces que l'on retrouve dans ces régions où la sécheresse prend un caractère permanent ou, du moins, des espèces mimétiques de celles-ci : des espèces en coussinets hémisphériques – forme où les pertes en eau sont très limitées – se multiplient alors.

Le cortège méditerranéen comprend aussi nombre d'espèces annuelles dont le cycle végétatif est suffisamment court pour qu'il puisse être accompli durant les saisons intermédiaires, ainsi qu'un certain nombre d'herbacées vivaces. Ces herbacées sont responsables de l'aspect extrêmement changeant des formations végétales méditerranéennes qui offrent, sous un couvert arboré souvent clair, un tapis de fleurs au printemps (et, parfois, à l'automne) alors que, à la fin de l'été, le paysage végétal, où dominent les touffes desséchées de graminées comme le Brachypode rameux (*Brachypodium retusum*), évoque plutôt, suivant l'expression consacrée, un paillason passablement usé.

Le cortège méditerranéen inclut enfin des espèces thermophiles, mais, comme je l'ai dit, elles ne se rencontrent que là où les hivers, peu rigoureux, ne connaissent guère le gel, en pratique près des littoraux. Leur disparition avec l'altitude - où l'une après l'autre, ces espèces rencontrent un seuil thermique qu'elles ne peuvent franchir - est un indicateur intéressant de la diversité des climats méditerranéens.

(c)- Le rôle de l'anthropisation

Ce rôle est patent pour les paysages mais, comme en Afrique de l'Ouest, il n'est pas indifférent pour bien interpréter l'information floristique. Deux temps sont à considérer dans l'histoire complexe des relations entre les sociétés humaines du Bassin méditerranéen et de leur environnement¹²⁶.

Le premier temps est celui de l'installation des sociétés d'agriculteurs et de pasteurs à partir de la révolution néolithique. En Méditerranée, une part importante des transformations est acquise dès l'Antiquité : le façonnement de l'environnement biophysique par des communautés villageoises autour du classique tryptique *ager – saltus – sylva* est presque partout bien avancé, se complétant ensuite progressivement, dans les montagnes qui ont joué le rôle de refuge durant les périodes troublées, ou dans les plaines, à la faveur de travaux d'assainissement. Les différences par rapport au

¹²⁶ Le constant perfectionnement des techniques d'investigation a permis que de gros progrès soient faits dans la connaissance sur ces domaines dans les dernières décennies. Les travaux en français sont trop nombreux pour être ici cités ; quelques auteurs essentiels : H. ELHAÏ, J.-L. VERNET, J.-P. SUC, A. PONS, M. REILLE, J.-L. DE BEAULIEU, J. VAUDOUR, J. GUILAINE ... On trouvera une synthèse de leurs apports sur l'histoire écologique du Midi méditerranéen français dans GENIN (1997).

modèle initial résultent surtout de l'extension dans telle ou telle partie de l'aire méditerranéenne des *latifundia*.

Les conséquences sur le paysage végétal ont été considérables et nulle part sans doute, autour de la Méditerranée, on ne trouve aujourd'hui de végétation qui n'ait été transformée profondément. Ceci étant, la même remarque pourrait être faite pour bien des régions du globe, pour l'Europe tempérée en particulier. Quelles ont été exactement ces transformations ?

Une première conséquence de l'installation des hommes a été un bouleversement dans la hiérarchie des espèces dominantes du tapis végétal. Ainsi, en France méditerranéenne, la chênaie caducifoliée dont les études paléo-environnementales nous révèlent l'extension, a-t-elle largement reculé au profit de la chênaie sclérophylle, le Chêne-vert, plus recherché notamment pour le bois de chauffage et la production de charbon de bois, ayant été substitué au Chêne pubescent. Autre exemple : certains arbres pourvoyeurs de nourriture ont pu connaître une destinée remarquable ; le Châtaignier (*Castanea sativa*) a ainsi conquis une place importante en Cévennes, en Corse, en Sardaigne, dans l'Apennin ligure ou dans les montagnes de Campanie et de Calabre (PITTE, 1986).



Figure 61 : *Cistus albidus* (à gauche) et *Cistus monspeliensis* (à droite) : deux des cistes les plus fréquents. La cistaie marque un stade d'appauvrissement, souvent après incendie. (Photographies : Frédéric ALEXANDRE, 2008)

La transformation majeure a, cependant été le recul de la forêt face au matorral et aux formations steppiques. Deux processus sont mis en cause. Le premier est la récurrence, parfois voulue, parfois accidentelle, parfois criminelle des incendies. Le feu engendre la domination de quelques espèces, dites pyrophytes, certaines parce qu'elles résistent bien, comme le Chêne vert ou, plus encore, le Chêne kermès dont les souches émettent des rejets après chaque incendie, d'autres parce que leur dissémination est favorisée par le feu comme le Pin d'Alep ou les Cistes. La dominance des pyrophytes peut, de fait, freiner la dynamique de reconquête après incendie : ainsi le Genêt purgatif (*Cytisus oromediterraneus*), dont les gousses éclatent lors des feux, projette-t-il ses graines partout à l'entour sur un sol nettoyé des autres espèces ; la lande très fermée qui en résulte admet difficilement ensuite le retour des exclus. Un autre « défaut » fréquent chez les pyrophytes est d'être souvent très inflammables, appelant ainsi de nouveaux incendies : les pins sont ainsi souvent mis au banc d'accusation ; citons aussi les cistes (fig. 61), le Ciste de Montpellier (*Cistus monspeliensis*) par exemple dont les feuilles poisseuses contiennent une essence remarquablement inflammable. L'autre processus mis en cause est le pâturage, notamment celui des ovins et, plus encore, celui des caprins. Au passage répété des chèvres et des moutons, ne résistent que les espèces qui rejettent facilement de souche – on retrouve les chênes sclérophylles – et les espèces peu prisées par les animaux comme le Buis qui trouve refuge dans les endroits très pierreux lorsque le pâturage est intense et se répand en tâches qui s'élargissent, devenant coalescentes, dès que la pression pastorale se réduit. Les transformations sont donc effectivement profondes et la structure de la

végétation en a été profondément affectée : les formations actuelles sont plus basses (structure verticale) et plus ouvertes (structure horizontale) que ne l'était la végétation originelle, leur composition floristique peut-être appauvrie.

Une ère nouvelle s'ouvre dans cette histoire écologique avec l'intégration progressive des territoires méditerranéens dans l'économie globale. L'antique civilisation agro-pastorale n'a pas totalement disparu ; la pression démographique peut même, du Maghreb au Machreq, entraîner une emprise spatiale plus forte des agrosystèmes. L'essentiel tient cependant à deux mouvements fortement différenciés dans l'espace géographique.

Le premier phénomène est une concentration des enjeux et des problèmes d'environnement sur une partie de l'aire méditerranéenne, les régions littorales et sublittorales essentiellement (avec une profondeur au demeurant variable). C'est là que la croissance de la population, alimentée par les phénomènes migratoires, est la plus forte, là que les villes sont en forte expansion, là aussi que sont localisés les grands complexes industriels ou portuaires, là enfin que l'activité touristique grossit brutalement les effectifs au cours de ce qui est ironiquement devenu la « belle saison ». Les effets induits sont considérables et les problèmes rencontrés dans ces régions justifient à eux seuls l'inquiétude des experts sur l'avenir de l'environnement en Méditerranée : multiplication des incendies, pression foncière mal contrôlée, pollution des eaux ou de l'air, conflit autour des ressources hydriques, etc. Ces effets amènent les pouvoirs publics à prendre des mesures comme la mise en réserve naturelle d'un certain nombre de territoires mais ces mesures sont fort inégales suivant les états et la coopération internationale reste timide. Certains milieux sont pourtant aujourd'hui gravement touchés.

Le second phénomène est, au rebours, surtout dans la partie européenne du Bassin, la forte déprise agro-pastorale dans bien des régions de collines ou de montagnes. Autour des villages peu à peu vidés de leur population, le paysage se boise, la reprise de la végétation est partout, envahissant les terrasses abandonnées et les parcours délaissés par le bétail. Cette dynamique progressive permet de voir se dessiner quelques réponses aux interrogations sur la réversibilité ou l'irréversibilité des dégradations portées par les sociétés humaines. Disons que, dans les séquences qui s'ébauchent, la réversibilité est, pour l'instant, plus forte et plus rapide que ce que les botanistes ou les écologues estimaient il y a seulement une vingtaine d'années. Un tel résultat mérite évidemment d'être confirmé mais on voit bien aujourd'hui, pour s'en tenir à des exemples français, le Chêne pubescent reprendre sa place face au le Chêne-vert dans les maquis du Languedoc et la même espèce, relayée dès que les conditions hydriques sont moins défavorables, par le Hêtre, se substituer aux pins dans les *blaches*, pauvres bois de Haute-Provence sur le devenir desquels on s'interrogeait (DOUGUEDROIT, 1976).

Il n'en va pas nécessairement autrement sur la bordure sud du monde méditerranéen au contact avec le domaine aride, pourvu que la réhabilitation des espaces dégradés puisse être menée à bien. Ainsi, dans la haute vallée de l'oued Nfis, dans le Haut-Atlas marocain, Mohammed ALIFRIQUI (1995) signale-t-il la rapidité avec laquelle certains versants presque nus sont recolonisés par une essence, le Cyprès de l'Atlas (*Cupressus atlantica*) dont le potentiel génétique lui permet de résister et prospérer sous ce climat de montagne très sèche. Ceci étant, de telles espèces sont en nombre évidemment réduit et les peuplements à partir desquels la reconquête pourrait s'effectuer sont parfois très menacés. Les pertes annuelles de la superficie forestière du massif du Haut-Atlas, en pourcentage de la couverture boisée totale, y est l'une des plus importantes au monde, et, d'après certains experts, la chaîne pourrait avoir perdu la totalité de ses forêts d'ici 2020.

8.1.3 – Sur quel(s) critère(s) fixer la limite du domaine bioclimatique méditerranéen ?

La plupart des définitions de l'aire méditerranéenne s'attachent à en fixer la limite sur des critères botaniques ou à partir d'une approche plus ou moins synthétique des paramètres climatiques (construction d'indices ou de diagrammes). Les plus anciennes délimitations sont phytogéographiques : l'extension des garrigues et des maquis, l'aire du Chêne-vert (DRUDE, 1897) ou celle de l'association du Chêne-vert (BRAUN-BLANQUET, 1936, 1952) ont ainsi été tour à tour choisies. La limite botanique la plus fréquemment invoquée (DURAND et FLAHAULT, 1886, FLAHAULT, 1897, GAUSSEN, 1938, *Encycl. Univ.*, ESTIENNE, 1991, OZENDA, 1995) est cependant la limite de la culture de l'Olivier. La pertinence de l'emploi d'une plante cultivée comme indicateur bioclimatique apparaît pourtant bien discutable (ALEXANDRE, ANGLES, COHEN, 2006), en dépit de la justification donnée par Henri GAUSSEN (*Encycl. Univ.*) qui le présente comme tel puisque « plante indifférente à la nature du sol et développée partout où le climat est favorable » ... Particulièrement aujourd'hui d'ailleurs, l'oléiculture ayant profité d'un marché favorable pour étendre largement son aire. Cette culture répond, d'autre part, de plus en plus à des vocations identitaires chez certains oléiculteurs qui souhaitent développer une culture et une tradition méditerranéennes qu'ils s'approprient : ainsi de petites oliveraies ont-elles été plantées dans l'arrière-pays montagneux de Digne dans des situations climatiques très risquées près des villages du Brusquet dans la vallée de la Bléone ou, plus haut encore, sur la commune de Draix. La culture de l'Olivier tend même à prendre un caractère symbolique et esthétique de plus en plus apprécié qui repousse ses limites bien au-delà de l'aire méditerranéenne, notamment par son utilisation comme mobilier urbain. Elle devient ainsi un marqueur culturel de la méditerranéité, marqueur que l'on n'hésite pas à importer. Sa délimitation géographique est ainsi le résultat de faits humains et non une ligne de détermination bioclimatique (ALEXANDRE, ANGLES, COHEN, *op. cit.*). Les limites phytogéographiques ainsi posées sont trop mal dissociées de l'action humaine plurimillénaire pour être retenues comme telles (MARTIN, 1987, VERNET, 1991, 1993, VAUDOUR, 1993).

L'approche cartographique proposée dans les cartes de la végétation, aux échelles petites (Carte de l'Unesco/FAO au 1 : 5 000 000^e, 1970) ou moyennes (Carte de la Végétation de la France au 1 : 200 000^e) semble plus précise et plus nuancée. Par le jeu tranché des couleurs, elle restitue la succession des formations végétales, succession qui jalonne la transition climatique. La rapidité de la succession traduit la force de cette transition, comme sur les feuilles de Carcassonne (GAUSSEN *et al.*, 1963), d'Avignon (DUPIAS *et al.*, 1973) ou de Digne (OZENDA *et al.*, 1971). Cependant, les limites entre formations paraissent bien arbitraires, surtout lorsque sur le terrain apparaissent des formations non forestières, ce qui est un cas très général dans les régions étudiées. En définitive, dans la notice qui accompagne les cartes, les auteurs en reviennent aux indications classiques.

EMBERGER, on l'a vu (chapitre 4), était sévère avec les délimitations purement botaniques : « les limites déterminées floristiquement n'indiquent que l'aire d'extension des espèces ou des groupements employés comme réactifs » (1943). A l'intérieur de l'aire méditerranéenne, il cherchait une définition bioclimatique de l'étage, affranchie de l'altitude, fondée sur la combinaison du degré d'humidité, du climat et de la rigueur hivernale. Dans cette logique, GODRON (1989) reconnaît, pour le Languedoc, l'étage subhumide, avec sa variante tempérée, qui s'étend sur la plaine littorale ; l'étage humide avec deux variantes, tempérée dans la plaine et sur les bas plateaux, fraîche dans les Basses-Cévennes et le Lodévois ; l'étage perhumide avec trois variantes, fraîche, à La Grand-Combe, par exemple, froide, ou très froide au Mont-Aigoual.

Les indices rendant mal compte des variations climatiques saisonnières, d'autres auteurs proposèrent des diagrammes mensuels. Le diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN (1957) est ainsi devenu d'utilisation courante. Ils proposent une classification des stations, à la fois biologique et hydrologique, en fonction des régimes pluviométrique et thermique (fig. 58). Les tentatives qui ont suivi ont cherché à mieux cerner le bilan hydrique, en approchant la mesure de

l'ETP de façon moins schématique que celle de BAGNOULS et GAUSSEN. L'amélioration obtenue en quelques stations s'effectue cependant au détriment de la généralisation spatiale de ces mesures. D'autant que le calcul de l'ETP peut donner, selon les formules employées des écarts surprenants (du simple au double dans les chiffres cités pour Marignane par Michel PETIT, 1990).

Ni le système d'EMBERGER - fondé sur une illusion : la possibilité de tracer les limites d'entités climatiques superposables à des unités botaniques -, ni les autres procédés ne posent cependant la question fondamentale : jusqu'à quel point est-il légitime de discrétiser des phénomènes à variation continue ? D'autre part, ces formules, trop empiriques, ne peuvent être assimilées à une mesure de la sécheresse au sens biologique du terme. Les facteurs agissant sur la végétation sont nombreux, variables, à la mesure de la complexité fonctionnelle des plantes. Quand bien même l'existence et la répartition des espèces en un lieu dépendraient d'un ou deux facteurs limitatifs et de quelques autres seconds, ces outils se révéleraient imparfaits. Fondés sur des moyennes - pas toujours les mêmes selon la période de référence - ils ignorent la variabilité des valeurs réelles. Ils sont donc bien insuffisants pour rendre objectives des limites phytoclimatiques. Des stations définies comme méditerranéennes une année ne le sont plus l'année suivante en fonction des quantités de pluie tombées ou du décalage saisonnier des températures. THIEBAUT (1971, 1979 et 1982) pense ainsi qu'une étude climatique fondée uniquement sur l'analyse des données moyennes est insuffisante dans ces régions de climat de transition. Seul « un examen approfondi des données météorologiques brutes » permet la description précise des variations spatio-temporelles du climat. La variabilité spatiale est également ignorée, puisque les mesures qui servent aux calculs des indices sont ponctuelles et leur extrapolation spatiale toujours hasardeuse.

Il importe donc de s'appuyer d'abord sur les données pluviométriques et thermiques quotidiennes, pour tenter de mieux restituer le climat tel qu'il est vécu par les plantes. La dynamique atmosphérique, suivie jour après jour, permet d'interpréter les données stationnelles et, dans une certaine mesure, de les extrapoler pour une restitution convenable des champs climatiques. C'est ce qui a été effectué sur le Midi méditerranéen français (ALEXANDRE, 1996, GENIN, 1997, ALEXANDRE et LECOMPTE, 2000) et c'est en fonction de cette reconstitution des champs climatiques que des transects ont été orientés et tracés (fig. 57). Quelle structure spatiale de la végétation révèlent-ils ?

8.2 - Haut-Languedoc, Cévennes, Baronnies : trois passages du méditerranéen au tempéré

Au long des trois transects botaniques étudiés, la structure floristique de la végétation présente d'importantes similarités mais le renouvellement des espèces d'un transect à l'autre s'effectue suivant un rythme variable avec, notamment, la présence de secteurs de rapides variations floristiques localisés sur les principaux obstacles orographiques. De part et d'autre de ces bandes limitrophes de taille variable mais n'excédant pas quelques kilomètres, la végétation diffère dans sa composition de façon suffisamment considérable pour que nous ayons eu l'idée d'imager ce contraste sous le nom de *révolution floristique*. Une telle rupture - pour le coup, il s'agit bien d'une discontinuité forte - est, au final, suffisamment rare dans la flore continentale pour être clairement distinguée des limites de convenance dont il a été amplement question dans la première partie ou du treillage fin qui est du ressort de la micro-hétérogénéité d'échelle locale. L'existence de cette rupture majeure fondée sur une différence bioclimatique nette confère, à elle seule, son originalité à cette transition du méditerranéen vers les domaines voisins, fort différente de celle qui a été observée entre les domaines sahélien, soudanien et guinéen.

De part et d'autre de ces secteurs de substitution rapide des flores, les cortèges s'individualisent à la fois par leur composition et le mode de distribution spatiale de leurs espèces. Il importe d'y regarder de plus près, d'autant que les transects explorés proposent des cas relativement variés qui individualisent différentes formes de facettes de végétation. La question est

aussi de confronter la structure spatiale mise en lumière avec des champs et des limites climatiques qui parfois concordent et parfois divergent.

Ainsi, à l'ouest du Rhône, le sud du Massif Central est-il soumis à parts à peu près égales – chacun des types occupant environ un tiers des occurrences – aux circulations d'ouest et nord-ouest, aux circulations de sud-ouest et sud (ce qui inclut les cyclogenèses naissant sur la Méditerranée occidentale) et aux circulations d'est. Les deux premiers types sont à l'origine de la plupart des journées pluvieuses. Certains couplages situation au sol / configuration en altitude sont particulièrement favorables aux fortes précipitations : cyclogenèse méditerranéenne / goutte froide, situation dépressionnaire méridienne de sud / versant oriental de vallée. Une géographie pluviométrique se construit alors opposant les régions les plus occidentales du terrain dans lesquelles l'atlantinité s'atténue graduellement d'ouest en est et les secteurs méridionaux et orientaux où les champs de précipitations sont plutôt organisés en petits ensembles régionaux.

Cependant, deux éléments peuvent profondément changer la signification biologique des régimes des précipitations. Il faut d'abord considérer les hauteurs d'eau tombées. Un même régime peut reposer sur des quantités proportionnelles entre elles, mais très différentes en volume. Le problème se pose tout particulièrement pour les reliefs placés en régime méditerranéen : l'instabilité verticale de l'air qui provient de la Méditerranée déclenche souvent des précipitations sensiblement plus fortes dès qu'un relief est atteint. Le second élément tient aux données thermiques : soulignons ici l'importance du gradient altitudinal des températures entre le Bas-Languedoc et les hauts pays, entre basse et haute Provence. L'Espinouse, la partie centrale de la Montagne Noire, le Mont-Aigoual, le Mont-Lozère, les Baronnies, les Préalpes du Sud, méditerranéens dans leur régime pluviométrique, sont tout particulièrement susceptibles d'être influencés par ces deux facteurs. L'importance de l'altération par l'altitude du climat (vers, par exemple, un climat méditerranéen humide) est un des problèmes qui restent à préciser. Ces éléments se combinent et expliquent certaines divergences entre géographie du climat et géographie de la végétation.

8.2.1- Haut-Languedoc : le décalage entre révolution floristique et lieu de basculement du régime pluviothermique

(a)- Une révolution floristique en pays d'Orb

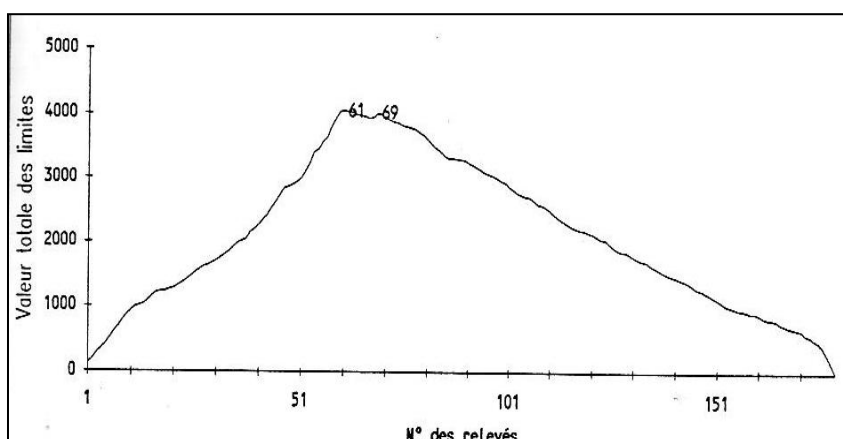


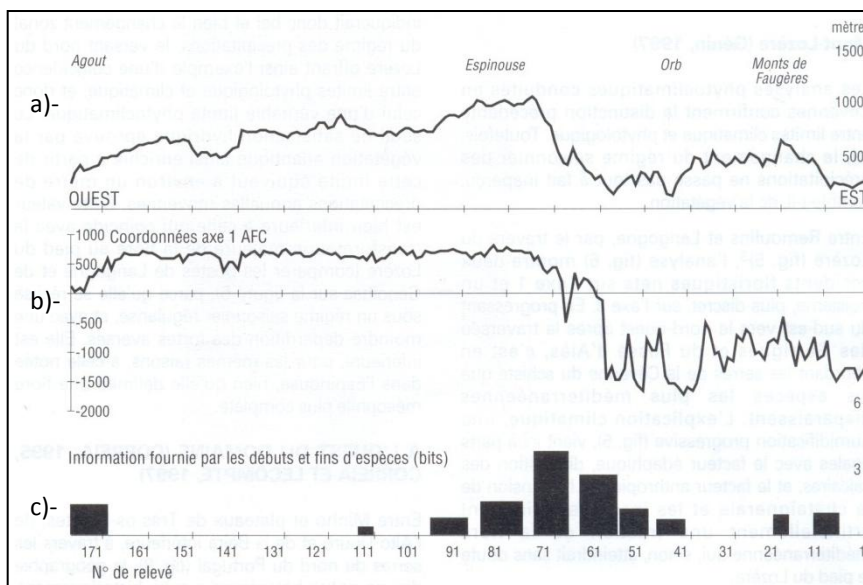
Figure 62 : Transect Haut-Languedoc - Valeur des limites optimales relatives à l'ensemble des espèces (valeurs non corrigées) (Source : ALEXANDRE, 1996).

A l'inverse de ce qui avait été noté pour le transect soudanien littoral où la courbe en cloche (fig. 52) manifestait qu'aucun relevé ne s'imposait plus

qu'un autre pour matérialiser une limite entre deux parties de la ligne, la courbe des valeurs des limites optimales présente ici un pic remarquable (fig. 62). Cette pointe marquée de la courbe révèle qu'il y a bien une limite optimale forte (fixée au relevé 61). La révolution floristique est également bien traduite par la courbe du premier facteur principal de l'analyse factorielle des correspondances et soulignée par une forte quantité d'informations (fig. 63).

Figure 63 : Haut-Languedoc –
a)- Profil topographique du transect ;
b)- Variations du premier facteur principal de l'AFC de la flore vivace ;
c)- Information correspondant au renouvellement des espèces (en bits = sha).
(Source : Alexandre, Génin, Lecompte, 1998).

Sur chaque kilomètre du transect sont logés 3 relevés.



Pour ce transect qui traverse la terminaison méridionale du Massif central, la révolution floristique se cale au pied de l'obstacle principal (en venant de la Méditerranée), dans la partie basse du versant qui mène depuis le bourg d'Olargues, situé dans le sillon suivi par le Thor, le Jaur et l'Orb, vers la Montagne de l'Espinouse. Là, en quelques centaines de mètres, le cortège méditerranéen s'efface au profit du cortège atlantique. Il vaut mieux d'ailleurs dire les choses en sens inverse (les espèces atlantiques trouvent ici leur fin ; par-delà, le bioclimat avec les caractéristiques qui ont été données à la figure 59 ne leur convient plus) car s'il n'y avait pas la concurrence de ces espèces atlantiques, et notamment des grands arbres, Hêtre ou Chêne sessile, qui éliminent les buissons héliophiles de leurs sous-bois), les espèces méditerranéennes monteraient plus haut sur le versant. En témoigne le deuxième pic de la courbe de la figure 62 (relevé 69) : il est lié localement à une perturbation de la végétation. Incendiée quelques années auparavant, cette partie du versant voit le « retour » d'espèces méditerranéennes en grand nombre.

Les deux ensembles floristiques (cités p. 143) sont rappelés dans le tableau 13. Le cortège « méditerranéen » comprend ici quelques espèces méditerranéennes au sens strict mais la plupart des taxons sont subméditerranéens : sur le territoire français, ils remontent le couloir séquano-rhodanien parfois jusqu'en Bourgogne comme l'Erable de Montpellier (*Acer monspessulanum*), pénètrent dans le Massif Central ou les Alpes du Sud, voire atteignent le littoral atlantique où, à la faveur de la clémence des hivers, ils sont présents à des latitudes plus septentrionales (*Quercus ilex* ou *Arbutus unedo*) dans des contextes stationnels toutefois particuliers.

Tableau 13 : Haut-Languedoc – Information mutuelle entre espèces : groupes d'espèces significativement co-occurentes.

Groupe 1 : espèces méditerranéennes	Groupe 2 : espèces atlantiques
<i>Erica arborea</i> , <i>Quercus ilex</i> , <i>Rubia peregrina</i> , <i>Cistus albidus</i> , <i>Arbutus unedo</i> , <i>Asparagus acutifolius</i> , <i>Bupleurum fruticosum</i> , <i>Euphorbia characias</i> , <i>Juniperus oxycedrus</i> , <i>Phillyrea media</i> , <i>Clematis flammula</i> , <i>Smilax aspera</i> , <i>Dorycnium pentaphyllum</i> , <i>Cistus monspeliensis</i> , <i>Brachypodium retusum</i> , <i>Pistacia terebinthus</i> , <i>Buxus sempervirens</i> , <i>Pistacia lentiscus</i> , <i>Spartium junceum</i> , <i>Lonicera implexa</i> , <i>Coronilla emerus</i> , <i>Thymus vulgaris</i> , <i>Lonicera etrusca</i> , <i>Phillyrea angustifolia</i> , <i>Acer monspessulanum</i> , <i>Ruscus aculeatus</i> , <i>Rhamnus alaternus</i> , <i>Sorbus domestica</i> , <i>Teucrium chamaedrys</i> , <i>Daphne gnidium</i> .	<i>Fagus sylvatica</i> , <i>Quercus petraea</i> , <i>Sorbus aucuparia</i> , <i>Lonicera periclymenum</i> , <i>Pteridium aquilinum</i> , <i>Agrostis tenuis</i> , <i>Sorbus aria</i> , <i>Ilex aquifolium</i> , <i>Brachypodium sylvaticum</i> , <i>Frangula alnus</i> , <i>Stellaria holostea</i> , <i>Deschampsia flexuosa</i> , <i>Fraxinus excelsior</i> , <i>Corylus avellana</i> , <i>Crataegus monogyna</i> , <i>Teucrium scorodonia</i> , <i>Centaurea pratensis</i> , <i>Mycelis muralis</i> , <i>Viola sylvestris</i> , <i>Hedera helix</i> .
	Nota : les espèces sont présentées en fonction de l'information mutuelle décroissante qu'elles s'apportent.

Le second cortège est essentiellement composé d'espèces répandues dans toute l'Europe occidentale, rarement absentes du Midi méditerranéen (*Quercus petraea*), du moins en France, mais leur fréquence d'apparition y diminue significativement, à la mesure de la diminution du nombre de biotopes où elles peuvent survivre.

L'histogramme des quantités d'information liées aux débuts et aux fins d'espèces sur la ligne-échantillon (fig. 63) montre cependant que la révolution est plus étalée dans l'espace que la première analyse le laissait supposer. Ceci tient pour partie à ce que la substitution entre les deux cortèges se produit avec un certain dédoublement, en accord avec les changements physiologiques. Sur les premiers contreforts de l'Espinouse, la châtaigneraie, génératrice en sous-bois de sa propre ambiance climatique, hâte la disparition des espèces méditerranéennes supplantées par des espèces plus mésophiles. A l'inverse, à découvert (on a vu le cas avec le relevé 69, ci-dessus), dans des secteurs incendiés ou sur pente rocailleuse, les « méditerranéennes » ressurgissent, mais ce cortège très appauvri s'éteint ensuite rapidement vers l'ouest.

A l'est de la révolution floristique, l'hétérogénéité des relevés est assez forte : la composition du maquis est différente dans les collines du Bas-Languedoc et dans le pays d'Orb. Second fait notable, l'apparition opiniâtre dès les premiers reliefs des Avant-Monts de quelques espèces - pas forcément toujours les mêmes mais toujours au nombre de 4, 5 ou 6 - qui deviendront ensuite constantes dans le cortège des espèces occidentales. En décelant de telles subtilités, le relevé continu de la végétation montre son caractère irremplaçable en phytogéographie. En-dehors d'un tel cadre, on n'aurait guère prêté attention à l'intrusion discrète - sans conséquence physiologique - de quelques espèces « banales », qu'il s'agisse du Genêt à balais (*Cytisus scoparius*), du Lierre (*Hedera helix*), de la Canche flexueuse (*Deschampsia flexuosa*), etc. Les unes et les autres pourraient se retrouver plus avant dans le domaine méditerranéen. Ce qui est significatif ici, c'est leur présence dans *tous* les relevés sous la forme d'un petit contingent (revoir fig. 37, p. 144).

Dans l'autre compartiment, les informations phytogéographiques ne sont pas moins intéressantes. Vers le sommet du grand versant de l'Espinouse, et sur son revers, dans la haute vallée de l'Agoût, le cortège atlantique se complète progressivement. Ce complément apporté, l'homogénéité de la composition floristique apparaît remarquable, d'autant qu'elle transgresse les différences physiologiques, importantes dans ce secteur où les plantations de conifères ont souvent été substituées aux chênaies et aux hêtraies.

Seules quelques modifications, liées à la réapparition d'espèces déjà notées dans la partie méditerranéenne du transect, interviennent, très discrètement dans le bassin de Brassac, avec plus de constance à l'extrême-ouest du transect à proximité de Castres (où ces modifications coïncident avec la réapparition de la chênaie à Chêne pubescent). Cela correspond à la réapparition de quelques espèces déjà notées dans les relevés orientaux : au côté du Chêne pubescent (*Quercus pubescens*), la Filaire (*Phillyrea media*) ou le Ciste à feuilles de Sauge (*Cistus salvifolius*) ... Le phénomène peut être interprété comme le décalque inversé de ce qui se produit sur l'Espinouse. Là-bas, sous régime des pluies conservant son caractère méditerranéen, la fréquence des longues sécheresses estivales baisse, la flore mésophile atlantique y rencontre alors son seuil de satisfaction hydrique. Ici, bien que le régime des pluies soit beaucoup plus régulier, les précipitations sont moins abondantes en total annuel. Localement, lorsque les conditions édaphiques péjorent le bilan hydrique climatique - ce qui intervient sur les versants rocailloux en forte pente -, la flore mésophile ne s'en satisfait pas et les espèces subméditerranéennes réapparaissent.

(b)- Le décalage végétation - climat

Le « décrochement » de la flore méditerranéenne dès le contrefort méridional des reliefs hauts languedociens coïncide avec un fort accroissement du volume des précipitations, comme le

montrent les données climatiques moyennes (fig. 64b). L'uniformisation rapide de la flore atlantique qui s'opère à partir de là sur le relief suggère le franchissement d'un seuil de satisfaction hydrique. Celui-ci a été évalué localement à un total annuel moyen de 1 400 à 1 500 mm de pluie, valeur évidemment indicative, le bilan hydrique climatique dépendant des autres éléments régissant le bilan hydrique climatique : évaporation potentielle, types et régime saisonnier des pluies (le total annuel exigé par les plantes est moindre sous un régime saisonnièrement régulier, comme cela a été noté près de Castres) ... Il ne vaut donc en toute rigueur que pour la partie centrale du transect étudié. Au dessous de ce seuil, les espèces de la végétation mésophile cèdent rapidement la place, ce qui explique l'installation sur une courte distance d'un cortège méditerranéen aux traits xérophytiques.

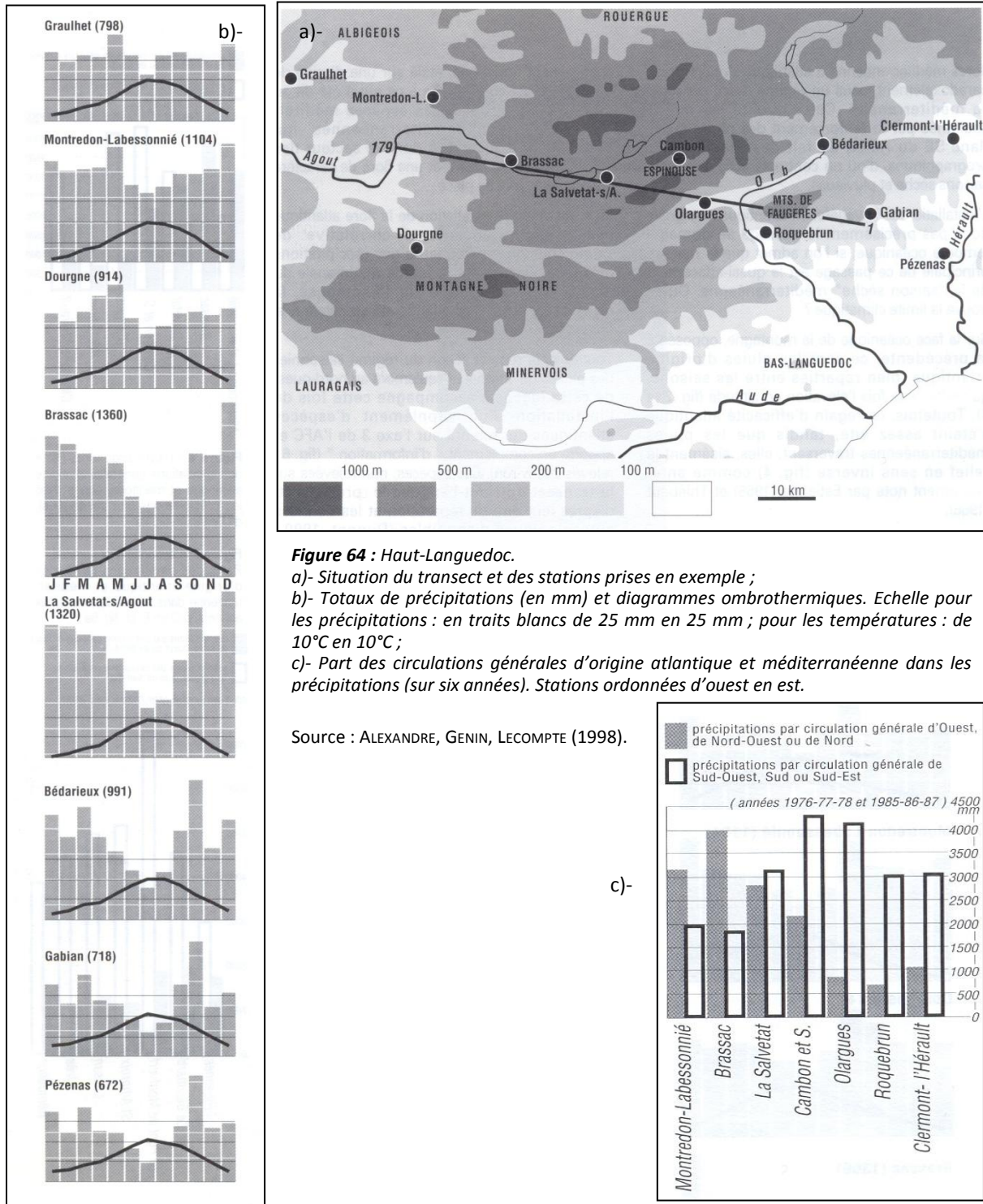


Figure 64 : Haut-Languedoc.
a)- Situation du transect et des stations prises en exemple ;
b)- Totaux de précipitations (en mm) et diagrammes ombrothermiques. Echelle pour les précipitations : en traits blancs de 25 mm en 25 mm ; pour les températures : de 10°C en 10°C ;
c)- Part des circulations générales d'origine atlantique et méditerranéenne dans les précipitations (sur six années). Stations ordonnées d'ouest en est.

Source : ALEXANDRE, GENIN, LECOMPTE (1998).

L'augmentation du montant des abats montagnards concerne surtout, comme le montre la figure 64c, les précipitations d'origine méridionale, raréfiées en été. La transition des flores méditerranéenne à atlantique s'opère donc, paradoxalement, sous un régime ayant conservé sa méditerranéité. Cette qualité est même soulignée par le renforcement de la saison pluvieuse, d'où un contraste accentué avec la sécheresse estivale. L'installation de la végétation atlantique ne signale donc pas précisément le passage au climat de la zone tempérée, si l'on admet que la marque principale de ce passage est l'effacement de la « saison sèche » méditerranéenne. Où se trouve la limite climatique ?

Sur la façade nord-ouest de la montagne, ce sont les pluies d'origine océanique, bien réparties entre les saisons - et donc présentes également en été - qu'exalte cette fois l'élévation en altitude. Toutefois, ce regain d'efficacité des perturbations atlantiques s'éteint assez vite, tandis que les pluies méditerranéennes traversent, elles, aisément le relief en sens inverse (fig. 64c) comme antérieurement noté par ESTIENNE (1956) et THIEBAUT (1968). L'égalisation du régime des pluies, l'océan relayant la Méditerranée, s'accomplit donc seulement au nord-ouest de la montagne, tandis que le changement de végétation est réalisé au sud-est.

En résumé, la révolution floristique entre végétations méditerranéenne et atlantique, et le seuil hydrique qu'elle suggère, ne permettent pas de fixer sur le Haut-Languedoc une limite climatique, puisqu'ils ne coïncident pas avec le changement du climat général. La situation est un peu plus complexe lorsque l'on traverse Cévennes et Mont-Lozère.

8.2.2 – Cévennes et Mont Lozère : un dispositif en trois compartiments

(a)- Une opposition méditerranéo-atlantique troublée par l'appauvrissement de la flore dans la Cévenne du schiste

Le transect cévenol s'étend entre Remoulins dans la Garrigue languedocienne et la face septentrionale du Mont Lozère (fig. 57) où il a été divisé en deux branches (au nord et à l'ouest du sommet du Lozère) orientés par les champs pluviométriques moyens. Seuls les résultats de la branche nord (vers Langogne) sont ici pris en compte. Sur l'autre branche, ils n'en diffèrent que par l'individualisation d'un cortège d'espèces liées aux calcaires du Causse, traversé en son extrémité ouest.

Les bas-plateaux languedociens sont physionomiquement dominés par les mosaïques des formations de garrigue. Les châtaigneraies composites, pauvres floristiquement, caractérisent le paysage de l'adret cévenol. En altitude, les hêtres, mêlés à quelques autres espèces dominantes, hors les croupes sommitales du Lozère où s'épanouissent landes et pelouses rases d'origine anthropique, forment le fond du paysage végétal. Toutefois, les hêtraies sont hétéroclites, présentant des stades transitoires multiples. La substitution des paysages végétaux est ainsi totale, exprimant un découpage en trois unités, la physiographie renforçant l'effet de compartimentage. Ceci s'accorde avec la distinction habituelle de trois milieux : « l'immense escalier à trois marches » (DUGRAND *et al.*, 1974). La physionomie de la végétation atteste donc bien, sur le rebord sud-est du Massif Central, d'une opposition climatique méditerranéen-atlantique. L'analyse du transect floristique permet de préciser et nuancer cette géographie. Elle confirme le partage en trois éléments qui renvoie à l'image du *continuum à facettes* : les facettes ne sont pas ici séparées par une simple inflexion dans la vitesse de défilement des espèces de la flore comme sur le transect africain mais par deux ruptures qui n'ont cependant pas la force de la révolution floristique notée sur le Haut-Languedoc. La raison s'en trouve dans l'anthropisation de la végétation qui se trouve très appauvrie dans la partie centrale du transect. Quoi qu'il en soit, la substitution totale d'un bout à l'autre de l'escarpe cévenole se concentre sur deux passages courts où le renouvellement de la flore est localement accéléré, deux discontinuités donc.

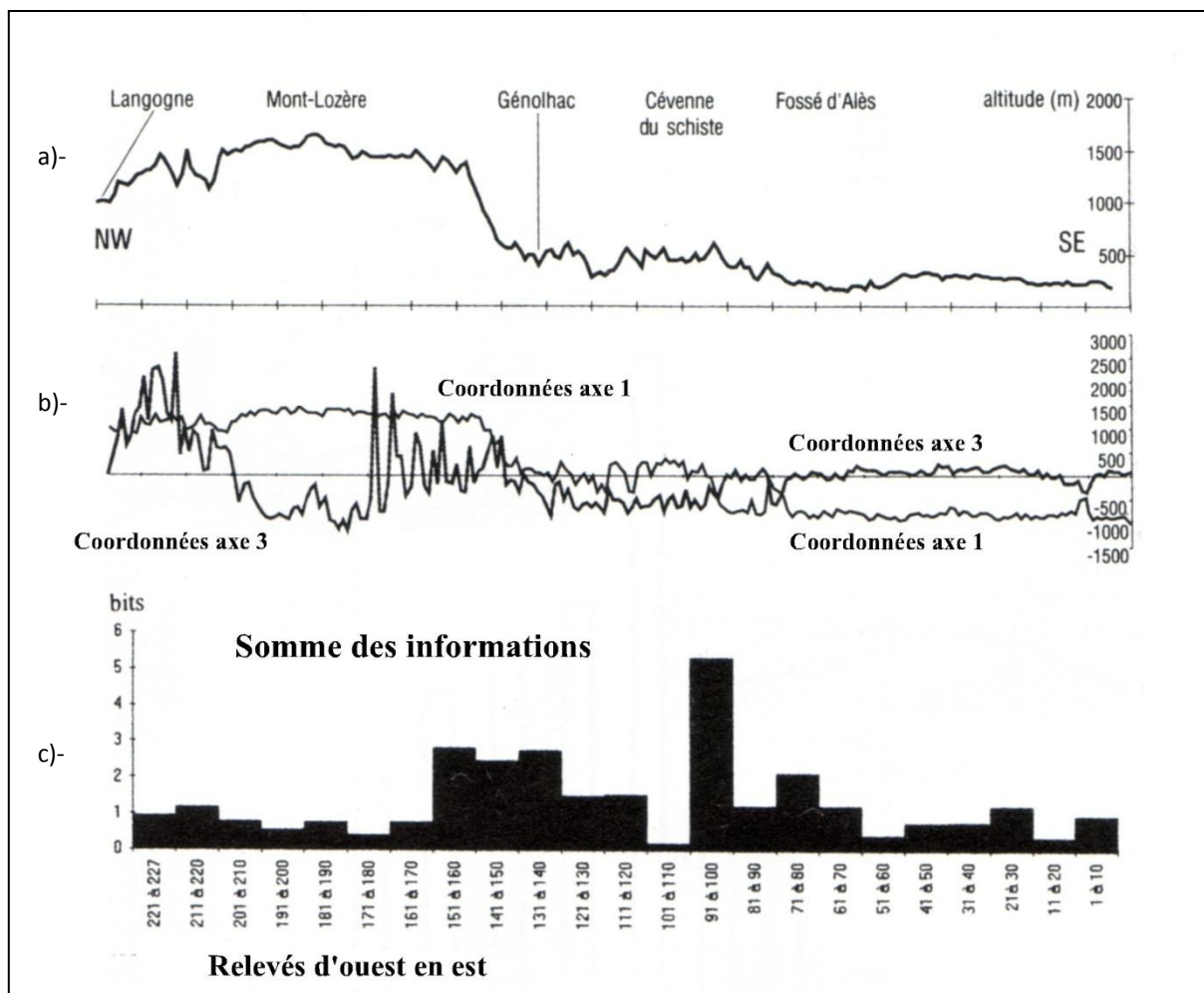


Figure 65 : Cévennes-Lozère – a)- Profil topographique du transect ; b)- Variations du premier facteur principal de l'AFC de la flore vivace ; c)- Information correspondant au renouvellement des espèces (en bits = sha). (Source : ALEXANDRE, GENIN, LECOMPTÉ, 1998).

L'opposition entre le tiers oriental du transect marqué par la présence d'un cortège méditerranéen particulièrement riche et le tiers occidental, à la flore atlantique, mêlée d'éléments montagnards se dégage des analyses de la structure floristique. Entre les deux, l'adret cévenol se caractérise par l'interpénétration des flores. Toutefois, la mixité des flores est ici largement atténuée par l'extension de la châtaigneraie et les incendies qui ont éliminé artificiellement une fraction de la flore méditerranéenne qui, sinon, atteindrait sans doute le pied du Lozère. L'information floristique se trouve parfois presque totalement effacée lorsque, après un incendie, le Genêt purgatif a envahi des versants entiers où il interdit l'installation d'autres espèces, si ce n'est les ronces dont le lacis rend la traversée de la formation particulièrement pénible.

(b)- Les deux ruptures floristiques

La révolution floristique s'en trouve à la fois atténuée et dédoublée. L'AFC (fig. 66) montre deux ruptures floristiques nettes sur l'axe 1, et une transformation plus discrète sur l'axe 3. En progressant du sud-est vers le nord-ouest après la traversée des Garrigues et du Fossé d'Alès, c'est en abordant les serres de la Cévenne du schiste que les espèces méditerranéennes commencent à disparaître. Le décrochement est net et correspond à une importante quantité d'information (fig.

66c : relevés 90 à 100). L'explication climatique, avec des conditions hydriques plus favorables, vient ici à parts égales avec le facteur édaphique (disparition des calcaires) et le facteur anthropique.

La disparition du cortège méditerranéen s'achève sur les pentes du Mont-Lozère (seules quelques calcicoles réapparaissant plus à l'ouest sur les Causses). Ce qui se passe ici est plus strictement lié au changement de climat. Lorsque l'on aborde par le sud-est le grand versant du géant des Cévennes, le changement floristique, est étalé sur une dizaine de kilomètres (fig. 66b et c) ; c'est pourtant la rupture qui s'apparente le plus à la révolution floristique notée dans le Haut-Languedoc, puisqu'elle sépare bien les flores méditerranéenne et atlantique. Comme dans le pays d'Orb, elle se trouve calée sur l'obstacle orographique : ici, le plateau granitique est, à la faveur du gradin de la faille de Villefort, en surplomb de 600 m au-dessus de la localité de Génolhac. De fortes quantités d'information étalées sur une trentaine de relevés (130 à 160) est associée à cette rupture (fig. 66c). Les espèces méditerranéennes et subméditerranéennes qui subsistaient malgré tout dans le secteur des châtaigneraies disparaissent ainsi dans la montée, et une flore de caractère atlantique - selon les indications de DUPONT (1990) et de RAMEAU, MANSION et DUME (1989, 1993) - se met en place. L'apparition des espèces atlantiques s'expliquerait, ici encore, par l'augmentation orographique des précipitations méditerranéennes sur la façade méridionale du massif. Comme sur l'Espinouse, leur concurrence est fatale aux espèces méditerranéennes. La flore atlantique est installée à partir d'un seuil de l'ordre d'un mètre cinquante à un mètre soixante-dix de pluies annuelles, plus élevé qu'en Languedoc, du fait peut-être de la déperdition accrue des violentes averses et de leur écoulement rapide au sein des arènes poreuses recouvrant les granites.

(c)- Les conséquences du passage au régime tempéré des précipitations sur le Mont-Lozère

La facette occidentale qui correspond au plateau lozérois présente un caractère dédoublé entre formations sylvatiques et asylvatiques qui alternent. L'axe 3 de l'AFC (fig. 66b) révèle la présence d'un cortège propre aux hautes croupes. Il est lié aux formations forestières plus riches que les landes et les prairies au sommet du plateau. Ce cortège d'altitude mêle à quelques espèces nouvelles d'affinité atlantique, des espèces de montagne, et d'autres répandues en France du Centre et de l'Est. Un certain rafraîchissement du climat ne peut être étranger à son individualisation, mais on peut également y voir la marque de la régularisation simultanée du régime saisonnier des pluies, qui intervient seulement sur ces hautes croupes. La régularité de ce régime, devenu « tempéré », expliquerait le maintien de la flore atlantique sur les faces nord et nord-ouest du massif, sous un montant de précipitations réduit comparativement au versant méditerranéen (de l'ordre d'un mètre annuel seulement). Le haut plateau du Lozère offre ainsi l'exemple du signal botanique d'un changement de régime des précipitations, et donc d'une limite climatique (limite ne signifiant pas trait, rappelons-le), qui demeure toutefois indépendante du seuil hydrique séparant flores xérophile et mésophile.

8.2.3 – Baronnies et Haute-Provence : l'importance de la marche subméditerranéenne

(a)- Etagement des facettes du continuum

Dans le cadre d'une tentative de mise en relation des trois phénomènes que sont le climat, la végétation et l'érosion, une étude comparable aux deux précédentes a été menée de l'autre côté du Rhône en Haute-Provence. Un transect a été effectué, traversant les Baronnies méridionales dans leur plus grande largeur, la vallée de la Durance dans le secteur de Sisteron pour rejoindre les Préalpes de Digne. Il relie ainsi les sites de mesure de l'érosion par ravinement sur les marnes du Val de la Méouge (CNRS) et de Draix (CEMAGREF). L'étude du climat a été menée en songeant à l'influence que celui-ci a, d'une part, sur l'activité érosive, d'autre part, sur la végétation en essayant de lier l'une à l'autre (ALEXANDRE *et al.*, 2000). Le caractère méditerranéen du climat reste affirmé

dans le régime des précipitations, toutefois la fréquence des averses de forte intensité susceptibles de déclencher des phénomènes érosifs d'ampleur diminue d'ouest en est de part et d'autre de la vallée de la Durance (ALEXANDRE et LECOMPTE, 2000). L'étude de la végétation se place donc ici dans le cadre d'une transition au sein du climat méditerranéen et non en présence d'un changement génétique du climat comme au sud du Massif Central. Le transect se poursuit, par ailleurs vers le Mercantour et sera analysé dans sa totalité dans le chapitre 9.

L'AFC effectuée sur le transect partiel, croisant 172 relevés et 198 espèces, montre, là encore en raison de la grande dimension de la matrice, des valeurs propres et des pourcentages d'inertie bas ; les données sont cependant bien structurées comme le montre la projection du nuage sur le premier plan factoriel (fig. 67), ce que confirme les corrélations canoniques plutôt fortes entre le nuage de points et les premiers axes factoriels.

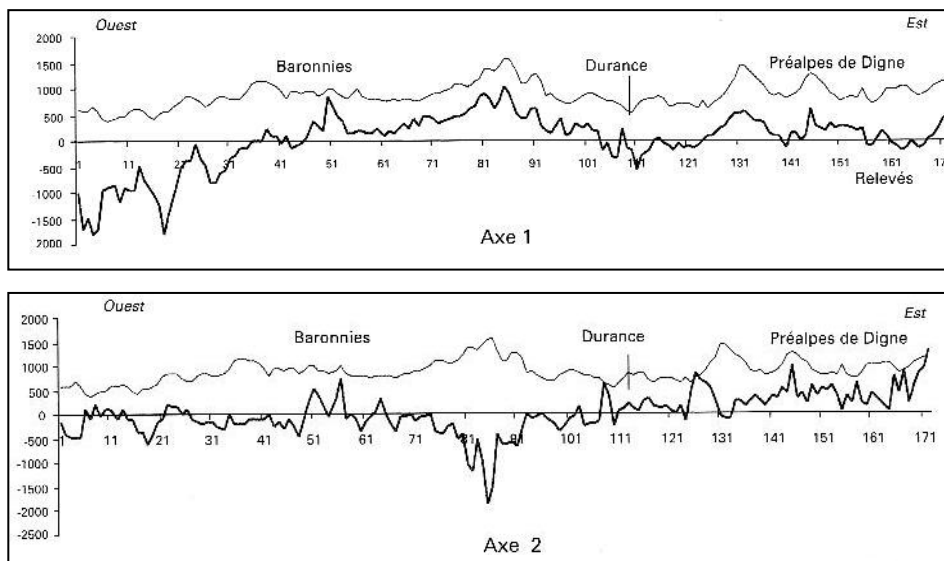


Figure 66 : Baronnies – Haute-Provence – Variations des coordonnées des relevés linéaires segmentaires de 500 m relativement au 1^{er} et au 2^e facteur principal de l'AFC. (Source : ALEXANDRE, 2003).

L'axe 1 (fig. 66) renvoie à nouveau l'image d'un *continuum à facettes* le long duquel les groupes d'espèces s'égrènent à une « vitesse » variable. Trois facettes sont ici représentées, qui reproduisent une forme d'étagement (chacun des « étages » étant non pas défini par son homogénéité mais par une certaine forme d'hétérogénéité). Elles occupent une part très variable de l'espace :

- La première n'est présente qu'aux basses altitudes et présente un cortège méditerranéen très complet ; une grande partie des espèces disparaissent dès les premiers kilomètres matérialisant une révolution floristique séparant cette fois-ci deux facettes au sein du méditerranéen, révolution qui se marque moins par la substitution d'un groupe à un autre en somme que par l'effacement d'une partie de la flore en place ... Des têtes sont tombées en somme, si l'on veut filer la métaphore.
- La deuxième occupe la plus grande part de l'espace régional et est constituée par ce qui reste du cortège méditerranéen – des subméditerranéennes essentiellement -, cortège qui va se modifier lentement, presque imperceptiblement, à mesure que les altitudes croissent ;
- La troisième facette concerne les relevés les plus élevés (au-dessus de 1 200 m) ; elle se dédouble selon qu'on a affaire à une formation forestière ou à une formation ouverte (prairies plus ou moins embroussaillées) ce qu'enregistre l'axe 3.

(b)- Facette méditerranéenne et facette montagnarde

Marqueur des conditions climatiques méditerranéennes, un groupe d'espèces est présent aux basses altitudes, distingué par l'axe 1 : il remplace totalement dans le secteur de Buis-les-Baronnies, de manière plus incomplète autour de Sisteron, la flore tempérée mésophile et subméditerranéenne. La figure 67 montre l'originalité de la flore de la partie la plus occidentale du transect, qui est aussi celle située aux plus basses altitudes, près de Buis-les-Baronnies (coordonnées négatives sur l'axe 1).

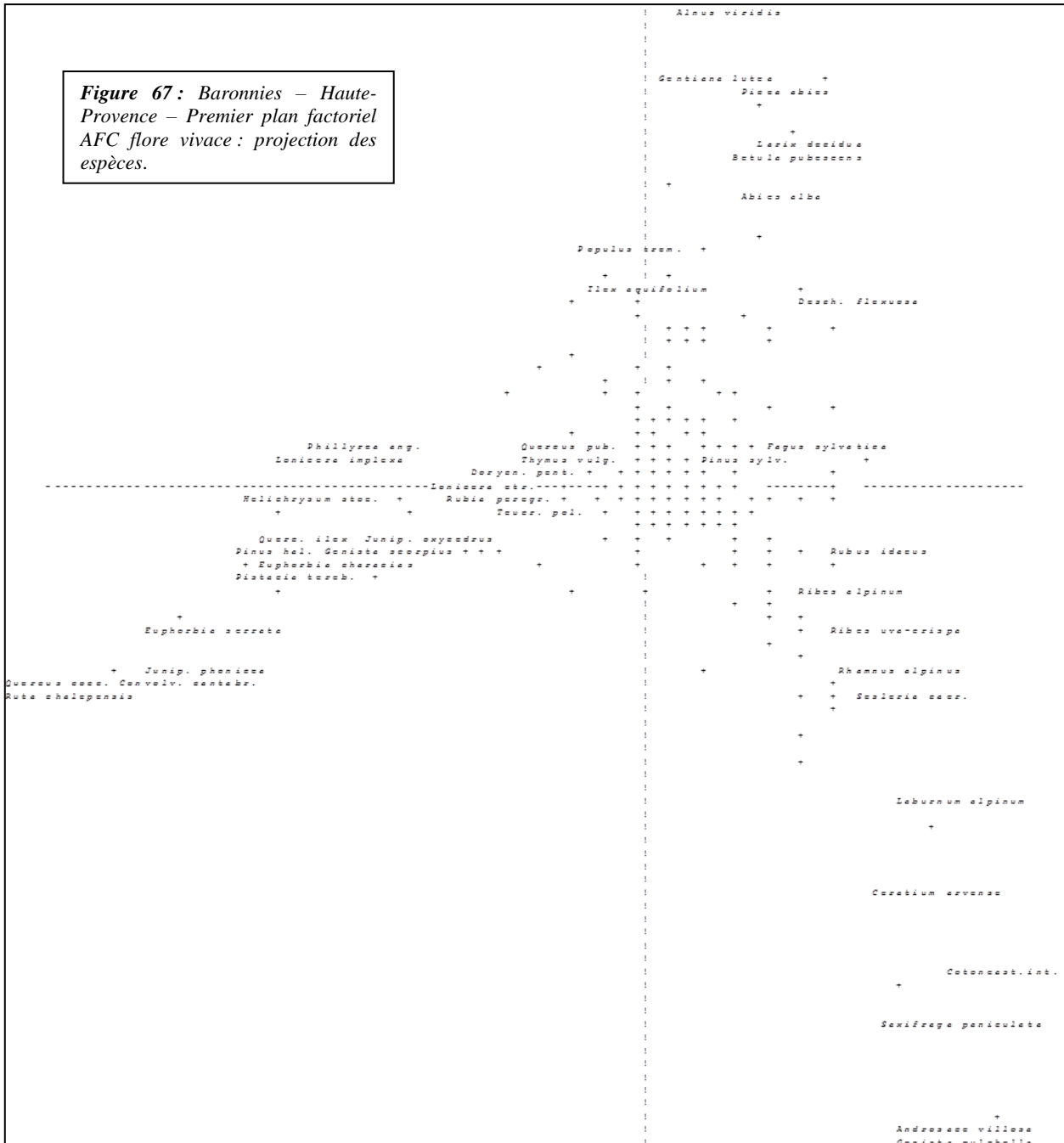
Elle se marque dans le paysage par la dominance du Chêne-vert (*Quercus ilex*), qui forme un boisement bas, ou du Pin d'Alep (*Pinus halepensis*), arbre pionnier très commun en Méditerranée occidentale, plus particulièrement dans les secteurs qui ont connu des incendies. La flore compagne de ces formations méditerranéennes est très riche : sur chaque relevé, 40 ou 50 espèces de la flore vivace sont présentes ; les phanérophytes et les chaméphytes sont nombreux, comme c'est la règle dans la végétation méditerranéenne. Les composantes emblématiques de cette végétation sont présentes comme les Chênes à feuilles persistantes (*Quercus ilex*, *Quercus coccifera*), les Genévriers (*Juniperus oxycedrus*, *Juniperus phoenicea*), les microphanérophytes comme le Térébinthe (*Pistacia terebinthus*), la Filaire à feuilles étroites (*Phillyrea angustifolia*), la Coronille arbrisseau (*Hippocrepis emerus*), les buissons épineux comme le Genêt scorpion (*Genista scorpius*), les chèvrefeuilles (*Lonicera implexa*, *Lonicera etrusca*) et autres lianes (*Convolvulus cantabrica*, *Clematis flammula*), les plantes aromatiques comme le Thym (*Thymus vulgaris*), l'Immortelle (*Helichrysum stoechas*), la Rue d'Alep (*Ruta chalepensis*), les Euphorbes ligneuses (*Euphorbia characias*, *Euphorbia serrata*), etc.

En pénétrant au sein des Baronnies ou en quittant la vallée de la Durance, ce cortège reproduit le schéma des groupes imbriqués en écailles, les espèces méditerranéennes s'efface alors une à une devant la concurrence, à mesure que le bilan hydrique s'améliore ou, pour certaines espèces thermo-méditerranéennes, à mesure que les conditions thermiques se péjorent. Le passage de la flore méditerranéenne à la flore subméditerranéenne se lit dans les formations forestières (passage de boisements à Pin d'Alep et à Chêne-vert à des formations dominées par le Pin sylvestre et le Chêne pubescent) mais la traduction paysagère des changements phytoclimatiques simplifie la transition.

Le deuxième axe factoriel (fig. 66 et 67) opère une autre distinction, fondée essentiellement elle-aussi sur l'amélioration du bilan hydrique, avec l'arrivée, sur les parties plus élevées des contrées traversées, de la flore mésophile. Le passage est brutal lorsque ce surgissement coïncide avec l'arrivée du Hêtre dont le feuillage produit une ombre qui ne laisse subsister qu'un nombre réduit d'espèces. En forêt, les compagnes du Hêtre comme le Houx (*Ilex aquifolium*), le Merisier (*Prunus avium*) ou la Canche flexueuse (*Deschampsia flexuosa*) apportent une forte contribution à l'axe 1 (coordonnées positives) ; dans la partie la plus orientale du transect, une forêt montagnarde à Sapin blanc (*Abies alba*), Epicéa (*Picea abies*) et Mélèze (*Larix decidua*) est installée.

En fonction du mode d'exploitation par le système agro-sylvo-pastoral encore partiellement en place dans ces secteurs, et de la situation géographique, deux types sont distingués par l'axe 2. Lorsque les relevés incluent des clairières, des espèces communes aux altitudes montagnardes et subalpines sont présentes comme la Gentiane jaune (*Gentiana lutea*) ou l'Aulne vert (*Alnus viridis*). Lorsque la société rurale a maintenu des pâturages jusqu'à ces dernières années (coordonnées négatives sur le second axe factoriel, fig. 66 et 67), les héliophytes comme le Nerprun des Alpes (*Rhamnus alpinus*) ou le Cotonéaster (*Cotoneaster integerrimus*) dominant, conjointement aux herbacées ou aux arbrisseaux résistants au froid (*Sesleria caerulea*, *Saxifraga paniculata*, *Androsace villosa*, *Genista pulchella*). Le caractère très composité de cette facette montagnarde est ainsi patent.

Le reflet botanique des gradients écologiques s'avère, une fois de plus, complexe : ainsi, la « sortie » de la végétation méditerranéenne et l'installation de la végétation mésophile s'effectuent-elles, ici encore, alors que le climat reste, dans son régime des précipitations, nettement méditerranéen.



(b)- Une marche botanique

La composition floristique de la végétation est, à cette échelle régionale, dominée sur une grande partie du transect par un ensemble d'espèces très communes, mal décrites par l'AFC (fig. 67). Ces espèces ont à la fois une aire de répartition très vaste et une large amplitude écologique (*urban species* du modèle de COLLINS *et al.*, 1993) : elles peuvent être définies comme cortège subméditerranéen. Dans le paysage, cet ensemble floristique se singularise par la co-dominance du

Pin sylvestre (*Pinus sylvestris*) et du Chêne pubescent (*Quercus pubescens*) qui constituent des boisements bas et clairs (la « blache »). Cette maigre forêt est souvent remplacée par une formation buissonnante où le Buis (*Buxus sempervirens*) et les plantes épineuses comme les Eglantiers (*Rosa spp.*) et l'Aubépine (*Crataegus monogyna*) sont dominantes ou par une pelouse à Brome érigé (*Bromus erectus*), Fétuque des moutons (*Festuca gr. ovina*), etc. Dans chaque relevé de 500 mètres, ces facettes constituent une mosaïque au sein de laquelle des espèces compagnes manifestent une grande fidélité : mésophanérophytes comme les Erables (*Acer opalus*, *A. monspessulanus*, *A. pseudoplatanus*), l'Amélanchier (*Amelanchier ovalis*), microphanérophytes comme les Genêts et les Cytises (*Cytisophyllum sessilifolium*, *Genista hispanica*, *Genista cinerea*, ...), chaméphytes comme le Thym (*Thymus vulgaris*), le Serpolet (*Thymus serpyllum*), la Germandrée Petit-Chêne (*Teucrium chamaedrys*), la Lavande-aspic (*Lavandula angustifolia*) où hémicryptophytes, notamment de nombreuses Fabacées (*Astragalus monspessulanus*, *Anthyllis vulneraria*, *Anthyllis montana*, etc.). Sous les plantations de Pin noir d'Autriche, la composition de la flore est très comparable. Depuis le XIXe siècle, sur les marnes et autres substratum fragiles, la politique du RTM a souvent remplacé la « blache » par des plantations de Pin noir d'Autriche (*Pinus nigra ssp. nigra*) (VALLAURI, op. cit.). Sur la figure 66, cet ensemble d'espèces de haute fréquence et de large amplitude explique qu'un grand nombre de relevés aient des coordonnées très basses relativement aux axes et la lenteur des changements explique que les courbes s'aplanissent sur de larges parties du transect.

Il se dessine ainsi sur une grande partie de ces secteurs de moyenne altitude hauts provençaux, un vaste espace de transition floristique lente que Paul OZENDA avait bien perçu en levant la carte de la végétation de Digne (1971). La flore subméditerranéenne, faiblement différenciée car constituée d'espèces banales, y assure le raccordement entre flore méditerranéenne et flore mésophile. Par analogie avec l'emploi qui est fait du terme en géographie humaine (BRUNET *et al.*, 1991) pour désigner des entre-deux incertains, je propose de parler de *marche* botanique pour désigner ce type de facette d'un continuum d'échelle régionale.

Le lien entre distribution de la flore et variations spatiales du climat apparaît; la progressive substitution d'un ensemble floristique par un autre est un bon indicateur des variations de certains paramètres clés pour la biologie des plantes. Ainsi, le remplacement graduel de la flore méditerranéenne par un cortège subméditerranéen montre-t-il bien, à la fois l'effet de l'amélioration du bilan hydrique, qui autorise l'installation d'espèces plus mésophiles, et l'effet du gradient altitudinal des températures qui explique la disparition d'espèces ayant des exigences thermiques. En retour, la vitesse de renouvellement des espèces permet de préciser la variation du climat dans les mailles du réseau de postes de mesures (quoique les variations du climat et de la végétation ne soient pas nécessairement synchrones et d'égale vitesse). Des indications du même type sont données par la disparition de la flore subméditerranéenne et l'installation des espèces montagnardes.

Un résultat du même ordre était espéré pour préciser la géographie du climat entre les sites de mesure de l'érosion. La vitesse de l'érosion a été estimée dans plusieurs de ces sites d'Ouest (où elle est plus forte) en Est (plus faible), de part et d'autre de la Vallée de la Durance. L'écart des valeurs, obtenues sur le même type de marnes, conduit à poser la question des variations régionales des paramètres climatiques (principalement les pluies) qui influent sur ces valeurs de l'érosion. Cet écart est lié à la variabilité des fortes averses, plus fréquentes et de plus forte intensité de l'Ouest du domaine vers l'Est. Il est clair qu'une connaissance plus continue spatialement du passage d'un régime à un autre serait d'une grande aide pour une modélisation à l'échelle régionale de l'érosion.

Les *badlands* traversés ont certes une flore spécifique se différenciant en fonction du stade de leur conquête par les végétaux : aux annuelles comme le Laser de France (*Laserpitium gallicum*) succèdent les herbacées cespiteuses comme la Bauche (*Achnatherum calamagrostis*, fig. 68) puis aux buissons pionniers comme la Bugrane buissonnante (*Ononis fruticosa*) ou l'Argousier (*Hippophae*

ramnoides) etc. (LECOMPTE, ALEXANDRE *et al.*, 2007). En revanche, les différences de potentialité érosive entre les climats situés de part et d'autre de la vallée de la Durance sont peu mises en valeur par les indications floristiques.

Malheureusement, dans le cas de ce transect, l'indicateur floristique ne fonctionne pas bien pour la variation visée. La flore n'enregistre pas le changement dans le régime des précipitations entre Baronnies et Préalpes de Digne. Les mêmes espèces apparaissent de part et d'autre de la Vallée de la Durance. La raison de ce résultat plutôt décevant est à rechercher dans l'extrême banalité de la flore aux altitudes intermédiaires du transect où se situent les sites de mesure de l'érosion.



Figure 68 : Uniformité de la flore des secteurs ravinés : touffes de *Bauches* (*Achnatherum calamagrostis* (L.) P. Beauv.) colonisant le versant d'une roubine (Séderon, Baronnies méridionales). Photographie : Marianne COHEN

8.3 - Interprétation phytoclimatique générale

L'étude fine de transitions phytoclimatiques autour de la Méditerranée occidentale éclaire d'un jour nouveau les questions liées des changements de végétation et de climat : lien effectif, mais souple.

Les révolutions floristiques à la périphérie ou au sein de ce qui a été désigné comme domaine phytogéographique méditerranéen suggèrent l'existence de seuils hydriques, comme il en existe de thermiques en latitude ou en altitude, intéressant les plantes en grand nombre. Un seuil de satisfaction hydrique est ainsi décelable au nord du domaine qu'accompagne l'installation d'une flore mésophile. Ce seuil peut s'exprimer en hauteurs de pluies, dont le montant est évidemment modulé par les autres paramètres du bilan hydrique climatique, comme le régime saisonnier de ces pluies, celui de l'évaporation potentielle, etc. Des vérifications écophysologiques seraient en outre nécessaires pour sa validation biologique.

Symétrique du précédent est le seuil d'insatisfaction hydrique éprouvé par la végétation au sud du domaine méditerranéen qui a été évoqué au chapitre 2. Son expression climatique reste malheureusement imprécise faute de données en nombre suffisant, mais il est bien souligné par une révolution floristique qui se résout finalement dans la monotonie, sur de vastes aires, de la végétation aride, plus grande encore que celle de la végétation des plaines et basses montagnes tempérées.

Rares sont ces seuils et révolutions botaniques associées, comme celles qui parachèvent, aux marges de son domaine, la longue transition méridienne de la flore méditerranéenne, et se traduisent par la mise en place presque soudaine des flores des domaines contigus. Cette soudaineté

tient à l'existence des montagnes ceinturant la Méditerranée occidentale (domaine méditerranéen), qui modifient brutalement le volume des précipitations, et accélèrent plus ou moins simultanément la transformation de leur régime.

Les révolutions floristiques retentissent sur la géographie des grands paysages lorsque des espèces physionomiquement dominantes sont prises dans le mouvement, ce qui n'est pas le cas pour les ubiquistes à large spectre écologique - comme le Cèdre dans le Moyen-Atlas - ou pour les protégées de l'homme - comme le Châtaignier dans les moyennes montagnes du midi français. Réciproquement, des changements marqués de la physionomie de la végétation peuvent, ou non, modifier significativement la flore. La première éventualité s'observe lorsque le changement de paysage est induit un fort contraste écologique - comme, par exemple, le contraste des microclimats aux lisières des cédraies denses (conférant une forte influence au microclimat forestier). La cédraie offre aussi un exemple de l'éventualité contraire, lorsque le passage de la flore méditerranéenne à la flore aride s'effectue sous le couvert même du Cèdre. Il n'existe en somme pas de relation simple entre les changements physionomiques de la végétation et les révolutions floristiques liées au franchissement des seuils ; la géographie des paysages témoigne donc mal de ces derniers.

Par ailleurs, les révolutions botaniques, si elles peuvent être reliées à l'approche et au franchissement des seuils hydriques, ne reflètent pas toujours les changements climatiques majeurs. Des faits insignes, comme le basculement du régime zonal des précipitations peuvent en paraître indépendants : c'est le cas lorsque le seuil est déjà dépassé sous le régime le plus défavorable, du fait du seul accroissement du volume des pluies. Le franchissement d'un seuil hydrique n'indique donc pas forcément une limite climatique, et ceci explique la vaine quête d'une définition phytoclimatique de l'ensemble du pourtour méditerranéen. Seuils hydriques et limites climatiques divergent ainsi légèrement dans le sud du Massif Central, plus catégoriquement en Haute-Provence. Dans les Cévennes, le passage du régime de précipitations méditerranéen à celui de la zone tempérée est signalé par de discrètes modifications floristiques.

L'analyse des champs de pluie quotidiens orientés par la circulation générale de l'atmosphère concrétise les spéculations climatiques inspirées des observations botaniques. Les seuils discriminés d'après l'observation des inflexions ou des révolutions le long des continuums floristiques permettraient d'asseoir une phytogéographie plus satisfaisante, car plus conforme aux exigences de la végétation, que les classifications abstraites et conventionnelles.

CONCLUSION DE LA DEUXIEME PARTIE

J'avais prévu de terminer cette deuxième partie par un chapitre consacré à l'organisation spatiale de la végétation dans le massif alpin. Faute d'avoir eu le temps d'aller plus loin dans l'analyse des deux longs transects phytoclimatiques réalisés que ce qui a déjà été publié (ALEXANDRE *et al.*, 1999, 2002, ALEXANDRE, 2003), faute notamment d'avoir pu intégrer les statistiques fondées sur des calculs de quantité d'information (article en cours de rédaction : ALEXANDRE, COHEN, GENIN, GODRON), je m'en tiendrai ici à rappeler les principaux résultats obtenus. Plus complexe dans les trois dimensions de l'espace géographique que les deux cas évoqués dans les chapitres 7 et 8, la montagne alpestre se prête bien à une synthèse conclusive (fig. 69).

L'expérience proposée au sein des Alpes occidentales franco-italiennes s'appuie sur un ensemble de lignes-échantillons, tracées en fonction de la structure générale de la chaîne et des variations connues du climat régional. Le schéma général reproduit la forme d'une échelle (fig. 69) dont les deux « montants » seraient constitués par deux transects nord-sud, l'un à l'ouest dans les massifs subalpins externes (les Préalpes des géographes), l'autre à l'est, dans les Alpes internes. L'échelle comprendrait trois barreaux : le plus septentrional dans les Alpes du Nord, le plus méridional dans les Alpes du Sud, le barreau central dans cette bande un peu incertaine que nous avons baptisée Alpes médianes. Deux de ces « barreaux » ont été parcourus, l'un à travers les Alpes médianes depuis le Vercors jusqu'à la haute vallée du Pô, l'autre à travers les Alpes du Sud depuis les Baronnies jusqu'au Mercantour (les résultats obtenus dans sa moitié occidentale sont évoqués au chapitre 8).

La complexité de la géographie de la végétation dans les Alpes occidentales franco-italiennes tient à la conjonction de trois facteurs qui jouent, à des degrés divers, le rôle de facteurs organisateurs :

- la structure et la lithologie d'une chaîne qui a connu une histoire géologique troublée ; la lithologie a un effet direct sur la composition de la végétation opposant les affleurements dans les roches carbonatées et ceux en roches siliceuses ; la structure joue, quant à elle, sur l'altitude d'ensemble, plus forte dans les massifs axiaux et les Alpes internes que dans les parties externes, ce qui renvoie au facteur climatique ; de la même façon, la position au sein du massif ;
- le climat et ses trois composantes spatiales - altitudinale, longitudinale et latitudinale ; la première est commandée par les gradients de température et le changement de nature et de volume des précipitations ; la différenciation longitudinale porte sur le montant des précipitations, plus faible au cœur du massif, en situation d'abri ; en fonction de la latitude, c'est cette fois, le régime des précipitations, qui joue un rôle majeur ;
- l'utilisation du sol par les sociétés montagnardes ou par la société globale ; les premières ont joué le rôle principal dans le passé avec un net contraste entre un modèle nord-alpin et un modèle sud-alpin ; ce contraste s'est estompé au fil du XX^e siècle à mesure du retrait de la société agro-sylvo-pastorale.

Cette complexité est ainsi plus grande que celle à laquelle nous avons été confrontés autour de la Méditerranée occidentale, au relief plus simple, y compris lorsque les altitudes y sont aussi élevées que dans le massif alpin. Quels sont les résultats obtenus ? Leur assez remarquable simplicité valide en quelque sorte la démarche qui remplit bien les deux objectifs qui lui avaient été fixés : révéler la structure spatiale de la végétation, confirmer ou infirmer le rôle des principaux facteurs

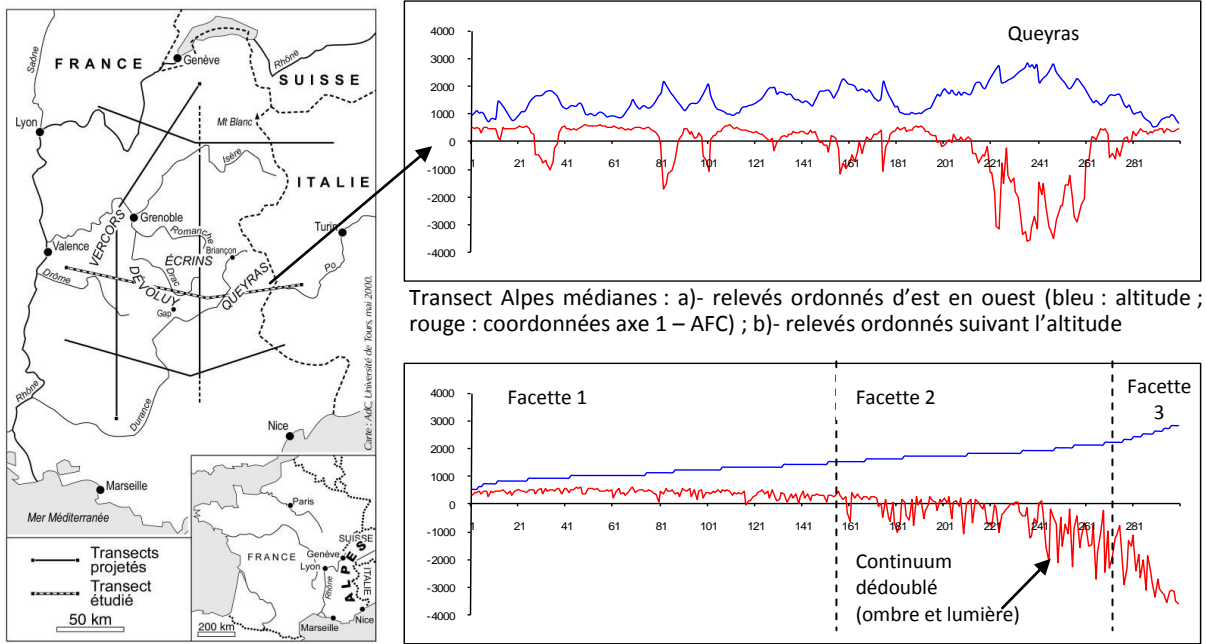
organiseurs. Ici encore, en dépit du nombre de facteurs qui entrent en jeu et de leur intrication, une structure spatiale très lisible apparaît. Elle montre que la végétation n'est pas un continuum « pur » défiant toute interprétation d'ensemble ; elle n'est pas non une série de bandes superposées comme dans les classiques schémas d'étagement.

A l'échelle régionale, une disposition en continuum en facettes et une nette hiérarchie des facteurs s'imposent. Ceci se mesure de façon particulièrement claire sur le transect suivi à travers les Alpes médianes. Le gradient thermique altitudinal est un facteur suffisamment prédominant pour ravalier au rang d'un « bruit » presque inaudible les autres facteurs. Il se traduit par un défilement continu des espèces le long des versants (c'est là ce que j'appelle, faute de mieux, continuum) et une disposition en plusieurs facettes séparées par des inflexions de la courbe montrant des vitesses variables de défilement. Dans les Alpes médianes, la différenciation s'établit entre trois facettes qui peuvent servir à redéfinir sur de nouvelles bases l'étagement. Jusqu'à 1300 m, la végétation des plaines et collines ne se renouvelle que très lentement et il y a de grandes difficultés à séparer un étage collinéen d'un étage montagnard. L'impression d'uniformité est renforcée par la grande amplitude écologique et la fréquence des espèces présentes : la figure de la marche botanique peut ici être reprise. Il en va un peu différemment, on l'a vu (chapitre 8), dans les Alpes du Sud où, à la base, le groupe des espèces eu-méditerranéennes disparaît rapidement à la faveur d'un contexte hydrique devenant plus favorable aux espèces mésophiles. La richesse de la flore méditerranéenne est suffisante pour que sa disparition en quelques kilomètres puisse être qualifiée de révolution floristique.

Plus haut, en revanche les deux transects offrent le même visage avec une disparition des espèces des basses altitudes qui s'accélère progressivement entre 1300 et 2200 ou 2300 m. Au-delà, les espèces résistantes à la contrainte du froid - phanérophytes résistants aux très basses températures, chaméphytes ou herbacées résistants au raccourcissement de la saison végétative – deviennent beaucoup plus fréquentes, déterminant une troisième facette. Notons que cette facette n'est pas, elle non plus marquée par l'homogénéité mais par un lent renouvellement des espèces conduisant vers les groupements où ne subsistent plus que les espèces des très hautes altitudes au nom scientifique évocateur (*Artemisia glacialis*, *Ranunculus glacialis*, etc.). Chaque espèce occupe ainsi à sa manière le versant, les aires de chacune d'elles se recouvrant plus ou moins suivant le schéma en écailles, plusieurs fois décrit et qui est à raccorder à l'ordination des espèces le long des gradients écologiques, à la manière dont WHITTAKER et l'école du Wisconsin la mettaient en lumière.

Le deuxième facteur à jouer un rôle est l'homme, notamment en démultipliant les lieux où s'épanouissent alternativement les flores d'ombre et de lumière. En fonction de ce facteur, le continuum est dédoublé en particulier aux altitudes intermédiaires (entre 1300 et 2200 m et parfois au-delà) où les pâturages d'estive ont été étendus vers les altitudes forestières au point de rendre difficile à fixer la limite de la forêt et de l'arbre en altitude.

L'effet des autres facteurs est difficilement discernable à l'échelle régionale. Il se manifeste sur les facteurs secondaires des analyses factorielles, se traduisant spatialement par l'originalité de quelques secteurs, originalité qui pourrait permettre de donner un nouveau contenu à la notion de région écologique. Ainsi, dans les relevés du Diois, la combinaison des expositions chaudes, de la sécheresse édaphique et d'un régime des précipitations qui se teinte de méditerranéité se marque-t-elle par la présence d'un cortège subméditerranéen particulièrement fourni. Les versants des environs de Guillestre ont une végétation originale méditerranéo-montagnarde dont le représentant le plus symbolique est le Genévrier thurifère (*Juniperus thurifera*). La haute vallée du Pô avec un substratum siliceux sous climat piémontais chaud et saturé en humidité l'été possède également un cortège spécifique de plantes mésophiles et acidiphiles.



ANALYSE DE L'HETEROGENEITE FLORISTIQUE SUPRA-PAYSAGERE



ECHELLE DU PAYSAGE

Queyras – Haute vallée du Cristillan : matrice paysagère de pelouse avec diffusion du Mélèze à partir de tâches forestières ; hétérogénéité floristique.

ANALYSE DE L'HETEROGENEITE FLORISTIQUE INFRA-PAYSAGERE

(agencement des groupements végétaux répondant fréquemment à la figure de la mosaïque)

Figure 69 : Synthèse – Organisation spatiale de la végétation des échelles moyennes aux échelles fines

Les transects qui expriment la macro-hétérogénéité floristique (régionale) peuvent être raccordés au paysage où se lit la dynamique de la végétation ; la dimension temporelle est alors restituée et les structures spatiales identifiées se révèlent pour ce qu'elles sont : un état transitoire exprimé par un assemblage d'espèces qui ne préjuge nullement des assemblages futurs. Les concordances ou les discordances entre flore et paysage, les deux dimensions de la végétation, peuvent y être notées. Le versant d'adret du Queyras pris en exemple sur la figure 69 se déploie entre 1900 et 2800 m ; il est très uniforme sur le plan paysager avec un étage de cultures (aujourd'hui prairies permanentes) autour des maisons au-dessus duquel on trouve l'étage des pâturages. Derrière cette homogénéité physiologique, on note une radicale divergence entre la flore observée à la base et celle que l'on retrouve au sommet. L'hétérogénéité supra-paysagère doit être distinguée de la micro-hétérogénéité qui discrimine des groupements végétaux à l'échelle de quelques mètres, dans la pelouse alpine, en fonction de la micro-topographie. Le paysage est toutefois en train de changer, passant par une phase où l'hétérogénéité paysagère croît, à mesure que le Mélèze se disperse sur le versant. L'arbre regagne ainsi sa place sur un versant où s'étagaient les usages de la société montagnarde. Derrière l'arbre, la forêt se devine, présente jusqu'alors seulement sous forme de tâches. Quelle sera la conséquence de cette reconquête forestière sur la flore ? Elle ne sera pas nécessairement forte sous le mélèze où la lumière pénètre aisément. Cependant, le Mélèze n'est pas forcément le terme de la séquence de végétation en cours. Comment ensuite discerner dans cette évolution très forte de la mise en valeur humaine les effets d'un changement climatique que l'on connaît mal, dans le détail, en haute altitude.

L'analyse de ces transects botaniques ne prend tout son sens que lorsqu'elle est remise en lien avec les facteurs écologiques, avec l'évolution de l'action anthropique sur le milieu et avec les autres informations livrées par la végétation. Juste retour au paysage que je vais aborder dans la troisième partie. On notera que l'usage qui est alors fait du terme paysage est radicalement différent de la signification écologique implicite qui est généralement accordée aux physiologies végétales.

TROISIEME PARTIE
DYNAMIQUE DU PAYSAGE

Introduction

« Pourquoi débattre encore du banal paysage ? S'agit-il, par souci disciplinaire de présenter l'objet désuet qui est aussi le décor d'une géographie confinée ? S'agit-il de sacrifier à la vague écologique l'analyse sociale ? »
(BERTRAND, 1968b)

Ces questions posées par Georges BERTRAND en 1968 méritent, me semble-t-il, d'être mises à nouveau sur le métier. Non que les réponses aient radicalement changé, une bonne partie de celles que donnait BERTRAND pourraient être reprises. Son analyse était alors neuve ; le titre même de l'article - «Le paysage, entre nature et culture »- semble aujourd'hui aller d'évidence tant la formule a été de nombreuses fois reprise. Pourtant, le contexte de 1968 ne me paraît pas le même que celui d'aujourd'hui : les questions d'environnement sont plus précises et plus pressantes et éclairent d'un jour nouveau le problème.

Je l'ai dit dans l'introduction générale, l'intérêt que j'ai porté au paysage qui, de fait, se retrouve aujourd'hui au cœur d'une bonne partie de mes recherches, s'est plus imposé à moi que je ne l'ai choisi. J'avais, *a priori*, plutôt de la défiance vis-à-vis d'un concept qui, appliqué dans son sens strict à la végétation, la réduit à sa seule physionomie (on a vu combien elle pouvait être trompeuse). Le concept a, par ailleurs, servi la géographie au temps où dominait la société rurale, mais l'a plutôt desservi lorsque l'espace géographique et les territoires qui le constituent semblaient ne pouvoir être pensés qu'en fonction de l'urbanisation et de la mondialisation. Ce concept, enfin, n'a jamais été vraiment adopté, en France, par les écologues qui lui déniaient le plus souvent tout caractère scientifique car fondé, par définition, sur la perception.

Je me serais, il y a peu, volontiers rangé au nombre de ceux qui, suivant en cela les injonctions d'un courant culturaliste qui s'est développé en France autour du géographe Augustin BERQUE et du philosophe Alain ROGER, pensent que le mot paysage ne peut être un concept scientifique. Alain ROGER (1994) prend ainsi une position radicale (sur le détail de laquelle je reviendrai), non sans instruire au passage un procès plutôt injuste aux géographes et aux écologues, corporations dont il postule bien à tort le caractère monolithique :

« Contre les écologues, je dirai qu'un paysage n'est jamais réductible à un écosystème. Contre les géographes, qu'il ne l'est pas davantage à un géosystème. Si décevante, en apparence, que soit cette proposition, il faut pourtant la soutenir sans faiblesse : le paysage n'est pas un concept scientifique. En d'autres termes, il n'y a pas, il ne saurait y avoir de science du paysage. »

Voilà qui assurément paraît simplifier grandement les choses, géographes et écologues étant, quoi qu'en dise Roger, d'autant plus prêts à se ranger à cette position qu'ils étaient, dans leur grande majorité, peu convaincus de l'utilité de s'accrocher à un mot aussi empreint d'ambiguïté ... En France du moins ... Dans le monde anglo-saxon, en revanche, le pragmatisme l'emportant, le mot *landscape* s'est imposé en écologie et personne apparemment ne voit d'inconvénient majeur à ce qu'il cumule signification matérielle et sens immatériel¹²⁷.

Car voilà, le fait est là : le paysage est revenu en force. Voudrions-nous réserver un sens pur au terme que nous n'y parviendrions pas, puisque, de partout et parfois des endroits les plus improbables, il est fait mention du paysage. Ce retour s'est opéré dans la sphère scientifique comme dans la sphère politique et dans la sphère sociale, mais pas dans quel n'importe quel contexte et pas par n'importe quelle voie puisque c'est le plus souvent dans son articulation avec les questions d'environnement qu'il réapparaît.

¹²⁷ Pour reprendre les termes d'Yves LUGINBÜHL : article *Paysage définition* (in VEYRET éd., 2007).

Dans le monde scientifique, l'écologie du paysage s'est imposée. Le paysage est devenu une échelle d'analyse supérieure à celle des écosystèmes ; comme tel, il prend place dans les textes et documents internationaux et dans tous les débats entourant la question de la biodiversité où science et politique se conjuguent. Ainsi Robert BARBAULT (*Encycl. Univ.*), actuel président du Comité MAB France-UNESCO, présente-t-il les *Réserves de biosphère*, fer de lance du programme, comme devant assurer, aux côtés d'une fonction socio-économique et d'une fonction logistiqu

« Une fonction de conservation des paysages, des écosystèmes, des espèces et de la variabilité génétique. »

Le paysage est ainsi intronisé comme un des quatre niveaux d'organisation de la biodiversité à l'échelle locale et régionale, niveau d'autant plus intéressant qu'il intègre les sociétés humaines, prises dans leur profondeur historique comme régulatrices ou dérégulatrices de la biodiversité. On cherche à jouer sur les structures spatiales du paysage pour « optimiser » la diversité biologique et le fonctionnement des écosystèmes. L'idée est en vogue autour de la mise en place des corridors biologiques ou de la « trame verte », posée comme un des objectifs du « Grenelle de l'environnement ».

La prise en compte du paysage dans les politiques d'environnement est donc bien présente. En France, le Ministère de l'Environnement¹²⁸ possède une *Direction de la Nature et du Paysage*, deux termes dont la conjonction soulève bien des questions. La loi du 8 janvier 1993 – dite loi « Paysages » s'intéresse au paysage pris dans sa globalité et fait de sa protection un élément majeur de la politique de gestion du territoire. A une autre échelle, le Conseil de l'Europe a proposé à l'adoption des différents états membres une *Convention européenne du paysage*.

Enfin, dans la société, le paysage est devenu un phénomène de masse, de moins en moins dissociable de la thématique environnementale. L'énorme succès public du paysage photographié et commenté tel qu'il se décline dans les magazines (toujours plus nombreux) et les « beaux livres » en est l'effet le plus spectaculaire. Les éphémérides publiées par Yann ARTHUS-BERTRAND où chacune de ses photographies est accompagnée d'un commentaire « rédigé par des spécialistes du développement durable »¹²⁹ en sont le plus bel exemple. Pour l'année 2008, cela donne « 366 jours pour réfléchir à notre Terre » où :

«... Chaque légende apporte un éclairage essentiel à l'image et lui donne sa pleine mesure : celle d'un témoignage précis et documenté sur l'état de notre Terre : un patrimoine à la fois beau et fragile qu'il appartient à chacun de préserver »

Discours qui mettrait sans doute en rage Alain ROGER, pourfendeur du « souci conservateur et naturaliste de l'environnement : la préservation du patrimoine naturel ... » (1994). Il me paraît plus intéressant de prendre au sérieux ces textes, en raison de la qualité de ceux qui les écrivent et du succès qu'ils remportent. Au final, ce n'est pas un hasard si le terme apparaît aujourd'hui dans les appels à recherche qui relèvent de l'environnement et du développement durable. Dès lors, puisque l'emploi du mot paysage nous est en quelque sorte imposé, autant l'accepter en examinant tout d'abord la nouvelle question sous-jacente à son retour.

Le renouvellement de la question du paysage prend ainsi corps dans le contexte de ce qu'il peut être convenu d'appeler « question environnementale », question qui naît d'une situation inédite dont la prise de conscience s'est déployée au cours de la deuxième moitié du XX^e siècle. Cette situation inédite s'accompagne d'une inquiétude diffuse sur l'avenir de l'œkoumène, ce vieux terme qui retrouve à cette occasion une certaine jeunesse (BERQUE, 2000) pour souligner le caractère limité de l'espace mis en valeur ou exploité¹³⁰ par l'humanité. Qu'on la conteste (de moins en moins),

¹²⁸ Sous ses diverses appellations. Il est à noter que le paysage, couplé à la notion de site, garde aussi une place au Ministère de la Culture dans la direction du Patrimoine.

¹²⁹ <http://www.yannarthusbertrand.org/>

¹³⁰ Je ne choisis pas entre ces deux termes aux connotations opposées.

qu'on veuille en préciser les contours ou qu'on la fantasme, la « crise » de l'environnement terrestre s'impose à la communauté scientifique comme un impératif pour bien des disciplines et pour la géographie en particulier. Par delà les polémiques, un certain nombre de faits objectifs la rendent incontournable. En premier lieu, l'explosion démographique de l'humanité qui, en faisant passer le nombre des hommes d'un milliard il y a deux siècles à six et bientôt sept milliards aujourd'hui, accroît, « mécaniquement » pourrait-on dire, son emprise sur la planète. Faut-il pour autant pointer, avec François RAMADE (1989), « l'explosion démographique du Tiers-Monde [qui] constitue, par elle-même, la première des catastrophes écologiques qui affectent l'humanité » ? Non : avant de développer un « discours de crise » (ARNOULD et SIMON, 2007), il importe de mesurer les effets de cette emprise accrue sur l'espace terrestre. Pour cela, l'observation minutieuse du paysage et de sa dynamique me paraît plus appropriée que le calcul d'indicateurs infiniment discutables comme l'empreinte écologique.

Par ailleurs, le problème majeur n'est sans doute pas (ou pas encore) dans le Tiers-Monde. Les mutations successives de l'économie et du mode de vie depuis les débuts de la révolution industrielle ont en effet considérablement accentué l'emprise, jusqu'au point où s'impose une réalité : les ressources terrestres sont limitées, et tout d'abord, parmi ces ressources, l'espace. Sur ce point, le paysage donne une bonne mesure de l'anthropisation de la surface terrestre et sa dynamique donne des indications précises sur le sens des évolutions en cours.

Au fond, je pourrai reprendre l'énoncé de Michel GODRON et Hubert JOLY en introduction à leur *Dictionnaire du paysage* (2008) :

« Dans ce dictionnaire, nous avons essayé de donner leur chance aux objets perçus et aux sentiments éprouvés en regardant un paysage, en allant des plus concrets aux plus abstraits :

- Les objets matériels constituant un paysage,
- Les formes perçues par un observateur,
- L'origine de ces formes,
- Les réactions subjectives des personnes qui les regardent. »

Le paysage aurait ainsi un contenu biologique et physique ; il aurait aussi une forme générale issue d'un assemblage de formes élémentaires ; il serait le produit d'une histoire et produirait lui-même par la perception que chacun en a, un système de représentations qui, en retour, entrerait pour beaucoup dans la manière dont les acteurs des territoires vont intervenir. Cette définition prenant en compte toutes les significations du mot paysage me paraît assez en accord avec celle qui a été donnée par l'école de Besançon (BROSSARD et WIEBER, 1984). Toutefois, ma réflexion a beaucoup moins porté sur les techniques d'analyse et de représentation cartographique qui peuvent être associées à l'étude du paysage.

Le premier chapitre de cette partie va revenir et repréciser l'articulation entre paysage et environnement telle qu'elle vient d'être esquissée dans sa (relative) nouveauté. Engagé depuis 2004 dans des activités de recherche sur la dynamique des paysages agricoles et forestiers de la bande littorale de l'Afrique de l'Ouest (Axe 4 du bilan prospectif du Programme régional côtier et marin), puis, depuis novembre 2005, dans un programme intitulé « paysages des montagnes méditerranéennes, érosion et développement durable »¹³¹, les deux derniers chapitres de ce mémoire seront consacrés à la remise en perspective du travail accompli (en équipe).

¹³¹ Répondant à l'appel d'offre Paysages et développement durable lancé au cours de l'année 2005 par le Ministère de l'Ecologie et du Développement durable (cf. chapitre 11).

Chapitre 9

Paysage et environnement

Le surgissement de la question de l'environnement a changé la question du paysage, ce qui milite pour l'association de ces deux termes et pour une étude des dynamiques qui s'expriment dans le paysage, dynamiques qui concernent toutes ses dimensions, matérielles (forme, contenu biologique et physique) ou immatérielles (représentation, perception, signification). Une telle prise de position exposée en introduction de cette troisième partie mérite quelques explications ; il s'agit de répondre à des mises en cause des géographes et des écologues, particulièrement dans l'article déjà cité d'Alain ROGER (1994)¹³². Il y milite pour une dissociation radicale des termes *paysage* et *environnement* au nom d'une confusion dommageable pour le paysage :

« Il ne suffit pas de dénoncer cette confusion réductrice, il faut encore se donner les moyens d'y remédier, et deux décennies de réflexion théorique m'ont convaincu qu'une généalogie des concepts était en ce domaine, indispensable. Elle nous révèle en effet que le paysage et l'environnement ont des origines et des histoires distinctes, qui devraient assurer leur autonomie respective. Le fait que, depuis près d'un siècle, au nom de la rigueur scientifique, la géographie et l'écologie aient voulu s'appropriier, et comme phagocyter le paysage, n'enlève rien à l'irréductibilité esthétique de celui-ci, et nous impose cet écolonialisme et cette géophagie, si l'on me permet ces mauvais mots, et de contenir l'écologie, comme la géographie, dans les limites de leur compétence. »

Il commet, à mon avis, deux erreurs. En postulant que la géographie et l'écologie auraient ourdi une sorte de complot pour capter l'usage du mot, il ignore des décennies de débat et, au final, l'opinion d'un grand nombre de géographes et d'écologues qui ont considéré le paysage soit comme obsolète, soit comme empreint de trop de subjectivité. Il y a tout de même quelque mauvaise foi chez Alain ROGER lorsqu'il cloue au pilori Patrick BLANDIN et Maxime LAMOTTE pour avoir écrit dans l'article *Paysage* de l'*Encyclopaedia Universalis* qu'il y aurait intérêt, en écologie, à forger un autre terme (d'où l'écocomplexe), position pourtant compatible avec la sienne.

Surtout, pourquoi l'histoire de deux termes, aussi indépendants qu'aient été jusqu'alors les deux cheminements, ne pourrait-elle pas finir par se croiser. Il faut ici, au contraire, revenir sur les circonstances de ce croisement et sur ce qu'il implique. Le surgissement de la préoccupation sociale pour l'environnement traduit une rupture majeure dans notre façon d'envisager l'espace bio-physique. Le regard que porte la société (dans sa diversité) sur cet espace a changé. On redécouvre qu'il n'est pas seulement un cadre de vie ou un décor vis-à-vis duquel nous n'aurions que des préoccupations esthétiques (sans que ces préoccupations aient disparu ou même qu'elles aient cessé d'avoir un sens). Qui embrasse aujourd'hui le pays du regard est souvent saisi, à tort ou à raison, par l'inquiétude devant les changements qu'il y décèle. Les esprits forts brocarderont cette inquiétude, il

¹³² Voir aussi son *Court traité du paysage* (1997).

est vrai multiforme, confuse et pleine de contradictions. La prendre en compte serait, selon les détracteurs, s'enfermer dans une position conservatrice où toute réflexion sur le paysage serait annihilée au profit de mesures de protection du patrimoine que celui-ci soit biologique, physique ou humain. Je cite, là encore ROGER (1994) lorsqu'il lance :

« J'irai jusqu'à dire qu'il faut protéger le paysage contre ses "protecteurs", en soustraire la gestion comme la création à tous ceux qui s'arc-boutent à une conception conservatrice, voire réactionnaire, de l'aménagement du territoire. Combien d'écologistes n'ont qu'une vision bucolique et archaïque du paysage français ? Combien d'associations de défense brandissent naïvement comme paysage "naturel" à "préserver", un modèle culturel, hérité du XIXe siècle et souvent obsolète, l'Ile-de-France de Corot, celle des impressionnistes. »

L'écueil existe mais il peut être évité. Est-il plus grand que celui que représente l'aménagement sans ménagement¹³³ qui a si souvent prévalu. La réussite des urbanistes et des ingénieurs de l'équipement n'est assurément pas si éclatante qu'elle mérite que l'on prenne les armes pour la défendre. Mais, après tout, dans un monde qui ne manque pas de motifs de s'insurger, à chacun ses combats.

Pour ma part, je préfère prendre en compte cette mélancolie ou cette colère qui saisissent devant les changements de l'aspect de notre environnement bio-physique. Cette prise en compte invite à reformuler la question du paysage : *analyser le paysage aujourd'hui, c'est avant tout mesurer ses évolutions et identifier les processus qui les engendrent, c'est-à-dire mettre les dynamiques au premier plan*. Cela nécessite une « expertise » aussi précise que possible sur ce qui change dans les formes, dans le contenu et dans les représentations. Dresser l'état du milieu bio-physique est indispensable pour savoir de quoi on parle. Cette visée est indissociable à la prise en compte de l'inquiétude contemporaine sur l'avenir de l'environnement terrestre pour savoir où (c'est le rôle des géographes), pourquoi (c'est le rôle des écologues) et comment (c'est le produit du dialogue entre les uns et les autres) agir. Analyser, en contrepoint, ce que les acteurs sociaux, les habitants et les visiteurs mettent dans le paysage est aussi une exigence. Le glissement, là aussi figure obligée dans la demande faite aux chercheurs, se fait naturellement vers une interrogation articulant paysage et développement durable.

Ce point de vue fixe ainsi une ligne de conduite pour le présent et l'avenir : il impose de se conformer à une approche pluridisciplinaire sur la base de la transversalité créée par le nouveau contexte. Ceci n'est pas l'avis unanime chez les géographes qui ont encore parfois du mal à reconnaître qu'ils se sont intéressés tardivement et minoritairement aux questions d'environnement. Le repli de la discipline sur elle-même ne serait pas un bon signe que l'environnement est pris au sérieux. Surtout lorsqu'elle s'accompagne de brevets d'autosatisfaction sur le thème : « l'environnement, il y a bien longtemps que nous nous y intéressons, puisque nous faisons de la géographie physique ». Sur ce point, je ne peux être d'accord avec l'interprétation d'Yvette VEYRET en introduction du *Dictionnaire de l'environnement* (2007), introduction dans laquelle elle fait des géographes des pionniers en la matière. Si les savoirs et les savoir-faire des géographes, notamment en géographie physique, retrouvent une utilité dans le contexte nouveau, force est de constater que, mis à part quelques pionniers comme Jean TRICART ou Georges BERTRAND, les géographes ont mis beaucoup de temps à prendre au sérieux les questions d'environnement. Sur ce point, je plaide aussi coupable que les autres ; sans doute la responsabilité prise à la direction du DESS Espace et Milieux, aux côtés de Gilles BENEST, écologue engagé, a-t-elle été décisive. J'essaierai, dans ce qui suit, de ne pas tomber dans le travers inverse en faisant preuve du zèle du converti. Plus modestement, les chercheurs formés à l'école de la géographie ont sans nul doute des atouts à faire valoir et une « petite musique » à faire entendre. Paul ARNOULD et Laurent SIMON (2007) ont commencé à tracer cette partition originale ; ma conviction (et, me semble-t-il, la leur) est qu'elle n'a un intérêt que si nous ne la jouons pas seuls.

¹³³ J'emprunte, on l'aura reconnu, le jeu de mots à Roger BRUNET qui plaidait pour « la France, un territoire à ménager » (2001).

9.1 - Comment le paysage en est-il venu à croiser l'environnement ?

9.1.1- Le paysage : persistance du sens originel

Constat de départ : il n'y a pas eu, dans la langue française, de changement majeur dans le sens du mot *paysage*. Celui-ci, dans son sens général – « étendue de pays qu'une personne peut observer » - a peu varié (contrairement au mot *végétation*, évoqué au chapitre 3) depuis son apparition à la Renaissance. Divers auteurs (BRUNET, par exemple, 1990, ROUGERIE et BEROUCHTCHACHVILI, 1991) le voient d'abord surgir dans la langue italienne (*paesaggio*) ; la plupart accordent aujourd'hui plutôt la prééminence au néerlandais *Landschap*. Somme toute, c'est plus la simultanéité qui est frappante que l'avantage pris par telle ou telle langue ; Catherine FRANCESCHI (1997) a tenté de retracer la chronologie :

« il est courant d'ordonner l'apparition des mots équivalents à paysage de la manière suivante : le néerlandais *landschap* (fin XV^e siècle), l'allemand *Landschaft*, l'anglais *landscape*, enfin le français *paysage*, puis ses dérivés italien et espagnol *paesaggio* et *paisaje*. »

A partir de ce point de départ, le mot est progressivement saisi par de nouveaux groupes ou de nouvelles couches de la société, de nouvelles significations s'ajoutant et l'enrichissant, le construisant en concept, moins flou qu'on ne le présente souvent. Pour Jean-Robert PITTE et Didier LAVERGNE (*in LAVERGNE et al., Encycl. Univ.*), par exemple :

« On ne peut que regretter la multiplication des sens et usages d'un terme qui devient source d'ambiguïtés et propagateur de confusion ».

L'enrichissement progressif du terme ne lui porte pourtant pas préjudice, dans la mesure où ses diverses significations s'articulent, au final, bien entre elles. Il est ainsi contestable d'en faire un terme polysémique (ROUGERIE et BEROUCHTCHACHVILI, 1992). Aucune des significations accordées au terme de paysage n'est en contradiction avec son sens initial :

« Étendue de pays qui présente une vue d'ensemble » (Larousse) ; « étendue de pays que l'on voit d'un seul aspect » (Littré) ; « partie d'un pays que la nature présente à un observateur » (Le Robert) ; « vue d'ensemble qu'offre la nature, d'une étendue de pays, d'une région » (Trésor de la Langue française) ...

La concordance entre les dictionnaires serait parfaite, n'était le rôle médiateur accordé à la « nature » dans les deux derniers, ce qui est matière à discussion. On retrouverait ce sens général dans la plupart des langues européennes. Ainsi, en langue anglaise, trouve-t-on, pour *landscape* :

« scenery of a land area » (Oxford) ; « a wide view of a country scenery » (Longman) ; « a portion of territory that can be viewed at one time from one place » (Merriam Webster) ...

Pour en rester au cas de la langue anglaise, on remarque que, contrairement à ce qui en est quelquefois dit, la concordance avec le français *paysage* est parfaite. Il n'y a donc pas de prédisposition particulière en anglais pour une utilisation du mot *landscape* en écologie. Au rebours, le français *paysage* se prête ni mieux ni moins bien que l'anglais *landscape* à cette utilisation.

9.1.2 – Un mot qui se charge de significations

Comme pour le mot *végétation*, il est intéressant de soumettre le mot *paysage* à une requête simple auprès de la base *Frantext* proposée par l'Université de Nancy. Plus de 2 500 occurrences du terme apparaissent dans les 3 500 textes en langue française qui y sont répertoriés. La base ne prétend évidemment pas à l'exhaustivité mais l'examen de ces multiples occurrences permet de formuler quelques pistes pour une histoire de l'enrichissement du terme.

Dans la langue française, le mot apparaît au milieu du XVI^e siècle. Gabriel ROUGERIE et Nicolas BEROUCHTCHACHVILI (1991) signalent des occurrences chez Bernard PALISSY ou chez MONTAIGNE. Jean-Robert PITTE et Didier LAVERGNE (*Encycl. Univ.*) affirment que « le mot paysage apparaît pour la première fois dans le dictionnaire français-latin de Robert ESTIENNE, publié en 1549, pour désigner « une toile de peintre représentant une vue champêtre ou un jardin ». En fait, si le caractère champêtre est bien affirmé, on retrouve dès ces premiers temps du mot une double signification : à la fois, contrée embrassée du regard et représentation picturale de celle-ci. Dans la base Frantext, les premières occurrences correspondent ainsi à un texte *Le printemps* (1572) d'un poète un peu oublié de la Pléiade, Jacques YVER, évoquant un « paysage de mille fontaines » et à une phrase de Blaise DE VIGNERIE (1577) se référant au genre pictural paysager.

A la faveur du développement de ce genre, les références au paysage du peintre se multiplient. La peinture paysagère a longtemps été autre chose qu'une évocation de la réalité même si un soin tout particulier est apporté à l'exactitude des détails ; dès lors, utiliser la peinture de cette époque, à vocation didactique ou poétique, pour une peinture du réel n'est pas sans risque, on le verra à propos du paysage méditerranéen. En revanche, elle nous renseigne sur ce qu'une époque recherche en matière d'aménagement. L'articulation avec l'art du jardin n'est jamais loin aux XVII^e et XVIII^e siècles, comme dans cet extrait du *Traité des sensations* de l'Abbé DE CONDILLAC (1754) :

« Des tapis de verdure, des bosquets de fleurs, des massifs de bois, où le soleil pénètre à peine ; des eaux qui coulent lentement ou qui se précipitent avec violence, embellissent ce paysage que paraît animer une lumière qui répand sur lui mille couleurs différentes. »

Cette signification persiste jusqu'à aujourd'hui mais il va s'en ajouter deux autres avec les Lumières.

L'une confère au paysage le rôle de porte d'entrée à la connaissance naturaliste du pays, bien illustrée dans l'œuvre de Jean-Jacques ROUSSEAU, comme avec cette phrase tirée de la *Nouvelle Héloïse* (1762) :

« Je ne verrai plus ces beaux paysages, ces forêts, ces lacs, ces bosquets, ces rochers, ces montagnes dont l'aspect a toujours touché mon cœur : mais maintenant que je ne peux plus courir ces heureuses contrées je n'ai qu'à ouvrir mon herbier et bientôt il m'y transporte. »

... Phrase-clé quand on y songe qui trouve un retentissement jusque dans la façon dont sont prises les décisions en matière de protection des espaces naturels. L'avis que donnent les naturalistes est indissociablement guidé par des arguments scientifiques et par l'attachement à un pays et au paysage qui l'incarne.

Par ailleurs, préfigurant l'usage du paysage que fera l'école française de géographie, les encyclopédistes et les physiocrates commencent à en faire un indicateur synthétique de l'état d'une contrée et de sa mise en valeur par les hommes. Ceci se lit bien chez l'Abbé RAYNAL (*Histoire philosophique et politique des établissements et du commerce des Européens dans les deux Indes* : 1770) :

« Au-delà du Lac Erié s'étend une terre distinguée sous le nom de détroit¹³⁴. Elle surpasse tout le Canada par la douceur du climat, par la beauté, la variété du paysage, par la fertilité du sol, par l'abondance de la chasse et de la pêche. La nature a tout prodigué pour en faire un séjour délicieux. »

... Et, mieux encore, chez BERNARDIN DE SAINT-PIERRE (*Voyage à l'île de France*, 1773), romancier du paradis perdu¹³⁵ mais aussi anticipateur de la manière vidalienne. L'utilisation du paysage pour servir une description objective de la contrée n'est ainsi nullement liée à un captage par la géographie universitaire au début du XX^e siècle :

¹³⁴ Bien avant que s'y installe la capitale aujourd'hui déchuée de l'automobile.

¹³⁵ Son roman le plus célèbre, *Paul et Virginie*, est, est au demeurant, placé dans cette île de France (aujourd'hui Maurice).

« Voici le plan que j'ai suivi. Je commence par les plantes et les animaux naturels à chaque pays. J'en décris le climat et le sol tel qu'il était sortant des mains de la nature. Le paysage est le fond du tableau de la vie humaine. Je passe ensuite aux caractères et aux mœurs des habitants ... »

Plus qu'une nouvelle signification, le XIX^e siècle a apporté une extension géographique du terme. Jusqu'alors, le mot paysage ne s'employait que pour les vues traduisant le bien-être, à travers les tableaux champêtres et bucoliques, sans exclure la ville comme avec la Vue de Delft par Vermeer (1660), et intégrant la notion de prospérité. Cette acception restreinte est lisible, on l'a vu (chapitre 3), chez Tournefort dans son voyage en Asie Mineure (1700-1702) :

« Ce célèbre Mont Ida ne montre qu'un gros vilain dos d'âne tout plat : on n'y voit ni paysage, ni solitude agréable, ni fontaine, ni ruisseau. »

Le romantisme étend considérablement le champ du paysage aux vues pittoresques, aux montagnes, aux forêts. Les espaces où la nature s'exprime intéressent, voire fascinent. Théophile GAUTIER (1858) manifeste ainsi un goût opposé à celui de TOURNEFORT en matière de paysages méditerranéens :

« Les travaux de détournement de la Durance sont achevés, et chaque bastide s'enorgueillit aujourd'hui d'un bassin et d'un jet d'eau. Il en est qui pousse la fatuité jusqu'à la cascade. Marseille va être entouré bientôt d'une foule de Versailles, de Marly et de Saint-Cloud en miniature ; avant peu, j'en ai bien peur, ces magnifiques terrains calcinés de lumière, ces beaux rochers couleur de liège et de pain grillé seront revêtus de végétation, et le vert épinard, joie des propriétaires, terreur des paysagistes, fera disparaître cette étincelante aridité . »

Le paysage où l'expression de la nature a libre cours, a, on le sait, donné naissance aux premiers espaces protégés, avec les « séries artistiques » que les peintres de Barbizon firent classer en forêt de Fontainebleau. Dans la même perspective, l'aspect monumental et grandiose de certains spectacles naturels touche la sensibilité de l'époque, ce qui ouvre une nouvelle ère reconnaissant une dimension patrimoniale au paysage. Certains panoramas deviennent emblématiques pour une nation, comme avec la naissance, aux Etats-Unis, des premiers parcs nationaux. A sa naissance, la protection des espaces naturels a ainsi d'abord reposée sur des arguments paysagers, bien avant l'intérêt biologique ou géologique des sites classés.

Au tournant des XIX^e et XX^e siècles, l'école française de géographie, puis, dans la deuxième moitié du XX^e siècle, certains courants de l'écologie, en Allemagne, en Union soviétique, en Australie, aux Etats-Unis, ont alors mené une tentative de construire le paysage en objet scientifique. Cette construction doit être replacée dans l'histoire longue du mot paysage non comme une tentative de confiscation mais comme une volonté de disposer d'études aidant à la compréhension de la façon dont la biocénose d'une part, les sociétés humaines de l'autre, occupent l'espace. Les autres significations demeurent et l'articulation avec la part subjective du paysage doit être travaillée. Il serait même dommage qu'elle ne le soit pas

9.1.3 – L'environnement : l'émergence d'un « enjeu stratégique »

L'environnement, à l'inverse, se joue dans l'histoire courte. Le terme reste (de moins en moins) regardé avec suspicion et on souligne à l'envi son ambiguïté :

« Dans son acception contemporaine, l'environnement a des dimensions variables, qui vont du globe au voisinage. C'est un concept sans échelle, « sans frontière » [...], sans limite, ce qui rend sa définition malaisée. Son ambiguïté résulte également de la variabilité des usages du terme, qui oscillent entre une représentation hypostasiée faisant de l'environnement une réalité extérieure à l'homme, et un sens relationnel qui le représente plus justement comme environnement perçu, respiré, ingéré, représenté ou imaginé » (EMELIANOFF, in LEVY, LUSSAULT, eds., 2003).

L'autre handicap qui pèse (au moins en France) sur le mot environnement est d'être en usage dans les pays de langue anglaise, où il serait en quelque sorte l'équivalent du milieu, plus usité chez les scientifiques français qu'ils soient écologues ou géographes. Cyria EMELIANOFF (*op. cit.*) rappelle que ce rapprochement était déjà établi par VIDAL DE LA BLACHE en 1912. En dépit de cette ombre tutélaire, je ne pense pourtant pas que les deux mots soient équivalents, ni surtout que l'environnement ait été chargé, en 1912, du même questionnement qu'au début du XXI^e siècle. Cette façon de voir ne respecte pas la chronologie à travers laquelle l'environnement s'est imposé à nous.

Le mot d'environnement n'a connu, en France, sa véritable fortune et ne sera véritablement approprié par l'opinion publique qu'avec la création en 1971 d'un Ministère de l'Environnement, pour des raisons à la fois de politique intérieure et de contexte international, les deux étant interdépendants. Le contexte international est celui de la préparation des premières grandes conférences internationales consacrées à ce sujet, notamment celle qui s'est tenue à Stockholm en 1972. Il est aussi celui de l'intrusion, dans la critique radicale de la société, d'une dimension anti-industrielle et hostile à la société de consommation. Cette dimension radicale a plutôt reposé sur un nouvel emploi du mot écologie dans la société. Le mot environnement, à travers sa transposition ministérielle, renvoyait principalement à deux questions qui se sont trouvées, de ce fait, liées : celle de la protection de la nature et celle du cadre de vie. Ceci n'excluait pas de vigoureuses mises en accusation, mais elles portaient plus sur la responsabilité de l'humanité que sur un système économique en particulier : en témoigne, par exemple, le cri d'alarme lancé par Jean DORST dans son livre *Avant que nature meure* (1966, réédité à de nombreuses reprises). Le discours que fit Jean DORST pour son accueil à l'Académie des Sciences en 1973 donne cependant bien la mesure des objectifs de ce courant :

« Le jour où les idées de conservation et de développement économique raisonnable seront étroitement associées, alors seulement nous pourrons entretenir quelque espoir quant au devenir de l'homme sur terre. »

La mise en place et le suivi d'espaces protégés dont le Conseil National de Protection de la Nature a eu la charge à partir de 1946 a constitué le grand œuvre du nouveau ministère avant que son champ ne s'étende. Cette tâche a été, dans un premier temps, relayée par la préoccupation se faisant jour autour de la transformation du cadre de vie, forte durant la décennie d'expansion économique des années 1960. Elle s'est exprimée au cœur du pouvoir même, comme contrepoint à une politique d'aménagement du territoire fondée sur la mise en place d'équipements lourds, notamment à travers l'émission télévisée *La France défigurée*, coproduite par un ancien chef de cabinet du ministère de l'agriculture, Michel PERICARD. Le lien environnement / paysage était dès lors établi et suffisamment popularisé pour qu'il soit bien difficile aujourd'hui de revenir en arrière en cherchant à séparer à nouveau les deux termes.

Une deuxième étape est franchie, pour le mot environnement, dans les années 1990 avec les inquiétudes sur l'état de la planète, légitimées en quelque sorte par les grandes conférences internationales. Le terme a pris, de ce fait, un sens à la fois plus large et plus précis. La demande sociale en expertise (sur les ressources, sur le changement climatique, sur l'érosion et l'épuisement des sols, sur l'état de la diversité biologique, sur l'énergie, etc.) s'est faite beaucoup plus forte et a poussé l'université et la recherche à brusquement adopter un mot qui leur semblait jusqu'alors suspect. On lui reprochait « son caractère flou, anglo-saxon et politisé » (EMELIANOFF, *op. cit.*). Les temps ont bien changé et la restructuration de l'offre de formation à l'œuvre dans la réforme dite « LMD » a montré un intérêt soudain et multiforme des universités et des grandes établissements d'enseignement supérieur pour l'environnement. Au point que la bataille est féroce pour occuper le champ, là où, d'évidence, l'interdisciplinarité devrait être la règle. En géographie, en quelques années, la valse des intitulés a été spectaculaire : l'expression géographie physique s'est effacée et les intitulés de formation ou d'unités d'enseignement ont intégré le mot environnement. Le CNRS a créé en 2006 un département *Environnement et Développement Durable* aux côtés de ses

département traditionnels, Science du Vivant, Sciences Humaines et Sociales... Le site internet du CNRS justifie cette création par le fait qu'environnement et développement durable sont devenus « à l'échelle planétaire » des « enjeux stratégiques ».

S'agit-il d'un simple effet de mode permettant de recycler sous un nouveau terme ce qui se faisait auparavant ? La géographie de l'environnement serait-elle, par exemple, simplement la géographie physique affublée d'un faux-nez ? Je ne le crois pas et les questions qui nous sont posées sont suffisamment précises pour changer notablement notre façon d'aborder l'espace bio-physique. Le changement de questionnement se répercute en fait sur l'ensemble : objectifs, concepts et méthodes. Dans ce contexte, le croisement entre environnement et paysage qui avait commencé de se produire s'est approfondi. On tend en effet de plus en plus à rechercher dans le paysage les informations et les signes des changements qui affectent l'environnement. Indissociablement, cela concerne l'étude objective du paysage et celle de ses représentations, en particulier photographiques.

9.1.4 – Une définition officielle du paysage en Europe

L'évolution de la société, ses préoccupations de l'heure, décident largement, on vient de le voir, de la signification et de l'usage des termes. Pour le paysage, dans son croisement avec l'environnement, cela a débouché sur une sorte de définition « officielle », qui devrait clore, au moins temporairement, le débat sur le caractère polysémique du mot. Cette définition figure dans la *Convention européenne du paysage*.

Traité ouvert à la signature des états membres du Conseil de l'Europe depuis la conférence de Florence en octobre 2000, la Convention européenne du paysage entre peu à peu en vigueur, que les états soient membres de l'Union européenne ou non. La mise en application de ce texte ou même sa signature reste très inégale sur le territoire européen puisque certains états membres et non des moindres ne l'ont pas signée : la Russie, notamment, et, au sein de l'Union européenne, l'Allemagne sont dans ce cas. D'autres comme le Royaume-Uni (21 février 2006), la Suède ou la Suisse n'ont apposé leur signature que récemment. Le processus législatif peut, par ailleurs, dans certains états, être fort long. La France en est un bon exemple puisqu'elle fit partie des premiers états signataires (dès la conférence de Florence) mais qu'il a fallu attendre le 17 mars 2006 pour que le texte soit ratifié, le 1^{er} juillet 2006 pour qu'il entre en vigueur et le 20 décembre 2006 pour la sortie du décret d'application. L'entrée en vigueur a été beaucoup plus rapide dans des états comme la Bulgarie ou la Roumanie qui n'étaient alors pas membres de l'Union européenne, ou dans des pays qui ne le sont toujours pas, comme la Croatie et la Turquie. Il est ainsi un peu tôt pour que soit mesuré ce qui a changé avec l'adoption de la Convention, ou même pour qu'on ait une idée très claire de ce que pourrait être sa mise en application : même avec des décrets d'application, il n'est pas rare qu'un texte législatif reste lettre morte.

En quoi consiste le texte ? Le texte, résumé la *Gazette des Communes* au moment de la sortie du décret d'application (décembre 2006), tend à renforcer la protection, la gestion et l'aménagement des paysages et organise la coopération européenne dans ce domaine. Le paysage est désormais reconnu juridiquement en tant que composante essentielle du cadre de vie des populations. Ici, se place la définition officielle du paysage :

« *Paysage* désigne une partie de territoire telle que perçue par les populations, dont le caractère résulte de l'action de facteurs naturels et/ou humains et de leurs interrelations. Le terme paysage est donc défini comme une zone ou un espace, tel que perçu par les habitants du lieu ou les visiteurs, dont l'aspect et le caractère résultent de l'action de facteurs naturels et/ou culturels (c'est-à-dire humains). Cette définition tient compte de l'idée que les paysages évoluent dans le temps, sous l'effet des forces naturelles et de l'action des êtres humains.

Elle souligne également l'idée que le paysage forme un tout dont les éléments naturels et culturels sont considérés simultanément. »

Comme tout ce qui se veut peu ou prou définitif, cette définition est appelée à évoluer. Le compromis y pointe dans la maladresse même de certaines formulations qui font du paysage une réalité matérielle ... mais « telle que perçue par les populations ». Rédigée à partir des propositions de chercheurs en sciences de la nature comme en sciences sociales, la définition donnée par la Convention est opérationnelle.

Aussi circonstancielle soit-elle, elle offre trois avantages. En faisant du paysage une des dimensions majeures de l'aménagement et de la gestion des territoires, elle règle le problème de l'utilité ou non de l'emploi du terme en quelque sorte en nous l'imposant. En deuxième lieu, tout en se plaçant résolument dans le domaine de l'environnement, elle n'oublie aucune des significations signalées ci-dessus, qu'elle soit esthétique, culturelle, géographique ou écologique. Enfin, elle prend en compte le caractère dynamique du paysage dont les éléments sont en constante redistribution les uns par rapport aux autres. C'est cet aspect dynamique du paysage que je développerai dans les deux chapitres suivants.

9.2- Une notion qui ne fait pas sens dans toutes les sociétés

9.2.1 – Là où le paysage fait sens et là où il ne le fait pas

La notion de paysage telle qu'elle a émergée dans l'Europe des Temps modernes n'est cependant pas universelle ainsi que le souligne Augustin BERQUE (1995) dans une perspective d'étude comparée des civilisations :

« Pourquoi des civilisations entières, et non des moindres, comme l'Inde ou bien l'Islam, ont-elles ignoré la notion de paysage ? Voilà qui est bien difficile à concevoir ... Car, pensons-nous, les êtres humains, en tout temps et en tous lieux, n'ont-ils pas des yeux pour voir, et un environnement à regarder ? Or contrairement à cette évidence, le paysage n'est pas universel. »

Pour BERQUE, seul un petit nombre de civilisations peuvent être qualifiées de « paysagères » : outre la civilisation occidentale, les civilisations chinoise et japonaise sont ainsi qualifiées, le mot n'y recouvrant d'ailleurs pas exactement le même sens qu'en Occident. Ailleurs (et aussi dans des époques lointaines), la conscience paysagère serait absente. Derrière l'apparente simplicité du regard jeté sur le pays par un observateur, deux éléments se combineraient : la perception que l'observateur a de son environnement immédiat, le système de représentations dans lequel ce regard s'insère.

« Dans notre langue comme dans beaucoup d'autres », explique BERQUE (1995), « le mot *paysage* désigne à la fois les choses de l'environnement et la représentation de ces choses ». BERQUE admet qu'il y a bien, « à la base », un assemblage d'objets qualifiables et quantifiables qui constituent le paysage. Il correspond bien à une certaine structure spatiale dont il est parfaitement possible de faire une étude « objective ». Doit-on s'en tenir là ? Ce serait bien dommage car l'intérêt du concept de paysage est précisément dans ce qui est vu comme sa faiblesse : son aspect à la fois matériel et immatériel.

On peut n'être pas d'accord avec la courte liste d'Augustin BERQUE, estimer par exemple qu'il y a bien une sensibilité paysagère dans la civilisation musulmane. Son analyse met cependant bien l'accent sur un élément fondamental à prendre en compte dès que l'on mène une étude sur un terrain quel qu'il soit : quel sens ont, dans le contexte régional ou national de travail, les concepts et les notions sur lesquels nous nous appuyons ? On reverra ainsi la difficulté de travailler sur les paysages forestiers dans une Afrique de l'Ouest où ni le mot de paysage, ni le mot de forêt ne font

vraiment sens. Les manifestations de la nature sont parfois si spectaculaires qu'il apparaît étrange que certaines civilisations ne leur accordent qu'une attention distraite, ou même, ne semblent pas les voir. Les conséquences spatiales de l'éveil à la sensibilité paysagère peuvent cependant être considérables comme le montre l'exemple de Rio de Janeiro.

9.2.1- Rio de Janeiro : grand site longtemps peu perçu

Le moment d'éveil à la sensibilité paysagère est intéressant à saisir dans une civilisation ; il est surtout intéressant d'en saisir les conséquences pratiques pour le lieu qui se trouve ainsi perçu tout à fait différemment. La manière dont a été occupé le site de Rio de Janeiro est sur ce point exemplaire. Voici un endroit qui a, en apparence, tout pour être immédiatement reconnu comme paysage exceptionnel, caractère exceptionnel qui tient à la succession de cordons littoraux arqués ancrés sur des pitons rocheux aux formes si particulières liées à l'érosion des granites en climat tropical humide de dos d'éléphant, de demi-oranges et pour les plus spectaculaires de pains de sucre (dont, bien évidemment, la montagne éponyme). Emprisonnées par les cordons sableux, des lagunes étroites en arrière desquelles une ligne montagneuse qui présente à nouveau des formes étranges dont le célèbre pic du Corcovado (le « bossu ») complètent le tableau (fig. 70). Sauf que celui-ci ne correspond qu'à une partie de la ville, celle qui n'a été occupée qu'au cours du dernier siècle ... Après, c'est en tout cas mon hypothèse, que la sensibilité paysagère se soit éveillée dans la société brésilienne.

Figure 70 : Une partie du site de Rio de Janeiro, vue depuis le Corcovado (photographie : Frédéric ALEXANDRE, 2006)

De la difficulté de photographier ce site où le centre migre peu à peu à mesure que la sensibilité paysagère s'affirme. A gauche, les anciens quartiers centraux sur terrain plan ; de part et d'autre du Pain de Sucre, les quartiers de Botafogo et de Copacabana marque l'occupation progressive des anses marquées par l'arc des cordons sableux. Au centre de la photo, la favela d'Humaitá est une des plus anciennes.



Prenons comme exemplaire l'œuvre du plus célèbre des écrivains cariocas du XIX^e siècle, Joaquim Maria MACHADO DE ASSIS. A relire les Mémoires posthumes de Brás Cubas (1880), dans lesquelles on observe le personnage principal, il est frappant de constater que, pour un homme si visiblement attaché à sa ville, ce paysage est entièrement absent. Aucune sensibilité paysagère ne se dégage de ces pages qui décrivent par ailleurs de façon si subtile et dans une langue très moderne, la société de ce qui était alors la capitale du Brésil. Au détour d'une page, on y croise bien la plage de Botafogo, on fait retraite sur les hauteurs plus fraîches et retirées de Tijuca. Mais rien de ce qui fait aujourd'hui l'identité un peu tapageuse de la *cidade maravilhosa* ne transparait.

La ville tourne d'ailleurs à l'époque le dos à ce paysage, installée sur un terrain plat à l'entrée de la baie de Guanabara. Et si les barons du café et autres nouvelles fortunes partent à l'assaut des mornes (*morros*) les moins pentus de Santa Teresa ou Cosme Velho, c'est plus pour des raisons climatériques comme l'on disait alors que pour la beauté du point de vue. Leurs villas se noient dans la végétation tropicale telles qu'on peut encore les apercevoir dans le quartier du Flamengo et la bien-nommée *Rua das Laranjeiras* (rue des Orangers). Les pentes les plus fortes, celles qui offrent les plus belles vues mais où les glissements de terrain sont fréquents sont délaissées et finalement conquises par ceux qui n'ont pas de lieu où s'établir : ainsi les premières *favelas* se sont-elles constituées. Le nom même de favela donné à ces quartiers rappelle combien ces secteurs étaient peu convoités, en dépit des vues imprenables qu'ils offraient. Il a été donné par dérision par les soldats démobilisés de régiments engagés durant deux ans (1896-1897) dans une guerre féroce contre un groupe de quelques milliers de paysans révoltés, regroupés dans le village de Canudos autour d'un mystique, Antonio Conselheiro dans le Nordeste intérieur (sertão) du Brésil. Les soldats, installés lors de cette campagne sur une colline où ne poussait que la maigre caatinga du sertão dominée ici par un arbuste de la famille des Euphorbiacées, la *favela* (*Jatropha phyllacantha*), donnèrent ce nom au quartier de laissés-pour-compte où ils durent s'installer à leur retour. La guerre de Canudos est décrite dans une autre œuvre de la littérature brésilienne, *Os Sertões*, d'Euclides DA CUNHA (1902). Dans une première partie, nommée « la terre », il y décrit avec minutie le paysage suivant un plan qui rappelle beaucoup la manière des géographes français de l'époque. La connaissance scientifique du paysage précède, en quelque sorte ici, la sensibilité paysagère. Dans le domaine des représentations du paysage brésilien, la figure tragique du paysage du *sertão* précède l'image plus insouciant des plages de Rio.

Il faut attendre le début du XX^e siècle pour que le paysage carioca soit réellement « découvert » (ou plutôt redécouvert car les premiers navigateurs européens n'avaient pas été insensibles à l'étrangeté du site). C'est le moment où le téléphérique qui mène au Pain de Sucre est construit, puis qu'un train à crémaillère conduit au Corcovado. L'impulsion est alors donnée et la conquête des cordons littoraux lovés dans les anses situées au sud de la ville s'effectue alors, au prix de travaux considérables (creusement de tunnels notamment), accompagnant l'excentration progressive des quartiers centraux, de l'anse de Copacabana, à celle d'Ipanema, plus loin encore aujourd'hui... Sur ces espaces exigus, la concurrence foncière est féroce. Pour la bourgeoisie carioca, comme pour le visiteur, la recherche du cadre désormais enchanteur devient essentielle : l'habitat se verticalise au détriment de l'ambiance climatique, la généralisation de la climatisation corrigeant les touffeurs de l'été austral. Les terrains autrefois délaissés sont aujourd'hui convoités et les populations modestes sont renvoyées vers les quartiers lointains et inesthétiques au nord-est de la ville. Du paysage peu perçu au paysage convoité, la morphologie de la ville de Rio de Janeiro a ainsi complètement changé en un siècle.

9.3 - L'importance du facteur culturel dans la définition d'espaces protégés ou labellisés

Interrogé par le journal *Le Monde* (octobre 2008), Robert BARBAULT soulignait l'écart assez considérable existant entre les espaces protégés à l'échelle de la planète et ceux qui mériteraient « objectivement » de l'être. Cette remarque pointe que, en la matière, il est bien difficile de rester dans des arguments « purement » scientifiques. Il existe dans toute évaluation du patrimoine naturel, évaluation qui tente de combiner richesse, intérêt et fragilité de la biocénose des arguments culturels, souvent non explicites, qui ont un poids important dans les décisions qui sont prises. Là encore, la prise en compte du paysage dans ses aspects matériels comme immatériels, loin d'être une faiblesse, se révèle une bonne aide à l'interprétation.

Même les décisions prises en raison de connaissances « objectives » sont culturellement et historiquement déterminées. Ainsi, aujourd'hui, pour reprendre un exemple connu, le choix du maintien des pelouses calcicoles tient-il beaucoup plus à l'attrait pour les Orchidées et les paysages où elles poussent qu'à la raison « objective » de préserver un patrimoine biologique. En effet, si les Orchidées sont menacées, ce n'est que par la dynamique naturelle de reconquête des ligneux après abandon des parcours par les troupeaux ovins. La reconquête ligneuse spontanée « menace » aussi au Mont Ventoux¹³⁶ dont la partie sommitale asylvatique voit se disséminer peu à peu les Pins à crochets (*Pinus uncinata*). Cette reconquête forestière, seulement ralentie par la violence du vent et l'hostilité du lithosol, se produirait en dehors du contexte du réchauffement climatique : *Pinus uncinata* reprend là sa place puisqu'on le retrouve à des altitudes beaucoup plus élevées (jusqu'à 2700 m, RAMEAU *et al.*, 2008). Que menace cette remontée biologique de la forêt ? Un biotope original ? L'argument scientifique repose sur l'existence de stations où poussent quelques espèces arctico-alpines comme le Pavot des Alpes (*Papaver aurantiacum*). Beaucoup plus sûrement, c'est le paysage qui est menacé, la sensibilité paysagère d'aujourd'hui n'imaginant guère le Mont sans son sommet chauve.

Le choix peut aussi dépendre d'enjeux identitaires nationaux. L'expérience vécue en forêt de Białowieża mérite ainsi d'être contée. Nous nous y sommes rendus dans le cadre du voyage d'étude qui clôt chaque année dans le master professionnel Espace et Milieux le semestre d'enseignements avant que les étudiants ne se dispersent en stage professionnel. Exercice imposé pour ce stage collectif qui se prête peu, se déroulant en février, à la collecte de données naturalistes sur le terrain : entrer sur un territoire par une question touchant son environnement en menant une enquête auprès des acteurs et, éventuellement, des habitants. Deuxième figure imposée : le sujet doit correspondre à une demande qui nous est adressée. En 2005, nous avons ainsi été missionnés par l'équipe animatrice de la Réserve de biosphère du pays de Fontainebleau et du Gâtinais français qui, souhaitant donner une dimension internationale à son action, nous a demandé d'étudier la possibilité d'un jumelage avec la Réserve de Biosphère de Białowieża.

Cette Réserve de Biosphère est transfrontalière, le massif forestier étant à cheval sur la Pologne et la Biélorussie, conséquence de la translation vers l'ouest du territoire polonais (et donc de la frontière soviéto-polonaise) dans le contexte politique de la fin de la Deuxième Guerre mondiale. Pour être plus exact, il s'agit, de fait, de deux réserves accolées. Drôle de territoire transfrontalier en effet, traversé par une frontière rigoureusement hermétique, puisque les seules portes d'entrée vers la Biélorussie se situe 100 km plu au nord ou 100 km plus au sud. La Réserve de Biosphère biélorusse posant trop de problèmes d'ordre politique, nous nous sommes concentrés sur la partie polonaise.

A priori, l'idée avancée par l'Association des Naturalistes de la Vallée du Loing (ANVL), à l'origine de cette idée de jumelage, était séduisante : deux forêts de grande taille, emblématiques

¹³⁶ Étudié dans le cadre du stage de rentrée du master Espace et Milieux (septembre 2006) : l'objectif du stage était de réfléchir au projet de la Réserve de Biosphère du Mont Ventoux au moment du renouvellement de sa charte.

l'une de la région biogéographique ouest-européenne, l'autre de l'Europe de l'Est, présentant une grande richesse floristique (surtout à Fontainebleau où l'originalité de la disposition géologique démultiplie les faciès). L'argument le plus fort reposait cependant sur l'existence de parties importantes de ces forêts traitées depuis longtemps en réserve biologique intégrale. Cette seconde caractéristique valait surtout, à dire vrai, pour Białowieża dont la réserve biologique intégrale, correspondant aux limites d'un Parc National est d'une taille bien supérieure (fig. 71) aux quelques parcelles de la forêt de Fontainebleau qui n'ont pas connu de transformation depuis la fin du XVII^e siècle (quelques autres parcelles se sont, depuis lors, ajoutées).

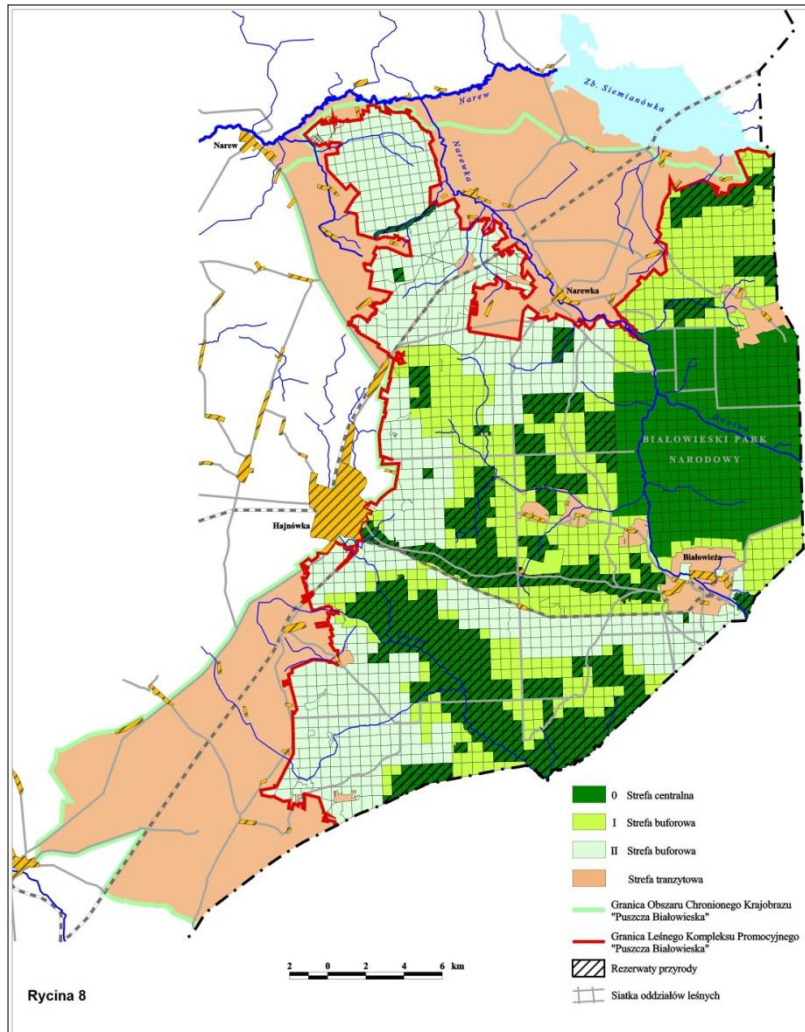


Figure 71 : Réserve de biosphère de la forêt de Białowieża (Pologne).

Carte de localisation des zones centrales (Parc national) en vert foncé, des zones tampon en vert clair et des zones périphériques en rose saumon.

En dépit de la cordialité de l'accueil et de l'intérêt des visites effectuées, nous avons vite saisi que l'idée dont nous étions porteurs ne recueillait qu'un intérêt poli. Cette fraîcheur était fondée pour partie au moins sur l'idée que le patrimoine était beaucoup plus important à Białowieża qu'à Fontainebleau, en raison même de la taille de la réserve intégrale, de la richesse en grande faune sauvage (au premier rang de laquelle le dernier troupeau de Bison d'Europe), de l'idée enfin que Białowieża représente la dernière forêt vierge d'Europe. La forêt de Fontainebleau, où s'est affirmée l'idée moderne de nature, où les premiers sentiers de découverte furent créés par Claude-Marie DENONCOURT, lieu de naissance de l'UICN, faisait-elle donc si pâle figure ? Tel n'était pas le problème pour les Polonais.

La clé se trouvait dans le beau muséum d'histoire naturelle. La présentation muséographique est fondée sur la présentation des principaux types d'écosystèmes ordonnés en fonction de l'humidité des sols. Chaque biocénose est identifiable aux essences forestières dominantes, aux types biologiques du sous-bois et à quelques espèces animales naturalisées, choisies moins pour leur caractère emblématique que pour leur insertion dans le type d'écosystème représenté. Cette présentation très pédagogique est précédée par deux grands tableaux paysagers qui évoque le mythe de Białowieża. Le premier présente un petit groupe de bisons d'Europe (*Bison bonasus*) en majesté dans une prairie à *Hierochloe odorata*, l'herbe à bison, avec en arrière-plan les cimes des grands arbres de la forêt. L'autre scène représente le grand duc de Lithuanie JAGELLON, devenu WLADISŁAW, roi de Pologne par son mariage avec EDWIGE D'ANJOU, sur ses terrains de chasse de Białowieża, éprouvant sa force et son courage dans une chasse au bison à cheval, avant d'aller affronter et de vaincre les Chevaliers Teutoniques à la bataille de Grünwald (1410).

A partir de là, tout s'ordonne et un chapitre du livre de l'historien Simon SCHAMA, *Le paysage et la mémoire* (1999), dévide les faits qui conduisent cette forêt à être plus encore un symbole de la nation polonaise qu'un site de grand intérêt scientifique (ce que, par ailleurs, elle est). La forêt de Białowieża, coupée en deux aujourd'hui, fut le cœur de ce qui fut le territoire du plus vaste état européen pendant deux siècles (XVII^e et XVIII^e siècles), le royaume de Pologne-Lithuanie (« la Pologne put se targuer d'avoir sinon les institutions les plus stables, du moins le territoire le plus étendu d'Europe », SCHAMA, *op. cit.*). Il est intéressant de noter que ce territoire qui passe pour le dernier morceau de forêt primaire en Europe fut, à la fin du XVIII^e siècle, mis en exploitation par une noblesse inspirée par la physiocratie :

« Lorsque l'Etat polonais s'affaiblit, les Radziwill, les Tyszkiewicz, les Lubomirski et autres s'avisèrent d'étayer leurs prétentions néo-féodales sur un esprit d'entreprise conquérant. [...] Des aristocrates comme les Branicki ou les Potocki aspiraient à changer leur antique costume de hobereaux sarmates moustachus contre la panoplie complète de gentilhomme des Lumières, raffiné, francophile, citoyen du monde, qui posséderait palais rococo, porcelaine de Meissen, mobilier de chrysolite, faux Fragonard, comédiens à demeure, ballet, orchestre, parc constellé de fontaines. Et ces nobles ne pouvaient que prêter une oreille complaisante à des intendants qui leur chuchotaient : défrichez et brûlez ; plantez et prospérez. » (SCHAMA, *op. cit.*)

Le commerce du bois s'y développa grâce à l'existence d'un nœud hydrographique, on y a extrait la potasse, on y produisit du goudron de hêtre, des verreries s'installèrent, on défricha pour étendre la céréaliculture. Finalement, après le partage de la Pologne qui la fit tomber dans l'Empire russe, la forêt ne dut sa survie qu'à l'action de Julius VON BRINCKEN, conservateur de la forêt de Białowieża pour le tsar Nicolas 1^{er}.

Grâce à cette action et au fait qu'elle était devenue réserve de chasse, le mythe a pu revivre autour de « l'antique forêt qui couvrait à l'origine notre continent », comme le dit un texte de 2003 de l'Académie des Sciences polonaises qui ajoute qu'elle est aussi le « précieux héritage culturel des trois nations polonaise, lithuanienne et biélorusse ». Sa partie centrale a été érigée en Parc national en 1932, le terme « national » devant être ici entendu au sens fort puisque la Pologne qui avait recouvré son indépendance après la Première Guerre mondiale était alors dirigée par la dictature du régime des colonels, mené par le maréchal PIŁSUDSKI.

Il s'est avéré pour finir que, en accord avec le texte cité ci-dessus de l'Académie des Sciences polonaises, la communauté scientifique était surtout intéressée par une extension du Parc national et donc de la réserve biologique intégrale, alors que la Réserve de biosphère était tenue par les forestiers et les municipalités des localités périphériques souhaitant garder et même développer l'activité économique dans le massif forestier. De telles tensions entre les acteurs rendaient notre proposition de jumelage peu réaliste.

9.4 – Analyse écologique du paysage

9.4.1 – Paysage et écologie

Si l'on tient à réserver le terme de paysage à sa dimension esthétique, à parler valeurs paysagères, il est évident qu'il faut suivre Alain ROGER (1994) ou bien encore Bernard Lassus (1991) dans leur croisade pour la dissociation des termes paysage et d'environnement. On a vu que les usages récents du paysage à travers la photographie esthétisée, à la manière d'ARTHUS-BERTRAND, pour servir un discours sur l'environnement militait plutôt pour une analyse conjointe.

La dissociation devrait aux yeux des auteurs cités être plus nette encore entre paysage et écologie :

« [...] L'écologie du paysage : une vieille connaissance, puisque ce monstre conceptuel apparaît – et ce n'est peut-être pas un hasard – sous la plume du biogéographe allemand Troll en 1939 (*Landschaftökologie*), avant d'essaimer dans les pays de l'Est et la pensée anglo-saxonne (*landscape ecology*). Je ne sais pas, quant à moi, ce que veut dire "écologie du paysage" ou plutôt si : c'est l'absorption du paysage dans sa réalité physique, la dissolution de ces valeurs dans les variables écologiques, bref sa naturalisation, alors qu'un paysage, en tant qu'objet esthétique, n'est jamais naturel, mais toujours culturel. » (ROGER, *op. cit.*)

Passons sur l'insinuation sur le passé nazi de l'expression « écologie du paysage », elle ne résiste pas à l'analyse (*cf.* introduction générale, note infra-paginale p. 15) et venons-en au cœur du débat : en réduisant la dimension culturelle du paysage à sa seule valeur esthétique, l'auteur ne garde presque plus rien du concept, ni la nature bien sûr, ni non plus l'histoire qui est tout de même une grande partie de cette dimension culturelle, on vient de le voir. Ne resterait du paysage que celui que l'urbaniste ou le paysagiste crée, à grand renfort de références qui n'ont d'historiques que le nom comme dans l'exemple de l'aire d'autoroute de Nîmes-Caissargues où Bernard LASSUS (1991) s'efforce de démontrer qu'il a créé de la « méditerranéité » (il sera question de ce terme dans le chapitre qui suit) non en jouant sur l'écologie méditerranéenne, réduite à quelques micocouliers et quelques cyprès mais en y introduisant des signes de la romanité du lieu :

« Sur cette pente reconstituée, on obtient un degré zéro du lieu sur lequel il était possible de repartir en paysage. [...] Il était important que fut assurée la romanité de l'aire, pour répondre à celle de Nîmes, cité précisément située sur l'antique voie domitienne menant en Espagne. En ce sens, l'aire, par ses colonnes et ses maquettes [...] cherche à constituer, pour notre époque, un avant-poste de cette romanité en venant de l'Espagne, tout en étant un arrière-poste de celle-ci en venant de l'Italie, comme un jardin du Belvédère de ces lieux. »

Finalement, monstre conceptuel pour monstre conceptuel, l'écologie du paysage me semble une piste plus intéressante à suivre. Tant pis si, l'habitude aidant, on emploie ce terme de paysage que d'autres auraient voulu se réserver. L'évolution du langage est ce qu'elle est et paysage et environnement ont maintenant parties liées. Plus généralement, la prise en compte des structures biologiques du paysage et des processus écologiques qui s'y déroulent, en articulation avec ce que l'on sait de l'histoire écologique du pays (histoire qui prend en compte l'action de l'homme sur son milieu de vie et les traces qu'il y a laissées), me paraît un projet susceptible de livrer quelques réponses aux questions que les sociétés se posent sur l'avenir de leur environnement. D'autant que, on l'a vu, la confrontation avec la signification culturelle du paysage se révèle tout à fait féconde. Autre avantage, la démarche a ramené l'écologie sur le terrain spatial, ce qui offre une nouvelle opportunité de dialogue avec la géographie. Le retour du spatial en écologie s'est fait au prix d'un retournement assez intéressant comme l'ont noté ROUGERIE et BEROUCHTCHACHVILI (1991).

Faisant un bilan détaillé des approches scientifiques suscitées par le concept de paysage, ils montrent que, dans la première moitié du XX^e siècle, le concept a surtout été utilisé par les géographes – et, singulièrement, par les géographes français – qui y ont vu le meilleur vecteur pour effectuer la synthèse entre le donné physiographique et la mise en valeur humaine (surtout agricole).

Ce faisant, les études des géographes et, parmi elles, les études des phytogéographes, ont été visées par les écologues comme uniquement descriptives et pré-scientifiques (cf. 1^{ère} partie). Dans la deuxième moitié du XX^e siècle, le paysage a, à l'inverse, suscité un intérêt grandissant chez des personnes venues de disciplines extrêmement diverses alors même que bon nombre de géographes s'en détournait. Ce mouvement s'est accompagné d'une tentative d'objectivation du paysage, mettant l'accent sur l'identification visuelle des structures spatiales de grande échelle et de leur signification. A travers différentes écoles et dans différents pays (donc dans différents contextes biophysiques et politiques), le paysage est devenu un objet pour l'écologie, théâtre des processus et des dynamiques qui se nouent dans les écosystèmes et qui trouvent là matière à s'inscrire spatialement.

9.4.2 – Ecologie du paysage

Le premier intérêt pour nous du développement de l'écologie du paysage est qu'elle s'appuie sur une analyse des structures spatiales de celui-ci. FORMAN et GODRON (1986), d'une part, BUREL et BAUDRY (1999), pour citer deux ouvrages de synthèse l'un en langue anglaise, l'autre en français, insistent sur le fait que, si la structure spatiale des paysages peut être complexe, elle résulte de l'agencement de quelques catégories d'éléments du paysage, peu nombreuses (fig. 72a). Trois catégories fondamentales d'éléments sont ainsi retenues : la *matrice*, englobante et porteuse le plus souvent de micro-hétérogénéité, les *corridors*, éléments linéaires qui peuvent se constituer en réseau, et les *taches* qui peuvent être isolées au sein d'une matrice ou se composer pour former une mosaïque. Les continums à facettes dont il a été question dans la deuxième partie contribuent à préciser le contenu de la matrice. Les continums dédoublés ou détriplés se rencontrent dans des paysages en mosaïque (alternance des flores d'ombre et de lumière par exemple), où lorsque des structures linéaires viennent régulièrement s'inscrire dans la matrice (au passage des vallées, par exemple). Les limites entre les éléments ne sont pas forcément nettes et l'on rencontre souvent des lisières en marge des matrices, des taches et des corridors. D'une façon générale, le statut des limites entre éléments du paysage doit être interrogé.

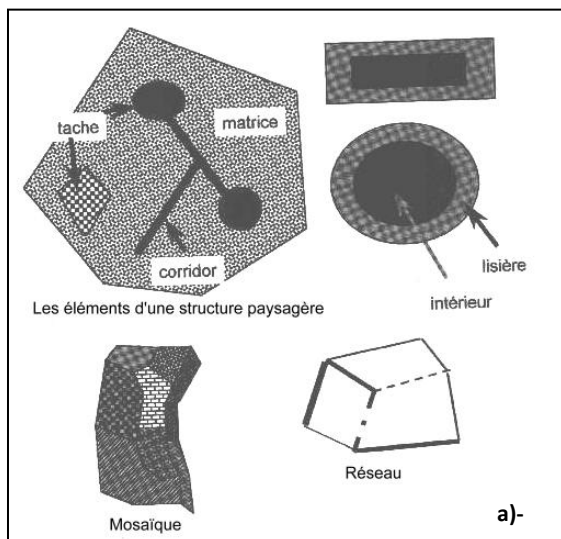
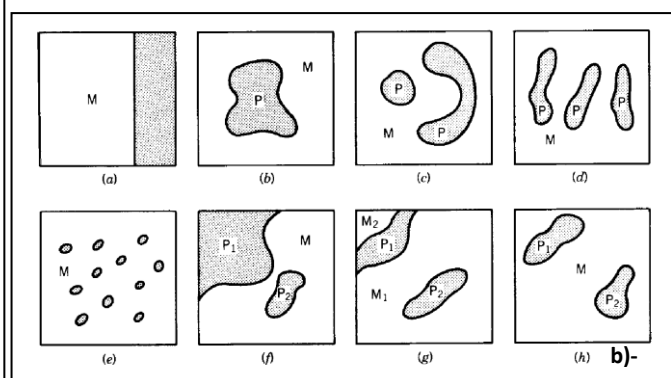


Figure 72 : a)- Les catégories d'éléments du paysage (Source : BUREL et BAUDRY, 1999)

b)- Variété des agencements possibles d'une matrice (M= matrix) et de taches (P = Patches) au sein d'un paysage (Source : FORMAN et GODRON, 1985).



Un peu comme dans le système des chorèmes de BRUNET (1990), si les éléments de base sont en petit nombre, la variété de leur taille, de leur forme, de leur agencement est infinie et conditionne ensuite totalement le fonctionnement des écosystèmes (fig. 72b). Les huit cas présentés sur la figure 72b renvoient ainsi à des raisonnements dans la biogéographie des îles (BROWN et LOMOLINO, 1998), chaque tache formant une île d'habitat (le cas des archipels étant encore plus complexe).

Cette étude de la structure spatiale du paysage débouche sur un certain nombre de principes d'écologie fonctionnelle en rapport avec cette structure. FORMAN et GODRON (1985) identifient ces grands principes. On peut citer les deux premiers, à titre d'exemples (l'apport du géographe ne se situant pas là) :

- *Structure et fonction du paysage* : les paysages sont hétérogènes et se différencient par l'agencement, spécifique à chacun d'entre eux, de la matrice, des taches et des corridors ; il en résulte des différences dans la distribution des espèces, de la matière et de l'énergie au sein de chacun de ces paysages ; la structure du paysage conditionne son fonctionnement et notamment les flux qui le traversent et le transforment ;
- *De la biodiversité* : l'hétérogénéité d'un paysage fait décroître l'abondance des espèces rares que l'on trouve au cœur des éléments du paysage, mais accroît l'abondance des espèces de lisière et des animaux qui ont besoin de deux éléments de paysage différents ou plus pour survivre, et améliore le nombre total d'espèces qui peuvent potentiellement coexister ;

Les autres principes concernent les *flux d'espèces*, la *redistribution des nutriments*, les *flux d'énergie*, les conditions dans lesquelles s'effectuent les *changements paysagers* ou, à l'inverse, ce qui favorise la *stabilité du paysage*. Tout ceci dessine un cadre spatial assurément moins schématique que celui des modèles couramment admis en écologie. Le géographe peut apporter beaucoup à la précision de ce cadre spatial en articulant ces éléments structuraux du paysage avec les autres structures spatiales, qu'il s'agisse des facteurs organisateurs des biocénoses ou des structures qui concernent la biocénose elle-même. En effet, on l'a vu dans la deuxième partie sur l'exemple de la flore, la coïncidence entre le paysage et la végétation n'est pas nécessairement la règle.

Revenons au paysage alpestre pris en exemple dans la conclusion de la deuxième partie (fig. 69) et voyons la description qui peut en être faite en utilisant les catégories utilisées en écologie du paysage :

« La structure spatiale des paysages tient sur les versants des montagnes d'Europe occidentale au rôle essentiel joué par les sociétés humaines dont les types de mise en valeur agro-sylvo-pastorales ont su exploiter dans un passé récent où l'économie d'auto-subsistance prédominait les diverses facettes d'un environnement varié mais difficile. Les paysages décrits par Schröter (1904) pour les Alpes du Nord, montraient un bel étagement altitudinal. Celui-ci connaissait cependant une infinité de variantes régionales et locales et ce qu'il en subsiste nous laisse à penser que le tableau devait être plus complexe que ne l'annoncent les livres. Des réseaux de limites de plusieurs ordres en ont résulté : la distinction ternaire entre les « mosaïques » du parcellaire d'exploitation autour des villages et des hameaux d'habitat permanent, les ensembles beaucoup plus vastes (« matrices ») où prédominent les limites communales constitués par les territoires exploités en commun (forêts, alpages) et les « taches » ou les « corridors » de naturalité constitués par les secteurs non mis en valeur (parois rocheuses, pierriers, chenaux d'écoulement torrentiel, secteurs de roches sensibles à l'érosion hydrique en proie au ravinement) doit être retenue. Leur agencement différait notablement d'un pays à l'autre. » (ALEXANDRE, 2003)

Depuis plusieurs années, l'attention s'est tout particulièrement portée, en écologie du paysage, sur les limites et les transitions, les formes qu'elles adoptent et les phénomènes qui s'y déroulent. Selon KENT *et al.* (1997), ces phénomènes dépendent beaucoup de la largeur de ces zones de transition, l'intensité des échanges et des flux n'étant pas la même selon que la transition est concentrée sur quelques centaines de mètres (*écotones*) ou sur une beaucoup plus grande largeur (*écoclines*). Ces termes liés à l'écologie doivent pouvoir être articulés avec les différentes formes des continuums à facettes décrits en 2^e partie.

9.4.3 – *Écocomplexe, anthroposystème, paysage*

Je rappellerai au final que je suivrai Patrick BLANDIN et Maxime LAMOTTE qui proposent, lorsque l'analyse ne porte que sur l'écologie des écosystèmes, de substituer au terme de paysage celui d'*écocomplexe* :

« Au total, l'écologie du paysage conduit à la reconnaissance d'un niveau d'intégration écologique supérieur à celui des écosystèmes. À ce niveau apparaissent des propriétés nouvelles, liées à la structure des mosaïques, à la diversité du « grain » - c'est-à-dire des dimensions - des écosystèmes, au réseau d'interfaces qu'ils forment, aux flux d'énergie, de matières et d'organismes que la structure favorise ou contrarie, à l'existence de populations qui ne se maintiennent que parce qu'elles coexistent, selon un agencement spatial particulier, les divers écosystèmes nécessaires à leur fonctionnement. Il a été proposé de désigner ces systèmes d'écosystèmes par le terme *écocomplexe* (Blandin et Lamotte, 1985). Ce terme évite les ambiguïtés du mot « paysage », car il désigne une catégorie de systèmes écologiques considérés sans aucune référence aux phénomènes de perception : un même *écocomplexe* peut donner lieu à une infinité de paysages, car tout individu y jette un regard différent. » (*Encycl. Univ.*)

« Au-delà des problèmes terminologiques, une fois reconnue l'existence d'un niveau d'organisation supérieur à celui des écosystèmes, c'est la problématique de la recherche qu'il importe de définir. Comme dans les autres branches de la biologie, il s'agit d'explicitier le déterminisme réciproque des structures et des fonctionnements, de comprendre quelles évolutions ont produit les structures actuelles et, si possible, de déduire de leur état présent les évolutions les plus probables. S'agissant d'espaces et de systèmes écologiques qui sont à l'échelle des activités humaines, on voit alors s'ouvrir des perspectives d'application. »

Les *écocomplexes* forment des ensembles cohérents que peuvent ou non transgresser les systèmes socio-spatiaux, dont ils intègrent nécessairement un certain nombre de traits. Je ferai appel à la notion d'*anthroposystème* (LEVEQUE *et al.*, in ALEXANDRE et GENIN, éds, 2008) pour désigner la combinaison entre système social et *écocomplexe*, de préférence au *géosystème* de BERTRAND (1968a) qui me paraît se placer à une autre échelle. Ainsi une vasière à mangrove constitue-t-elle un bel exemple d'*écocomplexe*, de même que les palmeraies et les savanes forestières que l'on rencontre immédiatement en arrière de celles-ci. Les *anthroposystèmes* qui restent ici calqués sur la structure villageoise associent en général les deux *écocomplexes*.

Lorsqu'on a ensuite recours à la perception et aux représentations que les habitants ou les visiteurs du pays en ont, je mobiliserai le terme de paysage, à bon escient, me semble-t-il, si l'on veut bien ne pas perdre de vue les formes spatiales naturelles ou humaines mises en lumière auparavant.

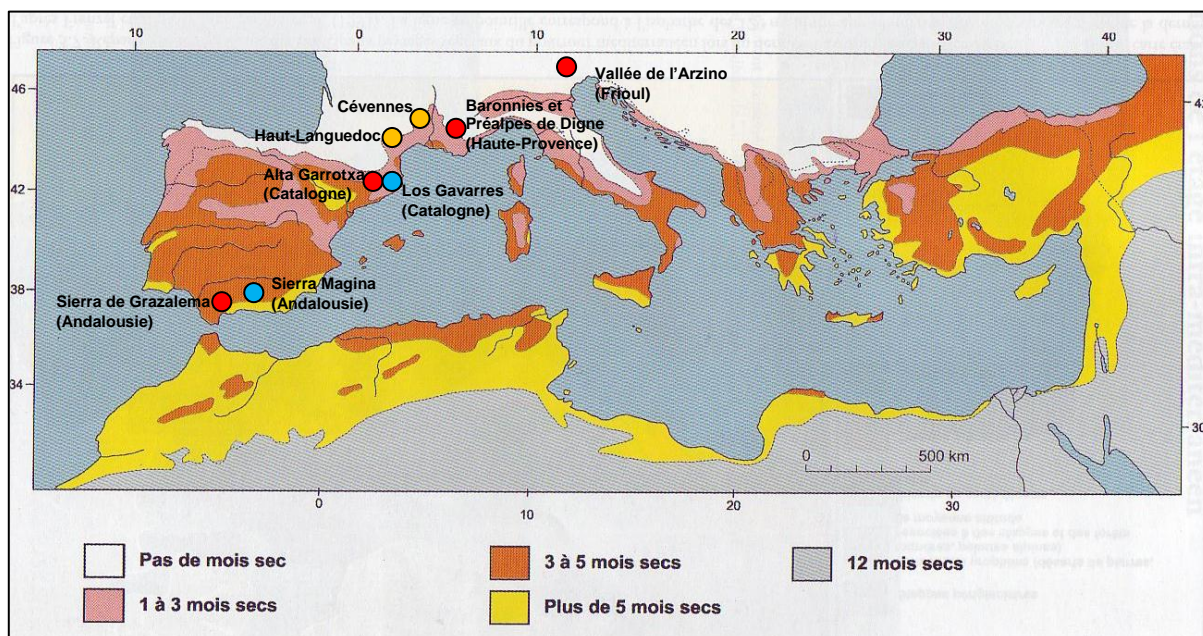
Chapitre 10

Dynamique du paysage dans les montagnes méditerranéennes

Figure 73 : Montagnes méditerranéennes d'Europe Occidentale. Localisation des sites d'étude.

Rouge : sites évoqués dans ce chapitre ; Bleu : autres sites étudiés par le programme PDD ; Orange : sites étudiés antérieurement (ALEXANDRE, 1996, GENIN, 1997)

Le fond de carte (source : QUEZEL et MEDAIL, 2003) rappelle un des deux fondements climatiques de la méditerranéité, la sécheresse estivale. On voit que celle-ci est inégalement distribuée. L'autre fondement, les averses de forte intensité, justifie que les sites qui apparaissent ici comme les plus marginaux (Cévennes, Frioul) soient inclus dans les montagnes



Ce chapitre a deux points de départ : le premier, mes recherches initiales sur le domaine bioclimatique méditerranéen et sa transition avec les domaines limitrophes (cf. chapitre 8) ; l'autre, plus récent repose sur mon apport à un programme de recherche sur les paysages de l'arrière-pays montagneux méditerranéen (là où, précisément, se situe la transition).

Qu'on s'en félicite ou qu'on le regrette, la recherche fonctionne aujourd'hui essentiellement en réponse aux demandes que la société lui adresse. Ainsi, lorsque le Ministère de l'Ecologie et du Développement durable¹³⁷ lance en 2005 un appel d'offre sur le thème « Paysage et Développement durable », nous avons été quelques-uns au sein de l'UMR Ladyss, à estimer que nous avions, à divers titres, à dire sur le sujet et que nous avions là l'occasion d'opérer une mise en ordre de résultats, d'observations et de réflexions menées depuis de nombreuses années et d'en tester les conclusions sur d'autres terrains. Marianne COHEN s'est chargée de la synthèse de ces réflexions et a rédigé notre proposition « dynamique des paysages des montagnes méditerranéennes, érosion et développement durable ». Une fois celle-ci retenue, elle a coordonné et dirigé le programme avec l'énergie qu'on lui connaît. La rédaction de ce mémoire coïncide avec la tenue du séminaire final de ce programme (du

¹³⁷ L'appel à propositions de recherche émanait plus précisément du Bureau de la prospective et de la recherche en sciences humaines (Direction des études économiques et de l'évaluation environnementale ; Service de la recherche et de la prospective) du MEDD. Le texte peut être consulté à partir du lien suivant : http://www.ecologie.gouv.fr/IMG/pdf/APR_PDD_2005.pdf

28 au 30 octobre 2008) et, tout naturellement, ce chapitre explicitera ma participation aux travaux et donnera l'état de ma réflexion sur le sujet.

Rappelons les grandes lignes de la proposition initiale : l'objectif du programme était d'explorer le lien entre paysage et développement durable, en comparant une série de situations régionales représentatives de la diversité des montagnes méditerranéennes européennes : Andalousie, Catalogne, Languedoc, Haute-Provence, Frioul (fig. 73). Entre ces situations et au sein même des sites, le contexte bioclimatique est contrasté.

Trois dimensions sont à prendre en compte dans la question du paysage de l'arrière-pays méditerranéen :

- Une dimension géomorphologique avec les dynamiques de surface (crues brutales, érosion des sols) ;
- Une dimension biogéographique marquée par la dynamique de reconquête de la végétation forestière suite à la déprise agro-pastorale et aux actions de restauration des terrains en montagne ; l'augmentation du risque d'incendies peut en découler, notamment en contexte de pression urbaine ;
- Une dimension rurale avec l'intensification d'une agriculture très spécialisée et localisée.

L'objectif était de réaliser un diagnostic des dynamiques des paysages et des processus qui expliquent ces dynamiques, qu'ils soient naturels (dynamiques végétales et érosives) ou anthropiques (pratiques agricoles) ; d'autre part, d'évaluer dans quelle mesure ces dynamiques sont prises en compte par les acteurs locaux dans leurs prises de décision et dans leurs projets de territoires.

Les travaux effectués en équipe dans les Alpes du Sud¹³⁸, notamment dans le cadre du GIS Draix – Erosion en montagne ont largement inspiré cette réponse à l'appel d'offre « Paysage et développement durable ». Ces travaux portant sur le thème des relations érosion-végétation avaient pourtant peu abordé la question du paysage, sinon sous l'angle des formations et des successions végétales. Dans le programme actuel, l'ambition est de se saisir de façon beaucoup plus complète de cette question, ce qui inclut l'analyse des structures spatiales du paysage, des changements qui l'affectent, que ce soit du fait de dynamiques physiques ou biologiques ou du fait des choix effectués par les sociétés humaines. L'étude des perceptions et des représentations du paysage est essentielle pour comprendre ces choix (quelquefois ces non-choix) passés ou futurs, ce qui conduit à des interrogations autour du développement durable, centrales pour l'appel d'offres.

Quel a été mon apport dans ce programme ? En amont, tout d'abord, j'ai contribué, par un travail de synthèse, à montrer que le paysage des montagnes méditerranéennes se construisait historiquement dans une sorte de va-et-vient entre l'histoire rurale, la récurrence d'épisodes qui montrent la violence du milieu, et les représentations de l'une et de l'autre. L'encadrement de la thèse de Florence GARLATTI sur le Frioul (2007, co-direction avec Monique FORT et Giovanni Battista CARULLI) ouvre une perspective de mise en relation la question de la dynamique du paysage et de celle du risque. On peut aussi réfléchir au lien entre les dimensions physionomique (paysage végétal) et floristique de la végétation annoncé dans la conclusion de la deuxième partie : je tracerai quelques pistes de cette réflexion à partir de l'exemple des Baronnies dans les Alpes provençales.

¹³⁸ Voir notamment : ALEXANDRE, GENIN et LECOMPTE 2000, COHEN et REY, 2005, LECOMPTE†, ALEXANDRE *et al.*, 2007.

10.1 - L'arrière-pays montagneux de l'Europe méditerranéenne : esquisse de géohistoire écologique

10.1.1 – A la recherche des configurations spatio-temporelles

Le travail de synthèse présenté ici tente de fixer la construction historique du domaine méditerranéen. Les fondements bioclimatiques de ce domaine ont été posés dans le chapitre 8. Il s'agit de voir comment ils se combinent avec l'histoire des sociétés rurales qui ont peuplé les montagnes de son arrière-pays.

La « géohistoire » consiste à prendre en compte simultanément l'espace et le temps des sociétés : c'est borner géographiquement une période historique et, réciproquement, dater une configuration géographique, explique Christian GRATALOUP (*in Sciences Humaines*, août-septembre 2007). Proposé par Fernand BRAUDEL, pour sa thèse sur *la Méditerranée et le monde méditerranéen à l'époque de Philippe II* (1946), le terme de géohistoire s'applique évidemment bien à l'espace que celui-ci a défini et étudié. La « méditerranéité » qui identifie cet espace repose de manière indissociable sur des critères physiques et biologiques et sur des critères sociaux et culturels. Pour le dire plus précisément, la méditerranéité est un phénomène social qui repose à la fois sur un climat marqué par la sécheresse estivale et la fréquence des averses de forte intensité aux saisons intermédiaires, sur une végétation dont les caractéristiques ont été dégagées au chapitre 8, sur un système rural fondé sur le tryptique *ager- saltus – silva*, et sur une certaine représentation de l'ensemble telle qu'elle a été donnée aussi bien par les peintres¹³⁹ que par la littérature ou par les scientifiques. Cette représentation repose sur un récit que, littéralement, nous raconterait le paysage, parlant de la beauté et de la violence du milieu, de la dégradation aussi qui touche ce milieu, lorsque le territoire est mal gouverné. Tout ceci se retrouve dans la définition de l'espace méditerranéen donnée par Fernand BRAUDEL (1977) :

« Dans son paysage physique comme dans son paysage humain, la Méditerranée carrefour, la Méditerranée hétéroclite se présente dans nos souvenirs comme une image cohérente, comme un système où tout se mélange et se recompose en une unité originale. Cette unité évidente, cet être profond de la Méditerranée, comment l'expliquer ? [...] L'explication, ce n'est pas seulement la nature qui, à cet effet, a beaucoup œuvré ; ce n'est pas seulement l'homme qui a tout lié ensemble obstinément ; ce sont à la fois les grâces de la nature ou ses malédictions – les unes et les autres nombreuses – et les efforts multiples des hommes, hier comme aujourd'hui. »

Cette géohistoire rejoint ici l'histoire écologique dans la mesure où elle met en concordance la mise en place d'un ensemble humain et l'histoire du milieu bio-physique. La mise en place des paysages telle qu'elle peut être aujourd'hui reconstituée par divers moyens (de l'étude des textes à l'archéologie, de la palynologie à l'anthracologie) constitue la trame de cette histoire. Cela correspond bien au projet de BRAUDEL lorsque, dans un passage célèbre de sa préface à la première édition de sa thèse (1949), il définit ce temps long de l'histoire qui devint l'aspect le plus original de la démarche de l'Ecole des Annales (BRAUDEL, 1958) :

« [La première partie de l'ouvrage : La part du milieu] met en cause une histoire quasi-immobile, celle de l'homme dans ses rapports avec le milieu qui l'entoure ; une histoire lente à couler, à se transformer, faite souvent de retours insistants, de cycles sans cesse recommencés. Je n'ai pas voulu négliger cette histoire-là, presque hors du temps, au contact des choses inanimées, ni me contenter, à son sujet, de ces traditionnelles introductions géographiques à l'histoire, inutilement placées au seuil de tant de livres, avec leurs paysages minéraux, leurs labours et leurs fleurs qu'on montre rapidement et dont ensuite il n'est plus jamais question, comme si les fleurs ne revenaient pas chaque printemps, comme si les troupeaux s'arrêtaient dans leur déplacements, comme si les navires n'avaient pas à voguer sur une mer réelle, qui change avec les saisons. »

¹³⁹ Peintres dont l'interprétation qu'ils font du paysage n'est pas sans intérêt pour le géographe (WIEBER, 1992).

« [...] La géographie, à ce jeu, cesse d'être un but en soi pour devenir un moyen. Elle aide à retrouver les plus lentes des réalités structurales, à organiser une mise en perspective selon la ligne de fuite de la plus longue durée. La géographie, à laquelle nous pouvons comme à l'histoire tout demander, privilégie ainsi une histoire quasi-immobile, à condition évidemment de suivre ses leçons, d'accepter ses divisions et ses catégories. »

Je trouve particulièrement séduisante cette idée de considérer les structures spatiales du type de celles, fondées sur la flore, mises en lumière dans la deuxième partie, comme des « objets historiques », donc évoluant dans le temps et interagissant avec l'histoire des sociétés. Faire la « part du milieu » n'est donc pas dépeindre le cadre géographique : voilà qui répond au reproche, si souvent entendu, faisant de la géographie de l'environnement bio-physique une simple inspection des décors (BRUNET, 1990), détournant des choses sérieuses, c'est-à-dire de la manière dont les forces économiques matérielles et immatérielles construisent et redessinent l'espace géographique. A l'heure où se pose de façon de plus en plus forte la question de la gestion de la ressource territoriale, biologique, physique (elle peut être immatérielle, elle-aussi, à travers la valeur accordée à tel ou tel paysage), il était fatal qu'économie et écologie finissent par se rejoindre (leur jonction est géographique puisque fondée sur ces dynamiques spatio-temporelles que nous cherchons à identifier). Après tout, l'étymologie des deux termes, avec leur racine grecque *oikos* commune, le dit : l'économie, l'art d'administrer la maison, a besoin de l'écologie, l'étude de la manière dont la maison est habitée ; le géographe, dans tout cela, est le vigilant observateur de la façon dont chacun occupe l'espace. Il faut ajouter que la maison commune est ouverte à tout vent et que le rôle de ce facteur externe, physique ne doit pas être perdu de vue.

Cette géohistoire écologique, dont Georges BERTRAND (in DUBY et WALLON édés., 1975) fut le pionnier, a donné lieu à quelques grandes synthèses dont celle de Robert DELORT et François WALTER (2001) pour l'Europe en général, et celle de Dick GROVE et Oliver RACKHAM (2001) pour l'Europe méditerranéenne. Ce dernier ouvrage, fondé sur les résultats du programme de recherche *MEDALUS* (*MEditerranean Desertification and Land Use*), est particulièrement stimulant dans la mesure où il aborde de front la question des représentations que l'on se fait des dynamiques à l'œuvre dans les paysages méditerranéens. Les auteurs y soulignent beaucoup d'idées fausses et mettent en garde contre les généralisations abusives, le domaine méditerranéen se trouvant toujours plus diversifié qu'on ne le pensait, aussi bien dans ses caractéristiques physiques que dans la mise en valeur humaine. Ceci justifie que, dans la proposition faite pour le programme Paysage et Développement durable, nous ayons proposé de procéder par sites d'étude.

Quoi qu'il en soit, on en reste bien à une question géohistorique puisque la recherche porte sur la pertinence d'un découpage fondé sur une méditerranéité reconnue à des territoires montagneux par les sociétés, ce en quoi elle retrouve une question posée dans la première partie de ce mémoire. Elle répond ainsi à une des interrogations majeures identifiées par Christian GRATALOU (article *Géohistoire*, in LEVY et LUSSAULT, édés., 2003) :

« Comme pour toute approche géographique, un aspect essentiel de la géohistoire est l'analyse des découpages spatiaux et de leur articulation scalaire. Mais dans la perspective diachronique de la géohistoire, cette échelle d'espace est également une échelle de temps. »

La configuration spatio-temporelle reconnue du monde méditerranéen est assez stable depuis la fin du XVIII^e siècle. Ses limites ne coïncident pas avec des frontières politiques (il est même frappant qu'aucun état ne soit aujourd'hui, la Grèce mise à part, entièrement méditerranéen) mais, avec des coïncidences ou des décalages, avec la limite bioclimatique discutée dans le chapitre 8. Cependant, la vigueur des dynamiques et les changements parfois brutaux dont l'environnement méditerranéen fait l'objet remettent en cause l'idée que nous aurions à faire à une structure spatiale quasi-immobile sur le temps long.

10.1.2 – Reconstituer l’histoire du paysage de l’arrière-pays méditerranéen durant l’Holocène

(a)- Quelle végétation « originelle » ?

L’histoire des derniers millénaires est celle au cours de laquelle les sociétés humaines ont profondément remodelé l’aspect de la végétation, dans ses grandes masses, dans ses structures de détail, dans le choix des espèces et dans la distribution même des habitats (cf. chapitre 8). Cette transformation a moins porté sur la composition du cortège floristique que sur la répartition et la fréquence des espèces, en particulier de celles qui dominent la physionomie de la végétation dont la dimension paysagère de la végétation est ici en jeu. Ceci pose une difficulté : la reconstitution des paléo-environnements s’appuie sur un ensemble de techniques (datations isotopiques, palynologie, anthracologie) qui identifient la présence d’espèces en un site à une date donnée ou approchée. Déduire de cette information un paysage est une opération de généralisation spatiale délicate que seule la convergence d’un grand nombre de sondages peut rendre moins hypothétique.

Si l’on connaît avec relativement de sûreté le « stock » régional des espèces présentes au moment où commence le mouvement d’anthropisation de l’espace géographique, connu sous le nom de révolution néolithique et correspondant au développement des agrosystèmes (DELORT et WALTER, 2001), il est plus difficile de savoir quels paysages végétaux ces premiers agriculteurs ont transformé. Pour le territoire actuel de la France, y compris la France méditerranéenne, l’hypothèse de l’existence d’un couvert forestier épais et massif est souvent avancée. BERTRAND (1975) pense que la réalité n’était pas aussi simple, rien n’indiquant que la végétation était alors partout en équilibre avec le climat, lui-même fluctuant :

« Contrairement à une opinion assez répandue [...], rien ne permet d’affirmer que les premiers défrichements s’attaquent à d’épaisses masses forestières, puissantes, homogènes, difficiles à détruire et à contenir sur les marges de l’ager. Un certain nombre d’informations [...] laisse supposer que le tapis végétal naturel n’est ni entièrement forestier, ni totalement fermé. La végétation naturelle devait se présenter comme une mosaïque relativement hétérogène. »

GROVE et RACKHAM (2001) ne disent pas autre chose, mettant l’accent sur le rôle joué par les représentations dans l’idée que nous nous faisons des paysages du passé. Ainsi les peintres du XVII^e siècle, férus de culture gréco-latine, tel Nicolas POUSSIN peignant les *Bergers d’Arcadie*, introduisent-ils une représentation de la végétation méditerranéenne originelle sous forme de hautes futaies, en contraste saisissant avec les garrigues et les matorrals actuels, « ruines » végétales qui évoquent une dégradation irrémédiable du milieu sous l’action des pratiques agricoles et pastorales. L’anthropisation du couvert végétal doit être replacée dans sa complexité et son ampleur, en s’abstrayant de ces représentations.

(b)- Un exemple de constitution du paysage dans le Midi méditerranéen français

Le Languedoc, qui bénéficie de nombreux travaux et pour lequel nous avons actualisé, dans un article antérieur (ALEXANDRE et GENIN, 2005), une synthèse effectuée par Alain GENIN (1997) pour sa thèse (tabl. 14), se prête bien à une reconstitution des trajectoires qui ont conduit aux paysages actuels. On peut estimer que l’histoire ici brossée est synchrone avec ce que l’on retrouve en Catalogne et dans le reste du Midi méditerranéen français. Seuls des détails changent comme l’utilisation de tel ou tel arbre (Châtaignier dans le sud du Massif Central, Tilleul et arbres fruitiers en Haute-Provence). Plus loin, on trouverait des concordances avec la manière dont ont été occupées aussi bien des régions plus sèches, comme l’Andalousie, que plus humides, comme le Frioul.

En France, la révolution néolithique commence à advenir au cours du VIII^e millénaire, à cheval sur deux phases climatiques : la fin du Boréal (vers – 7 500 BP), climat frais à tendance continentale, et le début de l'Atlantique (vers – 7 000 BP), bien plus favorable. Au Néolithique ancien et moyen (entre – 7 000 BP et – 5 000 BP), le paysage reconstitué en Languedoc est dominé par une chênaie caducifoliée sur les versants et les plateaux : le Chêne pubescent domine alors, accompagné du Chêne vert et d'autres espèces thermophiles. A partir du Néolithique moyen, comme dans tout le Midi français, la forêt semble alors régresser à mesure que l'élevage s'accroît ; corrélativement, le Buis et le Chêne vert profitent des déboisements (VERNET, 1997). Ce parallélisme entre l'augmentation de la présence du Chêne vert et du Buis et la pression anthropique est confirmé en Ligurie, sur le versant nord des Pyrénées, dans le Vaucluse, etc. L'Arbousier (*Arbutus unedo*), les Bruyères et autres espèces des maquis sont aussi en expansion. Traité en taillis, le Chêne vert donne un bois beaucoup plus abondant que le Chêne pubescent, ce qui explique sa grande extension. Corrélativement, les aires occupées actuellement par les deux chênes ne peuvent être tenues pour leur aire naturelle de répartition, ce dont il faut tenir compte pour les cartes prospectives des peuplements forestiers en relation avec le réchauffement climatique (cf. chapitre 2).

Tableau 14 : Mise en place du paysage dans l'arrière-pays languedocien (Source : ALEXANDRE et GENIN, 2005, d'après GENIN, 1997)

CHRONOLOGIE	ANNEES A.P.	CLIMAT	CIVILISATIONS	MODE DE VIE OCCUPATION DU MILIEU	VEGETATION MEDITERRANEENNE
Sub atlantique	XIV ^{ème} -XVII ^{ème} siècles	Petit âge glaciaire	Actuel	Reforestations	châtaigneraies développées dans Cévennes
	IX ^{ème} -XI ^{ème} siècles	chaud	Moyen-Age	Défrichement des forêts riveraines dans le Midi	derniers grands défrichements : Hêtre disparaît
Subboréal	2 500	plus frais et plus humide qu'au Subboréal	Romains	Viticulture, oléiculture économie repose sur tryptique : <i>salus, sylva, ager</i>	Arrivée de Castanea
			Age du Fer	Accélération de l'anthropisation	
Atlantique	4 500 / 4 700	phase tempérée : léger refroidissement et ambiance plus sèche qu'à l'Atlantique	final	Colonisation des zones d'altitude du M.C.	Buis, cistes, Bruyère arborescente abondants
			Age du Bronze moyen ancien	1 ^{er} défrichement sur le Lozère et l'Aigoual	Chêne vert s'étend Mise en place des garrigues Régession des forêts méditerranéennes.
Atlantique	7 500 / 7 700	Humide et doux OPTIMUM CLIMATIQUE (sécheresse accusée)	Chalcolithique		
			final	Forêt caducifoliée est défrichée Premières activités pastorales associées à la pêche dans le M.C. Economie sylvicole de tradition mésolithique. Pas de rupture des équilibres Exploitation de la forêt caducifoliée (Chêne pubescent)	Extension du Chêne vert et du Buis chênaie où domine le Chêne pubescent
			- Mésolithique -		mise en place des forêts caducifoliées (+ pins et noisetier)

Progressivement et sélectivement, la chênaie caducifoliée qui dominait en Languedoc se transforme en chênaie d'Yeuse et au matorral (sous ses différentes formes, garrigue ou maquis). Avec l'âge du Cuivre, l'élan est donné à la fabrication du paysage anthropique, déjà celui d'une relation permanente entre les activités des hommes et l'environnement. L'espace se morcelle en unités spécialisées. Il y a artificialisation de la nature par le fait d'une nouvelle organisation des éléments naturels domestiqués, d'un réarrangement des possibles ; par le fait, également, d'une adoption d'éléments, absents ou peu abondants jusqu'alors, par exemple « la civilisation du Buis » dont parle VERNET (*op. cit.*). Les paysages naturels entrés dans l'Histoire sont devenus des paysages

façonnés, où la part des forêts s'amenuise, où une couverture végétale basse à végétaux sclérophylles se substitue à des boisements plus denses, constitués par des arbres à feuillage caduc. Ainsi la limite entre le méditerranéen et les domaines limitrophes est-elle en quelque sorte surlignée dans le paysage qui réduit la transition notée dans la flore dont on a vu qu'elle s'effectuait sur de courtes distances (révolution floristique).

Ce d'autant qu'une transformation du même ordre affecte les secteurs plus élevés en altitude, dominés par la flore mésophile : on y assiste aussi à une simplification du paysage par extension de la hêtraie. En effet, dans le Massif Central, comme dans les Pyrénées, la chênaie mixte, enrichie en Tilleul, Orme, Pin et Frêne dominait sur les bas versants, relayée, plus haut, par la sapinière, aux altitudes montagnardes, puis par la pinède, à l'étage subalpin. Vers - 5 800 BP, le Hêtre apparaît, puis devient plus fréquent. Est-ce dû à une humidité atmosphérique plus importante qu'auparavant ? Il semble surtout que la pression anthropique est alors préjudiciable au Sapin, notamment parce que ne rejetant pas de souche comme le Hêtre. Ce dernier constitue ainsi des peuplements mixtes ou monospécifiques. Dans les Cévennes, les forêts de Hêtre s'installent dans leur position actuelle entre - 5 000 BP et - 4 500 BP (VALADAS, 1984). Le Hêtre a alors conquis toute la gamme altitudinale entre 700 et 1 500 m matérialisant un étage méditerranéo-montagnard paysager, le Sapin ne jouant plus qu'un rôle mineur. Les chênaies se cantonnent peu à peu dans les parties basses des vallées et les versants chauds. Lorsque la forêt se reconstitue, suite à l'abandon d'emplacements par les hommes, sa composition est autre.

Les évolutions qui viennent d'être notées se confirment et s'amplifient durant le Subboréal (- 4 500 BP à - 2 500 BP), où l'on note un léger refroidissement et une ambiance plus sèche. Les hommes vivent alors, en plaine, dans un climat très proche du méditerranéen actuel. Ils défrichent pour la culture des céréales : les pourcentages de pollens d'essences forestières (les Chênes, l'Érable, l'Orme, le Hêtre, ...) décroissent alors qu'augmentent ou apparaissent les pollens de céréales et de plantes messicoles et rudérales (Plantain, Ortie, Bleuet, Armoise, Mouron, Renouée des Oiseaux, Oseilles).

Aux âges du Bronze et du Fer, l'emprise de la société agro-pastorale devient considérable. Le premier âge du Fer voit l'essor de nouvelles céréales et de la Vigne cultivée. La transformation du paysage végétal du Languedoc vers les maquis et garrigues à Chêne vert, Chêne kermès et Buis s'amplifie corrélativement. Les pelouses progressent aussi. La présence de taxons plus xériques accompagne ce changement, bien que le climat soit plus frais et plus humide que lors de la séquence précédente. La « civilisation des oppida » s'épanouit. Les villages perchés témoignent de l'essor démographique et de la densité de l'occupation à l'époque. Les garrigues sont parcourues par les bergers et leurs troupeaux, accentuant l'ouverture et la transformation du couvert forestier ; la recherche de bois de feu pour les premiers métallurgistes expliquent aussi le recul des boisements.

Plus haut en montagne, la trajectoire paysagère qui mène vers les paysages actuels se poursuit. Sur l'Aigoual et le Mont-Lozère, des défrichements ont ainsi lieu dès la fin du Chalcolithique (vers - 2 300 BP) pour l'installation de pâturages (DE BEAULIEU *et al.*, 1991). Sur les versants, la hêtraie continue à progresser mais, dans la moyenne montagne, les réductions forestières, à l'âge du Fer, par prises de terre multipliées et croissantes depuis 2 000 ans, s'amplifient, transformant le paysage. Des boisements à Pin sylvestre se substituent aux hêtraies ou hêtraies-sapinières (DE BEAULIEU *et al.*, 1991), ce qui trouve une correspondance avec ce qui se produit dans les Alpes du Sud.

A l'époque gallo-romaine, le paysage du Languedoc est déjà largement artificialisé. L'organisation ternaire *ager - saltus - silva* s'impose, l'agriculteur l'emporte sur le pasteur, mais les troupeaux se maintiennent. Création de routes, développement et extension des grands domaines, mise en place d'un cadastre, généralisation de l'arboriculture (viticulture, oléiculture) : les paysages se « civilisent ».

La polyculture s'étend au Moyen-Age : pâturages et bétail varié, blé, vigne, seigle, arbres fruitiers. Certaines essences forestières majeures, le Hêtre notamment, s'effacent alors des paysages languedociens. Si XIV^e et XV^e siècles marquent un arrêt complet des déboisements et la désertion de certains finages, dès le début du XVI^e siècle, l'essor démographique et économique reprend. L'installation d'industries dans les vallées importantes s'intensifie. La verrerie, en Languedoc, la métallurgie, dans l'arrière-pays montagnard s'épanouissent : la « soif » de bois se manifeste, favorisant à nouveau le Chêne vert, tandis que les défrichements s'étendent.

Au début du XIX^e siècle, l'emprise de la société rurale agro-sylvo-pastorale est maximale dans les arrière-pays montagneux de l'Europe méditerranéenne. Prenons l'exemple des Cévennes : c'est le moment où la châtaigneraie atteint son extension maximale (PITTE, 1986). Un autre arbre symbole des Cévennes, déjà présent mais délaissé jusqu'alors, est en plein développement : le Mûrier. Le paysage « classique » des vallées cévenoles est alors constitué : des versants construits, aux pentes cassées par les terrasses surmontées de châtaigniers et de mûriers. Ce paysage paraît être le reflet d'un certain équilibre socio-économique : on parle d'« âge d'or » de l'économie cévenole (JOUTARD, 1979). Précisément, au moment de cet âge d'or qui trouve des équivalences dans d'autres montagnes méditerranéennes, se développe le discours sur la dégradation du milieu méditerranéen.

10.1.3 – Entre violence du milieu et folie des hommes : un discours à réexaminer

Les paysages ruraux et forestiers de l'arrière-pays sont souvent représentés comme une sorte de paradis perdu. La représentation que l'on s'est faite de l'Arcadie (SCHAMA, 1999), région montagneuse et pastorale du centre du Péloponnèse, a joué, par exemple, un grand rôle dans la lecture des paysages méditerranéens et de la transformation profonde par rapport à un couvert végétal originel (en fixant l'origine au Néolithique) que nous connaissons d'ailleurs mal. Cette transformation est généralement vue comme ayant provoqué la dégradation du milieu. Là, les ruines des civilisations déchues trouvent leur écho dans les ruines végétales que constituent les différents degrés de matorralisation dont la végétation méditerranéenne a été victime et dans l'érosion qui « tyrannise » les versants (GROVE et RACKHAM, 2001). La difficulté est alors de faire la part de ce qui revient à l'homme et de ce qui revient à la violence propre à l'environnement méditerranéen. Le recours trop systématique au registre dramatique, tant dans les œuvres littéraires que dans les descriptions géographiques, n'aide pas à y voir très clair et toute tentative de reconstitution des dynamiques à l'œuvre dans le paysage méditerranéen doit d'abord faire l'effort de s'abstraire de la facilité des discours.

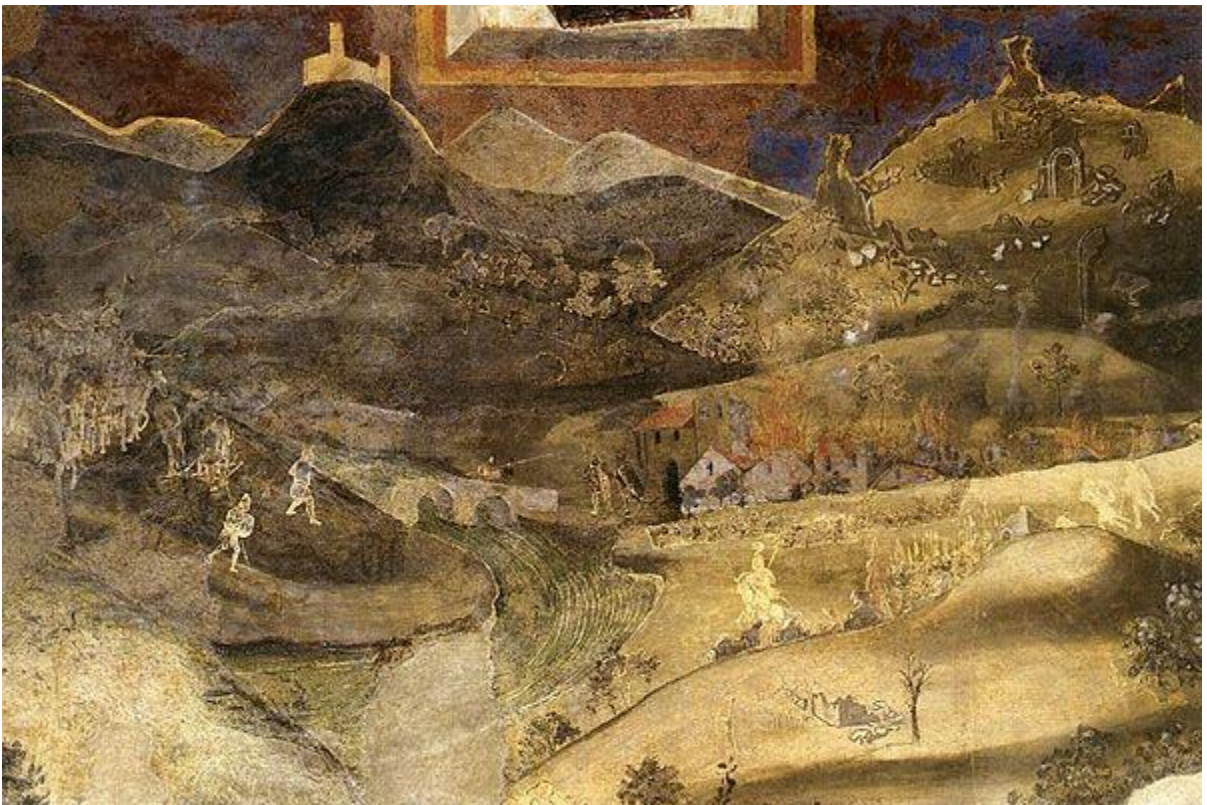
Discours et récits s'entrecroisent en effet pour renvoyer une vision dramatique des paysages de l'arrière-pays méditerranéen, donnant l'image d'un pays sur lequel pèse le retour imprévisible mais fréquent d'événements dont le caractère catastrophique et cataclysmique est pleinement révélé lorsque la folie des hommes s'en mêle. Ce récit que nous content les paysages méditerranéens se développe pleinement aux XIX^e et au XX^e siècles mais on en trouve déjà trace chez les auteurs grecs, comme HESIODE (fin du VIII^e siècle avant Jésus-Christ), petit paysan de Béotie, poète et métaphysicien avant la lettre, s'insurgeant, dans *Les travaux et les jours*, écrit dans le contexte d'une crise agraire, contre les puissants et les rois voraces (DETIENNE, *Encycl. Univ.*) qu'il oppose à la justice et à l'ordre des travaux agricoles et des jours paisibles que lui ont enseigné les dieux.

L'inquiétude point aussi dans cet extrait du *Critias* de Platon, cité par GROVE et RACKHAM, (2001) :

« Il y avait sur les montagnes, de grandes forêts dont il reste encore aujourd'hui des témoignages visibles. Si, parmi ces montagnes, il en est qui ne nourrissent plus que des abeilles, il n'y a pas bien longtemps qu'on y coupait des arbres propres à couvrir les plus vastes constructions. Le sol produisait du fourrage à l'infini pour le bétail, il

recueillait aussi les pluies annuelles de Zeus et ne perdait pas comme aujourd'hui l'eau qui s'écoule de la terre dénudée dans la mer. »

Figure 74 : Ambrogio Lorenzetti. Allégorie du bon (en haut) et du mauvais (en bas) gouvernement. Effets sur la campagne. Fresques du Palazzo publico de Sienne (Toscane)



Plus près de nous, on songe aussi aux fresques d'Ambrogio LORENZETTI ornant le *Palazzo publico* de Sienne et représentant les effets du bon gouvernement et les effets du mauvais gouvernement sur la ville et sur la campagne. Le paysage toscan y change radicalement d'aspect (fig. 74) : d'une campagne aimable et bien cultivée, dominée par des collines couvertes de quelques bois où l'on va chasser une nature animale abondante, on passe aux ruines provoquées par la

soldatesque, aux versants décharnés, abandonnés par les arbres. Bien sûr, il s'agit là d'une allégorie ; pourtant la métaphore se perpétue jusqu'à nos jours. Elle va se renforcer à la fin du XVIII^e et au XIX^e siècles, alors que le contexte a assez radicalement changé dans les montagnes méditerranéennes européennes. Deux éléments s'introduisent en effet : d'une part, la réponse des ingénieurs et des aménageurs de la montagne qui ont entrepris de vastes opérations de génie civil et de reboisement, d'autre part, l'exode rural et la déprise du système agro-sylvo-pastoral.

Toujours est-il, qu'on retrouve cette lecture du paysage méditerranéen qu'il nous faudra bien interroger. Elle imprègne aussi le discours scientifique. A titre d'exemple, on peut citer ces lignes extraites de l'introduction, aux « pays méditerranéens » dans la *Géographie Universelle*, due à Robert FERRAS (1990). Le « récit » du paysage méditerranéen intitulé « *Des ruines végétales sur des reliefs décapés* » s'y déploie totalement, dans une version quelque peu modernisée :

- La violence du milieu physique est tout d'abord soulignée ; elle se combine ici à la responsabilité des sociétés avec référence au souci contemporain du risque :

« ... On peut prendre en compte les formes du relief sous le terme commun de vulnérabilité. Vulnérabilité qui découle : du contact entre plaques eurasiatique et africaine, souligné par l'abondance des séismes ; de la transition bioclimatique entre monde tempéré et domaine de l'aridité estivale, qui rend plus fragile le couvert végétal ; de l'affrontement de systèmes socio-économiques différents depuis la plus haute Antiquité. Contact fait de violences, transition synonyme de fragilité, affrontement dispensateur d'incertitudes constituent peut-être la seule unité méditerranéenne. »

- Au cœur du récit, la dégradation du tapis végétal :

« Le déboisement est le grand facteur d'érosion, selon l'équation : pluies violentes, plus torrencialité par proximité du niveau de base de la Méditerranée, plus versants raides et dénudés. L'éclaircissement du matorral par intervention humaine accélère la morphogenèse, et, à l'inverse, le reboisement reste la meilleure forme de lutte contre la crue. »

- Et le rôle des systèmes socio-économiques, version contemporaine de la folie des hommes :

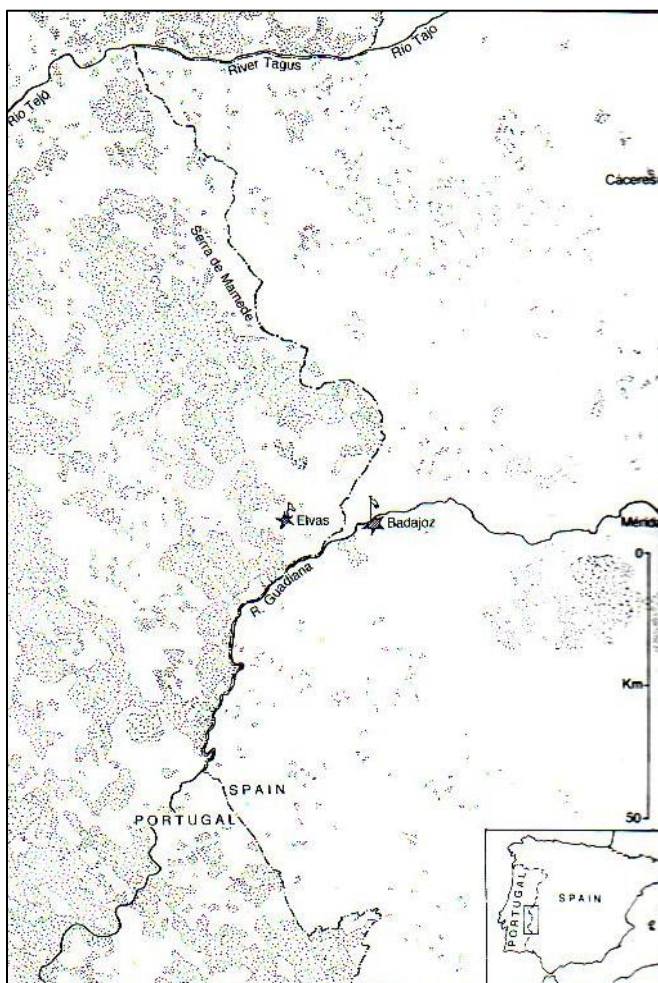
« Le fragile équilibre entre l'homme et le milieu ne peut être remis en cause sans danger ; les terrasses bâties à dos d'homme, spécialité méditerranéenne, montrent que l'indigène est respectueux d'un milieu qu'il connaît bien, contrairement au technocrate aménageur. [...] On se gardera d'oublier les surcharges, pastorales et démographiques : dents du troupeau, bouches à nourrir, facteurs lointains d'une érosion accrue ; les abandons aussi dont on a dit qu'ils facilitaient la propagation du feu. »

« Quelle que soit la lourdeur des contraintes naturelles, ce sont des mécanismes inhérents au sous-développement qui, avec l'appoint éventuel d'événements contingents, font basculer à un moment donné tout un ensemble régional d'une stabilité relative dans une instabilité radicale. Il n'y a pas une agressivité naturelle propre au monde méditerranéen. La responsabilité incombe d'abord aux sociétés humaines, à l'origine de l'emballement des processus d'érosion, le remède passant par la maîtrise de la gestion de l'espace, et son respect. Des images spectaculaires demandent relecture : turbidité du fleuve en crue qui roule des eaux rougeâtres, mouvements de terrain et *frane* en roches meubles, incision et ravinement, *badlands*, *barrancos* de tous ordres, *ramblas*, *calanchi*, ... Plus que le spectaculaire, c'est l'irréversible qu'il convient de prendre en compte ... »

Le découpage d'une Région méditerranéenne résulterait donc, à suivre FERRAS, de la violence d'un milieu (fin du premier paragraphe cité) qu'un processus historique de mauvaise gestion de l'espace a révélée. La représentation est vigoureuse mais elle mérite d'être vérifiée point par point : non parce que tout y est faux, mais parce que la « maîtrise de la gestion de l'espace », appelée de ses vœux par l'auteur, passe par une connaissance précise des phénomènes. Ceux-ci s'avèrent infiniment plus diversifiés que le portrait général qui en est dressé.

Pour ne prendre que l'exemple de la végétation, les limites d'une étude fondée sur la seule physionomie apparaissent à nouveau. Celle-ci est trompeuse : ainsi est-on tenté d'opposer, pour des raisons climatiques, les boisements bas de Chêne vert du domaine méditerranéen et les belles forêts de Chêne sessile ou de Hêtre du domaine atlantique. Les deux formations sont pourtant difficilement comparables puisque, dans l'une, l'arbre est traité en taillis, dans l'autre, en futaie. Autre exemple : l'image du « paillason usé » que l'on renvoie du tapis herbacé méditerranéen. Il est vrai que les ermes à Brachypode rameux (*Brachypodium retusum*) qui trouent la garrigue ou couvrent parfois une grande partie du pays comme en Grèce n'ont pas grande allure à la fin d'un été brûlant. A leur décharge, il faut souligner que la description est souvent faite à l'époque la plus défavorable, un peu comme si on fondait la description des sous-bois des forêts du Bassin parisien sur l'aspect qu'ils offrent à la fin de l'hiver.

La difficulté est grande aussi lorsque l'on cherche à cartographier les formations végétales. Dans cette végétation où dominent les matorrals et les boisements bas, les cas intermédiaires ou atypiques sont nombreux. GROVE et RACKHAM (*op. cit.*) citent ainsi le cas suivant (fig. 75) : Les statistiques et les cartes font ainsi apparaître un taux de boisement beaucoup plus élevé dans l'Alentejo portugais qu'en Estrémadure espagnole. Dans les faits, la région est, par-delà la frontière, entièrement couverte de cette forêt claire que les espagnols nomment *dehesa* et les portugais *montado* et dont le couvert suffit à préserver d'une trop forte déperdition en eau un tapis herbacé utilisé pour le pâturage des bovins ; cette formation est considérée comme une forêt au Portugal, non en Espagne.



Il est tentant d'en rester à démonter ces discours, à en repérer les facilités et les arrière-pensées. De façon plus approfondie, le travail effectué dans le programme a cherché à mieux comprendre leur constitution, à en tester l'actualité, et les mettre en relation avec les observations menées sur la dynamique de la végétation d'une part, et la dynamique érosive d'autre part.

Quoi qu'il en soit, la représentation dominante du paysage méditerranéen a donné corps à des politiques d'aménagement qui ont profondément modifié certains paysages au cours des deux derniers siècles, concurremment à la déprise de la société rurale. Ainsi en a-t-il été de la politique de boisement menée dans le cadre de la RTM en France (VALLAURI, 1992, REY, 2002).

Figure 75 : Distribution de la forêt dans le sud de la péninsule ibérique. (source : GROVE et RACKHAM, 2001) Le cartographe portugais a considéré le *montado* comme forestier ; le cartographe espagnol a considéré la *dehesa* comme non-forestière. Il s'agit pourtant bien de la même formation.

10.2 - Reforestation et déprise : les dynamiques paysagères à l'échelle des deux derniers siècles

10.2.1 - Le reboisement des montagnes sèches : exemple de la France

En France, depuis deux siècles, on a cherché à corriger l'érosion, vécue comme l'élément majeur de la dégradation du milieu dans les massifs montagneux, par la restauration écologique (VALLAURI, 1992). Restauration écologique, ce qui sous-entend que l'on fait jouer conjointement le vivant, le biologique et les conditions de son habitat. Cette restauration s'est placée dans le cadre de la RTM (Restauration des Terrains en Montagne) et elle a tout particulièrement concerné l'ensemble des montagnes sèches (... c'est-à-dire, paradoxalement, celles où il peut y avoir de très forts abats d'eau) qui forment l'arrière-pays méditerranéen, Pyrénées, sud du Massif Central, Alpes du Sud. Elle s'est développée en trois temps que Daniel VALLAURI (*op. cit.*) nomme phase de prise de conscience (1780-1860), phase concrète de réhabilitation des terrains (1860-1930) et phase d'accompagnement des écosystèmes réhabilités (1930-2030).

(a)- La constitution de la doctrine de la restauration des terrains en montagne

Un véritable corps de doctrine se constitue à la fin du XVIII^e siècle et au début du XIX^e siècle dans des contextes politiques variés. Il est d'ailleurs surprenant de voir combien le discours des ingénieurs est malléable et joue de ce contexte. En 1797, l'ingénieur des Ponts et Chaussées, J. A. FABRE, présente à la Convention un rapport où il met en relation la dégradation du couvert végétal avec le développement de l'érosion et de la torrentialité. Il propose par ailleurs des solutions :

« La destruction des bois qui couvrent nos montagnes est la première cause de la formation des torrents. [...] Donc, s'il reste encore de la terre végétale sur ces montagnes, le mieux serait de les laisser se boisier en laissant ces terres en friche. [...] Il n'est pas moins essentiel de pourvoir à la conservation des bois existants [...]. [Toutefois], la nature n'est que plus active lorsqu'elle est aidée par l'industrie humaine. Ainsi, dans le cas où l'on voudrait aider sur certains penchants des montagnes la multiplication des bois, il ne serait souvent pas mal d'y semer soit des glands, soit des faines de l'espèce d'arbre qu'on présumerait être propre aux localités. [...] Il y a des cas où il reste assez peu de terre sur les montagnes. On pourrait alors, avec succès, gazonner ce terrain [...]. Ce sont là des moyens de prévenir la formation des torrents sur les montagnes [...]. Il nous reste à voir ce qu'il faut employer pour détruire lorsque la chose est possible, les torrents déjà fournis. » (*in VALLAURI, op. cit.*)

Le constat fait par Fabre dans le contexte de la Révolution française finissante et de la perspective scientifique de contrôler le territoire, héritée de la philosophie des Lumières est repris dans une perspective idéologique tout à fait contraire, lors de la Restauration, avec cependant les mêmes conclusions. Tout est alors interprété au filtre d'un ordre ancien qu'il faudrait refonder après le désordre engendré par la Révolution mais préparé par la longue crise de l'Ancien régime. Le couple dégradation / restauration prend alors corps chez RAUCH qui, avait rédigé sous le Consulat, en 1802, un mémoire intitulé *Harmonie hydro-végétale et météorologique*, et qui écrit, en 1818, dans *Régénération de la nature végétale* quelques lignes éclairantes :

« Les lois harmoniques de la Nature sont perverties par de longs siècles de mutilation [...]. Puisque le temps est si lent à reproduire ce que l'homme a détruit dans un instant, puisque des siècles d'imprévoyance ont accumulé sur nous tant de maux qui tiennent au désordre des météores, à l'altération des climatures et à la diminution de toutes les productions de la Terre, soyons dociles à la voix du malheur qui nous crie de replanter avec célérité nos antiques montagnes [...]. La Nature, flétrie dans ce qu'elle avait de plus gracieux de la Création, demande à être régénérée. »

Tout est dit : à la Restauration politique va s'ajouter la restauration menée par les forestiers qui prend le nom (qu'elle possède encore) de Restauration des Terrains de Montagne (RTM). Cette restauration forestière est définie comme :

« Le triomphe du génie de la reproduction sur celui de la destruction et du chaos ; cette conquête de l'empire de la fécondité, conquête la plus durable et la plus glorieuse, puisqu'elle tend à rétablir, à embellir l'œuvre de Dieu [...]. Elle est aujourd'hui le vœu de tous les Princes et tous les Gouvernements, elle ne peut que se réaliser pour la gloire et le bonheur de la nature humaine. »

Devenue objet de consensus, la restauration des forêts de montagne est ensuite déclinée au niveau local. Dans les Alpes du Sud, le préfet des Basses-Alpes, DUGIED, prend, en 1819, la question suffisamment à cœur pour constituer un *Projet de boisement des Basses-Alpes*, peut-être trop en avance sur son temps, puisqu'il dut attendre quarante-et-un ans avant de commencer à être appliqué. Dans la conclusion, le préfet fait en tous cas preuve d'un optimisme et d'une confiance dans la science et la technique, lui-aussi bien dans l'esprit de l'époque. Optimisme qu'il pousse au point de mettre à l'imparfait la description du futur :

« Le projet de reboiser les Basses-Alpes, loin d'être une chimère, est parfaitement exécutable [...]. Dix années de constance et l'opération me paraît assurée ; vingt années et les résultats commençaient ; un quart de siècle et la plus belle entreprise que puisse essayer les hommes, celle de changer la Nature [...], de rendre la fertilité au sol qu'ils ont désolé, était couronnée du plus éclatant succès. » (in VALLAURI, *op. cit.*)

Toutefois, le premier rapport qui ait eu une véritable base scientifique est, comme le soulignent Paul ARNOULD, Micheline HOTYAT et Laurent SIMON (1999), celui de SURELL en 1841 portant sur le département voisin, *Etude sur les torrents des Hautes-Alpes*. Il restitue une place plus juste à la déforestation, simplement présentée comme facteur aggravant, la reconstitution de la végétation étant, dès lors, un paramètre sur lequel on peut jouer mais qui ne peut avoir qu'un effet limité :

« Pour qu'un affouillement se manifeste, il faut qu'une grande force d'érosion agisse sur un terrain susceptible d'être corrodé. Autrement dit, l'érosion dépend d'abord : 1/- de l'érodibilité des roches ; 2/- du climat qui fait se succéder des événements susceptibles de déclencher une grande force d'érosion. [...] Ce n'est pas la destruction des forêts, ainsi qu'on le croit trop communément ici, qui a suffi pour attirer sur ces montagnes le fléau si particulier qui les désole [...]. Son influence est incontestable, mais elle eût été nulle sous un autre ciel et dans d'autres terrains. »

Du coup, il propose de mieux cibler l'action par la végétation, opérant des distinctions toujours utilisées entre les ouvrages de génie civil et l'action par le génie biologique :

« Ce n'est plus un système de défense qu'il faut chercher, mais c'est un double système de préservation et d'extinction. La préservation (défense passive) nécessite un réseau cohérent de digues et de seuils. Un système d'extinction (défense active) est également proposé et consiste en la délimitation de zones de défense dans le bassin de réception du torrent et en des travaux de reboisement. »

On notera l'optimisme quant au résultat de la politique menée puisqu'il y est question d'extinction de l'érosion. La mise en pratique conduit à un bilan plus mesuré, puisque, si elle a parfois diminué, l'érosion n'apparaît jamais significativement contrecarrée par les reboisements.

(b)- La mise en application

Entre 1860 et 1939, la restauration entre dans sa phase concrète par les techniques de la réhabilitation. Dans les Alpes du Sud, deux ingénieurs forestiers ont posé les bases de ces techniques (VALLAURI, *op. cit.*). MATHIEU (1865), tout d'abord, a habilement cherché à marier reconquête par la végétation des bassins versants et intérêts des populations. Ce faisant, ce type d'intervention, visant une occupation verticale rationnelle de l'ensemble du versant, a contribué à renforcer l'étagement des paysages végétaux dans les montagnes des Alpes du Sud :

« Les forêts doivent être rétablies vers la base ou la partie moyenne des montagnes, dans les lieux accessibles où leurs produits gagneront en valeur [...]. Quant aux pâturages, toutes les fois qu'ils seront destinés aux moutons et aux chèvres, ils pourront sans inconvénient occuper les parties supérieures. »

DEMONTZEY (1879), ensuite, produisit un gros dossier technique de 421 pages qui va donner à l'action de restauration des terrains en montagne française un retentissement international. Les travaux de reboisements et de restauration des sols trouvent, par ailleurs, une traduction législative avec la loi sur la restauration des terrains en montagne de 1882. VALLAURI (*op. cit.*) résume les propositions de DEMONTZEY en rappelant qu'elles se décomposent en deux parties. Préalablement à toute opération de reboisement et de réengazonnement, il convient de commencer par le génie civil et une série de travaux de correction qui ont pour but de diminuer la pente du profil en long, de consolider le nouveau lit, d'élargir la section dans toutes les parties du torrent susceptibles d'être affouillées, Ces travaux prévoient des zones d'atterrissement, de barrages mêlant génie biologique (clayonnage, fascines, ...) et génie civil afin de rapprocher autant que possible le profil en long du cours d'eau de son profil d'équilibre. On passe ensuite au reboisement : quelques essences doivent constituer, sur les interfluves, des boisements (sur les marnes, Pin sylvestre et Pin noir surtout) tandis que, dans les talwegs, on cherche à développer un tapis herbacé. Ainsi la Bauche (*Achnatherum calamagrostis*) est-elle favorisée pour coloniser les terrains nus en raison de sa grande résistance sur les substrats mobiles. Ensuite, le gazon est constitué de quelques Fabacées, le Sainfoin (*Onobrychis spp.*) notamment, et Poacées comme le Brome érigé (*Bromus erectus*) ou le Fromental (*Arrhenatherum elatius*). Dans ce tableau, le Pin noir d'Autriche (*Pinus nigra* var. *nigra*) joue le rôle majeur. De l'autre côté du Rhône, la même politique est menée dans le Sud du Massif central soumis à la brutalité des averses cévenoles. De 1880 à 1910, dans le massif de l'Aigoual d'abord, puis dans une grande partie des Cévennes ou dans la Montagne Noire, le forestier Georges Fabre et ses successeurs reboisent 30 000 ha.

La longue marche vers le reboisement des montagnes sèches françaises n'est toutefois pas allée sans heurt, d'abord parce qu'il y eut des résistances et que la vieille opposition forestier-paysan y trouva matière à se raviver (FESQUET, 1997), ensuite parce qu'une polémique s'installa sur l'importance à accorder au reboisement dans la lutte contre l'érosion et la torrentialité. René NEBOIT (1982) retrace la controverse qui prend naissance lorsqu'un forestier atypique, Félix BIOT (1908), se fait défenseur de la vocation pastorale des montagnes, meilleur mode de gestion pour la sauvegarde du milieu, à ses yeux. Les grands géographes alpins emboîtèrent le pas en tentant de montrer que la montagne était très anciennement déboisée comme Philippe ARBOS (1919) évoquant la légende du déboisement du Dévoluy, puis Raoul BLANCHARD (1934). Félix LENOBLE, dont on a vu (chapitre 5) qu'il aimait prendre des positions iconoclastes, s'inscrivit aussi dans ce débat en ferrillant le forestier MOUGIN à propos de « La légende du déboisement des Alpes » (1923). On trouve les détails du débat dans la thèse de Frédéric FESQUET (1997). Le travail de FESQUET présente, en outre, l'intérêt de mener une comparaison avec l'Italie où l'idéologie forestière n'était pas très différente mais où le reboisement se fit plus par à-coups ne répondant pas, comme en France, à un plan méthodique reposant sur un grand corps centralisé. La responsabilité en incombe, bien entendu, à une unité nationale tardive et restée fragile.

Comme le rappelle Jean-Paul BRAVARD (2002), on admet aujourd'hui la responsabilité des déboisements, souvent anciens et entrecoupés de phases de reprise, ainsi que cela a été noté pour le Languedoc, mais on prend plus encore en compte les fluctuations climatiques. BRAVARD signale ainsi que Maurice JORDA (1980) a le premier mis en évidence l'occurrence de crises climato-hydrologiques au cours de l'Holocène, crises responsables de phases d'érosion exacerbée et de phases de répit hydro-sédimentaire. Par ailleurs, « un phasage fin est possible qui met en évidence, dans le Diois, des périodes courtes de crise et de répit à l'échelle décennale et multi-annuelle (BRAVARD, 2000). »

(c)- L'heure du bilan

Aujourd'hui, les reboisements sont là et la question est celle de « l'entretien des écosystèmes restaurés » (VALLAURI, op. cit.). Pourtant, avant celle-ci, se pose plus simplement la question de l'avenir des peuplements issus des plantations. Freddy REY (2002) a montré que les reboisements ont pu prendre une emprise spatiale considérable comme dans le cas du bassin versant du Brusquet (photographié sur la fig. 76 en 1877 et en 2005) mais aujourd'hui arrivé à un stade de maturité, voire de sénescence qui pose la question de savoir comment les remplacer. Ces arbres âgés sont fragilisés en cas de forte chaleur ou d'infestation parasitaire. D'autre part, les plantations ont montré qu'elles n'avaient qu'une efficacité limitée lorsque se déclenche des phénomènes majeurs (fig. 77).

Sous un climat où les averses intenses sont fréquentes, la végétation seule ne peut en effet arrêter l'érosion sur des substrats fragiles, comme les marnes. Elle n'est, en particulier, d'aucun secours lorsque se produisent des crues torrentielles au cours desquelles des modifications du profil en long ou du profil transversal des cours d'eau sont susceptibles de provoquer, par érosion régressive, l'ouverture ou l'extension d'un champ de ravines. C'est là un point que soulignait déjà Surell en 1841 ; reproduisons à nouveau ces phrases :

« [Ce n'est] pas la destruction des forêts, ainsi qu'on le croit communément, qui a suffi pour attirer sur ces montagnes le fléau si particulier qui les désole. (...) Son influence est incontestable mais elle eût été nulle sous un autre ciel et dans d'autres terrains » (in VALLAURI, op. cit.).

Figure 76: Le Brusquet (Alpes de Haute-Provence). Champ de ravines au-dessus du village. Etat du paysage en 1877 (en haut) et en 2005 (en bas). Source : Freddy REY.



Dans les meilleurs des cas, il s'est reconstitué, en sous-bois des plantations, une dynamique forestière spontanée. Ainsi un relevé, effectué entre 920 et 1000 m d'altitude, dans les reboisements du Brusquet (fig. 76) sur marnes noires montre-t-il, sous le couvert du Pin noir, un stade forestier déjà avancé associant des espèces pionnières comme les érables (*Acer pseudoplatanus*, *Acer opalus*) l'Amélanchier (*Amelanchier ovalis*), l'Aubépine (*Crataegus monogyna*) ou la Viorne (*Viburnum lantana*) et les essences dominantes de la forêt de montagne, le Chêne pubescent (*Quercus pubescens*) qui repousse abondamment et le Hêtre (*Fagus sylvatica*). Le sous-bois est fortement couvert par une strate buissonnante où domine le Buis (*Buxus sempervirens*) tandis que les ravines apparaissent stabilisées par la Bugrane buissonnante (*Ononis fruticosa*). Les parties les plus claires de la formation correspondent aux bancs calcaires sur lesquels la végétation possède une connotation plus méditerranéenne avec l'Immortelle (*Helichrysum stoechas*), la Stahéline (*Stachelina dubia*) ou la Dorycnie (*Dorycnium pentaphyllum*). En pratiquant alors par trouées dans la pinède ou par coupe pied à pied, le relais s'effectue entre le reboisement et la forêt spontanée. Dans d'autres cas, notamment lorsque les pins ont été plantés en rangs serrés, l'avenir de la formation est plus incertain.

Cette gestion forestière est plus indépendante qu'elle ne l'était de la question de l'érosion. Pour traiter celle-ci, d'autres formes de réhabilitation du milieu, ciblant plus, pour les opérations de génie biologique, quelques ravines prioritaires sont aujourd'hui entreprises. Cette action consiste moins à couvrir le pays de forêts qu'à tenter de coloniser le talweg de quelques ravines stratégiques par la pose de fascines ou de clayonnages, placés en aval, permettant de piéger les sédiments sur lesquels s'installeront les espèces pionnières, la Bauche (*Achnatherum calamagrostis*) notamment, puis les buissons (REY, 2002).

Figure 77 : Plantation de Pin noir âgée, sur versant sapé à sa base. Secteur de Draix (Alpes de Haute-Provence). (Photographie : Freddy REY, 2005)



10.2.2 - La déprise des activités agricoles, pastorales et forestières

L'exode rural a touché tôt les régions de montagne de l'arrière-pays méditerranéen. Dans la partie de la France concernée, il se vérifie, presque commune par commune, que le maximum de population a été atteint en 1850, date à partir de laquelle les départs qui n'étaient, jusqu'alors, que saisonniers deviennent définitifs. Ceci étant, il se passe un assez long temps avant que cet exode

conduise au délitage du système rural et, pour finir, à la déprise spatiale de ce système. La synchronie est ici moins grande et il semble que la dynamique n'ait vraiment pris de l'ampleur qu'après la Deuxième Guerre mondiale. Il est cependant net que, au moment où les cartes de végétation de la France sont levées, dans les années 1960, l'abandon des terres agricoles ou pastorales est déjà effectif mais il est encore récent, comme en témoigne l'étendue des formations témoignant de stades pré-forestiers de la végétation.

Dans les Alpes du Sud où l'extension de ces formations pionnières était particulièrement importante, la dynamique spontanée de la végétation ligneuse : aux basses altitudes, les garrigues et les boisements clairs à Pin d'Alep (*Pinus halepensis*) cèdent peu à peu la place à la chênaie à Chêne vert (sauf quand un incendie intervient) ; plus haut, sur la longue marche botanique à Pin sylvestre (*Pinus sylvestris*) décrite dans le chapitre 8, la végétation forestière se différencie progressivement entre la chênaie à Chêne pubescent et la hêtraie (GENIN *et al.*, 2005). A la faveur de la valorisation possible de quelques produits sur le marché, une agriculture « de niche » peut s'être maintenue. Dans les Baronnies, elle jalonne les vaux très évasés : en remontant la vallée de l'Ouvèze, on trouve ainsi les oliviers, les abricotiers, les cerisiers, les noyers puis la lavande. Dans le sud du Massif Central aussi, depuis 1950, particulièrement, exode rural et abandon des terres s'accroissent ; la forêt, par stades successifs, se reconstitue. On continue de l'aider, même hors RTM : entre 1955 et 1985, en Lozère, 35 000 ha ont été plantés (LI et SOSA RAMIREZ, 1987). Ces reboisements utilisent le Pin à crochets (*Pinus uncinata*), le Pin sylvestre (*Pinus sylvestris*), le Pin noir (*Pinus nigra*), l'Épicéa (*Picea abies*), toutes essences étrangères à la hêtraie-sapinière de l'âge du Fer.

Le moment de déclenchement de la déprise est plus tardif dans les pays voisins ; il a pu, en revanche être plus brutal. En Italie, sur le terrain étudié, le Frioul, la date est précise puisqu'elle correspond au tremblement de terre de 1976. Une trentaine d'années plus tard, le basculement vers un paysage où les versants sont presque entièrement couverts par la forêt est d'autant plus spectaculaire. En Espagne, le mouvement s'est accéléré au moment où la société a connu une transformation extrêmement rapide après la mort de FRANCO (1976). La progression des boisements spontanés est cependant très inégale suivant les régions. Dans le secteur des Pyrénées catalanes que nous avons exploré (massif de la Alta Garrotxa), la transformation déjà ancienne est presque achevée (fig. 27 p. 64), ce que confirme les cartes d'évolution de l'occupation du sol entre 1957 et 1997 dressées par nos collègues catalans (VILA SUBIRÓS, 2000, VARGA LINDE et VILA SUBIRÓS, 2005). En Andalousie, dans la Sierra de Grazalema, les espaces agricoles ou pastoraux occupent encore une place importante, ce qui peut avoir à faire avec le maintien d'une structure foncière fondée sur de grandes propriétés.

Les effets de l'actuel changement climatique seront d'autant plus difficiles à déceler qu'ils se produisent au moment du grand mouvement de retrait des activités rurales. Démêler, dans les modifications de la couverture végétale, la part du climat et celle de l'Homme, devient, dès lors, un exercice risqué. Ainsi bien des formations de substitution ont-elles été considérées comme des formations « originelles ». On peut admettre, avec VERNET (in GUILAINE, 1991), que l'influence de l'Homme l'emporte très généralement sur celle du climat dans le paysage méditerranéen. Rappelons que, en dépit des nombreuses altérations qu'elle a subies, la flore reste une meilleure intégratrice des données écologiques.

10.3 - L'éventail des dynamiques en cours : quelques études par site

Pour fonder à l'échelle régionale cette réflexion sur la dynamique des paysages des montagnes méditerranéennes, le choix a porté sur une approche par site. Choix également de conserver la prééminence du terrain, à travers analyse des documents de télédétection, collecte des informations naturalistes (état de la végétation, utilisation du sol, importance de l'érosion) et enquêtes auprès des populations et des acteurs. Mon travail propre a, très prioritairement, porté sur mon domaine de compétence le plus spécialisé, l'étude de la végétation. Cette présentation a l'ambition de montrer que le détour par les observations de terrain, qu'elles soient qualitatives et quantitatives, reste indispensable pour qui veut caractériser sérieusement les processus et les évolutions en cours dans le paysage. Pour le reste, je puiserai dans les résultats obtenus par les étudiants de master ou de doctorat dont j'ai eu l'occasion de diriger (ou co-diriger) les travaux.

L'hypothèse était celle de la pluralité des situations pour ces montagnes qui partagent toutes le fait d'être des arrière-pays, mais qui présentent une grande diversité naturelle et un degré d'abandon variable. D'un autre côté, pour un programme financé pour 3 années, il n'était possible de retenir qu'un petit nombre de sites, en fonction des collaborations internationales sur lesquelles nous pouvions nous appuyer. La liste retenue (fig. 73) ne peut, bien sûr, prétendre décrire tous les cas de figure possibles. Une certaine graduation par rapport à l'élément le plus couramment jugé central de la méditerranéité – l'existence d'une période de sécheresse ou au moins de net fléchissement des précipitations – a été effectuée, quoique la situation des montagnes puisse différer considérablement par rapport aux plaines environnantes. Les quatre sites se placent ainsi sur le fond de carte de la figure 73, emprunté à QUEZEL et MEDAIL (2003) suivant une sorte d'arc allant du méditerranéen semi-aride où il peut tomber moins de 600 mm/an (Andalousie), au méditerranéen sub-humide (Catalogne), puis au méditerranéen humide (Haute-Provence) et au méditerranéen hyper-humide où les précipitations moyennes annuelles dépassent largement 1 000 mm et où il n'y a pas de mois sec (Frioul). D'autres traits majeurs de la méditerranéité – physiques ou humains – peuvent subsister même en ce cas, ce qui a conduit à garder ce terrain italien.

10.3.1- La montagne frioulane (vallée de l'Arzino) : paysage et risque

Certains résultats de la thèse de Florence Garlatti sur le risque torrentiel dans la vallée de l'Arzino, soutenue en novembre 2007 et effectuée sous tutelle française (Monique FORT et moi-même) et italienne (Giovanni Battista CARULLI) peuvent ici être repris pour tenter d'articuler la notion de risque avec cette recherche sur la dynamique des paysages. Cette tentative est justifiée puisque s'il est bien un point commun à toutes ces montagnes méditerranéennes, c'est bien la violence inhérente au milieu ou, si l'on préfère, l'existence d'un fort aléa naturel susceptible de déclencher une catastrophe ou un cataclysme. Catastrophe, c'est-à-dire un événement susceptible d'affecter les activités socio-économiques des hommes ou de faire des victimes corporelles ; cataclysme, c'est-à-dire un événement qui provoque un changement majeur dans l'aspect de la surface de la Terre donc une modification du paysage. Pour la montagne frioulane, c'est par l'existence même de ce fort aléa naturel qu'elle se rattache le mieux au monde méditerranéen.

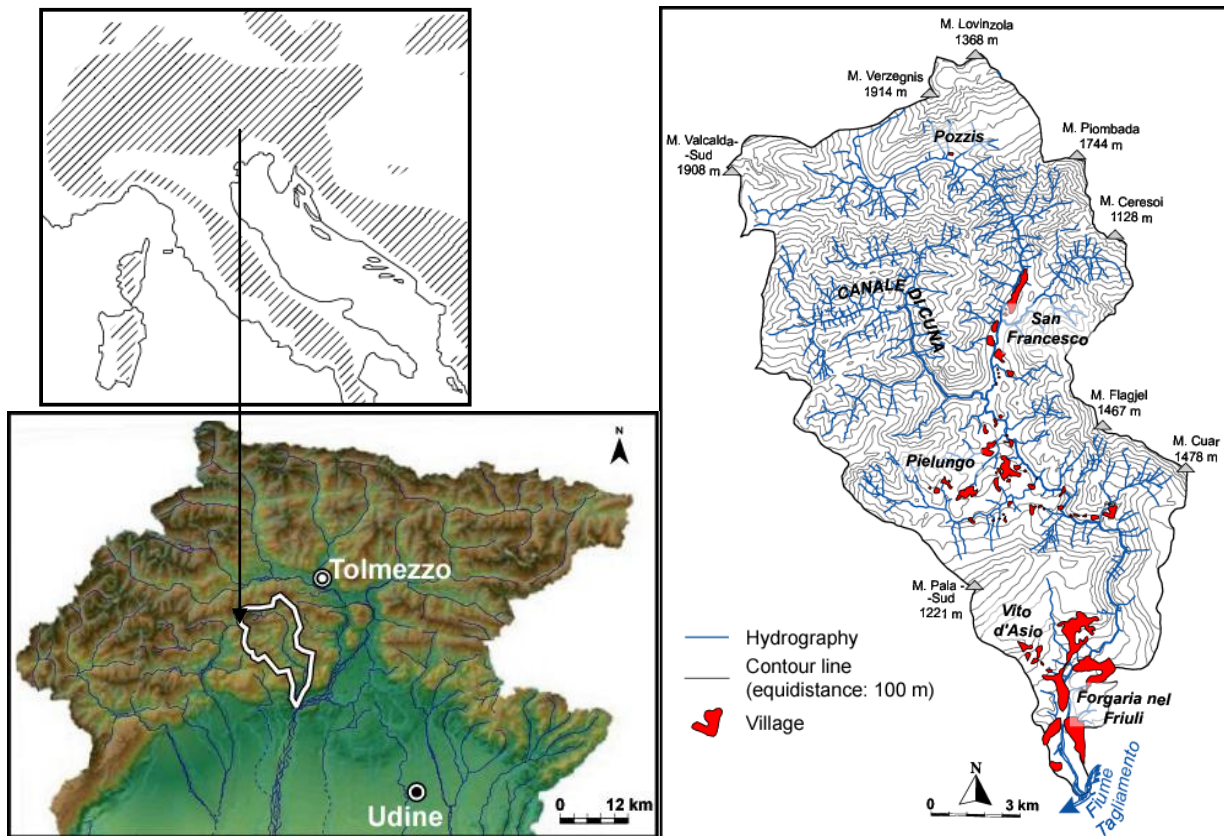


Figure 78 : Vallée de l'Arzino (Frioul, Italie). Localisation. Source : GARLATTI (2007).

Autour de l'axe constitué par la vallée du Tagliamento, l'arrière-pays montagneux du Frioul ne répond que partiellement aux critères définissant la méditerranéité. Le paysage végétal n'est guère méditerranéen en particulier en raison d'une végétation qui ne souffre pas de la sécheresse estivale, même si l'été reste la saison la moins arrosée. La forêt mésophile y domine, certes avec une touche plus orientale, donnée, par exemple, aux altitudes collinéennes par le Charme-Houblon (*Ostrya carpinifolia*) ou, en altitude, par le Pin mugo (*Pinus mugo*) qui y remplace le Pin à crochets (*Pinus uncinata*). Pour le reste, la succession altitudinale des forêts dominées par les Chênes à feuillage caduques, puis par le Hêtre, par l'Epicéa correspond bien à ce qui se rencontre dans les parties des Alpes où le bilan hydrique est le plus favorable pour la végétation. Il est vrai que, notamment dans les secteurs proches de la frontière slovène, on atteint là les totaux annuels les plus élevés d'Europe.

La montagne frioulane trouve plutôt sa méditerranéité dans les dynamiques de surface, en liaison avec un ensemble de facteurs favorables à leur déclenchement. Le travail de Florence GARLATTI a été centré sur un affluent du fleuve Tagliamento, le torrent Arzino. La vallée de l'Arzino est préalpine par son parcours (Préalpes Carniques orientales) et méditerranéenne par la récurrence des fortes averses. Celles-ci résultent de l'ascendance orographique de l'air instable et chargé en humidité provenant de l'Adriatique. Ces averses se produisent en particulier aux saisons intermédiaires, au moment où la colonne d'air est la plus instable en raison des contrastes thermiques, un peu comme cela se produit pour les averses cévenoles qui frappent le sud du Massif central. La forte intensité de ces précipitations est suggérée par le maximum quotidien enregistré le 9 octobre 1933 avec 398 mm à Tolmezzo. Il se devine aussi dans le total annuel moyen des précipitations qui dépasse localement 3 m.

Situé à l'endroit où les Alpes orientales connaissent leur raccourcissement crustal maximal, le bassin versant de l'Arzino est, par ailleurs, marqué par une forte activité sismo-tectonique et orogénique. C'est là une dimension de la violence méditerranéenne que nous connaissons moins bien mais qui pèse d'un grand poids dans le paysage et dans son caractère instable. Le dernier événement majeur, intervenu en 1976, a laissé des traces et son souvenir est encore vivace dans la population. La forte sismicité contribue par ailleurs à l'instabilité des versants. La lithologie et la structure variées déterminent, quant à elles, une érodibilité sélective. La présence d'un réseau de failles chevauchantes actives se révèle aussi un facteur géologique propice à l'hétérogénéité et à la permanence spatiale de l'aléa. Ces failles interviennent aussi dans la phase de préparation du phénomène torrentiel par la production de matériaux fins par broyage des roches résistantes et par libération de gros blocs.

La torrentialité dans ce bassin versant se traduit par la récurrence d'épisodes d'écoulements brutaux qui mettent en jeu des déplacements de matériaux conférant fréquemment un caractère cataclysmique à ces crues. Celui-ci est sensible sur l'activité des affluents, petits par la taille, mais dont les cônes de déjection constitués de blocs atteignant plusieurs mètres donnent une idée des volumes déplacés (torrents à clape). Il est aussi sensible dans le cours de l'Arzino lui-même et donne toute sa mesure dans le remaniement perpétuel du chenal d'écoulement démesuré du fleuve Tagliamento (fig. 79), chenal dont la largeur atteint plus d'un kilomètre avant sa confluence avec l'Arzino.

Figure 79 : Le chenal d'écoulement surdimensionné du fleuve Tagliamento à proximité de sa confluence avec l'Arzino. Photographie : Florence GARLATTI, 2004.

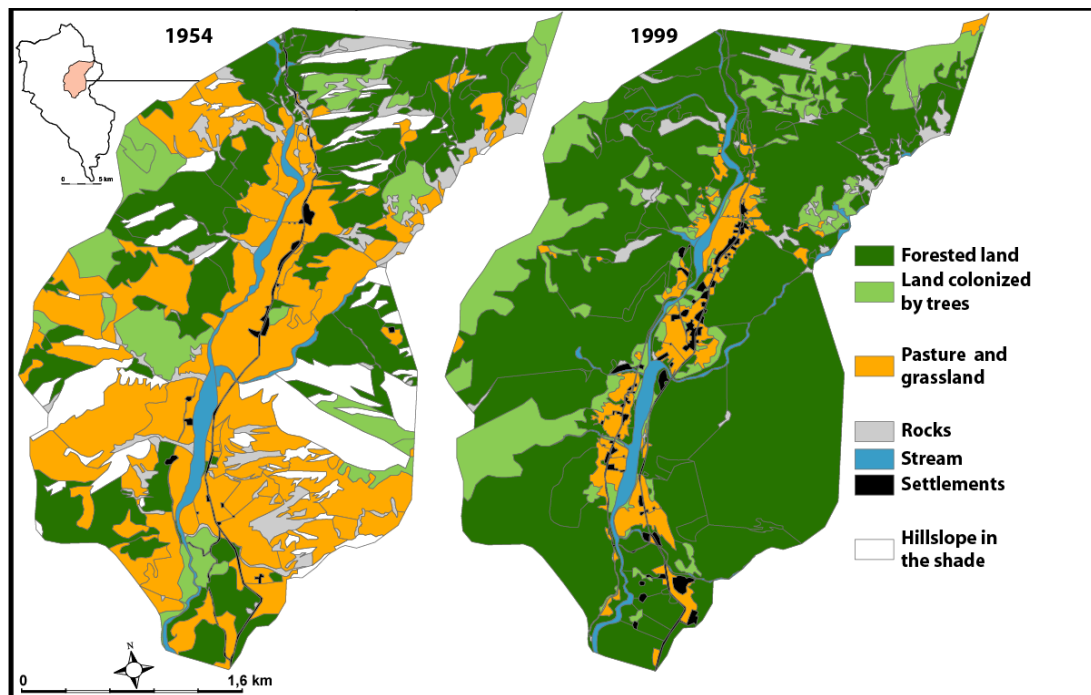


Cet aléa torrentiel a-t-il varié au cours du dernier siècle ? La perception qu'en ont les habitants et les acteurs du secteur irait en ce sens. Cette perception, telle qu'elle apparaît dans les enquêtes menées par Florence GARLATTI, établit un lien entre la recrudescence du nombre

d'inondations catastrophiques en Europe méditerranéenne et la fréquence d'événements du même type dans la vallée. Pourtant, une étude de ces événements menée depuis un demi-siècle ne fait pas apparaître de changement significatif dans cette fréquence au cours du XX^e siècle. La chronologie de ces événements révèle que la relation n'est pas simple entre le volume des pluies précipitées et le déclenchement des crues. Elle ne l'est pas non plus avec le caractère catastrophique de la crue¹⁴⁰. Enfin, la façon dont elles sont perçues comme catastrophique ou non par la population a beaucoup évolué au cours du siècle en fonction du déplacement de celle-ci au sein de la vallée (concentration en fond de vallée et dans la partie aval de celle-ci). Ne se situant plus au même endroit dans la vallée, la vulnérabilité qui est « l'autre dimension » n'est plus du même niveau puisque « les critères qui composent la vulnérabilité sont la valeur du site et la capacité de résistance de celui-ci à l'aléa » (LIEGOIS, WICHEREK et AMAT, 2004). Le changement dans la géographie de la vulnérabilité joue ici sur ces deux critères ; il est révélé par la transformation du paysage végétal.

En position de transition entre la plaine du Frioul attractive et les Alpes Carniques en voie de dépeuplement, le bassin versant de l'Arzino a connu, en un peu plus d'un demi-siècle, des changements radicaux dans son couvert végétal. Les changements dans l'occupation et l'usage des sols ont été en effet très forts, notamment après le séisme de 1976. L'abandon des activités agricoles et pastorales a été massif et s'est traduite par une emprise accrue de la forêt sur les versants, la population et les activités se concentrant sur les parties plus basses proches de la vallée, comme le montrent les extraits des cartes reconstituant l'occupation du sol dans le secteur de San Francesco entre 1954 et 1999 (fig. 80). La vulnérabilité qui portait sur la sensibilité à l'érosion des terres agricoles et pastorales dans les années 1950 s'est déplacée vers les zones habitées et les infrastructures, surtout situées en aval dans la vallée. Il faut ajouter, en lien avec l'urbanisation, le rôle joué par l'augmentation des surfaces imperméabilisées et la multiplication des obstacles à l'écoulement des eaux. Le risque porte sur les biens mais aussi sur les personnes : on peut aujourd'hui se faire surprendre au volant de sa voiture par un gros orage ou une coulée de boue.

Figure 80 : Evolution de l'occupation du sol entre 1954 et 1999 dans la vallée de l'Arzino (Source : GARLATTI, 2007).



¹⁴⁰ Cf. présentation faite pour le congrès de l'EGU (European Geosciences Union) de Vienne en avril 2008 : Analytical chronology of past disasters in Arzino's catchment (1905-2005; Carnic Pre-Alps, North-eastern Italy) (GARLATTI, ALEXANDRE, FORT).

Cette progression spectaculaire du taux de boisement appelle plusieurs commentaires. Il faut tout d'abord souligner la vigueur de la dynamique forestière sous ce climat qui lui est globalement favorable. La forêt mésophile qui se constitue est de belle venue. Une deuxième remarque est que, conformément à ce qui a été esquissé pour les Alpes du Sud françaises, la reforestation, ici très largement spontanée, n'a qu'un effet réduit sur l'érosion et la torrencialité : l'aléa ne semble pas vraiment affecté, ni dans un sens ni dans l'autre, par le changement dans l'occupation du sol. Il est vrai que les phénomènes en jeu sont d'ampleur plus grande que l'érosion par ravinement dont il était question sur le terrain français.

La troisième observation concerne la perception par les habitants du changement de paysage végétal. Ils tendent à établir un lien entre la progression de la forêt et l'aléa torrentiel. Ce lien a été interprété par Florence GARLATTI, sur la base des entretiens réalisés, par le sentiment d'une perte de contrôle sur la gestion du territoire. La réalité perçue du risque torrentiel s'insère en effet dans le contexte d'exode rural et d'abandon du système agro-sylvo-pastoral. Le changement de perception est net entre les plus anciens et les plus jeunes. La rupture entre les générations s'expliquerait par une nouvelle hiérarchisation des facteurs intervenant dans la construction mentale du risque. Autrement dit, les facteurs liés à la société globale (médiatisation ; connaissances par des lectures, etc.) l'emportent désormais sur la maîtrise de la situation locale fondée sur la transmission de la mémoire collective et la construction du territoire comme « territoire d'expérience ». La progression de la forêt borne ainsi beaucoup plus étroitement l'espace vécu (au sens d'Armand FREMONT, 1976).

Ainsi la mise en relation du paysage et du risque rappelle-t-elle, de façon originale, l'intérêt de jouer sur toutes les significations du mot paysage, de l'évolution de sa nature et des éléments qui le constituent (même si, ici, les données nous manquaient pour le considérer en tant qu'écosystème) à la perception qu'en ont les habitants.

10.3.2 – Baronnies : mise en place d'une matrice écosystème par effacement des activités humaines

La partie occidentale du site haut-provençal est, suivant l'expression consacrée, bien documentée. Les Baronnies méridionales ont, en effet, constitué un site de mesure de l'érosion par ravinement sur les marnes suivi par le CNRS durant une dizaine d'années (LECOMPTE, LHENAFF., MARRE, 1998). La relation entre végétation et ravinement y a été, en complément, étudiée (COHEN, 1998). Ce n'est pas à cette échelle et sur ce terrain que je me placerai ici. L'ambition de ce paragraphe est de montrer comment l'évolution du système rural conduit d'un paysage micro-hétérogène en mosaïque vers un paysage macro-hétérogène qui s'ajuste à la structure floristique régionale de la végétation décrite au chapitre 8. Je dispose pour mener cette démonstration des données floristiques collectées de la plaine du Rhône aux Préalpes de Digne le long du transect est-ouest, complétées par deux petits transects nord-sud réalisés par Julien ANDRIEU au cours de son année de maîtrise (2001). L'analyse de ces données avait révélé un continuum à facettes (GODRON et ANDRIEU, in ALEXANDRE et GENIN édts, 2008), interprétation qui a été confirmée et affinée dans le chapitre 8. Autre travail d'étudiant dont les résultats méritent d'être repris ici, celui réalisé par Emilien BARUSSAUD pour ses mémoires de M1 (sur la caractérisation des paysages) et M2 (sur une tentative d'application de l'écologie du paysage) sous ma direction.

Au nord de l'ensemble mont Ventoux - montagne de Lure, les Baronnies constituent un haut pays méditerranéen présentant en fonction de la structure sédimentaire plissée suivant un axe ouest-est et de l'érosion lithologique différentielle sur marne et sur calcaire, une alternance d'anticlinaux et de synclinaux qui constituent l'armature de leur paysage. Les vaux (les synclinaux), en particulier, très amples et empruntés, sur la majeure partie de leur cours, par les cours d'eau constituent quelques grands compartiments séparés par des crêts (fig. 81). La dynamique générale

du pays conduit vers un fort abandon des activités pastorales sur les versants et une rétraction de l'agriculture vers les parties basses des synclinaux, le mouvement étant inégal suivant les cas. Le processus d'enfrichement puis de reboisement du paysage est ainsi plus avancé dans les vallées de la Méouge et du Jabron dans la partie méridionale et orientale des Baronnies.

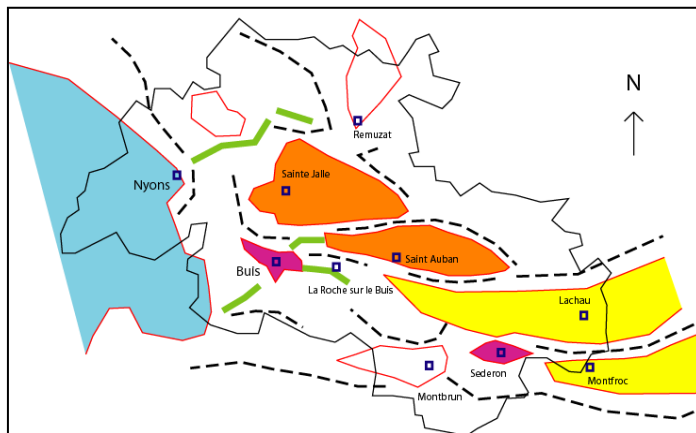
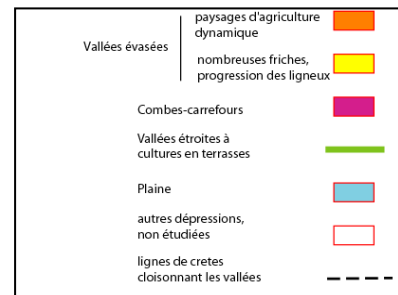


Figure 81 : Essai de typologie paysagère des vallées des Baronnies (Emilien BARUSSAUD, 2006).
D'après observations de terrain et Conseil Général de la Drôme, 2006 : *Patrimoine des Baronnies*.



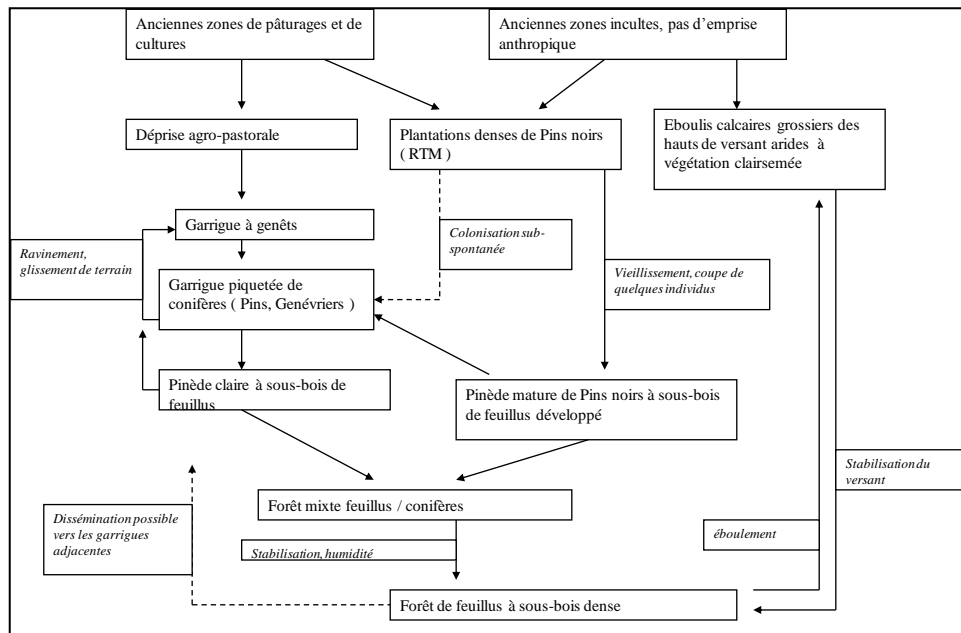
Le processus d'enfrichement et de reboisement se traduit par deux dynamiques très interdépendantes : la dynamique de la végétation et la dynamique de la structure du paysage. BARUSSAUD (2006) a tenté de résumer par un schéma de synthèse (fig. 82) tous les stades transitoires conduisant vers un manteau forestier constitué ici d'une chênaie à Chêne pubescent, pouvant passer, vers le bas, à une chênaie à Chêne vert, vers le haut, à une hêtraie. Ce schéma est conçu pour montrer les chemins entrecroisés qui constituent les séquences de végétation (GODRON et POISSONET, 1972) et non pas pour déterminer une hypothétique végétation climacique en équilibre avec le climat. Il montre la faible intervention des hommes dans un processus biologique très largement spontané : l'existence de plantations de Pin noir déjà anciennes (plusieurs décennies) et d'ailleurs beaucoup moins nombreuses que plus à l'est, de l'autre côté de la Drance. La dynamique est, par ailleurs, en général progressive, les stades régressifs étant surtout liés à des phénomènes géomorphologiques (éboulements au pied des abrupts rocheux, extension de champs de ravines). Les multiples stades, identifiés en fonction de l'ancienneté et de la raison de l'abandon, en fonction aussi de la position topographique, du type de roche et de l'épaisseur du sol (la pédogenèse étant, de toute façon, limitée), dessinent une mosaïque dont on a trouvé trace dans le dédoublement du continuum floristique entre flore d'ombre et de lumière, par exemple aux altitudes les plus élevées (entre 1 300 et 1 500 m) entre certains sommets, comme la butte de Chassenaye (fig. XXN), couverts par une hêtraie dense dont les sous-bois faiblement éclairés ne comprennent qu'un cortège très limité et d'autres, comme la Crête de l'Ane où se maintenait lorsque nous avons effectué les relevés une pelouse plus ou moins enfrichée par quelques arbustes (*Sorbus aria*), buissons (*Cotoneaster integerrimus*) ou arbrisseaux (*Genista villarsi*) (opposition mise en valeur sur l'axe 3 de l'AFC ; cf. chapitre 8).

Cette disposition en mosaïque (aux limites d'ailleurs souvent floues) correspond bien à la caractérisation des éco-complexes méditerranéens proposée par Maxime LAMOTTE et Patrick BLANDIN (1989) ; elle retentit sur la diversité biologique (que nous n'avons, pour notre part, pas étudié, puisque nous nous sommes cantonnés à une fraction seulement de la flore) :

« La relative pauvreté faunistique et floristique de chacun des écosystèmes considéré individuellement s'oppose à la diversité de ces écosystèmes, de sorte qu'à l'échelle d'une région géographique même limitée – un éco-complexe (*sensu* BLANDIN et LAMOTTE, 1985) – la richesse spécifique redevient importante. Bien que des résultats précis manquent pour prouver cette assertion, les données des faunes et des flores de certaines régions

bien connues font effectivement apparaître une richesse qui ne se retrouve pas à l'échelle d'un milieu particulier. »

Figure 82 : Dynamique de la végétation dans les Baronnies : schéma de synthèse (Source : BARUSSAUD, 2006)



La dynamique de la structure du paysage va globalement dans le sens d'une simplification de la mosaïque par constitution d'une matrice forestière. Ceci étant, on peut passer au cours de cette dynamique par des phases où la fragmentation¹⁴¹ augmente à la faveur de stades pionniers dans la reconquête d'un sol nu comme c'est le cas ci-dessous sur le versant ouest de la butte de Chassenaye dans la vallée de la Méouge (fig. 83b). Lorsque l'on est proche d'une matrice forestière faiblement différenciable par l'analyse d'images, comme dans le cas du versant d'ubac sur la même butte de Chassenaye, les indices de formes et de diversité diminuent de conserve.

L'écocomplexe en mosaïque, issu d'un territoire où l'emprise spatiale des activités humaines était forte, en dépit de densités de population qui sont toujours restées modestes, conduit à une matrice qui conserve un caractère complexe puisqu'elle « abrite » le continuum à facettes au sein duquel les espèces défilent le long de la longue marche botanique subméditerranéenne de part et d'autre de laquelle des transitions plus marquées font passer vers la flore méditerranéenne, d'une part, vers la flore montagnarde, de l'autre. Ce faisant, le dédoublement du continuum entre flore d'ombre et de lumière s'estompe par raréfaction des biotopes favorables au développement de ces dernières. On pourrait parler pour un tel cas, au choix, d'une *matrice écocomplexe* ou d'un *écocomplexe matriciel*. Aucune de ces deux formulations n'étant très heureuse, je doute un peu que je parvienne à les imposer.

¹⁴¹ On peut exprimer tout ceci par des calculs d'indice. En écologie du paysage, on reconnaît des indices de formes (du type du LSI *Landscape shape index*) qui, en établissant un rapport entre le périmètre des éléments et l'aire, mesure la fragmentation au sein d'un paysage et des indices de diversité (du type de l'indice de Shannon : SHDI).

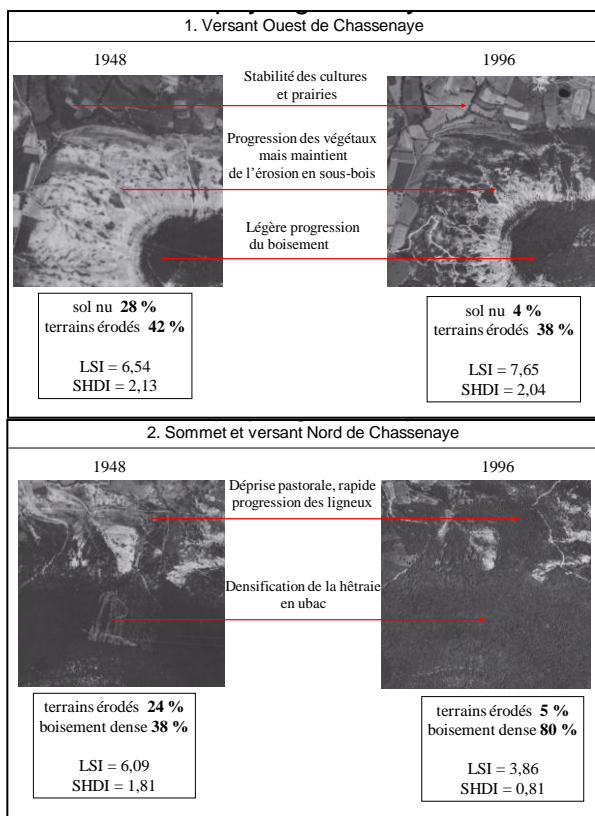


Figure 83 : Dynamique du paysage sur la butte de Chassenaye (Baronnies – Haute Provence).
a)- Evolution du versant ouest 1948-1996 (Source : E. BARUSSAUD, 2007).
b)- Evolution du versant nord 1948-1996 (Source : E. BARUSSAUD, 2007).
c)- Vue sur le versant ouest de la butte (Photo : F. Alexandre, 2007)

Passons alors de l'écocomplexe au paysage en posant la question de la perception. Quelle perception de cette dynamique de la végétation et du paysage les habitants des Baronnies ont-ils ? Quoique les problèmes posés soient assez différents de ceux du Frioul, les réponses données sont assez semblables : l'embroussaillage et la progression de la végétation spontanée sont considérés comme une perte de contrôle sur le territoire. Ici, plus intimement, on évoque le pays qui se meurt. En fonction de cette perception, les acteurs du territoire (qui ne se dissocient pas de cette lecture) esquissent des solutions (programme européen Leader +, projet de Parc Naturel Régional) dans lesquelles il est espéré que la relance de l'agriculture fondée sur quelques produits commercialisables permettra de maintenir, voire de reconstituer la mosaïque paysagère. Ceci étant, la dynamique conduisant le paysage vers une matrice forestière ne devrait pas être remise en cause sur les versants et les sommets, peu concernés par l'agriculture.

Conclusion

La dynamique du paysage est la même dans l'ensemble de ces montagnes de l'arrière-pays méditerranéen. Ici comme là, la progression du couvert forestier est manifeste. La dynamique spontanée de la végétation tend vers la mise en place d'une matrice écosystème : homogène dans sa physionomie, hétérogène dans son contenu biologique à la mesure de l'hétérogénéité des biotopes qu'elle recouvre. Si l'on considère seulement la fraction végétale de la biocénose, la macro-hétérogénéité de la matrice tend à s'ajuster au continuum floristique qui se différencie en fonction des principaux gradients bioclimatiques. Les groupes d'espèces se succèdent en écaillés sur le fil de ces gradients, chaque rupture de pente dans la courbe de vitesse de défilement des espèces permettant de différencier une facette du continuum.

Les sites espagnols peuvent être mis en regard avec l'exemple frioulan et avec l'exemple provençal. La dynamique de la végétation et du paysage y est plus ou moins avancée suivant les sites. Dans la montagne catalane de l'Alta Garrotxa, la matrice écosystème, d'une grande homogénéité

physionomique, est bien en place. De bas en haut des versants, les espèces ne sont cependant pas les mêmes avec une grande abondance de méditerranéennes en contrebas et l'arrivée des mésophiles en haut. Par ailleurs, la dynamique de cette végétation conduit vers une progression lente du Chêne pubescent qui avait été négligé au profit du Chêne vert lorsque l'utilisation du territoire était importante. Aujourd'hui, le massif ne comprend plus que quelques hameaux et très peu d'habitants.

A l'inverse, la Sierra de Grazalema en Andalousie a conservé une partie importante de sa mosaïque paysagère et la végétation y est le reflet tout à la fois des gradients bioclimatiques, très accusés ici puisque l'on passe en quelques kilomètres des endroits les plus secs aux lieux les plus abondamment arrosés d'Espagne : différentes formes de matorral couvrent les premiers alors que les profondes forêts de Sapin d'Espagne (*Abies pinsapo*) couvrent les deuxièmes. La diversité est aussi lithologique avec l'opposition entre la subéraie sur silice et la chênaie à Chêne vert sur calcaire. L'embroussaillage et la reconstitution de la forêt sont partout mais le maintien d'activités agricoles et surtout pastorales entretiennent parcours ovins, prairies (en altitude) et *dehesas*. Si l'on y ajoute les incendies, la figure de l'éco-complexe en mosaïque se dessine. Les tesselles de la mosaïque sont ici de grande taille, en fonction du maintien de grandes propriétés.

Figure 84 : Paysage en mosaïque de la Sierra de Grazalema (Andalousie) – Camino del Pinsapar (Photographie : Alain GENIN, 2006)

L'hétérogénéité est grande entre pinède, chênaie à yeuse, chênaie à Chêne pubescent, garrigue ...



Chapitre 11

Dynamique des « paysages » agricoles et forestiers dans les régions littorales d’Afrique de l’Ouest

Ce chapitre prend appui sur ma participation à la première phase (2003-2008) du volet recherche d’un programme international de coopération : le programme régional de conservation de la zone côtière et marine en Afrique de l’Ouest (PRCM). Il vaudrait mieux dire d’ailleurs à un élément (l’axe 4 : dynamique des paysages agricoles forestiers) du volet recherche (dit « bilan prospectif » du programme). Il s’agit là d’un contexte original, pas forcément familier au chercheur qui doit en premier lieu bien y comprendre sa place. Le PRCM « a pour objectif de coordonner les efforts des institutions et des individus en faveur de la conservation du littoral des pays côtiers de la sous-région (la Mauritanie, le Sénégal la Gambie, la Guinée-Bissau, la Guinée, les îles du Cap-Vert, la Sierra Leone). » (<http://www.prcmarine.org/>).

La volonté de se focaliser sur cette zone côtière et marine tient au fait que, pour ces pays, il s’agit là des régions où se trouvent à la fois les principales agglomérations urbaines et les plus fortes densités rurales. Le site du programme annonce que vivent là « près de 60 % des 22 millions d’habitants des pays concernés », ce qui pose au passage la question de la délimitation de cette zone littorale ... De nouveau, la question des limites : elle sera tranchée de façon simple ici, en entendant la bande littorale dans un sens très extensif. Ce parti tient aux indentations très profondes formées par les estuaires et par l’épaisseur des espaces deltaïques dans la partie méridionale des territoires concernés qui a justifié l’appellation de pays des Rivières du Sud ; ces espaces sont marqués par la présence de vasières à mangrove. Lorsque l’on passe sur la terre ferme, la complémentarité avec les activités se développant dans la mangrove est forte, comme le notait déjà Paul PELISSIER (1966).

Créé en 2001, le PRCM réunit un ensemble d’organismes gouvernementaux et non gouvernementaux dont les représentants constituent une sorte de directoire, le « comité de pilotage » du programme. Du côté gouvernemental, le PRCM s’appuie sur les ministères de la pêche des différents états participants réunis Commission Sous-Régionale des Pêches (CSRП). A l’échelle internationale, l’UNESCO est présente. Parmi les organismes à statut associatif, l’UICN joue un rôle-pivot regroupant elle-même des représentants gouvernementaux et non gouvernementaux. Les autres partenaires sont la Fondation internationale pour le Banc d’Arguin (FIBA), *Wetlands International* et le Fonds mondial pour la Nature (WWF). La figure ainsi dessinée tranche de façon nette avec l’élément habituel du chercheur en France.

Comme pour le programme sur les paysages dans les montagnes méditerranéennes, ce mémoire d’HDR coïncide avec la fin de la première phase du bilan prospectif. Le rapport sur cette 1^{ère} phase est en cours de finalisation. Il se présente sous forme de fiches. Pour l’axe « dynamique des paysages agricoles et forestiers » dont j’ai assuré, à partir de 2006, l’animation avec Abilio Rachid SAÏD de l’Institut National pour les Etudes et la Recherche (INEP) de Guinée-Bissau, ces fiches ont essentiellement porté sur une vingtaine de sites, choisis auparavant comme sites-ateliers pour

l'étude des dynamiques en cours. Je m'appuierai dans ce qui va suivre sur quelques-unes de ces fiches pour tenter non un inventaire sur l'ensemble régional, mais pour une mise en perspective des observations effectuées. Cette mise en perspective portera sur les deux ensembles de sites étudiés lors des missions de terrain accomplies en 2005 et en 2007 :

- Les sites de Guinée-Bissau où les dynamiques paysagères peuvent être confrontées au concept de développement durable dans un contexte politique et socio-économique qui paraît *a priori* peu favorable ;
- Les sites du Cap-Vert où sera abordée la question de la spécificité des paysages insulaires.

Les premières missions effectuées par Julien ANDRIEU pour sa thèse l'ont été dans le cadre de ce programme. Ceci permet de s'appuyer, pour les sites de Guinée-Bissau sur les cartes d'évolution de l'occupation du sol au cours des vingt dernières années, construites à partir des images de télédétection et des vérifications effectuées (ensemble) sur le terrain.

11.1 – Contexte

11.1.1 – *Etre utile à la gestion intégrée des territoires*

L'objectif général du PRCM est de « coordonner les efforts des institutions et des individus en faveur de la conservation du littoral des pays côtiers de la sous-région » et d'assurer le développement durable des territoires concernés. Le PRCM s'appuie, par ailleurs, sur un outil, les aires marines protégées (AMP) dont il souhaite favoriser la création et à la gestion desquels il veut participer. Conservation, développement durable, protection (des milieux, de la faune et de la flore) : les grands mots sont lâchés et suscitent ici la polémique. Ils sont indissociables de l'action des organisations non gouvernementales qui sont à l'origine du programme.

Pour certains chercheurs, travailler avec de tels partenaires, c'est un peu comme aller souper avec le diable : si l'on s'y rend, il y faut une très longue cuiller. Ainsi, Sylvie BRUNEL (2005), dans un article – « Priorité aux hommes ! » - à charge contre l'usage qui est fait du développement durable en Afrique :

« Des trois piliers du développement durable – l'économie, le social et l'environnement -, c'est, depuis le Sommet de la Terre à Rio en 1992, le troisième qui suscite le plus d'attention, sous l'influence croissante des grands lobbies écologistes nord-américains. Avec sa pauvreté, son besoin crucial de financement mais aussi son faible niveau de développement, l'Afrique offre un champ de déploiement privilégié à leurs manœuvres. [...] **Il est remarquable que l'application des préceptes du développement durable en Afrique s'attache d'abord à la "mettre sous cloche" en la transformant en une sorte de conservatoire de la faune et de la flore**¹⁴² qui fait bien peu de cas des besoins des populations. Le monde développé assigne au continent noir la vocation d'une immense réserve exotique à visée récréative pour des Blancs en mal de nature sauvage et préservée. »

Nous voilà prévenus. Certes, Sylvie BRUNEL a plutôt ici en ligne de mire la situation en Afrique équatoriale, en Afrique de l'Est ou en Afrique australe. Certes, les « lobbies écologistes » sont ici plutôt européens, suisses, néerlandais, britanniques, avec une forte participation française. Il n'empêche : le PRCM pourrait se sentir visé par le portrait dessiné. Les organismes gouvernementaux ou non gouvernementaux qui s'y sont associés se réclament cependant d'une gestion intégrée des territoires et non d'une protection pure et dure de quelques espèces et de leur habitat au nom de la lutte contre l'érosion de la biodiversité. Sylvie BRUNEL (*op. cit.*) n'ignore pas cette ambition mais le bilan qu'elle tire des expériences déjà menées est sans illusion :

« Les projets d'aménagement intégré des territoires conçus dans les années 1980 visaient à corriger cette tendance dite de la "réserve à barbelés", en donnant aux communautés paysannes les moyens de vivre sur des

¹⁴² C'est Sylvie BRUNEL qui met ce morceau de phrase en caractères gras.

territoires certes préservés mais exploités intelligemment en tentant de concilier les besoins des hommes et le respect de la nature. »

« Ces projets ont échoué du fait de la crise des Etats, conjuguée à une croissance démographique dans la pauvreté qui a multiplié les actes du braconnage, l'exploitation sauvage des ressources et la dilapidation du capital naturel. Le balancier est alors revenu du côté initial. C'est le *back to barriers* : la tendance est de nouveau à nier l'humanité de l'Afrique [...] au profit de réserves naturelles sécurisées contre les intrusions indésirables, le "tourisme écologique" et l'aide financière étant censés compenser la perte de revenus des communautés paysannes. »

La perspective de voir sinon aboutir, du moins progresser l'aménagement intégré du littoral ouest-africain me paraît encore suffisamment ouverte pour que les chercheurs de toutes disciplines y participent même si leurs habitudes de recherche s'en trouvent ici bousculées, l'évaluation s'effectuant moins en termes de publications qu'en fonction de leur aptitude à tracer des prospectives.

Chez Georges ROSSI (2001), l'accent est assez proche de celui de Sylvie BRUNEL lorsqu'il dénonce « l'ingérence écologique », cette transposition souvent sans nuance de notre conception de la conservation de la nature à un monde tropical sur la mise en valeur humaine duquel nous conservons beaucoup d'idées reçues (cf. COURADE éd., 2006). Pourtant, l'angle d'attaque est un peu différent, l'échelle d'analyse considérée n'étant pas la même : globalisante et nationale pour Sylvie BRUNEL, des exemples plus régionaux et locaux chez Georges ROSSI. Ceci est confirmé dans un ouvrage collectif ultérieur où un bilan pluriel est tiré de différentes expériences de conservation intégrant plus ou moins le développement humain (RODARY, CASTELLANET, ROSSI éd., 2003), ROSSI cite une des voies par laquelle le chercheur peut se rendre utile, cette voie qui correspond à celle suivie ici, celle de l'étude du « paysage » :

« Localement, l'état instantané des évolutions [du système] s'exprime à travers le paysage que l'on peut aussi appeler "état instantané de l'environnement", empreinte visible et analysable de l'interface entre les sous-systèmes interactifs "société" et "milieu biophysique". Son devenir, produit et facteur de ces interactions, est donc fondamentalement indéterminé. On peut identifier des processus élémentaires ou des combinaisons de processus, des interactions. On peut, à partir de cela, construire des scénarii, on ne peut pas prédire quelles seront leur chance de réalisation. »

On remarquera que, dans le texte de Rossi, le mot de paysage est employé dans un sens très concret, proche du géosystème de Bertrand ou de l'anthroposystème du PIR Environnement, Vie et Société. Il correspond à l'une seulement des significations du terme (une des trois « définitions » de BROSSARD et WIEBER, 1984), celle qui considère l'agencement des objets et les processus qui les font exister ou les animent. En revanche, la perception en est absente, ce qui est là se conformer au fait que, en Afrique de l'Ouest, le paysage ne fait pas immédiatement socialement sens ; ce faisant, il est peu perçu par les habitants et peu de représentations sont susceptibles de peser sur leur devenir, comme en témoigne la quasi-absence du paysage dans l'art africain. Je placerais aussi souvent que possible, dans ce chapitre, des guillemets au « paysage » pour bien rappeler l'écart entre la façon dont il a été conçu ici et la définition à laquelle je me suis référé depuis le début de cette 3^e partie.

11.1.2 - Le bilan prospectif au sein du PRCM

Le « bilan prospectif », titre il faut bien le dire *a priori* assez obscur, répond à la nécessité ressentie par les partenaires du programme de disposer d'un volet recherche. Il cherche à saisir les dynamiques de toute nature à l'œuvre sur le littoral d'Afrique de l'Ouest¹⁴³. Ses objectifs, pour la période de 5 ans sur laquelle il court, sont à la fois de développer une dynamique de formation et de recherche ouest-africaine pour accroître les capacités d'expertises nationales et régionales tout en

¹⁴³ Le bilan prospectif a, d'ailleurs, un temps été intitulé DYLAO (Dynamiques du Littoral de l'Afrique de l'Ouest), mais la « greffe » n'a pas pris.

produisant les outils nécessaires à une gestion intégrée des zones côtières. Le Bilan Prospectif, au sein du PRCM devait produire :

« Une synthèse des connaissances pluridisciplinaires sur le fonctionnement spatialement différencié de l'environnement côtier d'Afrique de l'Ouest, d'en dériver un outil d'aide à la décision et de mettre à disposition ces connaissances en structurant les activités autour de quatre domaines :

- définir une approche conceptuelle pluridisciplinaire des systèmes d'interface côtiers : l'objectif est d'adopter une représentation commune des systèmes côtiers ouest africains, d'harmoniser les nomenclatures, de spécifier la forme et la nature des données et des indicateurs pertinents ;
- établir l'inventaire des données existantes et en analyser l'intérêt ; constituer les jeux de données utiles à l'analyse de l'évolution à long terme de l'environnement littoral ; mettre à disposition les informations sous une forme utilisable ;
- décrire les tendances des changements à long terme des systèmes d'interface côtiers ; selon des axes prioritaires identifiés lors de l'étape conceptuelle ; en analyser l'amplitude (dérives, ruptures) et les causes ; en déduire les principales causes de la vulnérabilité aux risques ; disposer des éléments permettant de développer un outil d'aide à la décision ;
- mettre en place des outils régionaux de suivi et d'aide à la décision ; planification et gestion intégrée pour l'environnement côtier d'Afrique de l'Ouest ; analyse des conflits d'usage et d'accès aux ressources, réflexion prospective sur la base de scénarios d'évolution. »

Sachant que la définition des conditions de la préservation des ressources¹⁴⁴ du littoral¹⁴⁵ passe par l'identification des transformations de l'environnement que l'origine en soit physique (variations climatiques) ou humaine (passée ou actuelle). Le découpage en axes, proposé en cohérence avec la problématique générale du projet, doit permettre une spatialisation des données et des interactions dynamiques entre nature et société. La liste des axes est la suivante :

- 1- Axe méthodologie (constitution d'une base de données, cartographie, SIG)
- 2- Axe théories et modèles de réalités
- 3- Axe dynamique du trait de côte et dynamique sédimentaire
- 4- *Axe dynamique des paysages agricoles et forestiers*
- 5- Axe dynamique des pêches et ressources halieutiques
- 6- Axe dynamique du bâti et de l'urbain
- 7- Axe dynamique du tourisme

11.2 - Propositions pour une analyse des dynamiques des paysages agricoles et forestiers

La méthode et le protocole suivis pour l'analyse des dynamiques des paysages agricoles et forestiers a été mise au point à la fin de l'année 2004, par Catherine MERING, Mamadou SOW et moi-même, c'est-à-dire une spécialiste de télédétection, un pédologue et agronome, un biogéographe. Il me paraît intéressant de reproduire ici cette réflexion commune pour deux raisons. La première est de bien souligner l'intérêt de mener la démarche dans son ensemble, ce qui n'a pas partout pu être le cas (voir ci-dessous le cas des îles du Cap-Vert). La deuxième est qu'elle paraît tout à fait reproductible dans d'autres contextes.

¹⁴⁴ Matérielles (sol, patrimoine halieutique) ou immatérielles (paysage), ayant une valeur monétaire directe ou non (patrimoine culturel, biodiversité).

¹⁴⁵ Entendu comme une bande de territoire d'épaisseur variable où l'océan impose (directement ou non) sa marque.

11.2.1- Objectifs

Le travail de l'axe 4 « dynamique des paysages agricoles et forestiers » est structuré autour de deux objectifs qui nécessitent de mettre en œuvre des techniques d'études puisant dans les études de télédétection, dans l'analyse de la végétation et dans les techniques d'enquêtes :

(1) - l'observation des changements intervenus dans le couvert végétal et l'occupation du sol au cours des vingt dernières années :

(a)- Cartographier l'état actuel des massifs de mangrove et de la végétation de la bande littorale continentale (savane, périmètres de reboisement) ; évaluer et cartographier le degré de dégradation / régénération et de déforestation / reforestation.

(b)- Evaluer et cartographier la déprise (abandon des cultures) ou l'intensification de l'agriculture et plus généralement les changements visibles d'usage des sols ou des forêts

Cet objectif est abordé essentiellement au moyen du traitement de séries temporelles d'images satellites. Pour ce faire, il avait été prévu d'acquérir des images de haute résolution. En attendant cette acquisition, il a été recouru, là où cela a été possible, aux images librement disponibles (images LANDSAT TM et ETM+). Si ces images LANDSAT ont une résolution insuffisante (pixel de 20 x 20 m) pour descendre à l'échelle de la parcelle, elles donnent un résultat immédiat, à peu de frais. La cartographie des changements qui en résulte est validée par des relevés de terrain localisés dans les sites ateliers (voir ci-après).

(2) - L'analyse des causes de ces changements :

Dans ces causes, on pense bien entendu à la variabilité climatique, notamment de la pluviosité (cf. chapitre 7) ; il s'agit aussi d'évaluer et de comparer les impacts :

(a)- des activités et des pratiques traditionnelles (pêche artisanale, agriculture, saliculture, transformation du poisson, riziculture) ou d'usages « nouveaux » et de nouvelles « filières » (aquaculture intensive, sel solaire, culture de noix de cajou...) ;

(b)- des politiques publiques et des pratiques locales visant la protection de l'environnement (ex : Réserve de Biosphère du Delta du Saloum) ;

(c)- de la pression démographique et de l'urbanisation qui en résulte ;

(d)- de la mise en tourisme et de ses modes (tourisme balnéaire, éco-tourisme, tourisme de vision, réserves privées et mise en scène de la nature).

La mise en relation de ces informations spatiales de nature diverse nécessite à terme l'exploitation des outils de la géomatique, les Systèmes d'Informations Géographiques notamment, ce qui suppose la mise en place d'une Base de Données Géographiques sur l'ensemble de la sous-région, dépassant les résultats obtenus axe par axe. Je n'ai pas abordé ce dernier volet du dispositif.

11.2.2 – Le choix de travailler par sites ateliers

La notion de site atelier choisie est à replacer dans les théorisations menées dans le domaine de l'environnement depuis de nombreuses années. On pense évidemment aux zones-ateliers telles, par exemple, qu'elles ont été définies par le programme Environnement, Vie et Sociétés du CNRS (LEVEQUE, MUXART *et al.*, in ALEXANDRE et GENIN éds, 2008) ; ces zones-ateliers prévoient un dispositif de sites de travail de taille plus modeste qui peut coller avec nos objectifs :

« La zone atelier se définit comme étant un territoire d'échelle moyenne occupé par un anthroposystème. C'est donc un dispositif de terrain déterminé par des questionnements scientifiques et impliquant des recherches à

long terme sur ce système. [...] Les thématiques scientifiques traitées dans la zone atelier sont interdisciplinaires et s'inscrivent dans une perspective de développement durable. Elles intègrent, à la fois, des recherches sur le long terme (analyses rétrospectives, actualistes et prospectives), la mise en œuvre de méthodologies d'observation et d'analyse standardisées et d'études comparatives entre zones ateliers, des possibilités d'expérimentation dans le cadre d'unités géographiques de taille plus modeste, les sites ateliers, et enfin de formalisation des connaissances par le biais de la modélisation et de la simulation du fonctionnement de tout ou partie de l'anthroposystème. »

« Les zones ateliers peuvent être comparées au modèle des LTER (*Long Term Ecological Research*), stations écologiques à long terme, incluant pour partie les activités humaines, mises en place aux Etats-Unis depuis plus de vingt ans. »

L'ambition du bilan prospectif est bien au fond de constituer le littoral ouest-africain en une grande zone atelier. Au sein de celle-ci, il peut être déterminé des sites ateliers, fonctionnant de façon interdisciplinaire sur des thèmes précis.

Le terme de site est à retenir ici au sens de portion de l'espace choisie pour sa représentativité vis à vis du territoire environnant. On espère pouvoir y mener une investigation plus complète que si l'on en reste à l'ensemble de l'espace (en termes de précision quantitative ou qualitative, de réflexion systémique ou de construction de modèle). La question de la généralisation spatiale des informations obtenues dans les sites ne doit pas être escamotée : un dispositif en sites ne se conçoit et ne peut se défendre que si l'on a défini le dispositif qui validera une telle généralisation. Le dispositif doit être à même d'étendre les résultats à des portions d'espace présentant des caractères identiques mais aussi de les moduler en fonction de la variation spatiale de tel ou tel paramètre. La question de la généralisation spatiale des résultats obtenus à l'échelle des sites est évidemment rendue plus complexe lorsque l'on se place dans une perspective dynamique puisque les variations dont il faut traduire les effets sont spatio-temporelles.

Pourquoi « ateliers » ? A la manière dont cela se pratique dans les Observatoires régionaux de l'Environnement (ORE) tels qu'ils ont été définis en France, un site atelier est d'abord un site dans lequel une ou plusieurs « questions vives » se posent. Il est atelier aussi parce qu'un dispositif expérimental est en place, permettant d'apporter tout ou partie de la réponse aux questions vives.

L'analyse s'est donc effectuée ici par sites ateliers non connexes et de petite superficie (400 km²) placés le long du trait de côte en fonction d'un gradient nord-sud (climatique) (fig. YYA). Le dispositif se justifie par la nécessité d'appréhender à une échelle fine à la fois l'évolution du milieu (sol, végétation, hydrologie) et celui des pratiques sur le milieu dans un même contexte climatique. Le recours à des analyses à l'échelle locale est en effet le seul qui autorise une explication précise des changements, prenant en compte les usages (semblables ou différents suivant les lieux) du milieu par les populations locales. A travers l'analyse des « paysages » et de leur dynamique, c'est une compréhension des systèmes spatiaux intégrant la dimension bio-physique et la dimension sociale qui est visée.

L'intégration des sites ateliers au sein du gradient climatique nord-sud, le placement de sites dans chacun des états concernés par le programme et donc dans des contextes nationaux variés, devrait permettre de mieux prendre en compte le poids respectif des facteurs jouant à l'échelle de l'ensemble de l'Afrique de l'Ouest qu'il s'agisse des facteurs globaux naturels (changement climatique, dynamique marine) ou politique et économiques (mondialisation, libéralisation de l'économie) ou encore de facteurs jouant à l'échelle territoriale avec les impacts des politiques publiques des pays concernés. La démarche adoptée prévoit la généralisation des résultats obtenus depuis l'échelle locale des sites vers l'échelle régionale. La régionalisation peut s'appuyer sur l'analyse des images satellites. Elle peut aussi être obtenue par le biais d'indicateurs des variations spatiales dans l'intervalle entre les sites étudiés. On pense ici aux résultats obtenus par l'étude du

transect botanique explorant la strate de variation climatique régionale du sahélien au soudanien et au guinéen (chapitre 7).

Le choix des 20 sites, dont la localisation précise s'est faite après une visite sur le terrain (la mission menée par Julien ANDRIEU et moi-même en 2005 se plaçait dans ce cadre), a été fait sur la base des principes suivants :

- contrastes entre zones voisines sur le plan de l'état actuel des paysages et/ou des usages ;
- dans chaque pays, le nombre de sites choisis a été fonction de la longueur et de la variété des secteurs côtiers des territoires nationaux concernés ;
- représentativité des zones en matière de couvert végétal et d'occupation du sol ;
- degré varié de stabilité ou de changement lors des trois dernières décennies.

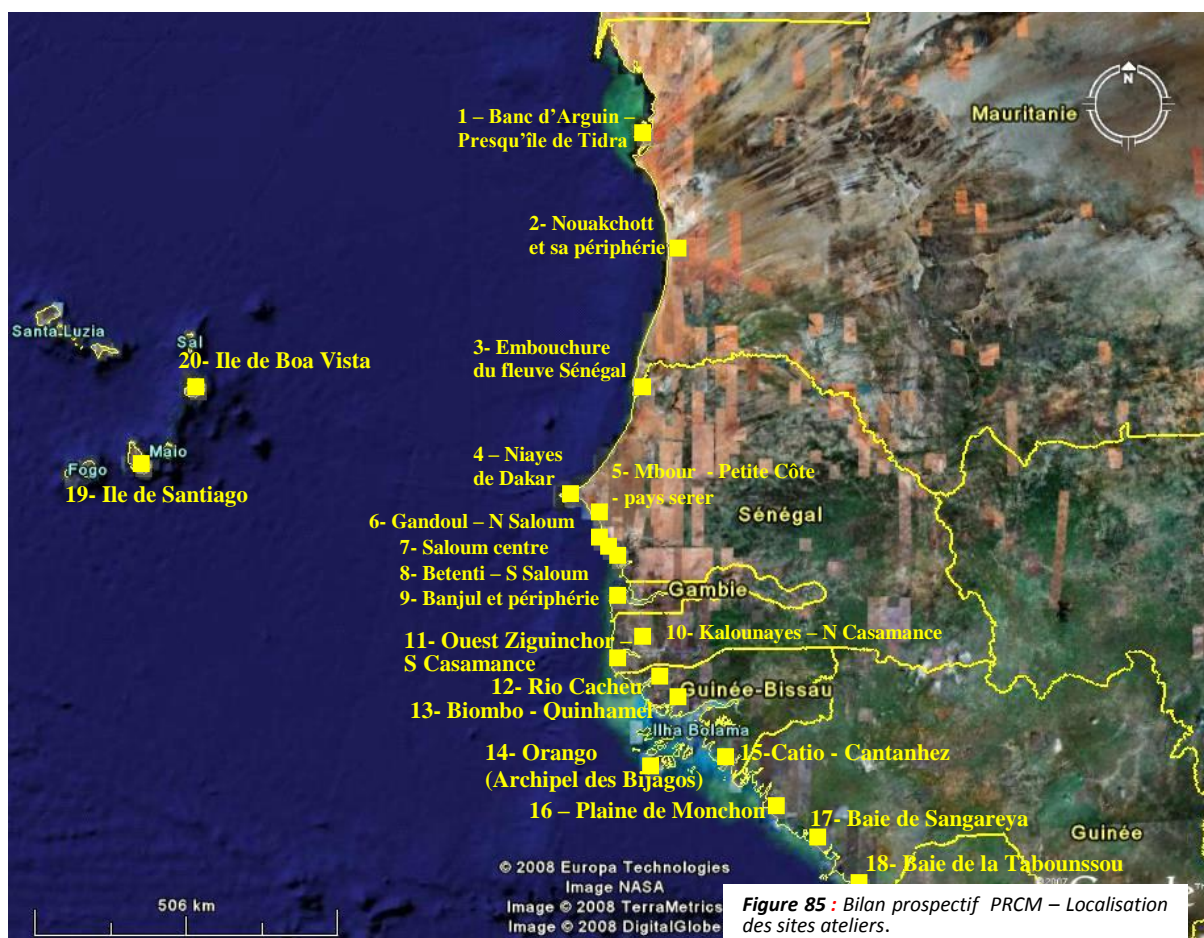


Figure 85 : Bilan prospectif PRCM – Localisation des sites ateliers.

La liste suivante a été retenue (fig. 85) :

1. Banc d'Arguin – île Tidra (Mauritanie) ;
2. Périphérie de Nouakchott (Mauritanie) ;
3. Embouchure du fleuve Sénégal (Mauritanie / Sénégal) ;
4. Les Niayes (Nord de Dakar) (Sénégal) ;
5. Littoral de la Petite Côte et pays sérère autour de M'Bour (Sénégal) ;
6. Iles du Gandoul (nord Saloum) (Sénégal) ;
7. Iles du Saloum (Sénégal) ;
8. Iles Betenti (sud Saloum) (Sénégal) ;
9. Banjul et périphérie (Gambie) ;

10. Forêt des Kalounayes (nord Casamance) (Sénégal) ;
11. Région ouest de Ziguinchor (sud Casamance) (Sénégal) ;
12. Rio Cacheu (Guinée-Bissau) ;
13. Archipel des Bijagos : Ile d'Orango (Guinée-Bissau) ;
14. Quinhamel (Guinée-Bissau) ;
15. Région de Catio – forêt de Cantanhez (Guinée Bissau) ;
16. Plaine de Monchon (Guinée) ;
17. Baie de Sangareya (Guinée) ;
18. Tabounssou (Guinée) ;
19. Ile de Santiago (Cap-Vert) ;
20. Ile de Boa Vista (Cap-Vert).

Sur chaque site-atelier, il était prévu de procéder :

- à une cartographie des changements dans l'occupation du sol par exploitation des images de télédétection ;
- à une analyse de l'état du couvert végétal sur un échantillon de relevés couvrant les différents cas de figure des changements enregistrés ;
- à une analyse des usages et des pratiques à l'œuvre sur le territoire de quelques villages représentatifs.

En 2008, à la fin de la première phase du programme, la mise en œuvre est restée inégale en ce qui concerne le premier volet. Je voudrais rappeler pourquoi il est important de disposer sur l'ensemble des sites d'un dispositif de suivi de l'occupation du sol.

11.2.3 - Cartographie des changements par exploitation des images de télédétection : landcover et landuse plutôt que landscape

La cartographie des changements dans les « paysages » agro-forestiers sur la bande littorale s'est appuyée sur des séries temporelles de scènes satellitaires. Pour obtenir des résultats rapidement et de faibles coûts, la détection des changements s'est effectuée au moyen du traitement de séries diachroniques d'images Landsat (MSS, TM et ETM acquises sur les sites américains où ces images peuvent être acquises librement) : dans chaque cas, on a cherché à acquérir une image de la fin des années 1980 et une image des années 1999-2000 (analyse qui est reprise et améliorée par introduction d'une date intermédiaire dans la thèse de Julien ANDRIEU, 2008). Les méthodes non supervisées appliquées aux séries temporelles de scènes satellites, déjà largement expérimentées, ont été employées. Les résultats se présentent qualitativement sous forme cartographique (la figure 86 en est un exemple) dans l'analyse des sites de Guinée-Bissau. Ces cartes permettent d'appréhender la localisation des changements, mais ils peuvent aussi être quantitatifs, donnant un ordre de grandeur de l'extension spatiale et de l'amplitude du changement.

A la première étape, il s'agit d'établir, pour chaque date de prise de vue, un ensemble de cartes des « paysages » agro-forestiers. On doit à nouveau revenir sur l'emploi ici du terme « paysage », imposé par les circonstances, mais dans une signification beaucoup plus réduite que celle que j'ai défendue dans le chapitre 9.

Les cartes sont réalisées à partir de classifications multi-spectrales des scènes satellitaires, l'interprétation des classifications devant permettre d'aboutir à une carte dont les taxons obéissent à une nomenclature unique pour toute la série temporelle. La nomenclature européenne CORINE *Landcover* en l'adaptant aux cas étudiés, peut servir de source d'inspiration, l'objectif final étant de représenter la variation et non la variété des paysages (ALEXANDRE, 2005). Après plusieurs expérimentations de cette approche sur d'autres pays (Algérie, Syrie, Mexique) que ceux de l'espace

européen pour lesquels la nomenclature CORINE *Landcover* a été conçue, il apparaît clairement que l'effort méthodologique consiste à passer de façon rigoureuse de la notion « d'état de surface » qui peut être déduite des classifications non dirigées à celle d'occupation du sol (*Landcover*), puis à celle d'utilisation du sol (*Landuse*).

De façon pragmatique, les taxons choisis correspondent à un emboîtement des niveaux de description. La description au niveau le plus détaillé devra être définie en amont dans la mesure où l'on procède ici à une démarche ascendante dans la connaissance des changements :

- Niveau 1 : surfaces en eau, sols nus, surfaces en végétation, surfaces construites ;
- Niveau 2 : forêts, savanes, cultures, zones bâties, surfaces en eau ;
- Niveau 3 : les classes sont détaillées en fonction du type de milieu et de l'objectif poursuivi ; ainsi pour les régions de mangrove peut-on reconnaître : la forêt de mangrove, le tanne (en distinguant éventuellement tanne vif et tanne herbu), les cultures (en particulier la riziculture), les bolons, l'habitat.

Cette nomenclature a été préférée à celle, plus détaillée et plus tournée vers les usages, utilisée pour établir la carte d'occupation du sol des régions côtières de Guinée-Bissau établie par l'équipe Géosystèmes de l'Université de Brest (CUQ, MADEC, GOURMELON, 1996). Ils reconnaissent 8 catégories pour les forêts et savanes :

« FORETS ET SAVANES

21- (Vert bouteille) – Palmeraies. Forêts principalement composées de palmiers à huile (*Elaeis guineensis*) avec des densités et des degrés d'anthropisation divers. Localement, rôniers (*Borrassus aethiopicum*)

22- (Vert bouteille foncé) – Forêts galeries. Forêts hétérogènes dans les parties les plus humides des forêts sèches et demi-sèches avec une composante importante de palmiers à huile.

23- (Vert foncé) – Forêts sub-humides. Forêts hétérogènes de grande diversité de hauteur et de densité relativement importante ; englobe fréquemment des parties dégradées ; peuvent présenter 3 strates arbustives et arborées atteignant jusqu'à 40 m de hauteur.

24- (Vert soutenu) – Forêts de transition. Forêts sub-humides de transition vers la forêt sèche et demi-sèche.

25- (Vert avec composante jaune) – Forêts sèches et demi-sèches. Forêts hétérogènes composées de deux strates arbustives et arborées atteignant 20 m de hauteur (demi-sèches) ; ou d'une strate de graminées et d'une strate arborée atteignant 20 m de hauteur (sèches), de densité et de degré de dégradation variables.

26- (Vert campagne) – Forêts secondaires et/ou dégradées. Formations secondaires de régénération comprenant des savanes boisées.

27- (Beige) – Savanes arbustives littorales. Formations herbacées avec arbustes épars, pouvant englober de petits massifs forestiers et des rizières sur sols sableux.

28- (Marron) – Savanes herbacées humides (dans lallas). Formations herbacées en zone inondable parfois cultivées en rizières en saisons des pluies. » (extrait de la légende, in Cuq *et al.*, 1996)

Les collègues brestois travaillaient avec une contrainte, celle de réactualiser une carte de 1978. La chaîne méthodologique mise en œuvre a été une opération lourde et le choix d'assimiler telle formation à tel taxon de la nomenclature nécessitait une excellente connaissance du terrain. Le résultat en vaut sans nul doute la peine mais restait, pour nous, hors de portée et peu ajusté aux objectifs, puisque nous nous étions fixés de réaliser une cartographie des changements, donc une cartographie diachronique, sans possibilité de vérifications sur le terrain pour les images les plus anciennes. D'ailleurs, même très simplifiées, certaines catégories retenues posent déjà un problème. Les forêts et les savanes sont justement dans ce cas. On a vu (chapitre 2) le flou qui entoure le terme de savane. Le terme de « forêt » mériterait, lui, autant de guillemets que celui de paysage, car lui non plus ne fait pas immédiatement sens en Afrique de l'Ouest (ANDRIEU et ALEXANDRE, 2008).

La définition donnée par les scientifiques de la forêt est trompeuse. A première vue, elle offre toutes les garanties de la rigueur et de l'universalité : « en écologie », écrit François RAMADE (2002), « le terme de forêt concerne des formations végétales dont la frondaison est continue ». En somme, les arbres suffiraient à faire la forêt. Les géographes prennent généralement en compte, dans leur définition, la dimension sociale du terme : « espace des sociétés [...] possédé de façon concrète par des Etats, des particuliers ou des collectivités [...] borné, clôturé, voire emmuré », écrit Paul ARNOULD (*in* LEVY, LUSSAULT éds, 2003). Ceci suppose que la forêt soit, dans toutes les sociétés, reconnue comme telle, distincte à la fois spatialement et dans les pratiques et les usages dont elle fait l'objet. Dans le cas de l'Europe, la trajectoire historique qui conduit à cette identité de l'espace forestier se suit bien, de la trilogie latine *ager-saltus-silva* à nos forêts « multi-fonctionnelles » dont sont exclus les usages agricoles ou pastoraux. En Europe du Nord du moins, car le cas est moins simple dans le domaine méditerranéen.

En Afrique de l'Ouest, la distinction est encore moins claire. Au sens physionomique, il existe bien des forêts mais leur importance ne doit pas être exagérée : rares sont les lieux où la physionomie forestière se rencontre sur plus de quelques centaines de mètres carrés. Deux types d'espace correspondent à cette définition : les forêts sacrées et les espaces protégés par l'Etat ou la communauté villageoise. La colonisation européenne a en effet tenté d'imposer la naissance d'un espace forestier. Ainsi André AUBREVILLE écrivait-il, en introduction de sa *Flore forestière soudano-guinéenne* (1950) :

« L'Européen qui habite les pays soudanais au climat chaud et aride considère ordinairement avec quelque dédain ces savanes forestières, aux arbres chétifs, qui sont en dehors des terres cultivées, l'habituelle couverture végétale du pays. Cependant, en Afrique française, depuis quelques années, les pouvoirs publics, les colons et une élite indigène, en sont venus à une conception plus exacte de l'intérêt direct ou indirect de ces boisements maigres ; grâce à quoi, colonie après colonie, ont été créés des services forestiers chargés de les reconnaître, de les aménager et de les conserver. »

Il en a résulté pour le Sénégal la mise en place de forêts classées, territoires sous le contrôle de l'Etat ; plus récemment, des espaces ont aussi bénéficié d'un statut de protection lié à des programmes nationaux et internationaux. Pour l'essentiel, les forêts sont cependant des agro-forêts. Agro-forêts, c'est-à-dire des espaces agricoles avec des arbres. AUBREVILLE (*op.cit.*) était ambivalent vis-à-vis de ces paysages, mettant en valeur les multiples usages des arbres, grands ou petits, soulignant par ailleurs la « dégradation » de ces formations entretenues par le passage régulier du feu. Cinquante ans plus tard, les transformations de l'agroforêt ouest-africaine restent difficiles à appréhender à partir des images autant que sur le terrain. Au final, nous avons plutôt parlé de boisement ou de surface non boisée en fonction du taux de recouvrement des ligneux :

« L'interprétation des courbes radiométriques permet ensuite de définir, pour chaque classe, si l'espace est boisé ou non. Il existe en effet un seuil radiométrique au niveau des rapports respectifs entre la luminance de la fin du visible et celle du proche infrarouge et entre ce dernier et l'infrarouge à ondes courtes. Les observations de terrain révèlent que ces seuils correspondent à un taux de recouvrement ligneux de 20 à 30 %. » (ANDRIEU et ALEXANDRE (2008)

Les cartes obtenues aux différentes dates correspondant aux dates de prise de vue sont ensuite croisées afin de produire une cartographie des changements. Sur le même principe que pour la production des cartes des paysages agricoles et forestiers, les taxons utilisés dans la cartographie du changement doivent bien évidemment être définis à partir d'une nomenclature commune pour tout l'espace considéré. La pertinence et la robustesse de la nomenclature devra être vérifiée.

A cette étape, on passe du simple enregistrement de la cinématique des différentes catégories d'occupation à une véritable interprétation en termes de dynamique, c'est-à-dire en faisant entrer en jeu les facteurs du changement. Il fallait ainsi veiller à établir en amont une

nomenclature adaptée à la qualification du changement (diminution, stabilité, progression) et proposer en aval des catégories aptes à qualifier la nature de celui-ci (dégradation, reprise). Ceci n'est rendu que par les observations de terrain sur la végétation et les enquêtes auprès des villages, complémentaires de l'analyse par télédétection. Les observations sur la végétation ont été effectuées par relevés ponctuels, choisis dans les différentes facettes définies par les analyses d'images, et par transects lorsque l'on a cherché à préciser le rôle de certains gradients écologiques (gradient de salinité, etc.). L'analyse des usages actuels et passés s'est déroulée au moyen d'entretiens non directifs avec les populations locales

11.3 – « Paysage » et développement durable : exemple des sites ateliers de Guinée-Bissau

11.3.1 – Le développement durable dans un pays en mal-développement

J'ai déjà évoqué certaines critiques faites à la notion de développement durable. Plus juste peut apparaître celle soulignant qu'elle n'a guère de sens pour des pays restés en marge du développement. Pourtant, si l'on vise non pas à « prendre acte de la nature globale et interdépendante du monde » (Déclaration de Rio), mais à contribuer à la prise de conscience que le développement est affaire de mieux-être pour les populations, que ce mieux-être passe par la préservation des ressources, l'évaluation des risques et la recherche d'une meilleure utilisation de l'espace, cette notion retrouve sa pertinence, ainsi que nous l'avons montré dans un texte précédent (ACKERMANN *et al.* 2007). A l'échelle internationale, se pose pour les pays du Sud, la question d'une redistribution équitable des richesses, d'une attention vigilante aux conséquences de l'exportation d'activités économiques et de pratiques sociales des sociétés du Nord, « irresponsables » relativement aux espaces et aux sociétés concernées. Dans cette perspective, une analyse attentive des « paysages » et de leur évolution apparaît comme un indicateur tout à fait pertinent des recompositions spatiales.

En ce sens, la Guinée-Bissau est un pays où un tel travail est bienvenu. Non d'ailleurs que le terrain y soit vierge : depuis le début des années 1990, l'environnement en Guinée-Bissau bénéficie d'un ensemble d'expertises, le fruit de la coopération entre l'UICN et les institutions publiques de Guinée-Bissau, notamment la Direction générale des forêts et la chasse (DGFC) et le Ministère du développement rural et de l'agriculture (MDRA). L'UICN s'est ainsi donnée pour mission de construire les outils d'un développement intégré ; cela concerne particulièrement la zone côtière et marine, il est vrai essentielle dans ce pays de petite taille dont le territoire est, pour une grande part, constitué de péninsules isolées par une série d'estuaires (Rio Cacheu, Rio Gêba, le plus large, sur les rives duquel se situe la ville de Bissau, Rio Tombali, Rio Cacine) et précédé par l'archipel deltaïque des Bijagos. La Guinée-Bissau apparaît comme le territoire qui correspond le mieux à l'image que l'on se fait du pays des Rivières du Sud. Le travail conjoint de l'UICN et des institutions publiques de Guinée Bissau ont ainsi permis :

1/- de produire des documents aidant à une réflexion prospective ; a notamment été établie une carte d'occupation du sol (CuQ *et al.*, *op. cit.*) ;

2/- de dessiner un programme de planification côtière aboutissant à la mise en place d'un bureau de planification côtière ;

3/- de choisir quatre sites pour l'établissement de parcs nationaux : ces quatre sites sont en situation côtière ; il s'agit des Tarrafes du Rio Cacheu, au Nord - Tarrafes désignant ici les mangroves, de la Lagoa (lagune) d'Utama, de l'île d'Orango - il s'agit en fait d'un ensemble de 5 îles, séparées par d'étroits chenaux - dans l'archipel des Bijagos au centre et des matas de Cantanhez au sud - ce terme de matas, forêts, est en fait remplacé, sur place, par celui de

matos, brousse. A l'heure actuelle, le Parc National d'Orango a été créé ainsi que celui des Tarrafes de Cacheu. Tout ou partie de ces territoires sont inclus dans les sites ateliers ;

4/- d'obtenir des « labels » ou une reconnaissance internationale, là où des actions de développement durable ont été entre la réserve de biosphère (Programme *Man and Biosphere* - MAB - de l'UNESCO) de l'archipel des Bolama et des Bijagos ;

Depuis lors et sans que l'effort entrepris ait jamais été totalement stoppé, la situation politique s'est considérablement dégradée en Guinée-Bissau. Les années 1998-1999, particulièrement, ont été assombries par une guerre civile ; le Sénégal voisin est intervenu militairement en raison des interférences avec le conflit casamançais ; les militaires ont envahi Bissau, s'installant dans les locaux où UICN, MDRA et DGFC travaillaient en commun : ces locaux, visités en 2005, en portaient encore bien des traces, avec ses livres et ces documents sauvés *in extremis* de la pluie après avoir été jetés par les fenêtres.

Sans être aussi dramatiques, les années qui ont suivi ont été marquées par l'instabilité politique et une activité économique languissante, voire en régression, d'autant que bailleurs de fonds et investisseurs internationaux sont peu enclins à placer des capitaux dans un pays jugé peu sûr ; le choix de Bissau comme plaque tournante pour le trafic de drogues en Afrique de l'Ouest, depuis quelques années, a été un argument supplémentaire pour le désengagement international. Pour moins dépendre d'une situation internationale qui reste incertaine, tout effort d'intégration régionale est évidemment bienvenu, ce qui explique l'implication des acteurs de la politique de planification côtière bissau-guinéenne dans le PRCM. L'étude de la dynamique des paysages agricoles et forestiers, s'appuyant sur le suivi de quelques sites-atelier, devrait contribuer à mieux connaître l'état de la ressource territoriale. Voici, à titre d'exemple, la fiche (rédaction Frédéric ALEXANDRE, avec l'aide d'Abilio Rachid SAÏD) établie pour les sites ateliers du Rio Cacheu, au nord du pays, près de la frontière sénégalaise.

11.3.2 – Site atelier du Rio Cacheu

(a)- Choix du site

La localisation de part et d'autre du Rio Cacheu du site atelier a pris en compte :

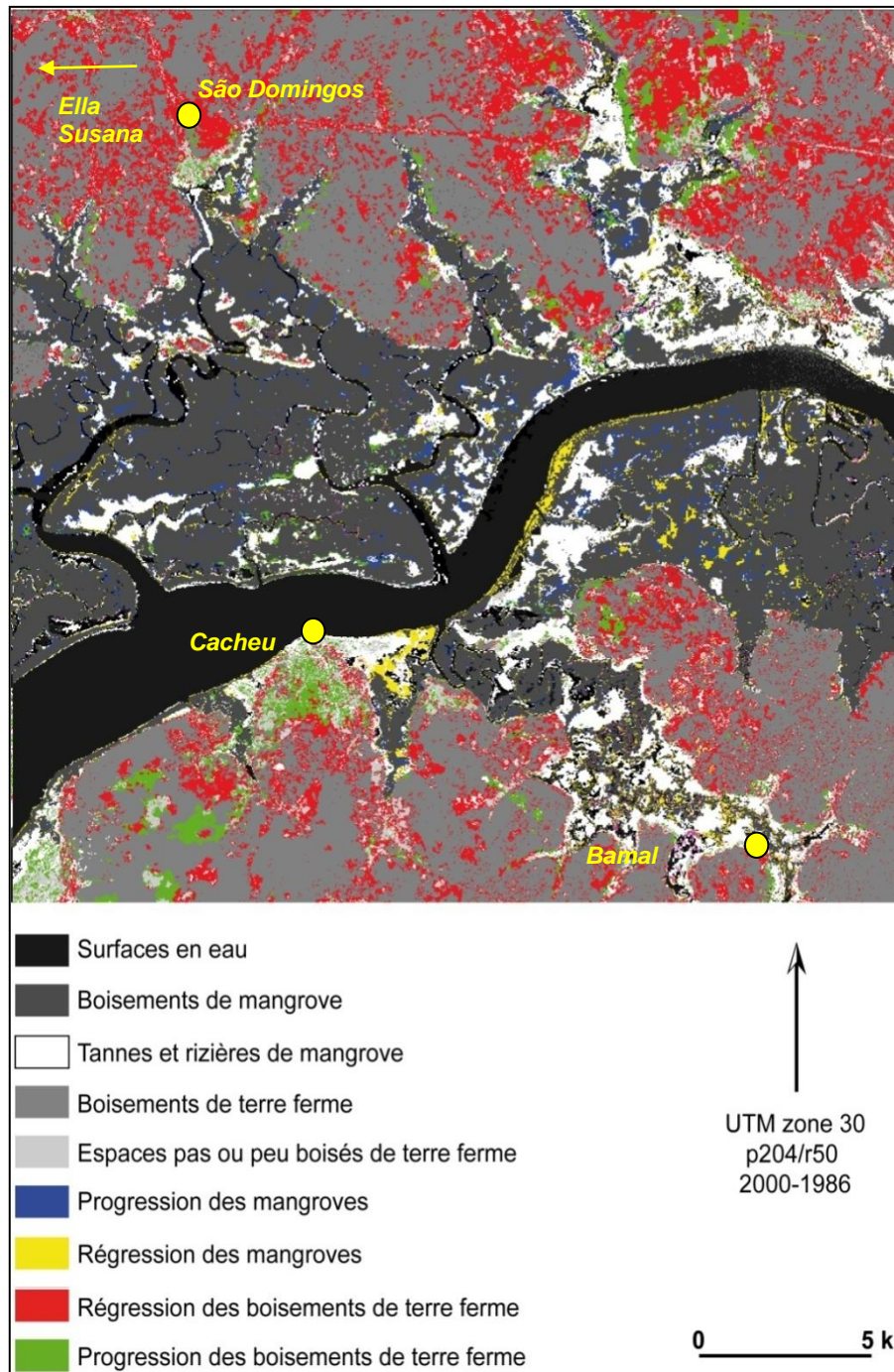
- l'existence des mangroves sur chacune des deux rives du Rio Cacheu avec des têtes de *bolons* où un recul de la mangrove a été identifié sur les premières analyses de télédétection ;
- la présence de secteurs de terre ferme où s'expriment la diversité des modes de mise en valeur (villages présentant une certaine diversité ethnique et des systèmes ruraux) ;
- la présence des deux centres locaux (Saõ Domingos et Cacheu) ;
- l'existence du Parc national des *Tarrafes do Rio Cacheu*.

La partie la plus septentrionale de la Guinée Bissau est aussi la plus sèche. Comme dans la Casamance voisine, la péjoration climatique centrée sur les années 1980 s'y est fait particulièrement sentir. De part et d'autre du Rio Cacheu, on retrouve un vaste massif de mangrove (constituant le Parc National des *Tarrafes do Rio Cacheu*). La partie érigée en parc n'est que marginalement occupée par quelques terroirs villageois dont une partie se situe sur la terre ferme ; dans le détail, la répartition relative des différents éléments (tannes – formations herbacées – formation à *Avicennia* – formation à *Rhizophora*) est en pleine redistribution. La dynamique des mangroves est, ceci étant, très dépendante ici du devenir de la riziculture.

La grande diversité ethnique observée dans cette partie nord du territoire de la Guinée Bissau coïncide avec la grande diversité des modes de mise en valeur agricoles : ethnies *mandjak*

centrée aujourd’hui, après repli de la riziculture de bas fonds (*lallas*) sur la riziculture pluviale et l’exploitation des palmiers à huile (*Elaeis guineensis*) et des rôniers (*Borassus aethiopium*) ; ethnie *diola* (*felupe*, etc.) centrée sur la riziculture de mangrove et l’exploitation des ressources de la pêche et des fruits de mer ; ethnies *banioun* et *cassanga* centrées sur la culture du mil, des haricots, des arachides, des mangues et, plus récemment, sur l’extension de la culture de l’anacardier, tout particulièrement sur la partie du territoire bissau-guinéen située entre le Rio Cacheu et la frontière sénégalaise, le long de la route qui relie Ziguinchor à Bissau.

Figure 86 : Site-atelier du Rio Cacheu (Guinée Bissau). Carte d’évolution de l’occupation du sol 1986-2000 (réalisation Julien ANDRIEU)



Les aspects socio-démographiques et politiques sont ici particulièrement importants et ont sans doute une incidence sur le paysage qu'il s'agisse de la présence de réfugiés ou des migrations internes à la Guinée Bissau parfois anciennes vers le sud ou vers l'extérieur (la région de Cacheu et Canchungo est un des grands foyers d'émigration du pays).

(b)- Changements dans l'occupation du sol ; dynamiques correspondantes

La carte montre d'importants changements. Ils concernent en particulier les paysages de terre ferme. Or, dans cette région où l'agriculture itinérante sur brûlis reste prédominante, une grande majorité de ce qui est ici cartographié comme en changement ne constitue pas à proprement parler une dynamique des paysages mais plutôt un « paysage » dynamique. Saisir les réels changements est dès lors un exercice délicat mais pas impossible. A l'inverse, les lieux où la mangrove progresse et ceux où elle régresse sont plus aisés à discerner. Les dynamiques ont été mieux saisies par l'enquête menée dans plusieurs villages lors des missions de terrain (cf. village de Bamal ci-dessous).

Progression et régression des mangroves, déclin de la riziculture

Les rives du Rio Cacheu, comme celles, plus au sud, du Rio Mansôa connaissent, entre 1988 et 2000, une progression souvent remarquable des massifs de mangrove. Les relevés effectués sur le terrain ont montré qu'il s'agissait, en de nombreux cas, de rizières à l'abandon ; une fois les digues rompues, le balancement des marées est à nouveau permis, la salinisation des sols et l'ensemencement par les palétuviers intervient.

Situé en-dehors du site-atelier proprement dit (à l'ouest, un peu en retrait de la route qui mène à Susana), le village d'Elia est un bon exemple de maintien d'un terroir centré sur la riziculture de *bolanha*. Sorte d'« île » isolée de la mangrove par un cordon de digues, le terroir principal d'Elia est entièrement occupé par une rizière ; seules les parties les plus hautes, non atteintes par les eaux même en saison des pluies, sont occupées par les maisons, entourées de cours avec quelques jardins, de petits enclos pour le bétail et de grands arbres (manguiers, rôniers ou fromagers). La rizière elle-même est ponctuée de quelques *Faidherbia albida* et *Borassus aethiopium*, parfois un bouquet de palmiers à huile. La technique de riziculture est différente de la technique balante qui, chaque année, permet à l'eau salée d'entrer dans la rizière et dessale les parcelles à la saison des pluies. Dans ce village diola (floop), les parcelles (de petite taille) ne sont pas inondées par l'eau de mer en saison sèche ; chaque année, l'eau de pluie emplit ces parcelles reliées entre elles par de micro-chenaux, ce qui permet de maintenir la hauteur d'eau voulue. Les aménagements nécessaires à cette gestion hydraulique demandent un entretien que le manque de main d'œuvre ne permet plus, d'où des ouvrages complémentaires qui parent, en quelque sorte, au plus pressé. Ce manque de main d'œuvre a entraîné l'abandon de certaines rizières. Le village exploite aussi, sur la terre ferme des parcelles *pam pam* (agriculture pluviale) et des vergers d'anacardiens. La collecte et la vente d'huîtres est aussi une activité du village. A part la rizière et l'économie des produits des eaux salées, il y a aussi toute une économie autour des palmiers (palmiers à huile en particulier). Le bois de mangrove est utilisé systématiquement dans la construction, les palissades, les digues et pour la cuisine.

De moindre ampleur spatiale, la régression des mangroves s'observe aussi en certains secteurs, comme à proximité de Cacheu : elle s'explique là par un aménagement des vasières en vue de la riziculture, évolution qui va localement à l'encontre du changement général. Plus fréquemment, les autres secteurs de régression sont observables en arrière-mangrove avec une extension limitée du tanne.

Villes en déclin et progression des vergers d'anacardiers

La région a été fortement perturbée par le conflit casamançais et par l'instabilité politique en Guinée-Bissau. Les conséquences sont parfois très directes (afflux/reflux de populations réfugiées, danger des mines). Elles sont aussi indirectes pour une économie régionale totalement désorganisée : en position de cul-de-sac, Cacheu a ainsi perdu une grande partie de ce qui en faisait un petit centre régional ; elle reste capitale régionale « en titre » mais le dynamisme s'est porté sur Canchungo, plus au sud. Cacheu présente aujourd'hui le visage d'une localité dont les espaces publics sont dégradés et où l'activité commerciale est réduite. Au nord du Rio Cacheu, São Domingos est moins délaissée. Une partie des habitants des villes s'installe donc pour exploiter les terres alentour accentuant le caractère de nébuleuse des villages. La question de la propriété est réglée par les premiers occupants. Si de nouveaux arrivants se présentent, ces premiers occupants indiquent les parties du territoire qui peuvent être exploitées. La production de noix de cajou a permis de faire face, au moins provisoirement à cette conjoncture difficile. La progression de l'Anacardier est partout sensible notamment le long des routes (par exemple à Beguingue, à l'est de São Domingos sur la route qui mène à Bissau).

La conjoncture de baisse du prix de la noix de cajou a plutôt amplifié le phénomène dans une sorte de stratégie de « fuite en avant » des paysans. Sur la carte de la dynamique de l'occupation du sol, l'ampleur des tâches vertes et rouges montrent l'ampleur des changements intervenus depuis une vingtaine d'années. Ils correspondent à cette vague de conversion à la culture de l'anacardier :

- cartographiées comme progression du boisement, les plantations les plus anciennes ; les tâches vertes dominent près de Cacheu et le long des routes ;
- cartographiés comme recul du boisement, les brûlis récents pour le pam pam et les plantations jeunes ; les tâches rouges forment une auréole plus lointaine ou des sortes de « fronts » de progression ; globalement, ces tâches rouges dominent.

(c)- Bamal : l'échelle villageoise reste en Afrique de l'Ouest pertinente pour la caractérisation de l'anthroposystème

Bamal est un village mandjak un peu à l'écart de la route qui conduit vers Cacheu, presque totalement dépourvu d'équipements publics. La population y est plutôt en diminution, l'émigration vers Bissau, le Portugal ou la France étant forte, préparée par une émigration « scolaire ». Le territoire de Bamal est constitué d'un interfluve occupé par une palmeraie entre deux petits bras de l'estuaire du Rio Cacheu, au sein desquels se sont développés des vasières et les mangroves qui leur sont associées. Le territoire de Bamal appartient à l'heure actuelle à la zone-tampon du Parc national des *Tarrafas do Rio Cacheu*. Sur la carte des dynamiques paysagères 1986-2000, on trouve d'importantes tâches de recul du couvert boisé sur la partie terre ferme, ainsi que des tâches de plus petite taille dans l'arrière-mangrove.

Ces transformations prennent sens lorsqu'on parcourt le finage de Bamal du village vers la mangrove. Nous faisons face ici à un espace agro-forestier, très différent par nature des espaces forestiers au sens strict. Classiquement, le finage s'organise en auréoles successives, du village vers la mangrove. Les changements sont d'abord intervenus dans cette partie la plus éloignée du finage.

L'arrière-mangrove est en effet ici occupée par un large tanne. Le sol y est occupé par quelques tâches d'hydro-halophytes, mais surtout par des surfaces nues : celles-ci sont de nature diverse, parfois plus sableuses, parfois avec dominance de sédiments plus fins. Une croûte marquée par des polygones de dessiccation, où se concentre par évaporation le sel, surmonte la vase. Le matériau est de nature pulvérulente, ce qui peut se traduire par une déflation éolienne assez importante. Ce tanne s'élargit encore aujourd'hui comme le montre le dépérissement des arbres de

l'arrière-mangrove. Des traces de billons et d'anciennes diguettes de délimitation témoignent, sur ce tanne, de la présence de la riziculture inondée (riziculture *bolanha*). Selon les plus anciens de nos interlocuteurs, ces rizières ont commencé à être abandonnées il y a une cinquantaine d'années, après une succession d'années sèches qui ont rendu impossible la lutte contre la salinisation de ces parcelles (fig. 87). La mise en valeur de ce secteur a, par ailleurs, été fortement affectée par des combats très rudes au moment de la guerre d'indépendance, un important maquis y étant présent. On y trouve encore des mines non désamorçées depuis le départ de l'armée portugaise et des caches d'armes. Dès lors, les rapports des villageois de Bamal avec la mangrove se sont réduits à la production de sel (utilisant le bois de chauffe) et à un peu de pêche.

Lorsque l'on passe sur terre ferme, on entre dans le domaine de la palmeraie, faciès d'autant mieux marqué que l'on est proche de la mangrove : palmiers à huile et rôniers dominant, ces deux arbres donnant lieu à de multiples usages. On est ici dans le domaine de l'agriculture cyclique : le paysage d'agro-forêt y est dominé par quelques arbres qui subsistent après chaque brûlis. Périodiquement, chacune des parties de ce territoire est ainsi défrichée tout en laissant subsister les plus grands arbres. Jusqu'à une époque récente, ces défrichements étaient destinés à la riziculture *pam pam*. Entre les phases de mise en culture, une friche se réinstalle avant un nouveau brûlis intervenant au bout de 7 ou 8 ans : les nombreuses espèces arbustives qui repoussent ont toutes leur utilité soit pour leurs fruits, soit pour la pharmacopée. Le cycle est aujourd'hui troublé par la conversion des brûlis d'une année en plantations d'anacardiens (fig. 88). Les terres en jachère diminuent proportionnellement, d'où aussi l'augmentation des zones défrichées au cours de la quinzaine d'années de l'étude diachronique des images de télédétection. Lorsque les vergers d'anacardiens ont atteint l'âge de sept ou huit ans, ils forment une canopée continue (d'autant plus que les arbres sont ici plantés très serrés), ce qui se traduit dans l'analyse par télédétection par une progression des surfaces boisées (tâches vertes sur la carte de la dynamique de l'occupation du sol). L'extension de la culture de l'anacardier oblige soit à diminuer les surfaces cultivées en riz, soit à raccourcir le cycle, soit à aller mettre en culture des territoires plus lointains. Le phénomène a été accentué par les conséquences du conflit casamançais qui a contraint la région de Cacheu à accueillir de nombreux réfugiés qui ont pu survivre grâce à la production des noix de cajou. Ceux-ci sont aujourd'hui rentrés, rendant incertain le devenir de toute une partie des vergers.

Autour du village et des habitations, enfin, les *quintais* (jardins de case) apparaissent comme le terroir le plus stable, constitués de petit champs complantés de rôniers (*Borassus aethiopium*), avec de loin en loin de grands arbres, fromagers ou manguiers.



Figure 87 : Bamal (site atelier du Rio Cacheu – Progression du tanne sur la mangrove à *Avicennia africana* (déperissant) – Rizières abandonnées dans les années 1960. Photo Frédéric ALEXANDRE, 2007

Figure 88 : Bamal (site atelier du Rio Cacheu – Verger d'anacardiers sous palmeraie. Photo Frédéric Alexandre, 2007



11.4 – Paysage et insularité : quelques remarques à propos de deux îles de l'archipel du Cap Vert

11.4.1 – Aspects biogéographiques et aspects humains de l'insularité

La biogéographie insulaire a fait couler beaucoup d'encre. La figure de l'île pose la question de la concurrence entre les espèces, de la manière dont elles se partagent les ressources, ce qui amène une ouverture vers la question de la biodiversité et de ses règles. Dans un texte fondateur de zoogéographie, R. MAC ARTHUR et E. O. WILSON proposent, en 1963, le modèle suivant lequel :

« la richesse en espèces des peuplements insulaires dépend de l'équilibre entre le taux d'immigration et le taux d'extinction, ces taux étant exprimés en nombre d'espèces par unité de temps. Le taux de nouvelles espèces décroît au fur et à mesure que le nombre d'espèces établies sur l'île augmente.[...] les interactions compétitives sur l'île tendent en revanche, à accélérer les extinctions [comme la figure 8 l'exprime]. Le modèle de Mac Arthur et Wilson prévoit que les îles proches d'un continent-source ont plus d'espèces que les îles éloignées ; que les îles ayant une grande surface sont plus riches en espèces que les petites îles pour des situations équivalentes par rapport à la source d'invasion » (LEVEQUE, 2001).

Jacques BLONDEL (1995) insiste sur le caractère très théorique du modèle de MAC ARTHUR et WILSON : il y a bien peu d'îles où les conditions expérimentales requises sont réalisées, en raison de la présence humaine. On ne saurait lui donner tort après avoir visité les îles du Cap-Vert de Santiago et Boa Vista (fig. 89), d'où la végétation originelle a presque totalement disparu.

En termes de diversité biologique, les îles se distinguent par l'originalité de leur flore et faune, marquées par un taux plus ou moins fort d'espèces endémiques. De celles-ci, on ne trouve plus guère trace au Cap Vert que dans certains secteurs peu accessibles comme la Serra de Malagueta au nord de Santiago où l'on retrouve quelques exemplaires du précieux Dragonnier des Canaries (*Dracaena draco*). Ailleurs, les îles ont été entièrement défrichées ou transformées en parcours pour le bétail. L'autre caractéristique de la biogéographie insulaire qui est illustrée ici : la vulnérabilité des espèces, les espèces introduites se révélant rapidement envahissantes. Le forestier portugais (ou ceux qu'ils ont formés) les y a aidées, implantant par exemple l'Eucalyptus sur les sommets.

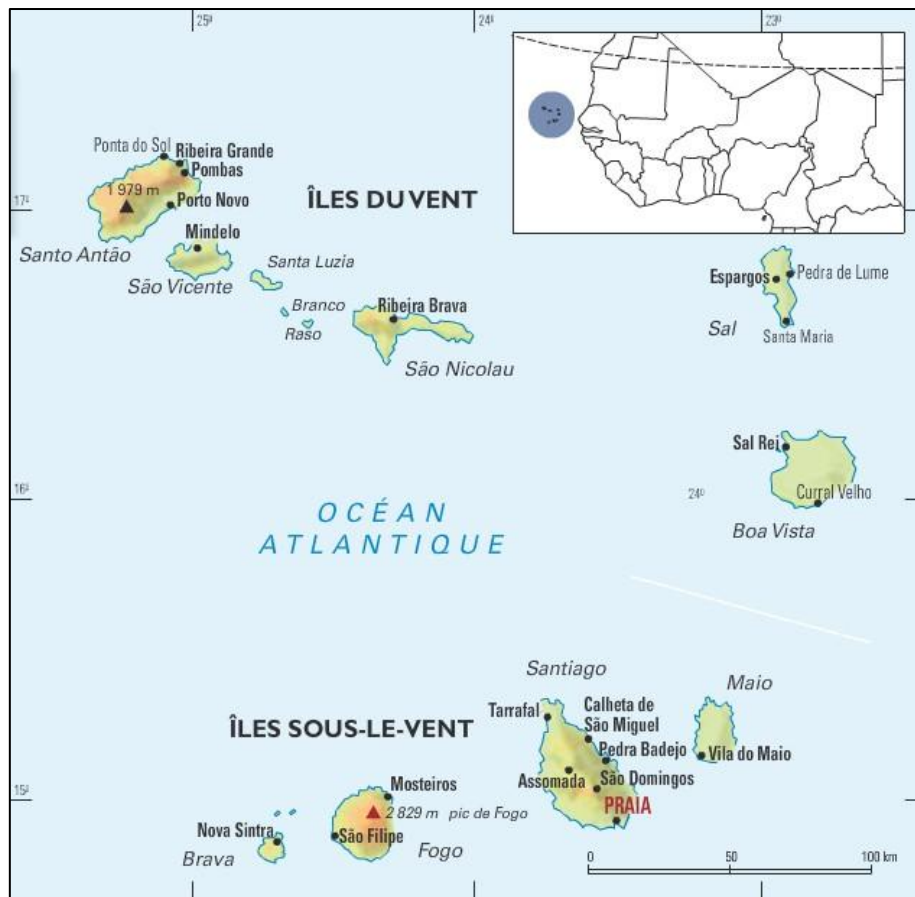


Figure 89 : Archipel du Cap-Vert. Localisation (Source : Encyclopaedia Universalis)

Si la manière dont les sociétés humaines ont occupé les îles se diversifie fortement en fonction de leur taille, de la distance qui les sépare du continent ou de leur regroupement ou non en archipel, on retiendra l'opposition bien notée par Joël BONNEMAISON (*in* ANTHEAUME et BONNEMAISON, 1995) dans les îles du Pacifique, entre des îles vivant repliées en microcosmes et comme tournant le dos à leur littoral et au monde extérieur et des îles où les activités maritimes sont au contraire structurantes. Il a été proposé le terme d'îléité pour désigner ainsi des modes d'existence propres aux îles. Il est indéniable que l'îléité cap-verdienne telle qu'elle s'exprime à Santiago et à Boa Vista est plutôt tournée vers l'intérieur des terres. Toutefois, la conversion de l'économie de l'archipel au tourisme balnéaire change actuellement les choses radicalement à Sal et à Boa Vista, plus localement à Santiago.

La biogéographie et la géographie se conjuguent ici. Insularité et îléité se combinent dans des paysages tout à fait originaux qui n'ont pas grand-chose de littoraux mais n'existeraient pas si l'on n'était pas sur des terres entièrement cernées par les eaux.

11.4.2 – L'île de Santiago au sud de la Sierra de Malagueta

La partie de Santiago située au sud du massif de Malagueta (Parc national) a été choisie pour constituer un des deux sites-ateliers de l'archipel du Cap-Vert. Santiago en est à la fois l'île la plus grande (991 km² ; *cf.* fig. 89) et la plus peuplée (236 627 habitants au recensement de 2000 soit plus de la moitié de la population totale du pays). Elle aux massifs montagneux élevés (Pico da Antonia : 1394 m), elle offre une gamme étendue de topographies (vallées à fonds plats ou *ribeiras* ; plateaux

correspondant généralement à des tables basaltiques ou *achadas* ; versants parfois en forte pente aménagés en terrasses), largement exploités pour l'agriculture et le pastoralisme. Cette mise en valeur est modulée par la place occupée par ces unités topographiques, d'une part, par rapport au champ pluviométrique, d'autre part, par rapport au réseau hydrographique.

L'ouverture vers le littoral est assez limitée, à la fois pour des raisons historiques (les ports étaient ceux du départ des esclaves vers les Amériques) et du fait de la profondeur des fonds qui limite les activités de pêche. Dans une île en forte croissance démographique (tabl. 15), on assiste à un mouvement d'urbanisation sensible notamment à Praia, même si la ville, avec sa centaine de milliers d'habitants, n'a rien encore de la métropole africaine à la croissance hypertrophiée. Quelques grands complexes touristiques se sont aussi implantés, en particulier sur la côte sud entre Praia et Cidade Velha et au nord de l'île, autour de Tarrafal.

Tableau 15 : Population des 6 concelhos de Santiago et évolution récente : recensement de 2000, enquêtes de 2002 et 2005 (Source : Institut cap-verdien de la statistique)

Concelho	Population 2000 (urbain / rural)	Population 2002 (urbain / rural)	Population 2005 (urbain / rural)
Tarrafal	17 792 (32,5 % / 67,4 %)	19 168 (32,6 % / 67,4 %)	21 403 (32,9 % / 67,1 %)
Santa Catarina	50 024 (14,5 % / 85,5 %)	51 841 (17,4 % / 82,6 %)	54 757 (21,8 % / 78,2 %)
Santa Cruz	33 015 (25,9 % / 74,1 %)	34 223 (27,4 % / 72,6 %)	36 163 (29,6 % / 70,4 %)
Praia	106 348 (89,5 % / 10,5 %)	112 735 (90 % / 10 %)	123 078 (90,7 % / 9,3 %)
São Domingos	13 320 (12 % / 88 %)	13 523 (12,6 % / 87,4 %)	13 838 (13,5 % / 86,5 %)
São Miguel	16 128 (30,9 % / 69,1 %)	16 437 (31,4 % / 68,6 %)	16 922 (32 % / 68 %)

L'analyse par télédétection n'a pas encore été réalisée. Les principales dynamiques à l'œuvre dans les paysages, différenciées en fonction des types d'espace, ont été identifiées lors d'une mission effectuée en juin 2007 (Frédéric ALEXANDRE, Abilio Rachid SAÏD). L'espace est structuré en zones agro-écologiques en fonction d'un gradient de sécheresse décroissante à mesure que l'on s'éloigne du littoral (CASTANHEIRA DINIZ et CARDOSO DE MATOS, 1986) : la distribution des maigres précipitations a donc contribué à concentrer la population rurale à l'intérieur de l'île. Les vallées viennent trancher ce schéma.

(a)- Littoral

Le littoral de Santiago n'est que partiellement mis en valeur. Il existe une série de petits sites portuaires qui ont donné naissance à une ville : à Praia, la capitale, notamment, à Pedro Badejo, sur la côte est de l'île, ou à Tarrafal, sur la côte ouest, mais la majeure partie de la population est terrienne et vit à l'intérieur de l'île. Dans les quelques villages installés sur la côte, l'activité de pêche est présente mais limitée comme à Cidade Velha, la première capitale, ou à Ribeira da Barca, villages installés sur des cordons installés au débouché de *ribeiras* qui interrompent ainsi les côtes à falaises. Le principal changement qui affecte ce littoral relativement délaissé est l'installation de grands complexes touristiques : plusieurs se sont ainsi construits autour de Cidade Velha et de Tarrafal.

(b)- Achadas

Volcanique, l'île de Santiago est pour une grande partie occupée par des épanchements basaltiques qui déterminent des reliefs tabulaires d'altitudes variées, plus ou moins entaillés par le

réseau hydrographique. Les éléments de ce plateau sont dénommés *achadas*. L'habitat – comme cela peut s'observer sur l'ensemble de Santiago – se présente sous la forme de villages nébuleuses à importante dispersion intercalaire. Ils sont surtout en position haute, sur les *achadas*. Cet habitat dispersé est un héritage du système latifundiaire qui a persisté jusqu'à l'indépendance (1975) et la réforme agraire qui l'a accompagnée. Le système était encore semi-féodal avec de petites tenures paysannes concédées par les grands propriétaires. Les sommets de versant et les *achadas* sont parcourus par le bétail (bovins et caprins) qui profite aussi des champs durant la période sèche. C'est ainsi la totalité de l'espace qui est occupé par ce système agro-pastoral.

Les basses *achadas*, proches du littoral (fig. 90), constituent les parties les moins arrosées de l'île, les précipitations ayant surtout lieu sur les parties montagneuses, là où les ascendances orographiques permettent qu'elles se déclenchent. De ce fait, l'agriculture pluviale (en sec) ne gagne guère les basses *achadas*. Les services forestiers ont très largement planté ces *achadas*, essentiellement à travers une essence importée : *Prosopis juliflora*. Cet arbre épineux de petite taille (6 à 8 m), buissonnant ou à fût court de la famille des Mimosacées, est originaire d'Amérique ; *Prosopis juliflora* est devenue une espèce pantropicale, répandue du Cap-Vert et du Sénégal au Cameroun jusqu'en Somalie. Ces plantations s'accompagnent dès que le terrain est en pente de dispositifs destinés à limiter l'érosion, par exemple des murets de pierres sèches permettant de retenir un peu de sol. Elles ont été effectuées dans des années difficiles, après la succession des années sèches de la décennie 1970 : le gouvernement a alors proposé des travaux d'intérêt collectif permettant de procurer un petit revenu complémentaire à une population privée de travail et de moyens de survie. Cela a pu concerner l'entretien des routes, l'édification de petites retenues d'eau et, donc, ces plantations. Aujourd'hui, la question de l'utilité et du devenir de ces plantations est posée : de loin en loin, ces plantations sont parcourues par le bétail (vaches ou chèvres).

La densité rurale et l'emprise agricole augmentent fortement sur les hautes *achadas*, placées sous un climat un peu plus humide : le plateau de Santa Catarina autour de la ville d'Assomada en témoigne. Entre Assomada et la Serra da Malagueta, l'épanchement basaltique très plan (planèze) présente de molles ondulations et un paysage franchement agricole avec des champs exploités en agriculture sèche. L'exploitation associe le maïs (dont les chaumes sont consommés par le bétail en fin de saison sèche), les haricots ou l'arachide. Les champs sont délimités par des alignements de pierres sèches surmontées de buissons (secs eux-aussi à cette époque), des acacias plus âgés servant aussi pour le bornage. En cette fin de saison sèche, les bouses de vache sont nombreuses, montrant que ces champs servent de pâturages extensifs qui peuvent recevoir ainsi un peu de fumure.

Dans ce paysage où l'emprise agricole est totale, la végétation spontanée ou subspontanée se réduit souvent à quelques acacias (*Acacia albida* notamment) ; sur les cônes volcaniques qui parsèment le plateau, le tapis herbacé est dense avec de gros buissons de sisal.

(c)- RibeiraP

Par ailleurs, les plateaux sont entaillés par des vallées profondément incisées à versants concaves et à fond plat : les *ribeiras*. Il n'y a d'écoulement dans ces *ribeiras* que lors de la saison des pluies. L'activité agricole la plus intensive de l'île se concentre dans les *ribeiras*, grandes ou petites, étroites ou larges, là où les alluvions contiennent de l'eau douce en permanence : il s'agit d'une agriculture irriguée, organisée sur de toutes petites parcelles, exploitées comme des jardins. Les productions sont des légumes de consommation courante : tomates, choux, oignons, patates douces, etc. Ces jardins sont complantés d'arbres fruitiers. Lorsque l'on monte sur les premières pentes des versants, on passe à la culture en sec (*sequeiro*) : cette culture combine le maïs, les haricots et quelquefois l'arachide.



Figure 90 : Ile de Santiago (Cap-Vert). Ribeira de São Domingos. Photo : Frédéric ALEXANDRE, 2007.

On se situe dans la zone agro-écologique aride, près du littoral oriental de l'île. Vallée à fond plat (*ribeira*) et bas plateau (*achada*) à plantation de *Prosopis juliflora*.

A l'est de l'île, la Ribeira Seca, l'une des plus importantes de Santiago, fait l'objet de recherches depuis de nombreuses années (SILVA *et al.*, 2005). La Ribeira Seca témoigne de la difficulté d'une utilisation plus rationnelle de la ressource en eau pour intensifier l'agriculture. Quelques évolutions défavorables sont ainsi notées à l'embouchure (Foz de Ribeira Seca) située entre Achada Fazenda et Pedra Badejo. Celle-ci était fermée par un cordon dunaire sur lequel le Tamaris du Sénégal (*Tamarix senegalensis*) est devenu presque exclusif, remplaçant la végétation originelle. Ce cordon dunaire a été rompu, du fait du prélèvement trop important de sable pour la construction ; l'eau salée s'introduit de ce fait dans la partie basse de la *ribeira*. Le phénomène est amplifié par les forages. La rupture du cordon empêche aussi la rétention de l'eau douce. Celle-ci pourrait devenir d'autant moins abondante à l'embouchure qu'elle est retenue en amont par la

construction d'un barrage en amont destiné à multiplier par deux la superficie irriguée de la Ribeira Seca.

En remontant la Ribeira Seca, les différentes parties de la vallée devraient ainsi être soumises aux évolutions suivantes dans les années à venir :

- la partie aval, bien irriguée, où se succèdent plantations de cocotiers, de bananiers, de papayers, de manguiers, ainsi que des champs de manioc ou de canne à sucre pour la production de rhum, est la plus menacée par l'intrusion des eaux salées ; certains versants sont aussi irrigués sur des champs disposés en espalier, pour la culture du maïs, notamment ;
- la partie moyenne, dominée par les champs de maïs, dans un paysage moins luxuriant, devrait s'étendre et être intensifiée ; le barrage de Poilão, construit par les Chinois, doit en effet accélérer les transformations du paysage agricole de la basse vallée en étendant les surfaces régulièrement irriguées ; cela peut aussi permettre de moins mettre à contribution la nappe ; d'après les informations fournies, plusieurs projets de travaux hydrauliques du même type sont prévus sur d'autres *ribeiras* de l'île de Santiago ; près du barrage, quelques activités agricoles expérimentales sont tentées ;
- en amont de Poilão, la haute Ribeira Seca se raccorde au territoire des Orgãos ; comme les autres parties de l'île où l'agriculture est non irriguée, elle est soumise à la croissance de la population rurale ; on passe alors, d'après la *carte agro-écologique* de CASTANHEIRA DINIZ et CARDOSO DE MATOS (1986), à la zone sub-humide de l'île ; en témoigne l'apparition d'espèces soudano-guinéennes plus exigeantes en humidité, comme *Acacia holosericea* (introduite par les forestiers) qui appartient plutôt à la flore soudano-guinéenne ; les routes sont bordées de véritables haies de Sisal (*Agave sisalana* : espèce devenue pantropicale, originaire du Mexique) ; le Sisal est aussi utilisé pour renforcer les banquettes anti-érosives.

(d)- Versants des massifs montagneux

Le plateau est dominé par des reliefs montagneux volcaniques de forme et de hauteur variées ; les formes sont souvent spectaculaires (cônes, dykes désignés ici comme *coroamentos rochosos*). Les versants de ces massifs sont aussi les mieux arrosés de Santiago, ce qui explique leur mise en exploitation en dépit des difficultés de la topographie.

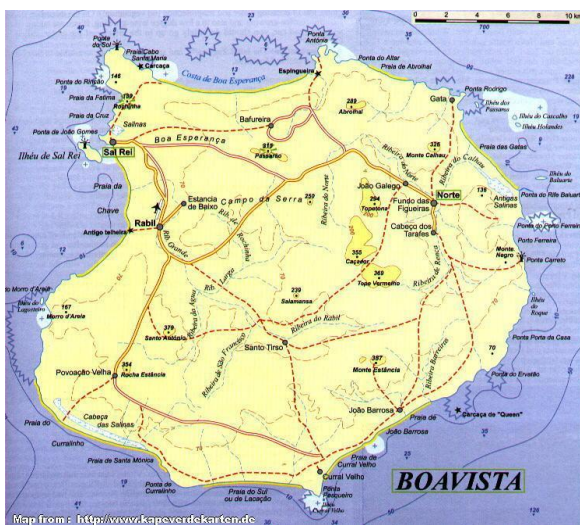
Ainsi à Pailha Carga (fig. 91), village-nébulose disposé à mi-pente sur un flanc de versant en forte pente, disposé en amphithéâtre tourné vers le nord ; ce versant, incisé par des vallées étroites et profondes, est exploité par un système de terrasses en espalier. Les ânes prennent une importance particulière du fait de cette topographie et de l'absence de routes et chemins carrossable. Sur la seule route, où les véhicules à moteur passent difficilement, nous en avons rencontré un grand nombre, servant tout particulièrement au transport de l'eau. Les espaces sommitaux sont aussi utilisés, en dépit des pentes prononcées, pour le pastoralisme. La fragilité de ce système rural apparaît grande : ainsi le versant n'est pas dépourvu de formes d'érosion par ravinement.



Figure 91 : Ile de Santiago (Cap-Vert). Pailha Carga. Photo : Frédéric ALEXANDRE, 2007.
Fortes densités rurales dans la zone agro-écologique « sub-humide », au centre de l'île.

11.4.3 – L'île de Boa Vista

Figure 92 : Boa Vista. Carte de localisation / Composition colorée (image Landsat - 2000)



D'une superficie de 620 km², Boa Vista est une île de forme massive (30 kilomètres sur 30). D'origine volcanique comme le reste de l'archipel, les topographies planes y dominent. Les quelques reliefs montagneux sont assez vigoureux mais d'altitude modeste (Pico de Estancia : 390 m). Boa

Vista est la plus orientale des îles du Cap-Vert, à la jointure des îles au Vent (*Ilhas de Barlavento*) parmi lesquelles on la classe et des îles sous le Vent (*Ilhas de Sotavento*) ; son climat aride avec des précipitations moyennes annuelles inférieures à 100 mm la distingue. L'alizé y apporte par ailleurs du sable provenant du Sahara mauritanien, d'où la présence de vastes massifs dunaires. Du fait de son climat, Boa Vista possède un taux de recouvrement par la végétation extrêmement faible ; ce taux est d'autant plus réduit que l'élevage, en particulier caprin, est partout présent, même s'il est très extensif. Là où il ne l'est pas, la réussite des plantations de ligneux aux exigences hydriques réduites (*Prosopis juliflora* notamment) est convenable.

Avec 4 209 habitants au recensement de 2000 et une population estimée à 4 698 habitants en 2005, Boa Vista est l'île de l'archipel où la densité de population est la plus faible (beaucoup plus faible en tout cas qu'à Santiago). Elle se concentre surtout autour des deux petits ensembles hydrographiques dont les fonds de vallée (*ribeiras*) permettent le développement de l'agriculture. De création récente, Vila de Sal Rei vit de plus en plus du développement touristique. Une partie importante de l'espace de l'île est occupée par des aires protégées, notamment sur le littoral sud et sud-est, où se situent des lieux de reproduction des tortues marines.

L'analyse par télédétection du territoire de Boa Vista a été limitée à la seule image LANDSAT de 2000 : parlante, la composition colorée est ici présentée (fig. 92). Comme à Santiago, la visite effectuée lors d'une mission en juin 2007 (Frédéric ALEXANDRE, Abilio Rachid SAÏD) a permis d'identifier les principales dynamiques à l'œuvre dans les paysages, différenciées ci-dessous en fonction des types d'espace.

(a)- Massifs dunaires et palmeraies

Le sable apporté par l'alizé depuis le Sahara mauritanien constitue, en particulier au nord-ouest de l'île, des massifs dunaires d'autant plus actifs que l'érosion littorale rend constamment disponible pour l'éolisation une quantité importante de sable. Sur la composition colorée, ceci se traduit notamment par les longues traînées blanches réfléchies par le sable libre et orientées par l'alizé dans la partie nord-ouest de l'île. Cette grande quantité de sable mobile est un des problèmes auxquels doivent faire face les habitants de Boa Vista : l'ensablement est sensible, en particulier à Vila de Sal Rei, du fait de la localisation de la ville. Par ailleurs, l'ensablement menace les palmeraies installées dans certaines parties du massif dunaire.

Ainsi, à la sortie de Vila de Sal Rei (fig. 93), le massif présente-t-il des dunes orientées en fonction des vents dominants, ménageant des couloirs interdunaires. Dans ces couloirs où la nappe d'eau douce est proche, une palmeraie à Palmier-dattier (*Phoenix atlantica*) s'est installée. Les exigences de *Phoenix atlantica* sont en effet importantes quant à la présence d'eau douce à proximité de la surface.

Cette palmeraie apparaît menacée et de nombreux arbres sont en mauvaise santé, voire morts. L'ensablement en semble la première cause, les dunes étant ici des dunes libres (à sable mobilisable par le vent), les couloirs interdunaires étant occupés par de petites dunes mobiles. La fixation du sable était classiquement obtenue par l'implantation de quelques psammophytes buissonnants comme les *Zygophyllum* (*Z. simplex*, *Z. fontanesii*) et *Tamarix senegalensis* (dénommé localement *tarafe*). Cependant, après l'indépendance, on a massivement employé *Prosopis juliflora* (dénommé ici *acacia americana*). L'impact de cette espèce est aujourd'hui jugé négativement : elle contribue en effet à faire baisser le niveau de la nappe d'eau et fait concurrence aux autres espèces, notamment *Phoenix atlantica*. *Prosopis juliflora* est d'ailleurs le plus souvent utilisé sur le continent américain pour assécher les lieux humides.

(b)- Vallées fluviales (*ribeiras*)

L'île comprend, à l'est et à l'ouest, deux petits réseaux fluviaux, déterminant des *ribeiras*, aisément repérables sur la composition colorée à leur teinte verte. A l'ouest, le réseau est constitué par la Ribeira do Rabil et ses affluents. A l'est de l'île, des cours d'eau temporaires descendant de la chaîne volcanique phonolitique orientée nord-sud constituent un deuxième ensemble de *ribeiras* (Ribeira do Norte, Ribeira da Renca, Ribeira do Calhau et Ribeira da Prata).

Dans leur partie aval, ces *ribeiras* constituent des zones basses salées littorales d'un intérêt biologique et écologique reconnu. A l'est, la Ribeira do Rabil prend le nom de Ribeira Grande où un ensemble de petits barrages retenait l'eau douce en cantonnant l'eau salée sur un petit tronçon est-ouest. Par manque d'entretien depuis l'indépendance, ces barrages ont progressivement été démantelés, entraînant des modifications majeures à cette zone (recul du peuplement de *Tamarix senegalensis*, disparition de la pêche à la crevette qui fournissait à certaines périodes une source de revenus intéressante pour la population locale, ...). Le barrage est resté entretenu à l'est.

Les parties centrales des *ribeiras* sont les parties de l'île où le couvert végétal est le plus dense ; sous réserve de vérification, ces formations ont paru stables. Elles associent, par exemple dans la Ribeira do Rabil (fig. 94) quelques palmiers-dattiers et *Prosopis juliflora* qui domine dans une formation de densité moyenne avec de larges plages de sol nu. Quelques *tarafes* (*Tamarix senegalensis*) subsistent ainsi qu'une Césalpiniacée originaire du Mexique, *Parkinsonia aculeata*. Des xérophytes épineux les accompagnent comme *Launaea melanostigma*. Le bétail – ânes et chèvres – est partout présent.

Dans le système oriental de *ribeiras*, on note ainsi plusieurs villages importants autour du petit centre de São João Baptista. Jusqu'à l'indépendance, la terre était, sur Boavista, possédée par trois ou quatre propriétaires latifundiaires. Après la réforme agraire et la création d'une nouvelle matrice cadastrale, la terre a été concédée à la petite paysannerie. Ainsi, près du village de João Gallego, dans la Ribeira do Norte, les cultures irriguées se concentrent-elles autour du village. Le fond de la *ribeira* est occupé par un peuplement de *Prosopis juliflora*, et *Acacia spp.* Quelques palmiers-dattiers et cocotiers sont aussi présents.

(c)- Plateaux internes

La route qui conduit de Vila de Sal Rei vers Povoação Velha et la plage de Santa Monica traverse un paysage caractéristique du cœur de l'île de Boa Vista : des plateformes planes ou mollement ondulées, où la déflation éolienne a évacué les particules fines, ne laissant qu'un plateau caillouteux semblable aux regs sahariens. Suivant la nature de la plate-forme, le reg a des tons noirs (basalte) ou blanc (calcaire), les tons sont parfois mélangés lorsque des cailloux basaltiques couvrent une plate-forme calcaire. Des reliefs montagneux volcaniques de 200 ou 300 m d'altitude dominent ces plateaux. Les surfaces d'érosion sont presque totalement dépourvues de végétaux. Quelques petits arbres apparaissent sur les versants des montagnes et des lignes de buissons sur les « berges » des vallées à écoulement temporaire : la pourguère (*Jatropha curcas*) notamment, elle-aussi espèce originaire d'Amérique, devenue pantropicale.

Ces plateaux sont parcourus par les chèvres. Cet élevage très extensif maintient le caractère nu du paysage. Dans le détail, on note sur ces regs d'apparence stérile (juste au-dessous de la couche caillouteuse nettoyée par le vent, la matrice fine est cependant bien là) la présence de quelques végétaux très abrutis : le Séné du Sénégal (*Cassia italica*) est le plus fréquent.

De loin en loin, lorsqu'il se constitue de petites cuvettes endoréiques, une occupation agricole peut se développer comme au lieu dit Fogão. Les hommes y exploitent par pompage une nappe alluviale créant une micro-oasis avec quelques parcelles irriguées où sont produits maïs,

courges, carottes, choux, etc. Les parcelles cultivées sont protégées par de hauts murets, surmontés d'épines pour se protéger des chèvres. L'exploitant fait aussi de l'élevage bovin et porcin. Ceci étant, cette exploitation agricole est fragile : on arrive, d'après lui, à peine à l'autosuffisance en année sèche (ce qui a été le cas ces dernières saisons) ; en année humide, une partie de la production peut être mise sur le marché. Le lieu est complanté de palmiers-dattiers, de tamarins (*Tamarindus indica*), de *Tamarix senegalensis* ... Comme sur une grande partie de Boa Vista, on retrouve de façon très nette les anémomorphoses qui témoignent de la régularité des vents dominants. La couleur rouge de la face au vent rappelle que ce sont les particules véhiculées qui provoquent la nécrose.

(d)- Littoral à lagunes

Le littoral méridional et oriental de Boa Vista est constitué par des lagunes protégées par de fins cordons littoraux : les secteurs de la plage de Santa Monica, de Curral Velho et de la pointe d'Ervatão ont été observés. Ces secteurs d'intérêt reconnu (une zone RAMSAR les comprend) sont avant tout soumis à la dynamique du littoral très active ici du fait de la fragilité du cordon sableux.

C'est particulièrement vrai à Santa Monica : la plage y est ancrée sur le pointement rocheux de la pointe de Embarcadouro. La houle dominante vient frapper obliquement la côte (fortes vagues déferlantes d'ouest en est), déterminant une dérive littorale qui démaigrit la partie est de la plage et engraisse sa partie Ouest. Le cordon est d'ailleurs rompu dans la partie orientale permettant l'intrusion massive de l'eau de mer dans la lagune. Lors de tempêtes, la mer peut attaquer la route située en arrière de la lagune, qui apparaît en partie démantelée par endroits. Ce secteur témoigne de la mobilité du trait de côte sur ces littoraux à matériaux meubles pouvant se déplacer sur le platier rocheux qui en constitue le soubassement.

Plus à l'est, le secteur de Curral Velho (fig. 95) est moins fragile du fait de la plus grande largeur du cordon sableux. On y retrouve un bel ensemble lagune-dune-plage : la lagune, bordée par d'épaisses croûtes de sel, est peuplée à sa marge par *Tamarix senegalensis* et *Zygophyllum spp.* dominant. Sur le revers de la dune, le *tarafe* domine aussi dans les parties basses, accompagné de *Cocos nucifera* et en retrait *Phoenix atlantica*. Un tapis discontinu de graminées est aussi présent dans les parties basses constitué de *grama* (*Cynodon dactylon*) et de *malpica* (*Sporobolus spicatus*). Ce bel ensemble commence à être sérieusement affecté par le passage de véhicules 4x4 : le sommet dunaire présente ainsi une forme inhabituelle arrondie. La lagune lorsqu'elle est asséchée est aussi parcourue par les 4x4. Lieu de ponte des tortues marines et lieu d'hivernage pour de nombreux oiseaux marins, cette lagune ainsi que l'îlot de Curral Velho font pourtant partie du site RAMSAR.

(e)- Développement du tourisme

S'il n'occupe pas une place aussi forte que sur l'île de Sal, le tourisme se développe fortement aujourd'hui. Le plus spectaculaire est constitué par la construction d'infrastructures d'accueil de grande taille que l'ouverture d'un aéroport aux normes internationales devrait contribuer à remplir, voire à multiplier. Les investissements sont ici surtout italiens comme avec le complexe de près de 300 chambres qui vient de s'ouvrir à la Praia da Chave (littoral ouest). De petites structures hôtelières s'ouvrent également à Vila de Sal Rei, où des officines spécialisées proposent également diverses activités aux visiteurs, en particulier la location de 4x4 : leur destination est souvent le littoral sud ce qui n'est pas sans conséquence sur les écosystèmes concernés.



Figure 93 : Ilha de Boa Vista. Palmeraie à la sortie de Vila de Sal Rei dans un secteur de dunes libres. Photo : Frédéric ALEXANDRE, 2007.

La palmeraie où *Prosopis juliflora* (à droite) se substitue à *Phoenix atlantica* (à gauche).

Figure 94 : Ilha de Boa Vista. Ribeira do Rabil. Photo : Frédéric ALEXANDRE, 2007.



Figure 95 : Ilha de Boa Vista. Curral Velho. Photo : Frédéric ALEXANDRE, 2007.

Le plateau caillouteux, parcouru par les troupeaux de chèvres, se raccorde au littoral par une lagune, à l'abri d'un cordon sableux. Zone protégée. On notera l'anémomorphose.

Conclusion

Ce que nous écrivions, Catherine MERING, Mamadou SOW et moi-même, en 2005, en conclusion de nos propositions, se trouve confirmé.

Il faut souligner que tout projet de gestion des espaces et des milieux physiques, qu'il s'agisse de les aménager ou au contraire de les protéger, nécessite non seulement de recueillir des informations précises et pertinentes sur ces espaces et ces milieux et sur les sociétés dont ils sont le cadre de vie et d'action mais également de mettre à disposition ces informations, qui sont souvent les résultats d'une recherche spécifique, de la façon la plus claire et lisible possible auprès des intéressés.

Si ce n'est pas le cas, et si le travail des scientifiques ne sert qu'à conforter un plan d'action préétabli (d'aménagement ou de protection), l'effort fourni sera de faible portée.

Il convient donc non seulement de produire des informations concernant le milieu littoral actuel et son évolution récente et, s'il y a lieu, sur la nature et les causes de son évolution, mais également de partager les données de base, les méthodes et les concepts qui ont servi à produire ces informations. Cet objectif ne peut être atteint que par une étroite collaboration entre tous les chercheurs dans la définition des objectifs scientifiques, dans leur réalisation et dans l'encadrement des étudiants et doctorants des pays concernés. Il s'agit également, après avoir pris soin d'en vérifier la qualité, de diffuser largement les informations produites non seulement à travers les voies traditionnellement utilisées par la communauté scientifique (articles, ouvrages), mais également au moyens de supports tels que les cartes numériques, les atlas informatisés, les Systèmes d'information géographique.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Quelle géographie pour une biosphère de plus en plus fortement anthropisée ?

De la biosphère représentée sur les planisphères en grands biomes se succédant en bandes superposées en fonction de la latitude (modèle zonal) ou de l'altitude (modèle de l'étagement) qui a fait l'objet des premiers chapitres, aux îles de Santiago et de Boa Vista où la végétation a été entièrement transformée sauf sur quelques parois rocheuses inaccessibles, sur lesquelles se termine le chapitre 11, le contraste est saisissant. Il serait trop facile de dire que le sort de la végétation cap-verdienne préfigure l'avenir proche de la biosphère continentale ; ma conviction est, cependant, que le processus d'anthropisation de la biosphère a changé à la fois de nature et d'ampleur au cours du XX^e siècle. Ce n'est pas la première fois au cours de l'histoire de l'humanité qu'il en a été ainsi et la révolution néolithique a sans doute constitué un changement aussi grand, mais il s'est étalé sur plusieurs siècles, voire plusieurs millénaires, si l'on considère l'ensemble de la planète.

La biosphère ainsi transformée ne peut plus être appréhendée avec les cadres de pensée mis en place aux XIX^e et au XX^e siècle, dans un contexte où la science se mettait au service de l'aménagement du territoire. Ma première partie a cherché à montrer que les découpages habituels, établis pour servir cet objectif, avaient montré leurs insuffisances. Cette démonstration, appuyée sur la relecture des textes, m'a amené à reconstruire l'histoire des modèles spatiaux qui ont produit ces découpages, puis les ont figés ; ma première ambition, après cette HDR, sera de transformer cette première partie en un ouvrage.

Les formes induites par l'anthropisation se composent avec les formes existantes ; elles doivent être précisées, sachant que les conséquences des processus en cours peuvent être directes ou indirectes (impact des changements climatiques notamment). L'erreur serait évidemment de penser que, puisque processus d'anthropisation il y a, celui-ci ôterait tout intérêt à l'étude du rôle joué par les facteurs physiques ou biologiques. C'est l'inverse qui se produit. Les facteurs physiques et humains sont à envisager dans leurs interactions autant sinon plus que dans leur activité propre. Les figures produites par le jeu de ces facteurs sont des formes dynamiques qui se laissent décrire au moyen de quelques structures élémentaires simples, à la façon des chorèmes de Roger BRUNET (1980), mais non pas enfermer dans un carcan univoque, celui de la mosaïque d'unités discrètes, d'échelle stationnelle, s'emboîtant dans des unités discrètes d'échelle plus petite, jusqu'aux niveaux supérieurs des biomes disposés zonalement, conformément au *projet de nomenclature phytogéographique* établi par Charles FLAHAULT et la commission de cartographie de la végétation en 1900. Ce modèle intégrateur, produit pour des raisons pratiques, permet de mettre en ordre la biosphère, ce qui ne veut pas dire rendre compte des dynamiques qui l'animent.

Dans les faits, les approches classiques, toujours pour les raisons évoquées, ont privilégié les échelles très grandes et très petites. Les échelles moyennes ont été un peu délaissées ; la deuxième partie a montré que, en se concentrant sur celles-ci, des structures

spatiales mal connues pouvaient être révélées à partir de l'étude de la distribution de la flore le long de transects orientés par les principaux gradients climatiques. Ces résultats sont intéressants par eux-mêmes mais, plus encore, lorsqu'ils sont articulés avec les grands thèmes de la question environnementale, thèmes pour lesquels des indicateurs de généralisation spatiale sont recherchés. Il en va ainsi de la question de l'érosion des sols, de celle de l'état présent ou avenir des ressources renouvelables, de celle du réchauffement climatique. Ces questions sont bien celles touchant à une biosphère où l'empreinte écologique des sociétés humaines s'est accentuée. A partir d'un dispositif simple et peu coûteux, des informations spatiales précieuses peuvent être collectées et interprétées. Des propositions allant dans le sens de l'emploi des longs transects phytoclimatiques ont déjà été retenues dans des programmes en cours (dynamique des paysages des montagnes méditerranéennes, érosion et développement durable, dynamique des paysages agricoles et forestiers dans la zone littorale d'Afrique de l'Ouest) ou débutant (Elevage CLimat Société en Afrique sahélo-soudanienne). Elles sont cependant à la marge de ces programmes. Je voudrais, dans les années qui viennent, continuer à les populariser en montrant leur intérêt à travers les recherches en cours, mais aussi en élaborant des projets de recherches futures, à l'affût des appels d'offre où ces approches trouveraient leur utilité.

Niveaux d'organisation spatiale de la biosphère

Pour prendre tout son sens, l'étude de la biosphère anthropisée – j'hésite à forger un nouveau monstre lexical : l'anthropobiosphère – doit s'insérer dans un dispositif qui met en jeu différents niveaux d'organisation spatiale, prenant de façon plus ou moins inclusive ou exclusive le rôle du milieu et celui de la société. Je précise que, dans mon esprit, le niveau le plus englobant n'est pas toujours le plus pertinent ; suivant les questions ou les thèmes abordés, les synthèses partielles peuvent être plus utiles. Ces niveaux ne correspondent pas à des échelles emboîtées ; ils ne sont pas non plus semblables aux niveaux d'organisation du vivant. Il s'agit plutôt d'une série de notions qui, pour certaines d'entre elles, ont été conçues comme concurrentes alors qu'elles me paraissent plutôt complémentaires et devoir être employées comme telles, en jouant sur les différents niveaux, comme je l'ai esquissé dans la troisième partie.

1. A échelle moyenne, le niveau d'organisation spatiale le plus simple est celui *des continuums botaniques à facettes* qui résultent de la macro-hétérogénéité de la flore. S'y trouve simplement enregistré l'impact des différents facteurs sur la composition de la végétation. L'information livrée est indicatrice, on l'a dit, du poids respectif de ces facteurs.
2. Si l'on considère la biosphère sous l'angle de sa fonctionnalité écologique, on passe à l'*écocomplexe*. La connaissance de la structure spatiale des écosystèmes, produit du milieu et de l'histoire de sa mise en valeur par les sociétés humaines, se trouve grandement améliorée par celles des continuums floristiques. Leur étude permet de dépasser l'impression d'homogénéité que renvoie parfois la physionomie de la végétation, notamment lorsque les mosaïques s'estompent au profit d'une matrice d'apparence uniforme. L'analyse de la micro-hétérogénéité d'échelle stationnelle permet de compléter l'analyse.
3. En envisageant le fonctionnement conjoint et interdépendant des écosystèmes et des systèmes socio-spatiaux, on passe au niveau de l'*anthroposystème*. Je n'ai pas bien réussi à distinguer l'anthroposystème du géosystème de Georges BERTRAND ; malgré l'admiration, on l'aura compris au nombre de citations, que j'ai pour la pensée de BERTRAND, je n'ai pas repris sa formulation. Le terme reste trop lié, à la façon dont il était employé dans la « science du paysage » soviétique, emploi qui, pour le coup, se différencie bien du concept hybride d'anthroposystème.

4. Lorsque la perception du pays – celle des acteurs sociaux, celle des habitants, celle des visiteurs – et les représentations qui en résultent sont prises en compte et que les conséquences de ces représentations en matière de gestion des territoires sont envisagées, on parlera du *paysage*. Dans les représentations sociales, aujourd'hui, le paysage est de plus en plus associé à des discours sur l'environnement. L'usage qui en est fait en matière notamment de représentations photographiques nourrissant le « discours de crise » dont parlent Paul ARNOULD et Laurent SIMON (2007) doit être interrogé. Le danger est alors de surdimensionner le rôle de la perception. C'est pourquoi il est utile de conserver en mémoire qu'un paysage ou un ensemble de paysages, c'est aussi l'émergence spatiale d'un anthroposystème, donc qu'il est aussi un complexe d'écosystèmes, et que son hétérogénéité peut être mesurée par son contenu botanique.

De quoi la flore est-elle le reflet ? Quels indices pour l'étude du changement climatique ?

Les appels d'offres de recherche concernant la connaissance et l'impact du changement climatique se multiplient. Ce changement a des conséquences sur la biosphère ce qui peut, bien entendu, constituer un champ de recherches propre. Par ailleurs, il est tentant de prendre en compte un indicateur spatial du climat et, à travers les variations de sa géographie, d'évaluer l'impact du changement climatique. L'utilité peut être grande dans les contrées où les données manquent. Cette rareté de la donnée peut tenir au faible nombre ou à l'absence de stations de mesure (en haute altitude par exemple) ; elle peut aussi tenir à la courte profondeur historique des mesures. L'ambition prospective peut aussi être au rendez-vous en imaginant les scénarios du futur et en les cartographiant.

On a envisagé la végétation comme tendant à se mettre en équilibre avec le climat. Dès lors, on peut penser qu'en mettant en place une veille des végétations présumées proches de cet état d'équilibre (sous nos climats, les forêts), on obtiendra rapidement des résultats symptomatiques des évolutions futures. Cet espoir est cependant réduit par le fait que l'hystérèse est *a priori* importante et mal connue dans la réaction de la végétation forestière aux variations du climat. Les forêts du globe sont, par ailleurs, pour une grande partie d'entre elles, le résultat de choix humains, économiques bien souvent. Lorsqu'un changement intervient dans les usages, la végétation change rapidement, par exemple, dans les montagnes du sud de l'Europe. Ces dynamiques puissantes rendent difficilement perceptibles les changements beaucoup plus subtils liés à la variation du climat. Pour dire les choses plus brutalement, là où de telles dynamiques ont lieu, il n'y a rien à espérer : les indices seront gommés. Il faut enfin prendre en compte les effets de seuil qui font que telle espèce ne réagira à la variation d'un paramètre que passée une certaine valeur.

On a tout intérêt, si l'on veut utiliser les indications botaniques à démultiplier les espèces, en élargissant le spectre bien au-delà des espèces dominantes. Parce qu'elle prend en compte une large fraction de la flore, l'étude de la distribution spatiale de la végétation sur de grands transects phytoclimatiques peut trouver là un nouvel emploi à la condition d'envisager un suivi. L'élargissement de la liste floristique aux espèces herbacées est évidemment souhaitable, leur temps de réponse au changement de climat étant, *a priori*, plus rapide.

Lorsque le temps de l'élaboration des scénarios sera venu, on prendra garde que les compositions actuelles ne sont pas forcément celles du futur. Tous les cas de figures sont possibles suivant la nature du changement climatique. Là où elle concerne seulement le réchauffement des températures, par exemple, peu d'espèces s'effaceront (effacement forcément très progressif), l'élévation des températures dans la proportion où elle est

prévue, ne représentant pas *a priori* une contrainte pour l'immense majorité des espèces ; c'est donc surtout par l'intrusion de nouvelles espèces que s'exprimera le changement. Des groupements inédits devraient naître.

Le biogéographe en position de « passeur de frontières »

Les quatre niveaux d'organisation spatiale signalés ci-dessus soulignent que la biosphère est aujourd'hui une somme de situations d'interfaces entre nature et société, entre monde bio-physique et dimension culturelle, entre dynamiques spontanées et processus socio-économiques, etc. D'un point de vue spatial, cela se traduit par la démultiplication des transitions complexes où il faut, tantôt faire intervenir un facteur physique, tantôt un facteur humain, comme dans ces continuums dédoublés où au poids du gradient climatique se combine l'alternance de parcelles parfois boisées, parfois non, avec alternance des héliophiles et des sciaphiles.

Je suis bien conscient qu'il faudrait une ambition démesurée pour prétendre maîtriser les quatre niveaux. L'ensemble ne peut qu'être abordé par des équipes interdisciplinaires. La pratique de l'interdisciplinarité exige trois choses :

1. Que l'on ait élaboré ensemble le sujet de l'étude et que l'on ait des définitions communes et un langage commun ;
2. Que l'on maîtrise bien un domaine de compétences afin que chacun amène une pierre à l'édifice ; pour ce qui me concerne, le recueil de données botaniques et leur analyse par la statistique ;
3. Que l'on accepte que les autres membres de l'équipe, appartenant à d'autres disciplines ait un droit de regard sur ce domaine de compétences et discute les résultats obtenus. Cette exigence qui dépasse l'habituelle validation par les pairs est souvent la plus difficile à obtenir.

Parce que le langage commun employé dans les équipes interdisciplinaires est souvent géographique, parce qu'il intègre dans son analyse spatiale des éléments humains et des éléments physiques, parce qu'il sait rappeler à l'écologue que la dimension sociale entre pour beaucoup dans ce qu'il considère comme éminemment naturel, qu'il sait rappeler au sociologue ou au spécialiste de géographie humaine qu'ils ne cessent de se confronter à la réalité physique dans un espace que ceux-ci considère trop souvent comme isotrope, le biogéographe se trouve lui-même dans la position de celui par qui le dialogue peut advenir. Il devient alors, suivant la belle expression de Marcel JOLLIVET, un de ces « passeurs de frontières » restaurant le dialogue entre sciences de la nature et sciences sociales. Par ma pratique de recherche, par mon rôle au sein de la direction d'une formation de M2 professionnelle elle-même placée à l'interface entre une UFR de biologie et une UFR de Géographie, d'Histoire et de Sciences de la Société, je pense tenir ce rôle et entends bien continuer dans cette ligne pour les années avenir.

BIBLIOGRAPHIE

- ACKERMANN G., ALEXANDRE Fr., ANDRIEU J., MERING C., OLLIVIER Cl., 2007. - Dynamique des paysages et perspectives de développement durable sur la Petite Côte et dans le delta du Sine – Saloum (Sénégal). *Vertigo, Revue électronique en sciences de l'environnement* (www.vertigo.uqam.ca), 7(2).
- ACOT P., 1988. - *Histoire de l'écologie*. Paris : PUF (coll. La politique écartée), 285 p.
- ACOT P., éd., 1998. - *The European Origins of Scientific Ecology*. Amsterdam : Gordon and Breach / Paris : Editions des Archives contemporaines, 2 volumes, 932 p.
- ACOT P., 2003. - *Histoire du climat*. Paris : Perrin, 303 p.
- ADANSON M., 1757. - *Histoire naturelle du Sénégal : Coquillages. Avec la relation abrégée d'un voyage fait en ce pays*. Paris : C. J.-B. Bauche, 275 p. (BNF : Gallica)
- ALEXANDRE Fr., GENIN A., 1980. - *Contribution aux études d'impact en Indre-et-Loire : l'exemple du Chinonais-Sud*. Mémoire de maîtrise en géographie, Tours : Université François Rabelais (UER Aménagement, Géographie, Informatique), 220 p.
- ALEXANDRE Fr., 1996. - *Entre Midis méditerranéen et atlantique, une transition phytoclimatique du Languedoc à l'Aquitaine*. Paris (Université Paris 7 – Denis-Diderot) : Travaux du Laboratoire de Géographie physique (n° 24), 175 p.
- ALEXANDRE Fr., GENIN A., LECOMPTE M., 1998a. - Seuils biologiques et limites climatiques en Méditerranée occidentale. *Revue de Géographie de Lyon*, 73, 1 : 33-43.
- ALEXANDRE Fr., GENIN A., GODRON M., LECOMPTE M., 1998b. - Distribution des plantes et organisation de la végétation. *L'Espace géographique*, 27, 3 : 228-238.
- ALEXANDRE Fr., COHEN M., GENIN A., LECOMPTE M., SAADI N., 1999. - Etude des variations spatiales de la végétation le long d'une coupe botanique à travers le Queyras. *Revue de Géographie Alpine*, 87, 4 : 9-24.
- ALEXANDRE Fr., 2001. - Le milieu bio-physique méditerranéen, in V. MORINIAUX, éd., *La Méditerranée*, Paris : Editions du Temps, 47-74.
- ALEXANDRE Fr., GENIN A., LECOMPTE M., 2000. - Dynamic phytoclimatology, an aid to spatial generalisation of external geodynamical studies. *Geodinamica Acta*, 13 : 367-376.
- ALEXANDRE Fr., COHEN M., GENIN A., LECOMPTE M., 2002a. - Essai phytogéographique dans les Alpes occidentales entre Rhône et Pô. *L'Espace géographique*, 31, 2-2002 : 153-162.
- ALEXANDRE Fr., GAY J.-Chr., GRASLAND Cl., 2002b. - Limites et discontinuités et leurs implications spatiales. *Historiens et Géographes*, 379 : 317-328.
- ALEXANDRE Fr., 2003. - L'étagement de la végétation en montagne : un modèle à revisiter. *L'Information géographique*, 67-1 : 45-59.
- ALEXANDRE Fr., GENIN A., 2003. - *Limites et discontinuités dans l'espace bio-physique. (Limites et discontinuités et leurs implications spatiales : Tome 2)*, Paris : CNED, 70 p.
- ALEXANDRE Fr., 2005. : Une carte de l'évolution des paysages européens, in Universalis 2005 : *Enjeux et actualités : l'année scientifique*, Paris : Encyclopaedia Universalis, 292.
- ALEXANDRE Fr., GENIN A., 2005. - Temporalités dans la biosphère : les trois temps de la végétation. *L'Information géographique*, 69-3 : 45-65.
- ALEXANDRE Fr., ANGLES St., COHEN M., 2006. - L'aire de l'olivier, indicateur bioclimatique ou marqueur culturel de la méditerranéité, in Géopoint 2004 : *La forme en géographie*. Avignon : Groupe Dupont et UMR Espace, 159-163.
- ALEXANDRE Fr., GENIN A., 2007 - Articles « Biome », « Biotope », « Biocénose », *Hypergé* : Encyclopédie électronique d'épistémologie de la géographie (GDR Libergéo), <http://hypergeo.free.fr/>
- ALEXANDRE Fr., COHEN M., 2007. - Continu et discontinu dans l'espace géographique, Enseignements d'une coupe botanique et paysagère à travers les Alpes, de la vallée du Rhône à la vallée du Pô, 6 p. + figures, 14^{es} Journées de Rochebrune du 21 au 27 Janvier 2007, *Rencontres interdisciplinaires sur les systèmes complexes naturels et artificiels : Catastrophes, discontinuités, ruptures, limites, frontières. Comment les analyser ? Comment les anticiper ?*
- ALEXANDRE Fr., GENIN A., éd., 2008 - *Continu et discontinu dans l'espace géographique*. Actes du colloque de Tours (16 et 17 novembre 2002), Tours : Presses de l'Université François Rabelais, 442 p.
- ALEXANDRE Fr., GENIN A., 2008a. - Introduction, in ALEXANDRE Fr., GENIN A. éd. (2008) : *Continu et discontinu dans l'espace géographique*. Actes du colloque de Tours (16 et 17 novembre 2002), Tours : Presses de l'Université François Rabelais, 11-74.

- ALEXANDRE Fr., GENIN A., LECOMPTÉ M. (†), 2008b. - Seuils biologiques, révolutions floristiques et limites climatiques, in ALEXANDRE F., GENIN A. éd. : *Continu et discontinu dans l'espace géographique*. Actes du colloque de Tours (16 et 17 novembre 2002), Tours : Presses de l'Université François Rabelais, 77-115.
- ALEXANDRE Fr., MERING C., SALEM A., 2008. - Le tapis végétal à livre ouvert. Essai de phytotextométrie spatiale », in Groupe Dupont, UMR ESPACE : *Demain la géographie. Permanences, dynamiques, mutations : Pourquoi ? Comment ?* Géopoint 2006. Avignon : Groupe Dupont – ESPACE, 249-253.
- ALIFRIQUI M., 1995 - La cupressaie endémique de *Cupressus atlantica* Gaussen, un espace présteppique de montagne menacé dans le Haut-Atlas occidental. 7^e rencontres de l'Agence régionale pour l'environnement de la région Provence-Alpes-Côte-d'Azur : colloque Bio'mes 1995 : 163-172.
- AMAT J.-P., 1987. – Guerre et milieux naturels : les forêts meurtries de l'est de la France, 70 ans après Verdun. *L'Espace géographique*, 16(3) : 217-233.
- AMAT J.-P., 1988. – La forêt et la guerre, un exemple de sylvo-faciès sur les champs de bataille de la Grande Guerre en Argonne. *Bulletin de l'Association des Géographes français*, 16(3) : 217-233.
- ANDRIEU J., 2004. - *Le déboisement des mangroves du delta du Saloum. Etude de la gestion des ressources ligneuses et de ses conséquences sur un milieu en transformation*. Mémoire de DEA Environnement, Milieux, Techniques et Sociétés (dir. : C. MERING, F. ALEXANDRE), Université Paris 7 – Denis Diderot (département de géographie), 129 p.
- ANDRIEU J., ALEXANDRE Fr., 2008. - *Paysages forestiers et agro-forestiers en changement dans la partie septentrionale des Rivières du Sud (Afrique de l'Ouest)*. 12 p. + figures, A paraître, Villeneuve d'Ascq : Colloque « Des milieux aux territoires forestiers : itinéraires biogéographiques » (en l'honneur de Jean-Jacques Dubois).
- ANTHEAUME B., BONNEMAISON J., 1995. – *Océanie*. Livre second du tome Asie du Sud-Est, Océanie de la *Géographie Universelle* (R. Brunet, éd). Paris : Belin-Reclus, 240-462.
- AREZKI H., LECOMPTÉ M., 2003. - « Aperçu sur la dynamique de la forêt d'altitude du Queyras, compétition entre l'Arolle et le Mélèze », *Naturalia Marocana*, 1(2) : 221-233.
- ARMSTRONG P. H., MARTIN G. J., 1998. - Frederic Edward Clements (1874-1945). *Geographical bibliographical studies* (UGI 1998), 36-46.
- ARBONNIER M., 2002 (2^e édition). - *Arbres, arbustes et lianes des zones sèches d'Afrique de l'Ouest*. Paris : CIRAD/MNHN, 573 p.
- ARNOULD P., 1993. - Climat, un concept à tout faire, in DUBOIS J.-J., éd. : *Colloques phytosociologiques : Phytodynamique et biogéographie historique des forêts (Bailleul, 1991)*. Berlin-Stuttgart : Gebrüder Bormträger, 102-118.
- ARNOULD P., HOTYAT M., SIMON L., 1999. – *Les forêts d'Europe*. Paris : Nathan (coll. Nathan Université), 413 p.
- ARNOULD P., SIMON L., 2007. – *Géographie de l'environnement*. Paris : Belin (coll. Atouts), 303 p.
- ASCHMANN H., 1984. - A restrictive definition of Mediterranean Climates. *Bulletin de la Société Botanique de France* (n° spécial : Bioclimatologie méditerranéenne), 131 (2/3/4) : 21-30.
- AUBREVILLE A., 1950. - *Flore forestière soudano-guinéenne*. Paris : Société d'éditions géographiques, maritimes et coloniales, 523 p.
- AUGER P., BAUDRY J., FOURNIER Fr., éd., 1992. - *Hierarchies et échelles en écologie*. Paris : Naturalia Publications, 300 p.
- BACHACOU J., 1973. - *L'effet Guttman dans l'analyse des données phytosociologiques*. Nancy : INRA (Département de Biométrie et de calcul automatique, Station de Biométrie du CNRF), document 75/5, 30 p.
- BACHELARD G., 1957 (11^e éd. : 1983). - *La poétique de l'espace*. Paris : Presses Universitaires de France (coll. Quadrige), 214 p.
- BAGNOULS Fr., GAUSSEN H., 1957. - Les climats biologiques et leur classification. *Annales de Géographie*, 355 : 193-220.
- BAILEY R. G., 1996. - *Ecosystem geography*. New York – Berlin – Heidelberg : Springer, 204 p. (+ 1 carte h.-t.).
- BARBAULT R. – Article « Protection des espèces », *Encyclopaedia Universalis* (version électronique : 2008).
- BARDAT J., BIRET Fr., BOTINEAU M., BOULLET V., DELPECH R., GEHU J.-M., HAURY J., LACOSTE A., RAMEAU J.-Cl., ROYER J.-M., ROUX G., TOUFFET J., 2004. - *Prodrome des végétations de France*, Paris : Publications scientifiques du Muséum (coll. Patrimoines naturels, 61), 171 p.
- BARRUE-PASTOR M., BERTRAND G., éd., 2000. - *Les Temps de l'Environnement*. Actes des journées PIREVS (Programme interdisciplinaire de Recherche Vie, Environnement et Société) des 5-6-7 novembre 1997, Toulouse : Presses Universitaires du Mirail, 544 p.
- BARUSSAUD E., 2006. – *Paysages et identité régionale dans les Baronnies*. Mémoire de maîtrise. Université Paris 7 – Denis Diderot, 131 p.

- BARUSSAUD E., 2007. – *Ecologie du paysage appliquée aux Baronnies orientales*. Mémoire de M2 EMTS. Université Paris-Diderot - Paris 7, 110 p.
- BENABID A., CUZIN Fr., 1997. - Population de Dragonnier (*Dracaena draco* subsp. *ajgal* Benabid et Cuzin) au Maroc : valeurs taxinomique, biogéographique et phytosociologique. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences, Série 4 (Sciences de la vie)*, 320(3) : 267-277.
- BENABID A., 2000. - *Flore et écosystèmes du Maroc. Évaluation de la biodiversité du Maroc*. Paris : Ibis Press et Rabat : Kalila Wa Dimna, 359 p.
- BENICHOU P., 1983. - Champs météorologiques et pluie sur le sud-est de la France. *La Météorologie*, 34 (n° spécial), 265-278.
- BENICHOU P., 1985. - *Classification automatique de configurations météorologiques sur l'Europe occidentale*. Paris : Mémorial de la Météorologie nationale, 87 p.
- BENICHOU P., LE BRETON O., 1987. - Prise en compte de la topographie pour la cartographie des champs pluviométriques statistiques », *La Météorologie*, VII^e série (19) : 22-34.
- BENZECRI J.-P., 1980. - *Pratique de l'analyse des données*. Tome 2 : *L'analyse des correspondances*. Paris : Dunod, 624 p.
- BERDOULAY V., 1995 (2^e édition). - *La formation de l'école française de géographie*. Paris : CTHS (coll. Format 17), 253 p.
- BERQUE A., 1990. - *Médiance : de milieux en paysages*. Montpellier : Reclus (coll. Géographiques), 163 p.
- BERQUE A., 1995. - *Les raisons du paysage : de la Chine antique aux environnements de synthèse*. Paris : Hazan, 192 p.
- BERQUE A., 2000. - *Ecumène : introduction à l'étude des milieux humains*. Paris : Belin (coll. Mappemonde), 271 p.
- BERTRAND Fr.**, 1991. - *Contribution à l'étude de l'environnement et de la dynamique des mangroves de Guinée données de terrain et apport de la télédétection*. Thèse de doctorat. Pessac : Université Michel de Montaigne - Bordeaux 3, 328 p + annexes.
- BERTRAND G., 1968a. - Paysage et géographie physique globale. Esquisse méthodologique. *Revue de Géographie des Pyrénées et du Sud-Ouest*, 39, 3, 249-272.
- BERTRAND G., 1968b. – Le paysage entre la nature et la société. *Revue de Géographie des Pyrénées et du Sud-Ouest*, 49, 2, 259-268.
- BERTRAND G., 1969. - Écologie de l'espace géographique. Recherches pour une science du paysage. *Compte-Rendu de la Société de Biogéographie*, 404-406 : 195-204.
- BERTRAND G., 1975. - Pour une histoire écologique de la France rurale, in DUBY G. et WALLON A. éd. : *Histoire de la France rurale* (volume 1), Paris : Le Seuil, 35-113.
- BERTRAND G. et Cl., 2002. - *Une géographie traversière. L'environnement à travers territoires et temporalités*. Paris : Arguments, 311 p.
- BESSEDIK M., 1985. - *Reconstitution des environnements miocènes des régions nord-ouest méditerranéennes à partir de la palynologie*. Thèse de doctorat ès Sciences, Université des Sciences et Techniques du Languedoc, Montpellier II, 162 p.
- BIROT P., 1965. - *Les formations végétales du globe*. Paris : SEDES, 508 p.
- BIROU A., 1966. - *Vocabulaire pratique des sciences sociales*. Paris : Editions ouvrières, 319 p.
- BLANCHARD R. (1934) : *Les Alpes françaises*. Paris : Armand Colin, 217 p.
- BLANDIN P., LAMOTTE M., 1985. - Ecologie des systèmes et aménagement : fondements théoriques et principes méthodologiques, in LAMOTTE M. éd. : *Fondements rationnels de l'aménagement du territoire*. Paris, Masson, 139-162.
- BLANDIN P., LAMOTTE M., 1988. - Recherche d'une entité écologique correspondant à l'étude des paysages : la notion d'éco-complexe. *Bulletin d'Ecologie*, 19, 4(1988) : 547-555.
- BLONDEL J., 1995. - *Biogéographie. Approche écologique et évolutive*. Paris : Masson, 297 p.
- BLONDEL J., 2003. - Du CEPE au CEFE ... Ou une brève histoire de la phytosociologie (entretien avec Eric Garnier). *Les écologistes de l'Euzière* : <http://www.educ-envir.org/~euziere/>
- BOADEN P. J. S., SEED R., 1996. - *An Introduction to coastal ecology*. London : Blackie academic and professional. 224p.
- BONNIER G., FLAHAULT Ch., 1878. - Observations sur les modifications des végétaux suivant les conditions physiques du milieu. *Annales des sciences naturelles, Botanique*, 6^e série, 7 : 93-101.
- BOULAIN J., 1981. - La contribution de Georges Aubert et de la section de pédologie de l'ORSTOM à l'orientation de la pédologie française. *Cahiers de l'ORSTOM (Série Pédologie)*, XVIII, 3-4, 163-171.

- BOURNERIAS M., ARNAL G., BECK C., 2001 - *Guide des groupements végétaux de la Région parisienne*. Paris : Belin (coll. Botanique), 640 p.
- BRAQUE R., 1988. - *Biogéographie des Continents*. Paris : Masson, 470 p.
- BRAUDEL F., 1949 (réédition 1982). - La part du milieu, in *La Méditerranée et le monde méditerranéen à l'époque de Philippe II* (1^{er} tome). Paris : Armand Colin, 22-326.
- BRAUDEL F., 1958. - Histoire et sciences sociales, la longue durée. *Annales Economie*
- BRAUDEL F., éd., 1977. - *La Méditerranée. Tome 1 : L'espace et l'histoire*. Paris : Arts et Métiers graphiques, 225 p.
- BRAUN-BLANQUET J., FURRER E., 1913. - Remarques sur l'étude des groupements de plantes. *Bulletin de la Société Languedocienne de Géographie*.
- BRAUN-BLANQUET J., 1928. - *Pflanzensoziologie*. Berlin : Springer (Biologische Studienbücher VII), 330 p.
- BRAUN-BLANQUET J., PAVILLARD J., 1928. - *Vocabulaire de sociologie végétale*. Montpellier : Roumegous et Dehan, 29 p.
- BRAUN-BLANQUET J., 1933. - Phytosociological Nomenclature, *Ecology*, 14(3) : 315-317.
- BRAUN-BLANQUET J., 1936. - *La forêt d'Yeuse languedocienne*. Nîmes : Société d'Etudes des Sciences Naturelles de Nîmes (Mémoire n°5), n°5, 147 p.
- BRAUN-BLANQUET J., ROUSSINE N., NEGRE R., 1952. - *Les groupements végétaux de la France méditerranéenne*. Paris : CNRS éd., 297 p.
- BRAVARD J.-P., 2000. - Le comportement hydromorphologique des cours d'eau au Petit Age Glaciaire dans les Alpes françaises et leurs piedmonts, in 25^{es} journées scientifiques du GFHN (Meudon, 28 et 29 novembre 2000) : 105-110.
- BRAVARD J.-P., 2002. - La gestion intégrée des bassins versants et la zone-atelier du bassin du Rhône, in Société d'économie alpestre : *L'eau en montagne, gestion intégrée des hauts bassins versants* (colloque de Megève, 5 et 6 septembre 2002), 6 p.
- BRILLOUIN L., 1962. - *Science and Information*, New-York : Academic Press (2nd ed.).
- BROSSARD Th., WIEBER J.-Cl., 1984. - Le paysage, trois définitions, un mode d'analyse et une cartographie. *L'Espace géographique*, 1(janvier-mars) : 5-12.
- BROWN J. H., LOMOLINO M. V., 1998 (2^e édition). - *Biogeography*. Sunderland (Massachusetts) : Sinauer Ass., 691 p.
- BRUNEL S., 2005. - Priorité aux hommes ! Le développement durable et l'Afrique, in Rapport Antheios 2005 : *Géopolitique du développement durable*. Paris : PUF (coll. Major), 335-352.
- BRUNET R., 1967 - *Les phénomènes de discontinuité en géographie*. Paris, CNRS éditions (Coll. Mémoires et Documents, 7), 119 p.
- BRUNET R., 1980. - La composition des modèles dans l'analyse spatiale. *L'Espace géographique*, 4-1980 : 253-265.
- BRUNET R., FERRAS R., THERY H., éd., 1992. - *Les Mots de la Géographie. Dictionnaire critique*. Montpellier - Paris : Reclus / La Documentation française, 470 p.
- BRUNET R., 2001. - La France, un territoire à ménager. Paris : Editions n°1, 328 p.
- BUREL Fr., BAUDRY J., 1999. - *Ecologie du paysage : concepts, méthodes et applications*. Paris : Tec & Doc, 359 p.
- BUTZER K.W., 1976. - **Obituary: Carl Troll (1899-1975)**. *Geographical Review*, 66(2) : 234-236.
- BUTZER K.W., 2004. - Practicing geography in a totalitarian state: (Re)casting Carl Troll as a Nazi collaborator ? *Erde*, 135(2-2004) : 223-231.
- CANDOLLE A. (DE), 1855. - *Géographie botanique raisonnée. Exposition des faits principaux et des lois concernant la distribution géographique des plantes de l'époque actuelle*. Paris : Masson, 2 vol., 1365 p.
- CASTANHEIRA DINIZ A., CARDOSO DE MATOS G., 1986. - *Carta de zonagem agro-ecológica e da vegetação de Cabo Verde. I- Ilha de Santiago*. Lisbonne : Sér. Bot. : 8 (1-2) (tirage à part), 39-82 + carte h.-t.
- CATARINO L. M. F., 2004. - *Fitogeografia da Guiné-Bissau*. Doctorat d'ingénieur agronome. Université technique de Lisbonne : Institut supérieur d'Agronomie, 440 p.
- CAYEUX A., TRICART J., 1953. - *Cours de géomorphologie. 2^e partie : Géomorphologie climatique*. Paris : Tournier et Constans, 408 p.
- CHELSEL D., MERCIER P., 1993. - Couplage de triplets statistiques et liaisons espèces-environnement, in LEBRETON J.-D., ASSELAIN B. éd. : *Biométrie et Environnement*. Paris : Masson, 15-43.
- CHEVALIER A., 1900. - Les zones et les provinces botaniques de l'Afrique occidentale française. *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des Sciences de Paris (Série D : Sciences naturelles)*, Tome 130, 236 : 1205-1208.

- CIBOIS Ph., 1983. - *L'analyse factorielle*. Paris : PUF (coll. Que sais-je ?, n°2095), 128 p.
- CIBOIS Ph., 2007. - *Les méthodes d'analyse d'enquête*. Paris : PUF (coll. Que sais-je ?, n°3782), 128 p.
- CLEMENTS F. E., 1916. - *Plant succession : an analysis of the development of vegetation*. Washington : Carnegie Institution (242), 516 p.
- CLEMENTS F. E., SHELFORD V. E., 1939. - *Bioecology*. New York : John Wiley and Sons, 425 p.
- COHEN M., ALEXANDRE Fr., 1997 - Embroussaillage, pratiques et représentations sociales. Une recherche de corrélations. L'exemple des territoires de Rieisse et Rouveret (cause Méjean, Lozère). *Natures, Sciences et Sociétés*, vol. 5, 1-1997, 31-44.
- COHEN M., 1998. - Végétation et ravinement dans les Baronnies méridionales (Alpes françaises). *Géomorphologie: relief, processus, environnement*, 1 : 35-52.
- COHEN M., ALEXANDRE Fr., MATHIEU N., 1998. - Modelling interactions between biophysical and social systems : the example of dynamics of vegetation in Causse Mejan (France). 10th European Colloquium on Quantitative and Theoretical Geography. Rostock (6 au 11 septembre 1997), article 39, *Cybergeo* : revue en ligne : <http://www.cybergeo.eu/index1551.html>
- COHEN M., éd., 2003. - *La brousse et le berger. Une approche interdisciplinaire de l'embroussaillage des parcours*. Paris : CNRS éditions (coll. Espaces et milieux), 354 p.
- COHEN M., REY Fr., 2005. - Dynamiques végétales et érosion hydrique sur les marnes dans les Alpes françaises du Sud. *Géomorphologie : relief, processus, environnement*, 1-2005 : 31-44.
- Coll., 1975. - *Carte géobotanique de la Roumanie au 1 : 1 000 000^e* (avec notice explicative).
- Coll., 1984. - *Bioclimatologie méditerranéenne*. Numéro spécial : Bulletin de la Société botanique de France, 131, 2/3/4.
- Coll., 1992. - *Vegetaliția româniei*, Bucarest : Institut des Sciences biologiques et Institut de recherches en aménagement forestier, 407 p.
- CORDONNIER Th., 2004. - *Perturbations, diversité et permanence des structures dans les écosystèmes forestiers*. Thèse de doctorat, ENGREF, 259 p.
- CORMIER-SALEM M.-Chr., éd., 1994. - *Dynamique et usages de la mangrove dans les pays des rivières du Sud*. Paris : ORSTOM Editions. 353 p.
- CORMIER-SALEM M.-Chr., éd., 1999. - *Rivières du Sud : sociétés et mangroves ouest africaines*, Paris : Editions de l'IRD, 288 p.
- COSTE H., 1901-1904 (rééd. 1990). - *Flore descriptive et illustrée de la France, de la Corse et des contrées limitrophes*. Paris : Librairie scientifique et technique Albert Blanchard, 3 tomes, 1 850 p.
- COURADE G. éd., 2006. - *L'Afrique des idées reçues*. Paris : Belin (coll. Mappemonde), 400 p.
- CROCQ C., 1990. - *Le casse-noix moucheté* (*Nucifraga caryocatactes*). Paris : Lechevalier – R. Chabaud (coll. Monographies ornithologiques), 326 p.
- CROCQ C., 2000. - *Le pin arole*. Arles : Actes Sud, 91 p.
- CROWLEY J., 1967 - Biogeography in Canada. *Canadian Geographer*, 11 : 312-326.
- CUQ Fr., MADEC V., GOURMELON Fr., 1996. - Mise à jour de la carte d'occupation des sols des provinces côtières de Guinée-Bissau. *Mappemonde*, 4-1996 : 21-26.
- CURTIS J. T., MAC INTOSH R. P., 1951. - An Upland Forest Continuum in the Prairie-Forest Border Region of Wisconsin. *Ecology*, 32(3) : 476-496
- DAGET Ph., GODRON M., 1974. - *Vocabulaire d'écologie*. Paris : Hachette – CILF, 273 p.
- DAGET Ph., GODRON M., 1982. - *Analyse de l'écologie des espèces dans les communautés*. Paris : Masson, 163 p.
- DAGET Ph., 1984. - Introduction à une théorie générale de la Méditerranéité. *Bulletin de la Société Botanique de France* (n° spécial : Bioclimatologie méditerranéenne), 131, 2/3/4 : 31-36.
- DAGET Ph., GASTON A., 2001. - La base FLOTROP et la biodiversité des pâturages du Tchad oriental. *Systematics and Geography of Plants*, 71 : 327-336.
- DAGNELIE P., 1960. - Quelques problèmes scientifiques posés par l'utilisation de l'analyse factorielle en phytosociologie. *Bulletin de l'Institut Agronomique de Gembloux*, 1 : 430-438.
- DA LAGE A., METAILLE G., éd., 2000. - *Dictionnaire de biogéographie végétale*. Paris : CNRS éditions (coll. CNRS dictionnaires), 579 p.
- DARDEL E., 1952 (rééd. 1990). - *L'Homme et la Terre*, Paris : CTHS (édition originale : PUF, coll. Nouvelle encyclopédie philosophique), 199 p.

- DANSEREAU P., 1957. - *Biogeography : an ecological perspective*. New York : Ronald Press Company, 394 p.
- DANSEREAU P. - Article « Biogéographie », *Encyclopaedia Universalis* (version électronique 2008).
- DAUPHINE A., 1976. - *Les précipitations dans les midis français*. Paris : Honoré-Champion (Thèse de doctorat d'État), 591 p.
- DAVID P., POISSONET P., ROMANE Fr., 1979. - Analyse de la structure horizontale d'un taillis de bouleaux en Sologne. *Æcol. Plant.*, 14 (3), 237-247.
- DE BEAULIEU J.-L., PONS A., REILLE M., 1991. - La végétation du Massif Central depuis 15 000 ans. *Bulletin de l'Association des Géographes français*, 68(1) : 3-10.
- DELAPORTE F., MANGENOT G., - Article « Végétal », *Encyclopaedia Universalis*, (version électronique 2008).
- DELEAGE J.-P., 1991. - *Histoire de l'écologie, Une science de l'homme et de la nature*. Paris : La Découverte, 330 p.
- DELANNOY H., LECOMPTÉ M., 1975. - Etude des régimes thermiques en liaison avec les situations météorologiques dans le Moyen-Atlas. Exemple de la ceinture thermique. *Bulletin de l'Association des géographes français*, 422-423 : 83-94.
- DELANNOY H., LECOMPTÉ M., 1980. - Utilisation de l'analyse factorielle des correspondances pour l'étude des précipitations quotidiennes: un exemple au Maroc. *Méditerranée*, 4 : 29-36.
- DELORT R., WALTER Fr., 2001. - *Histoire de l'environnement européen*. Paris : PUF (coll. : Le Noeud gordien), 352 p.
- DER MEGREDITCHAN G., 1975. - Classification automatique de la pluviométrie en France. *La Météorologie*, VI(1) : 19-34.
- DERRAZ Kh., 1993. - *Transition du climat méditerranéen au climat aride dans le Moyen-Atlas oriental marocain : étude phytoclimatique*. Thèse de doctorat, Université Paris 7 - Denis-Diderot, 142 p.
- DOLLFUS O., 1979. - *El reto del espacio andino*. Lima : Institut d'Etudes péruviennes (IEP), 122 p.
- DOLLFUS O., éd., 1990. - *Le Système-Monde*. Livre second du Tome I (*Mondes nouveaux*) de la *Géographie Universelle*, (Brunet R. éd.) Paris : Hachette / G.I.P. RECLUS / Compagnie Financière de l'Union Européenne, 273-529.
- DOLLFUS O., 1991. - *Territorios andinos*. Lima : Institut d'Etudes péruviennes (IEP), 140 p.
- DORST J., 1965 (3^e édition : 1970). - *Avant que nature meure : pour une écologie politique*. Neuchâtel, Paris : Delachaux et Niestlé (coll. Les beautés de la nature), 544 p.
- DOUGUEDROIT A., 1976. - *Les paysages forestiers de Haute-Provence et des Alpes-Maritimes*. *Géographie, écologie, histoire*. Edisud, Aix-en-Provence, 550 p.
- DROUIN J.-M., 1993. - *L'écologie et son histoire*. Paris : Flammarion (coll. Champs), 213 p. [Texte publié en 1991 sous le titre *Réinventer la Nature* aux éditions Desclée de Brouwer].
- DRUDE O., 1890 (1897 pour l'édition française). - *Manuel de géographie botanique (Handbuch der Pflanzengeographie)*. Paris : Klincksieck, 552 p.
- DUBAND D., 1974. - *Reconnaissance dynamique de la forme des situations météorologiques - Application à la prévision numérique des précipitations journalières*. Paris : XIII^e journées de l'Hydraulique, question II, rapport 6.
- DUCHAUFOR Ph., 1948. - *Recherches écologiques sur la chênaie atlantique française*. Thèse ès sciences naturelles (Faculté des sciences de Montpellier), Nancy : G. Thomas, 332 p.
- DUCHAUFOR Ph., 1991. - *Pédologie : sols, végétation, environnement*. Paris : Masson (coll. Abrégés), 289 p.
- DUPIAS G. et al., 1973. - *Carte de la Végétation de la France au 1 : 200.000^e : feuille d'Avignon et notice sommaire*. Toulouse : CNRS.
- DUPONT P., 1990. - *Atlas partiel de la Flore de France*. Paris : Muséum d'histoire Naturelle (Coll. Patrimoines Naturels), 442 p.
- DUQUET M., 1995. - *Glossaire d'écologie fondamentale*. Paris : Nathan (coll. 128 – Sciences), 127 p.
- DURAND E., FLAHAULT Ch., 1886. - Les limites de la végétation méditerranéenne en France. *Bulletin de la Société botanique de France*, XXXIII : XXIV-XXXI.
- DURAND-DASTES Fr., SANDERS L., 1984. - Les contrastes climatiques : noyaux et zones de transition, *in Géoscopie de la France*, Paris : Minard (coll. Paradigme; Terre et Société), 91-101.
- DURAND-DASTES Fr. - Article « Climat ». *Encyclopaedia Universalis* (édition électronique 2008).
- DU RIETZ G.E., 1930. - *Classification and nomenclature of vegetation*. Svensk. Bot., Tidskrift.

- DUVIGNEAUD P., 1980 (2^e éd.). - *La synthèse écologique*. Paris : Doin, 380 p.
- DUVIGNEAUD P., LAMOTTE M. - Article « Biosphère ». *Encyclopaedia Universalis* (édition électronique 2008).
- EL ALAMI R., 1993. - *Phytoclimatologie de la montagne marocaine : le Rif central*. Thèse de Doctorat, Université Paris 7 – Denis Diderot, 200 p.
- ELHAÏ H., 1968. - *Biogéographie*. Paris : Armand-Colin (Coll. U), 406 p.
- ELLENBERG H., 1956. - *Aufgaben und Methoden des Vegetationskunde*. Stuttgart : Ulmer, 136 p.
- EL RHAZI M., 2002. - *Phytoécologie, production et valoration de l'Alfa (Stipa tenacissima) du Maroc oriental*. Thèse de doctorat ès sciences biologiques, Université Mohammed 1^{er} Oujda, 217 p.
- EMBERGER L., 1930. - La végétation de la Région méditerranéenne. Essai d'une classification des groupements végétaux. *Revue générale de Botanique*, 42 : 641-662 et 705-721.
- EMBERGER L., 1939. - Aperçu général sur la végétation du Maroc. Commentaire de la carte phyto-géographique du Maroc au 1:1 500 000^e. *Veroff. Geobot. inst. Rübél, Zürich*, 14 : 40-157.
- EMBERGER L., 1943. - Les limites de l'aire de végétation méditerranéenne en France. *Bulletin de la Société d'Histoire naturelle de Toulouse*, 78 (3) : 159-180.
- EMBERGER L., 1955. - Une classification biogéographique des climats. *Recueils des travaux de la Faculté des sciences de Montpellier* (série botanique), 7 : 3-45.
- ERHART H., 1951 (3^e éd. : 1967). - *La genèse des sols en tant que phénomène géologique. Esquisse d'une théorie géologique et géochimique. Biostasie et rhexistasie*. Paris : Masson, 177 p.
- ESTIENNE P., 1956. - *Le climat du Massif Central*. Paris : Mémorial de la Météorologie Nationale, 43, 242 p.
- ESTIENNE P., 1991 (2^e édition). - *Les régions françaises*. Tome 2. Paris : Masson, 273 p.
- FAUCHER D., éd., 1951. - *La France : Géographie, Tourisme*. Paris : Larousse, 2 tomes : 544 et 584 p.
- FESQUET Fr., 1997. – *Un corps quasi-militaire dans l'aménagement du territoire : le corps forestier et le reboisement des montagnes méditerranéennes en France et en Italie aux XIX^e et XX^e siècles*. Thèse de doctorat, Université Paul Valéry – Montpellier III, 3 vol. : 992 p.
- FLAHAULT Ch., 1897 (rééd. 1937). - *La distribution géographique des végétaux dans la région méditerranéenne*. Paris : Lechevalier, 178 p.
- FLAHAULT Ch., 1899. - La géographie des plantes avec la physiologie pour base. *Annales de Géographie*, VIII(39) : 193-206.
- FLAHAULT Ch., 1900. - Projet de nomenclature phytogéographique. *Compte-rendus du Congrès International de Botanique*, 427-450 (reproduit in ACOT éd., 1998).
- FLAHAULT Ch., SCHRÖTER C., 1910. - Nomenclature phytogéographique. Rapports et propositions. 3^e Congrès international de Botanique (Bruxelles), 131-143.
- FORMAN R.T.T., GODRON M., 1986. - *Landscape ecology*. New York : Wiley and Sons, 619 p.
- FOURNIER P., 1961 (rééd. 1977). - *Les quatre flores de France, Corse comprise (générale, alpine, méditerranéenne, littorale)*. Paris : Lechevalier, 1106 p. et atlas de 308 p.
- FRACCHIOLA B, KUNCOVA A., MAISONDIEU A., 2004. - *LEXICO3 – Manuel d'utilisation*. Paris : SYLED-CLA²T (Université de la Sorbonne nouvelle, Paris III), 50 p.
- FREMONT A., 1976. – *La région, espace vécu*. Paris : PUF (coll. Sup Le géographe), 223 p.
- FRONTIER S., éd., 1983. - *Stratégies d'échantillonnage en écologie*. Paris : Masson (coll. d'écologie : 17) et Québec : Presses de l'Université Laval, 494 p.
- GAMS H., 1918. - Prinzipienfragen der Vegetationsforschung. Ein Beitrage zur Begriffsklärung und methodik der Biocoenologie. *Vierteljahrsschrift Naturforschungs Gesellschaft*, 63 : 293-493.
- GARLATTI Fl., 2007. – *Le risque torrentiel dans la vallée de l'Arzino (Frioul, nord-est de l'Italie)*. Thèse de doctorat, Université Paris-Diderot Paris 7, 440 p.
- GAUQUELIN Th., DELPOUX M., DURRIEU G., FABRE A., FONTES J., GOUAUX P., LE CARO P., O'DONOGHUE M.-H., 2005. - Histoire du Service de la carte de la végétation de la France 1. *Revue pour l'histoire du CNRS*, 13 (nov. 2005) : <http://histoirecnrs.revues.org/document1697.html>.
- GAUSSEN H., 1938. - Étages et zones de végétation en France. *Annales de Géographie*, 47 : 463-487.

- GAUSSEN H., 1954 (2^e éd.). - *Géographie des plantes*. Paris : Armand Colin, 224 p.
- GAUSSEN H., REY P., 1955. - La carte de la végétation de la France au 1:200 000^e. *Service de la carte phytogéographique* (CNRS-Toulouse), 11-34.
- GAUSSEN H. *et al.*, 1963. - *Carte de la Végétation de la France au 1 : 200.000^e : feuille de Carcassonne et notice sommaire*. Toulouse : C.N.R.S. (avec le concours du Ministère de l'Agriculture).
- GAUSSEN H. - Article « Aire méditerranéenne ». *Encyclopaedia Universalis* (version électronique : 2008).
- GAUTHIER B., GODRON M., HIERNAUX P., LEPART J., 1977. - Un type complémentaire de profil écologique : le profil écologique indicé. *Journal Canadien de Botanique*, 55, 23 : 2859-2865.
- GAUTIER F., LUBEL-NIEL H., SABATIER R., MASSON J.-M., PATUREL J.-E., SENSAT E., 1998. - Variabilité du régime pluviométrique de l'Afrique de l'Ouest non sahélienne entre 1950 et 1989. *Hydrological Sciences* (Journal des Sciences Hydrologiques), 43(6) : 921.
- GEHU J.-M., 1980. - Aspect dynamique de la forêt et des paysages végétaux dans le nord de la France ». *Hommes et Terres du Nord*, 80(3) : 6-13.
- GENERMONT J. - Article « Espèce », *Encyclopaedia Universalis* (version électronique : 2008).
- GENERMONT J. - Article « Variation (biologie) », *Encyclopaedia Universalis* (version électronique : 2008).
- GENIN A., 1997. - *Les contacts entre domaines phytoclimatiques. Exemple de la bordure cévenole*. Paris : Travaux du Laboratoire de Géographie Physique (Université Paris 7 - Denis-Diderot), 25 : 185 p.
- GENIN A., ALEXANDRE F., COHEN M., REY F., 2005. - Les forêts des Alpes du Sud : rôle écologique et social, *in* M. TAABNI, éd. : *La forêt : enjeux comparés des formes d'appropriation, de gestion et d'exploitation dans les politiques environnementales et le contexte d'urbanisation généralisée* (Actes du colloque international des 16-17 octobre 2003), Poitiers : Maison des Sciences de l'Homme et de la Société / Laboratoire ICoTEM (EA 2252), 188-199.
- GILLET F., FOUCAULT B. de, JULVE Ph., 1991. - « La phytosociologie synusiale intégrée : objet et concepts ». *Candollea*, 46 : 315-340.
- GIRAUD-SOULAVIE J.-L., 1780-1784. - *Histoire naturelle de la France méridionale*. Nîmes : Imprimerie Belle, 7 tomes, tome 1 : 523 p.
- GEORGE P., VERGER F., éd., 1996 (6^e édition). - *Dictionnaire de la Géographie*. Paris : PUF, 500 p.
- GEORGE P. - Article « Karl Ritter ». *Encyclopaedia Universalis* (version électronique : 2008).
- GLEASON H. A., 1926. - The individualistic concept of the plant association. *Bulletin of Torrey Botanical Club*, 53 : 7-26.
- GODRON M., DAGET Ph., EMBERGER L., LE FLOC'H E., LONG G., POISSONET J., SAUVAGE Ch., WACQUANT J.-P., 1968. - *Code pour le relevé méthodique de la végétation et du milieu*. Paris : Editions du CNRS, 292 p.
- GODRON M., POISSONET J., 1972. - Quatre thèmes pour la cartographie du milieu et de la végétation (séquences de végétation, diversité du paysage, vitesse de cicatrization de la végétation, sensibilité de la végétation). *Bulletin de la société languedocienne de géographie*, 6, 3, 329-356.
- GODRON M., 1982. - L'étude du "grain" de la végétation. Application à quelques exemples méditerranéens. *Ecologia mediterranea*, VIII (1/2), 191-195.
- GODRON M., 1984. - *Ecologie de la végétation terrestre*. Paris : Masson (coll. Abrégés), 196 p.
- GODRON M. *et al.*, 1989. - *Carte des étages de végétation du Languedoc-Roussillon*. Montpellier : REPERES (1), 21 p.
- GODRON M., KADIK L., 2003. - La mesure de la biodiversité spatiale. *Symbiose*, n° spécial 2003 : 67-75.
- GODRON M., JOLY H., 2008. - *Dictionnaire du paysage*. Paris : Conseil international de la langue française (Coll. CILF Les Dictio), 287 p.
- GODRON M., ANDRIEU J., 2008. - Mise en évidence statistique d'un continuum à facettes dans les Baronnie, *in* ALEXANDRE F., GENIN A., éd. : *Continu et discontinu dans l'espace géographique*. Actes du colloque de Tours (16 et 17 novembre 2002), Tours : Presses de l'Université François Rabelais, 145-170.
- GOUNOT M., 1958. - Contribution à l'étude des groupements végétaux messicoles et rudéraux de la Tunisie. *Annales du Service botanique et agronomique de Tunisie*, 31 : 1-282.
- GOUNOT M., 1969. - *Méthodes d'étude quantitative de la végétation*. Paris : Masson, 304 p.
- GOUROU P., 1973. - *Pour une géographie humaine*. Paris : Flammarion, 388 p.
- GRACQ J., 1992. - *Carnets du grand chemin*. Paris : José Corti, 308 p.

- GRASLAND Cl., 2008. - La notion de discontinuité en géographie, in ALEXANDRE F., GENIN A. éds. : *Continu et discontinu dans l'espace géographique*. Actes du colloque de Tours (16 et 17 novembre 2002), Tours : Presses de l'Université François Rabelais, 43-144.
- GRESILLON L., 2005. - *Sentir Paris : bien-être et valeur des lieux*. Thèse de doctorat, Université Paris 1 – Panthéon-Sorbonne, 293 p.
- GRISEBACH A., 1875. - *La végétation du globe d'après sa disposition suivant les climats : esquisse d'une géographie comparée des plantes*. (Traduit de l'allemand par P. A. Tchikhatchev), Paris : L. Guérin, 2 volumes, 905 p.
- GROUPE DUPONT, UMR ESPACE, 2008. - *Demain la géographie. Permanences, dynamiques, mutations : Pourquoi ? Comment ?* Géopoint 2006. Avignon : Groupe Dupont – ESPACE, 472 p.
- GROVE A.T., RACKHAM O., 2001. - *The Nature of Mediterranean Europe. An Ecological History*. New Haven, Londres : Yale University Press, 384 p.
- GUILLERM J.-L., 1969. - *Relation entre la végétation spontanée et le milieu dans les terres cultivées du Bas-Languedoc*. Thèse d'Etat, Montpellier : Université des Sciences et Techniques du Languedoc, 165 p.
- GUINOCHET M., 1973. - *Phytosociologie*, Paris : Masson, 227 p.
- GUINOCHET M., DE VILMORIN R., 1973-1984. - *Flore de France*. Paris : C.N.R.S. / Doin (5 vol.), 1 879 p.
- HAECKEL E., 1866 (trad. française : 1874). - *Histoire de la création des êtres organisés d'après les lois naturelles* (Conférences traduites de l'allemand par Ch. LETOURNEAU), Paris : Réonwald et C^{ie}, 680 p.
- HALLE Fr., 2004. - *Eloge de la plante : pour une nouvelle biologie*. Paris : Le Seuil (coll. Points – Sciences), 346 p.
- HUFTY A., 2001. - *Introduction à la Climatologie*. Bruxelles : De Boeck Université, 542 p.
- HUGONIE G., 2004. - Article « Système morphogénétique », Hypergéographie : Encyclopédie électronique d'épistémologie de la géographie (GDR Libergéo), <http://hypergeo.free.fr/>
- HUMBOLDT A. (Von), 1807 (rééd. 1990). - *Essai sur la Géographie des Plantes*, suivi de *Tableau physique des Régions équatoriales*, (réédition sous la direction de CH. MAINGUET, A. SEGALA ET J.-P. DUVIOLS), Nanterre : Editions européennes Erasme, 157 p.
- HUMBOLDT A. (Von), 1808 (Traduction française : J.B.B. EYRIES). - *Tableaux de la nature ou Considérations sur les déserts, sur la physionomie des végétaux et sur les cataractes de l'Orénoque*. Paris : Schoell, 240 p.
- HUMBOLDT A. (Von), 1847-1862 (rééd. 2000). - *Cosmos. Essai d'une description physique du Monde (tomes I et II)*. Paris : Utz (coll. La science des autres), 1166 p.
- HUMBOLDT A. (Von), 1865. - *Correspondance scientifique et littéraire*. Paris : Ducrocq, 466 p. (Recueillie, publiée et précédée d'une notice et d'une introduction par M. de la Roquette, doyen et président honoraire de la Société de Géographie de Paris).
- JANICOT S., SULTAN B., 2000. - Intra-seasonal modulation of convection in the West African monsoon. *Geophysical Research Letters*, 28 : 523-526.
- JOLLIVET M., éd., 1992. - *Sciences de la nature, Sciences de la société : les passeurs de frontières*, Paris : CNRS éditions, 589 p..
- KADIK L., GODRON M., 2004. - Contribution à l'étude de la "dégradation" de la végétation dans les pineraies de *Pinus halepensis* Mill. D'Algérie et dans les formations dérivées ». *Journal de Botanique de la Société Botanique de France*, 27 : 9-19.
- KANT I., 1802 (trad. française : 2000). - *Géographie (Physische Geographie)*. Paris : Aubier (coll. Bibliothèque philosophique), 394 p.
- KENT M., GILL W. J., WEAVER R. E., ARMITAGE R. P., 1997. : Landscape and plant community boundaries in biogeography. *Progress in Physical Geography*, 21, 3-1997 : 315-353.
- KIENER A., 1978. - *Ecologie, physiologie et économie des eaux saumâtres*. Paris : Masson (coll. Biologie des milieux marins), 220 p.
- KÖPPEN Wl., 1930-1939. - *Handbuch der Klimatologie*. Berlin.
- KÖPPEN Wl., 1931. - *Grundriss der Klimakunde*. Berlin : Walter de Gruyter, 388 p.
- KUHN Th. S., 1970 (2^e édition ; trad. française : 1983). - *La structure des révolutions scientifiques*. Paris : Flammarion (coll. Champs), 284 p.
- LACOSTE A., ROUX M., 1972. - L'analyse multidimensionnelle en phytosociologie et écologie. I L'analyse des données écologiques et l'analyse globale. *Æcologia Plantarum*, 7, 125-146.
- LACOSTE A., 1975. - La végétation de l'étage subalpin du bassin supérieur de la Tinée (Alpes-Maritimes). *Phytocoenologia*, 3 (Lehre) : 83-345.
- LACOSTE A., SALANON R., 2001 (2^e édition). - *Éléments de biogéographie et d'écologie*. Paris : Fernand Nathan (coll. Fac.), 318 p.

- LACOSTE Y., 2003. - *De la géopolitique aux paysages : dictionnaire de la géographie*. Paris : Armand Colin, 413 p.
- LAMOTTE M., BLANDIN P., 1989. - Originalité et diversité des écosystèmes méditerranéens terrestres. *Biologia Gallo-hellenica*, 16-1989 : 5-36.
- LARRERE C., éd., 1997. - *La crise de l'environnement* (Actes du colloque de Paris, 13 au 15 janvier 1994), Paris : Editions Quae, 302 p.
- LASSUS B., 1991. - Les continuités du paysage. *Urbanisme et architecture*, 250 : 64-68.
- LASSUS B., 1992. - Une pente paysagère : l'aire de Nîmes-Caissargues. *Mappemonde*, 1-1992 : 8-11.
- LATOUR Br., 1989 (trad. française 3^e éd. : 2005). - *La science en action. Introduction à la sociologie des sciences*. Paris : La Découverte (coll. Poche – Sciences humaines et sociales), 663 p.
- LATOUR Br., 2004. - *Politiques de la nature. Comment faire entrer les sciences en démocratie ?* Paris : La Découverte (coll. Poche – Sciences humaines et sociales), 663 p.
- LAVERGNE D., PITTE J.-R., CABANEL J., LAMOTTE M., BLANDIN P. - Article « Paysages : environnement ». *Encyclopaedia Universalis*, (version électronique, 2008).
- LEBRETON J.-D., CHESSEL D., PRODON R., YOCCOZ N., 1988a. - L'analyse des relations espèces-milieu par l'Analyse Canonique des Correspondances. I- Variables du milieu quantitatives. *Acta Œcologica (Œcol. Gener.)*, 9 (1) : 53-67.
- LEBRETON J.-D., CHESSEL D., RICHARDOT-COULET M., YOCCOZ N., 1988b. - L'étude des relations espèces-milieu par l'Analyse canonique des correspondances. II. Variables du milieu qualitatives. *Acta Œcologica (Œcol. Gener.)*, 9 (2) : 137-153.
- LECOINTRE G., LE GUYADER H., 2001 (2^e édition). - *Classification phylogénétique du vivant*. Paris : Belin, 545 p.
- LECOMPTE M., 1973a. - Analyse des rapports climat-végétation par une méthode d'échantillonnage continu. *Bulletin de la Société des Sciences naturelles et physiques du Maroc*, 53 (1 et 2) : 37-61.
- LECOMPTE M., 1973b. - Aperçu sur la végétation d'altitude sur le Rif occidental calcaire. *Revue de Géographie du Maroc*. 23-24 : 1-8 (+ cartes couleurs h.-t.).
- LECOMPTE M., 1986. - *Biogéographie de la montagne marocaine : le Moyen-Atlas central*. Paris : CNRS éditions (Coll. Mémoires et Documents de Géographie), 202 p.
- LECOMPTE M., 1988. - La phytoclimatologie dynamique : une approche différente de la nature du climat ». *L'Espace géographique*, 2 : 109-121.
- LECOMPTE M., 1989. - La question des limites climatiques à travers la climatologie et la phytoclimatologie dynamiques. *La Météorologie*, 7, 29 : 3-8.
- LECOMPTE M., 1990. - Une théorie des limites climatiques et phytoclimatiques pour la France. *Revue de Géographie de Lyon*, 65, 2 : 59-62.
- LECOMPTE M., ALEXANDRE Fr., 1996. - Discontinu et continu de la végétation et du milieu. De la théorie des étagements en altitude à la phytoclimatologie dynamique. *L'Espace géographique*, 3 : 261-272.
- LECOMPTE M., LHENAFF R., MARRE A., 1998. - Huit ans de mesures du ravinement des marnes des Baronnies (Préalpes françaises du Sud). *Géomorphologie*, 4 : 351-373.
- LECOMPTE M. (†), ALEXANDRE Fr., BERTHELOT M., CASAGRANDE A., COHEN M., GARLATTI Fl., GENIN A., 2005 (parution : décembre 2007). - Eléments pour une géographie du ravinement dans les secteurs marneux des Alpes du Sud. *Travaux de l'Institut de Géographie de Reims*, 123-124 : 27-58.
- LEGENDRE L., LEGENDRE P., 1979. - *Écologie numérique*. Paris : Masson, 2 volumes : 197 et 247 p.
- LE GUYADER H., 2002. - Doit-on abandonner le concept d'espèce ? *Courrier de l'environnement de l'INRA*, 46 (juin 2002) : 51-64.
- LENOBLE F., 1921. - Les limites de végétation de quelques espèces méditerranéennes dans le bassin moyen du Rhône et les Préalpes françaises. *Revue de Géographie alpine*, 9(3) : 457-470.
- LENOBLE F., 1926. - A propos des associations végétales. *Bulletin de la Société Botanique de France*, 73 : 873-893.
- LEMEE G., 1978. - *Précis d'écologie végétale*. Paris : Masson (coll. Biologie maîtrises), 285 p.
- LEMEE G., 1989. - Structure et dynamique de la hêtraie des réserves biologiques de la forêt de Fontainebleau : un cas de complexe climacique de forêt feuillue monospécifique tempérée. *Acta Oecologica (Œcologia Generalis)*, 10 : 155-174.
- LEMEE G., FAILLE A., PONTAILLER J.-Y., 1993. - Dynamique linéaire et cyclique d'une forêt inexploitée : cas des réserves biologiques de la forêt de Fontainebleau, in J.-J. DUBOIS éd. : *Colloques phytosociologiques (Bailleul, 1991) : Phytodynamique et biogéographie historique des forêts*. Berlin-Stuttgart : Gebrüder Bornträger : 274-282.

- LEPART J., 1984. - *Intérêt et limites de l'analyse écologique au niveau régional. Les peuplements de Chêne pubescent des hautes garrigues du Montpelliérais*. Thèse de 3^e cycle, Montpellier : Université des Sciences et Techniques du Languedoc, 161 p.
- LE ROY-LADURIE E., 1983. - *Histoire du climat depuis l'an mil*. Paris : Flammarion (Coll. Champs), 2 tomes : 287 et 254 p.
- LEVEQUE Chr., 2001. - *Ecologie. De l'écosystème à la biosphère*. Paris : Dunod, 502 p.
- LEVEQUE Chr., MUXART T., VAN DER LEEUW S., WEILL A., ABBADIE L., 2008. - L'anthroposystème et la zone-atelier : nouveaux concepts territorialisés de l'étude des interactions sociétés / milieux, in ALEXANDRE Fr., GENIN A. eds. : *Continu et discontinu dans l'espace géographique*. Actes du colloque de Tours (16 et 17 novembre 2002), Tours : Presses de l'Université François Rabelais, .
- LEVY J., LUSSAULT M., eds., 2003. - *Dictionnaire de la géographie et de l'espace des sociétés*. Paris : Belin, 1034 p.
- LHERMINIER P., SOLIGNAC M., 2005. - *De l'espèce*. Paris : Syllepse (coll. Matériologiques), 694 p.
- LI T. X., SOSA RAMIREZ J., 1987. - *Phyto-écologie et potentialités agro-pastorales et forestières du Mont-Lozère*. Thèse de doctorat, Université des Sciences et Techniques du Languedoc, Montpellier II, 320 p. + cartes et tableaux h.-t.
- LIEDERMANN E., DUNCAN A., RICHARD D., 1991. - *Guide méthodologique des plans de gestion des réserves naturelles*. Neuilly-sur-Seine : Atelier Technique des Espaces Naturels, 64 p.
- LIEGEOIS M., WICHEREK St., AMAT J.-P., 2004. - Réflexions sur la vulnérabilité à l'aléa érosion. *Cahiers d'études et de recherches francophones : Cahiers Agricultures*, 13 : 355-361.
- LIEUTAGHI P., 2006. - *Petite ethnobotanique méditerranéenne*. Arles : Actes Sud, 334 p.
- LOUSTEAU D., coord., 2004. - *Séquestration de carbone dans les grands écosystèmes forestiers en France. Quantification, spatialisation, vulnérabilité et impacts de différents scénarios climatiques et sylvicoles*. Rapport final du projet CARBOFOR, Programme Gestion des Impacts du Changement Climatique, 138 p.
- LOWENTHAL D., 2008. - *Passage du temps sur le paysage*. Gollion : Infolio (Coll. Archigraphy – Témoignages), 334 p.
- MAC ARTHUR R. H., WILSON E. O., 1963. - An equilibrium theory of insular zoogeography. *Evolution*, 17, 373-387.
- MAGNIN-GONZE J., 2004. - *Histoire de la botanique*. Paris : Delachaux et Niestlé, 217 p. + repères chronologiques.
- MAHE G., L'HOTE Y., OLIVRY J.-Cl., WATLING G., 2000. - Trends and discontinuities in regional rainfall of West and Central Africa. *Hydrological Sciences (Journal des Sciences hydrologiques)*, 46(2) : 211-226.
- MARGALEF R., 1968. - *Perspectives in Ecological Theory*. Chicago : The University of Chicago Press, 111 p.
- MARIUS Cl., 1985. - *Mangroves du Sénégal et de la Gambie : écologie, pédologie, géochimie : mise en valeur et aménagement*. Paris, ORSTOM, 357p.
- MARTIN Cl., 1987. - *Garrigues en pays languedocien*. Nîmes : Lacour, 119 p.
- MATAGNE P., 1999. - *Aux origines de l'écologie. Les naturalistes en France de 1800 à 1914*. Paris : CTHS éditions (Histoire des Sciences et Techniques), 302 p.
- MATAGNE P., 2002. - *Comprendre l'écologie et son histoire*. Paris / Lausanne : Delachaux et Niestlé, 208 p.
- MAYR E., 1942. - *Systematics and the origin of the species*. New York : Columbia University Press (Columbia Biological Series : 13), 335 p.
- MERCIER P., 1991. - *Etude des relations espèces-environnement et analyse de la co-structure d'un couple de tableaux*. Thèse de doctorat, Université Lyon 1 – Claude Bernard, 168 p.
- MESLI-BESTAOUI KH., BOUAZZA M., GODRON M., 2007. - Etude des groupements végétaux des Monts de Tlemcen (Oranie, Algérie) et de leurs faciès de dégradation par deux approches : les profils écologiques et les liaisons interspécifiques. *Sciences & Technologie (Série C)*, 25 (juin 2007) : 71-78.
- MITRAKOS K., 1980. - A theory for Mediterranean plant life. *Acta Œcologica (Œcologia plantarum)*, 1(15), 3 : 245-252.
- MONOD Th., 1973. - *Les déserts*. Paris : Horizons de France, 247 p.
- MOREAU F., 1960. - *Botanique*. Paris : Gallimard (Encyclopédie de la Pléiade), 1 530 p. NEBOIT R., 1982 (2^e édition). - *L'homme et l'érosion*. Clermont-Ferrand : Université Blaise Pascal (Faculté des Lettres et Sciences Humaines), fascicule 34 : 269 p.
- NICHOLSON Sh. E., KIM J., HOOPINGARNER J., 1988. - *Atlas of African Rainfall and its Interannual Variability*. Tallahassee : Florida State University (Dept of Meteorology).

- NICHOLSON Sh. E., 2001. - Climate and Environmental Change in Africa during the last two centuries. *Climate Research*, 17 : 123-144.
- NICHOLSON Sh. E., 2005. - On the question of the recovery of the rains in the West African Sahel. *Journal of Arid Environments*, 63 : 615-641.
- NORA P., 1984. - Entre Mémoire et Histoire. La problématique des lieux, in NORA P. éd.: *Les lieux de mémoire*. Tome I : *La République*. Paris : Gallimard (Coll. Bibliothèque illustrée des histoires), 674 p.
- OHMANN J. L., SPIES T. A., 1998. - Regional gradient analysis and spatial pattern of woody plant communities of Oregon forests. *Ecological Monographs*, 68(2) : 151-182.
- OZENDA P. et al., 1971. - *Carte de la Végétation de la France au 1 : 200.000^e : feuille de Digne et notice sommaire*. Toulouse : CNRS.
- OZENDA P., 1985. - *La végétation de la chaîne alpine dans l'espace montagnard européen*, Paris : Masson, 385 p.
- OZENDA P., 1995. - *Végétation du continent européen*. Lausanne : Delachaux et Niestlé, 271 p.
- OZENDA P., 2002. - *Perspectives pour une géobiologie des montagnes*. Lausanne : Presses polytechniques et universitaires romandes, 208 p.
- OZENDA P., 2004 (3^e édition). - *Flore et végétation du Sahara*. Paris : CNRS Editions, 665 p.
- PAVILLARD J., 1935. - *Éléments de Sociologie végétale (Phytosociologie)*. Paris : Hermann, 102 p.
- PEDELABORDE P., 1991 (3^e édition). - *Introduction à l'étude scientifique du climat*. Paris : CDU et SEDES, 352 p.
- PEGUY Ch.-P., 1989. - *Jeux et enjeux du climat*. Paris : Masson (coll. Pratiques de la géographie), 254 p.
- PELISSIER Paul, 1966. - *Les paysans du Sénégal : les civilisations agraires du Cayor à la Casamance*. St-Yrieix : Fabrègue, 939 p.
- PEREC G., 1985. - *Penser / Classer*. Recueil de textes publiés entre 1976 et 1982. Paris : Hachette (coll. Textes du XX^e siècle), 185 p.
- PETIT M., 1990. - *Géographie physique tropicale. Approche aux études de milieu, morphogénèse, paysage*. Paris : Karthala, 351 p.
- PINCHEMEL Ph. et G., 1979. - Réflexions sur l'histoire de la géographie : histoires de la géographie, histoire des géographies. *Bulletin de la section de Géographie*, Tome LXXXIV : *Histoire et épistémologie de la géographie*, 221-231.
- PINCHEMEL Ph. et G., 1997 (nouvelle édition). - *La Face de la Terre*. Paris : Armand Colin (coll. U), 584 p.
- PINCHEMEL Ph. et G., 2005. - *Géographes : une intelligence de la Terre*. Paris : Arguments, 296 p.
- PITTE J.-R., 1983. - *Histoire du paysage français*. Paris : Tallandier, 2 tomes : 238 et 232 p.
- QUEZEL P., MEDAIL Fr., 2003. - *Ecologie et biogéographie des forêts du Bassin méditerranéen*. Paris : Elsevier (coll. Environnement), 572 p.
- RAFFIN J.-P. - Article « Climat », *Encyclopaedia Universalis* (version électronique 2008).
- RAMADE Fr., 1989. - *Les catastrophes écologiques*. Paris : Mac Graw Hill, 317 p.
- RAMADE Fr., 2002 (2^e édition). - *Dictionnaire encyclopédique de l'Écologie et des Sciences de l'Environnement*. Paris : Dunod, 1075 p.
- RAMEAU J.-Cl., 1988. - Actualisation des concepts de climax et d'essaims climaciques. Comparaison des essaims climaciques de quelques régions du nord-est de la France. *113^e Congrès national des sociétés savantes*, La Forêt, Strasbourg, 135-151.
- RAMEAU J.-Cl., 1993a. - Les grands modèles de dynamique linéaire forestière observables en France, in DUBOIS J.-J. éd.: *Colloques phytosociologiques : Phytodynamique et Biogéographie historique des forêts* (Bailleul, 1991). Berlin-Stuttgart : Gebrüder Borntraeger, 241-272.
- RAMEAU J.-Cl., 1993b. - Phytodynamique forestière : l'approche du phytoécologue forestier, in DUBOIS J.-J. éd.: *Colloques phytosociologiques : Phytodynamique et Biogéographie historique des forêts* (Bailleul, 1991). Berlin-Stuttgart : Gebrüder Borntraeger, 29-71.
- RAMEAU J.-C., MANSION D., DUME G., 1989. - *Flore forestière française. Guide écologique illustré*. Tome 1 : *Plaines et collines*. Paris : Institut pour le Développement forestier, 1 785 p.
- RAMEAU J.-C., MANSION D., DUME G., 1989, 1993. - *Flore forestière française. Guide écologique illustré*. Tome 2 : *Montagnes*. Paris : Institut pour le Développement forestier, 2 421 p.
- RAMEAU J.-C., MANSION D., DUME G., GAUBERVILLE C., 2008. - *Flore forestière française. Guide écologique illustré*. Tome 3 : *Région méditerranéenne*. Paris : Institut pour le Développement forestier, 2 426 p.
- RATZEL Fr., 1899. - *Anthropogeographie (I- Grundzüge der Anwendung der Erdkunde auf die Geschichte)*. Stuttgart : J. Engelhorn.
- RAUNKJÆR C., 1905 - Types biologiques pour la géographie botanique. *Videnskabernes Selskabs Oversigter*, 1905 : 347-438.

- RAUNKJÆR C., 1934. - *The life forms of plants and statistical plant geography*. Oxford : Clarendon Press.
- RAYNAL-ROQUES A., 1994. - *La botanique redécouverte*. Paris : Belin / INRA éditions, 511 p.
- REY Fr., 2002. - *Influence de la distribution spatiale de la végétation sur la production sédimentaire de ravines marneuses dans les Alpes du Sud*. Thèse de doctorat : Université Joseph Fourier Grenoble 1 - Cemagref, 183 p.
- REY P., 1960. - *Essai de phytocinétique biogéographique*. Paris, CNRS éditions, 399 p.
- RIOU G., 1995. - *Savanes. L'herbe, l'arbre et l'homme en terres tropicales*. Paris : Masson / Armand-Colin (coll. U), 270 p.
- ROBIC M.-Cl., 1992. - Géographie et écologie végétale : le tournant de la Belle Epoque, in ROBIC M.-C. éd. : *Du milieu à l'environnement. Pratiques et représentations du rapport homme/nature depuis la Renaissance*. Paris : Economica, 125-165.
- ROBIC M.-Cl., MENDIBIL D., GOSME C., ORAIN O., TISSIER J.-L., 2006. - *Couvrir le Monde. Un grand XX^e siècle de géographie française*. Paris : Association pour la Diffusion de la Pensée française, 239 p.
- RODARY E., CASTELLANET Chr. ROSSI G., éd., 2003. - *Conservation de la nature et développement*. Paris : Karthala (coll. Economie et développement), 308 p.
- ROGER A., 1994. - Paysage et environnement : pour une théorie de la dissociation, in LEYRIT Chr., LASSUS B. éd. : *Autoroute et paysages*, Direction des routes du Ministère de l'Équipement, des Transports et du Tourisme. Reproduit dans LE DANTEC J.-P. (2003 ; 2^e édition) : *Jardins et paysages : une anthologie*. Paris : Editions de la Villette, 602-613.
- ROGER A., 1997. - *Court traité du paysage*. Paris, Gallimard (coll. Bibliothèque des Sciences Humaines), 199 p.
- ROMANE Fr., 1972. - *Applications à la phytoécologie de quelques méthodes d'analyse multivariable. Discussion sur des exemples pris dans les Basses Cévennes et les garrigues occidentales*. Thèse de Docteur-Ingénieur, Montpellier : Université des sciences et techniques du Languedoc, 124 p.
- RONCHAIL J., 1980. - *Essai de climatologie dynamique dans le Briançonnais. Extension aux Alpes françaises*. Université Paris 7 – Denis Diderot : Thèse de 3^e cycle, 131 p.
- ROSSI G., 2001. - *L'ingérence écologique*. Paris : CNRS éditions (coll. Espaces et Milieux), 250 p.
- ROUGERIE G., BEROUCHTCHACHVILI N., 1991. - *Géosystèmes et Paysages. Bilan et méthodes*. Paris : Armand Colin, 302 p.
- ROUX G., ROUX M., 1967. - A propos de quelques méthodes de classification en phytosociologie. *Revue de Statistiques appliquées*, 15, 59-72.
- ROVERA G., ROBERT Y., COUBAT M., NEDJAI R., 1999. - Erosion et stades biorhexistatiques dans les ravines du Saïgon (Alpes de Haute Provence) ; essai de modélisation statistique des vitesses d'érosion sur marnes. *Etudes de Géographie physique* 28: 109-115.
- SACCHI C.F., LAMOTTE M., BLANDIN P. – Article « Ecologie », *Encyclopaedia Universalis*, (version électronique, 2008).
- SALEM A. (1987) : *Pratique des segments répétés*. Paris : Klincksieck, 333 p.
- SANDA V., ARCUS M., 1995. - *Sintaxonomia grupôrilor vegetale din Dobrogea și delta dunării*, Pitesti : Cultura, 152 p.
- SANDA V., 2002. - *Vademecum ceno-structural privind covorul vegetal din România*, Bucarest : Virgiliu, 331 p.
- SANDERS L., 1989. - *L'analyse des données appliquées à la géographie*. Paris / Montpellier : La Documentation française / Reclus (coll. Alidade), 268 p.
- SCHAMA S., 1999 (pour l'édition française). - *Le paysage et la mémoire*. Paris : Le Seuil (coll. L'Univers historique), 720 p.
- SCHIMPER A. F. W., 1898 - *Pflanzengeographie auf physiologischer Grundlage*. Leiden : IDC, 876 p.
- SCHNELL R., 1961. - Le problème des homologues phytogéographiques entre l'Afrique et l'Amérique tropicale, *Mémoires du muséum d'histoire naturelle*, B(II) : 137-241.
- SCHRÖTER C., 1904. - *Das Pflanzenleben der Alpen*. Zürich : Raustein, 806 p. (+ tableaux h.-t.).
- SORRE Max., 1934a. - Introduction, in *Traité de climatologie biologique et médicale*. Paris : M. Piéry.
- SORRE Max., 1943b. - *Les fondements biologiques de la géographie humaine*. Armand Colin, 440 p.
- SUC J.-P., 1985. - Le climat méditerranéen, une particularité de toujours ? *La Recherche*, 162, 87-89.
- SUKACHEV VI., 1942. - On the principles of genetic classification in biocoenology. *Zur. Obschei. Biol.* : 213-227

- SULTAN B., 2002. - *Etude de la mise en place de la mousson en Afrique de l'Ouest et de la variabilité intra-saisonnière de la convection. Applications à la sensibilité des rendements agricoles*. Thèse de doctorat, Université Paris 7 – Denis Diderot (UFR Géographie, Histoire et Sciences de la Société), 238 p.
- TANSLEY A.G., 1935. - The use and abuse of vegetational concepts and terms. *Ecology*, 16(3) : 284-307.
- TER BRAAK C.J.F., 1987. - The analysis of vegetation-environment relationship by canonical correspondence analysis. *Vegetatio*. 69 : 69-77.
- THIEBAUT B., 1968. - *Bioclimatologie et cartographie de la végétation : La Salvetat sur Agout (Hérault). Méthodes et critiques de la photo-interprétation*. Université de Montpellier, Faculté des Sciences, 312 p. + annexes.
- THIEBAUT B., 1971. - La transition climatique dans le massif de l'Agoût. *Vie et milieu*, 22 (1c), 167-206.
- THIEBAUT B., 1979. - Etude des précipitations. Diversité dans l'espace géographique et modifications d'une année à l'autre : le cas des Pyrénées-Orientales (1878-1897). *Bulletin de la Société Languedocienne de Géographie*, tome 13, fasc. 3-4, Montpellier, 206-224.
- THIEBAUT B., 1982. - *Etude écologique de la hêtraie dans l'arc montagneux nord-méditerranéen de la Vallée du Rhône à l'Ebre*. Thèse de doctorat d'Etat, Montpellier : Université des Sciences et Techniques du Languedoc, 267 p.
- THOM R., 1981 (2^e éd.). - *Modèles mathématiques de la morphogénèse*. Paris : Christian Bourgois (coll. 10/18), 314 p.
- TOMLINSON Ph. B., 1986. - *Botany of mangroves*. Cambridge : Cambridge University Press, 440 p.
- TOURNEFORT J. (Pitton de), 1717 (rééd. 1975). - *Relation d'un voyage au Levant fait par ordre du roy*. Paris : Hachette (Edition originale Paris : Imprimerie nationale), 2 tomes : 544 et 526 p.
- TREWARTH G.I. T., 1968 (4^e édition). - *An introduction to climate*. New York : Mac Graw Hill, 408 p.
- TRICART J., 1972. - *La Terre, Planète vivante*. Paris : PUF (coll. Le Géographe), 184 p.
- TROCHAIN J., 1940. - *Contribution à l'étude de la végétation du Sénégal*. Dakar : IFAN / Paris : Larose (coll. Mémoires de l'Institut français d'Afrique noire : 2), 433 p.
- TROIN J.-Fr., éd., 2002. - *Maroc : régions, pays, territoires*. Paris : Maisonneuve et Larose / Tarik / URBAMA, 502 p.
- TROLL C., 1939. - Luftbildplan und ökologische Bodenforschung », *Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde* (Berlin), 1 : 241-298.
- TROLL C., 1964. - Karte des Jahreszeiten-Klimate der Erde. *Erdkunde*, XVIII-1 : 5-28 (+ carte hors-texte par C. TROLL et K. PAFFEN).
- UNESCO-FAO, 1970. - *Etude écologique de la zone méditerranéenne. Carte de la végétation méditerranéenne*. Paris : UNESCO-FAO, 90 p.
- VALADAS B., 1984. - *Les hautes terres du Massif central français. Contribution à l'étude des morphodynamiques récentes sur versants cristallins et volcaniques*. Thèse de doctorat d'Etat (Université Paris I – Panthéon-Sorbonne), Caen : Editec, 927 p. (2 tomes).
- VALLAURI D., 1992. - *Dynamique de la restauration forestière des substrats marneux avec Pinus nigra J.F. Arnold ssp. nigra dans le secteur haut-provençal*. Thèse de sciences : Université Marseille III - CEMAGREF, 300 p. + annexes.
- VARGA LINDE D., VILA SUBIRÓS J., 2005. - Ecología del paisaje y sistemas de información geográfica ante el cambio socioambiental en las áreas de montaña mediterránea. Une aproximación metodológica al caso de los valles d'Hortmoier i Sant Aniol (Alta Garrotxa, Girona). *AREAS*, 25-2005 (La transformación del territorio antes y después de 1950) : 59-72.
- VAUDOUR J., 1993. - Les édifices travertineux et l'histoire de l'environnement dans le Midi de la France (Provence, Languedoc, Roussillon). Essai de synthèse, in BECK C. et DELORT R. éd. : *Pour une histoire de l'environnement*, Paris : CNRS Editions, 209-218.
- VERNET J.-L., 1991. - « L'histoire du milieu méditerranéen révélée par les charbons de bois, in J. GUILAINE dir. : *Pour une archéologie agraire*, Paris : Armand Colin, 369-406.
- VERNET J.-L., 1993. - Milieux et anthropisation à l'holocène en Méditerranée occidentale à partir de sites karstiques, in BECK C. ET DELORT R., éd. : *Pour une histoire de l'environnement*, Paris : CNRS Editions, 219-223.
- VERNET J.-L., 1997. - *L'homme et la forêt méditerranéenne de la Préhistoire à nos jours*. Paris : Errance, 248 p.
- VEYRET Y., éd., 2007. - *Dictionnaire de l'Environnement*. Paris : Armand Colin, 404 p.
- VIDAL DE LA BLACHE P., 1899. - Leçon d'ouverture du cours de géographie (Faculté des Lettres de Paris : 7 février 1899). *Annales de Géographie*, n°38 (8^e année) : 97-109.
- VIDAL DE LA BLACHE P., 1903. - *Tableau de la Géographie de la France*. Volume liminaire à LAVISSE E. : *Histoire de France*. Réédition Paris : La Table ronde (coll. La Petite Vermillon), 559 p.
- VIEILLEFON J., 1977 - *Les sols des mangroves et des tannes de Basse Casamance (Sénégal)*. Paris : ORSTOM éditions, 291 p.

- VIGNEAU J.-P., 1986. - *Climat et Climats des Pyrénées-Orientales*. Thèse de doctorat d'Etat. Toulouse : Jean-Pierre Vigneau éd., 618 p.
- VILA SUBIRÓS J., 2000. – Anàlisi i valoració dels boscos de les Valls d'Hortmoier i Sant Aniol (Alta Garrotxa). Thèse de doctorat, Université de Barcelone (Département de géographie physique et d'analyse géographique régionale), 510 p.
- VILA SUBIRÓS J., 2001. - El paisatge de l'Alta Garrotxa. *Revista de Girona*, 206 : 79-82.
- WALTER H., LIETH H., 1960. - *Klimadiagramm-Weltatlas*. Léna : Gustav Fischer Verlag, Introduction : 6 p. ; 12 cartes ; 65 planches de diagrammes.
- WEBER H.E., MORAVEC J., THEYRILLAT J.-P., 2000. - International Code of Phytosociological Nomenclature. 3rd edition . *Journal of Vegetation Science*, 11 : 739-768.
- WEST N. E., 1966 - Matrix Cluster Analysis of Montane Forest Vegetation of the Oregon Cascades. *Ecology*, 47 (6 - novembre 1966) : 975-980.
- WHITE Fr., 1986 - *La végétation de l'Afrique* (Mémoire accompagnant la carte de végétation de l'Afrique UNESCO/AETFAT/UNSO h.-t.). Paris : ORSTOM – UNESCO (coll. Recherches sur les ressources naturelles XX), 384 p.
- WHITTAKER R. H., 1967 - Gradient analysis of vegetation. *Biological Review*, 42, 207-264.
- WHITTAKER R. H., éd., 1973 - Ordination and classification of communities, in Rh. TÜXEN éd. : *Handbook of Vegetation Science*. Part V, La Haye : Junk , 737 p.
- Wieber J.-Cl. , 1992. – Paysages méditerranéens : la leçon des peintres. *Mappemonde*, 3-1992 : 23-27.

Ressources internet :

- Bibliothèque nationale de France : *Gallica* et *Gallica 2*, bibliothèque numérique. <http://gallica.bnf.fr/>
- CEDEAO – CSAO/OCDE : *Atlas de l'intégration régionale en Afrique de l'Ouest*. <http://www.atlas-ouestafrique.org/>
- Hypergéô, encyclopédie électronique consacrée à l'épistémologie de la géographie : <http://www.hypergeo.eu/>
- Inventaire national du Patrimoine naturel, Cahiers d'habitat : <http://inpn.mnhn.fr/inpn/fr/download/cahhab.htm>
- Programme régional sur la zone côtière et marine d'Afrique de l'Ouest : <http://www.prcmarine.org/>
- WWF : *Biomes et écorégions*. <http://www.worldwildlife.org/ecoregions/biomes.cfm>
- Yann ARTHUS-BERTRAND : La Terre vue du ciel. <http://www.yannarthusbertrand2.org/>

Figures :

Figure 1 : Les paysages végétaux du monde (Source : ELHAÏ, 1968).

Figure 2 : Le modèle des écorégions sur un hypothétique continent d'altitude basse et uniforme (Source : BAILEY, 1996).

Figure 3 : Carte de la Végétation de la France (CNRS). Représentation de l'écologie de la végétation par un système de couleurs et position des principales essences climatiques (Source : GAUSSEN et REY, 1955).

Figure 4 : Reconstitution de deux séries de végétation, l'une en région calcaire (série du Chêne pubescent en Quercy), l'autre en région siliceuse (série du Chêne pédonculé en Bretagne) (Source : GAUSSEN et REY, 1955).

Figure 5 : Planisphère des climats, d'après la classification de KÖPPEN (Source : Hufty, 2001)

Figure 6 : Position des formations végétales du globe sur le triangle climatique de DANSEREAU (1957)

Figure 7 : Extrait de la carte phytogéographique du Maroc au 1 : 1 500 000^e (Source : EMBERGER, 1939)

Figure 8 : Entre Aït Bni Mathar et Bouarfâ, dans la traversée des Hauts Plateaux de l'Oriental marocain, la steppe d'Alfa (Alfa tenacissima) se mêle de plantes en coussinet du désert (Frediola aretioides) (photo : Gilles BENEST, 2008)

Figure 9 : La forêt de Babadagh et la steppe de la Dobroudja. (Image satellite fournie par Google Earth)

Figure 10 : Savane à rôniers (Borassus aethiopicum) en zone périforestière de Côte-d'Ivoire (Source RIOU, 1990).

Figure 11 : Savane herbeuse steppique en pays Peul, au nord du Burkina-Fasso (Source RIOU, 1990)

Figure 12 : Savane à Orango (archipel des Bijagos, Guinée Bissau) (Photo : Julien ANDRIEU, 2005).

Figure 13 : Distribution du Hêtre (Fagus sylvatica) sur le territoire français en 2000 (à gauche) et distribution attendue en 2100 (dans l'hypothèse d'une hausse des températures au rythme actuel (Source : LOUSTEAU coord., 2004)

Figure 14 : Distribution du Chêne vert (Quercus ilex) sur le territoire français en 2000 (à gauche) et distribution attendue en 2100 (dans l'hypothèse d'une hausse des températures au rythme actuel (Source : LOUSTEAU coord., 2004)

Figure 15 : Versants du massif de l'Alta Garrotxa (Catalogne, Espagne) entièrement couverts par la Chênaie à Chêne vert (photo : Marianne COHEN, 2006).

Figure 16 : La niche écologique : hypervolume occupé par une espèce dans l'hyperespace écologique. Chacune des n dimensions correspond à un paramètre du milieu. (BLONDEL, 1995, d'après PIANKA, 1974).

Figure 17 : Projection de la niche de cinq espèces sur deux dimensions de l'hypervolume (Source : BLONDEL, 1995).

Figure 18 : Distribution du Hêtre sur le continent européen (Source Atlas Flora Europaea).

Figure 19 : Distribution du Hêtre et du Mélèze dans les Alpes franco-italiennes (Source OZENDA, 1985).

Figure 20 : Phytochories et types de végétation en Afrique de l'Ouest. Extrait de la Carte UNESCO de la végétation de l'Afrique (WHITE, 1986).

Figure 22 : La garrigue à Sarcopoterium spinosa dans les monts de Palestine, près d'Hébron (Cisjordanie). Une image de l'altération de la végétation méditerranéenne par l'action anthropique. (Photographie : Frédéric ALEXANDRE, 2005).

Figure 23 : Coupe à travers les Andes d'après Alexandre de Humboldt (1807) (Source : LECOMPTE et ALEXANDRE, 1996).

Figure 24 : Les versants de montagne, un domaine qui se prête mal au découpage en mosaïque. Le versant ubac de la haute vallée du Cristillan (Queyras, Alpes françaises). (Photographie : Frédéric ALEXANDRE, 2004)

Figure 25 : Climagramme de la Région méditerranéenne (d'après figure et tableau, EMBERGER, 1930 ; redessiné in LECOMPTE et ALEXANDRE, 1996).

Figure 26 : Deux représentations schématiques d'une lande sèche (à gauche) et d'une lande humide (à droite) dans l'esprit de la méthode des dominantes (A) – école d'Uppsala - et dans celui de la méthode sigmatiste (B) – école zuricho-montpelliéraine (source : Braque, 1988).

Figure 27 : Détermination de l'aire minimale par l'établissement de la courbe aire-espèces. Passage d'un individu d'association signalé par une nette discontinuité dans cette courbe (Source : LACOSTE et SALANON, 1999).

Figure 28 : Mont Semnoz (900 m) - Individu d'association du Galio odorati-Fagetum (Photographie : Frédéric ALEXANDRE, 2004).

Figure 29 : Extrait de la carte phytosociologique de Pontarlier (Source : GUINOCHE, 1955). Echelle initiale de la carte : 1/20 000^e

Figure 30 : Variation de la forme des courbes de réponse d'une espèce le long d'un gradient écologique (Source : KENT et al., 1997, redessiné d'après AUSTIN, 1990)

Figure 31 : Cinq hypothèses autour de la distribution des espèces le long d'un gradient écologique (Source : BROWN et LOMOLINO, 1998, d'après WHITTAKER, 1973).

Figure 32 : Densité de diverses espèces d'arbres par hectare le long de deux gradients d'humidité (Source : BROWN et LOMOLINO, 1998, d'après WHITTAKER, 1967).

Figure 32 : Forêt de Letea (Est du delta du Danube) – Gradient écologique du plus sec au plus humide et structure spatiale paysagère en mosaïque – La grande hétérogénéité floristique de chacun des éléments du paysage donne au final une mosaïque constituée de tesselles de petite taille (image extraite de Google Earth ; croquis levés sur le terrain).

Figure 33 : Quatre types d'espèces en fonction de leur abondance moyenne et du nombre de sites occupés (Source : KENT et al., 1997, d'après HANSKI, 1982a, 1982b, 1991, COLLINS et al., 1993).

Figure 34 : Le modèle du continuum hiérarchique (hierarchical continuum model) de COLLINS et al. (1993). (Source : KENT et al. 1997)

Figure 35 : Profil écologique de cinq essences forestières en fonction de l'altitude (fréquence relative de l'espèce dans chaque classe d'altitude de 100 m. Les relevés constituent 331 segments enchaînés le long d'un transect d'échelle régionale du Vercors à la haute vallée du Pô – Alpes franco-italiennes médianes)

Figure 36 : profil géographique de cinq essences forestières le long d'un transect d'échelle régionale du Vercors à la haute vallée du Pô (fréquence absolue de l'espèce par ensemble de 10 relevés)

Figure 37 : Disposition en écailles de deux groupes d'espèces fortement liées entre elles (information mutuelle interspécifique élevée) le long d'un transect du Languedoc à l'Aquitaine (179 relevés ordonnés d'est en ouest) (ALEXANDRE, 1996)

Figure 38 : Schéma théorique d'espèces se succédant en écailles doubles le long d'un gradient géographique régulier (Source : LECOMPTE, 1986).

Figure 39 : Changement progressif de la composition de la végétation sur un versant du Rif (nord du Maroc) où alternent bancs calcaires et colluvions (LECOMPTE, 1986)

Figure 40 : Construire une strate d'échantillonnage dans un phénomène graduel : le changement de nature du régime des pluies à travers le Haut-Languedoc (part de chaque type de situation atmosphérique au sol dans les totaux annuels de précipitations) (ALEXANDRE, 1996)

Figure 41 : Strates de variation climatique. (source : ALEXANDRE et al., 1998a)

Figure 42 : Strate de variation climatique et choix aléatoire d'un transect pour son exploration botanique (Haut-Languedoc). Le transect (ligne pleine en noir) est orienté par la plus forte variation climatique (cf. fig. 40 ci-dessus) (Source : ALEXANDRE et al., 1998b)

Figure 43 : Répartition spatiale actuelle des trois sous-espèces de Chêne vert (*Quercus ilex* L.) dans le bassin méditerranéen occidental et trajet probable suivi (d'après QUEZEL et MEDAIL, 2003).

Figure 44 : Analyse du transect botanique du Haut-Languedoc. Variations des coordonnées du premier facteur principal pour les relevés ordonnés d'est en ouest (ALEXANDRE, 1996)

Figure 45 : Transect Haut-Languedoc - Contrôle de l'apparition de nouvelles espèces d'est en ouest (a) et d'ouest en est (b) à l'aide de la courbe d'accroissement du vocabulaire. Source : ALEXANDRE, MERING, SALEM, 2008).

Figure 46 : Transect dans le domaine soudanien littoral – Localisation (trait rouge) ; Fond de carte : changements dans l'occupation du sol (1970 - 2000) – (ANDRIEU, 2008).

Figure 47 : Le principe de la mousson ouest africaine (Source : Atlas de l'intégration régionale en Afrique de l'Ouest, CEDEAO - CSAO/OCDE, 2006)

Figure 48 : Nord du transect. Région du Bas-Saloum – Savane-parc à Baobab et culture d'arachide. Palmarin, Sénégal. (Photographie : Denis TURPIN, 1986)

Figure 49 : Sud du transect. Région frontalière entre le Sénégal et la Guinée-Bissau. Riziculture pluviale sur brulis de l'année dans un paysage de savane forestière à Palmiers (*Elaeis guineensis* surtout). Nhambala, Guinée-Bissau (Photographie : Frédéric ALEXANDRE, 2007).

Figure 50 : Les deux principaux visages de la mangrove – Parc national des tarrafes (mangroves) du Rio Cacheu (Guinée-Bissau).

Figure 51 : Localisation des relevés du transect de la flore ligneuse de terre ferme (Source : ANDRIEU, 2008).

- a- De la forêt de Sangako à l'estuaire de la Gambie (Bas-Salolum continental, Niimi) ;
- b- Entre fleuve Gambie et fleuve Casamance (Fogny, Boulouf) ;
- c- Entre fleuve Casamance et frontière Sénégal/Guinée-Bissau (Kassa).

Figure 52 : Transect soudanien littoral - Valeur des limites optimales relativement à l'ensemble des espèces.

Figure 53 : AFC transect soudanien littoral – Coordonnées des relevés relativement au premier facteur principal (ANDRIEU, 2008)

Figure 54 : Variabilité de la pluviosité en Afrique de l'Ouest au cours du XX^e siècle (Source : Atlas de l'intégration régionale en Afrique de l'Ouest, CEDEAO - CSAO/OCDE, 2006).

Figure 55 : Variation du potentiel de production de la biomasse entre la période 1951-1975 et la période 1976-2000 en Afrique de l'Ouest (Source : Atlas de l'intégration régionale en Afrique de l'Ouest, CEDEAO - CSAO/OCDE, 2006).

Figure 56 : Forêt classée de *Fathala* (Bas-Saloum continental, Sénégal) – Prolifération d'*Azadirachta indica* A. Juss.) (reconnaisable à ses feuilles composées imparipennées) en sous-bois après incendie (Photo : Julien ANDRIEU, 2005).

Figure 57 : Midi méditerranéen français – Localisation des trois transects étudiés : 1- Haut-Languedoc ; 2- Cévennes – Mont Lozère ; 3- Baronnies – Haute Provence

Figure 58 : Régimes pluvio-thermiques de quatre stations du Midi français.

Figure 59 : Bioclimat tempéré et bioclimat méditerranéen.

Figure 60 : Convergence dans les morphologies foliaires d'espèces végétales des formations buissonnantes des climats méditerranéens dans quatre régions nettement séparées (CODY et MOONEY, in BROWN et LOMOLINO, 1997).

Figure 61 : *Cistus albidus* (à gauche) et *Cistus monspeliensis* (à droite) : deux des cistes les plus fréquents. La cistaie marque un stade d'appauvrissement, souvent après incendie. (Photographies : Frédéric ALEXANDRE, 2008)

Figure 62 : Transect Haut-Languedoc - Valeur des limites optimales relativement à l'ensemble des espèces (valeurs non corrigées) (Source : ALEXANDRE, 1996).

Figure 63 : Haut-Languedoc – a)- Profil topographique du transect ; b)- Variations du premier facteur principal de l'AFC de la flore vivace ; c)- Information correspondant au renouvellement des espèces (en bits = sha) (Source : ALEXANDRE, GENIN, LECOMPTE, 1998).

Figure 64 : Haut-Languedoc - a)- Situation du transect et des stations prises en exemple ; b)- Totaux de précipitations (en mm) et diagrammes ombrothermiques. Echelle pour les précipitations : en traits blancs de 25 mm en 25 mm ; pour les températures : de 10°C en 10°C ; c)- Part des circulations générales d'origine atlantique et méditerranéenne dans les précipitations (sur six années). Stations ordonnées d'ouest en est. (Source : ALEXANDRE, GENIN, LECOMPTE, 1998).

Figure 65 : Cévennes-Lozère – a)- Profil topographique du transect ; b)- Variations du premier facteur principal de l'AFC de la flore vivace ; c)- Information correspondant au renouvellement des espèces (en bits = sha) (Source : ALEXANDRE, GENIN, LECOMPTE, 1998).

Figure 66 : Baronnies – Haute-Provence – Variations des coordonnées des relevés linéaires segmentaires de 500 m relativement au 1^{er} et au 2^e facteur principal de l'AFC. (Source : ALEXANDRE, 2003).

Figure 67 : Baronnies – Haute-Provence – Premier plan factoriel AFC flore vivace : projection des espèces.

Figure 68 : Uniformité de la flore des secteurs ravinés : touffes de *Bauche* (*Achnatherum calamagrostis* (L.) P. Beauv.) colonisant le versant d'une roubine (Séderon, Baronnies méridionales). Photographie : Marianne COHEN

Figure 69 : Synthèse – Organisation spatiale de la végétation des échelles moyennes aux échelles fines

Figure 70 : Une partie du site de Rio de Janeiro, vue depuis le Corcovado (photographie : Frédéric ALEXANDRE, 2006)

Figure 71 : Réserve de biosphère de la forêt de Białowieża (Pologne).

Figure 72 : a)- Les catégories d'éléments du paysage (Source : BUREL et BAUDRY, 1999) ; b)- Variété des agencements possibles d'une matrice (M= matrix) et de taches (P = Patches) au sein d'un paysage (Source : FORMAN et GODRON, 1985).

Figure 73 : Montagnes méditerranéennes d'Europe Occidentale. Localisation des sites d'étude.

Figure 74 : Ambrogio Lorenzetti. Allégorie du bon (en haut) et du mauvais (en bas) gouvernement. Effets sur la campagne. Fresques du Palazzo publico de Sienne (Toscane)

Figure 75 : Distribution de la forêt dans le sud de la péninsule ibérique. (source : GROVE et RACKHAM, 2001)

Figure 76: Le Brusquet (Alpes de Haute-Provence). Champ de ravines au-dessus du village. Etat du paysage en 1877 (en haut) et en 2005 (en bas). Source : Freddy REY.

Figure 77 : Plantation de Pin noir âgée, sur versant sapé à sa base. Secteur de Draix (Alpes de Haute-Provence). (Photographie : Freddy REY, 2005)

Figure 78 : Vallée de l'Arzino (Frioul, Italie). Localisation. Source : GARLATTI (2007).

Figure 79 : Le chenal d'écoulement surdimensionné du fleuve Tagliamento à proximité de sa confluence avec l'Arzino. Photographie : Florence GARLATTI, 2004.

Figure 80 : Evolution de l'occupation du sol entre 1954 et 1999 dans la vallée de l'Arzino (Source : GARLATTI, 2007).

Figure 81 : Essai de typologie paysagère des vallées des Baronnies (Emilien BARUSSAUD, 2006).

Figure 82 : Dynamique de la végétation dans les Baronnies : schéma de synthèse (Source : BARUSSAUD, 2006)

Figure 83 : Dynamique du paysage sur la butte de Chassenaye (Baronnies – Haute Provence).

a)- Evolution du versant ouest 1948-1996 (Source : E. BARUSSAUD, 2007).

b)- Evolution du versant nord 1948-1996 (Source : E. BARUSSAUD, 2007).

c)- Vue sur le versant ouest de la butte (Photo : F. Alexandre, 2007)

Figure 84 : Paysage en mosaïque de la Sierra de Grazalema (Andalousie) – Camino del Pinsapar (Photographie : Alain GENIN, 2006)

Figure 85 : Bilan prospectif PRCM – Localisation des sites ateliers.

Figure 86 : Site-atelier du Rio Cacheu (Guinée Bissau). Carte d'évolution de l'occupation du sol 1986-2000 (réalisation Julien ANDRIEU).

Figure 87 : Bamal (site atelier du Rio Cacheu – Progression du tanne sur la mangrove à *Avicennia africana* (dépérissant) – Rizières abandonnées dans les années 1960. Photo Frédéric ALEXANDRE, 2007.

Figure 88 : Bamal (site atelier du Rio Cacheu – Verger d'anacardiens sous palmeraie. Photo Frédéric Alexandre, 2007.

Figure 89 : Archipel du Cap-Vert. Localisation (Source : Encyclopaedia Universalis).

Figure 90 : Ile de Santiago (Cap-Vert). Ribeira de São Domingos. Photo : Frédéric ALEXANDRE, 2007.

Figure 91 : Ile de Santiago (Cap-Vert). Pailha Carga. Photo : Frédéric ALEXANDRE, 2007.

Figure 92 : Boa Vista. Carte de localisation / Composition colorée (image Landsat - 2000).

Figure 93 : Ile de Boa Vista. Palmeraie à la sortie de Vila de Sal Rei dans un secteur de dunes libres. Photo : Frédéric ALEXANDRE, 2007.

Figure 94 : Ile de Boa Vista. Ribeira do Rabil. Photo : Frédéric ALEXANDRE, 2007.

Figure 95 : Ile de Boa Vista. Curral Velho. Photo : Frédéric ALEXANDRE, 2007.

Tableaux :

Tableau 1 : Organisation des milieux bio-physiques aux latitudes moyennes, d'après le modèle des agronomes russes (DOKUCHAEV et al., 1901), (Source : GODRON, 1984).

Tableau 2 : Chorologie et autécologie du Hêtre (*Fagus sylvatica* L.). Extrait de la Flore Forestière Française (Source : RAMEAU et al., 1989, 1993).

Tableau 3 : Contenu phytosociologique des étages (Source : GUINOCHET et DE VILMORIN, 1973-1984)

Tableau 4 : Distribution altitudinale de 50 espèces forestières ligneuses sur le territoire français. Source : Flore forestière française, RAMEAU, DUME, MANSION, 2000).

Tableau 5 : Tableau phytosociologique final théorique

Tableau 6 : Analyse factorielle des données floristiques recueillies sur un transect ouest-est dans le Moyen-Atlas central du causse d'Immouzère à la cuvette de Skoura – Valeurs propres comparées des trois premiers facteurs principaux pour les trois fractions de la flore (Source : LECOMPTE, 1986)

Tableau 7 : Techniques d'analyse des données utilisées pour l'étude des transects botaniques, lignes-échantillons des strates de variation climatique explorées

Tableau 8 : Transect Haut-Languedoc (Source : ALEXANDRE, 1996) – Profils indicés relativement à la position le long du transect (orienté dans le sens de la plus grande variation climatique).

Tableau 9 : Espèces connaissant une fin significative (information > 10 sha) sur le transect soudanien littoral (ANDRIEU, 2008).

Tableau 10 : Espèces connaissant un début significatif (information > 10 sha) sur le transect soudanien littoral (ANDRIEU, 2008).

Tableau 11 : Distribution le long du transect des 47 espèces les plus fortement liées au descripteur pluviosité (Source : ANDRIEU et ALEXANDRE, 2008)

Tableau 12 : Information mutuelle espèces / pluviosité - Profils indicés des 47 espèces les plus fortement liées au descripteur pluviosité (ANDRIEU, 2008)

Tableau 13 : Haut-Languedoc – Information mutuelle entre espèces : groupes d'espèces significativement co-occurentes.

Tableau 14 : Mise en place du paysage dans l'arrière-pays languedocien (Source : ALEXANDRE et GENIN, 2005, d'après GENIN, 1997)

Tableau 15 : Population des 6 concelhos de Santiago et évolution récente : recensement de 2000, enquêtes de 2002 et 2005 (Source : Institut cap-verdien de la statistique)

Table des matières

INTRODUCTION GÉNÉRALE.	7
-----------------------------	---

PREMIÈRE PARTIE : DÉCOUPAGES, LIMITES ET DISCONTINUITÉS DANS LA BIOSPHÈRE	21
--	-----------

<i>Introduction à la première partie.</i>	23
<i>La végétation, révélatrice de la géographie de la biosphère.</i>	23
<i>Enjeux de l'histoire de la géographie botanique.</i>	24
<i>Au prisme du continu et du discontinu.</i>	25

Chapitre 1 – A petite échelle, la distribution des paysages végétaux et le modèle zonal.	27
--	-----------

1.1- De l'observation d'un fait climatique à la représentation idéalisée de la biosphère. . .	29
1.1.1 - <i>Le klima des anciens grecs.</i>	29
1.1.2 – <i>Une carte des paysages végétaux du globe.</i>	30
1.1.3 – <i>Le découpage de référence dans les instances internationales.</i>	32
1.2 – Au XIX^e siècle, la construction du modèle autour des paysages végétaux.	32
1.2.1 – <i>HUMBOLDT (1807, 1808, 1848) : l'impossible tableau de la Nature.</i>	32
1.2.2 – <i>Les doutes d'Alphonse DE CANDOLLE (1855).</i>	34
1.2.3 – <i>La Végétation du globe d'August GRISEBACH (1872).</i>	34
1.3 - Une figure spatiale qui se fige.	36
1.3.1- <i>Le déterminisme du milieu sur la composition et la physionomie de la végétation.</i>	36
1.3.2 - <i>CLEMENTS : la théorie du climax et les grands biomes terrestres.</i>	38
(a)- <u>« La notion de climax est la pierre angulaire de la biogéographie »</u>	38
(b)- <u>Le modèle spatio-temporel du climax.</u>	39
(c)- <u>Les biomes.</u>	41
1.3.3 - <i>KÖPPEN et la définition d'entités climatiques par les paysages végétaux.</i>	42
1.3.4 - <i>La science du sol russe et la « loi de zonalité ».</i>	44
Conclusion du 1^{er} chapitre.	46

Chapitre 2 – Revisiter le modèle zonal : transitions et limites entre domaines bioclimatiques.	49
--	-----------

2.1- Les insuffisances du découpage zonal.	50
2.1.1 - <i>Le paysage, indicateur médiocre du lien climat-végétation.</i>	50
(a)- <u>La steppe d'Alfa de l'Oriental marocain.</u>	51

(b)-	<u>Steppes de la Dobroudja</u>	53
2.1.2 –	<i>La question des limites et de l’homogénéité des biomes</i>	56
(a)-	<u>Distinguer les limites de convenance des changements majeurs dans la composition de biosphère</u>	56
(b)-	<u>La part des héritages</u>	57
(c)-	<u>La question de l’homogénéité des biomes</u>	58
2.1.3 –	<i>Un modèle dont la rigidité s’accorde mal à une réalité mouvante, se redéfinissant dans ses formes comme dans son contenu</i>	60
(a)-	<u>Une représentation de la végétation potentielle ?</u>	60
(b)-	<u>La question du changement global</u>	61
2.2-	Pour une redéfinition du modèle zonal par la flore	65
2.2.1-	<i>Le choix de la flore</i>	65
2.2.2-	<i>L’espèce et l’espace</i>	66
(a)-	<u>La variabilité infra-spécifique</u>	66
(b)-	<u>L’aire et la niche</u>	67
(c)-	<u>Garder à l’esprit le caractère changeant des aires de distribution</u>	68
2.2.3-	<i>Incertitudes autour de la notion d’espèce en botanique</i>	70
2.2.4-	<i>L’intérêt des échelles intermédiaires : l’articulation des données chorologiques et autécologiques</i>	72
2.2.5-	<i>Une source d’inspiration : les conceptions de Frank WHITE (1986)</i>	75
Chapitre 3 – Le modèle de l’étagement de la végétation en montagne		77
3.1-	L’escalier et le plan incliné :	
	le modèle des étages de végétation, reflet des gradients climatiques ?	78
3.1.1 –	<i>Gradients barométrique, thermométrique, pluviométrique</i>	78
3.1.2-	<i>Le poids variable des gradients suivant la latitude</i>	79
3.2-	Emergence du modèle de l’étagement en montagne : HUMBOLDT, pionnier là encore	81
3.2.1-	<i>Prémices</i>	81
(a)-	<u>Joseph PITTON DE TOURNEFORT</u>	81
(b)-	<u>Michel ADANSON</u>	82
(c)-	<u>Jean-Louis GIRAUD-SOULAVIE</u>	83
3.2.2-	<i>Humboldt : discontinuités paysagères et défilement de la flore en fonction de l’altitude</i>	83
(a)-	<u>Le terrain : les montagnes de l’Amérique équinoxiale</u>	83
(b)-	<u>L’« invention » de la végétation</u>	84

(c)-	<u>La distinction entre information physionomique et information floristique</u>	86
3.3-	Collinéen, montagnard, subalpin, alpin et nival : des catégories universelles ?	88
3.3.1 -	<i>Le schéma de SCHRÖTER (1904)</i>	88
3.3.2 -	<i>Un schéma restreint à son contexte</i>	89
3.4 –	Systématisation de la discrétisation de la végétation et du climat avec l’altitude	90
3.4.1-	<i>L’utilisation de l’étagement dans la carte de végétation de la France</i>	90
3.4.2 -	<i>Le « modèle alpin généralisé » de Paul OZENDA</i>	92
3.4.3 –	<i>Un bon exemple d’application pour la théorie des discontinuités de Roger BRUNET ?</i> .	93
3.4.4 –	<i>L’enseignement des flores</i>	93
Chapitre 4 - Aux échelles grandes, le modèle de la mosaïque		97
4.1-	Charles FLAHAULT et le projet de nomenclature phytogéographique	98
4.1.1-	<i>Une préoccupation qui marque les congrès de botanique de 1889 à 1910</i>	98
4.1.2 –	<i>Stations et associations : la difficile superposition des unités physiques et botaniques</i> .	99
4.1.3 –	<i>Une organisation spatiale de la biosphère excessivement verrouillée</i>	102
4.2 –	Un exemple de système pyramidal : le système bioclimatique d’EMBERGER	104
4.2.1-	<i>Partir du facteur organisateur</i>	104
4.2.1-	<i>Indices et constructions graphiques : une approche abstraite et figée</i>	105
4.2.3-	<i>Subdivisions des étages : une mosaïque lâche</i>	107
4.3 –	La phytosociologie sigmatiste : quelle position adopter vis-à-vis d’un système dominant ? .	108
4.3.1 –	<i>De la phytogéographie à la phytosociologie, une même perspective d’inventaire et de classification des unités de végétation aux échelles grandes et très grandes</i> .	108
4.3.2-	<i>Genèse de la théorie sigmatiste</i>	109
4.3.3 –	<i>L’univers végétal des phytosociologues</i>	111
4.3.4 –	<i>Les ensembles caractéristiques des unités phytosociologiques : classes ou types ?</i> .	113
4.3.5 –	<i>L’impossible système hiérarchique</i>	117
4.4 –	Rendre compte de l’hétérogénéité de la biosphère en général et de la végétation en particulier	119
4.4.1 -	<i>A grande échelle, la mosaïque est un cas de figure non la règle</i>	119
4.4.2 –	<i>Flore et végétation : un problème d’échelle</i>	120
Chapitre 5 – Modèles alternatifs : continuum, gradient analyses		123

5.1 - Marginalisation de la géographie botanique.	123
5.1.1 – <i>Organicisme ou systémisme, il faut choisir.</i>	123
5.1.2- <i>La déspatialisation de l'écologie végétale.</i>	126
5.2 – Avant la Deuxième Guerre mondiale, des réflexions alternatives, en marge de la science établie.	127
5.2.1 – <i>GLEASON, le mieux entendu.</i>	127
5.1.4 – <i>Félix LENOBLE, l'iconoclaste de la biogéographie française.</i>	129
5.3 - Les enseignements de l'école du Wisconsin.	130
5.3.1- <i>Les travaux fondateurs de CURTIS et WHITTAKER et leur réception en Europe.</i>	130
5.3.2 – <i>Gradient analyses : ordination des espèces en fonction des gradients écologiques.</i> .132	
5.3.3 – <i>Gradient écologique, gradient géographique.</i>	135
5.3.4 – <i>Le lien recherché avec le paysage.</i>	137
5.4 - Apport des méthodes floristico-écologiques à la connaissance de la structure spatiale de la biosphère.	139
5.4.1 – <i>Groupes écologiques et liaisons interspécifiques.</i>	139
5.4.2 – <i>Souplesse d'emploi de ces méthodes pour l'analyse d'un lot de relevés enchaînés en continu dans l'espace géographique.</i>	141
Conclusion de la première partie.	147

DEUXIÈME PARTIE : ORGANISATION SPATIALE DE LA VEGETATION AUX ECHELLES MOYENNES. . 149
--

Introduction à la deuxième partie.	151
---	-----

Chapitre 6 – Propositions pour l'étude des relations climat – végétation aux échelles moyennes. 155
--

6-1- Le principe général : l'exploration botanique des strates de variation climatique.	157
6.1.1 - <i>Champs climatiques et gradients.</i>	157
6.1.2- <i>La notion de strate de variation climatique.</i>	159
6.2 – Procédure d'étude du climat et protocole pour la collecte de l'information botanique.	160
6.2.1 – <i>Climatologie dynamique : rappel d'une procédure ancienne mais qui a prouvé son efficacité.</i>	160
6.2.2 – <i>La collecte de l'information botanique.</i>	163
(a)- <u>Le terrain ne se réduit pas à la collecte raisonnée de l'information.</u>	163
(b)- <u>Le relevé de végétation : les approximations de la botanique de terrain.</u>	166
(c)- <u>La qualité de l'information collectée : trois cas de difficultés botaniques.</u>	169

6.3 – Traitement des données.	172
6.3.1 – <i>Analyses multivariées.</i>	173
(a)- <u>AFC appliquée à un tableau de données botaniques.</u>	173
(b)- <u>Les relevés de végétation envisagés comme segments d'un texte.</u>	175
(c)- <u>ACC appliquée à l'analyse d'un couple de tableaux espèces / variables du milieu.</u>	177
6.3.2- <i>Approche probabiliste et calculs d'information.</i>	178
(a)- <u>Entropie et information.</u>	179
(b)- <u>Applications à la description de la structure floristique de la végétation.</u> ..	179
(c)- <u>Applications à l'analyse des relations espèces-milieus.</u>	181
Conclusion du chapitre 6.	183

<p>Chapitre 7 – Du sahélien au guinéen, flore et végétation soudaniennes de la frange littorale de l'Afrique de l'Ouest.</p>	185
---	------------

7.1 – Les indications espérées de la flore ligneuse sur la forme et la signification de la transition phytoclimatique.	187
7.1.1- <i>La coïncidence spatiale supposée de la végétation et du climat.</i>	187
7.1.2 – <i>L'apparente confusion du paysage.</i>	189
7.1.3 – <i>Mangrove et terre ferme.</i>	191
(a)- <u>L'homogénéité floristique de la mangrove.</u>	191
(b)- <u>Présentation du transect botanique.</u>	193
7.3 - La flore ligneuse soudanienne littorale : continuum à facettes et continuum dédoublé. ...	194
7.2.1- <i>La transition nord-sud du sahélo-soudanien au soudano-guinéen : trois facettes ; deux situations édaphiques et topographiques.</i>	194
7.2.2 – <i>Les trois facettes de la transition nord-sud.</i>	197
7.2.3 – <i>Le défilement des espèces en fonction du gradient climatique : les groupes « écologiques » se chevauchant en écailles.</i>	199
7.3 – Permanence, transformation ou translation des structures spatiales.	202
7.3.1 – <i>Les fluctuations de la pluviosité en Afrique de l'Ouest.</i>	202
7.3.2 – <i>Conséquences biologiques des fluctuations pluviométriques.</i>	203
7.3.3 – <i>Une tentative de comparaison temporelle.</i>	205

<p>Chapitre 8 – Figures de la limite nord du domaine bioclimatique méditerranéen.</p>	207
--	------------

8.1 – Le bioclimat méditerranéen : comment le définir ? Comment le délimiter ?	209
8.1.1 – <i>Distinction bioclimatique au sein des midis français</i>	209
8.1.2 – <i>Flore et végétation méditerranéennes</i>	211
(a)- <u>Une convergence morphologique à ne pas exagérer</u>	211
(b)- <u>La mise en place du cortège</u>	211
(c)- <u>Le rôle de l’anthropisation</u>	213
8.1.3 – <i>Sur quel(s) critère(s) fixer la limite du domaine bioclimatique méditerranéen ?</i>	216
8.2 - Haut-Languedoc, Cévennes, Baronnies : trois passages du méditerranéen au tempéré	217
8.2.1- <i>Haut-Languedoc : le décalage entre révolution floristique et lieu de basculement du régime pluviothermique</i>	218
(a)- <u>Une révolution floristique en pays d’Orb</u>	218
(b)- <u>Le décalage végétation – climat</u>	220
8.2.2 – <i>Cévennes et Mont Lozère : un dispositif en trois compartiments</i>	222
(a)- <u>Une opposition méditerranéo-atlantique troublée par l’appauvrissement de la flore dans la Cévenne du schiste</u>	222
(b)- <u>Les deux ruptures floristiques</u>	223
(c)- <u>Les conséquences du passage au régime tempéré des précipitations sur le Mont-Lozère</u>	224
8.2.3 – <i>Baronnies et Haute-Provence : l’importance de la marche subméditerranéenne</i>	224
(a)- <u>Etagement des facettes du continuum</u>	224
(b)- <u>Facette méditerranéenne et facette montagnarde</u>	226
(b)- <u>Une marche botanique</u>	227
8.3 - Interprétation phytoclimatique générale	229
Conclusion de la deuxième partie	231

TROISIÈME PARTIE : DYNAMIQUE DU PAYSAGE	235
--	------------

Introduction à la troisième partie	237
---	------------

Chapitre 9 – Paysage et environnemnt	241
---	------------

9.1 - Comment le paysage en est-il venu à croiser l’environnement ?	243
9.1.1- <i>Persistance du sens originel</i>	243
9.1.2 – <i>Un mot qui se charge de significations</i>	243

9.1.3 – L'émergence d'un « enjeu stratégique »	245
9.1.4 – Une définition officielle du paysage en Europe.	247
9.2 – Une notion qui ne fait pas sens dans toutes les sociétés.	248
9.2.1- Là où le paysage fait sens et là où il ne le fait pas.	248
9.2.2 – Rio de Janeiro : grand site longtemps peu perçu.	249
9.3 – L'importance du facteur culturel dans la définition d'espaces protégés ou labellisés	251
9.4 – Analyse écologique du paysage.	254
9.4.1- Paysage et écologie.	254
9.4.2 – Ecologie du paysage.	255
<hr/>	
Chapitre 10 – Dynamique du paysage dans les montagnes méditerranéennes.	259
10.1 – L'arrière pays montagneux de l'Europe méditerranéenne :	
esquisse de géohistoire écologique.	261
10.1.1- A la recherche des configurations spatio-temporelles.	261
(a)- <u>Quelle végétation « originelle » ?</u>	263
(b)- <u>Un exemple de constitution du paysage</u> <u>dans le Midi méditerranéen français.</u>	263
10.1.2 – Reconstituer l'histoire du paysage de l'arrière-pays méditerranéen durant l'Holocène.	263
10.1.3 – Entre violence du milieu et folie des hommes : un discours à réexaminer.	266
10.2 – Reforestation et déprise :	
les dynamiques paysagères à l'échelle des deux derniers siècles.	270
10.2.1- Le reboisement des montagnes sèches : exemple de la France.	270
(a)- <u>La constitution de la doctrine</u> <u>de la restauration des terrains en montagne.</u>	270
(b)- <u>La mise en application.</u>	271
(c)- <u>L'heure du bilan.</u>	273
10.2.2 – La déprise des activités agricoles, pastorales et forestières.	274
10.3 – L'éventail des dynamiques en cours : quelques études par site.	276
10.3.1- La montagne frioulane (vallée de l'Arzino) : paysage et risque.	276
10.3.2 – Baronnie : mise en place d'une matrice écocomplexe par effacement des activités humaines.	280

Chapitre 11 – Dynamique des « paysages » agricoles et forestiers dans les régions littorales d’Afrique de l’Ouest. 285

11.1 – Contexte.	286
11.1.1- <i>Etre utile à la gestion intégrée des territoires.</i>	286
11.1.1 – <i>Le bilan prospectif au sein du PRCM.</i>	287
11.2 – Propositions pour une analyse des dynamiques des paysages agricoles et forestiers.	288
11.2.1 – <i>Objectifs.</i>	289
11.2.2 - <i>Le choix de travailler par sites ateliers.</i>	289
11.2.3 – <i>Cartographie des changements par exploitation des images de télédétection : landcover et landuse plutôt que landscape</i>	292
11.3 – « Paysage » et développement durable : exemple des sites ateliers de Guinée-Bissau.	295
11.3.1- <i>Le développement durable dans un pays en mal-développement.</i>	295
11.3.2 – <i>Site atelier du Rio Cacheu.</i>	296
(a)- <u>Choix du site.</u>	296
(b)- <u>Changements dans l’occupation du sol : dynamiques correspondantes.</u>	298
(c)- <u>Bamal : l’échelle villageoise reste en Afrique de l’Ouest pertinente pour la caractérisation de l’anthroposystème.</u>	299
11.4 – Paysage et insularité : quelques remarques à propos de deux îles de l’archipel du Cap-Vert.	301
11.4.1- <i>Aspects biogéographiques et aspects humains de l’insularité.</i>	301
11.4.2 – <i>L’île de Santiago au sud de la Sierra de Malagueta.</i>	303
11.4.3 – <i>L’île de Boa Vista.</i>	307
CONCLUSION GÉNÉRALE.	313
Bibliographie.	317
Figures et tableaux.	333