

**CONTRIBUTION A L'ETUDE DE LA VEGETATION
DU MOYEN ATLAS ORIENTAL**

**LE VERSANT SUD
DU MASSIF DU BOU IBLANE
ET SA BORDURE MERIDIONALE
ELEMENTS DE CLIMATOLOGIE**

C. PEYRE *

* Laboratoire de Taxinomie et Ecologie végétales, Institut scientifique, Rabat.

RESUME

Afin d'expliquer la répartition de la végétation sur le versant sud du Bou Iblane et sa bordure méridionale, et en l'absence de postes climatiques, l'auteur propose une estimation des données de 40 stations caractéristiques. Pour cela il utilise les travaux de H. GAUSSEN corrigés par des observations sur la dynamique des masses d'air humide, et sur l'enneigement.

Les stations sont classées sur un diagramme pluviométrique qui est ensuite corrigé pour aboutir à un diagramme du bilan hydrothermique climatique.

Les conclusions qui découlent de ces diagrammes amènent l'auteur à faire une révision critique de la notion de climat de méditerranéen de haute montagne, et à préciser sa définition.

INTRODUCTION

Il n'existe aucune donnée chiffrée concernant la région étudiée. Les documents existants que nous analyserons plus loin reposent tous sur des estimations. Dans le présent chapitre est proposée une

méthode d'estimation empirique qui essaie de tirer le meilleur parti de diverses observations, en particulier, la dynamique nuageuse par temps perturbé, et la répartition de l'enneigement.

LA PLUVIOMETRIE

Les données les plus proches sont celles de Berkine située 30 km à l'E dans le même ensemble orographique (cuvette de l'oued Zobzit), et celles d'Imouzzer des Marmoucha située 50 km à l'W dans un ensemble différent (bassin de la Srhina).

Considérons d'abord Taza, Merhaoua, Berkine et Outat Oulad el Haj. Ces stations sont situées dans une même zone méridienne, mais elles se trouvent dans des ensembles orographiques différents. Merhaoua, à l'abri des chaînons de Tamarsia, d'Azrou Ouassès, et du plateau de Tazarine-Ain Aousser, est moins arrosée que Taza malgré son altitude plus élevée. Cependant les reliefs ci-dessus, peu élevés (1400 à 1600 m), sont assez souvent débordés lors des fortes perturbations. Notons aussi que la station de Taza bien qu'en position sous le vent par rapport au massif du Tazekka, est plus arrosée que Fès et Meknès, car elle est suffisamment près du massif qui reçoit de plein fouet toutes les perturbations d'W.

Tableau I

Stations	Altitude (m)	Pluviométrie (mm)
Taza	505	670
Merhaoua	1176	566
Berkine	1280	325
Outat Oulad el Haj	745	153
Bab Azhar	760	1 043
Bab bou Idir	1570	1 462
Imouzer des Marmoucha	1650	438
Fès	415	545
Meknès	530	574

On peut comparer les données de ces deux stations à celles de quelques postes périphériques (tableau I, carte 1).

Par contre Berkine d'altitude plus élevée que Merhaoua ne reçoit que 325 mm. Ici, la cuvette est à l'abri d'un écran beaucoup plus élevé constitué par la longue chaîne du Bou-Iblane-Moussa-ou-Salah-Tanout-Ich ou Azziz.

Enfin entre Berkine et Outat Oulad el Haj située, il est vrai, 500 m plus bas, la chaîne du Bou Naceur-Gaberral arrête la majeure partie des masses d'air humide qui avaient traversé les obstacles précédents.

Par contre les stations directement exposées aux vents océaniques, telles que Bab bou Idir et Bab Azhar sont beaucoup plus arrosées. La station d'Imouzer des Marmoucha malgré son altitude et sa position apparemment au vent, est peu arrosée, car elle est en fait partiellement à l'abri de la chaîne du Tichoukt (2700 à 2400 m) qui bloque une grande partie de ce qu'il reste des masses d'air humide qui ont traversé les reliefs dominant Azrou et Ifrane.

Ainsi l'examen rapide de ces quelques données pluviométriques met en relief d'une manière éloquent l'effet de l'orographie sur la distribution des masses d'air humide dans les différents compartiments qu'elle détermine.

A l'aide de ces données, il est possible d'estimer la pluviométrie des zones homologues (1) de la région étudiée. Considérons par exemple la station de Tamgilt. La récente carte des précipitations du Maroc (1973) donne 403 mm, PUJOS (1957) donne 516 mm en utilisant des mesures faites sur une période assez courte (1947-1954), GAUSSEN (1958) place la station dans la tranche pluviométrique (400-500 mm). La première valeur paraît sous estimée car Tamgilt bien qu'en position sous le vent est assez proche de hauts reliefs jouant un rôle de condensateur comme nous le verrons plus loin. La deuxième valeur paraît sur estimée car la station est assez influencée par le chergui, vent souvent dominant, sec et relativement chaud qui bloque les masses d'air humide au-dessus des reliefs dominant Tamgilt. A la lumière de ces remarques nous adopterons $P = 450$ mm dans une première approximation.

LES DONNEES THERMIQUES

On possède aussi celles d'Imouzer des Marmoucha ($m = -0,7^\circ$) et celles de Berkine ($m = 2,6^\circ$). PUJOS (1957) indique que cette dernière valeur est douteuse sans en donner la raison. SAUVAGE (1963) qui ne l'utilise pas, préfère interpoler le m à l'aide de la carte de BIDAULT (1958), et il obtient $m = -0,7^\circ$.

Cette méthode d'interpolation est critiquable. Bien que théoriquement possible, elle entraîne souvent des erreurs importantes, surtout lorsqu'il y a des effets mésoclimatiques. Pour s'en rendre compte, il suffit de considérer les données relatives à quatre stations voisines du Moyen-Atlas central (tableau II, carte 2).

Tableau II

Stations	Altitude (m)	m (repéré)
Azrou	1250	2,4
Ifrane	1635	-4,2
El Hajeb	1050	2,0
Imouzer du Kandar	1440	0,0

Si l'on ne connaissait pas le m d'Ifrane, on pourrait interpoler à partir de l'une des trois autres stations. Pour simplifier, nous utiliserons dans chaque cas un gradient thermique identique de $0,6^\circ$ pour 100 m (1). On obtient alors les valeurs suivantes : $m = -1,5^\circ$ à partir d'El Hajeb, $m = -1,1^\circ$ à partir d'Imouzer, $m = -0,1^\circ$ à partir d'Azrou. Ces valeurs assez différentes entre elles sont très différentes de la réalité ($-4,2^\circ$). Il semble donc que le gradient est variable, ou bien il y a des effets mésoclimatiques. Ainsi la station d'Ifrane est beaucoup plus froide que ne le laisserait supposer le gradient thermique altitudinal. Pour expliquer cette anomalie, LECOMTE (1969) fait intervenir l'action du Plateau central sur lequel les masses d'air océaniques subiraient une première détente, et un premier refroidissement avant d'atteindre les Causses nord atlasiques ; tandis que les stations de l'escarpement (El Hajeb et Imouzer) recevraient des masses d'air plus chaudes non affectées par le phénomène précédent. Par ailleurs, il y aurait en plus un phénomène d'inversion thermique étant donné la position de la station d'Ifrane sur un plateau légèrement ensellé. PUJOS (1964) dans l'exemple célèbre et maintenant classique du Michlifén a montré l'importance de ce dernier phénomène.

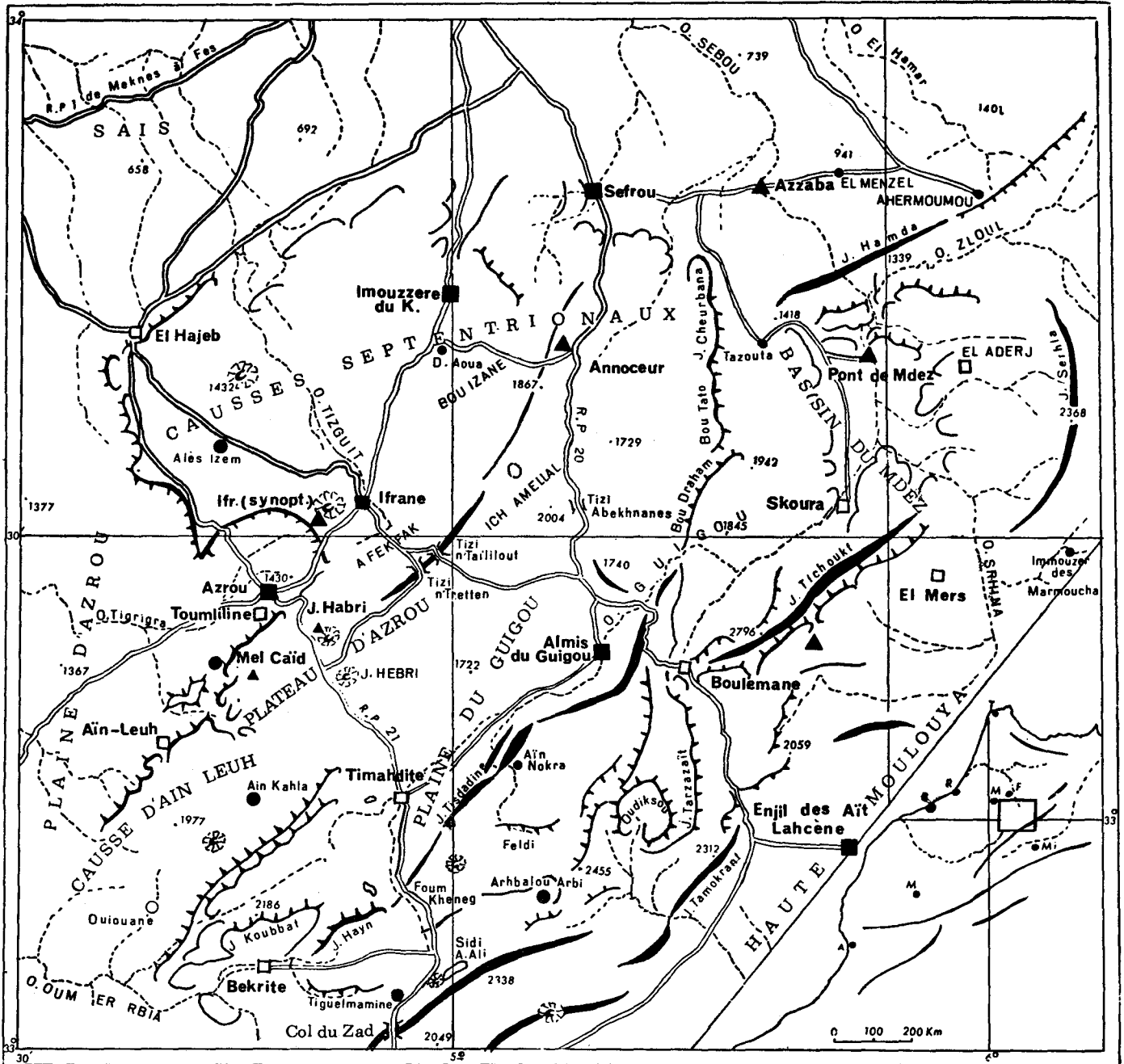
Par contre la station d'Azrou est anormalement chaude à cause d'un effet de cuvette et de l'existence d'une ceinture thermique (LECOMTE, 1975).

En tout état de cause, si l'on veut interpoler les températures, il faut que les résultats auxquels on aboutit ne soient pas en contradiction avec la végétation. Or, si on compare la végétation de Berkine et de Merhaoua avec les m interpolés par SAUVAGE, il semble que les valeurs données s'éloignent assez de la réalité. Ainsi Berkine ($m = -0,7^\circ$) et Merhaoua ($m = -2^\circ$) se trouveraient d'après cet auteur, respectivement dans le sous-étage à hiver froid de l'étage semi-aride et sub-humide. Or le thuya est abondant

(1) zones d'un même ensemble orographique

(1) gradient adiabatique théorique en air humide

CARTE 2



à Berkine, et le doum ⁽¹⁾ à Merhaoua. Compte tenu de ce que l'on connaît sur les exigences de ces deux espèces, il semble que les conditions thermiques régnant dans ces deux stations soient beaucoup plus clémentes que ne le laisseraient supposer les valeurs données par SAUVAGE.

En outre, et sans tenir compte de la végétation, il est possible d'arriver aux mêmes conclusions. Considérons par exemple les stations de Bab bou Idir et Merhaoua, situées de part et d'autre d'un important massif calcaire appartenant à l'ensemble orographique du Tazekka. Elles sont respectivement au vent et sous le vent. En utilisant le même gradient altitudinal que précédemment avec toutes les réserves que nous avons faites, on trouve $m = -0,5$ pour Merhaoua, et en tenant compte de l'effet de foehn, cette valeur doit être augmentée si bien que le m devient positif. La même opération peut être faite pour Berkine en utilisant le m d'Imouzer des Marmoucha ($-0,7^\circ$, on obtient $m = +1,7^\circ$). Ici encore l'effet de foehn permet d'augmenter cette valeur ; aussi gardons-nous celle donnée par PUJOS : $m = 2,6^\circ$.

Ainsi Berkine et Merhaoua devraient être placées dans le sous-étage frais de leurs étages respectifs.

En ce qui concerne la région étudiée dans cette note, et plus particulièrement la cuvette de Tamgilt située entre Berkine et Imouzer des Marmoucha, il est logique de penser que le m est compris entre $-0,7^\circ$ et $2,6^\circ$, mais ce dernier avoisine certainement $-0,7^\circ$ car l'altitude de Tamgilt est voisine de celle d'Imouzer ; cependant étant donné la position sous le vent de la station, celle-ci doit subir un effet de foehn, comme nous allons le voir, malgré la proximité des hauts reliefs. Mais Tamgilt est dans une cuvette assez fermée, et il pourrait y avoir une inversion thermique.

En ce qui concerne la cuvette de Meskedal toute proche de Tamgilt, enclavée à l'intérieur de hauts reliefs, il semble que les conditions thermiques ne soient pas très éloignées de celles d'Arhbalou Arbi (carte 2) dans le Moyen-Atlas central, située à la même altitude et dans une position analogue. Pour cette dernière station LECOMPTE (1969) donne $m = -8^\circ$. Or le m de Meskedal interpolé à partir de celui d'Imouzer des Marmoucha serait égal à $-2,5^\circ$. La différence est grande !

Ces données, avec toutes les réserves que l'on doit faire à leur égard, ne concernent que des points particuliers de la zone étudiée ; il n'est pas possible de les étendre aux zones immédiatement voisines. Ainsi en supposant que les données de Tamgilt soient parfaitement connues, la variété de la végétation qui entoure cette station atteste la présence de nombreux gradients bioclimatiques. Comme actuellement, il est matériellement impossible de placer des postes climatiques au niveau des grandes formations et même dans les stations citées plus haut, il faut utiliser d'autres sources d'information. En particulier on peut lever partiellement l'incertitude en étudiant la dynamique des courants perturbés qui affectent la région étudiée.

LA DYNAMIQUE DES MASSES D'AIR HUMIDE

Dans les régions à relief contrasté, la dynamique nuageuse est fortement influencée par les divers accidents orographiques. Cette influence est particulièrement visible quand le temps est faiblement perturbé, ou bien en fin de perturbation. Ce chapitre étudiera la trajectoire des nuages résultant de la condensation des masses d'air humide lors de leur ascendance contre la chaîne du Bou-Iblane *s.l.*, et leur résorption par effet de foehn après la traversée de celle-ci. Ensuite l'observation de la répartition de l'enneigement donnera une idée de l'effet de ces courants.

Depuis que nous observons ces phénomènes, nous avons constaté que les grandes lignes de la dynamique nuageuse étaient toujours identiques, et qu'il n'était pas possible de ne pas en tenir compte pour l'explication de la végétation dans la région, et des bioclimats qui la déterminent.

La dynamique nuageuse sur le Bou-Iblane *s.s.* et son prolongement occidental (carte III)

Les observations qui suivent ont été faites au mois de juin en vue aérienne, au-dessus du plafond nuageux, entre 3000 et 2600 m ⁽¹⁾.

Au N de la chaîne le plafond était très compact et très étendu dans toutes les directions. Il était dû à une forte pénétration de masses d'air océanique comme cela se produit encore assez souvent au début

(1) variété non argentée

(1) documentation photographique chez l'auteur

de l'été. Sa limite supérieure oscillait autour de 2600 m, si bien que la crête occidentale à l'W du Tizi n'Kebkeb était entièrement chevauchée par la masse nuageuse qui se déversait ensuite, comme une cascade, dans la cuvette de Meskedal pour continuer sa progression vers l'ESE. Au-dessus de la cuvette le plafond n'était plus aussi compact, et permettait ainsi un certain ensoleillement. D'ailleurs il n'avait pas plu à Meskedal, alors qu'il tombait une pluie battante au refuge de Taffert situé sur le versant N de la chaîne à la même altitude, le soir même, au retour de notre tournée.

Que deviennent ces masses d'air dans leur progression vers l'ESE ? Trois courants s'individualisent à partir de la cuvette de Meskedal. Le premier va longer le versant S de la chaîne, mais sa limite inférieure s'élève rapidement vers l'E. Le deuxième va buter contre Ich bou Tilfine, et de ce fait conflue avec le précédent pour créer une zone de forte condensation dans le couloir du Tizi n'Tamalout et le haut bassin de l'oued n'Shar. Cette zone s'estompe rapidement vers l'E à cause de l'élargissement de la vallée et de l'abaissement de la crête d'Ich bou Tilfine (Ich n'Jerrah et Taïrourt). La masse nuageuse se sépare alors, à nouveau, en deux bandes. La première va heurter la butte du jbel Tazizaout, en s'amincissant rapidement, puis disparaît à l'E de ce dernier relief. La deuxième continue sa progression vers l'E en longeant le versant S du jbel Tanout, mais sa limite inférieure s'élève beaucoup plus rapidement que celle du même courant circulant plus à l'W le long de la chaîne du Bou-Iblane. Ainsi l'extrémité du volcan de Tamgilt (2600 m) est à peine effleurée, alors qu'à 7 km à l'W le Tizi n'Tamalout est dans la brume.

Par forte perturbation, il peut y avoir une deuxième zone de condensation au niveau du Tizi n'Tazizaout, mais l'effet de couloir est dans ce cas, beaucoup moins marqué que précédemment.

Enfin le courant le plus important formé par les masses nuageuses qui ont chevauché la terminaison occidentale de la chaîne à l'W du Tizi bou Zabel, et le massif d'Ich n'Fenda-Irhenana, dont l'altitude est insuffisante pour former un barrage très efficace, va buter contre la corniche de Tnimart, et Tichout n'Tiferouine au niveau de la zone de Bouzemmour. Ce courant longe ensuite les reliefs vers l'E jusqu'à l'extrémité orientale d'Adrar Ouizoukkane, en s'estompant moins rapidement que le courant longeant le versant S du jbel Tanout. La corniche de Timalousine située un peu en contrebas, en position d'abri, n'est affectée que par perturbation assez forte.

Entre ces différents courants, il y a de nombreuses éclaircies qui deviennent surtout prédominantes dans la cuvette de Tamgilt ; ainsi il pleut à Taïrourt ou à Tallet Ouziza alors qu'il fait soleil à Tamgilt à peine distant de 3 km.

La dynamique sur les hautes crêtes

Dans le cas décrit ci-dessus, les hautes crêtes n'étaient pas affectées par le courant perturbé ; il n'en est pas toujours ainsi, et parfois seules les hautes crêtes sont bouchées alors que le reste est dégagé.

En supposant que le premier type de condensation est le plus fréquent, on pourrait penser que les hautes crêtes sont relativement plus sèches que les zones situées en contrebas. Hélas nous n'avons pas pu déterminer la fréquence des types de temps à l'origine des deux types de condensation. Cependant des observations faites en hiver montrent que les hautes crêtes sont très souvent bouchées durant cette période très perturbée. L'observation de l'enneigement qui en résulte permet de dire sans trop de risque qu'il n'y a pas une diminution des précipitations avec l'altitude dans cette région. L'aspect xérophytique de la végétation est essentiellement dû à d'autres causes que nous analyserons plus loin.

La dynamique sur le Jbel Tanout

Dans sa moitié orientale la crête du jbel Tanout se dédouble en deux chaînons parallèles séparés par une profonde vallée. Le chaînon S est un peu plus élevé (côtes 2974-2882) que le chaînon N (côte 2734). Par temps perturbé, lorsque le plafond nuageux avoisine 2700 m, les nuages chevauchent le chaînon N, et la plus grande partie s'engouffre dans la vallée, si bien que le chaînon S est très souvent dégagé ; tandis que plus bas sur son versant S progresse la bande nuageuse issue du débordement initial dans la zone du Tizi bou Zabel.

En même temps ce dernier courant peut être enrichi par des nuages qui passent par le Tizi n'Tzi-rouch (2800 m) entre le Bou-Iblane s.s. et le Moussa ou Salah. Cette nouvelle arrivée d'air humide induit des précipitations relativement abondantes sur le haut versant S du Moussa ou Salah et sur l'extrémité du volcan de Tamgilt.

Les mouvements de rebroussement

L'un de ces mouvements prend naissance à la terminaison orientale du jbel Tanout. Une partie des masses d'air humide qui circulent dans la vallée séparant les deux chaînons contourne la terminaison du chaînon S, et se dirige vers l'W. Mais elle se dissipe assez vite, et la zone d'Azrou n'Akkab est rarement atteinte. Dans sa partie supérieure, ce courant se soude à celui qui circule le long du versant S d'W en E.

Ce rebroussement est dû au régime particulier des vents qui s'installe en fin de perturbation ou qui règne par temps faiblement perturbé. Dans ces deux derniers cas, on peut observer un double courant d'air : dans les hautes couches un régime d'W apporte et entraîne les masses d'air humide vers l'E ; au niveau du sol et jusqu'à une altitude variable, c'est le chergui, vent sec et relativement chaud, qui agit.

Ainsi l'action du chergui qui s'ajoute à l'effet de foehn explique la rapide disparition des nuages au-dessus de la cuvette de Tamgilt, ainsi que la rapide résorption par la base du courant longeant le versant S du Bou-Iblane et du jbel Tanout davantage affecté par le chergui.

L'effet de ce régime d'E est aussi sensible en altitude ; ainsi une partie des nuages élevés qui persistent souvent en fin de perturbation au-dessus de la cuvette de Tamgilt, et une partie de ceux qui ont traversé le jbel Tanout, sont déviés de leur trajectoire W-E, et vont alors buter contre la partie orientale du Gaberral dans la zone de Taounza.

Les phénomènes décrits ci-dessus ne sont pas spéciaux à la région étudiée. Ainsi le même effet de double courant s'observe dans le couloir de Taza par temps faiblement perturbé d'W ; en l'espace de 40 km, la succession est souvent la suivante : brume épaisse au col du Touahar et sur les reliefs dominant Taza au S et au N ; vent d'W violent (foehn) et soleil dans le couloir de Taza et quelques km à l'E ; vent d'E (chergui) à l'entrée de la plaine de Guercif. Nulle part au Maroc ne se produit un changement climatique aussi rapide et aussi fort.

L'ENNEIGEMENT (1)

L'étude de l'enneigement permet à la fois de visualiser les gradients thermiques et pluviométriques, et d'apprécier les effets locaux de la topographie sur la répartition de la neige.

(1) documentation photographique chez l'auteur

La distribution générale de l'enneigement coïncide exactement avec les zones de condensations décrites ci-dessus. Par ordre d'enneigement décroissant se classent :

- *Le versant N d'Ich n'Tnimart et de Tichout n'Tiferouine (zone de Bouzemmour)*
- *Le versant S de la chaîne du Bou-Iblane entre le couloir de l'oued Guerrouaou et le volcan de Tamgilt*

Sur ce versant l'enneigement est important, mais à cause de l'exposition, le déneigement est assez rapide aux moyennes altitudes ; ainsi la thuriferaie du Tizi bou Zabel (2100 m) est souvent déneigée même au cœur de l'hiver, alors que le versant N à la même altitude reste longtemps couvert d'une carapace de neige glacée.

A l'extrémité orientale de cette zone, l'enneigement relativement important du volcan de Tamgilt dans ses parties supérieure et moyenne, est à mettre en relation avec l'action du courant nuageux issu du Tizi n'Tzirouch, et avec la zone de condensation plus intermittente se formant au niveau du Tizi n'Tazi-zaut.

- *Le versant N d'Ich bou Tilfine et la zone d'Ajdir Amellal*

C'est la partie amont du bassin de l'oued n'Shar ; l'enneigement très important en relation avec la zone de forte condensation du Tizi n'Tamalout, diminue très rapidement d'W en E et le versant N de Taïrourt n'est jamais très enneigé.

- *Le versant S du jbel Tanout à l'E du volcan de Tamgilt*

La diminution de l'enneigement est encore plus rapide d'W en E ; ainsi au méridien d'Azrou n'Akkab, la neige ne subsiste plus que dans les hauts versants au-dessus de 2600 m, et du fait de sa faible épaisseur initiale, elle disparaît très vite sur les grandes croupes qui séparent les larges vallons sillonnant le haut versant S du jbel Tanout.

A l'E d'Azrou n'Akkab, à cause du rebroussement décrit ci-dessus, l'enneigement descend plus bas jusque dans la zone du Tizi n'Tizza (1900 m) ; tandis que la vallée située entre les deux chaînons du jbel Tanout est encore plus enneigée.

- *Le versant N d'Adrar Ouizoukkane et Timalousine*

Dans cette zone l'enneigement reste souvent localisé sous la corniche sommitale ; lorsqu'il déborde sur les pentes, il n'est jamais très important, et il

disparaît très vite surtout vers l'E. Sur le versant N de Timalousine, la fréquence de l'enneigement est encore plus faible.

— *La cuvette de Tamgilt et les vallées*

Ces zones sont les moins enneigées par rapport aux autres, et lorsque la neige tombe, elle fond très vite même dans les reculées de Tallet Ouziza et de l'oued Aslène ; dans ces deux derniers cas, il y a cependant de forts contrastes entre les versants exposés au S et au N. Même sur le versant N du jbel Tazizaout qui fait figure de butte témoin dans la cuvette, l'enneigement est très réduit et disparaît très vite.

DISCUSSIONS

Les observations qui précèdent montrent l'existence de nombreuses nuances mésoclimatiques malgré la faible étendue de la région étudiée. Ceci augmente la difficulté des extrapolations et les rend très hasardeuses. Une bonne connaissance du terrain est absolument nécessaire même si l'on se place à de très petites échelles.

Avant de proposer une méthode d'estimation, nous analyserons brièvement les travaux dans lesquels la région a été incorporée.

Critique générale des travaux existants Les cartes pluviométriques

— La carte de GAUSSEN et ROUX au 1 : 500 000 (1958)

C'est l'extrapolation la mieux réussie. En effet, elle fait apparaître un minimum pluviométrique de 400 à 500 mm axé sur la vallée de l'oued Beni Mansour, et dans la cuvette de Meskedal. Par ailleurs le gradient pluviométrique très rapide le long du versant S de la chaîne du Bou-Iblane est bien marqué, ainsi que les zones humides de Bouzemmour et Ouizoukane.

Pendant la carte est assez inexacte dans le détail. Cela est dû à deux raisons : une connaissance insuffisante du terrain, et l'inexactitude du fond topographique utilisé qui n'a pas permis une bonne extrapolation dans toute la zone à l'E de Tamgilt.

Par ailleurs la dissymétrie entre les deux versants de la chaîne du Bou-Iblane n'est pas assez bien marquée. Les gradients latéraux et les effets de couloir

n'apparaissent pas. Ainsi la bande correspondant à la tranche pluviométrique 500-600 mm passe sans interruption de Tamgilt à Talzent, alors qu'elle devrait être interrompue au niveau des couloirs plus humides du Tizi n° Tamalout et de l'oued Guerrouaou.

— La carte de l'Atlas du Sebou au 1 : 500 000 (1968)

Bien que basé sur la carte précédente, ce travail est très imprécis. Le fond topographique n'a même pas été rectifié malgré l'existence de cartes détaillées plus précises au moment de la rédaction de l'Atlas. Le tracé des isohyètes paraît très fantaisiste, en particulier pour le minimum pluviométrique qui n'est pas centré sur la vallée de l'oued Beni Mansour, et pour le maximum qui est beaucoup trop décalé vers l'E.

— La carte du Ministère de l'Agriculture au 1 : 600 000 (1973)

Bien que l'ensemble soit très schématique, étant donné l'échelle, l'enclave sèche de l'oued Beni Mansour-Soufoulout y est bien marquée. Tous les autres détails sont escamotés peut-être par souci d'une trop grande simplification, ou par méconnaissance de la région.

Sur cette carte le maximum pluviométrique est estimé à 700 mm sur l'axe Bou-Iblane-Moussa ou Salah-Tanout, alors qu'il serait compris entre 1 200 et 1 500 mm d'après les deux cartes précédentes. Il semble que la valeur 1 500 mm soit trop forte, car la chaîne du Bou-Iblane, bien qu'assez élevée, est un peu en retrait par rapport au trajet des perturbations, et elle est relativement protégée par une série d'avants monts. En conséquence nous adopterons la valeur 1 300 mm.

— La carte des étages bioclimatiques de Charles SAUVAGE au 1 : 2 000 000 (1963)

C'est une carte plus synthétique puisqu'elle fait intervenir la pluviométrie et les températures combinées dans le quotient pluviothermique d'EMBERGER.

La région étudiée serait d'après cet auteur entièrement située dans l'étage humide à hiver froid, mis à part l'étage de haute montagne non cartographié pour des raisons d'échelle. L'étage humide arriverait même tout près de Berkine où tombent 325 mm de pluie ! On peut constater aussi que les limites de la carte suivent d'assez près celles de la carte de végétation du Maroc de L. EMBERGER (1939). Il semble certain que l'auteur s'est appuyé sur ce dernier docu-

Tableau III. — Liste et caractéristiques des stations portées sur les diagrammes

	Altitude	P. Gaussen	P estimé	m estimé	Observation	P corrigé	m corrigé	P 2° cor.
Stations occidentales								
1. crête occidentale (Ich Askor)	2550	1 000-2 000	1 000	—9,5	—	900	—10,5	900
2. crête centrale (Bou Iblane ss. et Moussa)	3000	1 200-1 500	1 300	—14	pôle froid	1 200	—15	1 200
3. vt. S Ich Sidi Mimoun (sous Tizi bou Zabel)	2100	900-1 000	700	—6	—	675	—5,7	675
4. vt. S Ich Askor z	2100	900-1 000	900	—5	—	875	—4,7	875
5. vt. S Bou Iblane (à l'E du Tizi bou Zabel)	2100	800- 900	600	—7	près du froid	575	—6,7	575
6. vt. S Bou Iblane (méridien du T. N'Tamalout)	2100	800- 900	900	—7	col	875	—6,7	875
7. rive gauche oued n'Shar	1900	500- 600	750	—3	couloir	725	—2,5	725
8. vt. N Ich Irhenana	2100	800- 900	900	—5	couloir	925	—5,5	925
9. Ich Irhenana sommet et vt. E supérieur	2300	800- 900	700	—6,5	sommet	600	—7,5	600
10. Ich Irhenana vt. S supérieur	2200	700- 800	700	—5,5	—	675	—5	675
11. Ich Irhenana vt. S inférieur	2000	500- 600	600	—3	abrité	575	—2,7	575
12. Meskedal	2000	500- 600	500	—7	cuvette	480	—7	480
13. Bouzemmour haut	2400	1 000-1 200	1 100	—7	—	1 125	—7,7	1 125
14. Bouzemmour bas	2100	800- 900	1 000	—5	—	1 025	—5,5	1 025
15. Ich bou Tilfine vt. N occidental	2100	700- 800	900	—7	col	925	—7,5	925
16. Ich n'Jerrah	2100	700- 800	850	—5	—	875	—5,5	875
Stations orientales								
17. crête orientale (Jbel Tanout)	2900	1 200-1 500	800	—13	—	700	—14	700
18. volcan de Tamgilt haut versant	2500	1 000-1 200	1 000	—9	—	975	—8,5	950

↓

	Altitude	P. Gausсен	P estimé	m estimé	Observation	P corrigé	m corrigé	P 2° cor.
19. volcan de Tamgilt bas versant	2000	900-1 000	600	-3	influences orientales	575	-2,7	550
20. Jbel Tanout haut vt. S à l'E du volcan	2600	900-1 000	700	-10	—	675	-9,5	650
21. Jbel Tanout bas vt. S à l'E du volcan	2100	900-1 000	550	-3	—	525	-2,5	500
22. Jbel Tanout haut vt. S à l'E d'Azrou n'Akkab	2600	900-1 000	650	-9	—	625	-8,5	575
23. Jbel Tanout bas vt. S à l'E d'Azrou n'Akkab	1900	600- 700	400	-1	pôle sec	375	-0,6	325
24. Jbel Tanout terminaison orientale	2000	800- 900	550	-4	rebroussement d'air humide	525	-2,6	475
25. Ich ou Las	1750	700- 800	400	+1,5	—	375	+2,1	325
26. Tazizaout vt. N	2100	800- 900	600	-4	col	625	-4,5	600
27. Tazizaout sommet	2200	800- 900	600	-4	—	500	-5	500
28. Tazizaout haut vt. S	2100	800- 900	600	-2	abrité	575	-1,7	550
29. Tazizaout bas vt. S	1650	800- 900	400	+2	—	375	+2	350
30. Cuvette de Tamgilt	1650	500- 600	450	-1,5	cuvette thermique	430	-1,5	405
31. Tallet Ouziza	1850	700- 800	800	-2	site abrité	800	-2	775
32. Taïrourt	1900	700- 800	700	-2	site abrité	690	-2	665
33. Timalousine bas vt. N	1650	500- 600	450	-1	—	475	-1	450
34. Timalousine haut vt. N	2100	600- 700	650	-2	—	675	-2,5	650
35. Timalousine vt. S	1950	600- 700	550	-2,5	—	525	-2,1	500
36. Vallée oued Beni Mansour à l'aval de Tamgilt	1500	400- 500	350	+2	pôle sec	325	+1,5	275
37. Ouizoukkane haut vt. N	2200	800- 900	750	-4	—	775	-4,5	725
38. Ouizoukkane bas vt. N	1850	600- 700	600	-1,5	—	625	-2	575
39. Tisediyine vt. S	1850	600- 700	550	-1	—	525	-1	475
40. Ouizoukkane haut vt. S	2250	800- 900	750	-4	—	725	-3,6	675

ment sans vérification rapide sur le terrain. Or, pour la région, la carte d'EMBERGER accorde une trop grande place au cèdre et au pin maritime. Ces deux climax existent bien, mais il y a aussi des climax à chêne vert, pin d'Alep, genévrier de Phénicie et genévrier oxycèdre comme le montrera la suite de ce travail.

Mise en évidence des nuances climatiques de la région étudiée

Méthode

Pour donner une idée réelle de la région, nous avons sélectionné 40 stations les plus représentatives, correspondant aux grandes formations végétales, et pour lesquelles sont estimées la pluviométrie moyenne annuelle (P mm), et la moyenne des minima du mois le plus froid (m d'EMBERGER) (tableau III, carte 3). Dans une première approximation ces données semblent suffisantes pour différencier les stations.

La pluviométrie a été estimée d'après la carte de GAUSSEN en apportant les corrections nécessaires en rapport avec les observations décrites plus haut. Certaines valeurs sont assez différentes des tranches données par GAUSSEN pour les raisons données plus haut.

Le m a été estimé en tenant compte d'un gradient thermique altitudinal théorique de 1° pour 100 m⁽¹⁾ appliqué à deux stations de référence situées en air sec : Berkine ($m = 2,6^\circ$)⁽²⁾ et Imouzer des Marmoucha ($m = 0,7^\circ$). Le calcul à partir de Berkine donne $m = -13,8^\circ$ sur la crête du jbel Tanout (2900 m), et $-14,2^\circ$ sur la crête du jbel Bou-Iblane (3000 m) à partir d'Imouzer des Marmoucha. Ces deux valeurs obtenues à partir de deux stations différentes sont assez concordantes pour valider cette méthode.

Il faut signaler cependant, qu'en utilisant des stations de référence plus éloignées, et toutes situées en air humide comme Fès, Sefrou, Bab bou-Idir, on obtient des valeurs voisines de -11° à 3000 m avec un gradient de $0,6^\circ$ pour 100 m. La différence avec les valeurs ci-dessus pourrait être due à l'effet de pôle froid joué par la grosse masse neigeuse de la partie centrale de la chaîne (PUJOS, 1964, 35); par consé-

quent, compte tenu que l'utilisation de stations de référence plus proches de cette chaîne, comme Berkine et Imouzer des Marmoucha rend mieux compte de ce phénomène, nous garderons la valeur $m = -14^\circ$.

EMBERGER (1939, 52) a estimé le m de quelques hauts sommets marocains. Il donne $m = -7^\circ$ pour le jbel Tinerguet (3550 m) dans le Haut-Atlas occidental, $m = -15,8^\circ$ pour le jbel Toubkal (4170 m) dans le Haut-Atlas central, $m = -13^\circ$ pour le jbel Ayachi (3750 m) dans le Haut-Atlas oriental.

Cette dernière valeur mérite une remarque car le jbel Ayachi est climatiquement plus voisin des régions étudiées dans cette note que des hauts massifs du Haut-Atlas occidental. La valeur -13° nous paraît sous-estimée. D'abord le gradient choisi par EMBERGER est un peu faible; la valeur $0,6^\circ$ semble mieux convenir en air humide. Par ailleurs le m du jbel Ayachi peut être estimé à partir de quatre stations de référence (tableau IV).

Tableau IV

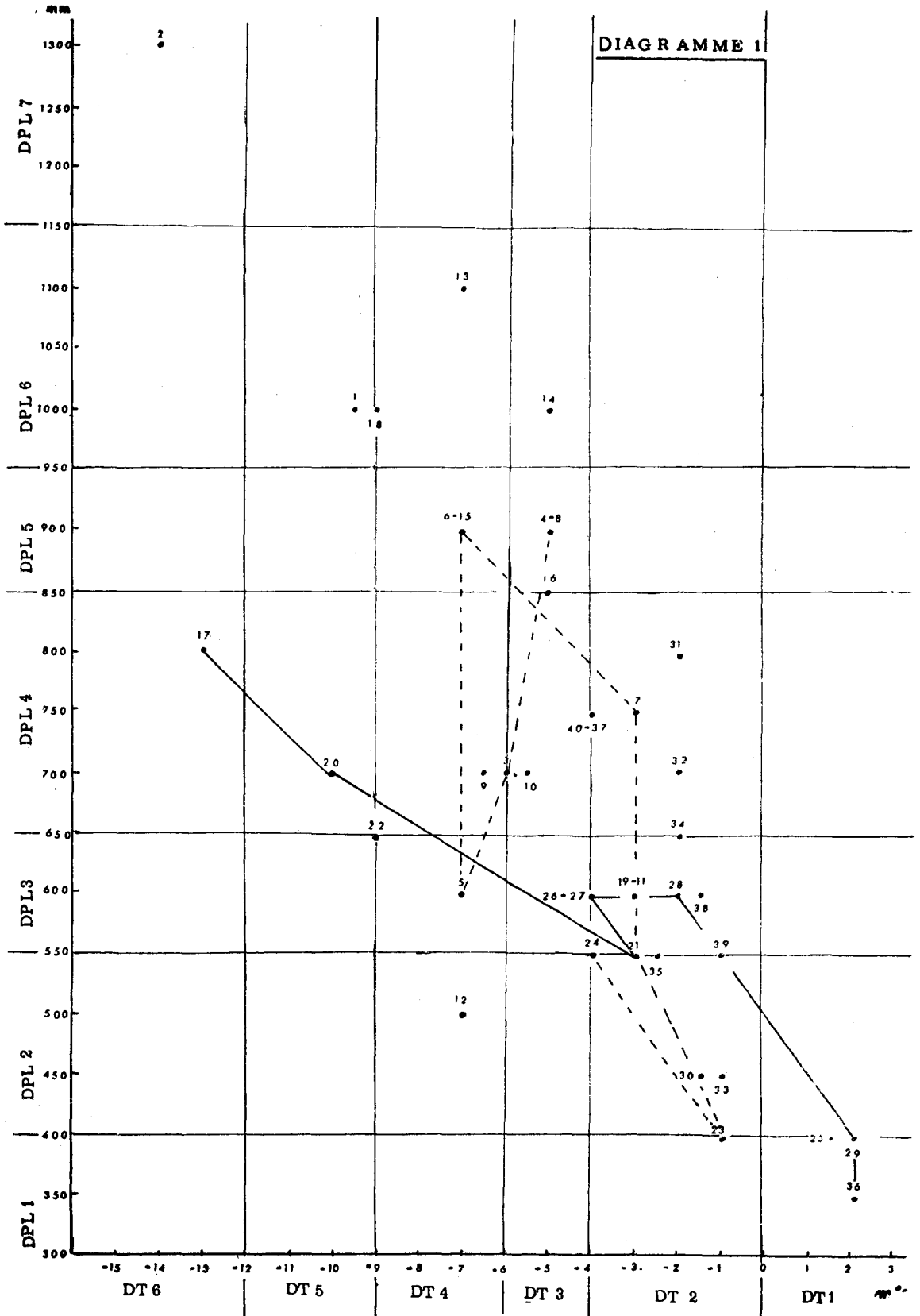
Stations de référence	Altitude	m	m Ayachi (calculé)
Midelt	1525	-0,3	-13,6
Assaka	1400	-1,8	-15,9
Tounfite	1950	-1,2	-12
Arhbala ⁽¹⁾	1680	-5,1	-17,5

Les valeurs obtenues sont assez différentes; laquelle doit-on choisir? Celle calculée à partir d'Arhbala semble être la plus logique, car cette station est située dans le détroit du même nom à travers lequel passent les masses d'air humide qui vont buter contre le jbel Ayachi. La position orographique de Tounfite est particulière, à l'abri d'avants monts élevés, et son m paraît anormalement élevé (effet mésoclimatique). La station d'Assaka et surtout celle de Midelt, ont subi un effet de foehn important et sont ainsi relativement réchauffées. Elles pourraient servir de base pour calculer le m des reliefs situés à l'E de l'Ayachi, et qui semblent être nettement plus chauds et plus secs que ceux de la partie occidentale de la chaîne. L'observation de la dynamique nuageuse, de l'enneigement, et de la végétation sur l'ensemble de la chaîne permet de soutenir une telle hypothèse.

Ce dernier exemple montre encore une fois que les estimations doivent être faites avec beaucoup de précautions, et qu'elles nécessitent une excellente connaissance du terrain, et de la dynamique climatique.

(1) gradient adiabatique en air sec

(2) donnée S.O.G.E.T.I.M. (1959) et non SAUVAGE (1963)



En ce qui concerne la région étudiée, les autres valeurs de m ont été déduites de celle de la crête et par comparaisons successives entre chaque station. En nous appuyant sur l'observation de la dynamique climatique décrite plus haut, nous avons introduit des effets mésoclimatiques corrigeant les valeurs initiales de m . Ces effets se manifestent sous trois aspects :

- l'inversion thermique des cuvettes
- l'effet de pôle froid dû à la chaîne centrale
- les influences orientales dues à l'action du chergui, vent dominant toute l'année, sec et relativement chaud par rapport au vent d'W.

Ainsi les stations 3, 4, 5, 6, 21, 26, 24, situées sensiblement à la même altitude auront des m différents. Les valeurs obtenues servent à construire un diagramme pluviothermique.

Le diagramme pluviothermique (diagramme 1)

Les stations se distribuent dans sept domaines pluviométriques (DPL 1 à DPL 7). On notera la forte opposition entre des domaines humides (DPL 7, DPL 6), et des domaines très secs (DPL 1, DPL 2). Les deux premiers correspondent aux hautes régions occidentales, avec une nette diminution pour les versants sous le vent (stations 4, 8) ; les stations 6, 15, 18, plus orientales restent assez humides à cause des phénomènes décrits plus haut. Les domaines les plus secs correspondent aux basses régions orientales : cuvettes, fonds de vallée, ou versants très abrités.

En ce qui concerne les températures, les stations se distribuent dans six domaines thermiques (DT 1 à DT 6). Dans l'ensemble la région est froide ; trois stations seulement ont un m supérieur à 0° . On peut distinguer un domaine très froid ($-6^\circ < m < -14^\circ$) ; c'est le domaine du climat de haute montagne que nous définirons plus précisément dans la suite de l'exposé.

Les gradients climatiques

Pour donner une idée des gradients climatiques, nous avons porté sur le diagramme deux transects climatiques caractéristiques.

- Le transect W-E passant par les stations 4, 3, 5, 6, 7, 21, 23, 24 (diagramme 1 en tiré)

Ces stations sont situées à une altitude moyenne de 2000 m sur le versant des jbel Bou-Iblane et Tanout. D'W en E la pluviométrie diminue notablement (stations 4, 3, 5), tandis que les températures sont légèrement inférieures. Ceci est dû au double effet

d'abri et de pôle froid joué par la haute chaîne du Bou-Iblane. En 6 la pluviométrie augmente fortement (zone de condensation du Tizi n'Tamalout), et les températures restent basses (effet de col). Plus à l'E, la pluviométrie diminue très rapidement, et le réchauffement est sensible (station 7, 21, 23). Le pôle sec et chaud du transect se trouve à l'E d'Azrou n'Akkab (station 23). Au-delà l'humidité réaugmente sensiblement, et la température diminue. Ceci est dû au phénomène de rebroussement des masses d'air humide et plus froid décrit plus haut.

Cette variation est un peu inattendue, et on comprend qu'elle ne soit pas mentionnée dans les documents existants.

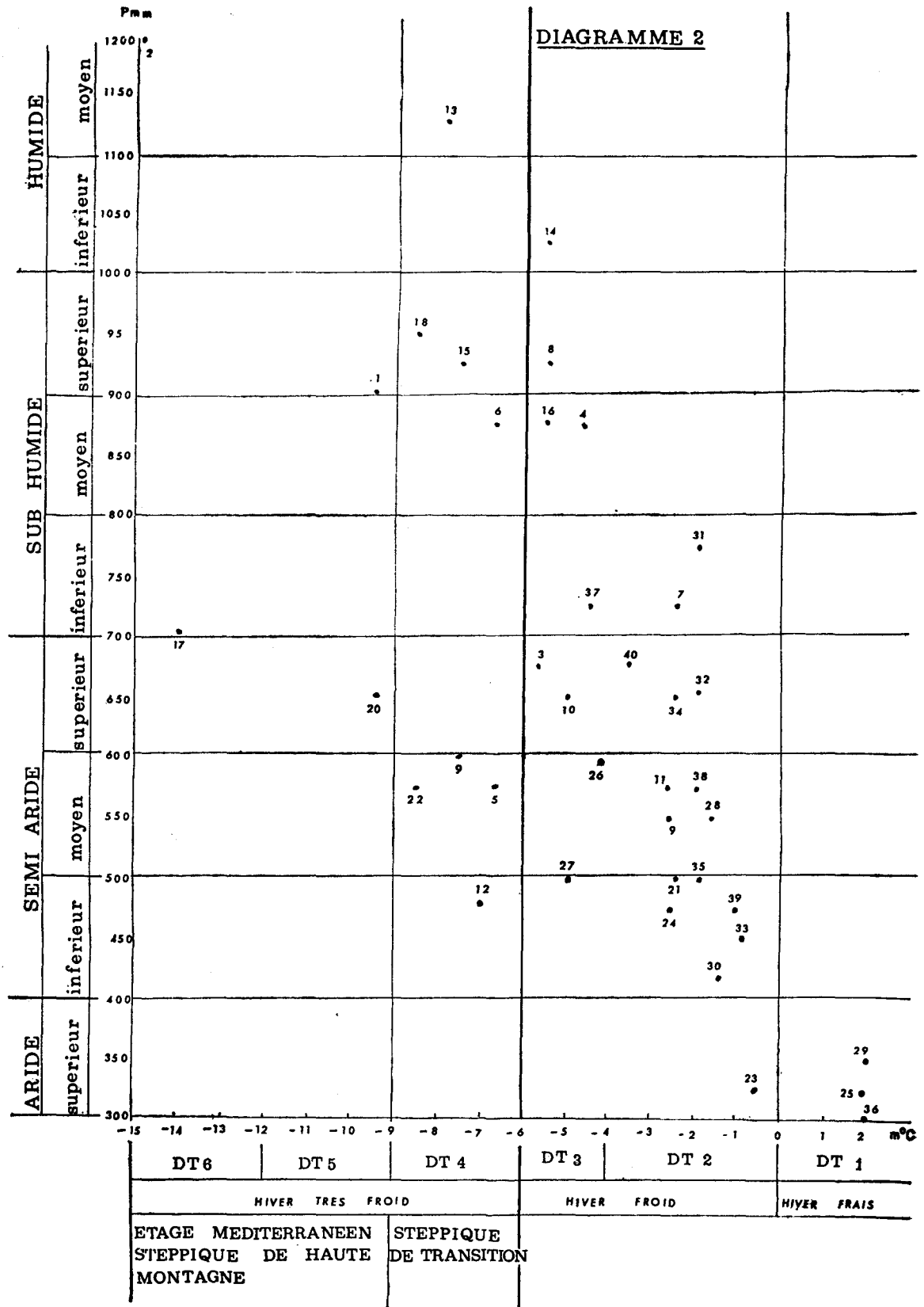
- Le transect S-N passant par les stations 36, 29, 28, 27, 26, 21, 20, 17 (diagramme 1 en trait plein)

Ce transect part de la vallée de l'oued Beni Mansour jusqu'à la crête du jbel Tanout en passant par le jbel Tazizaout. Ici les variations de m et de P sont plus conformes aux hypothèses classiques. Signalons seulement le passage des stations 26, 27 du piton de Tazizaout où s'accrochent parfois quelques nuages, plus humides et plus froids, à la station 21 plus chaude et plus sèche à cause de l'exposition.

Le diagramme du bilan hydrothermique climatique (diagramme 2)

Dans le diagramme précédent, un certain nombre de stations sont mal différenciées (4 et 8 situées de part et d'autre de l'oued Guerrouaou, 6 et 15 situées de part et d'autre du Tizi n'Tamalout), alors que les formations végétales qui les caractérisent sont différentes. D'autres stations (10, 3, 9), ou des groupes de stations (4, 8 et 6, 15) se différencient uniquement par le m .

Pour donner une meilleure idée des diverses nuances entre ces stations pourtant très voisines, mais différentes par leur végétation, nous avons évalué pour chacune d'entre elles, le bilan hydro-thermique climatique moyen. Ce bilan est une valeur obtenue empiriquement à partir du premier diagramme. Il représente l'aridité climatique et ne tient pas compte des compensations édaphiques que nous introduirons dans un autre chapitre. Ce bilan peut-être l'équivalent du coefficient d'EMBERGER dont la détermination est elle aussi en parti empirique puisque le paramètre $M - m$ n'est pas l'évaporation et il ne varie pas toujours aussi rapidement que celle-ci.



Nous avons considéré quatre types de positions orographiques : les expositions N, S, les sommets, les cuvettes ; et les stations ont été décalées de la manière suivante :

- stations exposées au S décalées vers le chaud et le sec
- stations exposées au N décalées vers le froid et l'humide
- stations sommitales décalées vers le froid et le sec
- stations des cuvettes décalées vers le sec (1).

La valeur du décalage équivalente à 25 mm de précipitations est identique pour les deux premiers types de stations qui se trouvent ainsi bien opposées ; elle est légèrement inférieure pour les cuvettes (20 mm) dont la pente est inférieure à celle des versants ; elle est nettement plus forte pour les sommets (100 mm). Nous avons voulu montrer par là, les conditions très rudes de ce dernier type de station, et en particulier, l'action évaporante des vents (2). Les décalages thermiques varient de 0,5 à 1°.

Enfin nous avons tenu compte de l'action évaporante du chergui indépendamment de son action sur la dynamique nuageuse décrite plus haut. Les stations ont été groupées selon le degré d'influence du chergui.

- influence peu marquée : stations occidentales ; pas de correction
- influence moyenne : stations de part et d'autre du méridien de Tamgilt (18, 19, 20, 21, 26, 27, 28, 29) ; décalage vers le sec équivalent à 25 mm de précipitations
- influence très marquée : stations les plus orientales (22, 23, 24, 25, 36, 37, 38, 39, 40) ; le décalage vers le sec est double du précédent.

Ainsi les stations sont mieux différenciées, en particulier celles des versants opposés. Un certain nombre passe dans un domaine plus sec.

Conclusion

Dans les deux diagrammes l'augmentation de l'humidité va de pair avec le refroidissement. Nous n'avons pas calculé le quotient Q d'EMBERGER, car l'estimation de M est trop aléatoire. Malgré tout, dans

une première approximation, on peut comparer les domaines climatiques définis avec ceux du climagramme pluviothermique du quotient d'EMBERGER (SAUVAGE, 1963).

Dans le deuxième diagramme nous avons adopté un découpage pluviométrique plus homogène et plus fin que dans le premier diagramme (tranches pluviométriques de 100 mm).

Ainsi l'étage humide correspondrait aux domaines DPL 6 (*pro parte*) et DPL 7 ; l'étage sub-humide correspondrait aux domaines DPL 4 (p.p.), DPL 5, DPL 6 (p.p.) ; l'étage semi-aride correspondrait aux domaines DPL 2, DPL 3, et DPL 4 (p.p.). Enfin le domaine le plus sec pourrait correspondre à un « étage aride supérieur » (1) avec les variantes thermiques les plus chaudes de la région.

Ainsi notre diagramme montre la succession altitudinale suivante de bas en haut :

- étage aride
- étage semi-aride
- étage sub-humide
- étage humide.

Cette succession est inverse de celle de la carte des étages bioclimatiques qui indique pour la région étudiée et de bas en haut :

- étage humide
- étage sub-humide
- étage semi-aride
- étage de haute montagne (2).

Ainsi d'après nos observations et les diagrammes qui en découlent, il n'y aurait pas d'étage semi-aride au-dessus de l'étage humide ; l'étage de haute montagne apparaissant comme une variante thermique très froide des étages semi-aride, sub-humide et humide.

Effectivement, si on calcule le quotient pluviothermique approximatif sur la crête centrale, en estimant le M à 20°, on obtient $Q = 123$. Cette valeur élevée correspond aux domaines les moins arides du climagramme de SAUVAGE compte tenu de la valeur de m . Mais cette valeur du quotient Q paraît en contradiction avec l'allure steppique de la végétation de ces hautes régions qui semble indiquer au contraire une assez grande aridité. Ici se pose le problème du climat méditerranéen de haute montagne.

(1) le m a été corrigé dans le calcul initial

(2) aussi bien le gharbi que le chergui

(1) nomenclature non utilisé par Ch. SAUVAGE

(2) non cartographié à cause de l'échelle

Le problème du climat méditerranéen de haute montagne

A notre connaissance ce problème n'a pas encore été complètement résolu. Dans sa dernière synthèse EMBERGER (1971) écrit : « Les climats à *m* très bas se trouvent en haute montagne ou à l'intérieur des continents ; ils sont les moins connus des climats méditerranéens. »

Evolution de la notion de climat de haute montagne.

Le climat de haute montagne selon EMBERGER et son école

Pour bien clarifier les idées et montrer le cheminement de la pensée de L. EMBERGER, un historique détaillé ne sera pas inutile. Nous suivrons l'ordre chronologique.

En 1930 (27) (1) il écrit : « Nous n'hésitons pas à englober, dans la région méditerranéenne, les hautes montagnes soumises au climat méditerranéen. La distinction d'une région spéciale, comme on l'admet pour les hautes chaînes de l'Europe tempérée, n'est pas justifiée ici. Il n'y a pas plus de raisons de détacher de la région méditerranéenne ces hautes montagnes, qu'il n'y a lieu d'en séparer les territoires steppiques. Les uns et les autres sont méditerranéens parce que soumis au climat méditerranéen ; ils en représentent les termes extrêmes. »

Plus loin (31) il précise les caractères généraux du climat méditerranéen : « Ses traits principaux sont la sécheresse de l'été et la saison des pluies s'étendant de l'automne au printemps. Le régime climatique n'offre rien de particulier ; les étés sont généralement chauds. »

Dans son premier climagramme (34) l'étage de haute montagne apparaît comme une variante froide de l'étage méditerranéen tempéré (sub-humide). Dans le commentaire l'auteur précise : « Les étages méditerranéens de haute montagne expriment des climats froids et secs. » Plus loin (46) il précise : « Nous savons cependant qu'ils sont relativement secs. Même si la pluviosité ne décroissait pas aux hautes altitudes, la faible nébulosité, la violence et la persistance des vents, les basses températures pendant une longue période de l'année, le ruissellement, etc. suffiraient pour démontrer la xérophilie de la végétation. Il est probable que le quotient pluviothermique est peu

élevé en haute montagne... La limite supérieure des arbres permet de distinguer deux étages méditerranéens de haute montagne : l'un inférieur s'étendant jusqu'à la limite supérieure des arbres, l'autre supérieur comprenant tous les territoires situés au-dessus de cette limite. Il y a donc un étage de haute montagne inférieur, et un étage de haute montagne supérieur. »

En 1932 (54) EMBERGER utilise les divisions ci-dessus dans la description de la végétation du Grand Atlas oriental (massif du Ghat et du Mgoun). En note il indique que la pluviométrie diminue au-dessus de 2000-2500 m sans mesures, mais il décrit les étages de haute montagne sans autres qualificatifs. Il indique toutefois que le genévrier thurifère caractéristique du sous étage inférieur est : « de toutes les essences marocaines la plus adaptée à vivre sous les climats froids et secs de la haute montagne marocaine. » Dans le sous-étage supérieur, il distingue deux niveaux, l'un à xérophytes épineux dominants, l'autre à chamaephytes herbacés ; en note il indique que ce dernier peut se différencier : « sur toutes les cimes dépassant 3000 m, à condition que celles-ci soient un peu isolées et dominantes, c'est-à-dire exposées... aux grands vents ;... il s'ébauche sur le Moussa ou Salah (3218 m). » C'est le point culminant de notre région.

En 1933 EMBERGER propose un nouveau climagramme assez différent du premier en ce qui nous concerne puisque l'étage de haute montagne est passé de l'étage tempéré (sub-humide) dans l'étage semi-aride. Dans le commentaire l'auteur précise : « l'étage méditerranéen de haute montagne est complètement entouré par l'étage semi-aride (forme rude). En altitude le climat méditerranéen devient sec après être passé par un maximum d'humidité. Dans les chaînes de l'Atlas, ce climat semi-aride rude est nettement caractérisé, c'est l'étage du genévrier thurifère (*Juniperus thurifera*). Il succède généralement en altitude aux étages tempéré et humide ; mais sur le versant S, la sécheresse détermine fréquemment la suppression de ces deux derniers étages, et l'on passe directement par la gamme des climats semi-arides au climat de haute montagne. Le genévrier thurifère est alors en contact avec le genévrier rouge (*Juniperus phoenicea*). » Pour établir ces conclusions, EMBERGER se réfère aux observations qu'il a pu faire dans le massif du Ghat, et aux observations de HUMBERT dans le jbel Mesrouh (Haut-Atlas oriental) (1928, 19 : 219-221). Ce dernier décrit le passage d'une formation à *Juniperus phoenicea* et *Juniperus oxycedrus* à la formation à *J. thurifera* vers 2250 m. Ceci est assez

(1) pagination du livre jubilaire (1971) où ces articles sont tous réunis.

voisin de la succession altitudinale sur le jbel Tanout au méridien d'Azrou n'Akkab ; nous aurions aimé trouver des précisions complémentaires quant à la position exacte du genévrier oxycèdre. EMBERGER n'en tient pas compte, c'est regrettable.

En résumé le passage de l'étage de haute montagne dans la bande des climats semi-arides repose uniquement sur l'observation de la végétation. Aucune donnée, ni observation climatique ne permettent de dire que la pluviométrie diminue en altitude. Le reste du climagramme est aussi assez différent du premier ; en effet il indique : « la possibilité au moins théorique d'un passage direct entre les étages semi-aride (forme rude) et humide (forme rude). » Nous verrons plus loin ce qu'il faut en penser.

Dans le tableau phytogéographique du Maroc (1934, 18 : 83) (1) EMBERGER et MAIRE écrivent à propos de la pluviosité : « Au Maroc les faits observés sont nettement en faveur de la diminution des pluies au-delà d'une altitude à précipitation maxima. Malheureusement nous n'avons à l'appui de cette affirmation aucun document météorologique. »

Plus loin (84) (2) les auteurs ajoutent : « Aucune observation météorologique ne permet donc de conclure à ce jour à une diminution des pluies en altitude. La végétation seule permet d'apprécier les conditions pluviométriques aux hautes altitudes. Sans fournir des renseignements chiffrés, elle fournit cependant des indications précises. La météorologie confirmera sans doute un jour ce que les botanistes osent affirmer dès maintenant. La succession altitudinale des forêts est instructive à cet égard. Dans le Moyen Atlas, par exemple, les cèdres sont remplacés en altitude par le thurifère. Cette substitution est causée par la diminution de la pluviosité et non par un effet de l'altitude... Quelle que soit la pluviosité que les appareils enregistreront dans l'avenir, nous savons dès à présent que la haute montagne est sèche. »

Plus loin (93), les auteurs tempèrent leur premier jugement un peu trop affirmatif ; ainsi à propos de la région étudiée dans cette note, ils écrivent : « L'altitude et la position septentrionale de ce massif indiquent une pluviosité assez élevée. Or, la végétation est très xérophile, et la montagne surprend par son aridité à laquelle on ne s'attend pas. La raison en est sans doute dans la nature calcaire et fissurée de

ces montagnes. La végétation comme dans le Moyen Atlas austro-occidental ne semble donc pas traduire ici la situation pluviométrique. »

Plus loin (110) les auteurs laissent entrevoir que la sécheresse de ces hautes montagnes est due à d'autres facteurs : « Cependant l'évolution de la végétation ne progresse pas partout parallèlement aux chutes de pluie, ce parallélisme n'est net que sur le littoral ; partout ailleurs les froids hivernaux, survenant rapidement après les premières pluies d'automne, freinent l'évolution des plantes... Dans les cas extrêmes les grands froids peuvent déterminer une deuxième phase de repos. » C'est bien le cas pour les régions de haute montagne, et il n'y a même pas un démarrage de la végétation après les pluies d'automne dans ces régions car il y fait déjà trop froid.

En résumé si l'on s'en tient à des considérations purement climatiques, la haute montagne de notre région doit être assez humide ; effectivement EMBERGER donne 800 mm dans sa carte des pluies du Maroc pour l'ensemble des hauts massifs du Moyen Atlas oriental (101). On peut aussi supposer que le quotient Q doit être assez élevé malgré les affirmations d'EMBERGER.

En 1939 dans l'aperçu général sur la végétation du Maroc, EMBERGER apporte quelques modifications ; en effet le climat de haute montagne n'apparaît qu'au-dessus du thurifère. Il n'y aurait donc plus qu'un seul étage de haute montagne subdivisé seulement en deux niveaux correspondant aux deux « horizons » de végétation, l'un à xérophytes épineux, l'autre à chamaephytes herbacés. EMBERGER suppose toujours que la pluviométrie diminue en altitude ; ainsi il écrit (123) (1) : « Exceptionnellement le thurifère peut prendre place dans les chaînes périphériques, mais il reste alors cantonné aux très hautes altitudes, c'est-à-dire au-dessus de la zone des précipitations maximales, laquelle se situe entre 2000 et 2200 m, à condition que la diminution soit assez sensible pour créer le milieu sec qui convient au thurifère. »

En ce qui concerne le climat de haute montagne l'auteur écrit encore (149, 151) : « Le climat de haute montagne est un climat froid, relativement sec et lumineux. Bien qu'on ne sache pas encore exactement dans quelle mesure la pluviosité diminue au-delà

(1) non publié dans le livre jubilaire

(2) pagination tableau phytogéographique

(1) pagination livre jubilaire

d'une altitude optimale, il est certain que l'humidité du climat, celle qui intéresse la végétation, diminue. Cette humidité est en grande partie fonction de la pluviosité, car la sécheresse des cimes dépend, toutes choses étant égales, de la hauteur de la pluviosité qui tombe sur les pentes... Dans les parties relativement très arrosées, la pluviosité et l'humidité qu'elle détermine sont assez élevées pour que la diminution ne soit sensible que dans la zone supérieure normalement asylvatique ; nous croyons que c'est le cas des Seksaoua où le chêne vert grimpe jusqu'à la limite supérieure des forêts.

Ailleurs la diminution est assez sensible pour influencer fortement la végétation déjà dans l'étage forestier supérieur et en faire un étage sec, l'étage semi-aride froid. La ceinture de thurifère qui s'interpose entre le chêne vert et les hautes régions asylvatiques témoigne clairement de la diminution de l'humidité du climat aux hautes altitudes. »

En 1945 dans un tableau résumé des climats méditerranéens (230), le climat de haute montagne apparaît toujours à part ; il n'est pas inclus dans le climat méditerranéen semi-aride comme dans le diagramme de 1933. EMBERGER distingue deux nuances thermiques, l'une à hiver « relativement doux », l'autre à hiver très « froid » sans donner les valeurs de m . Dans le texte il ajoute : « Les climats de haute montagne ne sont peut-être que des variétés très froides des autres climats. »

Ainsi selon cette dernière conception, le climat de haute montagne pourrait s'étaler sur l'ensemble des trois autres étages : semi-aride, sub-humide, humide. Nous verrons plus loin ce qu'il faut en penser.

En 1954 P. QUÉZEL, dans son étude du peuplement végétal des hautes montagnes d'Afrique du Nord, cherche à préciser la notion « d'étage de haute montagne méditerranéen ou altimontain méditerranéen » (321) ⁽¹⁾. L'auteur qualifie cet étage de semi-aride très froid ; il s'individualiserait, d'après des observations géomorphologiques, au-dessous d'une valeur de $m = -4^\circ$ (26). En ce qui concerne la pluviométrie du massif du Bou-Iblane, il utilise la valeur 800 mm donnée par EMBERGER ⁽²⁾ ; mais plus loin (22), en se référant à la présence de certaines espèces, il donne P supérieur à 1 000 mm pour le versant N, et P sensiblement égal à 900 mm pour le versant S.

Ces derniers chiffres sont un peu en contradiction avec la première valeur, ou alors l'auteur suppose comme EMBERGER que la pluviométrie diminue en altitude.

Par ailleurs dans sa synthèse climatique (27, 28), l'auteur commentant le diagramme relatif au climat de haute montagne écrit : « Sur l'échelle des abscisses, il débute, nous l'avons vu, aux environs de la valeur -4° et sur l'échelle des ordonnées il est sensiblement compris entre les valeurs 20 et 90 de l'indice d'EMBERGER. » Ainsi selon QUÉZEL, ce climat s'étendrait au moins du sub-humide à l'aride si l'on reporte les valeurs de l'indice sur le climagramme d'EMBERGER. Cette conclusion bien qu'en partie conforme avec la réalité, est aussi en contradiction avec les données ci-dessus.

Sur le diagramme de QUÉZEL, on ne voit pas vraiment où s'individualise le climat de haute montagne. Est-ce vraiment à la ligne passant par la valeur -4° ? Dans ce cas il comprendrait des formations étrangères au climat de haute montagne telles que thuriferaie, cédraie et même iliaie ! Le diagramme est aussi en contradiction avec les conclusions de la page 321 où l'auteur écrit : « L'étage méditerranéen de haute montagne que l'on pourrait encore appeler étage méditerranéen semi-aride très froid existe partout au Maroc à partir d'environ 2700 m, c'est-à-dire à des altitudes où la température extrême rend impossible le développement de la strate arborescente. » Nous sommes d'accord sur ce dernier point, mais la température extrême dont il est question doit certainement être inférieure à -4° .

En résumé QUÉZEL s'appuyant essentiellement sur les conclusions de L. EMBERGER divise l'ancien horizon des xérophytes épineux qui devient ainsi un sous-étage scindé à son tour en deux niveaux, le premier caractérisé par le *Velletum Mairei typicum*, le second par le *Velletum Mairei Alyssetosum*.

En 1959 EMBERGER, dans une nouvelle synthèse (236), laisse toujours le climat de haute montagne à part ; il distingue une forme océanique et une forme continentale sans donner de valeurs limites pour le m .

En 1963 dans un tableau où il développe l'étage sub-humide (264) EMBERGER distingue quatre variétés thermiques dont une très froide, mais l'étage de haute montagne est encore à part.

(1) pagination thèse QUÉZEL

(2) loc. cité

Toujours en 1963 SAUVAGE ne descend pas au-dessous de « l'espèce de climat » (1). Le climat de haute montagne n'est pas subdivisé ; par ailleurs, sa limite inférieure est placée très arbitrairement à 3000 m ; il ne figure pas dans le climagramme !

En 1964 EMBERGER place toujours le climat de haute montagne à part en indiquant que c'est un climat de type semi-aride ; mais alors dans quelle mesure se différencie-t-il de la « variété » de climat semi-aride à hiver très froid qu'il cite dans le même tableau ?

Enfin en 1971 (298) dans une synthèse restée jusque là inédite, EMBERGER donne une limite thermique à « l'espèce » de climat semi-aride très froid inférieure à -10° . Si l'on étend ces conclusions à l'ensemble des « genres » de climat méditerranéen, il existerait pour chacun d'eux cinq variantes thermiques : chaude, tempérée, fraîche, froide, très froide.

D'après ces dernières conclusions, le climat de haute montagne pourrait être considéré comme une « espèce » très froide de chacun des climats méditerranéens ; il ne serait pas uniquement semi-aride. On retrouve là une idée exposée par EMBERGER en 1945.

En utilisant la variation de Q , on peut introduire des variantes d'aridité qui déterminent trois « variétés » de climat dans chacune des classes précédentes. Quant aux « formes » de climat distinguées par EMBERGER, nous n'avons pas d'arguments pour pouvoir en discuter.

Tableau V

« espèce »	« genre »	« variété »	autre variante
Climat méditerranéen de haute montagne $m = -10^{\circ}$	humide	supérieur	doux moyen très froid
		moyen	» »
		inférieur	» »
	sub-humide	»	»
		»	»
		»	»
semi-aride	»	»	

D'après l'étagement de la végétation tel qu'il a été décrit par EMBERGER et QUÉZEL, on peut certainement distinguer trois nuances thermiques correspondant aux deux horizons de xérophytes épineux, et à l'horizon culminant à chamaephytes herbacés.

Tel est l'état actuel de la conception du climat méditerranéen de haute montagne selon EMBERGER et son école ; nous la résumons dans le tableau V.

Nous verrons plus loin que la végétation traduit assez bien ces différentes nuances.

Le climat de haute montagne selon GAUSSEN et son école

GAUSSEN utilise la température moyenne du mois le plus froid pour caractériser les grands types de climats. La valeur $t = 0^{\circ}$ sépare les climats chauds et tempérés chauds, dont le climat méditerranéen, des climats froids. Selon cette conception une partie de la région étudiée, en particulier la haute montagne, doit être placée dans la classe des climats froids. Ensuite suivant l'intensité de la sécheresse, on peut distinguer les variantes suivantes :

- axérique $X = 0$ (1)
- sub-axérique (gel + sec = 2 à 4 mois)
- steppique (gel + sec = 5 à 8 mois)
- sub-désertique (gel + sec = 9 à 10 mois)
- désertique (gel + sec = 11 à 12 mois) (2).

La région étudiée dans cette note a été cartographiée selon les critères ci-dessus (1962). Le climat de la partie centrale de la chaîne considéré comme axérique est entouré d'une auréole de climat sub-axérique froid. La notice précise : « Dans l'Atlas, au contraire, les climats froids succèdent en altitude au climat mésoméditerranéen. Dans les deux grands massifs marocains on a en moyenne altitude le climat froid à été sec (3), mais c'est seulement dans l'Atlas que l'on trouve aux très hautes altitudes les climats axériques froids où la période froide peut atteindre huit mois. »

Dans un travail plus ancien (1958) GAUSSEN écrit : « On peut considérer en tout cas que toutes les hautes montagnes marocaines (Rif, Moyen Atlas,

(1) X est l'indice xérothermique de GAUSSEN

(2) légende de la carte bioclimatique de la région méditerranéenne

(3) sub axérique

(1) nomenclature utilisée par EMBERGER en 1971

Haut Atlas), mis à part le Haut Atlas oriental et l'Anti Atlas bénéficient d'un nombre de mois secs toujours inférieur à 4. » Plus loin on lit : « Si la sécheresse ne dure que trois ou quatre mois, l'indice xéothermique est compris entre 40 et 90. C'est le climat mésoméditerranéen. Exemple : Tanger, Ifrane, et toutes les hautes montagnes marocaines. »

Ces dernières conclusions sont en contradiction avec les précédentes.

Existe-t-il un climat axérique sur le Bou-Iblane ?

Les diagrammes ombrothermiques de quelques stations du Moyen Atlas central (1) montrent que la période de sécheresse estivale est toujours bien marquée ; par exemple Ifrane a 3 mois de sécheresse estivale, Bab bou Idir et Imouzer des Marmoucha entre 3 et 4 mois, Berkine a 5 mois et demi. Le régime climatique des hauts sommets ne paraît pas différent de celui des stations ci-dessus ; la saison sèche doit durer au moins 3 mois ; elle serait d'ailleurs sous-estimée par la méthode des courbes ombrothermiques à cause des températures relativement basses de l'été.

Par ailleurs le vent est particulièrement desséchant en été sur les hautes crêtes ; ceux qui y séjournent longtemps, tels que les bergers, en ressentent durement les effets sur leur visage. La haute montagne marocaine est le pays de la soif en été. Bien sûr il y a des orages, mais ils affectent très souvent des zones limitées, et leur effet est largement compensé par la forte évaporation due à l'air très sec quand le beau temps est revenu, et au vent qui souffle en permanence.

En conséquence, il n'y a ni climat axérique, ni climat sub-axérique sur le Bou-Iblane. Les climats froids qui y règnent ont une période sèche assez longue. Ce dernier caractère a été partiellement adopté dans un projet de carte bioclimatique du Maroc préparé par la même école (2). L'ensemble du massif est placé dans la classe des climats froids immédiatement supérieure à celle des climats axériques avec X supérieur à 40 ; il serait donc entièrement dans un climat sub-axérique froid.

D'après les remarques ci-dessus, il semble que les auteurs aient sous-estimé la sécheresse de ces régions ; celle-ci doit être au moins égale ou supérieure à celle

d'Ifrane, étant donné la position plus continentale de la chaîne, et l'effet plus marqué du chergui.

Indépendamment de cette sécheresse estivale qui se prolonge parfois assez loin dans l'automne, il y a la longue période de gel hivernale qui peut être considérée comme une période physiologiquement sèche. Tout ceci ajouté détermine une très longue période sèche.

Ainsi compte tenu des définitions données plus haut, ces zones de haute montagne devraient être placées dans la classe des climats steppiques froids caractérisés par une longue période sèche (ici gel + sécheresse estivale) supérieure à 5 mois.

Synthèse :

Le climat méditerranéen steppique de haute montagne

Définition

Si nous adoptons l'amendement proposé ci-dessus, la conception d'EMBERGER et celle de GAUSSEN ne s'excluent pas ; en effet ce climat est bien steppique car il est très froid et très sec ; il est aussi méditerranéen par la sécheresse estivale bien marquée et la pluviosité concentrée sur les mois froids.

Le mécanisme qui détermine cette physionomie steppique n'est certes pas identique à ceux qui déterminent les steppes de l'Asie centrale, ou celles du Maroc aride et présaharien. Cependant le résultat final est le même : une grande aridité. C'est ce qui compte en définitive, car la végétation est la réponse biologique à la résultante de l'ensemble des facteurs écologiques, et en particulier des facteurs climatiques.

Ainsi le mot steppique est très parlant car il rend bien compte de l'ensemble des conditions régnant sur ces hautes montagnes, et de la physionomie de la végétation qu'elles déterminent. Nous pensons que la terminologie adoptée ne permet aucune confusion possible avec des termes voisins.

Limites

Elles sont variables selon les auteurs. EMBERGER propose m inférieur à -10° (1), QUÉZEL propose m inférieur à -4° , pour GAUSSEN $t = 0^\circ$ (t représentant la moyenne du mois le plus froid). Cette dernière

(1) S.O.G.E.T.I.M. loc. cité

(2) C.N.R.S. inédit

(1) loc. cité

valeur correspond sensiblement à $m = -6^\circ$. On peut s'en rendre compte en comparant les données d'Ifrane et celles de Tiguelmamine dans le Moyen Atlas central. Dans la première station $t = 2,0^\circ$ pour $m = -4,2^\circ$; dans la seconde $t = 0,7^\circ$ pour $m = -6,2^\circ$ (1). Connaissant la végétation de la région de Tiguelmamine, la valeur $m = -6^\circ$ paraît convenable pour placer la limite extrême du climat de haute montagne. Nous l'avons adoptée sur notre diagramme.

Nuances

En fait il existe un ensemble de climats méditerranéens steppiques de haute montagne qui peuvent se différencier à l'aide de critères thermiques et pluviométriques.

Ainsi d'après le diagramme 2, le climat méditerranéen steppique de haute montagne comprendrait les variantes semi-aride, sub-humide, et humide.

En suivant les dernières conclusions de L. EMBERGER, on peut distinguer trois nuances d'aridité dans chacune de ces variantes. La variante humide supérieure n'existe pas dans cette région. En faisant intervenir les températures, on peut distinguer quatre variantes thermiques se délimitant de la plus froide à la plus chaude comme suit :

$$m < -15^\circ, -15^\circ < m < -12^\circ, \\ -12 < m < -9^\circ, -9 < m < -6^\circ \dots$$

Les trois premières variantes correspondent respectivement à l'horizon culminant à Chamaephytes herbacés (hors dition), et aux deux horizons à xérophytes épineux. La quatrième nuance caractérise un *climat steppique de transition*. C'est là que se trouve la limite entre les formations forestières et les formations asylvatiques. On y trouve les « *formations limites* » que nous avons définies dans une précédente note (1976). Celles-ci se retrouvent ailleurs, par exemple à Tiguelmamine station de référence choisie

pour placer la limite thermique inférieure de l'étage méditerranéen steppique de haute montagne. Dans les variantes assez humides, on y trouve quelques cèdres souvent malvenants (stations 13, 18, 15, 6) et certaines thuriféraires (station 9).

On peut remarquer que la limite inférieure de la troisième variante thermique $m = -9^\circ$ (limite absolue de l'asylvatisme) n'est pas très éloignée de la valeur donnée par EMBERGER pour caractériser les climats méditerranéens très froids ($m = -10^\circ$) (1).

Quelques particularités du climat méditerranéen steppique de haute montagne

Certains seront peut-être choqués par le voisinage des mots steppique et humide ; c'est là peut-être l'un des paradoxes de l'écologie marocaine. Les citations données plus haut montrent que L. EMBERGER s'y est souvent heurté. On comprend qu'il ait toujours cherché à démontrer que la pluviométrie diminue en altitude pour expliquer l'allure xérophile de la végétation. Pourtant le paradoxe s'efface si l'on tient compte du rôle prépondérant joué par la variable thermique.

Bien qu'il y ait dans certains cas une grande quantité d'eau, celle-ci est indisponible pendant une grande partie de l'année à cause de la longue période de froid. A la fonte des neiges il y a trop d'eau en même temps, et les plantes, bien que trouvant des conditions thermiques à peine plus clémentes, sont souvent asphyxiées au niveau de leurs racines à cause de l'engorgement des sols. Presque aussitôt arrive la période sèche avec les vents violents qui évaporent toute l'eau disponible en quelques jours. Ici apparaît mieux qu'ailleurs le rôle joué par les substrats dans la conservation de l'eau (1). Finalement, dans les cas les plus extrêmes, on se rapproche des conditions de vie des régions très arides, et même de celles des déserts.

(1) S.O.G.E.T.I.M. 1959

(1) loc. cite

CONCLUSION

Ainsi la xérophilie de la végétation de ces hautes régions peut fort bien s'expliquer sans faire intervenir la diminution de la pluviométrie en altitude. Il semble d'ailleurs que L. EMBERGER l'avait pressenti, car dès 1934 il écrit à propos de la période de végétation (142) : « Dans les steppes à hiver froid (Hauts Plateaux), elle est à la fois fonction de l'eau et de la température, c'est dans ces régions que la période de végétation est la plus courte, ce qui expliquerait l'absence des arbres sur les Hauts Plateaux du Maroc oriental et aux très hautes altitudes. » Plus loin, il écrit encore (155) : « En haute montagne comme

dans les déserts froids les basses températures hivernales raccourcissent beaucoup la période de végétation. Les arbres qui ont besoin d'une longue période y sont donc absents. »

Comme EMBERGER en 1934, nous pensons qu'un jour des mesures nombreuses viendront confirmer le bien-fondé de conclusions qui ne reposent que sur des estimations basées il est vrai sur de nombreuses observations. Toutefois nous montrerons ultérieurement que la distribution de la végétation n'infirmes pas le schéma qui est donné ici.

OUVRAGES CONSULTÉS

EMBERGER L.

- 1930 La végétation de la région méditerranéenne. Essai d'une classification des groupements végétaux. *Rev. gén. Bot.*, 42 : 641-662 et 705-721.
- 1932 Recherches botaniques et phytogéographiques dans le Grand-Atlas oriental (Massifs du Ghat et du Mgoun). Les étages de végétation. *Mém. Soc. nat. Maroc.*, 33 : 18-28.
- 1933 Nouvelle contribution à l'étude de la classification des groupements végétaux. *Rev. gén. Bot.*, 45 : 473-486.
- 1936 Remarques critiques sur les étages de végétation dans les montagnes marocaines. *Bull. Soc. bot. suisse*, vol. jub. Rübel, 46 : 614-631.
- 1939 Aperçu général sur la végétation du Maroc. Meróff. *Geobot. Inst. Rübel in Zurich*, 14 : 40-157, et *Mém. h. s. Soc. Sci. nat. Maroc.*
- 1945 Une classification biogéographique des climats. *Recueil des travaux des laboratoires de botanique, de géologie et de zoologie de la Faculté des Sciences de l'Université de Montpellier, Bot.*, 7 : 3-43.
- 1959 La place de l'Australie méditerranéenne dans l'ensemble des pays méditerranéens du vieux monde. *Monogr. biolog.*, viii, 259-273.
- 1959 Sur la notion de climat de transition, en particulier dans le domaine du climat méditerranéen. *Bull. Serv. Carte phytogéogr.*, B, 4 (2) : 95-117.
- 1963 Comment comprendre le territoire phytogéographique méditerranéen français et la position « systématique » de celui-ci. *Naturalia montpelienis, Bot.*, 14 : 47-54.
- 1971 Considérations complémentaires au sujet des recherches bioclimatologiques et phytogéographiques-écologiques. *Travaux de Botanique et d'Ecologie* ; livre jubilaire. Masson.
Tous les articles ci-dessus sont réunis dans le livre jubilaire.

EMBERGER L. et MAIRE R.

- 1934 Tableau phytogéographique du Maroc. *Mém. Soc. Sci. nat. Maroc.*, 38 : 1-187.

GAUSSEN H. et BAGNOULS F.

- 1953 Saison sèche et indice xérothermique. *Bull. Soc. Hist. nat. de Toulouse*, 88, 3-4 : 193-239, 1 carte h. t.

GAUSSEN H., ROUX G. et BAGNOULS F.

- 1957 Carte des précipitations du Maroc au 1 : 500 000.

GAUSSEN H., DEBRACH J. et JOLY F.

- 1958 Précipitations annuelles. Atlas du Maroc. Comité de Géographie du Maroc.

GAUSSEN H., EMBERGER L., et KASSAS DE PHILIPPIS

- 1962 Carte bioclimatique de la région méditerranéenne. U.N.E.S.C.O.-F.A.O.

HUMBERT

- 1928 Végétation de l'Atlas saharien occidental, *Bull. Soc. Hist. nat. Afr. N.*

LECOMPTE M.

- 1969 La végétation du Moyen Atlas central, *Trav. I.S.C. et Fac. Sc. Série Bot. et Biol. vég.*, 31, et *Rev. de Géogr. du Maroc* 16.
- 1975 Méthode d'étude des régimes thermiques en liaison avec les situations météorologiques dans le Moyen Atlas, en collaboration avec Delanoy H., *Bull. Ass. Géogr. fr.* 422-423 : 83-94.

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE LA RÉFORME AGRAIRE

- 1970 Atlas du Sebou.
- 1973 Carte des précipitations au 1 : 1 600 000.

PUJOS A.

- 1957-19759 Etude des érosions dans le bassin de la Moulouya, S.O.G.E.T.I.M. et Adm. Eaux et Forêts et de Cons. des Sols, rapport ronéot.
- 1964 Les milieux de la cédraie marocaine, *An. Rech. for. Maroc.*, 8 : 1-283.

QUÉZEL

- 1957 Peuplement végétal des hautes montagnes d'Afrique du Nord. Lechevalier.

SAUVAGE

- 1963 Etages bioclimatiques, Atlas du Maroc, *Com. nat. de Géogr. du Maroc.*

PEYRE C.

- 1973 Quelques aspects de la végétation du Massif du Bou Iblane, C.N.R.S., *Travaux de la R.C.P.* 249, 129-155.
- 1975 Contribution à l'étude de la végétation du Moyen Atlas oriental. Le versant sud oriental du massif du Bou Iblane, C.N.R.S., *Travaux de la R.C.P.* 249, 97-142.