

Seuils biologiques et limites climatiques en Méditerranée occidentale

Frédéric Alexandre, Alain Génin, Michel Lecompte

▶ **To cite this version:**

Frédéric Alexandre, Alain Génin, Michel Lecompte. Seuils biologiques et limites climatiques en Méditerranée occidentale . Géocarrefour - Revue de géographie de Lyon, 1998, Revue de Géographie de Lyon, 73 (1), pp.33-43. 10.3406/geoca.1998.4801 . hal-01487478

HAL Id: hal-01487478

https://sorbonne-paris-nord.hal.science/hal-01487478

Submitted on 12 Mar 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.

Persee

Michel Lecompte

Seuils biologiques et limites climatiques en Méditerranée occidentale / Biological thresholds and climatic limits in the western Mediterranean

In: Revue de géographie de Lyon. Vol. 73 n°1, 1998. pp. 33-43.

Résumé

L'étude d'un ensemble de transects phytoclimatiques ceinturant la Méditerranée occidentale, au Maroc, au Portugal, en France et en Tunisie, conduite l'hypothèse de seuils hydroclimatiques de la végétation, susceptibles d'expli-quer le passage de la flore méditerranéenne aux flores périphériques, atlantique et aride. Ces seuils apparaissent d'une portée biologique équivalente à celle du seuil thermique de la végétation forestière en latitude ou en altitude, et aussi, peut-être, d'un seuil de pluviosité de la végétation tropicale humide, indirectement noté par télédétection de l'activité des végétaux. Signalés par des "bouleversements floristiques", les seuils hydriques ne coïncident pas toujours avec les changements zonaux du régime saisonnier des pluies. En revanche, comme le montre la climatologie dynamique, l'orographie joue un rôle essentiel pour leur localisation précise.

Abstract

The study of a whole set of phytoclimatic transects surrounding the Western Mediterranean in Morocco, Portugal, France and Tunisia leads to the theory of hydro- climatic thresholds of vegetation. This may explain the transition of mediterranean to peripheral (atlantic or arid) flora. The biological implications of such thresholds can be compared with those of the temperature threshold of forest vegetation related to altitude or atitude, and also possibly with those of the precipitation threshold of tropical vegetation, shown indirectly by the remote sensing of photosyn- thetic activity. Hydrous thres- hod, indicated by changes in vegetation, do not always coincide with zonal modifications of the seasonal rainfall regime. In contrast, as has been shawn in dynamic climatology, orographie analysis plays an essential role in their precise location.

Citer ce document / Cite this document :

Lecompte Michel. Seuils biologiques et limites climatiques en Méditerranée occidentale / Biological thresholds and climatic limits in the western Mediterranean. In: Revue de géographie de Lyon. Vol. 73 n°1, 1998. pp. 33-43.

doi : 10.3406/geoca.1998.4801

http://www.persee.fr/web/revues/home/prescript/article/geoca_0035-113X_1998_num_73_1_4801

BY: $ = creative commons

Frédéric ALEXANDRE
Université Paris 7 -Denis Diderot
Alain GENIN
Université de Tours
Michel LECOMPTE
Université Paris 7 - Denis Diderot

Seuils biologiques et limites climatiques en Méditerranée

RESUME
L'étude d'un ensemble de transects phytoclimatiques ceinturant la Méditerranée occidentale, au Maroc, au Portugal, en France et en Tunisie, conduit à l'hypothèse de seuils hydroclimatiques de la végétation, susceptibles d'expli-quer le passage de la flore méditerranéenne aux flores périphériques, atlantique et aride. Ces seuils apparaissent d'une portée biologique équivalente à celle du seuil thermique de la végétation forestière en latitude ou en altitude, et aussi, peut-être, d'un seuil de pluviosité de la végétation tropicale humide, indirectement noté par télédétection de l'activité des végétaux. Signalés par des "bouleversements floristiques", les seuils hydriques ne coïncident pas toujours avec les changements zonaux du régime saisonnier des pluies. En revanche, comme le montre la climatologie dynamique, l'orographie joue un rôle essentiel pour leur localisation précise.

MOTS CLEFS
Climatologie régionale et zonale, phytoclimatologie, phytoclimatologie dynamique, continuums, seuils, limites, Méditerranée, France, Portugal, Maroc.

ABSTRACT
The study of a whole set of phytoclimatic transects surrounding the Western Mediterranean in Morocco, Portugal, France and Tunisia leads to the theory of hydroclimatic thresholds of vegetation. This may explain the transition of mediterranean to peripheral (atlantic or arid) flora. The biological implications of such thresholds can be compared with those of the temperature threshold of forest vegetation related to altitude or atitude, and also possibly with those of the precipitation threshold of tropical vegetation, shown indirectly by the remote sensing of photosynthetic activity. Hydrous threshod, indicated by changes in vegetation, do not always coincide with zonal modifications of the seasonal rainfall regime. In contrast, as has

Persée creative commons

La question des seuils biologiques est importante, parce qu'elle sous-tend une partie de la géographie physique... et de la géographie toute entière, et parce que les réponses souvent implicites (Brunet, 1990) qui lui ont été données jusqu'à maintenant sont peu satisfaisantes. Cette question des seuils surgit notamment d'observations phytoclimatiques conduites depuis une quinzaine d'années sur le pourtour de la Méditerranée occidentale (fig.1), au Maroc (Lecompte, 1986 ; Derraz, 1993 ; El Alami, 1993), puis au Portugal (Correia, 1994) et en France (Alexandre, 1996 ; Génin, 1997), et enfin, en Tunisie où elles sont en cours. La nature de ces seuils et leur retentissement sur l'organisation générale de la végétation[1] sont évoqués dans de précédentes discussions (Lecompte, 1989, 1990, Lecompte et Alexandre, 1996) sur lesquelles nous revenons maintenant d'une manière à la fois plus concrète et plus globale.

Un enjeu de taille de l'existence de seuils biologiques est une justification plus "naturelle" de l'organisation de l'espace biophysique que celle apportée par diverses limites d'espèces emblématiques, Olivier, Yeuse, etc., ou les classes conventionnelles d'indices bioclimatiques, aussi nombreux qu'il est d'auteurs : ainsi la marge nord-occidentale du domaine méditerranéen rassemble t-elle une abondante panoplie de limites méditerranéennes largement distribuées, source de perplexité pour le biogéographe (Daget et David, 1982, Alexandre, 1996, Génin, 1997).

Les continuités climatiques et botaniques au sein desquelles l'existence de seuils est apparue probable sont approchées par la phytoclimatologie dynamique (Lecompte, 1987, 1988, 1989). Rappelons que celle-ci procède par analyse comparative des champs et gradients climatiques organisateurs de la végétation régionale et des continuums botaniques qui les reflètent. L'explication de cette relation gagne en finesse avec l'étude de la distribution des données quotidiennes du temps, particulièrement les précipitations, dans divers contextes de circulation atmosphérique. Des analyses factorielles multivariées, où les variables initiales sont tantôt les profils des présences des espèces botaniques relevées en continu (Lecompte, 1973), tantôt les champs des éléments du temps établis d'après les réseaux climatiques ont permis de tirer parti de cette quantité de données relatives aux covariations spatiales du climat et de la végétation. D'autres analyses, utilisant la théorie de l'information (Godron, 1967, 1971) confortent les analyses factorielles. Les principaux résultats de ces études statistiques sont respectivement illustrés par les figures 3, 6, 9 et 12 pour les variations de la flore, et 13 pour celles des champs de précipitations quotidiennes.

DES SEUILS DE GRANDE PORTEE BIOLOGIQUE

Définitions

Un domaine climatique est défini par la constance sur une " vaste " surface au sein d'une zone d'un caractère climatique, comme le régime saisonnier des précipitations, significatif d'une même dynamique atmosphérique générale. Les fluctuations d'éléments climatiques liées aux accidents du relief ne constituent pas, par elles-mêmes, des changements de domaines ou de zones, puisqu'elles traduisent seulement une modulation orographique, justement "accidentelle" de la dynamique atmosphérique générale. Ainsi, la définition génétique du climat n'en est pas en soi modifiée, quoique de puissantes lignes du relief puissent contribuer à en fixer certaines limites, notamment autour du domaine méditerranéen occidental.

Les seuils expriment des exigences biologiques, éprouvées par les plantes vis-à-vis d'éléments de l'environnement biophysique, particulièrement climatique. Les " limites " seront prises non pas dans le sens d'un trait bornant des entités spatiales supposées homogènes mais dans celui de transition rapide entre des phases monotones des gradients du climat ou des continuums de végétation. Une limite est dite phytoclimatique lorsqu'elle associe changements climatique et botanique.

Quels seuils ?

Le climat méditerranéen est caractérisé par l'occurrence de pannes de précipitations en saison chaude, engendrées par un blocage anticyclonique. Le bilan d'eau climatique s'en ressent d'autant plus fortement que celles-ci surviennent donc en période de forte évaporation potentielle. Seuls les végétaux capables de supporter un stress hydrique plus ou moins prolongé sont en conséquence adaptés au domaine correspondant.

Au nord du domaine méditerranéen, en France dite tempérée, les sécheresses sont plus occasionnelles, et l'éventualité de stress sévère est réduite. Il est permis de penser que les plantes trouvent là une certaine satisfaction hydrique, susceptible d'expliquer l'installation d'une flore mésophile atlantique s. l. relativement homogène, et la disparition corrélative des espèces méditerranéennes. Un seuil hydrique pourrait séparer ces flores, permettant de fixer une limite phytoclimatique nord-méditerranéenne.

Une question comparable se pose à l'ouest du domaine où, sur les serras occidentales du Portugal et en Galice, l'épanouissement d'une flore atlantique pourrait témoigner d'une même satisfaction hydrique.

Vers le sud du domaine, le stress devient, au contraire, un état quasi-permanent au passage

dans la zone tropicale aride, l'équilibre hydrique de la plante n'étant plus que très occasionnellement réalisé. La végétation méditerranéenne ne peut s'accommoder d'un tel régime, car elle exige que son approvisionnement en eau, même réduit, présente au moins une régularité saisonnière. Un seuil d'insatisfaction hydrique est donc ici vraisemblable, qui permettrait de caractériser une limite phytoclimatique sud-méditerranéenne.

Les seuils hydriques invoqués sont à rapprocher du seuil d'efficacité photosynthétique des pluies tropicales indirectement noté dans les indices de végétation satellitaires (Davenport et Nicholson, 1993), expression d'une satisfaction hydrique comparable à celle observée aux latitudes moyennes ; Poccard et Richard (1996) estiment à 2 mètres le montant annuel de pluie qui réalise cette satisfaction.

Ces seuils sont, au plan hydrique, à l'image de celui qu'éprouve la végétation arborée vers les hautes latitudes ou en altitude, par suite du raccourcissement excessif de la saison de végétation : un tel seuil thermique détermine l'installation de l'étage asylvatique alpin.

Du fait de leur portée biologique très générale, les seuils envisagés ne sauraient s'exprimer qu'à travers de rares bouleversements botaniques. En conséquence, on s'attend à ce qu'ils retentissent sur la géographie des grands paysages, quoique parfois certaines espèces physionomiquement dominantes de large amplitude climatique les débordent, masquant le changement global de la flore... Masque souvent imposé par l'homme.

Les observations botaniques ayant conduit à l'hypothèse de seuils hydriques, sont présentées maintenant de façon résumée, et les relations de ces seuils avec les limites climatiques discutées à la lumière de nos connaissances sur la dynamique du climat méditerranéen.

LIMITE NORD-MEDITERRANEENNE

Languedoc (Alexandre, 1996)

A la traversée de l'Espinouse et de la Montagne Noire depuis la plaine languedocienne (fig. 2), la flore connaît une profonde transformation sur les premières pentes de l'obstacle orographique principal, traduite par la courbe du premier facteur principal de l'analyse factorielle des correspondances (AFC) et soulignée par une forte quantité d'information (fig. 3). Cette transformation tient à la disparition presque totale, en quelques kilomètres, de la flore méditerranéenne, qui comporte de nombreux ligneux mais peu d'arbres élevés ; elle se lit en conséquence assez bien dans les paysages, malgré l'extension artificielle de la châtaigneraie. Seules quelques espèces subméditerranéennes[2] réapparaissent vers l'ouest lorsque l'on redescend dans le Bassin aquitain, infléchissant l'axe 1, et porteuses "d'information" (vallée de l'Agoût, relevés 172 à 179) ; ces espèces sont d'ailleurs présentes bien au-delà, dans le Quercy, le Poitou, la Touraine, sur calcaire, et même sur le littoral breton. Le cortège mésophile qui se substitue aux espèces méditerranéennes est, quant à lui, répandu dans toute l'Europe occidentale ; certaines de ses espèces sont déjà postées sur les premières collines qui dominent la plaine du Bas-Languedoc (Monts de Faugères).

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. 2). 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 correspondrait localement à un total annuel moyen de 1 200 mm de pluie environ, valeur évidemment dépendante 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 peut être constaté en Albigeois) ... Et qui ne vaut donc en toute rigueur que pour le transect étudié. En-dessous de ce seuil, la concurrence de la végétation atlantique se relâche, expliquant l'installation sur une courte distance d'un cortège botanic méditerranéen aux traits xérophytiques.

L'augmentation du montant des abats intéresse surtout les précipitations d'origine méridionale, comme le montre la figure 4 ; la transition des

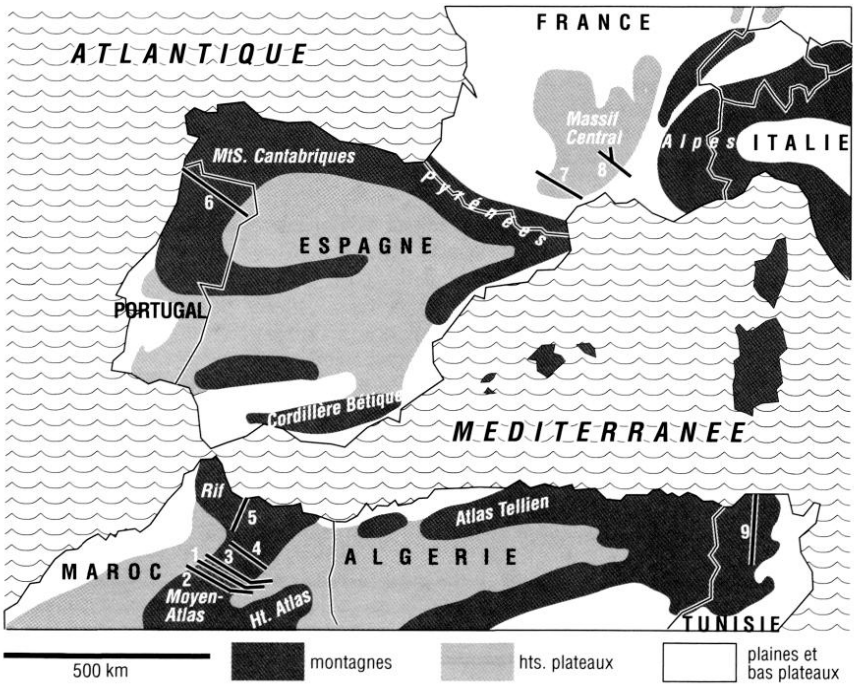
been shawn in dynamic climatology, orographic analysis plays an essential role in their precise location.

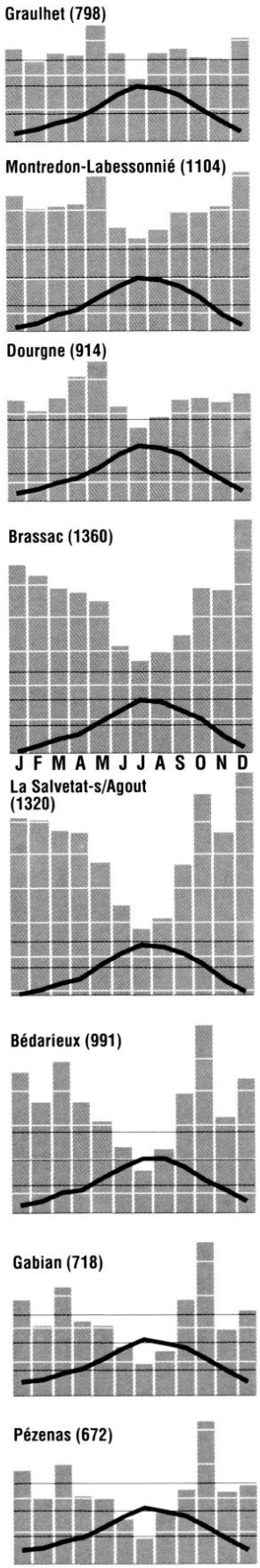
KEY WORDS
Regional and zonal climatology, phytoclimatology, dynamic phytoclimatology, biogeography, continuums, thresholds, limits, Mediterranean sea, France, Portugal, Morocco.

1 - La végétation désigne l'ensemble des espèces dans l'espace, selon leur distribution qualitative (la flore) et quantitative (fréquences, densités spécifiques), incluant les structures verticale et horizontale qui relient leurs individus.

2 - Indications chorologiques tirées de la Flore de France de Guinochet et de Vilmorin (1973-1984), de la Flore forestière française (Rameau, Mansion et Dumé, 1989-1993) et de l'Atlas partiel de la flore de France (Dupont, 1990).

Figure 1 : Localisation des transects phytoclimatiques en Méditerranée occidentale :
1,2,3 = Moyen-Atlas (Lecompte),
4 = Moyen-Atlas (Derraz),
5 = Rif (El Alami),
6 = nord du Portugal (Correia),
7 = Haut-Languedoc (Alexandre),
8 = Cévennes (Génin),
9 = Tunisie (Baccouche)





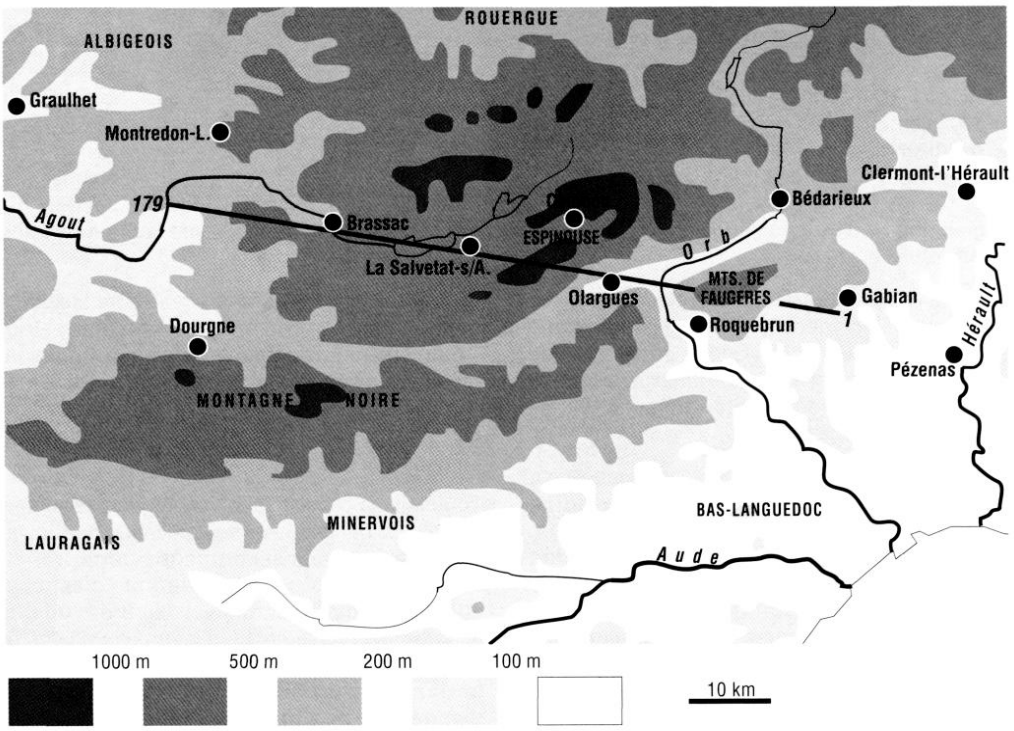


Figure 2a (ci-dessus) : Haut-Languedoc. Situation du transect.

Figure 2b (ci-contre) : Haut-Languedoc : totaux de précipitations (normales 1951-1980) et diagrammes ombrothermiques (Alexandre, 1996), du nord au sud et d'ouest en est. Les précipitations apparaissent en histogrammes gris ; les échelles en traits blancs vont de 25 mm en 25 mm à partir de 0.
Les températures apparaissent en courbes noires ; les échelles en traits noirs vont de 10°C en 10°C à partir de 0. Les chiffres entre parenthèses à côté du nom de chaque localité donnent le total annuel des précipitations en mm.

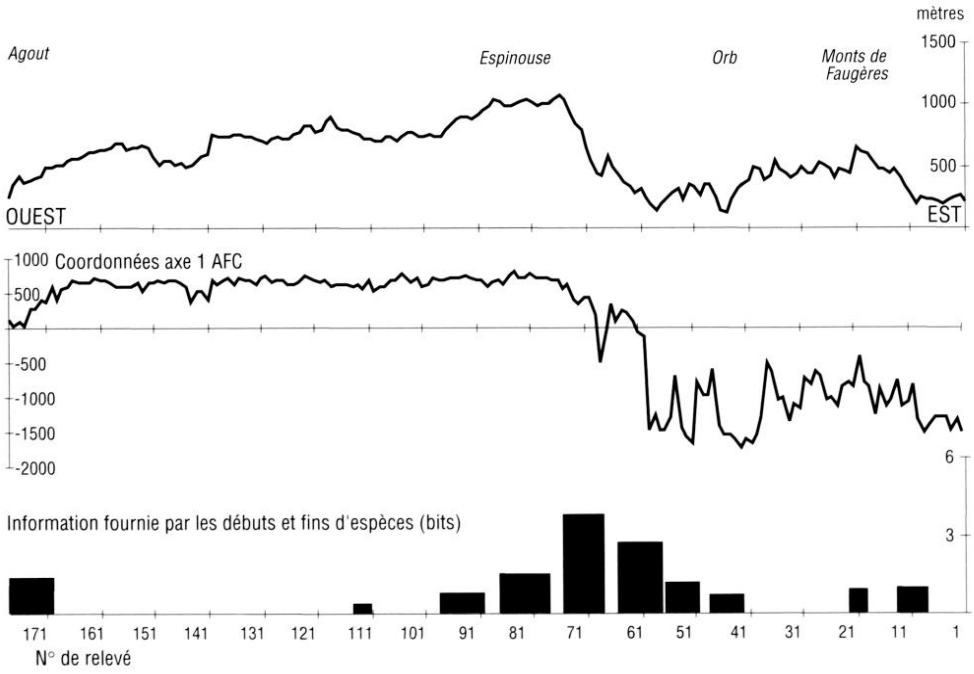


Figure 3 : Haut-Languedoc ; Variations du facteur principal 1 de l'analyse factorielle des correspondances de la flore vivace le long du transect, avec l'indication des plus fortes sommes d'information correspondant au renouvellement des espèces, en bits, selon une échelle logarithmique (Alexandre, 1996). Sur chaque Km du transect sont logés 3 relevés.

flores méditerranéenne à atlantique s'opère donc, paradoxalement, sous un régime ayant conservé sa méditerranéité. Cette qualité est même soulignée par le renforcement des pluies sur le flanc SE du relief, du fait des ascendances orographiques, d'où un contraste accentué entre saisons sèche et pluvieuse.

L'installation de la végétation atlantique ne signale donc pas précisément le passage au domaine tempéré océanique, si l'on admet que la marque principale de ce passage est le quasi-effacement de la "saison sèche" méditerranéenne. Où se trouve la limite climatique ?

Sur la face océanique de la montagne, opposée à la précédente, ce sont les pluies d'origine atlantique, bien réparties entre les saisons, qu'exalte cette fois l'élévation en altitude (fig. 2 et 4). Toutefois, ce regain d'efficacité atlantique s'éteint assez vite, tandis que les pluies méditerranéennes traversent, elles, aisément le relief en sens inverse (fig. 4) comme antérieurement noté par Estienne (1956) et Thiébaut (1968).

L'atlantisation du régime des pluies s'accomplit donc au nord-ouest de la montagne, tandis que le changement de végétation est réalisé au sud-est. Le seuil hydrique de la végétation atlantique ne permet donc pas de fixer sur le Haut-Languedoc une limite climatique, puisque le changement de végétation ne coïncide pas avec celui du climat zonal. La situation est un peu différente dans les Cévennes au niveau du Mont-Lozère.

Mont-Lozère (Génin, 1997)

Les analyses phytoclimatiques conduites en Cévennes confirment la distinction précédente entre limites climatique et phytologique. Toutefois, ici, le changement du régime saisonnier des précipitations ne passe pas tout à fait inaperçu, semble-t-il, de la végétation.

Entre Remoulins et Langogne, par le travers du Lozère (fig. 5)[3], l'analyse (fig. 6) montre deux accidents floristiques nets sur l'axe 1 et un troisième, plus discret, 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 les plus méditerranéennes disparaissent. L'explication climatique, une humidification progressive (fig. 5), vient ici à parts égales avec le facteur édaphique, disparition des calcaires, et le facteur anthropique : l'extension de la châtaigneraie et les incendies éliminent artificiellement une fraction de la flore méditerranéenne qui, sinon, atteindrait sans doute le pied du Lozère.

Ce qui se passe de part et d'autre de ce dernier est plus intéressant. Lorsque l'on aborde par le sud-est le grand versant du géant des Cévennes, le changement floristique, étalé sur une dizaine de kilomètres, est comparable à ce qui a été dit au sujet de l'Espinouse. Les espèces méditerranéennes et subméditerranéennes qui subsistaient malgré tout dans le secteur des châtaigneraies s'effacent et une flore de caractère atlantique se met en place.

Pour l'essentiel, l'installation de la flore atlantique paraît donc, ici encore, corrélative de l'augmentation montagnarde des précipitations méditerranéennes, sur la façade méridionale du massif (fig. 7). Comme sur l'Espinouse, la concurrence d'espèces atlantiques est fatale à la flore méditerranéenne.

Toutefois, la régularisation du régime saisonnier des pluies, qui intervient seulement au nord-ouest de cette façade s'accompagne cette fois de l'installation d'un supplément d'espèces atlantiques qui retentit sur l'axe 3 de l'AFC et apporte un complément " d'information " (fig. 6 : relevés 201 à 231). Ces espèces, non relevées sur le transect du Haut-Languedoc, présentent, d'après leur aire de répartition et les données autécologiques disponibles (Dupont, 1990 ; Rameau *et al.*, 1989, 1993), des exigences hydriques accrues par rapport aux précédentes, exigences seulement compatibles avec l'effacement du risque estival de sécheresse méditerranéenne, qui reste élevé dans la Cévenne, même dans sa partie automnalement la plus arrosée (Estienne, 1956).

Cet ultime enrichissement de la flore atlantique indiquerait donc bel et bien le changement zonal du régime des précipitations, le versant nord du Lozère offrant ainsi l'exemple d'une coïncidence entre limites phytologique et climatique, et donc celui d'une véritable limite phytoclimatique. Le seuil de satisfaction hydrique éprouvé par la végétation atlantique ainsi enrichie à partir de cette limite équivaut à environ un mètre de précipitations annuelles moyennes. Cette valeur est bien inférieure à celle qui coïncide avec la transformation majeure de la flore au pied du Lozère (comparer les postes de Langogne et de Génolhac sur la figure 5), parce qu'elle se réalise sous un régime saisonnier régularisé, et avec une moindre déperdition des fortes averses. Elle est inférieure, pour les mêmes raisons, à celle notée dans l'Espinouse, bien qu'elle délimite une flore mésophile plus complète.

A L'OUEST DU DOMAINE (CORREIA, 1995, CORREIA ET LECOMPTE, 1997)

Entre Minho et plateaux de Trás-os-Montes, de l'Alto Douro et de la Beira intérieure, à travers les serras du nord du Portugal (fig. 8), la géographie des paysages botaniques a subi, historiquement, une profonde désorganisation. Les landes à ajoncs, à genêts ou à bruyères dominent, quelques lambeaux de chênaie subsistent, et de

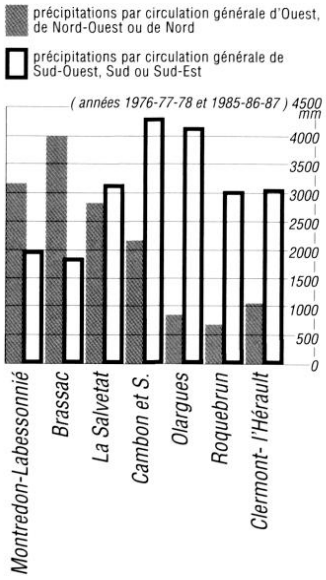
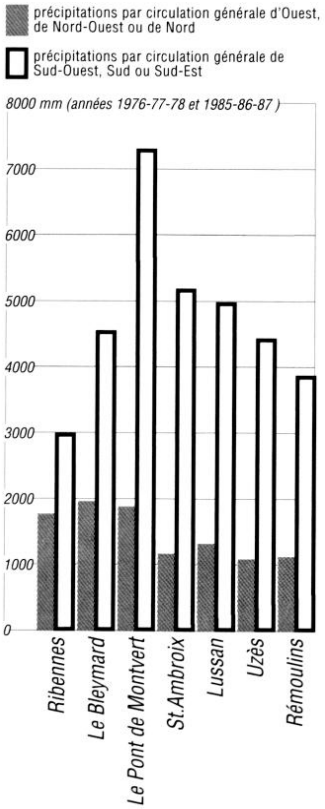
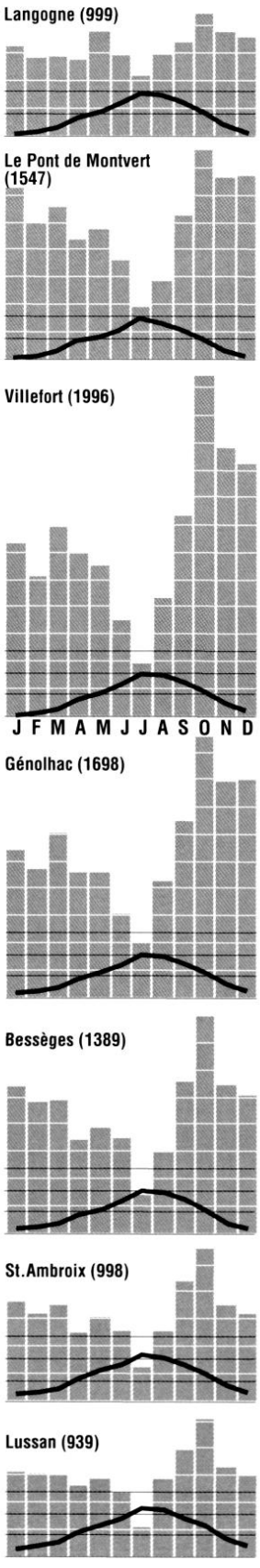


Figure 4 : Haut-Languedoc. Parts des circulations générales d'origine atlantique et méditerranéenne dans les précipitations (sur six années), d'O en E, cf. fig. 2a.

Figure 7 : Cévennes-Mont Lozère. Parts des circulations générales d'origine atlantique et méditerranéenne dans les précipitations (six années), d'O en E, cf. fig. 5a





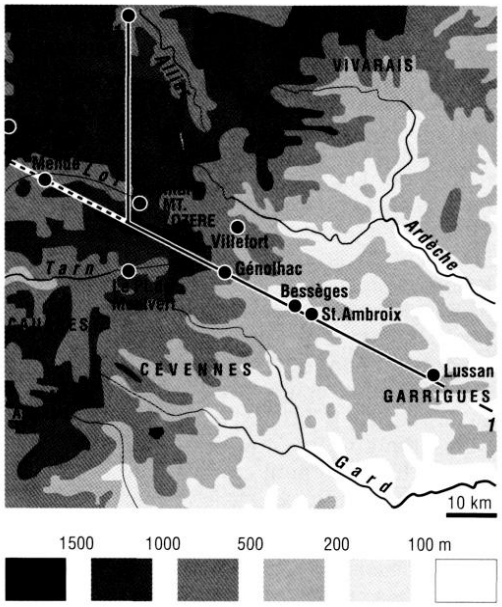


Figure 5a (ci-dessus) : Cévennes-Mont Lozère, situation du transect.

vastes reboisements en Pin maritime ajoutent encore à l'artifice de cette physionomie.

Par contraste avec la complexe mosaïque des paysages, les analyses floristiques révèlent une opposition nette entre les deux-tiers occidentaux et le tiers oriental du transect, accentuée localement entre les deux versants de la vallée du Tua (fig. 9) ; cette opposition avait été relevée par Dupont (1962), dans une large vision chorologique. Les relevés occidentaux dénotent l'unité de la flore "atlantique", juste rompue aux incisions des grandes vallées, remarquable en comparaison de l'hétérogénéité de la flore "continentale". L'analyse pollinique confirme l'uniformité de la végétation atlantique durant la seconde moitié de l'holocène, excluant une origine purement anthropique de cette uniformité, en dépit de la forte pression humaine inscrite dans les paysages (Ruiz Zapata *et al.*, 1993, 1994).

La végétation atlantique est pleinement établie au nord-ouest de la retombée orientale des serras d'Alvão-Falperra, au-dessus d'un seuil de

Figure 5b (ci-contre) : Cévennes-Mont Lozère,
totaux de précipitations (normales 1951-1980) et diagrammes ombrothermiques (Génin,1995), du Nord au Sud et d'Ouest en Est.
Les précipitations apparaissent en histogrammes gris ; les échelles en traits blancs vont de 25 mm en 25 mm à partir de 0.
Les températures apparaissent en courbes noires ; les échelles en traits noirs vont de 10°C en 10°C à partir de 0.
Les chiffres entre parenthèses à côté du nom de chaque localité donnent le total annuel des précipitations en mm.

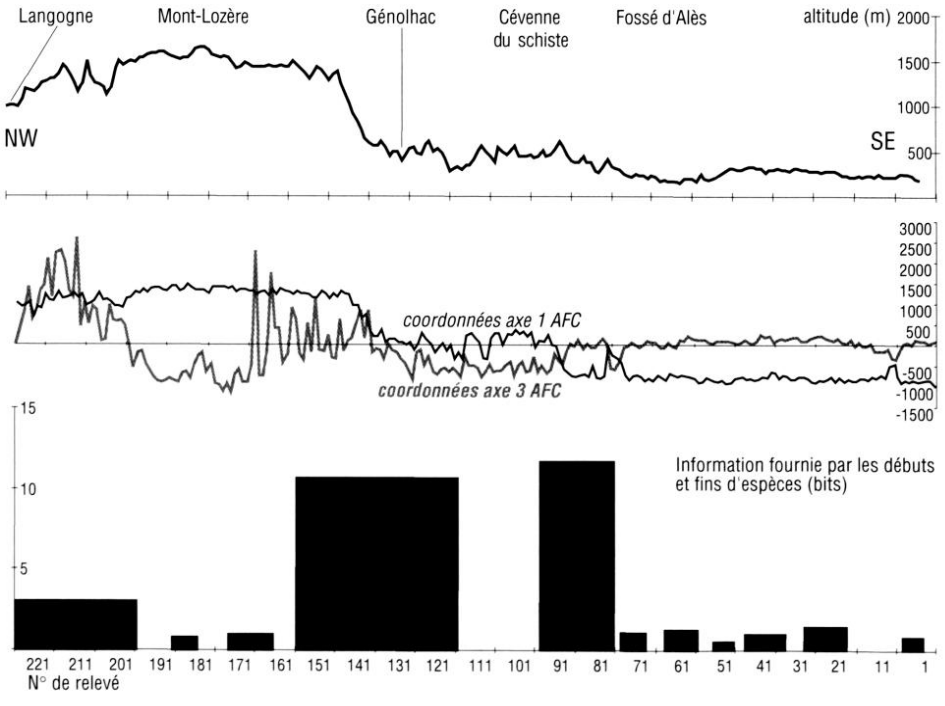


Figure 6 : Cévennes-Mont Lozère. Variations des facteurs principaux 1 et 3 de l'analyse factorielle des correspondances de la flore vivace le long du transect, avec l'indication des plus fortes informations correspondant au renouvellement des espèces, en bits, selon une échelle logarithmique (Génin, 1995). Sur chaque Km du transect sont logés 3 relevés.

satisfaction hydrique correspondant à 1 400 mm de précipitations annuelles environ (Daveau, 1977) : valeur élevée du fait d'une évaporation renforcée à l'intérieur du Portugal, qui ne s'atténue vers l'ouest que... corrélativement à l'augmentation des pluies. La composition de la flore atlantique échappe, passé ce seuil, aux fluctuations des pluies annuelles qui atteignent pourtant trois mètres et plus. En-dessous, à l'inverse, cette flore très sensible à la diminution des précipitations disparaît vers l'Espagne, progressivement d'abord jusqu'au Tua, puis rapidement au sud-est de celui-ci, remplacée par une flore xérophile.

Au Portugal, comme en Haut-Languedoc, seule l'augmentation du montant des pluies permet d'expliquer la substitution de la flore atlantique à la flore continentale, car le régime saisonnier demeure, quant à lui, d'allure tout à fait méditerranéen, surtout à l'approche de l'océan (fig. 8) ! Cette transition est donc indépendante de la limite zonale, indiquant seulement une variante biologiquement adoucie du climat méditerranéen, originalité ibérique souvent soulignée (Mounier, 1979, Alcoforado *et al.*, 1993). Vers l'Espagne, la raréfaction des pluies s'accompagne d'une continentalisation de leur régime, dont les *maxima* saisonniers se déplacent vers le début et la fin de l'été, comme cela s'observe en Afrique septentrionale (Seltzer, 1946) : cette analogie avec l'Afrique est le résultat de dynamiques des flux et situations généraux (fig. 10) qui préfigurent celles de la zone tropicale aride, sauf qu'elles sont davantage guidées ici par l'orographie.

L'examen au quotidien de la dynamique du climat renouvelle les termes d'une classique discussion (Mounier, 1979) sur le caractère méditerranéen ou atlantique du climat du nord-ouest de la péninsule, qui ne renie à dire vrai ni l'un ni l'autre de ces caractères mais les reflète tous deux par le jeu croisé des circulations planétaires. La première étend à l'ensemble du Portugal, la sécheresse relative de l'été méditerranéen ; la seconde confère aux pluies océanes de sa façade nord-atlantique l'abondance et la régularité spatiale que ne connaissent pas les bassins abrités de l'intérieur, plus aléatoirement arrosés (Correia et Lecompte, 1997). Une telle dualité existe aussi plus au sud, au Maroc, où les perturbations atlantiques parviennent toutefois essoufflées sur les plaines et les versants face à l'océan (Delannoy et Lecompte, 1979). Au nord, au contraire, les deux circulations ne se recouvrent plus, la France méditerranéenne n'ayant rien d'atlantique, et la France atlantique étant bien peu méditerranéenne !

LIMITE SUD-MEDITERRANEENNE (LECOMPTE, 1986, DERRAZ, 1993, EL ALAMI, 1993)

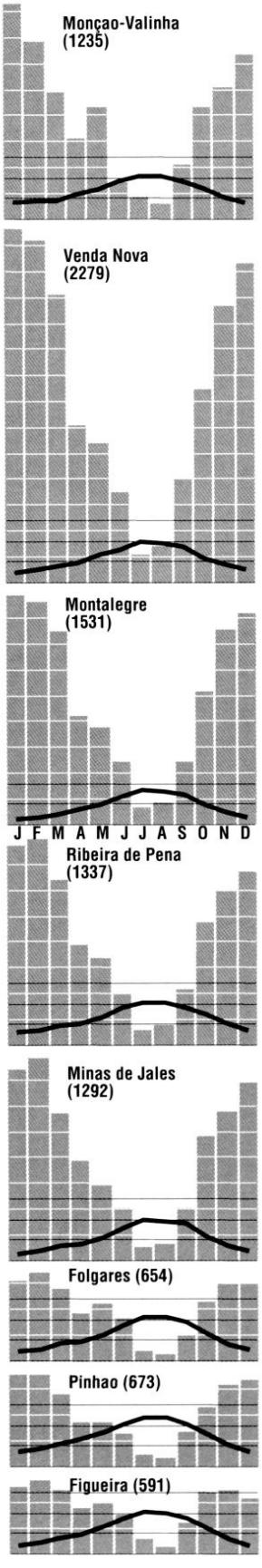
Les marches méridionales du domaine méditerranéen occidental présentent une image inversée de la situation européenne. L'un des trois transects suivis par Lecompte (fig. 11) dans le Moyen-Atlas est exemplaire de la manière dont se fait l'entrée dans le monde aride, par une rupture remarquable au sein du continuum floristique (facteur 1, fig. 12). Celle-ci intervient dès le rebord nord-ouest du plateau atlasien, décalée à la fois par rapport à l'obstacle orographique principal - le Tichoukt, plus à l'est- et par rapport aux changements des paysages, la transformation de la flore se produisant au sein même des forêts les plus occidentales, chênaies, pinèdes et cédraies. C'est là que s'arrête le gros des espèces méditerranéennes, et que débute une flore continentale, xérophile, d'une grande uniformité. Le passage sur le Tichoukt qui domine pourtant si puissamment les contrées environnantes n'apporte qu'un petit complément d'espèces d'altitude, discriminé par le facteur 2 de l'AFC (fig. 12).

Les transitions floristiques rapides observées sur trois autres coupes mésatlasiennes (Lecompte, 1986, Derraz, 1993) reflètent également le passage précoce à un climat sec dès la marge occidentale de l'Atlas. Toutefois, les reliefs élevés à l'intérieur du massif peuvent constituer des "îles" d'humidité modérée, froide, en altitude, et même repousser vers l'est l'installation de la flore la plus typiquement aride ; c'est ce qu'observe Derraz au niveau du Moyen-Atlas septentrional, qui culmine à plus de 3 000 m. Certains de ces changements n'avaient pas échappé à Emberger (1939).

La disparition brutale sur la marge atlantique de l'Atlas de nombreuses espèces méditerranéennes et l'uniformisation de la flore établie à l'est expriment, sans doute, le franchissement d'un seuil d'insatisfaction hydrique. Le contraste saisissant des flores au vent et sous le vent océanique de cette marge, quoique localement masqué par la persistance d'un manteau forestier, témoigne sans conteste de la forte dissymétrie climatique des expositions correspondantes du fait de l'intensification orographique des pluies au vent puis de leur quasi-extinction sous le vent. Cette dissymétrie se manifeste également dans le Rif occidental, en faveur du versant sud-ouest et de la crête, où se limite l'influence de l'océan (El Alami, 1993). La figure 12, qui montre la disparition de la flore méditerranéenne au milieu du massif horizontal de Tamrabta, indiquerait d'ailleurs que la décroissance des pluies atlantiques (telle qu'elle n'est enregistrée malheureusement que beaucoup plus à l'est, à Midelt, fig. 11b), concomitante de cette disparition est rapide même en situation plane, comme cela a été observé sur le Haut-Languedoc (fig. 4).

Le régime méditerranéen des pluies ne peut qu'être altéré par l'écrêtage de celles-ci sur le bordure atlantique de l'Atlas. Le passage au climat de la zone tropicale aride, soumis à des circulations pluvieuses d'origines différentes

3 - Le transect botanique présente deux branches au N et à l'W du sommet du Lozère, orientés par les champs pluviométriques moyens. Seuls les résultats de la branche N (vers Langogne) sont ici pris en compte.



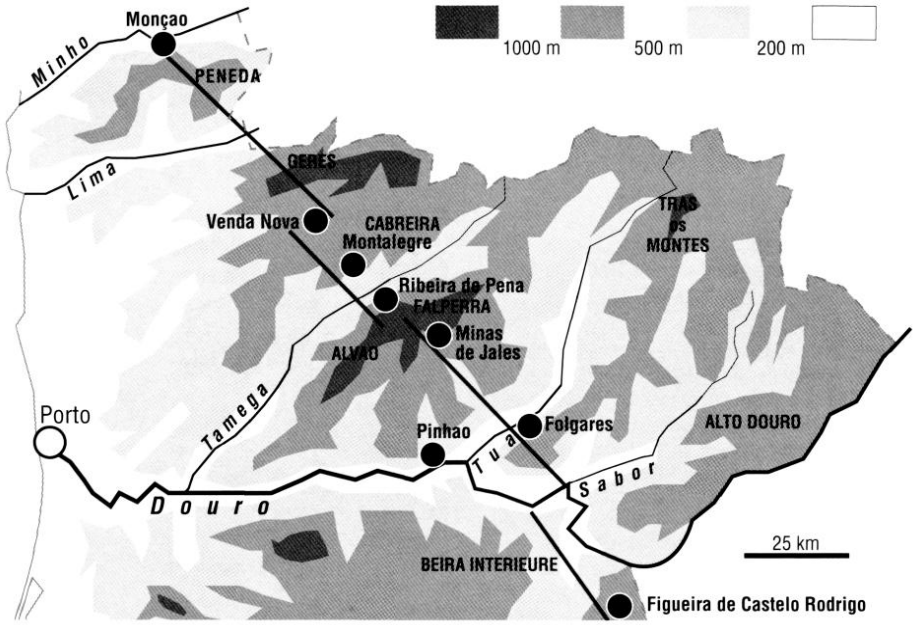


Figure 8a : Nord du Portugal. Situation du transect.

Figure 8b : Nord du Portugal : totaux de précipitations (normales 1951-1980, sauf Monçao, 1967-1980, et Minas de Jales, 1959-1980) et diagrammes ombrothermiques (Correia, 1994), du nord au sud et d'ouest en est.
Les précipitations apparaissent en histogrammes gris ; les échelles en traits blancs vont de 25 mm en 25 mm à partir de 0. Les températures apparaissent en courbes noires : les échelles en traits noirs vont de 10°C en 10°C à partir de 0. Les chiffres entre parenthèses à côté du nom de chaque localité donnent le total annuel des précipitations en mm.

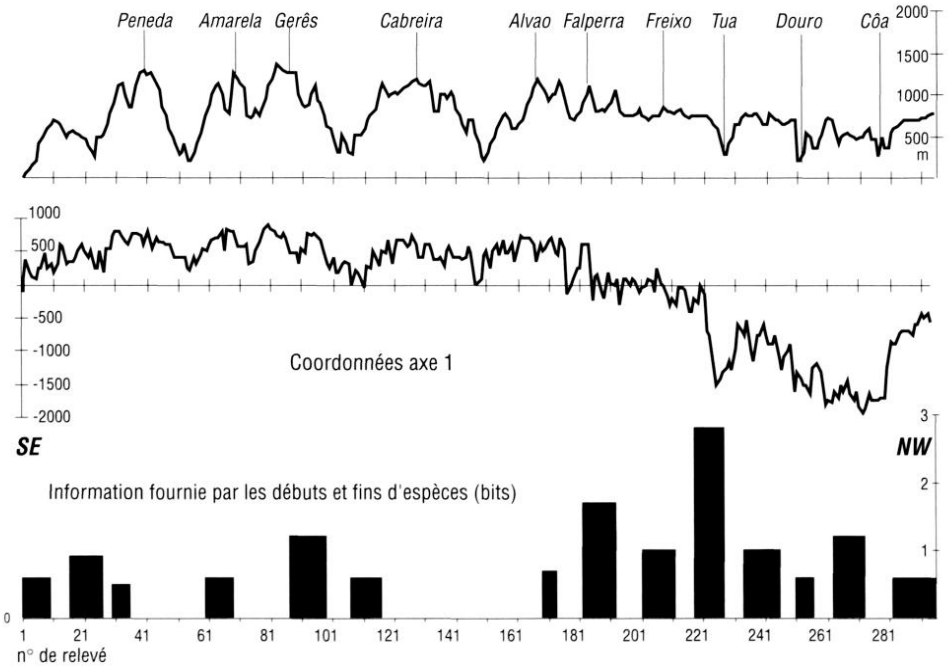
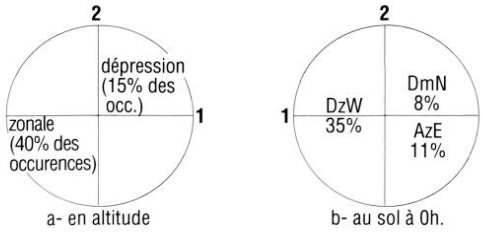


Figure 9 : Nord du Portugal. Variations du facteur principal 1 de l'analyse factorielle des correspondances de la flore vivace le long du transect, avec l'indication des plus fortes informations correspondant au renouvellement des espèces, en bits, selon une échelle logarithmique (Correia, 1994). La longueur unitaire des relevés est de 500 m.



AzE - Anticyclonique zonale de E
DmN - Dépressionnaire méridienne de NW, N ou NE
DzW - Dépressionnaire zonale de W

Figure 10 : Nord du Portugal.
Corrélations entre flux et situations aérologiques, et champs de précipitations quotidiens (1987-1989) "résumés" par les deux premiers facteurs de l'AFC (axes 1 et 2) de ces champs, individuellement non représentés. Ces corrélations sont d'autant plus fortes que les projections des flux et situations sur le graphique sont proches des axes et du cercle de corrélation max. = 1. L'axe 1 (= facteur 1) exprime l'opposition E-W des champs quotidiens de pluie (E à droite de l'axe, W à gauche). Il est corrélé positivement ou négativement, d'une part, à deux situations d'altitude (a) et d'autre part à trois types de circulation générale au sol (b). Ces résultats proviennent d'une analyse canonique des correspondances (ACC), qui constitue une variante explicative des analyses factorielles classiques (Correia, 1994).

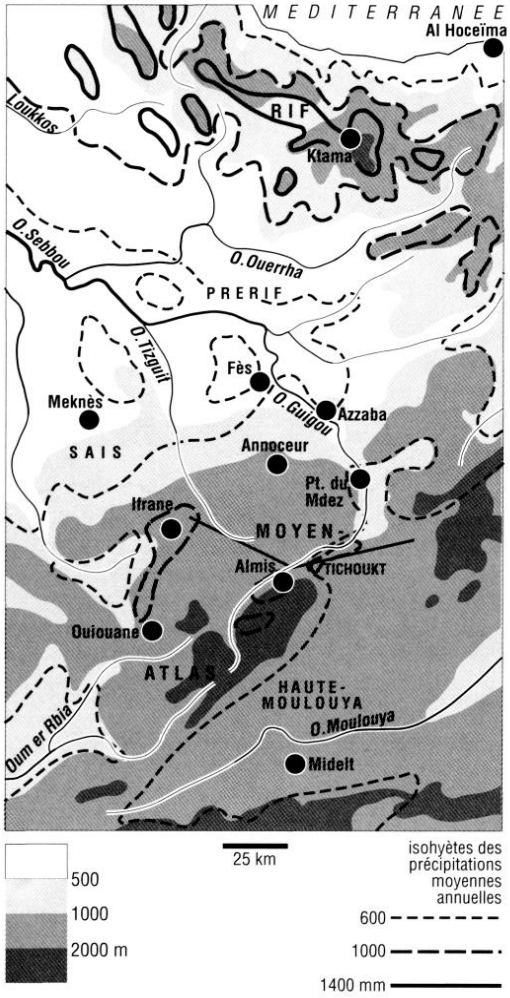


Figure 11a (ci-contre) : Moyen-Atlas. Localisation du transect étudié, des stations pluviométriques, et isohyètes moyennes d'après l'*Atlas du Maroc* (1963).

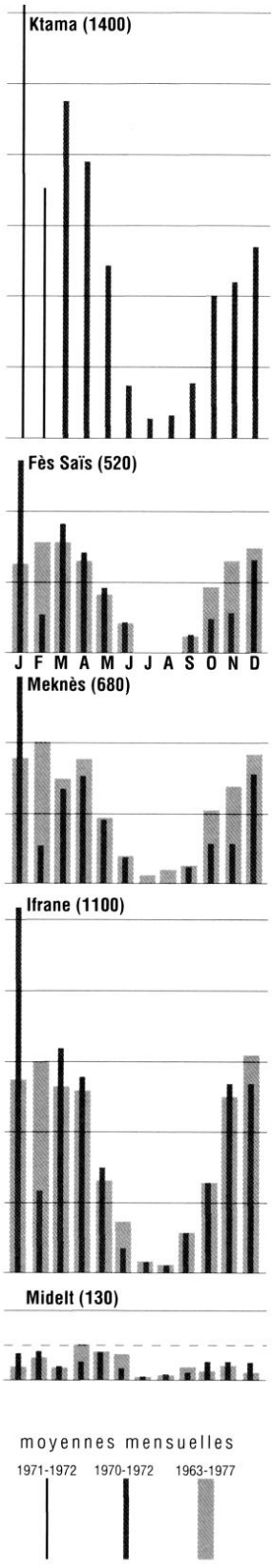


Figure 11b (ci-dessous) : Régimes mensuels moyens de pluie (Delannoy et Lecompte, 1980), du Nord au Sud et d'Ouest en Est. Les précipitations apparaissent en histogrammes ; les échelles en traits continus vont de 50 mm en 50 mm à partir de 0, en trait tireté : 25 mm Les chiffres entre parenthèses à côté du nom de chaque localité donnent le total annuel des précipitations en mm.

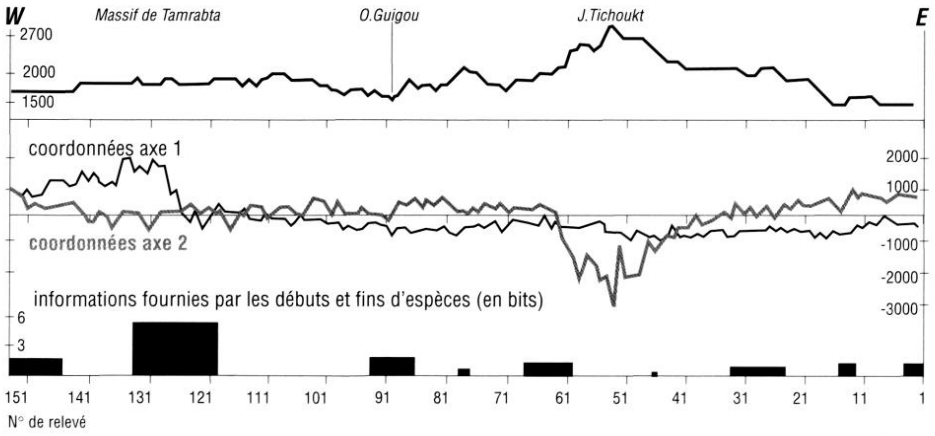


Figure 12 : Moyen-Atlas. Variations des facteurs principaux 1 et 2 de l'analyse factorielle des correspondances de la flore vivace le long du transect étudié, avec l'indication des plus fortes informations correspondant au renouvellement des espèces, en bits, selon une échelle logarithmique (Lecompte, 1986). La longueur unitaire des relevés est de 500 m.

(Delannoy et Pédelaborde, 1958, et fig. 13 : Midelt) s'effectuerait donc dès le franchissement de cette bordure, qui constitue plus généralement un secteur d'affrontement entre air atlantique et air subsident saharien (Delannoy et Lecompte, 1980). Le changement zonal coïncidant ici avec la diminution drastique des précipitations, le seuil d'insatisfaction hydrique de la végétation méditerranéenne se concrétiserait sur la limite climatique même du domaine méditerranéen, qui serait donc également de nature phytoclimatique.

Les observations climatiques récentes (non publiées) de Baccouche en Tunisie permettent, grâce à un réseau d'une densité inconnue au Maroc, de localiser avec précision le basculement du régime zonal des pluies. Celui-ci s'effectue au niveau de la dorsale atlasienne dominant la plaine de Kairouan, qui reçoit des pluies de flux opposés de N-NW et d'E-SE-S. Comparativement au cas du Moyen-Atlas marocain, la transition zonale est donc décalée vers la façade sud-orientale des massifs septentrionaux dont l'ensemble, montagnes et vallées, demeure, quant à lui, méditerranéen. Le passage au régime de la zone aride ne s'accompagne d'ailleurs pas d'une baisse significative du montant annuel des précipitations sur l'Atlas, et il est donc vraisemblable qu'il ne retentisse pas profondément sur la composition de la végétation... Point qui reste à vérifier.

SYNTHESE ET CONCLUSION

L'étude fine de transitions phytoclimatiques autour de la Méditerranée occidentale éclaire d'un jour nouveau les questions liées des limites de végétation et de climat : lien solide, mais souple. Les transitions de végétation à la périphérie ou au sein du domaine méditerranéen suggèrent l'existence de seuils hydriques, comme il en existe de thermiques, intéressant les végétaux en grand nombre : ainsi du seuil de satisfaction hydrique décelable à l'ouest et au nord du domaine, qui permet l'installation d'une flore mésophile. L'expression de ce seuil en hauteurs de pluies varie naturellement avec la chaleur ou le régime saisonnier car il est de nature biologique, intégrant en fait l'ensemble des éléments du bilan d'eau : l'analyse de ce bilan et celle de son retentissement écophysiologique compléteraient utilement l'approche bio-géographique présentée.

Symétrique du précédent est le seuil d'insatisfaction hydrique éprouvé par la végétation méditerranéenne au sud du domaine, que souligne une "révolution floristique" qui se résoud finalement dans la monotonie de la végétation aride, monotonie comparable à celle de la flore mésophile des plaines et moyennes montagnes tempérées. Rares sont ces révolutions botaniques et seuils associés, comme celles qui parachèvent sur chaque bord du domaine la longue transition méridienne de la flore méditerranéenne, et se

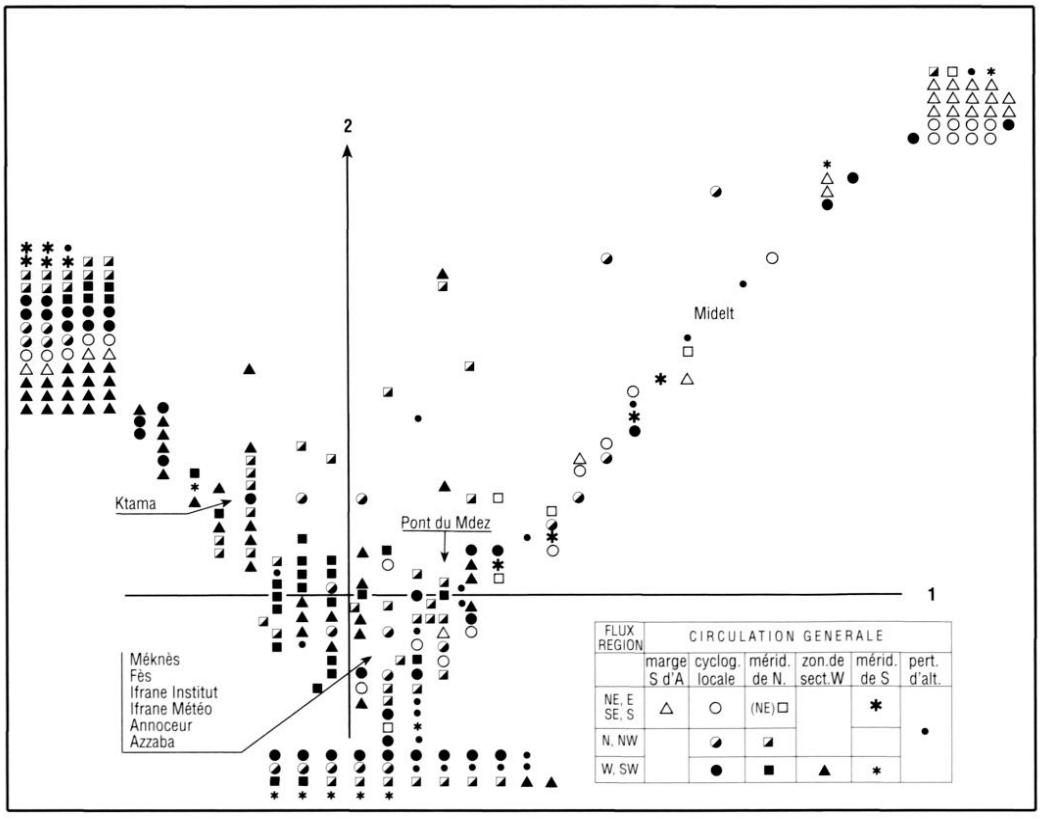


Figure 13 : Moyen-Atlas. Analyse factorielle des correspondances des précipi-tations quotidiennes (1970-1972). Distribution des champs spatiaux quotidiens sur le plan factoriel 1-2, et éléments de situations atmosphériques explicatifs de ces champs. Les journées spécifiquement arrosées sur chaque station se placent aux extrêmités du nuage proches de ces stations (Delannoy et Lecompte, 1980).

traduisent par la mise en place presque soudaine des flores des domaines contigus.

Cependant, les grands changements botaniques liés à l'approche et au franchissement des seuils biologiques ne reflètent pas forcément des changements climatiques majeurs. Des évènements insignes comme le basculement du régime zonal des précipitations, expression de phénomènes généraux de la circulation atmosphérique, peuvent passer inaperçus de la végétation. Le franchissement d'un seuil hydrique n'indique donc pas forcément une limite climatique, et ceci explique la vaine quête d'une définition phytoclimatique du pourtour méditerranéen. En fait, seuils hydriques et limites climatiques tantôt se superposent, comme dans l'Atlas ou dans les Cévennes, tantôt divergent, légèrement dans la Montagne Noire, catégoriquement au Portugal.

L'analyse détaillée des champs de pluie quotidiens orientés par les circulations générales a permis de préciser les relations géographiques entre seuils biologiques et limites climatiques. Cette analyse fait ressortir notamment l'opposition entre les domaines directement soumis aux dynamiques frontales des latitudes moyennes et les abris orographiques où dominent les averses d'instabilité verticale. C'est paradoxalement à la proximité de l'Océan atlantique que le Maroc doit de posséder une flore typiquement méditerranéenne, tandis qu'au Portugal, celle-ci ne s'installe qu'en échappant à son influence !

BIBLIOGRAPHIE

ALCOFORADO M.-J., ALEGRIA M.-F., RAMOS PEREIRA A., SIRGADO C., 1993, Dominios bioclimaticos em Portugal, definidos por comparaçao dos indices de Gaussen e de Emberger, Lisbonne, *Linha de acção de geografia fisica, relatorio 33*, Centro de Estudos Geograficos (rééd.).

ALEXANDRE F., 1996, *Entre Midis méditerranéen et atlantique, une transition phytoclimatique du Languedoc à l'Aquitaine*, Paris, Travaux du Laboratoire de Géographie physique, Université Paris VII - Denis-Diderot, 24, 175 p.

BRUNET R. (dir.), 1990, Le déchiffrement du monde. Livre premier du tome 1 (Mondes nouveaux) de la *Géographie universelle*, Paris, Hachette/Reclus/ C^{ie} financière de l'Union européenne, p. 9-271.

CORREIA A.I., 1994, *Fitoclimatologia dinâmica. Um estudo no norte de Portugal*, Thèse d'Etat de lettres, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, 250 p.

CORREIA A.I. et LECOMPTE M., 1997, Essai de phytoclimatologie dynamique sur le nord du Portugal et réflexion sur les climats méditerranéens portugais, *Finisterra*, XXXI, 61, p. 67-84.

DAGET Ph. et DAVID P., 1982, Essai de comparaison de diverses approches climatiques de la méditerranéité, *Ecolog. méditer.* VIII (1-2), p. 33-48.

DAVEAU S. *et al.*, 1977, Répartition et rythme des précipitations au Portugal, Lisbonne : *Memórias do Centro de Estudos geograficos*, 192 p. (2 cartes h.-t.).

DAVENPORT M.L. et NICHOLSON S.E., 1993, On the relation between rainfall and the Normalized difference Vegetation Index for diverse vegetation types in east Africa, *Int. J. Remote Sensing*, 14 (12), p. 2369-2389.

DELANNOY H. et PEDELABORDE P., 1958, Types de temps et pluies en Algérie, *Annales de Géographie*, 361, p. 216-244.

DELANNOY H., LECOMPTE M. et ROMANE F., 1979, Géographie des températures quotidiennes dans le Moyen-Atlas et ses bordures, *L'Espace Géographique*, 1, p. 25-40.

DELANNOY H. et LECOMPTE M., 1980, Utilisation de l'analyse factorielle des correspondances pour l'étude des précipitations quotidiennes : un exemple au Maroc, *Méditerranée*, 4, p. 29-36.

DERRAZ Kh., 1993, *Transition du climat méditerranéen au climat aride dans le Moyen-Atlas oriental marocain : étude phytoclimatique*, Thèse de doctorat, Université Paris VII - Denis-Diderot, 142 p.

DUPONT P., 1962, *Flore atlantique européenne. Introduction à l'étude du secteur ibéro-atlantique*, Thèse, Faculté des Sciences de Toulouse, 414 p.

DUPONT P., 1990, *Atlas partiel de la Flore de France*, Paris, Muséum d'histoire Naturelle (Coll. Patrimoines Naturels), 442 p.

EL ALAMI M., 1993, *Phytoclimatologie de la montagne marocaine : le Rif central*, Thèse de Doctorat, Université Paris VII - Denis-Diderot, 200 p.

EMBERGER L., 1939, Aperçu général sur la végétation du Maroc. Commentaire de la carte phyto-géographique du Maroc au 1/500 000^{e}, Zurich, *Veroff. Géobot. Inst. Rübel*, 14, et *Mém. Soc. Sc. Nat. et Phys. du Maroc*, h.s., p. 40-157.

ESTIENNE P., 1956, *Le climat du Massif Central*, Paris, Mémorial de la Météorologie Nationale, 43, 242 p.

GÉNIN A., 1997, *Les contacts entre domaines phytoclimatiques. Exemple de la bordure cévenole*, Paris, Travaux du Laboratoire de Géographie Physique, Université Paris VII - Denis-Diderot, 25, 185 p.

GODRON M., 1967, Les groupes écologiques imbriqués en écailles, *Œcol. plant.*, 3 (3), p. 185-212.

GODRON M., 1971, *Essai sur une approche probabiliste de l'écologie des végétaux*, Montpellier, Thèse de doctorat d'Etat, Université des Sciences et Techniques du Languedoc, 247 p.

LECOMPTE M., 1973, Analyse des rapports climat-végétation par une méthode d'échantillonnage continu, *Bull. Soc. Sc. Nat. et Phys. du Maroc*, Vol. 53, n° 1 et 2, p. 37-61.

LECOMPTE M., 1986, *Biogéographie de la montagne marocaine : le Moyen-Atlas central*, Paris, CNRS (Mémoires et Documents de Géographie), 202 p.

LECOMPTE M., 1987, Essai de phytoclimatologie dans le Moyen-Atlas marocain, *Acta oecologica* (Oecol. Gener.), Vol. 8, n° 4, p. 523-535.

LECOMPTE M., 1988, La phytoclimatologie dynamique : une approche différente de la nature du climat , *L'espace géographique*, 2, p. 109-121

LECOMPTE M., 1989, La question des limites climatiques à travers la climatologie et la phytoclimatologie dynamiques, *La Météorologie*, 7ème sér., 29, p. 3-8.

LECOMPTE M., 1990, Une théorie des limites climatiques et phytoclimatiques pour la France, *Revue de Géographie de Lyon*, Vol. 65, n°2, p. 59-62.

LECOMPTE M. et ALEXANDRE F., 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, p. 261-272.

MOUNIER J., 1979, *Les climats océaniques des régions atlantiques de l'Espagne et du Portugal. Contribution synoptique à la géographie des climats humides des latitudes moyennes*, Paris-Toulouse, Honoré-Champion, 1 221 p. (3 vol.)

POCCARD I. et RICHARD Y., 1996, *Relations N.D.V.I. / pluie en Afrique*, Communication au 9e colloque de l'Association Internationale de Climatologie (11-14 septembre 1996, Strasbourg).

RAMEAU J.-C., MANSION D., DUME G., 1989, 1993, *Flore forestière française. Guide écologique illustré, Tome 1 : Plaines et collines, Tome 2 : Montagnes*, Paris, Institut pour le Développement forestier, 1 785 et 2 421 p.

RUIZ ZAPATA B., CORREIA A-I, DAVEAU S., LECOMPTE M., 1993, Datos preliminares sobre la evolución de la vegetación en la Sierras del Noroeste de portugal durante el Holoceno, *3a reunião do Quaternarió ibérico* (27 septembre au 1er octobre 1993, Coimbra).

RUIZ ZAPATA B., CORREIA A-I, DAVEAU S., LECOMPTE M., 1994, Dinámica de la vegetación durante los últimos 3 000 años en la Sierra de Peneda (noroeste de portugal) en base el análisis polínico, *Trabajos de Palinologia básica e aplicada, Actas X simposio de Palinología (APLE)*, Valence, p. 263-275.

SELTZER P., 1946, *Le climat de l'Algérie*, Alger, Institut de Physique du Globe de l'Algérie, 219 p.

THIÉBAUT 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.

adresse des auteurs :
Université Paris VII-Denis Diderot
Section de Géographie,
IUFR de Géographie,
Histoire et Sciences de la Société,
Tour 34-44, case 7001,
2 place Jussieu,
75251 Paris cedex 05

Université de Tours
Département de Géographie, Faculté de Droit, d'Economie et de Sciences Sociales, 50 avenue Jean Portalis,
Technopole, BP 0607
37206 Tours cedex 03