

Nouvelles considérations sur les phytoclimats du Maroc. Application au Maroc oriental

Bernard DEFAUT

Quartier Babi, hameau d'Aynat, F-09400 Bédailhac-et-Aynat

Résumé. La méthode bioclimatique préconisée repose sur le principe d'une correspondance étroite entre la végétation, définie phytosociologiquement, et les phytoclimats. Une comparaison avec la méthode des botanistes de l'IMEP est développée, puis les interprétations phytoclimatiques antérieures de l'auteur sont actualisées pour le Maroc oriental (surtout sud-oriental).

Mots clés. Étages de végétation ; Maroc oriental ; phytoclimatologie.

Abstract. The recommended bioclimatic approach is based on the principle of a close correspondence between vegetation, defined phytosociologically, and phytoclimates. A comparison is outlined with the method of the botanists from IMEP, then previous phytoclimatics interpretations of the author are updated for the Eastern Morocco (especially South-Eastern).

Keywords. Eastern Morocco, phytoclimatology; vegetation belts.

—oOo—

Les travaux du *laboratoire de botanique et écologie méditerranéenne* (LBEM) dirigé par P. Quézel (†), devenu en 1964 *Institut méditerranéen d'écologie et de paléoécologie* (IMEP), apportent continuellement des données de première importance sur la végétation marocaine, elle-même considérée selon l'excellente approche phytosociologique. Pour cette raison j'ai eu envie de mettre à jour mes travaux antérieurs sur la phytoclimatologie marocaine, notamment en vue de fournir un cadre phytoclimatique aux études orthoptériques en cours au Maroc oriental dans le cadre de missions financées par l'*Emirate Center for Wordlife Propagation* (ECWP, Missouri, Maroc).

MÉTHODE PHYTOCLIMATIQUE DE L'IMEP

1. Méthode proprement dite

Les botanistes de l'IMEP séparent deux notions que L. Emberger et C. Sauvage considéraient conjointement :

- l'*étage de végétation*, qui est sous la dépendance exclusive de l'altitude, et donc du paramètre température. Ainsi, et par définition, l'étage supraméditerranéen surmonte l'étage mésoméditerranéen, lequel surmonte lui-même l'étage thermoméditerranéen, etc. Plus précisément, RHANEM (2008 : 477) retient les valeurs suivantes de température moyenne annuelle pour les limites d'étages : 4°C pour la limite étage oroméditerranéen / étage montagnard méditerranéen, 8°C pour la limite montagnard méditerranéen / supraméditerranéen, 12°C pour la limite étage supraméditerranéen / étage mésoméditerranéen et 16°C pour la limite étage mésoméditerranéen / étage thermoméditerranéen.

- et le *bioclimat*, qui est déterminé par la position de la végétation sur le climagramme **Q – m** d'Emberger. Ce climagramme a été conçu par son auteur uniquement pour la végétation méditerranéenne ; il met en œuvre deux composantes climatiques : un indice d'aridité, le « quotient d'Emberger » (**Q₂**) et, à nou-

veau, un paramètre thermique, la moyenne des minima du mois le plus froid (**m**). Les botanistes de l'IMEP identifient donc le *bioclimat* des différentes végétations par leur position sur le climagramme d'Emberger, ce dernier étant pris, de fait, comme une entité scientifique immuable.

Dans ce double système « *étages de végétation / bioclimats* » il n'y a pas nécessairement coïncidence entre étages de végétation et unités phytosociologiques, ni entre bioclimats et unités phytosociologiques. Par exemple, BENABID (1985) range dans un même étage « *mésoméditerranéen* » des chênaies vertes climaciques relevant des **Ephedro-Juniperetalia** (pour moi : bioclimat aride), des **Quercetea ilicis** (pour moi : bioclimat subhumide) et des **Quercetea pubescentis** (pour moi : bioclimat subaxérique), ainsi que des junipéraies rouges relevant des **Ephedro-Juniperetalia** (pour moi : bioclimat aride) et des **Pistacio-Rhamnnetalia** (pour moi : bioclimat semi-aride) ; etc.

Symétriquement BENABID (2000) décrit ainsi la végétation des **Quercetalia ilicis** : « [On y observe] *des chênaies vertes depuis le thermoméditerranéen jusqu'au montagnard méditerranéen, dans toutes les variantes thermiques depuis le bioclimat semi-aride jusqu'au bioclimat perhumide* ». Les caractérisations restent complexes également aux niveaux inférieurs du synsystème ; ainsi, dans leur étude sur les steppes du Haut Atlas oriental, TALEB & FENNANE (2003) écrivent à propos du **Velletum mairei** : « *Le bioclimat est semi-aride froid à extrêmement froid des étages montagnard et oroméditerranéen* », tandis que BENABID (2000) caractérise ainsi la célèbre subéraie de la Mamora, **Telino linifoliae-Quercetum suberis** : « *en bioclimat subhumide inférieur et semi-aride chauds et tempérés ; étage thermoméditerranéen* ».

La méthode de l'IMEP a évidemment sa logique ; mais elle n'est pas simple, et ses résultats ne sont pas faciles à mémoriser.

2. Potentialités phytoclimatiques de deux climagrammes récents de l'IMEP

Sur les deux climagrammes de BARBERO & *al.* (1990) construits, l'un pour la végétation du Maroc et l'autre pour celle de la France (figure 1), on observe que les végétations climaciques des climats les plus secs sont à peu près perpendiculaires à l'axe du paramètre Q_2 , ce qui n'a d'ailleurs rien d'étonnant pour moi, et on observe surtout qu'elles sont parfaitement juxtaposées (non intriquées) : **Quercetalia ilicis**, **Pistacio-Rhamnetalia** et **Acacio-Arganetalia**. Les autres végétations sont également juxtaposées (non intriquées les unes aux autres, ni aux précédentes) : **Quercetalia pubescentis**, **Pino-Juniperetalia** et **Ephedro-Juniperetalia** sur le climagramme du Maroc, **Quercetalia pubescentis**, **Pino-Juniperetalia** et **Fagetalia** sur le climagramme de la France. On remarquera aussi que les végétations qui, en France, viennent au-dessus des végétations strictement méditerranéennes, tendent à s'allonger perpendiculairement à l'axe corrélé avec la température (on retrouve cette même disposition, mais de manière beaucoup plus nette, sur mon propre climagramme : figure 3).

On peut s'étonner que les auteurs ne fassent pas coïncider les limites entre les différents bioclimats (« aride », « semi-aride », etc.) avec les limites entre les végétations (caractérisées ici par les unités phytosociologiques : « **Acacio-Arganetalia** », « **Pistacio-Rhamnetalia** », etc.), comme le faisaient en leur temps L. Emberger et C. Sauvage. Pourtant, si les contours des végétations ont été dessinés sur ces climagrammes à partir de données climatiques fiables (à cet égard le changement complet d'orientation des **Junipero-Quercetalia** lorsqu'ils atteignent les climats les plus froids, est déroutant¹), on ne voit pas ce qui empêcherait de considérer ces végétations comme l'expression directe du phytoclimat. Par exemple, et pour rester dans l'esprit des travaux d'Emberger, on pourrait poser : **Quercetalia ilicis** = phytoclimat méditerranéen subhumide, **Pistacio-Rhamnetalia** = phytoclimat méditerranéen semi-aride, **Acacio-Arganetalia** = phytoclimat méditerranéen aride, etc.

Surtout, on note sur le climagramme du Maroc que les **Quercetalia pubescentis**, occupent la même position que les **Quercetalia pubescentis** subméditerranéens sur le climagramme de la France (avec débordement sur les **Fagetalia** montagnards). Cela conforte l'opinion exprimée par OZENDA (1954, 1975) et par DEFAUT (1990, 1996), selon laquelle les cédraines marocaines qui surmontent les chênaies vertes *méditerranéennes* sont l'équivalent bioclimatique des chênaies pubescentes *subméditerranéennes* (ou *supraméditerranéennes*). Ce point important a pourtant été contesté lorsque que j'ai voulu publier dans des revues un peu mieux distribuées que les *Matériaux Orthoptériques*.

¹ Cet ordre a été régressé par QUÉZEL & BARBERO (1986) au rang d'alliance, dépendant des **Ephedro-Juniperetalia** : **Junipero thuriferae-Quercion rotundifoliae** ; et il a été généralement (?) maintenu comme tel postérieurement, notamment par BENABID (2000).

LA MÉTHODE PHYTOCLIMATIQUE QUE J'AI ADOPTÉE

1. Sources initiales de ma méthode

Dans la méthode préconisée initialement par EMBERGER (1930, 1939, 1942, 1955, 1962, 1964) et par SAUVAGE (1963), et que j'ai faite mienne depuis longtemps, il y a coïncidence absolue entre bioclimat et végétation, et cela par définition.

Voici par exemple ce qu'écrit EMBERGER (1942) : « Il y a plusieurs manières de classer les climats ; chaque classification doit être faite en vue de la discipline qu'elle doit seconder. Les phytogéographes doivent donc avoir la leur » ; ou encore (EMBERGER, 1962 : 53) : « Comme végétation et climat sont solidaires, interdépendants, il s'ensuit qu'au climat méditerranéen général correspond l'ensemble de la végétation méditerranéenne », et un peu plus loin : « À chacun des "genres" de climat méditerranéen correspond un certain type de végétation méditerranéenne. Nous dirons que l'ensemble de la végétation vivant sous un "genre" de climat méditerranéen constitue ce que nous appelons un étage bioclimatique de végétation, le terme étage signifiant ici degré ou échelon ». Et voici comment SAUVAGE (1963 : 10) s'exprime sur le même sujet : « À chacun [des climats dessinés par L. Emberger sur son climagramme] correspond un ensemble de groupements végétaux qui ont les mêmes aptitudes écologiques générales. Cet ensemble est l'étage de végétation : sa définition est uniquement climatique, mais son expression est dans la végétation ; il est la "réplique biologique du climat" (L. Emberger, 1939). D'où le nom d'étage bioclimatique qu'on lui donne le plus souvent. »

Guinochet, in GUINOCHET & VILMORIN (1973 : 28), est dans le même esprit quand il pose les définitions suivantes : « [...] étage subalpin : étage du climax climatique des *Vaccinio-Piceetalia* ; étage alpin : étage du climax climatique des *Caricetalia curvulae* ».

Ce sont là mes principaux inspirateurs.

2. La mise en œuvre de ma méthode

Dans mon propre système (DEFAUT 1990, 1991, 1992, 1996, 2001, 2004) les phytoclimats sont exprimés directement par la végétation climacique zonale, considérée au niveau des unités phytosociologiques (supérieures, autant que faire se peut) : c'est ce qu'Emberger et Sauvage n'avaient pu faire complètement, la phytosociologie étant encore balbutiante à leur époque, alors que, plus récemment, Guinochet a su l'esquisser, on l'a vu.

Ainsi, et par définition, la végétation climacique des **Quercetalia ilicis** désigne dans mon système le phytoclimat xérique subhumide tempéré (en abrégé : **SH3**), celle des **Quercetalia pubescentis** désigne le phytoclimat subaxérique tempéré (**SX3**), celle des **Fagetalia sylvaticae** désigne le phytoclimat axérique frais (**AX4**), dit aussi boréo-montagnard (**BM**), etc.

En même temps j'ai modifié les paramètres du climagramme d'Emberger, pour pouvoir dessiner côte à côte les phytoclimats méditerranéens *et* eurosibériens sur mon climagramme (figure 3).

D'un point de vue théorique le positionnement sur le climagramme $Qn_2 - T/tc$ de tous les postes dont on connaît la végétation potentielle climacique devrait permettre, s'ils sont suffisamment nombreux, de redessiner avec exactitude et précision les contours des bioclimats d'Emberger : en séparant au mieux les unes des autres les unités phytosociologiques du tableau 1. Cependant il n'est pas facile d'étalonner de manière fiable les postes pour les paramètres climatiques requis ; et même quand on y réussit, une autre difficulté surgit : comment évaluer le décalage climatique provoqué depuis des siècles par la dégradation de la végétation climacique ? N'ayant pas trouvé de réponse satisfaisante à ce problème, j'ai placé sur mon climagramme $Qn_2 - T/tc$ tous les postes du climagramme $Q_2 - m$ d'Emberger, ainsi que les nouveaux supplémentaires, et j'ai positionné au mieux les contours phytoclimatiques (DEFAUT, 1991 et 1996). Mais, bien sûr, je considère que rien n'est figé.

Dans le détail le tracé des limites entre les différents phytoclimats a tenu compte, tant bien que mal, de la position de 205 postes climatiques sur mon climagramme de 1990 (103 postes français et 102 postes marocains), et de 542 postes climatiques dans mes climagrammes postérieurs (dont 137 postes français et 88 postes marocains, les autres postes provenant d'autres pays d'Eurasie et d'Afrique du Nord).

Naturellement je souhaitais depuis longtemps améliorer mes résultats antérieurs (références plus

haut) en m'appuyant sur les plus récents travaux phytosociologiques ; mais mon activité principale (orthoptérologie), conjointement avec le peu de succès rencontré par mon système bioclimatique auprès des phytosociologues et des botanistes, excepté M. Paul Ozenda, m'avaient éloigné jusque-là de cette démarche.

3. Résultats actualisés pour le Maroc sud-oriental (aux confins du Haut-Atlas oriental et du Sahara, à compléter pour le reste du Maroc oriental)

3-1. Bases théoriques d'une caractérisation des phytoclimats du Maroc sud-oriental

Par définition la végétation *saharienne* est xérique hyperaride (**HA**) (érémique dans les déserts absolus : **E**), la végétation *méditerranéenne* est xérique aride, xérique semi-aride ou xérique subhumide (**A**, **SA**, **SH**), et la végétation *subméditerranéenne* est subaxérique (**SX**).

Par définition également (et dans la mesure où cela n'est pas formellement contredit par la position sur le climagramme) la végétation *saharienne* relève des classes **Asterisco-Forskhaletea** et des **Pergulario-Pulicarietea**, la végétation *méditerranéenne* de la classe **Quercetea ilicis**, la végétation *subméditerranéenne* de la classe **Quercetea pubescentis** (un seul ordre au Maroc : **Quercocedretalia**) et sans doute aussi de l'ordre **Erinacetalia** (qui dépend des **Ononido-Rosmarinetea**).

J'ai posé les bases phytoclimatiques suivantes, valables à l'échelle du Maroc. Elles sont délibérément très simples (c'est l'avantage de la méthode d'Emberger) :

A. Correspondance entre unités phytosociologiques et principaux phytoclimats du Maroc :

- Erinacetalia (Ononido-Rosmarinetea) =	SX (plutôt que SH ou SA ; mais voir la discussion à ce sujet)
- Quercocedretalia (Quercetea pubescentis) =	SX
- Quercetalia ilicis (Quercetea ilicis) =	SH
- Pistacio-Rhamnetalia (Quercetea ilicis) =	SA
- Ephedro-Juniperetalia (Quercetea ilicis) =	A
- Acacio-Arganetalia (Quercetea ilicis) =	A
- Asterisco-Forskhaletea =	HA
- Pergulario-Pulicarietea =	HA

B. Subdivision thermique (température moyenne annuelle) des principaux phytoclimats ; correspondance avec les altitudes dans le Haut-Atlas oriental (d'après la littérature) et avec la nomenclature des « étages de végétation » *sensu* IMEP (en *italique gras*).

- 7 (nival : $tc \leq 2,0^\circ C [\pm 2]$)	= au dessus de 3 800 m	
- 6 (très froid : $2,0^\circ C < tc < 10,5^\circ C$)	= de 3 800 m à 3 100 m (± 100 m)	= <i>oroméditerranéen supérieur</i>
- 5 (froid : $10,5^\circ C < tc$ et $T < 4,5^\circ C [\pm 0,5]$)	= de 3 100 m à 2 500 m (± 200 m)	= <i>oroméditerranéen inférieur</i>
- 4 (frais) = $4,5^\circ C < T < 10,0^\circ C [\pm 1,0]$	= de 2 500 m à 2 200 m	= <i>montagnard méditerranéen</i>
- 3b (tempéré) = $10,0^\circ C < T < 13,0^\circ C$	= de 2 200 m à 1 800 m	= <i>supraméditerranéen</i>
- 3a (tempéré) = $13,0^\circ C < T < 16,5^\circ C [\pm 1,0]$	= de 1 800 m à 1 400 m	= <i>mésoméditerranéen</i>
- 2 (chaud) = $16,5^\circ C < T < 23,0^\circ C [\pm 2,0]$	= en dessous de 1 400 m	= <i>thermo- et inframéditerranéen</i>
- 1 (très chaud : $23,0^\circ C < T$)	= (Sahara central)	= ($d^\circ ?$)

Remarque. Les valeurs thermiques proposées ici sont empruntées sans modification à mes travaux antérieurs (DEFAUT 1991, 1992, 1996) ; mais je constate

que RHANEM (2008 : 477) propose des valeurs très proches (elles ont été reproduites plus haut).

Un troisième paramètre est probablement efficace, quoique à un degré moindre ; c'est la continentalité thermique, qu'on peut exprimer par le paramètre **tc-tf** : écart entre la température moyenne du mois le plus chaud (**tc**) et la température moyenne du mois le plus froid (**tf**). Par exemple on pourrait

attribuer à l'augmentation de la continentalité thermique le remplacement des formations présteppiques arborées des **Ephedro-Juniperetalia** dans la tranche thermique fraîche (**A4**) par les steppes vraies (dont l'étude phytosociologique n'a pas encore été faite au Maroc, ai-je lu).

Tableau I. Les phytoclimats au Maroc sud-oriental : synthèse.

(Pour chaque entité phytosociologique considérée n'est prise en compte que la végétation climacique)

symboles	végétation climacique
SX6 (ou SH6 ?)	<i>Platycapnion saxicolae</i> (Erinacetalia anthyllidis, Ononido-Rosmarinetea)
SX5 (ou SH5 ?)	<i>Arenarion pungentis</i> (Erinacetalia anthyllidis, Ononido-Rosmarinetea)
SX3-4	<i>Violo-Cedrion</i> et <i>Paeonio-Cedrion</i> (Querco-Cedretalia, Quercetea pubescentis)
SH3	<i>Balansaeo-Quercion</i> (Quercetalia ilicis, Quercetea ilicis)
SH2	<i>Querco-Oleion</i> (Quercetalia ilicis, Quercetea ilicis)
SA3	<i>Junipero-Rhamnion</i> (Pistacio-Rhamnetalia, Quercetea ilicis)
SA2	<i>Asparago-Rhamnion</i> / <i>Tetraclino-Pistacion</i> (Pistacio-Rhamnetalia, Quercetea ilicis)
A3a-4	<i>Junipero-Quercion</i> (Ephedro-Juniperetalia, Quercetea ilicis)
A2-3a	<i>Ephedro-Juniperion</i> (Ephedro-Juniperetalia). [En secteur macaronésien : Acacio-Arganetalia]
HA2	Asterisco-Forskhaletea et Pergulario-Pulicarietea

3-2. Discussion

Au Maroc les *Quercetea pubescentis* (représentés par l'ordre **Querco-Cedretalia**) sont, comme en Europe (*Quercetalia pubescentis*), superposés altitudinalement aux *Quercetea / etalia ilicis* ; cela prouve suffisamment qu'ils désignent au Maroc un phytoclimat subaxérique, comme en Europe. Mais l'interprétation climatique de ce qui vient au-dessus du phytoclimat **SX4** (= subaxérique frais) est problématique. Les **Erinacetalia** ont été interprétés ici (tableau 1) comme plutôt moins arides (donc : encore **SX**) que les **Querco-Cedretalia**, du fait du fléchissement continu de la température en altitude ; mais il n'est pas exclu que ce fléchissement thermique soit accompagné d'une diminution de la pluviométrie telle que le résultat de l'élévation en altitude soit au contraire une aridification bioclimatique ; auquel cas les **Erinacetalia** devraient être considérés comme **SH** (et même **SA** selon certains auteurs) : **SH5** pour l'*Arenarion pungentis*, **SH6** pour la *Platycapnion saxicolae*, ce qui serait davantage conforme à l'interprétation habituelle des garrides à xérophytes épineux des atlas marocains (voir par exemple SAUVAGE, 1963 : 20, et QUÉZEL, 1971).

Il n'existe malheureusement pas de poste climatique pour ces végétations. Cependant DONADIEU (1977) a effectué en collaboration des relevés dans une vallée du Toubkal (Haut-Atlas), entre 1 000 et 3 000 m. Cela lui a permis notamment de calculer le quotient d'Emberger et la moyenne des minimas du mois le plus froid à 2 300 m, en limite supérieure du supraméditerranéen (sommet de **SX3**) : $Q_2 = 90^2$ et $m = -6^\circ\text{C}$. Sur le climagramme Q2 / m de SAUVAGE (1963) la station de Donadieu correspond à peu près à la limite entre les phytoclimats subhumide et humide, c'est-à-dire, dans ma terminologie, à la limite **SH3** / **SX4** ; elle se positionne à la base des **Querco-Cedretalia** (pour moi : **SX4**) sur le

climagramme Q2 / m de BARBERO & al. (1990) (figure 1), et nettement dans l'« étage » humide (*wet*) sur le climagramme Q2 / m des botanistes modernes (figure 2). Mais surtout Donadieu précise qu'à des altitudes supérieures à 2 300 m, Q_2 est toujours supérieur à 90 ; sur les climagrammes précédents cela implique que non seulement le phytoclimat « montagnard méditerranéen », au-dessus de 2 300 m, est subaxérique (pour moi : **SX4**), ce qui s'accorde très bien avec sa végétation (*Quercetea pubescentis*), comme déjà dit ; mais cela implique surtout que sont également subaxériques les étages oroméditerranéen inférieur et oroméditerranéen supérieur (pour moi : **SX5** et **SX6**, respectivement). Et cela d'autant plus que Donadieu précise que l'année d'enregistrement était atypique parce que « particulièrement sèche » ! On comprendrait mieux, dès lors, pourquoi une simple correction édapho-topographique dans l'étage oroméditerranéen du Haut-Atlas (les pozzines : dépression topographiques, restant longtemps humides) a pour conséquence la présence, ou plutôt le maintien, d'une végétation riche en éléments endémiques, mais aussi en vestiges de la flore eurasiatique ou même boréale qui a envahi les montagnes méditerranéenne lors des dernières phases glaciaires (QUÉZEL, 1971 : 11). Il faudrait alors s'interroger sur le rôle de la luminosité ambiante ; il n'est peut-être pas négligeable puisque QUÉZEL lui-même (1957, p. 310) insiste sur « la perte du port prostré et rampant, la diminution de la spinescence, l'étiollement qu'ils présentent lorsqu'ils se développent, comme c'est le cas pour *Erinacea* et *Cytisus*, sous le couvert de la forêt de Cèdres ».

Mais d'un autre côté j'aurais bien vu, intuitivement, les végétations des **Ononido-Rosmarinetea** dans les bioclimats **SH** (ou **SA**) plutôt que **SX**... Il faudrait connaître avec certitude la position de postes climatiques de l'*Arenarion pungentis* sur le climagramme $Qn_2 - T/tc$: si leur Qn_2 est ≥ 65 (ou mieux : ≥ 80), ils se placeront parmi

² La formule de Q_2 est donnée plus loin, en note infrapaginale à la figure 1.

les postes à taïga hypercontinentale de Sibérie orientale, dont ils ne diffèrent que par une continentalité thermique moindre ($t_c - t_f < 25^\circ\text{C}$) ; ils pourront alors être considérés comme **SX5**. Si au contraire leur Q_{n2} est < 65 , le doute sera renforcé au profit de **SH5** ou de **SA5**.

DESCRIPTION SOMMAIRE DES PHYTOCLIMATS DU MAROC SUD-ORIENTAL

J'ai tenté de réinterpréter conformément à mes vues des informations sur la végétation zonale climacique puisées principalement chez QUÉZEL, BARBERO & BENABID (1987), BENABID & FENNANE (1994), QUÉZEL & al. (1994), BENABID (2000) et TALEB & FENNANE (2003).

1. PHYTOCLIMAT HYPERARIDE CHAUD (HA2)

1-1. Hamadas et rocailles de l'*Asterisco graveolentis* – *Forskhaleta tenacissimae* Quézel, 1965.

- Pseudo-steppes du *Fredolietum aretioidis* Quézel, 1965 (*Atractylion babelii* Quézel 1965, *Gymnocarpo decandris* – *Atractyletalia serratuloidis* Quézel 1965) : principalement depuis la région de Tinghir (= Tinerhir) à l'ouest jusqu'à, au moins, la région de Figuig ; couvre de grandes surfaces dans le secteur Er-Rachidia-Boudnib. Notées entre 1 050 et 1 300 m.

Dans la partie nord de l'aire, la sous-association *anabasidetosum oropediori* est enrichie en espèces des **Ononido-Rosmarinetea** et fait donc la transition avec le domaine franchement méditerranéen (phytoclimat aride). Au sud de la ligne Goulmina-Er-Rachidia-Boudnib c'est la sous-association *thymelaetosum microphyllae*, franchement saharienne (dépourvue d'éléments méditerranéens). Plus à l'est, en Saoura (= limite ouest du Grand Erg Occidental algérien) c'est encore une autre sous-association.

1-2. Lits d'oueds et ravinelles rocailleuses ensablées des *Pergulario tomentosae* – *Pulicarietea/etalia crispae* Quézel, 1965

Les trois associations ci-dessous relèvent de l'alliance *Antirrhino ramosissimi* – *Zillion macropterae* Quézel, 1965.

- *Rhantherio adpressi* – *Fagonietum zilloidis* Quézel & al. 1994 : dépressions ensablées sur quelques cm (zones d'épandage), ravinelles pluviales et marges de lits d'oueds rocailleux, entre Er-Rachidia et Tinghir, et dans la vallée inférieure du Dadès. En direction du sud les formations à *Fagonia zilloides* atteignent les peuplements à *Acacia raddiana* (cette dernière espèce exige une valeur de $m > 3^\circ\text{C}$). Notée de 1 050 à 1 270 m.

- *Zizypho loti* – *Retametum sphaerocarphae* Coquillard 1983 : zones plus fortement ensablées, dans le même secteur géographique que l'association précédente. Physiologiquement dominée par les deux espèces éponymes. Notée de 1 020 à 1 200 m.

- *Zizypho loti* – *Acacietum raddianae* Quézel, 1965 : association plus méridionale que les deux précédentes ; elle s'étend du Tademaït à l'est (centre du Sahara algérien) jusqu'au revers méridional du Saghro à l'est, en passant par la Saoura et le Tafilalet. Elle est présente

sur les zones d'épandage et les marges des oueds un peu importants. Notée de 1 180 à 1 450 m.

2. PHYTOCLIMAT ARIDE, CHAUD À FRAIS (A2-4)

2-1. Forêt présteppiques de l'*Ephedro majoris* – *Juniperion phoeniceae* Quézel & Barbero (1981) 1986. [*Ephedro majoris* – *Juniperetalia phoeniceae* Quézel & Barbero (1981) 1986 ; *Quercetea ilicis*]. A2-3a.

- *Zizypho loti* – *Rhuscetum tripartiti* Quézel & al., 1994 (*Ephedro majoris* – *Juniperion phoeniceae* Quézel & Barbero (1981) 1986. (A2). Association connue sur les ravinelles inclinées (15 à 25°), de 1 000 à 1 300 m, dans la région d'Er-Rachidia et sur le revers méridional de l'Anti-Atlas. Elle est dominée par les deux espèces éponymes et par *Periploca angustifolia* (et *Warionia saharae* sur l'Anti-Atlas).

Dans le secteur Er-Rachidia – Gourrama, et sans doute plus à l'est, le manteau de cette association est constitué par les géniétaies du *Convolvulo trabutiani* – *Genistetum capitellatae* Quézel & al. 1994 (*Lavandulo mairei* – *Carthamion fruticosi* Quézel & al. 1994, *Anarrhino fruticosi* – *Astragaletalia armati* Quézel & al. 1992, *Ononido-Rosmarinetea* Braun-Blanquet 1947).

2-2. Forêts présteppiques du *Junipero thuriferae* – *Quercion rotundifoliae* Quézel & Barbero (1981) 1986. [*Ephedro majoris* – *Juniperetalia phoeniceae* Quézel & Barbero (1981) 1986 ; *Quercetea ilicis*]. A3a-4.

- *Adenocarpo bacquei* – *Buxetum balearicae* Quézel & Barbero 1981 (*Junipero-Quercion*, *Ephedro-Juniperetalia*). (A3a) Association connue sur calcaire dans les gorges du Dadès et sur le M'Goun, mais surtout développée dans les vallées du Todrah et du Ziz, entre 1 200 et 1 800 m.

Par dégradation se transforme en associations des *Anarrhino fruticosi* – *Astragaletalia armati* Quézel & al. 1992 (*Ononido-Rosmarinetea* Braun-Blanquet 1947) : *Lavandulo brevidentis* – *Hertietum maroccanae* Quézel & al. 1994 (*Bupleuro aiouensis* – *Globularion nainii* Quézel & al., 1992), ou *Thymo commutati-Rosmarinetum officinalis* Quézel & al. 1994 (*Lavandulo mairei* – *Carthamion fruticosi* Quézel & al. 1994), ou *Genisto myrianthae* – *Carthametum fruticosi* Quézel & al. 1994, sous-associations *globularietosum arabicae* et *adenocarpetosum bacquei* (*Lavandulo-Carthamion*). Enfin, le manteau de cette association est constitué par une formations à grandes géniétaies : l'*Adenocarpo leiocarpi-Retametum dasycarpae* Quézel & al. 1994 (*Lavandulo-Carthamion*) et localement par le *Lavandulo-Hertietum* évoqué plus haut.

Deux sous-associations :

* À la base, entre 1 200 et 1 500 m : *warionietosum saharae*, avec surtout *Warionia saharae*, *Pistacia atlantica*, *Retama sphaerocarpha*, (...).

* Au-dessus, entre 1 500 et 1 800 m : *buxetosum balearicae*, avec surtout *Buxus balearica*, *Juniperus turbinata*, *Ephedra fragilis*.

- *Buxo balearicae* – *Quercetum rotundifoliae* Quézel & Barbero, 1981. (*Junipero-Quercion*, *Ephedro-Juniperetalia*). (A4.) Cette association climacique « constitue dans la vallée de l'Ahansal des groupe-

ments potentiels au méditerranéen supérieur [...] ». (Nota : BENABID, 2000 : 265, la place dans le supraméditerranéen basal).

- *Lonicera arborae* – *Cedretum atlanticae* Barbero, Quézel & Rivas-Martínez 1981. (**Junipero-Quercion, Ephedro-Juniperetalia**). (A4.) Dans le Haut-Atlas oriental et le Moyen-Atlas oriental, sur substrat calcaire, à des altitudes élevées.
- *Retamo dasycarpae* – *Juniperetum phoeniceae (turbinatae)* Quézel & Barbero 1981. (**Junipero-Quercion** pour QUÉZEL & al. 1994, *Ephedro-Juniperion* pour Benabid 2000). (A3b.) Remplace l'*Adenocarpus-Buxetum* sur substrat « marmo-éruptif » dans la partie méridionale du M'Goun ; également connu plus à l'est, sur le versant nord de l'Atlas de Marrakech. Altitudes comprises entre 1 700 et 2 200 m sur le revers saharien de l'Atlas.
- *Bupleuro spinosi* – *Juniperetum phoeniceae (turbinatae)* Quézel & Barbero 1981. (**Junipero-Quercion, Ephedro-Juniperetalia**). (A3b.) Connu entre 1 700 et 2 100 m, depuis le versant méridional de l'Atlas de Toluët (à l'ouest) jusque dans le Haut Todrah (à l'est), en passant par les crêtes de la partie orientale du Saghro et par le Haut Dadès. Substrat indifférent. Actuellement dégradé presque partout en steppes à armoises ; se dégrade aussi en *Genista myrianthae* - *Carthametum fruticosi* Quézel & al. 1994, sous-association *anvilletosum radiatae* (**Anarrhino-Astragaletalia, Ononido-Rosmarinetea**).
- *Ormenido scariosae* – *Quercetum rotundifoliae* Quézel & Barbero 1981. (**Junipero-Quercion, Ephedro-Juniperetalia**). (A3b-4.) Couvre de vastes surfaces dans la région du Tizi n'Talghem, sur les chaînons situés à l'est de l'Ayachi, sur calcaires et calcaires marneux, entre 1 800 et 2 400 m. Selon TALEB & FENNANE (2003) cette chênaie verte surmonte directement le *Fredolietum* (mais sans doute sa partie supérieure est-elle infiltrée de représentants des **Ononido-Rosmarinetea** : ce n'est pas précisé) À l'extrémité orientale du Haut-Atlas, et à partir de 1 700 à 1 800 m, la dégradation de la chênaie conduit aux pelouses écorchées de l'*Ormenido africanae* – *Centauretum benoistii* Quézel & al. 1992 (**Anarrhino-Astragaletalia, Ononido-Rosmarinetea**). Ailleurs la dégradation conduit à l'*Ormenido scariosae* – *Euphorbietum megalatlanticae* Taleb & Fennane, 2003 (*Ormenion scariosae, Erinacetalia anthyllidis, Ononido-Rosmarinetea*) ; cependant cette dernière association serait climacique entre 1 950 et 2 200 m, notamment vers le plateau des Lacs.
- *Berberido hispanicae* – *Fraxinetum dimorphae* Quézel & Barbero 1981. (**Junipero-Quercion, Ephedro-Juniperetalia**). (A4.) Sur les sommets occidentaux du Saghro, au dessus de 2 000 m. Presque partout dégradé en pelouses écorchées du *Teucrio malenconiani* - *Thymetum brevidentis* Quézel & al. 1994 (*Ormenion scariosae, Erinacetalia*).

2-3. Steppes à *Stipa tenacissima*, A3 ou A4 (ou SA4 ?).

Unités phytosociologiques encore inconnues : selon BENABID (2000 : 277) elles ne sont pas encore étudiées au Maroc (et l'étude de BEN EL MOSTAPHA & al., 2001, n'apporte rien concernant la phytosociologie des

steppes à Alfa de l'Oriental). En Algérie elles dépendent des **Anarrhino fruticosi – Astragaletalia armati** Quézel & al. 1992 (**Ononido-Rosmarinetea** Braun-Blanquet 1947) d'après Kadi-Hanifi (2004) ; mais sont-elles climaciques ?

2-4. Forêts présteppiques des *Acacio-Arganetalia* Barbero, Benabid, Quézel Rivas-Martínez & Santos, 1982. [*Quercetalia ilicis*]. A2.

Elles sont indiquées pour mémoire, car leur répartition est plus occidentale (secteur macaronésien marocain).

3. PHYTOCLIMAT SEMI-ARIDE TEMPÉRÉ (SA3)

3-1. Forêts du *Junipero oxycedri* – *Rhamnion atlanticae* Quézel & Barbero, 1986. [*Pistacio-Rhamnetalia, Quercetalia ilicis*].

- *Leuzeo coniferae* – *Pinetum halepensis* Quézel, Barbero & Benabid, 1987.

4. PHYTOCLIMAT SUBHUMIDE CHAUD À TEMPÉRÉ (SH2-3)

4-1. Chênaies vertes et chênaies-cédraies du *Balansaeo-Quercion*. [*Quercetalia ilicis*]. SH3.

- *Balansaeo glaberrimae* – *Cedretum atlanticae* Barbero, Quézel & Rivas-Martínez, 1981.

Cette cédraie-chênaie verte a été décrite du Moyen-Atlas oriental. QUÉZEL, BARBERO & BENABID (1987) la signalent à nouveau dans la région de Targuist (Haut-Atlas oriental), entre 2 100 et 2 300 m, mais où elle se rattache difficilement à son alliance originelle.

- *Sileno melliferae* – *Quercetum rotundifoliae* Quézel, Barbero & Benabid, 1987. *Balansaeo-Quercion (Quercetalia ilicis)*. Chênaie verte à Oxyèdre, identifiée entre le Masker et la vallée de l'Ahsal, entre 1 180 et 1 500 m, assez proche floristiquement du *Viburno tini* – *Quercetum rotundifoliae* décrit par Achhal en 1986 dans le Haut-Atlas central. SH3a.

- *Junipero oxycedri* – *Quercetum rotundifoliae* Rivas-Martínez 1975 (*Paeonio broteroi-Quercion rotundifoliae* Rivas-Martínez 1982. À 1 500 à 1 600 m. SH3a. Cette chênaie verte climacique (que ces auteurs rattachent à l'alliance ibérique *Quercion broteroi* Braun-Blanquet & al. 1956) est à peu près partout remplacée par la pinède préforestière *Leuzeo coniferae* – *Pinetum halepensis* Quézel, Barbero & Benabid, 1987.

5. PHYTOCLIMAT SUBAXÉRIQUE TEMPÉRÉ À FRAIS (SX3-4)

5-1. Cédraies du *Paeonio maroccanae* – *Cedron atlanticae* Barbero, Quézel & Rivas-Martínez, 1981. [*Quercetalia ilicis, Quercetalia pubescentis*].

- *Piptathero paradoxi* – *Cedretum atlanticae* Quézel, Barbero & Benabid, 1987. (SX3b.)

Jbel Sloul, gorges du Masker, flanc nord de l'Ayachi (région de Mitkane et de Jaffar), de 1 800 à 2 100 m. Les descripteurs soulignent que, bien que son altitude soit inférieure, le *Piptathero-Cedretum* est certainement plus arrosé que le *Balansaeo-Cedretum* évoqué ci-dessus.

6. PHYTOCLIMAT SUBAXÉRIQUE FROID (SX5)

6-1. Formations à xérophytes épineux en coussin de l'*Arenarion pungentis* Quézel 1957. [Erinacetalia anthyllidis, Ononido-Rosmarinetea].

- *Velletum mairei* Quézel 1957. Au-dessus de 2 300 m en versant nord du Jbel Ayachi, au dessus de 2 500 m dans l'Ahansal, de 2600 m sur le Jbel Rhat. Cette association est bien développée aussi dans le Moyen-Atlas sur le Bou Naceur (pas sur le Bou Iblane).
- *Teucro misimoni* – *Avenetum montanae* Quézel 1957. Sur le Jbel Ayachi et le Jbel Rhat, entre 3 000 et 3 450 m, sur calcaire.

7. PHYTOCLIMAT SUBAXÉRIQUE TRÈS FROID (SX6)

7-1. Pelouses du *Platycapnion saxicolae* Quézel 1957. [Erinacetalia anthyllidis, Ononido-Rosmarinetea].

- *Violo calcareae* – *Vicietum anremericae* Quézel 1957. Entre 3 450 et 3 600 m sur le Jbel Rhat. Cette association est bien développée aussi dans le Moyen-Atlas.

SIGNIFICATION PHYTOCLIMATIQUES DES VÉGÉTATIONS NON-CLIMACIQUES LES PLUS ÉTENDUES AU MAROC SUD-ORIENTAL (d'après QUÉZEL & al., 1994)

Elles constituent un stade intermédiaire dans la dégradation poussée de la végétation potentielle, avant le stade final à espèces épineuses, annuelles, bisannuelles, ou refusées par les troupeaux.

- Steppes à *Hammada scoparia*. Cette espèce étant incontestable pour le bétail, elle est favorisée par le pâturage (QUÉZEL & al., 1994, la considèrent comme une indicatrice des **Salsolo-Peganetea**). Elles se développent sur sols superficiels ou sur rocaillies, de part et d'autre de la lisière saharienne. Elles présentent un mélange d'espèces sahariennes et méditerranéennes. En particulier des espèces franchement sahariennes comme *Fredolia aretioides* et *Antirrhinum ramosissimum* transgressent dans les relevés les moins alticoles (1 100 m, 1 140 m), qui pourraient être considérés comme désignant la sous-association *Anabasidetosum oropediori* du *Fredolietum aretioidis*, mais qui peuvent s'interpréter aussi comme les représentants d'une association de l'Aride inférieur (**A2_I**) avec transgression d'espèces sahariennes à la faveur d'une aridification provoquée par l'homme (destruction directe ou par le pâturage), ou par une modification climatique.

→ Comment interpréter aujourd'hui le secteur de la moyenne Moulouya compris entre Missouri et Outate-Oulad-el-Haj, autrefois considéré comme une « enclave saharienne » ? Il faudrait une étude phytosociologique, notamment à l'intérieur de l'enceinte de l'ECWP, où le pâturage est exclu depuis 1996.

- Steppes à *Artemisia inculta* (à fort recouvrement) et *Stipa tenacissima*. De 1 900 à 2 000 m (1 700-2 200 ?), sur sols calcaires, avec horizons superfi-

ciels peu ou très peu épais. Pas de thérophytes (contrairement aux steppes des Hauts Plateaux). Elles constitueraient un stade succédant à l'*Adenocarpus bacquei-Buxetum*, lorsque celui-ci n'est pas climacique (si j'interprète bien) c'est-à-dire en climat **SA3** ; mais c'est aussi un stade de dégradation très répandu du *Bupleuro-Juniperetum*.

- Steppes à *Artemisia mesatlantica* et *A. negrei*. De 2 300 à 2 450 m, sur sols colluvionnaires fins, généralement dans des dépressions colmatées. Cortège floristique plus riche, avec notamment *Bupleurum atlanticum*, *Ormenis scariosa*, *Santolina rosmarinifolia* var. *canescens*. Pas de thérophytes. Cette formation peut être considérée comme une association s'intégrant aux **Erinacetalia** et à l'**Ormenion** (ici **SH4** ou **SX4**).

- Matorrals du *Genisto-Carthametum (Lavandulo-Carthamion, Anarrhino-Astragaletalia, Ononido-Rosmarinetea)* : dominés physionomiquement par *Carthamus fruticosus*, ils couvrent de vastes surfaces entre la vallée du Ghéris à l'est et la région de Tazenkht à l'ouest ; on les trouve entre environ 1 300 et 1 800 m sur le Haut Atlas, et entre 1 500 et 2 000 m sur le Saghro. En fonction de l'altitude, ils correspondent à la dégradation de l'*Adenocarpus-Buxetum (A3a)*, du *Bupleuro-Juniperetum (A3b)*, plus rarement du *Berberido-Fraxinetum (A4)*.

RÉFÉRENCES

- BARBERO Marcel, Pierre QUÉZEL & Roger LOISEL, 1990 – Les apports de la phytocécologie dans l'interprétation des changements et perturbations induits par l'homme sur les écosystèmes forestiers méditerranéens. *Forêt méditerranéenne*, **12** (3) : 194-215.
- BENABID Abdelmalek, 1985 – les écosystèmes forestiers, préforestiers et présteppiques du Maroc: diversité, répartition biogéographique et problèmes posés par leur aménagement. *Forêt méditerranéenne*, **7** (1) : 53-64.
- BENABID Abdelmalek, 1994 – Biogéographie, phytosociologie et phytodynamique des cédraies de l'Atlas *Cedrus atlantica* (Manetti). *Annales de la Recherche Forestière au Maroc*, **27** : 61-76.
- BENABID Abdelmalek, 2000 – *Flore et écosystèmes du Maroc. Évaluation et préservation de la biodiversité*. Ibis Press, 359 p.
- BENABID Abdelmalek & Mohamed FENNANE, 1994 – Connaissances sur la végétation du Maroc : Phytogéographie, phytosociologie et séries de végétation. *Lazaroa*, **14** : 21-97.
- BEN EL MOSTAPHA Souâd, Benyounes HALAOUI & Abdelabasser BERRICHI, 2001 – Contribution à l'étude de la végétation steppique du Maroc oriental : transect Jerrada – Figuig. *Acta Botanica Malacitana*, **26** : 295-301.
- DEFAUT Bernard, 1990 – Un climagramme et un système d'étages phytoclimatiques utilisables simulta-

- nément en Afrique du Nord et en Europe occidentale. *Vie et Milieu*, **40** (1) : 67-78.
- DEFAUT Bernard, 1991 – *Vers une modélisation de l'évolution climatique au Quaternaire. Relations entre climat actuel et étages de végétation dans le domaine paléarctique*. Rapport BRGM R 33036, 57 p., 4 tableaux h.-t.
- DEFAUT Bernard, 1992 – *Données complémentaires sur les relations entre climat actuel et étages de végétation dans le domaine paléarctique*. Rapport BRGM R 34849, 29 p., 2 tableaux h.-t., 3 cartes col. h.-t.
- DEFAUT Bernard, 1996 – Un système d'étages phytoclimatiques pour le domaine paléarctique. Corrélations entre végétation et paramètres climatiques. *Matériaux Entomocénétiques*, **1** : 5-46.
- DEFAUT Bernard, 2001 – Carte de la végétation de la France. *Matériaux Entomocénétiques*, **6** : 113-121.
- DEFAUT Bernard, 2004 – Un nouveau climagramme et un nouveau système phytoclimatique pour le domaine paléarctique. *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de Toulouse*, **140** : 19-25.
- DONADIEU Pierre, 1977 – *Contribution à une synthèse bioclimatique et phytogéographique du Maroc*. Rapport dactylographié, Institut agro-vétérinaire Hassan II, Rabat, 155 p.
- EMBERGER Louis, 1930 – La végétation de la région méditerranéenne. Essai d'une classification des groupements végétaux. *Revue générale de Botanique*, Paris, **42** : 641-662 et 705-721.
- EMBERGER Louis, 1939 – *Aperçu général sur la végétation du Maroc*. Mémoire hors-série de la Société de Sciences Naturelles du Maroc, 157 pages, 1 carte hors-texte.
- EMBERGER Louis, 1942 – Un projet d'une classification des climats du point de vue phytogéographique. *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de Toulouse*, **77** : 97-124.
- EMBERGER Louis, 1955 – Une classification biogéographique des climats. *Recherches et Travaux du Laboratoire de Botanique, de Géologie et de Zoologie de la Faculté des Sciences de Montpellier*, série Botanique, **7** : 3-43.
- EMBERGER Louis, 1962 – Comment comprendre le territoire phytogéographique méditerranéen français et la position « systématique » de celui-ci. *Naturalia Monspelliensis*, **14** : 47-54.
- EMBERGER Louis, 1964 – La position phytogéographique du Maroc dans l'ensemble méditerranéen. *Al Awamia*, INRA, Rabat, **12** : 1-15.
- GUINOCHE Marcel & Roger de VILMORIN, 1973 – *Flore de France*. Fascicule 1. CNRS édit., Paris, 366 p.
- MOSTEFAI Ahmed., Hassiba STAMBOULI-MEZIANE & Mohamed BOUAZZA, 2014. Contribution to a morphometric study of *Rosmarinus officinalis* in the North West Algerian. *International Journal of Multidisciplinary and Current Research*, mars-avril 2014 : 267-270.
- OZENDA Paul, 1954 – Observations sur la végétation d'une région semi-aride: les Hauts-Plateaux du Sud algérois. *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle d'Afrique du Nord*, **45** : 189-224.
- OZENDA Paul, 1975 – Sur les étages de végétation dans les montagnes du bassin méditerranéen. *Documents de cartographie écologique*, **16** : 1-32.
- QUÉZEL Pierre, 1957 – *Peuplement végétal des hautes montagnes de l'Afrique du Nord. Essai de synthèse biogéographique et phytosociologique*. Paris, Lechevalier, 463 p.
- QUÉZEL Pierre, 1971 – La Haute Montagne méditerranéenne. Signification phytosociologique et bioclimatique générale. *Bulletin de la société botanique de France*, **118**, supplément 2 : 1-15.
- QUÉZEL Pierre & Marcel BARBERO, 1986 – Aperçu syntaxinomique sur la connaissance actuelle de la classe des Quercetea ilicis au Maroc. *Ecologia Mediterranea*, **12** (3-4) : 105-111.
- QUÉZEL Pierre, Marcel BARBERO & Abdelmalek BENABID, 1987 – Contribution à l'étude des groupements forestiers et pré-forestiers du Haut Atlas Oriental (Maroc). *Ecologia Mediterranea*, **13** (1-2) : 107-117.
- QUÉZEL Pierre, Marcel BARBERO, Abdelmalek BENABID & Salvador RIVAS-MARTINEZ, 1994 – Le passage de la végétation méditerranéenne à la végétation saharienne sur le revers méridional du Haut Atlas oriental (Maroc). *Phytocoenologia*, **22** (4) : 537-582.
- RHANEM Mustapha, 2008 – Quelques résultats obtenus par l'analyse de l'information mutuelle sur les observations phyto-écologiques recueillies dans la vallée des Aït-Bou-Guemmez (Haut-Atlas, Maroc). *Flora Mediterranea*, **18** : 471-512.
- TALEB Mohammed Sghir & Mohamed FENNANE, 2003 – Étude des groupements steppiques du Parc national du Haut Atlas oriental et ses bordures (Maroc). *Bulletin de l'Institut Scientifique*, section Sciences de la Vie, Rabat, **25** : 25-41.

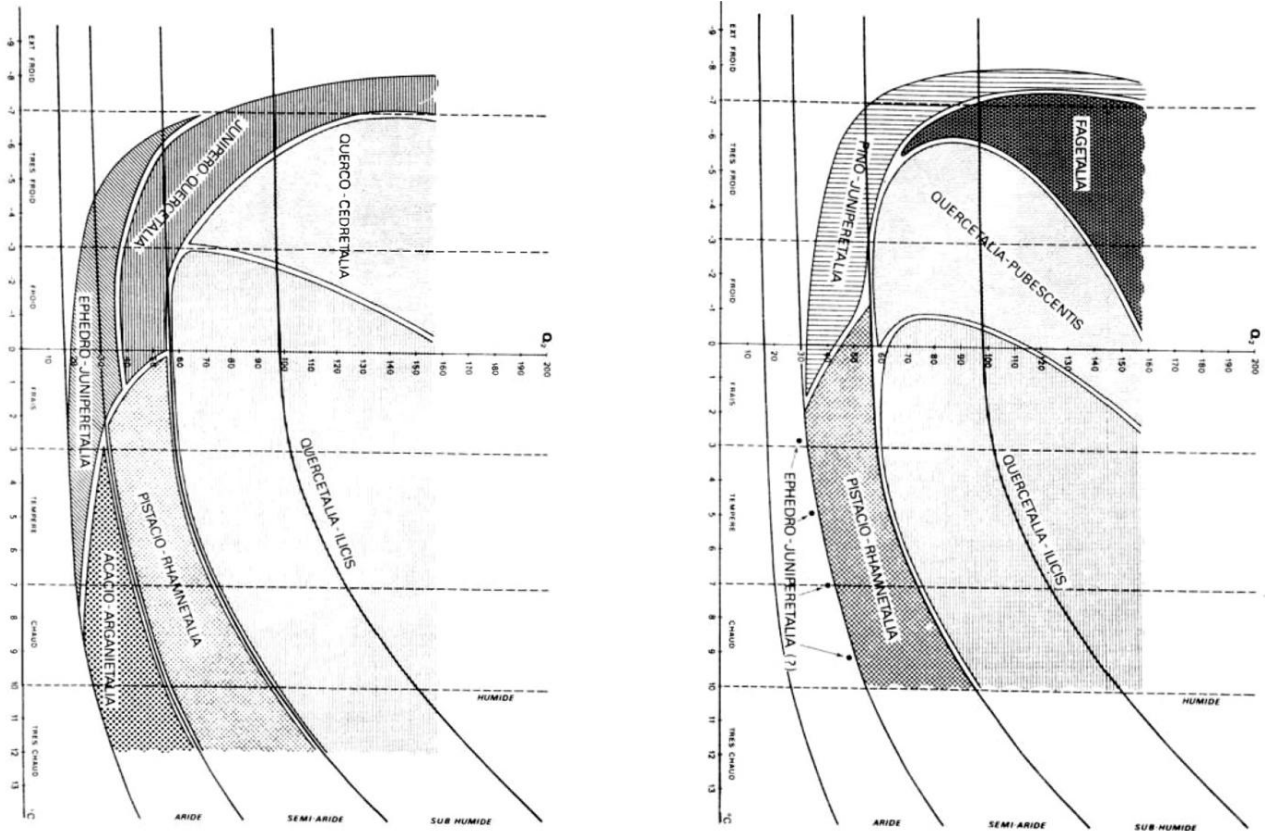


Figure 1. Position des unités phytosociologiques forestières sur le climagramme d’Emberger in BARBERO & al. (1990). À gauche végétation du Maroc (1a), à droite végétation de l’Europe (1b).

L’axe des abscisses est corrélé avec le quotient d’Emberger (Q_2)³, et l’axe des ordonnées avec la moyenne des températures minimales du mois le plus froid (m). J’ai permuté l’orientation originale des axes x et y parce que la température décroît du bas vers le haut sur les reliefs (et du sud vers le nord dans l’hémisphère nord), et pour faciliter ainsi les comparaisons avec le climagramme de la figure 3.

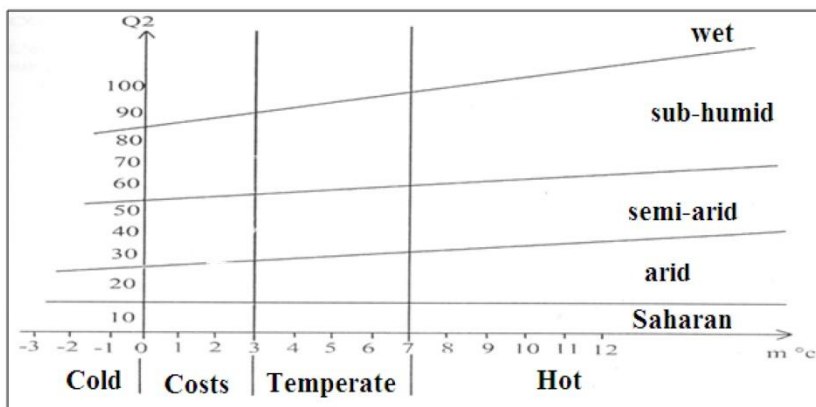


Figure 2. Climagramme Q_2 / m des botanistes modernes (emprunté ici à MOSTEFAI & al., 2014 : 268).

Les limites entre les « étages » ne sont plus onduleuses ni incurvées, mais rectilignes.

$$\frac{1000P}{\left[\frac{M+m}{2} + 273\right](M-m)}$$

où P = pluviométrie annuelle, M = moyenne des températures maximales du mois le plus chaud, m = moyenne des températures minimales du mois le plus froid

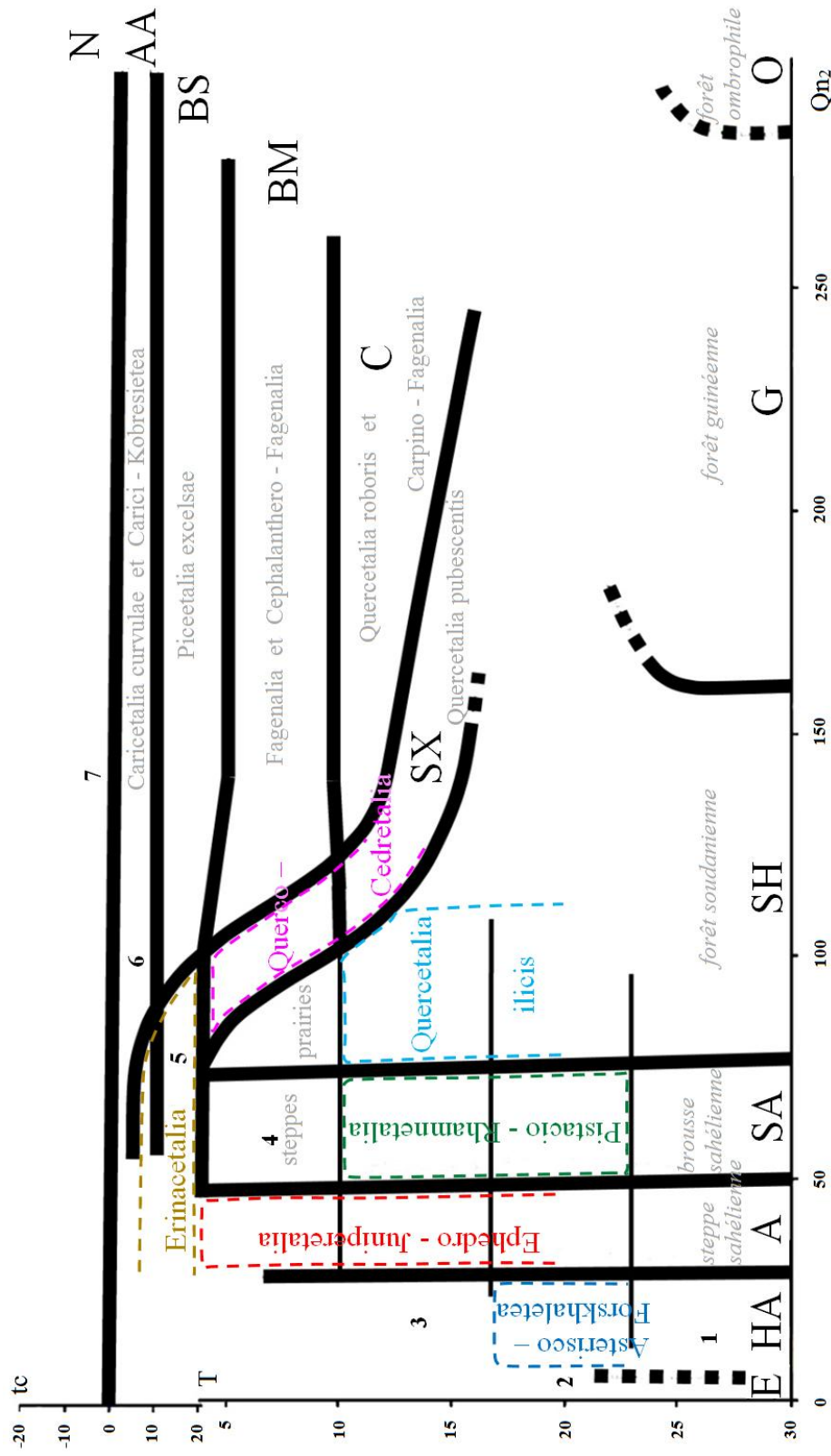


Figure 3. Esquisse phytoclimatique sur le climogramme $Qn_2 - T/tc$ de DEFAUT (1991, 1996). (Les noms des végétations évoquées dans le présent travail sont en couleurs.)

L'axe des abscisses est corrélé avec l'indice $Qn_2 [10 \sqrt{\frac{50(P+10P')}{(T+30)(tc-tf)}}]^4$, celui des ordonnées avec la température annuelle (T), mais avec la température moyenne du mois le plus chaud **tc** au-dessus de la tranche thermique « 5 ».

E : phytoclimat érémique (désert absolu), **HA** : phytoclimat hyper-aride, **A** : phytoclimat xérique aride, **SA** : phytoclimat xérique semi-aride, **SH** phytoclimat xérique subhumide, **G** : phytoclimat guinéen, **O** : phytoclimat ombrophile, **SX** : phytoclimat subaxérique, **C** (ou **AX3**) : phytoclimat collinéen (ou axérique tempéré), **BM** (ou **AX4**) : phytoclimat boréo-montagnard (ou axérique frais), **BS** (ou **AX5**) : phytoclimat boréo-subalpin (ou axérique froid), **AA** (ou **AX6**) : phytoclimat arctico-alpin (ou axérique très froid), **N** : zone polaire et étage nival des montagnes.

⁴ où **P** est la pluviométrie annuelle, **P'** celle du trimestre le plus sec, **T** la température moyenne annuelle, **tc** la température moyenne du mois le plus chaud et **tf** la température moyenne du mois le plus froid.