NOUVELLE SYNTHESE BIOCLIMATIQUE DES MILIEUX MEDITERRANEENS. APPLICATION AU MAROC SEPTENTRIONAL

A NEW BIOCLIMATIC SYNTHESIS OF MEDITERRANEAN ENVIRONMENTS APPLICATION TO NORTHERN MOROCCO

Richard MICHALET*

Introduction	61
I - Modification de la formule de GAMS (1932)	64
II - Application cartographique au Maroc septentrional de l'angle de GAMS (1932) modifié MICHALET (1991)	
III - Signification de l'indice de GAMS en climat méditerranéen	67
IV - Intérêt biologique	
Conclusion	
Bibliographie	

NOUVELLE SYNTHESE BIOCLIMATIQUE DES MILIEUX MEDITERRANEENS. APPLICATION AU MAROC SEPTENTRIONAL

A NEW BIOCLIMATIC SYNTHESIS OF MEDITERRANEAN ENVIRONMENTS APPLICATION TO NORTHERN MOROCCO

Richard MICHALET*

Introduction	6
I - Modification de la formule de GAMS (1932)	. 64
II - Application cartographique au Maroc septentrional de l'angle de GAMS (1932) modifié MICHALET (1991)	6
III - Signification de l'indice de GAMS en climat méditerranéen	. 6'
IV - Intérêt biologique	. 70
Conclusion.	. 7'
Bibliographie	. 7

RESUME.-Il est proposé une nouvelle approche bioclimatique des milieux méditerranéens, basée sur la notion de continentalité hydrique relative et s'appuyant sur l'utilisation de trois outils majeurs :

- une formule climatique, déjà utilisée dans les Alpes (GAMS, 1932) au-delà de 900 mètres, mais modifiée pour permettre son application à toute altitude,
- la cartographie de l'indice modifié de GAMS découpant le Maroc septentrional en six domaines climatiques,
- un climagramme à trois dimensions (altitude, indice de GAMS modifié et bioclimats d'EMBERGER 1930) donnant les gradients bioclimatiques altitudinaux dans chaque domaine.

Le climagramme tridimensionnel permet un suivi synthétique des variations du contenu biologique des étages de végétation, dont les limites altitudinales sont précisées à l'aide de décalages relatifs à la latitude et au degré d'aridité des massifs concernés.

MOTS-CLES.- Climat méditerranéen, Maroc, étages de végétation, continentalité.

SUMMARY.- A new mediterranean bioclimatic approach founded on the relative hydric continentality notion is proposed by using three principle tools:

- a climatic index, yet used in Alps mountains (GAMS, 1932) over 900 meters, but modified for its application at low altitude,
- a cartography of modified GAMS index, subdividing northern Morocco in six climatic areas,
- a three dimensionnal climagram (altitude, modified GAMS index, and EMBERGER bioclimatic "levels") giving the bioclimatic gradients in every climatic area.

The tridimensionnal climagram allows a synthetical analysis of vegetation levels biological contents. Their limits are precised with altitudinal schifts due to latitude and aridity thermic effects of studied massifs.

KEY-WORDS.- Mediterranean climate, Morocco, vegetation levels, continentality.

^{*} Université Joseph Fourier Grenoble I, Laboratoire de Biologie Alpine, BP 53X - 38041 GRENOBLE CEDEX (France).

INTRODUCTION

La confrontation de nombreux travaux sur les relations végétation-climat en région méditerranéenne, et tout particulièrement au Maroc, nous a incités, dans un premier temps, à une réflexion d'ensemble sur les fondements des notions d'étage bioclimatique, d'étage de végétation. Dans un second temps, nous introduirons des propositions nouvelles, susceptibles de généralisation et s'appuyant sur la notion de continentalité relative à un climat donné.

- Rappel bibliographique : le concept d'étagement bioclimatique et de la végétation en région méditerranéenne.

Dans ces régions, les études purement climatiques sont, certes, importantes (DEBRACH, 1953; GAUSSEN et al., 1958; ISNARD, 1958; VIART, 1969; etc.), mais la majorité des travaux est d'ordre bioclimatique, mettant l'accent sur les relations végétation-climat, dont la typologie d'EMBERGER (1930-1955), revue et appliquée à l'ensemble méditerranéen (LONG, 1954; GOUNOT, 1958; LE HOUEROU, 1959-1990; SAUVAGE, 1963; BORTOLI et al., 1969; AKMAN et DAGET, 1971; DAGET, 1977-1984; DONADIEU, 1977; DAGET et DAVID, 1982; etc.).

Suite aux travaux de MAIRE (1924) et HUMBERT (1924), EMBERGER (1936) remettait en cause le principe de la succession altitudinale des étages de végétation, classiquement adopté en Europe depuis FLAHAULT (1897) et proposait une définition bioclimatique de l'étage, affranchie de l'altitude et fondée sur la combinaison graphique du degré d'aridité du climat (évalué annuellement à l'aide de son quotient pluviothermique, Q2 en ordonnée) et de la rigueur hivernale (évaluée à l'aide de la moyenne des minimas du mois le plus froid, en abscisse).

OZENDA (1975) et ACHHAL et al. (1980) proposèrent de limiter le terme d'étage à des unités se succédant verticalement et d'appeler zones les niveaux d'EMBERGER se succédant également horizontalement. Pour OZENDA (1975), l'étage est défini comme "un ensemble de groupements végétaux réunis par une affinité écologique dans une même tranche d'altitude", la température restant le facteur climatique prépondérant, même en climat méditerranéen où les paramètres du régime hydrique sont très importants. Cette définition thermique (et biologique) nécessite bien sûr des décalages altitudinaux des étages de végétation en relation avec la latitude des massifs considérés, décalage chiffré par OZENDA (1975) à 100 m par degré de latitude.

Une nomenclature des étages, propre aux montagnes méditerranéennes, s'élabore ainsi avec simplement quelques variations dans les appellations selon les auteurs (tableau I). Une correspondance entre les étages et les variantes thermiques (m) du système d'EMBERGER (tableau I) est admise par de nombreux auteurs (AKMAN et al., 1978; ABI-SALEH, 1978; DONADIEU. 1977: PEYRE, 1979; **RIVAS-**MARTINEZ, 1982). Néanmoins elle semble limitée aux massifs où prédominent les bioclimats subhumide à perhumide, les m s'abaissant sensiblement en bioclimats semi-aride et aride.

TABLEAU I.correspondances méditerranéennes méditerranéennes modifié*).

Les étages de végétation et leurs dans les montagnes montagnes modifié*.

1982

,	Critères 1	hermiques	Etages de végétation				
т	m	DAGET (1977b)	QUEZEL (1979)	OZENDA (1975)	RIVAS-MARTINEZ		
	-11	HIVERS	Ahi-				
	-10	Extrêmement	méditerranéen	Ahi-	Cryoro-		
	-9	froid	Oro-	méditerranéen	méditerranéen		
	-8		méditerranéen				
	-7			1			
	-6			ì			
	-5	Très	Montagnard	Oro-	Oro-		
	-4	froid	méditerranéen	méditerranéen	méditerranéen		
8	-3				1		
	-2		Supra-	Supra-	Supra-		
	-1	Froid	méditerranéen	méditerranéen	méditerranéen		
12	0						
	1		Méso-	Méso-	Méso-		
	2	Frais	méditerranéen	méditerranéen	méditerranéen		
16	3			i			
	4						
	5	Tempéré		1			
	6		Thermo-	Thermo-	Thermo		
	7		méditerranéen	méditerranéen	méditerranéen		
	8						
	9	Chaud	Infra-	İ	Infra-		
			méditerranéen	Tropical	méditerranéen		

Cette absence de correspondance générale entre la zonation altitudinale de la végétation et les variantes thermiques d'EMBERGER (m) a amené ACHHAL et al. (1980) à proposer une définition biologique de l'étage, basée sur "les caractères floristiques et phytosociologiques des groupements qui s'y individualisent". Sur ces bases, des modifications de nomenclature sont proposées, lorsque le contenu biologique de l'étage est bouleversé à la faveur de changements hydriques, influant sur les types biologiques et chorologiques. C'est le cas de l'étage méditerranéen supérieur (équivalent du supraméditerranéen en bioclimats secs ACHHAL et al., 1980), des étages intra-atlasiques (équivalents des étages thermo- et mésoméditerranéens en situation ACHHAL, 1979 et 1986). On peut rappeler que dans les montagnes axériques, pour des raisons tout à fait équivalentes, DUPIAS (1985) a distingué un étage atlantique dans les Pyrénées occidentales, OZENDA (1975) et GEHU et al. (1984) le considèrant plutôt comme un sous-type océanique de l'étage collinéen.

On constate donc pour conclure un certain flou dans les limites conceptuelles de la notion d'étage de

végétation, qui réside en partie dans l'actuelle imprécision de la perception des variations strictement horizontales du climat dans les milieux méditerranéens. En effet, si les étages sont censés se succéder verticalement, les zones bioclimatiques d'EMBERGER s'organisent entre elles à la fois horizontalement et verticalement, soit obliquement, comme le suggère très bien BENABID (1982a) dans un schéma reproduit figure 1 et donnant la position bioclimatique des différentes séries et étages de végétation du Rif. La dimension horizontale, introduite par BENABID, correspond à un gradient de continentalité hydrique relative, lié à un effet d'abri de certains versants du Rif. Avant de développer cette notion nouvelle, il est nécessaire de préciser celle de continentalité absolue.

- La continentalité et le climat méditerranéen.

La continentalité d'un climat résulte de la combinaison de facteurs hydriques et thermiques

interactifs (PAGNEY, 1976). Avec DAGET (1968) nous distinguerons:

- la continentalité pluviale caractérisée par la concentration estivale des précipitations (hiver déficitaire) et mesurée par l'indice d'ANGOT (1906), rapport C des précipitations des six mois les plus chauds à celles des six mois les plus froids;
- la continentalité thermique définie par la concentration estivale des températures évaluée à l'aide du coefficient de GORCZINSKI (1920) modifié DAGET (1968)

$$K' = \frac{1.7 \text{ A}}{\sin{(\gamma + 10 + 9 \text{ h})}} - 14$$

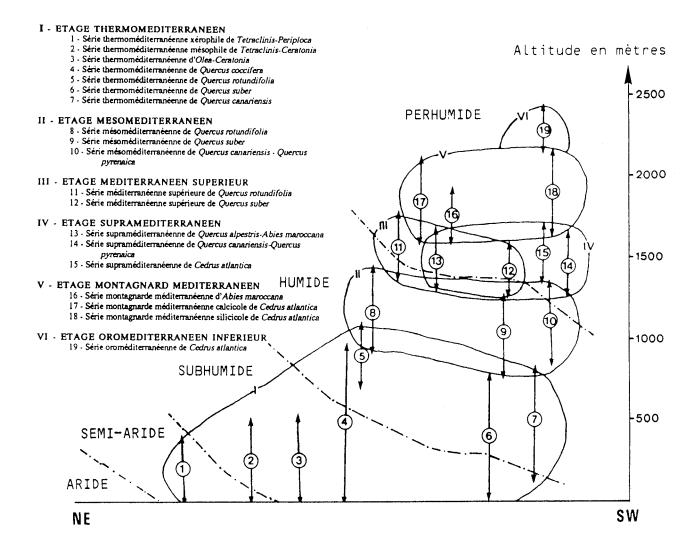


Fig. 1.- Situation bioclimatique des séries de végétation dans le Rif centro-occidental (d'après BENABID, 1982a, modifié).

où A = amplitude thermique annuelle moyenne en degrés Celsius, γ = latitude en degrés d'arc, h = altitude en kilomètres.

Un climat est continental (ou semi-continental) lorsque C est supérieur à 1 et K' supérieur à 25. En climat tempéré axérique (Europe du nord par exemple), les deux continentalités sont associées et la continentalité thermique est particulièrement déterminante au niveau biologique, les importantes amplitudes thermiques annuelles étant conditionnées avant tout par la rigueur nivernale.

En climat méditerranéen, il paraît illusoire de vouloir évoquer une continentalité pluviale, étant donné le déficit estival caractérisant ce climat; l'indice d'ANGOT est toujours inférieur à 1. Par contre, au niveau thermique, le climat méditerranéen étant par nature fortement contrasté, les amplitudes annuelles sont importantes, sauf le long des côtes (DEBRACH, 1953; SAUVAGE, 1963). Néanmoins, ces fortes amplitudes thermiques étant avant tout dépendantes de l'importance des températures estivales, elles sont peu déterminantes pour la végétation en tant que facteur thermique. En revanche, elles jouent un rôle important dans l'accentuation de l'aridité comme a pu le montrer EMBERGER (1930) avec son quotient pluviothermique.

- La continentalité relative et le système de GAMS (1932).

La continentalité thermique ayant peu d'intérêt biologique en tant que telle et la continentalité pluviale étant inexistante au sens d'ANGOT (1906), doit-on toujours s'attacher uniquement à l'aridité en climat méditerranéen pour expliquer le tapis végétal comme l'ont fait BAGNOULS et GAUSSEN (1953), EMBERGER (1930) et SAUVAGE (1963) ? Si l'on en croit LECOMPTE (1969) et PEYRE (1979 et 1983), il existe pourtant au sein des montagnes marocaines un gradient de continentalité très marqué et particulièrement déterminant pour la végétation PEYRE (1979 et 1983) décrit au sein des Atlas des zones climatiques dites internes et caractérisées par un affaiblissement du gradient ombrique altitudinal, de par leur position d'abri derrière des massifs externes plus arrosés qu'il appelle océaniques. Il s'agit donc d'une continentalité pluviale relative au climat méditerranéen (figure 1).

Hélas, la typologie de PEYRE, basée sur des observations de la dynamique des masses nuageuses et des durées d'enneigement, est qualitative et donc subjective. Néanmoins, il existe depuis 1932 une méthode, testée par GAMS (1932) dans les Alpes orientales, permettant de quantifier précisément ces gradients ombriques altitudinaux et ainsi de mesurer la continentalité relative à un climat donné. Ces gradients sont évalués à l'aide de l'angle α que fait la courbe

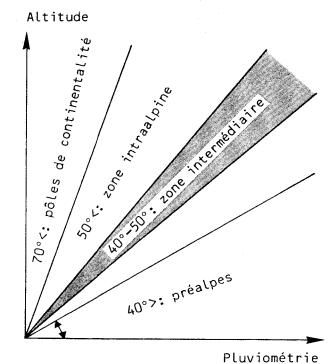


Fig. 2.- L'indice de GAMS (1932) et les domaines climatiques dans les Alpes (d'après OZENDA, 1981).

ombrique altitudinale du massif concerné avec l'axe des abscisses (pluviométrie) sur la figure 2 et dont la cotangente a pour valeur le rapport P/A.

Aux angles élevés (rapports P/A faibles) correspondent les domaines dits internes et, inversement, les domaines externes (océaniques de PEYRE) sont définis par des angles faibles. Si cette méthode, affranchie de l'altitude, s'est avérée très efficace en biogéographie alpine (OZENDA, 1966 et 1981; RICHARD et PAUTOU, 1982; RICHARD, 1985) et pyrénéenne (IZARD et al., 1985; DEVAU, 1987), elle suscite un certain nombre de réserves plus ou moins limitatives:

- au niveau de l'appellation "indice de continentalité hydrique", il faut préciser sa relativité au climat étudié. En effet, IZARD et al. (1985) ont montré que dans les Pyrénées, comme c'est d'ailleurs également le cas dans les Alpes, cet effet d'abri vient se superposer à un climat général qui peut être aussi bien océanique que méditerranéen ou même continental. Les zones internes ne sont donc pas toujours continentales au sens premier du terme,
- en second lieu, comme le soulignent leurs utilisateurs, cet indice ne peut être appliqué à une altitude inférieure à 800-900 m, les angles obtenus devenant très faibles en plaines, indépendamment de la position climatique des stations,
- enfin, l'indice annuel doit être utilisé dans une région à régime pluviométrique défini pour garder

une signification constante, un indice élevé pouvant être dû, dans les Alpes du sud, à la sècheresse estivale (régime méditerranéen), dans les Alpes orientales au déficit ombrique hivernal (régime continental).

Avant d'exposer l'application du système de GAMS au Maroc septentrional, nous présenterons une formule modifiée permettant une généralisation de la méthode aux basses altitudes.

I - MODIFICATION DE LA FORMULE DE GAMS (1932).

Sur la figure 3, nous avons représenté en trait continu la courbe ombrique d'un massif alpin situé en domaine intermédiaire (α = 45°). Au-dessus de 900 m, la courbe est linéaire. Par contre en-dessous de 900 m, la pluviométrie tendant vers un chiffre non nul, alors que l'altitude tend vers le niveau 0, la courbe s'incurve et on obtient ainsi des angles de GAMS de plus en plus faibles. Pour obtenir un angle constant, il faut que les stations s'alignent sur la droite théorique, en trait interrompu, passant par l'origine. Il faut donc retrancher une quantité de pluviométrie d'autant plus importante que l'altitude s'abaisse en-dessous de 900 m.

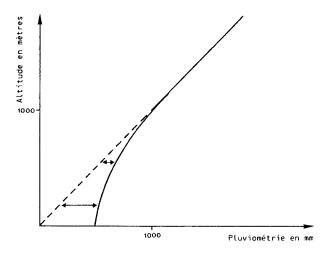


Fig. 3.- Courbes ombriques théorique (en trait interrompu) et réelle, d'un domaine intermédiaire dans les Alpes.

Sur la figure 4, nous avons représenté ces mêmes courbes (théorique et réelle) pour deux massifs, l'un externe ($\alpha = \pm 30^{\circ}$), l'autre interne ($\alpha = \pm 70^{\circ}$) dans les Alpes toujours. L'écart entre les deux courbes, à altitude égale, est d'autant plus important que la pluviométrie augmente.

Nous avons ainsi obtenu, après plusieurs essais, la formule suivante intégrant cette double proportionalité

$$Cotg \alpha = \frac{P - \frac{900 - A}{100} \times \frac{P}{10}}{A}$$

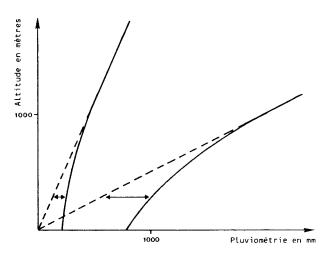


Fig. 4.- Courbes ombriques, théoriques (en trait interrompu) et réelles, d'un domaine interne ($\alpha \pm 70^{\circ}$) et d'un domaine externe ($\alpha \pm 30^{\circ}$) dans les Alpes.

Ainsi à 800 m d'altitude, il faut retrancher 10 % de la pluviométrie, à 700 m 20 %, à 600 m 30 %, etc. En-dessous de 100 m, la pluviométrie devient quasi constante mais la baisse altitudinale provoque une augmentation exponentielle du rapport P/A. Nous avons donc fixé arbitrairement à 100 m l'altitude des stations inférieures à 100 m, pour le calcul de leur valeur angulaire. Les figures 5 et 6 montrent l'efficacité de la formule en régression linéaire pour l'ensemble des domaines climatiques du Maroc.

II - APPLICATION CARTOGRAPHIQUE AU MAROC SEPTENTRIONAL DE L'ANGLE DE GAMS (1932) MODIFIE MICHALET (1991).

1 - Orographie, origine et intensité des précipitations au Maroc septentrional.

Pour saisir l'articulation des différents domaines climatiques définis au Maroc, il est nécessaire de connaître les traits essentiels de l'orographie du pays ainsi que l'origine et la direction des flux dépressionaires dominants.

Sur la figure 7, on retrouvera les chaînes montagneuses suivantes :

- Le Rif, qui est un massif peu élevé (2400 m) mais à relief vigoureux, bordant la Méditerranée en forme de croissant concave vers le nord. On distingue au sud une zone prérifaine d'altitude plus modeste, 1600 m environ.
- De l'extrémité orientale du Rif jusqu'à l'océan Atlantique, au niveau d'Agadir, s'étendent le Moyen-Atlas, le Haut-Atlas central et le Haut-Atlas occidental, culminants entre 3000 et 4000 m. On peut distinguer dans cet ensemble une ligne de premiers

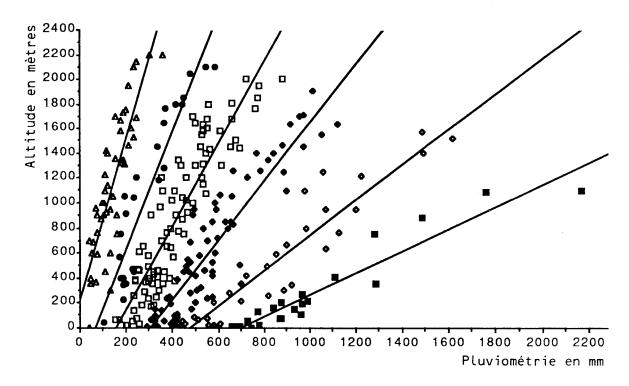


Fig. 5.- Application de la formule de GAMS (1932) au Maroc septentrional ■ externe accentué, ♦ externe moyen, ◆ externe atténué, □ interme atténué, △ interne accentué.

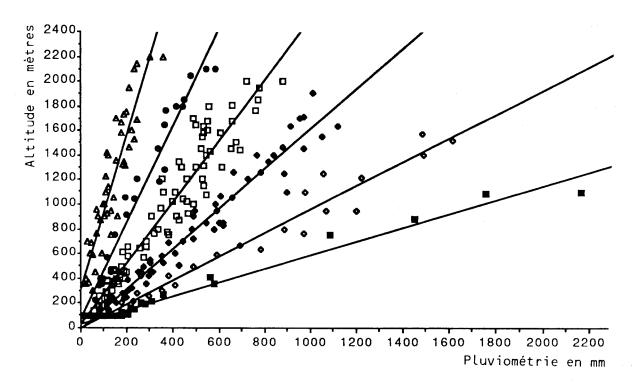


Fig. 6.- Application de la formule de GAMS (1932) modifiée MICHALET (1991) au Maroc septentrional.

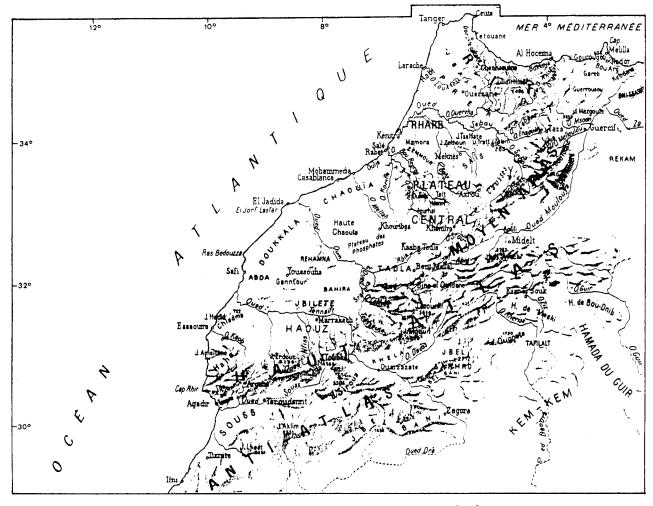


Fig. 7.- Les massifs montagneux du Maroc septentrional.

reliefs généralement modestes (dir) bordant les plaines occidentales, suivie de reliefs secondaires plus élevés. Entre ces derniers sommets et l'axe culminant des Atlas s'organisent de profondes vallées internes plus ou moins encaissées.

- En arrière de cet ensemble atlasique occidental, on distingue au nord-est le Haut-Atlas oriental séparé du Moyen-Atlas par la haute vallée de la Moulouya, l'Anti-Atlas atteignant l'océan au sud-ouest et séparé du Haut-Atlas occidental par la vallée du Souss.

- Enfin entre l'océan Atlantique, au niveau de Rabat-Casablanca et le Moyen-Atlas émerge parmi les plaines occidentales le modeste Plateau Central (1200 m environ).

Les flux dépressionnaires très largement dominants proviennent du nord-ouest du pays. Leur activité, essentiellement hivernale, est conditionnée par la descente du front polaire aux basses latitudes. Inversement en été et également en fin de printemps au Maroc occidento-méridional, la remontée de l'anticyclone des Açores contrecarre l'activité du front polaire (VIART, 1969). Contairement aux cas de

l'Algérie, de la Tunisie et du Proche-Orient, les pluies d'origine méditerranéenne sont peu importantes au Maroc.

En conséquence, les maximums pluviométriques sont localisés en plaines au Maroc cisatlasique et en altitude sur les premiers reliefs occidentaux des Atlas (dir) et surtout du versant sud-ouest du Rif. Les zones "sous le vent" sont à l'opposé nettement déficitaires, ensemble transatlasique, vallées internes atlasiques, versant méditerranéen du Rif, Maroc oriental. En l'absence d'effet d'abri orographique, les plaines sud-occidentales (Souss, Haouz, Tadla) sont moins arrosées que les plaines nord-occidentales (Rharb, Sais et Chaouia) étant donné l'affaiblissement de l'activité du front polaire vers le sud.

2 - La carte des domaines climatiques.

Grâce à l'apport de la formule modifiée, nous avons pu disposer d'un nombre suffisamment important de stations (294), nous permettant de découper plus finement les trois unités classiquement utilisées dans les Alpes en six domaines.

Remarque: Nous avons utilisé pour 162 stations les données de la série 33-63 figurant en grande majorité dans le travail de DONADIEU (1979) (provenant de la carte des précipitations du Maroc, 1973, MARA, DMV, Direction de l'hydraulique du Maroc) et pour quelques-unes seulement dans celui de LE HOUEROU (1990). Quarante-six postes ont été utilisés sur la série 25-49 (DEBRACH et al., 1956, in GAUSSEN et al., 1958), étant donné que nous ne disposions pas des données les concernant sur la série précédente. Enfin les données de 88 stations ont été reprises dans divers travaux d'écologie végétale ou directement calculées par nous à partir des renseignements fournis année par année par les stations forestières. Pour ces deux derniers types de stations, la durée d'observation est généralement comprise entre 7 et 25 ans. Cette méthode de travail est bien sûr critiquable car toutes les données ne sont pas comparables au niveau des séries et pour certaines stations la durée d'observation est trop courte. Néanmoins, étant donné l'échelle à laquelle nous avons travaillé (1/4 000 000c) l'erreur est faible. En effet la majorité (près des deux tiers) des stations corespondent à des observations sûres. Sur une vingtaine d'autres (moins de 10 %) les observations peuvent être entachées d'une erreur de l'ordre de 20 %, soit une erreur de 10 à 15 % sur l'angle de GAMS. Or, l'examen des valeurs angulaires indiquées sur la carte ne semble pas montrer d'écart aussi important entre des stations proches. Nous avons donc pensé qu'il était préférable, pour le tracé de la carte, d'utiliser un nombre important de stations. L'imprécision du tracé des limites des zones climatiques aurait été plus importante avec seulement les 162 stations de la série 33-63.

Nous avons conservé les appellations alpines des domaines pour des raisons qui seront évoquées plus loin. Les limites angulaires des domaines, différentes bien sûr de celles utilisées dans les Alpes, ont été choisies, d'une part à des niveaux correspondant à des coupures climatiques nettes (crêtes par exemple), et d'autre part en fonction de la répartition d'espèces majeures des formations végétales marocaines (cèdre, thuya de Barbarie, etc.). Le tracé des limites a été effectué en tenant compte en premier lieu des valeurs angulaires et secondairement à l'aide du relief et de la carte des précipitations annuelles de GAUSSEN et al. (1958). Il est clair que dans certains massifs (Anti-Atlas, Haut-Atlas oriental), les limites restent imprécises étant donné la rareté des postes climatiques.

Comme traits marquants de cette carte, nous retiendrons :

- la localisation exclusive du domaine externe accentué dans le Prérif occidental.
- la continuité au nord du Jbel Amsittène des domaines **externes** sur les côtes atlantique et méditerranéenne,
- la persistance du domaine externe atténué sur les piémonts atlasiques de Taza au sud de

Marrakech,

- le fait que si le passage de la zone intermédiaire à la zone interne atténuée s'effectue dans le Moyen-Atlas au niveau de l'axe de la chaîne, il est plus précoce dans le Haut-Atlas, dès les seconds reliefs,
- le domaine **interne accentué** englobe l'ensemble transatlasique et la majeure partie des sommets haut-atlasiques et anti-atlasiques.

III - SIGNIFICATION DE L'INDICE DE GAMS EN CLIMAT MEDITERRANEEN.

1 - Relation avec le système d'EMBERGER

Nous avons placé dans un climagramme (associant l'angle de GAMS modifié et l'altitude) toutes les stations connues paramétriquement (Q2, m) dans le système d'EMBERGER (1932) modifié par GOUNOT (1958) (in AKMAN et DAGET, 1971). On observe alors que les limites bioclimatiques d'EMBERGER sont obliques par rapport aux domaines de GAMS comme le suggérait le schéma de BENABID (1982a) (fig. 1). Ainsi, chaque domaine climatique de GAMS est constitué d'une succession altitudinale des zones d'EMBERGER qui lui est propre. On peut donc dire que l'indice de GAMS modifié est un indice d'aridité altitudinal (au sens d'EMBERGER, c'est-à-dire mesurée annuellement) au Maroc septentrional et sans doute dans l'ensemble des régions méditerranéennes.

2 - La continentalité hydrique relative.

L'examen des répartitions mensuelles de pluies, représentées pour quelques stations des divers domaines climatiques dans les figures 8 et 9, permet de constater un net affaiblissement des précipitations hivernales depuis les domaines externes jusqu'aux domaines internes. L'étude en régression polynomiale de cette baisse pluviale hivernale pour 37 stations le confirme nettement (figure 10). La figure 11 montre que cette baisse hivernale est compensée par une augmentation des précipitations estivales s.l., les valeurs printanières et automnales étant globalement constantes.

Néanmoins, sur les deux figures, neuf stations, toutes localisées au Maroc occidento-méridional, se rangent sur une courbe décalée, de l'ordre de 15° à 20° d'angle de GAMS, de la courbe générale des autres stations marocaines. Ce décalage s'explique par un plus fort déficit pluvial estival (situation très méridionale, à moindre activité du front polaire en fin de printemps), abaissant le total pluviométrique annuel de ces stations et leur conférant ainsi des valeurs angulaires élevées, malgré l'importance des précipitations hivernales (fig.9).

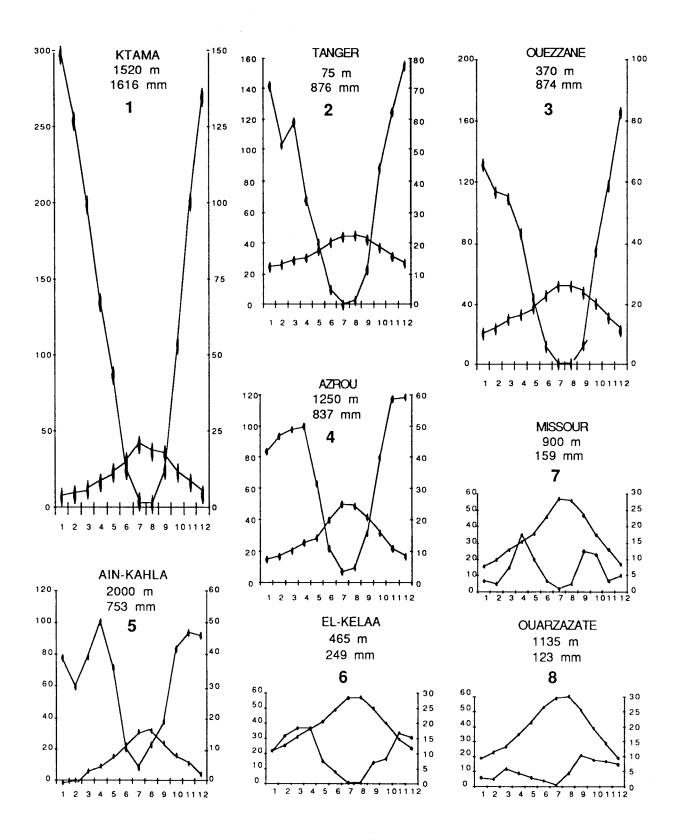
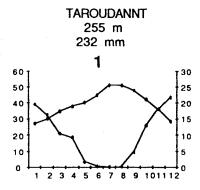
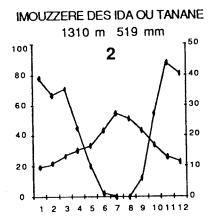
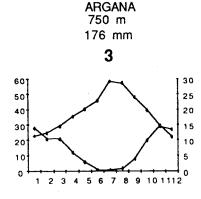


Fig. 8.- Diagrammes ombrothermiques de stations des domaines, externes accentué et moyen (1, 2, 3), externe atténué et intermédiaire (sous-domaine continental 4, 5, 6) et internes (sous-domaines continentaux 7 et 8).







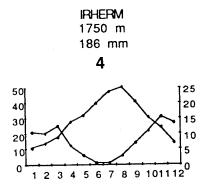


Fig. 9.- Diagrammes ombrothermiques de stations des sousdomaines à régime océanique des domaines intermédiaire (1 et 2) et internes (3 et 4).

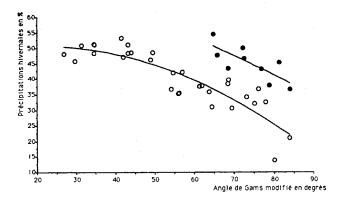


Fig. 10.- Importance des précipitations hivernales (en % des précipitations annuelles) en fonction de l'angle de GAMS modifié stations du Maroc occidento-méridional.

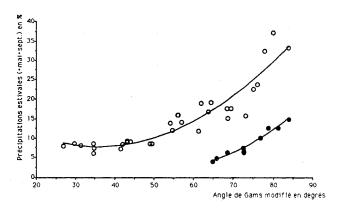


Fig. 11.- Importance des précipitations estivales s.l. (en % des précipitations annuelles) en fonction de l'angle de GAMS modifié stations du Maroc occidento-méridional.

3 - Evolution des variables thermiques.

Mis à part le cas des stations littorales précédemment évoqué, nous avons pu montrer (MICHALET, 1991) une augmentation de l'amplitude annuelle extrême moyenne des températures dans les domaines internes. Cette augmentation est due à l'élévation des maximas estivaux de températures sans affecter les températures minimales hivernales, uniquement corrélées à l'altitude. Il ne s'agit donc pas d'une continentalisation thermique semblable à celle des climats continentaux axériques. Nous préférons donc simplement parler d'échauffement diurne important sous l'effet d'une accentuation de l'aridité dans les domaines internes.

4 - Conclusion.

L'indice de GAMS modifié s'avère être en climat méditerranéen un bon indice de continentalité hydrique relative mais il faut interpréter différemment les valeurs angulaires (décalage de 15° à 20°) obtenues dans la zone occidento-méridionale marocaine qui

constitue un cas particulier de climat méditerranéen hyperméridional à saison sèche estivale très importante (GAUSSEN et al., 1958). Nous avons délimité cette zone sur notre carte par un trait interrompu, les domaines intermédiaires à internes y étant représentés par des sous-domaines à régime océanique.

Cette continentalité hydrique relative s'accompagne d'une accentuation des contrastes thermiques annuels, naturellement importants en climat méditerranéen. A l'intérieur de chaque domaine, il est de plus possible de distinguer des sous-types littoraux très localisés sur les côtes méditerranéenne et atlantique et se différenciant par le caractère thermiquement très modéré de leurs climats.

Sur l'ensemble du pays, l'indice de GAMS modifié s'avère être un indice d'aridité au sens d'EMBERGER. En effet, la méthode d'EMBERGER ne prenant pas en compte le régime saisonnier des précipitations, il y a adéquation totale avec notre méthode (également annuelle). Ce décalage dans nos résultats entre la continentalité hydrique relative et l'aridité au sens d'EMBERGER met en avant les limites de notre travail, de celui d'EMBERGER et de toute méthode climatique utilisant des totaux pluviométriques annuels.

Chamaerops humilis

IV - INTERET BIOLOGIQUE.

Nous donnons ici la traduction biologique de la typologie climatique proposée. Les arguments avancés résultent de nos nombreuses observations de terrain, mais surtout de l'analyse bibliographique des travaux des phytosociologues et phytoécologues (EMBERGER, 1932-1939; SAUVAGE, 1961; MATHEZ, 1964; PUJOS, 1966; LECOMPTE, 1969; BENABID, 1976-1984; PELTIER, 1979-1986; PEYRE, 1979 et 1983; ACHHAL, 1979 et 1986; OUCHBANI, 1980; ACHHAL et al., 1980; BARBERO et al., 1981 et 1982; QUEZEL et BARBERO, 1981 et 1986; FENNANE, 1982 et 1987; BELGHAZI, 1983; DEIL, 1984 et 1988; OUHAMMOU, 1986; HALAOUI, 1986; AL IFRIQUI, 1986; EL ABOUDI, 1987 et 1990; QUEZEL et al., 1987 et 1988).

1 - Répartition de quelques espèces majeures au sein de notre typologie.

La répartition d'une centaine d'espèces vivaces dans les différents domaines et sous-domaines climatiques proposés peut être présentée synthétiquement (MICHALET, 1991) en six lots majeurs d'espèces selon leur tolérance vis-à-vis de la continentalité et de l'aridité (selon EMBERGER). Le tableau II

ESPECES	EXTERNE	EXTERNE	EXTERNE	INTERME-	INTERNE	INTERNE	INTERME-	INTERNES
MEDITERRANEENNES	ACCENTUE	MOYEN	ATTENUE	DIAIRE	ATTENUE	ACCENTUE	DIAIRE OCEANIQUE	OCEANIQUES
- Océaniques des bioclimats humides	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·							
Quercus pyrenaica	+	(+)						
Abies maroccana		+	(+)					
Quercus canariensis	+	+	+	(+)				
Quercus coccifera	+	+	+	(+)				
Quercus suber	+	+	+	(+)				
Cedrus atlantica	(+)	+	+	+				
Ceratonia siliqua	+	+	+	+			+	(+)
II - Semi-océaniques et								
semi-continentales								
Tetraclinis articulata		(+)	+	+			+	
Juniperus oxycedrus		(+)	(+)	+	+		+	(+)
Acacia gummifera			+	+	+		+	+
Pinus halepensis			+	+	+			
Pinus pinaster		(+)	+	+				
II - Continentales								
Juniperus thurifera				+	+	+		
Juniperus phoenicea			(+)	+	+	+		
Fraxinus dimorpha				+	+	+		
Cupressus atlantica					+	(+)		
Buxus balearica			(+)	+	+	+		
V - Des bioclimats secs sans exigence de								
continentalité								
Artemisia herba-alba				(+)	+	+		+
Ziziphus lotus			+	+	+	+	+	+
Ephedra major					+	+	(+)	+
Ephedra fragilis				+	+	(+)	+	+
Rhus tripartitum				+	+	+	+	+
V - Océaniques des bioclimats secs							· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	
Argania spinosa			(+)	(+)			+	+
Euphorbia beaumeriana							+	
Senecio anteuphorbium							+	+
Teline segonei							+	+
VI - Ubiquistes								
Quercus rotunfidolia	(+)	+	+	+	+	(+)	+	+
Olea europaea	+	+	+	+	+	(+)	+	+

TABLEAU II.- Répartition de quelques espèces majeures au sein de notre typologie

résume ces résultats à l'aide de quelques exemples. L'intérêt biologique de la disjonction entre aridisation et continentalisation est bien mis en évidence dans notre typologie par la subdivision des espèces des bioclimats secs en trois groupes selon leur exigence de continentalité. Par contre, en ce qui concerne les espèces des bioclimats humides, leur statut d'océanique n'est pas vérifiable au Maroc, la continentalisation s'accompagnant toujours de l'aridisation.

Dans la figure 12, nous avons représenté les aires de distribution de quelques espèces majeures des formations végétales à l'intérieur du climagramme. Afin de conserver la double signification climatique (indice d'aridité et de continentalité pluviale relative), ces aires ne concernent pas les sous-domaines à régime océanique des domaines intermédiaire et internes. Le climagramme permet de visualiser très clairement l'opposition, déjà évoquée, entre les espèces océaniques et continentales.

Les océaniques (les chênes kermès, liège et zeen, le sapin et, à moindre degré, le cèdre et le caroubier), nécessitant une forte humidité, ne peuvent pénétrer dans les domaines internes pour des causes également thermiques, cette tranche hydrique étant située trop haut en altitude, donc en-deçà de leur seuil thermique. Les trois continentales (les genévriers thurifère et de Phénicie, l'alfa) descendent en altitude en domaine intermédiaire pour fuir l'humidité; elles sont alors stoppées dans leur descente par la concurrence efficace des océaniques et semi-océaniques (à plus forte vitalité) tout en étant par ailleurs sans doute affaiblies par diverses attaques biologiques.

Entre ces deux extrêmes, les espèces semiocéaniques ont leurs aires de disribution centrées sur le domaine intermédiaire. Notre représentation est particulièrement explicative en ce qui concerne l'une

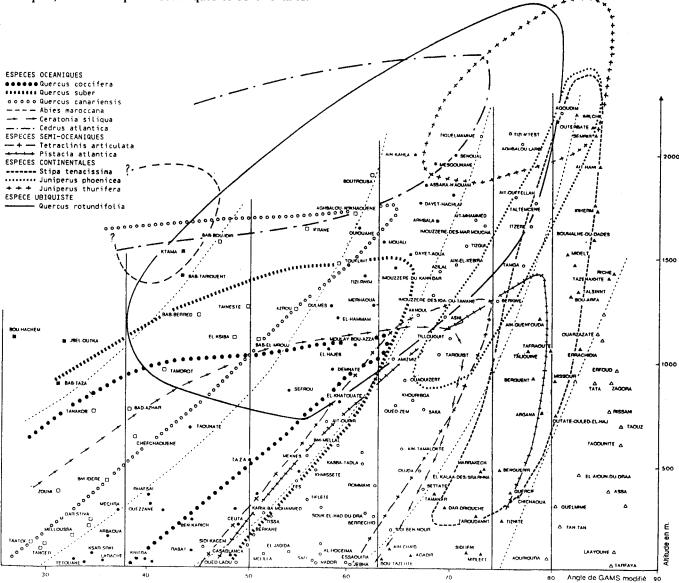


Fig. 12.- Répartition des principales espèces forestières ou steppiques à l'intérieur du climagramme (sous-domaines à régime océanique des domaines intermédiaire et internes exclus).

d'entre elles, le thuya de Barbarie. Cette espèce, liée au bioclimat semi-aride (EMBERGER, 1939), occupe le thermoméditerranéen inférieur dans l'externe atténué (côtes méditerranéenne et atlantique sud) et le thermoméditerranéen supérieur avec le genévrier de Phénicie dans le domaine intermédiaire (seconds reliefs moyen et surtout haut-atlasiques) (LECOMPTE, 1969; PEYRE, 1983). L'existence d'une frange d'externe atténué sur le piémont atlasique depuis Taza jusqu'à Marrakech (voir carte couleur) empêche l'installation de l'espèce au thermoméditerranéen supérieur. Elle est alors remplacée par le caroubier et l'oléastre (et Acacia gumnifera au sud).

Le fait marquant de cette figure 12, concernant l'ensemble des aires de distribution, est la forte ubiquité altitudinale des espèces. Pour EMBERGER, cette ubiquité altitudinale démontre la primauté des facteurs hydriques sur les facteurs thermiques; la végétation est ainsi inféodée à un bioclimat et elle changera d'étage thermique pour répondre à cette exigence hydrique. Pour OZENDA (1975), ce décalage altitudinal est en grande partie lié à la latitude; ce n'est pas la végétation qui change d'étage thermique, mais ce sont les étages de végétation qui changent d'altitude en relation avec la variabilité thermique liée à la latitude. Ce débat important, touchant le déterminisme bioclimatique, incite à un examen détaillé des variations altitudinales de la végétation.

2 - Les étages de végétation.

a) Examen des variations altitudinales de leurs limites.

Il est admis en montagne, en général et au Maroc en particulier (QUEZEL, 1976; BENABID, 1982b), que les limites altitudinales des étages de végétation se décalent vers le haut, lors d'une baisse latitudinale. OZENDA (1975) donne une explication thermique à ce glissement et le chiffre à 100 m par degré de latitude (110 m OZENDA, 1985 et 1989), à partir de l'observation de la remontée de la limite supérieure des hêtraies, des Vosges à la Calabre. Il justifie par ailleurs ce chiffre de 110 m par une mise en parallèle des gradients thermiques latitudinaux et altitudinaux (OZENDA, 1989). Au Maroc, on obtient un chiffre équivalent, en examinant la remontée moyenne de la base du chêne vert, du Rif (800 m entre 35° et 36° de latitude) à l'Anti-Atlas (1600 m à 29°), en passant par le Moyen-Atlas (1000 m entre 33° et 34°) et le Haut-Atlas occidental (1400 m à 31°). Si ce décalage existe, son déterminisme thermique lié à la latitude n'est pas seul en cause, car aussi bien dans le cas du hêtre que dans celui du chêne vert, le bioclimat s'assèche parallèlement; il y a donc redondance hydrique et thermique. On observe d'ailleurs une remontée du chêne vert encore plus importante, à latitude égale, sous l'effet de la continentalisation, donc également de l'aridisation dans des transects orientés ouest-est, comme par exemple entre le Plateau Central et le Haut-Atlas oriental.

Pour examiner l'effet thermique réel de la baisse latitudinale sur la remontée des étages, il faut effectuer des comparaisons à des degrés d'humidité et de continentalité équivalents. Ceci est possible au Maroc. par exemple dans le cas du passage des callitriaies à genévrier de Phénicie thermoméditerranéennes aux yeuseraies mésoméditéranéennes, correspondant à la succession semi-aride subhumide en domaine intermédiaire. Ce passage s'effectue à 1300 m à moins de 34° de latitude dans le Moyen-Atlas (Cuvette de Tazouta-Skoura LE-COMPTE, 1969) et à 1400 m à plus de 31° dans le Haut-Atlas occidental (PEYRE, 1983), soit un décalage de 100 m pour 2 à 3 degrés de latitude. Dans le cas du hêtre, une comparaison semblable nord-sud conduit en Europe à un constat peu différent : d'après RICHARD et PAUTOU (1982) pour le nord du Dauphiné et les deux Savoies, BEGUIN (1972) et RAMEAU et al. (1980) pour le Jura, le hêtre atteint 1450 à 1500 m entre 46° et 47° de latitude en domaine externe. Au sud, à moins de 43° de latitude, le hêtre ne dépasse pas 1700 m dans les occidentales très humides Pyrénées également (DUPIAS, 1985). Vers 44° de latitude dans la chaîne dinarique en Yougoslavie, il atteindrait, d'après HORVAT (1962), TRIJNASTIC (1970) et OZENDA (1985) 1500 à 1600 m d'altitude. Ces quelques comparaisons suffisent à démontrer que, au Maroc comme en Europe, le décalage altitudinal des étages de végétation est faible et ne doit pas dépasser 50 m par degré de latitude.

En revanche, les décalages importants précédemment exposés dans le cas des hêtraies (OZENDA, 1975) ou du chêne vert, aussi bien en allant du nord au sud que d'ouest en est, sont avant tout corrélés à l'aridisation du climat (accompagnée ou non de continentalisation), l'aridité contribuant (cf. III.3) à l'élévation des maximums de température. Cette modification thermique, associée d'ailleurs l'augmentation des radiations photosynthétiques et ainsi de la durée du cycle végétatif (MULLENBACH, 1982) est sans doute à l'origine de la remontée altitudinale de la limite supérieure des formations végétales et donc des étages de végétation, observée aussi bien dans les Alpes internes françaises (OZENDA, 1981 et 1985; RICHARD et PAUTOU, 1982; FOURNIER, 1985) qu'au Maroc : la remontée altitudinale des sapinières des Alpes externes aux Alpes internes à latitude égale, de la région grenobloise à la Maurienne ou au Brianconnais est de l'ordre de 300 m (CADEL, 1980; OZENDA, 1985), soit environ 100 m par dizaine de degrés d'angle de GAMS. Au Maroc, nous obtenons ce même chiffre dans des transects orientés ouest-est pour la frange supérieure des zénaies, yeuseraies ou cédraies (MICHALET, 1991).

Enfin, en ce qui concerne la limite inférieure des formations végétales, elle est avant tout dépendante des facteurs hydriques, la température n'agissant qu'en tant qu'agent accélérateur de l'évapotranspiration. Il n'y a pas de seuils thermiques vers les basses altitudes. Cette affirmation peut être étayée par de très nombreux exemples, allant de la présence thermoméditerranéenne du chêne zeen dans le Rif à celle collinéenne du hêtre dans les Pyrénées occidentales, du hêtre en association avec l'épicéa dans les Alpes orientales. Ces exemples, d'importantes extensions altitudinales d'espèces, s'observent lorsque massifs montagneux sont très homogènes hydriquement, soit constamment humides comme dans les situations précédentes, soit constamment arides comme c'est le cas en domaine interne accentué au Maroc où l'alfa est présent du thermoméditerranéen au montagnard méditerranéen.

> b) Les limites altitudinales proposées au Maroc.

Nous avons vu dans l'introduction qu'actuellement la plupart des auteurs utilisent des critères floristiques et souvent phytosociologiques pour fixer ces limites. La définition purement biologique est à éviter étant donné la grande variabilité du contenu biologique de ces étages pour des causes hydriques ou chorologiques mais aussi du fait de l'absence de seuils thermiques pour les formations végétales vers les basses

altitudes. Ces variations du contenu des étages entraînent des modifications nomenclaturales qui vont à l'encontre de la démarche synthétique du biogéographe. Il serait souhaitable de considérer les étages de végétation comme des étages thermiques, de la même façon qu'EMBERGER (1932b) définisssait des "étages" bioclimatiques correspondant à des "étages" de végétation et portant le même nom. Cette définition plus restrictive nécessite bien sûr la précision des seuils thermiques.

Nous avons vu que la rigueur hivernale n'était déterminante qu'à l'intérieur d'un même domaine climatique. Nous pensons en effet avec ACHHAL et al. (1980) que le critère déterminant, intéressant la durée de la saison végétative, serait plutôt la moyenne des maximas d'hiver (M'). Un excellent exemple à ce suiet est le délicat problème de l'étage inframéditerranéen au Maroc occidento-méridional. Cet étage "développé jusqu'à 700-800 m d'altitude et correspondant en gros au domaine floristique macaronésien" (BENABID, 1982b) est défini par des critères de végétation, sans critères thermiques (BENABID, 1976 et 1982b; ACHHAL et al., 1980). Si cet étage n'est pas défini thermiquement, on pourrait le considérer avec PELTIER (1986) comme un sous-type sec et océanique du thermoméditerranéen inférieur. Nous pensons que cet étage peut se définir thermiquement comme le montrent quelques exemples du tableau III.

TABLEAU III.- Comparaison des m et M de janvier pour des stations inframéditerranéennes et thermoméditerranéennes (* stations côtières).

ETACE	INCO AMEDITEDD ANCEN	ATTMAROC	OCCUPENTO MEDIDIONAL
EIAGE	INTRAMEDITEKKANEEN	AU MAKOC	OCCIDENTO-MERIDIONAL

Stations	Tarfaya *	Agadir *	Sidi Ifni *	Ain Chaib	Tiznite	Taroudannt	Goulimime	Tamanar
Altitude m	5	20	65	80	225	255	300	360
Latitude °	27,6	30,3	29,2	30,2	29,4	30,3	28,6	31
Angle de Gams °	85,4	65,7	71,2	63,9	74,8	72,2	80	68,2
M janvier °C	19,3	20	18,7	21,8	20,2	21,6	21,2	19,8
m janvier °C	12,7	7,4	11,1	6,7	7,3	5,5	10,8	6,6

ZONE DE TRANSITION, FRANGE SUPERIEURE DE L'ETAGE INFRAMEDITERRANEEN Maroc occidento-méridional Cuvette d'Haouz-Tadla

Stations	Essaouira *	Argana	Tafraoute
Altitude m	5	750	1050
Latitude °	31,3	30,5	29,4
Angle de Gams °	59,5	78,7	79,6
M janvier °C	18,5	18,8	18,8
m janvier °C	9,7	1,9	4,6

Chichaoua	El Kelaa	Marrakech
340	465	470
31,3	32	31,4
76,4	72,7	73,1
19	17,7	18,1
3.3	4.3	5.1

ETAGE THERMOMEDITERRANEEN INFERIEUR HORS MAROC OCCIDENTO-MERIDIONAL

									
Stations	Jebha *	Melilla *	Rabat *	Tanger *	Driouch	Midar	Kasba-Tadla	Bni-Mellal	
Altitude m	10	50	65	75	290	380	495	580	
Latitude °	35,1	35,2	34	35,5	34,6	34,6	32,4	32,2	
Angle de Gams °	59,9	51,3	44,4	29,7	69,2	69,6	61,1	58,7	
M janvier °C	16	16,3	17,6	15,1	17,6	16,1	17,4	16,4	
m janvier °C	10	9,8	7,5	9,9	4,6	4,6	3,9	5	

TABLEAU IV.- Composition biologique et limites des étages de végétation dans différents domaines et sous-domaines climatiques du Maroc septentrional.

DOMAINE EXTERNE MOYEN 34 à 35' DE LATITUDE						
ETAGES	ALTITUDE (m)	BIOCLIMAT	ESPECES DOMINANTES	SITUATION GEOGRAPHIQUE		
Thermoméditerranéen	0 à 1000	Subhumide à humide	Olea europaea	- Rif central et occidental		
	1 100	chaud à tempéré	Quercus suber	 Tazzeka (versant occidental) 		
	i i	•	Quercus coccifera	 Littoral atlantique>Casablanca 		
	i i		Ceratonia siliqua			
	İ		(Tetraclinis articulata)			
Mésoméditerranéen	1 000 à 1 300	Humide frais	Quercus rotundifolia	- Rif central et occidental		
	1 100 à 1 400		Quercus suber	 Tazzeka (versant occidental) 		
	i i		Quercus alpestris			
	i		Quercus canariensis			
Supraméditerranéen	1 300 à 1 600	Humide à perhumide	Quercus alpestris	- Rif central et occidental		
	1 400 à 1 700	frais à froid	Quercus canariensis	 Tazzeka (versant occidental) 		
	i I		Abies maroccana			
	i I		Cedrus atlantica			
	İ		Quercus rotundifolia			
Montagnard	1 600 à 2 100	Perhumide	Abies maroccana	- Rif central et occidental		
méditerranéen	1 700 à 2 200	froid à très froid	Cedrus atlantica	 Tazzeka (versant occidental) 		
			Pinus clusiana			

	DOM	IAINE INTERMEDIAIRE 31	à 35' DE LATITUDE	
ETAGES	ALTITUDE (m)	BIOCLIMAT	ESPECES DOMINANTES	SITUATION GEOGRAPHIQUE
Inframéditerranéen	200 à 500	Aride chaud à tempéré	Acacia gummilera	- Haouz-Tadla
Thermoméditerranéen inférieur	300 à 700 500 à 900	Aride à Semi-aride chaud à tempéré	Pistacia atlantica Acacia gummifera Tetraclinis articulata Stipa tenacissima Artemisia herba-alba	 Plaines orientales (Moulouya, Triffa, etc) Haouz-Tadia Revers méridional du Plateau central
Thermoméditerranéen supérieur	700 à 1 200 900 à 1 400	Semi-aride tempéré à frais	Tetraclinis articulata Juniperus phoenicea Juniperus oxycedrus Olea europaea Pinus halepensis Pistacia atlantica	- Rif oriental - Revers sud des Bni-Snassène - Revers nord des Hauts Plateaux orientaux - Moyen-Atlas oriental (Mdez-Sebou) - Haut-Atlas central et occidental
Mésoméditerranéen	1 200 à 1 500 1 400 à 1 700	<u>Semi-aride</u> à subhumide frais à froid	Ouercus rotundifolia Juniperus oxycedrus Ouercus suber Pinus halepensis Buxus balearica Juniperus phoenicea	- Rif oriental - Bni-Snassène (sud) - Hauts-Plateaux orientaux - Moyen et Haut-Atlas
* Supraméditerranéen	1 1500 à 1800 1 1700 à 2000	Semi-aride à <u>Subhumide</u> froid à très froid	Ouercus rotundifolia Pinus pinaster Fraxinus dimorpha Juniperus oxycedrus Buxus balearica (Ouercus suber)	- Rif oriental - Moyen et Haut-Atlas
Montagnard méditerranéen	1 800 à 2 300 2 000 à 2 500	Subhumide très froid à extrêmement froid	Quercus rotundifolia Cedrus atlantica Juniperus thurifera Xérophytes épineux	- Moyen-Atlas - Haut-Atlas
Oroméditerranéen	> 2 300	Subhumide extrêmement froid	Juniperus thurifera Xérophytes épineux	- Moyen-Atlas - Haut-Atlas

	DOMA	INE INTERNE ATTENUE 3	0 à 35' DE LATITUDE	
ETAGES	ALTITUDE (m)	BIOCLIMAT	ESPECES DOMINANTES	SITUATION GEOGRAPHIQ
Inframéditerranéen	200 à 600	Aride tempéré	Acacia gummifera	- Haouz (centre)
Thermoméditerranéen inférieur	400 à 800 600 à 1 000	Aride tempéré à frais	Acacia gummifera Stipa tenacissima Artemisia herba-alba	- Haouz (centre) - Moyenne Moulouya
Thermoméditerranéen supérieur	800 à 1 300 1 000 à 1 500 	Aride frais	Juniperus phoenicea Cupressus atlantica Stipa tenacissima Artemisia herba-alba Pistacia atlantica	- Moyenne Moulouya - Hauts-Plateaux orientaux - Haut-Atlas
Mésoméditerranéen	1 300 à 1 600 1 500 à 1 800	Aride à Semi-aride frais à froid	Juniperus phoenicea Cupressus atlantica Pinus halepensis Stipa tenacissima Artemisia herba-alba Juniperus oxycedrus Pistacia atlantica Buxus balearica	- Hauts-Plateaux orientaux - Revers sud-est du Moyen-Atlas - Haut-Atlas
K Supraméditerranéen	1 600 à 1 900 1 800 à 2 100	Semi-aride froid à très froid	Quercus rotundifolia Juniperus phoenicea Fraxinus dimorpha Juniperus oxycedrus Pinus halepensis Stipa tenacissima Artemisia herba-alba Buxus balearica (Pistacia atlantica)	- Revers sud-est du Moyen-Atlas - Haut-Atlas
Montagnard méditerranéen	1 900 à 2 400 2 100 à 2 600	Semi-aride très froid à extrêmement froid	Quercus rotundifolia Juniperus thurifera Juniperus oxycedrus Fraxinus dimorpha Xérophytes épineux	- Moyen-Atlas - Haut-Atlas
Oroméditerranéen	> 2 400 > 2 600	Semi-aride (à subhumide) extrêmement froid	Juniperus thurifera Xérophytes épineux	- Moyen-Atlas - Haut-Atlas

ETAGES	ALTITUDE (m)	BIOCLIMAT	ESPECES DOMINANTES	SITUATION GEOGRAPHIQUE
Inframéditerranéen	0 à 400 à 600 	Aride chaud à tempéré	Argania spinosa Acacia gummilera Euphorbes cactoīdes	- Littoral atlantique d'Essaouira à Aourioura - Plaine du Sous - Versant ouest et sud du Haut-Atlas occidental - Versant ouest et nord de l'Anti-Atlas
Thermoméditerranéen inférieur	400 à 800 600 à 1 000 	Aride à Semi-aride chaud à tempéré	Argania spinosa Acacia gummifera Olea europaea Tetraclinis articulata (Euphorbes cactoïdes)	- Versant ouest et sud du Haut-Atlas occidental - Versant ouest et nord de l'Anti-Atlas
Thermoméditerranéen supérieur	800 à 1 300 1 000 à 1 500 	Semi-aride tempéré à frais	Tetraclinis articulata Olea europaea Ceratonia siliqua Pistacia atlantica Ouercus rotundifolia (Argania spinosa) (Acacia gummifera)	- Ida ou Tanane - Versant sud du Haut-Atlas - Versant nord et ouest de l'Anti-Atlas - Versant ouest du Siroua
Mésoméditerranéen	1 300 à 1 600 1 500 à 1 800	Semi-aride à subhumide frais à froid	Quercus rotundifolia Juniperus oxycedrus (Ceratonia siliqua)	- Ida ou Tanane - Revers sud du Haut-Atlas occidental - Anti-Atlas occidental
* Supraméditerranéen	1 600 à 1 900 1 800 à 2 100	Subhumide froid	Quercus rotundifolia Juniperus oxycedrus	- Haut-Atlas occidental - Anti-Atlas occidental
Montagnard méditerranéen	1 900 à 2 400 2 100 à 2600	Subhumide très froid	Quercus rotundifolia Juniperus oxycedrus	Haut-Atlas occidental (llots) Anti-Atlas occidental (llots)

Les stations inframéditerranéennes ont certes des valeurs de m peu différentes de celles des stations thermoméditerranéennes (surtout les côtières), mais l'examen des M de Janvier montre clairement que les stations inframéditerranéennes (M de 17,7 à 21,8) se différencient nettement des stations thermoméditerranéennes (15,1 à 17,6) indépendamment de l'influence côtière. Une limite nette semble apparaître vers 17,5°C, les stations à M de Janvier compris entre 17,5 et 19° pouvant représenter la frange supérieure de l'étage inframéditerranéen. La limite altitudinale est basse (inférieure à 300 m) en climat humide aux basses latitudes (Essaouira) et en climat sec aux latitudes supérieures (Midar, Driouch, en basse Moulouya). A fortiori aux latitudes élevées en climat humide, l'étage inframéditerranéen est absent (Tanger, Jebha, Melilla). La limite est plus haute (500 à 600 m) en climat sec aux basses latitudes (Marrakech), très haute (900 à 1000 m) en climat très sec et aux plus basses latitudes (Tafraoute). Cette élévation des maximas de température est donc bien due, d'une part à la baisse latitudinale, et d'autre part à l'échauffement diurne pour cause d'aridité. Ce n'est pas l'océanité qui justifie cet étage par le biais des changements floristiques mais l'excès d'aridité dû à l'éloignement du front polaire, par abaissement latitudinal. RIVAS-MARTINEZ (1987) décrit de même un étage infracanarien (étage thermocanarien aride de SANTOS, 1982) sur les côtes sud-est des îles Canaries, qui sont plus arides que les côtes nord-ouest où cet étage est absent. Il utilise d'ailleurs comme critère thermique (en Espagne également) les moyennes des maximas de températures hivernales, M' (RIVAS-MARTINEZ, 1982 et 1987).

Malheureusement, ces valeurs de M' ne sont pas disponibles en abondance dans la bibliographie au Maroc. En attendant un élargissement de notre démarche (cas de l'étage inframéditerranéen) à l'ensemble des étages, nous proposons provisoirement, pour fixer ces limites altitudinales, de se caler au départ sur celles existant dans le domaine externe moyen du Rif (BENABID, 1982a). Dans ce domaine, la correspondance entre étages et variantes thermiques d'EMBERGER indiquée dans le tableau I est en effet correctement réalisée de par son adéquation avec le gradient bioclimatique classiquement étudié, notamment en Méditerranée septentrionale subhumide thermoméditerranéen, humide au mésoméditerranéen et humide et perhumide au-delà. Pour les autres domaines et les latitudes plus basses, nous utiliserons, en l'absence provisoire de seuils thermiques précis, des limites altitudinales obtenues par décalage des étages selon les normes précédemment exposées :

- 50 m par degré de latitude,
- 100 m tous les 10° d'angle de GAMS, soit à chaque changement de domaine climatique.

c) Bref aperçu sur le contenu biologique des étages de végétation au Maroc septentrional.

Dans le tableau IV est indiqué l'étagement de la végétation dans trois domaines climatiques (et un sous-domaine) du Maroc septentrional. La nomenclature des étages est celle de QUEZEL (1979). En ce qui concerne les modifications nomenclaturales introduites par l'auteur dans son schéma général (ACHHAL et al., 1980), nous avons repris l'étage inframéditerranéen qui, comme nous l'avons montré précédemment, peut se définir thermiquement.

Par contre nous ne reprendrons pas l'étage méditerranéen supérieur pour des raisons équivalentes : cet étage a été proposé par ACHHAL et al., (1980) pour remplacer l'étage supraméditerranéen, au même niveau altitudinal et thermique, mais en bioclimatique plus sèche, subhumide à aride. En effet l'étage supraméditerranéen ayant été au départ défini par OZENDA (1975) (= étage subméditerranéen OZENDA, 1966) comme étant l'étage des caducifoliés (divers chênes semi-caducifoliés, Ostrya carpinifolia, etc.), voire de certains conifères (divers Abies, Pinus, etc.), ACHHAL et al. (1980) ont créé un autre étage lorsque ces espèces faisaient défaut, dans la majeure partie des Atlas mais également dans d'autres massifs trop secs (Taurus, p.p., Espagne méridionale, etc.). C'est là le danger des définitions biologiques. Dans le même esprit on pourrait également changer le nom de l'étage montagnard méditerranéen dans le Haut-Atlas central et occidental puisque le cèdre, caractérisant biologiquement cet étage, y est absent. De même l'étage montagnard (tempéré) caractérisé biologiquement par le hêtre et le sapin devrait se dénommer différemment dans les Alpes internes méridionales, car le pin sylvestre est seul présent. Nous ne pensons pas trahir la définition d'OZENDA (1975) en rangeant des yeuseraies ou pinèdes à Pinus halepensis du Haut-Atlas dans l'étage supraméditerranéen. En effet dans son article de 1975, il considère lui-même les "iliçaies d'altitude" moyen-atlasiques de LECOMPTE (1969) comme supraméditerranéennes. Notre choix vise donc à la simplification de la nomenclature, aucun changement ne s'imposant lorsque les conditions thermiques sont constantes.

Les limites altitudinales proposées sont données avec des "fourchettes" pour chaque étage correspondant au décalage latitudinal possible dans le domaine considéré. L'extension latitudinale indiquée pour chaque domaine permettra au lecteur de retrouver les limites des étages dans les différents massifs. Grâce à l'examen des situations bioclimatiques et thermiques de quelques stations , nous avons donné la position bioclimatique et la variante thermique occupée par chaque étage. L'explication détaillée du contenu des

étages ne peut bien sûr être exposée ici et pourra être retrouvée dans notre mémoire de thèse (MICHALET, 1991), notamment à l'aide de transects bioclimatiques donnant la distribution de quelques séries de végétation marocaines dans les différents domaines et étages de végétation.

CONCLUSION

L'application au Maroc de l'indice de GAMS, avec modification de la formule de base, nous a permis de quantifier les variations strictement horizontales du climat, déjà conceptuellement pressenties par LECOMPTE (1969) et estimées qualitativement par PEYRE (1979 et 1983) dans certains massifs montagneux. L'utilisation et la signification de cet indice, encore relativement floues dans les Alpes, ont été précisément définies, en partie selon des principes établis par IZARD et al. (1985), dans les Pyrénées.

Au Maroc, la constance du déficit pluvial en saison chaude donne une signification d'indice d'aridité altitudinal (au sens d'EMBERGER) au coefficient annuel de GAMS modifié et permet ainsi le découpage du Maroc septentrional en six domaines climatiques aisément cartographiables. Le climagramme tridimensionnel associé à la carte permet de visualiser les gradients bioclimatiques de ces différents domaines, concrétisant ainsi l'oblicité spatiale du système d'EMBERGER déjà qualitativement exprimée par BENABID (1982a) dans le Rif.

L'aridisation dans les domaines internes s'accompagne d'une augmentation des maximas de température tout au long de l'année. Ce processus est à distinguer de la continentalité thermique, terme qui doit être réservé aux climats axériques et qui se différencie par l'augmentation de la rigueur hivernale.

L'affaiblissement des précipitations hivernales caractérisant le climat d'une grande partie des domaines internes et intermédiaire permet la différenciation de sous-domaines définis par leur continentalité pluviale relative.

La distribution des végétaux à l'intérieur des neuf unités climatiques proposées démontre l'intérêt biologique de notre typologie notamment en ce qui concerne la disjonction réalisée entre aridité et continentalité. L'étude de la répartition des espèces dans le climagramme tridimensionnel est très utile quant à la compréhension des déterminismes climatiques. La clarification des variations de la position altitudinale du thuya au Maroc en est le meilleur exemple.

L'analyse de l'ubiquité altitudinale des espèces dans le climagramme, associée à une discussion générale sur les causes de variabilité altitudinale des formations végétales nous a permis de montrer :

- la faible réelle influence de la latitude sur le décalage altitudinal des étages de végétation,
- l'importance du processus d'échauffement diurne lié à l'aridisation sur l'élévation des étages dans les domaines internes,
- L'absence de seuils thermiques pour les formations végétales vers les basses altitudes.

Ces résultats nous ont amenés à préciser la notion d'étage de végétation, évitant ainsi les regrettables modifications nomenclaturales entraînées par des définitions antérieures nettement biologiques. Des limites altitudinales précises des étages sont proposées pour l'ensemble des domaines climatiques, basées notamment sur une quantification des décalages altitudinaux dus à la baisse latitudinale et à l'aridisation du climat. Ces limites doivent néanmoins être confirmées ultérieurement par la proposition de seuils thermiques plus précis sans doute au niveau des moyennes des maximas d'hiver. C'est en effet sur ces critères que nous avons pu proposer une justification thermique de l'étage inframéditerranéen.

BIBLIOGRAPHIE

- ABI-SALEH (B.), 1978 Etude phytosociologique, phytodynamique et écologique des peuplements sylvatiques du Liban. Thèse Univ. Droit, Econ., Sci., Aix-Marseille III, 184 p., tabl., fig., annexes.
- ACHHAL (A.), 1979 Etudes phytoécologiques des peuplements de chêne vert dans le Haut-Atlas central (Maroc). Thèse 3ème Cycle, Univ. Droit, Econ., Sci., Aix-Marseille III, 116 p.
- ACHHAL (A.), 1986 - Etude phytosociologique et dendrométrique des écosystèmes forestiers du bassin versant du N'Fis (Haut-Atlas central). Thèse Doct. ès-Sciences, Univ. Droit, Econ., Sci., Aix-Marseille III, 204 p. + annexes.
- ACHHAL (A.), AKABLI (O.), BARBERO (M.), M'HIRIT (P.), PEYRE (C.), QUEZEL (P.) & RIVAS-MARTINEZ (S.), 1980 A propos de la valeur bioclimatique et dynamique de quelques essences forestières au Maroc. Ecol. mediter., Marseille, 5: 211-249.
- AKMAN (Y.) & DAGET (Ph.), 1971 Quelques aspects synoptiques des climats de la Turquie. *Bull. Soc. languedoc. Géogr.*, 5 (3): 269-300.

- AKMAN (Y.), BARBERO (M.) & QUEZEL (P.), 1978 Contribution à l'étude de la végétation forestière d'Anatolie méditerranéenne, II, III. *Phytocoenologia*, 5 (1): 1-79.
- AL IFRIQUI (M.), 1986.- Contribution à l'étude du milieu et de la végétation dans le Haut-Atlas occidental d'Amezmiz. Thèse 3ème cycle, Univ. Cadi Ayyad, Marrakech, 304 p.
- ANGOT (A.), 1906 Etude sur le régime pluviométrique de la Méditerranée. C. R. Congr. Soc. sav. Paris. 120-134.
- BAGNOULS (F.) & GAUSSEN (H.), 1983 Saison sèche et indice xérothermique. Bull. Soc. Hist. Toulouse, 88 (3-4): 193-239.
- BARBERO (M.), QUEZEL (P.) & RIVAS-MARTINEZ (S.), 1981 Contribution à l'étude des groupements forestiers et préforestiers du Maroc. *Phytocoenologia*, 9 (3): 311-412.
- BARBERO (M.), BENABID (A.), QUEZEL (P.), RIVAS-MARTINEZ (S.) & SANTOS (A.), 1982 Contribution à l'étude des Acacio-Arganietalia du Maroc sud-occidental. Documents phytosociol., Camerino, N.S., VI: 311-338.
- BEGUIN (A.), 1976.- Contribution à l'étude phytosociologique et écologique du Haut-Jura. Thèse Doct. ès-Sciences, Neuchâtel, 189 p., 1 carte.
- BELGHAZI (B.), 1983 Contribution à l'étude de l'écologie et de la productivité du pin d'Alep (Pinus halepensis Mill.) dans le versant nord du Haut-Atlas (Forêt de Tamga). Thèse 3ème Cycle, Univ. Sci. et Tech. Languedoc, Montpellier, 151 p. + annexes.
- BENABID (A.), 1976 Etudes écologique, phytosociologique et sylvo-pastorale de la tétraclinaie de l'Amsittène. Thèse 3ème Cycle, Univ. Droit, Econ., Sci., Aix-Marseille III, 155 p.
- BENABID (A.), 1982a Etudes phytoécologique, biogéographique et dynamique des associations et séries sylvatiques du Rif occidental (Maroc). Problèmes posés par la reforestation et l'aménagement des peuplements forestiers actuels. Thèse Doct. ès-Sciences, Univ. Droit, Econ., Sci., Aix-Marseille III, 199 p., annexes (50 p.).
- BENABID (A.), 1982b Bref aperçu sur la zonation altitudinale de la végétation climacique au Maroc. *Ecol. méditer.*, *Marseille*, VIII, (1-2): 301-315.
- BENABID (A.), 1984 Etude phytoécologique des peuplements forestiers et préforestiers du Rif centro-occidental (Maroc). Trav. Inst. scient. chérif. ser. botanique, n°34:64 p.
- BORTOLI (L.), GOUNOT (M.) & JACQUIOT (J. Cl.), 1969 Climatologie et bioclimatologie de la Tunisie septentrionale. Ann. Inst. Rech. agro. Tunisie, 42, (1): 1-235 + annexes.

- CADEL (G.), 1980 Séries de végétation et sols du Subalpin Briançonnais sur roches-mères silico-alumineuses. Comparaison avec la Maurienne et la Tarentaise. Bull. A.F.E.S., Science du Sol, 4: 249-265
- DAGET (Ph.), 1968.- Quelques remarques sur le degré de continentalité des climats de la région holarctique. C.E.P.E. C.N.R.S., Montpellier, 12 p.
- DAGET (Ph.), 1977a Le bioclimat méditerranéen, caractères généraux, méthodes de classification. Vegetatio, 34, (1): 1-20.
- DAGET (Ph.), 1977b Le bioclimat méditerranéen, analyse des formes par le système d'EMBERGER. *Vegetatio*, 34, (2): 87-124.
- DAGET (Ph.), 1984 Introduction à une théorie générale de la méditerranéité. Bull. Soc. bot. Fr. Act. bot.., (2/3/4): 31-36.
- DAGET (Ph.) & DAVID (P.), 1982.- Essai de comparaison de diverses approches climatiques de la méditerrannée. *Ecol. méditer.*, *Marseille*, 8, (1-2): 33-48.
- DEBRACH (J.), 1953 Notes sur les climats du Maroc occidental. *Maroc méd.*, n°342 : 14 p.
- DEIL (U.), 1984 Zur Vegetation im Zentralen Rif (Nordmarokko). Diss. bot., Vaduz, 74: 179 p.
- DEIL (U.), 1988 La distribution actuelle et potentielle du cèdre dans le Haut-Rif central. Revue Géogr. Maroc, 12, N.S., (1): 17-32.
- DEVAU (B.), 1987 La transition bioclimatique et phytogéographique de l'Alpin à l'Oro-Atlantique. Les hauts massifs des Pyrénées occidentales. Thèse 3ème Cycle, Univ. Sci. et Méd., Grenoble I, 73 p.
- DONADIEU (P.), 1977 Contribution à une synthèse bioclimatique et phytogéographique au Maroc. *Inst. agr. vétér. Hassan II*, texte ronéotypé, 155 p.
- DUPIAS (G.), 1985 Végétation des Pyrénées. Notice détaillée de la partie pyrénéenne des feuilles 69 Bayonne, 70 Tarbes, 71 Toulouse, 72 Carcassonne, 76 Luz, 77 Foix, 78 Perpignan. Editions du C.N.R.S., 209 p.
- EL ABOUDI (A.), 1987 Etagement de la végétation sur le Jbel Lkest (Anti-Atlas occidental, Maroc). D.E.A. Ecologie, Univ. Joseph Fourier, Grenoble I, 45 p., 1 carte.
- EL ABOUDI (A.), 1990 Typologie des arganeraies inframéditerranéennes et écophysiologie de l'arganier dans le Souss (Maroc). Thèse de l'Univ. Joseph Fourier, Grenoble I, 133 p., 1 carte coul.
- EMBERGER (L.), 1930. La végétation de la région méditerranéenne, essai d'une classification des groupements végétaux. Revue gén. Bot., 42: 641-662 et 705-721.

- EMBERGER (L.), 1932a Sur une formule climatique et ses applications en botanique. *La Météorologie*, 92-93: 423-432.
- EMBERGER (L.), 1932b Recherches botaniques et phytogéographiques dans le Grand-Atlas oriental (Massif du Ghat et du Mgoun). Les étages de végétation. Mém. Soc. Sci. nat. phys. Maroc, 33: 18-28.
- EMBERGER (L.), 1933 Nouvelle contribution à l'étude de la classification des groupements végétaux. Revue gén. Bot., 45: 473-486.
- EMBERGER (L.), 1936 Remarques critiques sur les étages de végétation dans les montagnes marocaines. *Bull. Soc. bot. Suisse*, vol. jubil. Rübel, 46: 614-631.
- EMBERGER (L.), 1939 Aperçu général sur la végétation du Maroc. Commentaire de la carte phytogéographique du Maroc à 1/1 500 000. Veröff. geobot. Inst., Zürich, 14: 40-157.
- EMBERGER (L.), 1955 Une classification biogéographique des climats. Recl. Trav. Lab. Bot. Géol. Zoo. Montpellier, sér. Bot., 7:3-43.
- FENNANE (M.), 1982 Analyse phytogéographique et phytoécologique des tétraclinaies marocaines. Thèse 3ème Cycle, Univ. Droit, Econ., Sci., Aix-Marseille III, 146 p.
- FENNANE (M), 1987 Etude phytoécologique des tétraclinaies marocaines. Thèse Doct. ès-Sciences, Univ. Droit, Econ., Sci., Aix-Marseille III, 147 p.
- FLAHAULT (Ch.), 1897-1937 La distribution géographique des végétaux dans la région méditerranéenne française. Lechevalier, Paris, 186 p. (publication en 1937).
- FOURNIER (J.), 1985 Contribution à l'étude des Alpes intermédiaires françaises la Moyenne-Maurienne. Bioclimatologie, groupements végétaux et impacts humains. Thèse 3ème Cycle, Ecologie, Univ. Scient. et Méd., Grenoble I, 88 p.
- GAMS (H.), 1932 Die klimatische Begrenzung von Pflanzenarealen und die Verteilung der hygrischen Kontinentalität in den Alpen. Zeitschr. d. Ges. f. Erkunde, 56-68, 178-198.
- GEHU (J.M.), GEHU-FRANCK (J.) & BOURNIQUE (C.), 1984 Sur les étages bioclimatiques de la région eurosibérienne française. *Documents phytosociol.*, Camerino, VIII, N.S. 29-42.
- GAUSSSEN (H.), DEBRACH (J.) & JOLY (F.), 1958 Précipitations annuelles. *Atlas du Maroc*, not. expl. sect. II, planche n°49, 36 p., 1 carte à 1/2 000 000 et 3 cartes à diverses échelles.
- GORCZINSKI (W.), 1920 Sur le calcul du degré du continentalisme et son application dans la climatologie. *Geogr. Ann.*, 2:324-331.
- GOUNOT (M.), 1958 Contribution à l'étude des groupements végétaux messicoles et rudéraux de la Tunisie. Ann. Serv. bot. agron. Tunis, 31: 275 p.

- HALAOUI (B.), 1986 Contribution à l'étude du milieu et de la végétation du bassin versant de l'oued Rheghaya (Haut-Atlas de Marrakech). Thèse 3ème Cycle, Univ. Cadi Ayyad, Marrakech, 123 p.
- HORVAT (I.), 1962 Vegetaeija planina zapadue Hrvatske (Végétation des montagnes de Croatie occidentale). *Prirodosl. Istraz.*, 30: 1-179.
- HUMBERT (H.), 1924 Végétation du Grand Atlas oriental. Exploration botanique de l'Ari Ayachi. Bull. Soc. Hist. nat. Afr. N., XV: 147-234.
- ISNARD (H.), 1958 La répartition saisonnière des pluies au Maroc. Revue Géogr. Maroc, 27, (n°359): 39-42.
- IZARD (M.), CASANOVA (H.), DEVAU (B.) & PAUTOU (G.), 1985 Continentalité et notion de zone interne dans les Pyrénées. Acta oecol. Oecol. gen. Paris, 6, (4): 317-344.
- LECOMPTE (M.), 1969 La végétation du Moyen-Atlas central (esquisse phyto-écologique et carte des séries de végétation à 1/200 000). Trav. Inst. scient. chérif. ser. botanique, 31: 1-34.
- LE HOUEROU (H.N.), 1959 Recherches écologiques et floristiques sur la végétation de la Tunisie méridionale. *Inst. rech. sahar.*, *Alger*, Mém. h.s. I 281 p., II 228 p., Annexes 33 tabl. et 4 cartes h.t. à 1/2 000 000.
- LE HOUEROU (H.N.), 1990 Classification écoclimatique des zones arides (s.l.) de l'Afrique du Nord. *Ecol. méditer.*, *Marseille* (sous presse).
- LONG (G.), 1954 Contribution à l'étude de la végétation de la Tunisie centrale. *Ann. Serv. bot. agron. Tunis*, 27 388 p., 1 carte couleur à 1/200 000.
- MAIRE (R.), 1924 Etudes sur la végétation et la flore du Grand Atlas marocain. *Mém. Soc. Sci. nat. phys. Maroc*, 4: 1-220.
- MATHEZ (J.), 1964 La végétation naturelle de la bordure atlantique du Plateau Central marocain. Revue Géogr. Maroc, 5:18 p.
- MICHALET (R.), 1991 Une approche synthétique biopédoclimatique des montagnes méditerranéennes : exemples du Maroc septentrional. Thèse Univ. Joseph Fourier, Grenoble I, 1 carte couleur, 273 p.
- MULLENBACH (P.), 1982 Les reboisements au voisinage de la limite altitudinale de la végétation forestière (limite sylvestre). Revue for. fr., (N.S.), "Restauration des terrains en montagne", 5: 50-71.
- OUCHBANI (S.), 1980 Etude de l'étagement de la végétation dans le massif de Tazerkount (Atlas de Bui-Mellal, Maroc). Thèse 3ème Cycle, Univ. Sc. Tech. Languedoc, Montpellier, 130 p. + annexes.
- OUHAMMOU (A.), 1986 Recherches sur l'étagement de la végétation dans le bassin versant de l'Ornika (Haut-Atlas Central, Maroc). Thèse 3ème Cycle, Univ. Cadi Ayyad, Marrakech, 181 p.

- OZENDA (P.), 1966 Perspectives nouvelles pour l'étude phytogéographique des Alpes du Sud. *Documents carte vég. Alpes, Grenoble*, I: 198 p.
- OZENDA (P.), 1975 Sur les étages de végétation dans les montagnes du Bassin méditerranéen. Documents cart. écol., Grenoble, XVI: 1-32.
- OZENDA (P.), 1981 Végétation des Alpes sudoccidentales. Notice détaillée des feuilles Gap, Larche, Digne, Nice et Antibes. Editions du C.N.R.S., Paris, 258 p.
- OZENDA (P.), 1985.- La végétation de la chaîne alpine dans l'espace montagnard européen. Editions Masson, Paris, 330 p., 1 carte.
- OZENDA (P.), 1989 Le déplacement vertical des étages de végétation en fonction de la latitude un modèle simple et ses limites. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, (8), V, (3): 535-540.
- PAGNEY (P.), 1976 Les climats de la terre. Editions Masson, Paris, 150 p.
- PELTIER (J.P.), 1979 La végétation du Massif du Kerdous. Bull. Inst. scient. Rabat, 2:5-32.
- PELTIER (J.P.), 1982 La végétation du bassin versant de l'oued Souss (Maroc). Thèse Doct. ès-Sciences, Univ. Sci. et Méd., Grenoble I, 201 p.
- PELTIER (J.P.), 1983 Les séries de l'arganeraie steppique dans le Souss (Maroc). *Ecol. méditer.*, *Marseille*, IX, (1): 77-88 p.
- PELTIER (J.P.), 1986 L'étage de végétation inframéditerranéen dans le Souss. *Documents phytosociol.*, N. S., X (1): 437-454.
- PEYRE (C.), 1979 Recherches sur l'étagement de la végétation dans le massif du Bou Iblane (Moyen-Atlas oriental, Maroc). Thèse 3ème Cycle, Univ. Droit, Econ., Sci, Aix-Marseille III, St-Jérôme, 149 p.
- PEYRE (C.), 1983 Etagement de la végétation et gradients climatiques dans le système atlasique marocain. Le bassin de l'Oued Rdat et le versant sud de l'Atlas au méridien du Tizi N'Tichka. Bull. Fac. Sci. Marrakech, sect. Sci. Vie, 2:87-139.
- PUJOS (A.), 1966 Les milieux de la cédraie marocaine (rapport 1964). Ann. Rech. for. Maroc, 8: 283 p.
- QUEZEL (P.), 1976 Les forêts du pourtour méditerranéen : écologie, conservation et aménagement. UNESCO, note technique du MAB, 2:9-33.
- QUEZEL (P.), 1979 La région méditerranéenne française et ses essences forestières. Signification écologique dans le contexte circum-méditerranéen. Forêt médit., 1 (1): 7-18.
- QUEZEL (P.) & BARBERO (M.), 1981 Contribution à l'étude des formations pré-steppiques à genévriers au Maroc. Bolm Soc. broteriana, LIII, (2e sér.): 1 137-1 160.

- QUEZEL (P.) & BARBERO (M.), 1986 Aperçu syntaxonomique sur la connaissance actuelle de la classe des *Quercetalia ilicis* au Maroc. *Ecol. méditer.*, *Marseille*, XII, (3-4): 105-111.
- QUEZEL (P.), BARBERO (M.) & BENABID (A.), 1987
 Contribution à l'étude des groupements forestiers et préforestiers du Haut-Atlas oriental (Maroc).

 Ecol. méditer., Marseille, XIII, (1-2): 107-117.
- QUEZEL (P.), BARBERO (M.), BENABID (A.), LOISEL (A.) & RIVAS-MARTINEZ (S.), 1988 -Contribution à l'étude des groupements préforestiers et des matorrals rifains. Ecol. méditer., Marseille, XIV (1-2): 77-122.
- RAMEAU (J.C.), SCHMITT (A.), BIDAULT (M.) et GAIFFE (M.), 1980 Végétation et Ecologie des forêts comtoises. *Bull. Soc. Hist. nat. Doubs*, n° spécial "Nos forêts comtoises": 80-116.
- RICHARD (L.), 1985 Contribution à l'étude bioclimatique de l'arc alpin. Documents cart. écol., Grenoble, XXVIII: 33-64.
- RICHARD (L.) & PAUTOU (G.), 1982 Alpes du Nord et Jura méridional. Notice détaillée des feuilles d'Annecy et de Grenoble. Editions du C.N.R.S., 316 p.
- RIVAS-MARTINEZ (S.), 1982 Etages bioclimatiques, secteurs chorologiques et séries de végétation de l'Espagne méditerranéenne. *Ecol. méditer.*, *Marseille*, VIII, (1-2): 275-288.
- RIVAS-MARTINEZ (S.), 1987 Memoria del mapa de series de vegetacion de Espana. Minist. Agric. Pesca y Aliment., Icona, Madrid, 268 p.
- SANTOS (A.), 1982 The canarian ecosystems and its place in the mediterranean world. *Ecol. méditer.*, *Marseille*, VIII, (1-2): 317-322.
- SAUVAGE (Ch.), 1961 Recherches géobotaniques sur le chêne-liège au Maroc. *Trav. Inst. scient. chérif. ser. botanique*, 21 : 1-462.
- SAUVAGE (Ch.), 1963 Etages bioclimatiques. *Atlas du Maroc*, sect. II, pl. n°6b, 1 carte et 2 cartons couleur, notice explic., 44 p.
- TRIJSNATIC (I.), 1970 Höhengürtel der Vegetation und die Vegetationsprofile im Velebit-Gebirge. Mitt. öst. din. Ges. Vegetknd., 11: 219-224.
- VIART (M.), 1969 Cours de climatologie. *Inst. agr. vétér. Hassan II*, texte ronéotypé, 105 p.