

Mustapha Rhanem

## **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)**

### **Abstract**

Rhanem, M.: 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). — *Fl. Medit.* 18: 471-512. 2008. — ISSN 1120-4052.

The The high valley of the Aït-Bou-Guemmez is right in the center of the High Atlas and is entirely located between 1800 m and 3729 m a.s.l. From the ecological point of view its hypsometrics determine the occurrence of a peculiar biotope distribution in which higher Mediterranean, Mountainous Mediterranean and Oromediterranean vegetation belt are well represented. Moreover, owing to the general or local relives, altitudinal vegetation ditribution is also influenced by the exposition of slopes.

Taking into account the above factors, a survey of the region has been carried out following an oriented transect, which is representative of the strong climatic gradients.

General indications provided by vegetation are included in the realization of a linear phyto-environmental sampling. The study of plant distribution and the calculation of mutual mean information species-variables has allowed us to specify nature and field of these climatic gradients.

*Key words:* Mutual information, vegetation, Morocco.

### **Introduction**

La région méditerranéenne bénéficie d'une biodiversité parmi les plus riches au monde (Quézel & Médail 2003). Ainsi, les forêts méditerranéennes sont elles constituées par près de 250 espèces arborescentes avec 14 genres qui lui sont particuliers (Quézel 1999). Un nombre non négligeable de ces phanérophytes sont actuellement rares, vulnérables ou menacées d'extinction, et qui sont estimées à 71 espèces (Quézel & al. 1999). Une proportion importante de ces taxons se trouve en montagne où ils constituent d'importants peuplements forestiers. Ces arbres sont les espèces «clef de voûte» de l'écosystème forestier, mais c'est aussi le cas des espèces du sous-bois. Ces derniers constituent en effet la majeure partie de la diversité des gènes d'origine végétale présente dans l'écosystème.

Dans les régions montagneuses, la variable «altitude» est très importante puisqu'elle est à l'origine de la notion de gradient climatique, lui-même formé de deux compo-

santes: une décroissance plus ou moins régulière de la température avec l'altitude, sauf dans le cas des inversions thermiques et une variation des précipitations qui est une fonction croissante de l'altitude. De plus, la combinaison de ces deux phénomènes détermine un nouveau facteur, lui croissant avec l'altitude: l'existence d'une couverture nivale dont le rôle comme régulateur thermique et comme réserve d'eau est capital. Aussi, en montagne, ce gradient climatique altitudinal impose-t-il sa marque sous la forme d'un étagement de la végétation (Rhanem 2008a).

Le tapis végétal dans son ensemble se modifie parallèlement aux gradients climatiques, les espèces qui le composent s'y remplaçant selon les rythmes de variation des éléments du climat. Les plantes les plus sensibles sont évidemment les plus significatives de ces changements. Ainsi, les secteurs climatiquement uniformes sont-ils favorables au développement de groupements floristiquement homogènes, à supposer les autres facteurs localement invariants. Aux ruptures climatiques correspond au contraire un renouvellement rapide, plus ou moins complet et de la végétation et de la flore.

Certes le gradient climatique altitudinal reste le fait prépondérant en montagne, mais il n'en est pas moins que le relief qui peut agir écologiquement par d'autres mécanismes: exposition des versants soit aux vents humides soit au rayonnement solaire, effet d'écran, effet de foehn, effet de col, érosion et d'une manière générale par tous les facteurs liés à la topographie. D'ailleurs, la spécificité majeure des forêts de montagne tient à l'existence assez générale d'une mosaïque très fragmentée de topoclimats et d'unités écologiques engendrant une diversité des situations forestières en massifs montagneux extrêmement élevée. En outre, les écosystèmes de montagne sont fragiles avec une capacité de charge limitée et des pressions ponctuelles qui demandent des actions de prévention et de gestion adaptées ; sans oublier l'effet de l'altitude qui, par ses incidences climatiques, a un impact négatif évident sur la productivité biologique moyenne des arbres.

Pour toutes ces raisons, les bouleversements écologiques en montagne induits par la déforestation (coupes, ébranchages, défrichements anarchiques) et le surpâturage (parcours permanent et incontrôlé) engendrent souvent des dysfonctionnements graves (Le houérou 1980, 1980b), et les forêts en haute montagne sont particulièrement touchées (Quézel & al. 1999). C'est le cas par exemple du genévrier thurifère (*Juniperus thurifera*) en haut de versant de la vallée des Aït-Bou-Guemmez où les menaces de sa disparition ne font que s'accroître en raison de la surpopulation conduisant à une surexploitation et un pâturage excessif. Cette situation est rendue encore plus alarmante par une absence quasi-totale de régénération naturelle à cause de la perte de son aptitude sexuelle, donc de production de graine (Badri & al. 2006). D'ailleurs, d'une manière générale, le recul de cette essence arborescente au Maroc est un phénomène d'une acuité évidente puisque sa superficie réelle actuelle avoisine les 20 000 ha ; masse bien faible en regard à sa surface climacique estimée, elle, à 327 000ha (Barbero & al. 1990; Marchand 1990). Le genévrier thurifère serait ainsi au Maroc, avec une régression d'environ 91 pour cent, l'arbre ayant le plus régressé par rapport à son aire de répartition potentielle (Benabid 1982 ; Fromard & Gauquelin 1993).

Dans la vallée des Aït-Bou-Guemmez, si la situation du genévrier thurifère en haute altitude est aussi préoccupante, les autres essences forestières sont également menacées, mais à des degrés divers. En effet, à l'exception des « espaces sanctuaires » où la protection est quasi absolue pour des raisons religieuses (Deil & al. 2008), la déforestation annuelle

atteint 0,6% en surface et n'exclut aucune essence (Hammi & al. 2007). Ces derniers auteurs estiment à 21,5% les forêts qui ont disparus dans la vallée depuis 1964.

A côté des modifications globales des strates arborées, il convient d'évoquer aussi les modifications susceptibles de se produire au niveau des cortèges floristiques conduisant à la perte nette de diversité biologique et à la banalisation de la flore (Quézel 1999). Or, ces phénomènes ne feront que se poursuivre au cours des années à venir, contribuant à une dégradation à la fois du capital biologique, mais aussi de l'équilibre écologique, à la suite de la disparition progressive des sols par piétinement et érosion, mais aussi de la couverture arborée, en l'absence totale de régénération naturelle.

En plus de ces facteurs, les transformations qualitatives et quantitatives des paysages végétaux peuvent être éventuellement liées aux changements climatiques qui pourraient être induits en région méditerranéenne (Jacq 2008) par le biais des changements globaux tels qu'ils sont définis par J. Blondel (2008). On peut par exemple se demander quelles seraient les conséquences d'une augmentation de température au plan du fonctionnement des écosystèmes et du maintien de certaines espèces vivant en conditions extrêmes, et qui sont donc en limite d'aire par rapport au facteur considéré, d'où le risque d'une perte irréversible de la biodiversité. Les exemples ne manquent pas, l'un des plus révélateurs étant certainement celui du genévrier thurifère dans sa « zone d'épreuve » au niveau de la limite supérieure des arbres des hauts de versants de la vallée des Aït-Bou-Guemmez. Dans cette « zone de combat », le genévrier thurifère lutte dans la partie inférieure pour l'occupation de l'espace, puis plus haut pour sa simple survie. Mais dans ce cas, la prudence reste de règle, en attendant que l'acquisition des connaissances en ce domaine soit faite, d'autant qu'il est bien délicat de cerner la part imputable aux seuls changements climatiques à cause des impacts anthropiques évoqués plus haut. En plus des travaux de Blondel (2008) et de Jacq (2008) mentionnés ci-haut, une littérature abondante a été consacrée à cette question, touchant plusieurs domaines: citons parmi d'autres Le Houérou (1991), Quézel (1999), Bréda & al. (2000), Leroux (2002), Bessemoulin (2004), Granier & Bréda (2007), Seguin (2007, 2008), Acot (2008), Blondel (2008), Jacq (2008), Legay & Ladier (2008), Rigolot (2008).

Dans ce contexte et compte tenu des différentes contraintes évoquées ci-dessus, il était important de chercher à établir un « état des lieux » de la végétation de la vallée des Aït-Bou-Guemmez. Nous nous attacherons dans ce qui suit à donner un aperçu des caractéristiques physiques de l'aire d'étude, à mettre en évidence l'hétérogénéité de ses groupements et en préciser leurs caractéristiques écologiques. Mais auparavant, il n'est pas inutile de revenir sur le concept d'étages de végétation et bioclimatiques. En effet, la notion d'étage est un modèle précieux aussi bien pour aborder l'étude de la montagne que pour exprimer une synthèse (Rhanem 2008a).

### **Etages de végétation et bioclimatiques: de quoi s'agit-il au juste ?**

Il ne peut être question ici de donner un aperçu, même sous une forme résumée, de l'ensemble des travaux traitant ce problème. Nous en rappellerons seulement, à grands traits, les grandes lignes, en insistant sur quelques points dont la connaissance est absolument indispensable à notre point de vue du fait qu'ils sont à la base de ce problème. Ces princi-

pes généraux sont accompagnés de références bibliographiques auxquelles on pourra se reporter pour préciser certains points théoriques ou pratiques.

### **Bref rappel historique**

Il y'a déjà maintenant un siècle que les premières définitions de la notion d'étage de végétation ont vu le jour. Nous en retiendrons deux qui nous semblent parmi les plus explicites et les plus claires, mais aussi les plus appropriées avec le thème abordé. En 1908, L. Adamovic cité par M. Godron (1988) a précisé que les étages de végétation expriment la «répartition de la végétation sur le flanc des montagnes (qui) est l'expression biologique des conditions qui règnent localement sous l'influence de l'altitude». Pour leur part Flahault et Schröter (1910), définissent les étages de végétation comme les unités de végétation qui se superposent dans les montagnes. Dans ces deux conventions, le critère de verticalité y est sous-jacent et occupe une place de premier ordre. Mais depuis ces premières définitions et terminologies établies pour qu'un langage scientifique unifié explicite sans ambiguïtés le sens du mot étage, des confusions et des imprécisions subsistent encore au niveau des concepts, rendant la comparaison difficile entre les travaux publiés par des auteurs différents, notamment à propos des notions d'étage de végétation et d'étage bioclimatique qui ne sont pas toujours claires ; ces expressions étant parfois employées de façon équivoque l'une à la place de l'autre, surtout depuis qu'Emberger (1930 a) a proposé le quotient pluviothermique (Q2). D'ailleurs, Emberger (1930 b), lui-même, emploie les deux qualificatifs pour le mot « étage » dans un sens comme dans l'autre. Le résultat est que l'expression étage de végétation est employé trop souvent à tort et à travers et qu'il apparaît à beaucoup comme ambigu et vague.

En fait ce n'est que quelques années plus tard, précisément en 1936, qu'Emberger, lui-même, dans son article sur les « remarques critiques sur les étages de végétation dans les montagnes marocaines », avançait une opinion peu différente en distinguant les deux expressions citées plus haut avec pour chacune d'elles un sens bien précis: (i) d'une part l'étage indique simplement la succession altitudinale des ceintures de végétation ; dans ces conditions la notion d'étage est un concept spatial purement géométrique qui est lié à une tranche d'altitude et qui n'a qu'une valeur descriptive et régionale. On trouve une telle conception dans les travaux de Maire (1924) et Humbert (1924) consacrés à la végétation du Haut Atlas ; (ii) d'autre part l'étage est l'expression d'un climat ; dans ce cas il a un sens général et réunit des groupements végétaux vivants dans des conditions de milieu sensiblement identiques. Compris ainsi, l'étage est donc un principe de classification rationnelle ayant une valeur scientifique précise. La notion d'étage est ici complètement dégagée de tout facteur altitudinal. Sa définition est uniquement climatique mais son expression est dans la végétation ; il est la « réplique biologique du climat » (Emberger 1939).

### **Les critères de délimitation**

Les plantes se répartissent naturellement en fonction de leurs exigences et leur sensibilité en matière de gelée, de sécheresse, de photopériodisme etc. de telle sorte chaque espèce végétale se localise entre les altitudes extrêmes qui correspondent aux limites de tem-

pérature compatibles avec sa physiologie. Il ne s'agit évidemment pas de limites linéaires rigides mais plutôt de bandes. Néanmoins certaines limites climatiques sont franches, par exemple, quand on passe d'un piémont au versant (celle-ci est d'autant plus marquée que la rupture de pente a été grande) ou d'un versant à un autre d'une chaîne de montagne, mais ce sont des cas exceptionnels.

Sans entrer dans les détails de ces discussions (Rhanem 2008a) et si l'on s'en tient compte aux seuls résultats, nous avons été amené à ne retenir comme mode de délimitation utilisé habituellement jusqu'à ce jour pour les régions montagneuses méditerranéennes que deux types majeurs représentés soit par des échelles biologiques combinant végétation, pluviosité et température (critère synthétique), soit par des mesures purement physiques sur la base de paramètres climatiques simples d'efficacité reconnue. Ils expriment, en effet, de façon direct ou indirect deux facteurs limitants fondamentaux: les contraintes thermiques plus particulièrement celles liées au froid et les contraintes hydriques auxquelles sont soumis les plantes. Ces deux types de contraintes rendent compte en effet de la distribution des plantes et de leur potentiel productif.

#### A – LE QUOTIENT PLUVIOTHERMIQUE D'EMBERGER

Dans son travail sur la végétation du Maroc, Emberger (1939) adopte la deuxième conception et caractérise l'étage de végétation par une expression synthétique représentée par son quotient pluviothermique portant d'ailleurs son nom. Enfin il est peut être également utile de signaler qu'Emberger (1930 b, 1936, 1939, 1955 et 1964) a individualisé au Maroc, puis dans toute la région méditerranéenne, divers types de bioclimats appelés par extension « étages bioclimatiques » encore appelés zones bioclimatiques définis à la fois par des critères écologiques et la structure de la végétation. Cependant cette notion d'« étage bioclimatique » peut prêter à confusion puisqu'elle implique implicitement en son sein la notion de zone. On n'en fera donc pas usage dans cet article. Rappelons que le terme zone désigne purement une portion du globe limitée par des parallèles. Les développements apportés par ces successeurs (Sauvage 1963 a et b ; Daget 1977 a et b, 1980 ; Daget & David 1982) n'ont guère varié leur conception, et il s'agit essentiellement rappelons le, de six bioclimats perhumide, humide, subhumide, semi-aride, aride et saharien. Les échelons ou qualificatifs ombriques sont basés sur les principales discontinuités qui existent dans les structures de végétation là où l'on trouve un net changement de végétation. Les divers climats y sont donc délimités à l'aide de critères biologiques.

#### B – LA TEMPÉRATURE MOYENNE ANNUELLE

Ultérieurement, Ozenda (1955) opte plutôt pour la température moyenne annuelle prise isolément et que l'on retrouve dans la plupart des schémas proposés pour la région méditerranéenne septentrionale où le gradient de température moyenne annuelle est considéré comme le facteur déterminant dans la succession verticale des étages de végétation. En effet, selon Ozenda (1985 et 1990), « la température est le seul facteur écologique qui varie à la fois en fonction de la latitude d'une manière simple, univoque et parallèle ». Mais ce n'est qu'à partir de 1975 que sont apparues les premières interprétations de l'étagement de la végétation dans les montagnes méridionales du bassin circumméditerranéen et plus particulièrement des pays du Maghreb (Ozenda 1975, Peyre 1975 et 1979, Quézel 1976) sans donner toutefois des valeurs précises aux tranches thermiques.

### C – LE FROID ET LE DEGRÉ DE RIGUEUR DE L'HIVER

Partant de ces principes, Achhal & al. (1980) utilisent la même approche climatique que celle décrite plus haut mais adoptent, non sans quelques réserves, un indicateur thermique hivernal en affectant cette fois à chaque étage des seuils chiffrés aux fourchettes thermiques retenues, il s'agit de la moyenne des minima quotidiens du mois le plus froid sensu Emerger (« m »). Ce dernier constitue un élément climatique majeur en montagne. En effet cet indicateur, utilisé par Emberger et son école, se révèle beaucoup plus sensible et précis que la température moyenne annuelle. Il arrive, par exemple, que des moyennes identiques peuvent recouvrir des réalités bien différentes pour la végétation naturelle. Il a, en outre, l'avantage d'exprimer « le degré et la durée de la période critique de gelée » (Emberger 1971) ou son inverse, la longueur potentielle de la saison de croissance. Autrement dit il rend compte des conditions thermiques limites et, classiquement, les auteurs parmi lesquels Le Houérou (1989 et 1990), Le Houérou & al. (1977) et Rivas-Martinez (1982) établissent une corrélation entre « m » et le nombre de jours de gelée par an en adoptant différents seuils dont Daget (1977 b) en donne un aperçu général et qui ne traduisent d'autre que le gradient de rigueur ou de douceur hivernal, selon qu'on s'élève ou on descend en altitude. Autrement dit la moyenne des minima du mois le plus froid est en corrélation positive avec le nombre de jours de gels annuel et donc en relation négative avec la longueur de la saison de croissance. Notons en passant que l'isotherme  $m=7^{\circ}\text{C}$  correspond, en Afrique du Nord, à l'absence de gel sous abri et qu'à partir de l'isotherme  $m=3^{\circ}\text{C}$  on note l'apparition d'espèces liées au froid (Le Houérou 1990).

### Terminologie, seuils et valeurs discriminatoires

L'étage de végétation est ainsi repéré par référence à l'échelle soit de la température moyenne annuelle, soit à celle de la moyenne des minima du mois le plus froid et non plus par rapport à l'altitude (tableaux 1 et 2). Chaque étage a ainsi été délimité par un intervalle de température dont les valeurs de l'échelle thermique ont été obtenues par une analyse à posteriori des faits, c'est-à-dire en essayant de les justifier par la diversité que l'on observe dans la nature. En outre chaque étage de végétation représente non seulement des intervalles thermiques mais encore un certain nombre de groupements végétaux échelonnés verticalement. Les tableaux 2 et 3 résument les divisions retenues et les principaux types végétaux qui leur appartiennent. La séquence adoptée dans les pays d'Afrique du Nord, et plus particulièrement au Maroc où cette échelle de référence est la plus complète, compte cinq étages altitudinaux dans une montagne suffisamment élevée. Parfois certains auteurs tel que Benabid (1982) y ajoutent un sixième étage connu sous l'appellation d'étage inframéditerranéen, que l'on considère généralement comme une subdivision de l'étage thermoméditerranéen. Il convient de remarquer que ces étages varient bien entendu avec la latitude et ne sont pas présents partout sur le pourtour méditerranéen ; autrement dit le nombre d'étages dépend de la latitude, mais aussi de l'importance des dénivelés.. A l'intérieur de chaque étage, les groupements végétaux s'ordonnent en différents écosystèmes, fonction de facteurs de second rang, les uns d'ordre climatique comme les pluies et les neiges, les autres édaphiques.

Pour ce qui est de la dénomination des étages de végétation méditerranéens, P. Ozenda (1975) a proposé une nomenclature propre aux étages d'une montagne méditer-

Tableau 1. Nomenclature des étages de végétation méditerranéens et équivalences entre étages thermiques au sens d'Ozenda (1975) et de Quézel (1976 et 1979), et variantes thermiques d'Emberger (Akman et Daget 1971) modifiées par Peyre (1979).

m est la moyenne des minima du mois le plus froid.

Dénomination de l'étage de végétation sensu Quézel et seuils thermiques correspondants		Limites thermiques modifiées sensu Emberger	Nomenclature
Oroméditerranéen -20<m<-6°C	Culminal	m<-15°C	Glacial
	Supérieur	-15<m<-12°C	Extrêmement froid
	Moyen	-12<m<-9°C	
	Inférieur	-9<m<-6°C	
Montagnard méditerranéen -6<m<-3°C		-6<m<-3°C	Très froid
Méditerranéen supérieur et supra-méditerranéen -3<m<0°C		-3<m<0°C	Froid
Mésoméditerranéen 0<m<3°C		0<m<3°C	Frais
Thermoméditerranéen m>3°C	Supérieur	3<m<7°C	Tempéré
	Moyen	7<m<10°C	Chaud
	Inférieur	m>10	Très chaud

Tableau 2. Nomenclature des étages et successions altitudinales de végétation correspondantes sous bioclimats humide et subhumide dans le Haut Atlas marocain (d'après Achhal & al. 1980). Les altitudes indiquées sont naturellement approximatives et peuvent varier suivant les massifs et les interprétations des limites.

T est la température moyenne annuel

Altitude (mètres)	Etage de végétation	Espèces dominantes (ou types biologiques)-groupements phytosociologiques	T (°C)
2600	Oroméditerranéen inférieur	Genévriers arborescents-xérophytes épineux (Erinacetalia)	<4
1800	Montagnard méditerranéen	Conifères montagnards (Cèdre, pin noir, Sapin du Maroc, etc.)-Querco-cedretalia et Quercetea ilisis	4<T<8
1200	Méditerranéen supérieur et Supra-méditerranéen	Forêts sclérophylles et forêts caducifoliées (Quercetea pubescentis)	8<T<12
600	Mésoméditerranéen	Chênes sclérophylles (Quercetalia ilisis)	12<T<16
0	Thermoméditerranéen	Caroubier, Olivier, Lentisque, Conifères méditerranéens (Pistacio-Rhamnetalia)	>16

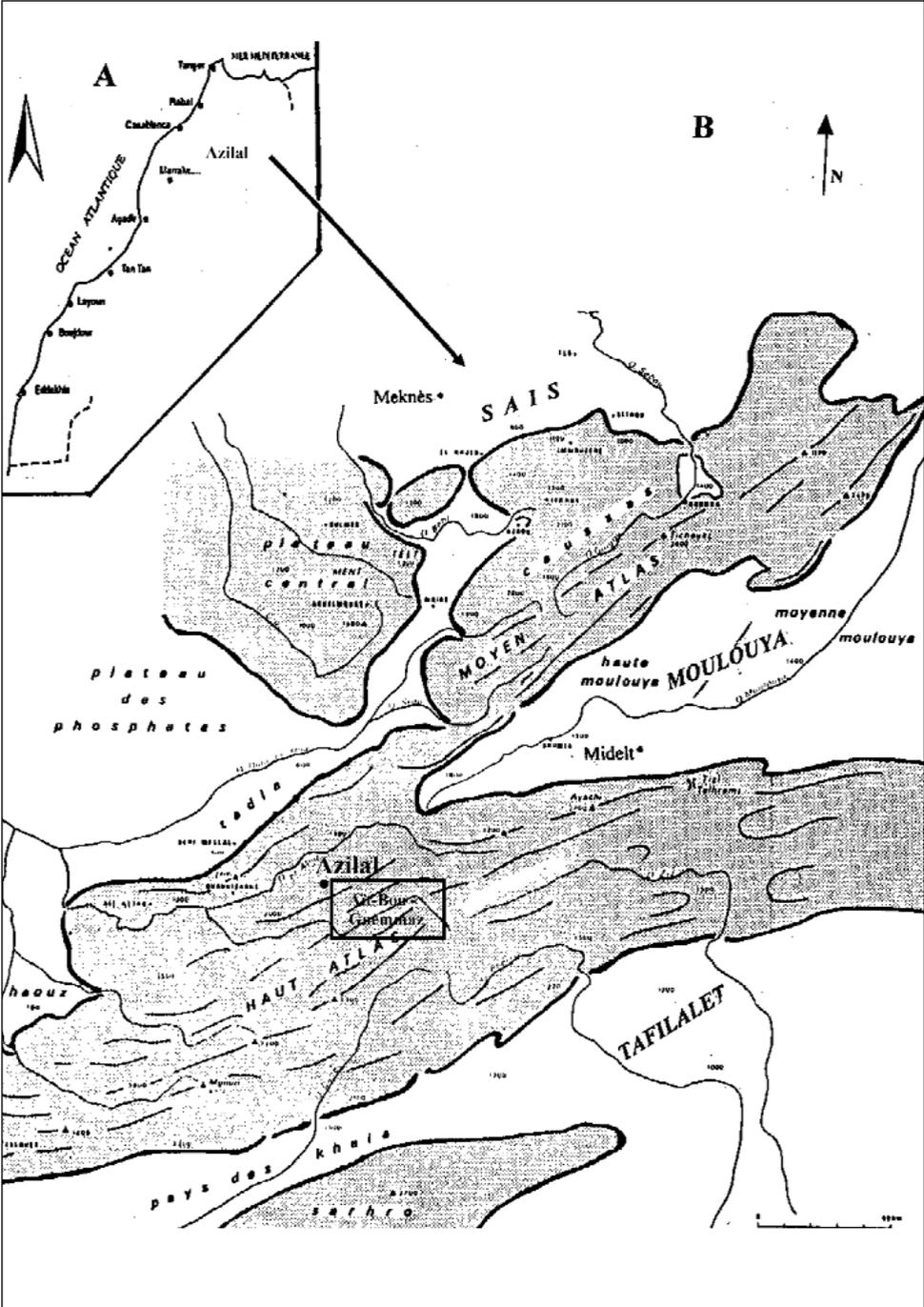


Fig. 1. Situation géographique de la vallée des Aït-Bou-Guemmez. A- Localisation générale au Maroc; B- Situation dans le Haut Atlas.

Tableau 3. Dénomination des étages et successions altitudinales de végétation correspondantes sous bioclimat semi-aride (D'après Quezel 1976; Barbero &amp; Quezel 1981 et 1984).

Etage de végétation	Essences dominantes
Oroméditerranéen	<i>Juniperus thurifera</i> pur (Ephedro-juniperetalia)
Montagnard méditerranéen présteppique	<i>Juniperus thurifera</i> - <i>Quercus ilex</i>
Méditerranéen supérieur présteppique	<i>Juniperus phoenicea</i> - <i>Juniperus oxycedrus</i> - <i>Quercus ilex</i>
Mésoméditerranéen présteppique	<i>Juniperus phoenicea</i> - <i>Juniperus oxycedrus</i> - <i>Ephedra</i>
Thermoméditerranéen présteppique supérieur	Tetraclinaies des Pistacio-Rhamnetalia à <i>Juniperus oxycedrus</i>

ranéenne que P. Quezel (1976) a en grande partie adoptée et qu'il a ensuite adapté au bassin méditerranéen occidental (Quezel 1979, 1980), nous la reprendrons presque exactement en tenant compte des légères modifications apportées par A. Achhal & al. (1980) pour les pays du Maghreb. Les limites retenues sont d'une part celles de la température moyenne annuelle, et d'autre part celles des variantes thermiques définies par Emberger à propos des « étages bioclimatiques » (voir infra) complétées par Y. Akman et Ph. Daget (1971). La comparaison des divisions, la séquence des qualificatifs et des seuils correspondants se présente alors, en commençant par les altitudes les plus élevées, sous la forme indiquée dans le tableau 1.

Il convient de rappeler que l'amplitude moyenne d'un étage varie entre 600 et 800mètres (l'amplitude moyenne d'un étage étant, elle, de 700 mètres en moyenne) et que dans chaque étage de végétation on peut reconnaître généralement trois niveaux, nommé supérieur, moyen et inférieur, et qui en représentent les sous-étages chaud, moyen et froid (Rivas-Martinez 1981). La fourchette de température dans laquelle chacun se développe est de l'ordre de 4°C pour la températures moyenne annuelle ; et lorsqu'un étage est bien caractérisé par une espèce climacique dominante, on peut donc en première approximation penser que cette espèce a elle-même une amplitude écologique de  $\pm 2^\circ\text{C}$  par rapport à son optimum. Il est à signaler que cette fourchette n'est plus que de 3°C pour le « m ».

Gardons en mémoire que les seuils altitudinaux représentent des limites moyennes d'étages, étant entendu que ces différentes valeurs discriminatoires varient notablement en fonction de la latitude, mais aussi des critères topographiques, de l'exposition au rayonnement solaire et de l'orientation par rapport au vent humide.

Il découle de ce qui précède que c'est donc l'écologie qui fait et qui définit l'étage, toutes disciplines confondues; c'est elle qui est une constante d'un même étage d'une montagne à l'autre, ce n'est pas l'altitude (Ozenda 1975 et 1989). Ce qui fait qu'en fin de compte, les étages de végétation ne sont que des ensembles structurés de groupements végétaux précis réunis par une affinité écologique (essentiellement thermique) dans une même tranche d'altitude.

Il convient encore de souligner qu'à l'origine, la terminologie des étages a été établie initialement dans les Alpes suisses (de bas en haut Collinéen, Montagnard, Subalpin, Alpin, Nival) que l'on a ensuite étendue à l'ensemble des montagnes européennes. Il est à signaler cependant que R. Maire (1924) et H. Humbert (1924) ont utilisé au Maroc une succession



Tableau 4. Correspondance entre le Q2 et les classes de pluviosité.

La fiabilité des intervalles pour ces indices peut être établie avec plus ou moins 50 mm annuels pour P et plus ou moins 1°C pour m (Rivas-Martinez 1981).

Bioclimat	Coefficient d'Emberger (Q2)	Précipitations (P en mm)
Saharien	$Q2 < 15$	$P < 150$
Aride	$15 < Q2 < 25$	$150 < P < 300$
Semi-aride	$25 < Q2 < 50$	$300 < P < 600$
Sub-humide	$50 < Q2 < 90$	$600 < P < 1000$
Humide	$Q2 > 90$	$P > 1000$

nution) qui déterminent les variations observées au sein d'un même étage. Il doit rester entendu que des « enclaves » liées généralement aux conditions édaphiques, existent régulièrement à l'intérieur de chaque étage de végétation.

### Localisation de l'aire d'étude

La dition retenue pour cette étude s'étend *grosso modo* à l'ensemble du bassin versant des Aït-Bou-Guemmez du nom du groupement humain qui occupe ce territoire que l'on qualifiera dans la suite du texte par l'expression simplifiée de « Aït-Bou-Guemmez »

Du point de vue administratif, une grande partie de la dition appartient à la commune de Tabant, située à 78kilomètres au sud du chef-lieu de la province d'azilal, région Tadla-Azilal ; la partie restante, correspondant grossièrement à la vallée d'Arous, est sous l'administration de la commune d'Abachkou.

Situé au cœur du Haut Atlas central (Fig. 1), le val des Aït-Bou-Guemmez s'étend sur plus de 30km de longueur et sur 10 à 11.5km de largeur. Il est entièrement situé à des altitudes supérieures à 1400 mètres et culmine vers 3729m. La pente longitudinale est faible et relativement constante jusqu'au lieu dit de Tighouza, point structurellement le plus bas du synclinal avec une altitude de 1780m.

### LES FORMES PRINCIPALES DU MODELE

La vallée elle-même, de forme générale rectiligne, est bien délimitée morphologiquement et se présente comme une large dépression fluviale à fond plat suspendue, vers l'aval, au dessus du défilé de l'Imi-n-Tighouza, obturé, à ce niveau, par un éboulement où l'assif-n-Aït-Bou-Guemmez dévale comme un torrent, sur près de 3km.

Le fond de vallée de cette vaste gouttière longitudinale s'élève progressivement, sur une distance de 23km, de 1800m, vers l'aval, à 2300m vers l'amont où la limite orientale du bassin versant est formée par la plaine lacustre du poljé d'Izourar, perché à plus de 2500m. Ce dernier est une large ondulation synclinale entre les anticlinaux dissymétriques de l'Azourki, au nord, et du Waougoulzat au sud.

Les interfluves dépassent, pour la plupart d'entre eux, le seuil des 3000m (Fig. 2) avec respectivement, à l'adret, d'Ouest en Est: le jbel Tizal (3041m), le jbel Aït-Ourit (2920m) et le jbel Azourki (3669m) ; alors que, vers l'ubac, en revenant d'Est en Ouest, on trouve successivement le jbel Waougoulzat (3743m) et le jbel Igoudamène (3545m).

Ces grandes murailles, dont les dénivelés dépassent le kilomètre, forment l'ossature du relief. Ce sont des escarpements de chevauchement de direction WSW-ENE. Ceux du Tizal, de l'Aït-Ourit et de l'Igoudamène font face au NNE alors que ceux de l'Azourki et du Waougoulzat regardent vers le SSW.

Entre ces reliefs les plus marqués se disposent des sous bassins présentant plusieurs facettes topographiques. Les chaînons internes montrent une fidélité parfaite du relief à la structure: partout les lignes de hauteurs correspondent à des plis anticlinaux secondaires ; les dépressions, vallons, cuvettes plus ou moins fermées correspondent à des structures synclinales de deuxième ordre dont la disposition commande directement ou presque les formes de relief, l'érosion n'a fait qu'accentuer le schéma tectonique ; enfin les plateaux correspondent à des surfaces structurales monoclinales.

Pendant, la zone comprise entre Ifrane et Taslanant n'adopte pas ce schéma général ; elle présente une inversion de relief sous la forme d'une combe: la voûte d'un anticlinal secondaire a été décapée par l'érosion de telle sorte que les corniches de crêt, correspondant aux couches dures, se font face et sont presque symétriques.

### **Le milieu géologique**

L'essentiel des données présentées ci-après s'appuient sur les études de Jenny (1985) et Jossen (1985 a & b). Ainsi, du point de vue géologique, le bassin des Aït-Bou-Guemmez se caractérise dans sa constitution par la prédominance des séries sédimentaires du Jurassique avec, localement, des affleurements triasiques et des dépôts quaternaires. Le Trias est représenté par des basaltes qui affleurent en plusieurs points: vallée d'Arous, amphithéâtre d'Asbquih et Tizi-n-Tirghist. Ces coulées basaltiques sont souvent accompagnées de venues diapiriques d'argiles rouges. Par ailleurs, le contact entre les basaltes et les calcaires avoisinants est souvent souligné par un niveau d'argile rose salifère. L'infra-lias, quant à lui, se manifeste par des intrusions gabbroïques, souvent mêlées aux basaltes, de couleur grise-verdâtre et qui se présentent sous la forme de masses lenticulaires bien cristallisées ; elles se placent à l'interface entre les calcaires liasiques et les basaltes triasiques. Une telle association s'observe tout au long de la branche SW-NE de la cluse d'Abachkou. Enfin, il est à souligner que les gabbros sont fortement altérés en surface, donnant un régolithe granuleux très peu résistant qui s'effrite à la main.

Les séries liasiques, à proprement parler, constituent les imposantes parois des principaux chaînons des Aït-Bou-Guemmez. Schématiquement, sur le territoire étudié, on peut distinguer deux grands types lithologiques: d'une part un matériel détritique rouge dans lequel alternent pélites, grès et conglomérats qui affleure largement dans la première gouttière longitudinale à l'amont du val pour ensuite bifurquer le long de deux replis synclinaux de part et d'autre de la cluse d'Aït-Hkim entre Ifrane et Taslanant et, d'autre part, un matériel formé essentiellement de calcaires en petits bancs ou en bancs métriques à plurimétriques, de calcaires dolomitiques, de dolomies massives ou cavernueuses (cargneules) et

de marnes blanches et rouges, à un degré moindre ; ces séries carbonatées occupent presque tout le reste de la dition.

Enfin, en ce qui concerne les dépôts quaternaires, ils sont représentés par toute une gamme de substrats qui ont été décrits par Couvreur (1981), dont nous donnons ici uniquement le type et la répartition:

- Les conglomérats qui forment le haut balcon qui ourle la Tadagha, le plancher de l'amorce de combe creusée dans l'Igoudamene, les hauts replats cuirassés de l'Igoudamene qui surplombent aussi bien l'asif Arous vers le nord-ouest que l'amphithéâtre d'Asbquih vers le nord, une partie du fond du synclinal perché de Tafenfent, la terrasse d'Akourbi, et le glaciaire-cône d'Arous.
- Les grèzes litées, formées de gélifractions anguleux avec des passées fines: elles constituent les tabliers de versant de l'hémicycle d'Aït Imi ainsi que ceux de la cluse d'Aït Hkim et les brèches d'éboulement qui barrent les deux extrémités de la vallée des Aït-Bou-Guemmez.
- L'envoyage de gélifractions et d'argile brune que l'on trouve sur certains tabliers actuels notamment sur les ubacs de l'Igoudamene et du Waougoulzat.
- Les argiles rouges de décalcification tapissent le fond des dolines et du poljé de Tafenfent, ainsi que les dolines de l'Imi-n-Tighouza.

De cette diversité lithologique découle une certaine variété de substrats édaphiques dont la nature chimique doit être précisée. Du point de vue morphologique, ce sont les sols peu épais et squelettiques qui dominent largement ; dans ce cas la roche mère non ou peu altérée joue le rôle principal du point de vue édaphique.

Rappelons pour mémoire que pour une étude phytogéographique de ce type, c'est bien entendu la nature lithologique du terrain qui compte, plus que son origine, c'est-à-dire indépendamment des déformations qu'ils peuvent avoir subies.

## **Le climat**

Le climat de la haute vallée des Aït-Bou-Guemmez se caractérise par une faiblesse générale des précipitations (caractère de vallée intra-atlasique relativement sèche) ; celles-ci sont probablement comprises entre 400 et 900mm. Le régime pluvial offre la possibilité d'avoir de la pluie en toute saison avec deux pointes maximales, le premier maximum en hiver et le second au printemps encadrant deux minimums en automne et en été ; L'indicatif saisonnier est, par conséquent, de type HPAE. L'essentiel de ces précipitations se fait sous forme neigeuse, se répartissant sur l'hiver et le printemps témoignant d'une relative fraîcheur de la vallée. Quant à la durée d'enneigement, elle varie entre deux jours et deux mois en moyenne selon l'altitude et l'exposition au rayonnement solaire.

Les valeurs des précipitations annuelles varient de manière significative avec notamment une sécheresse des adrets (300 à 700mm./an), une pluviosité supérieure sur les ubacs (400 à 900mm./an), un profil pluviométrique de fond de vallée s'échelonnant entre 300mm. vers l'aval (Tighza) à 500mm./an vers l'amont (Zawyat-Oulmzi), et une pluviosité intermédiaire (environ 400mm./an) dans la partie médiane de la vallée à hauteur du méridien de Tabant.

Ce climat est aussi caractérisé par un ensoleillement élevé et des influences océaniques débordant les massifs du Tizal et de l'Aït-Ourit ou celles empruntant la cluse de l'oued

Lakhdar. Ce climat est difficile pour l'homme et la végétation, car il cumule les « inconvénients » du climat méditerranéen (sécheresse) et de la haute montagne (froid-neige).

Du point de vue thermique, et en l'absence de données chiffrées dans la vallée des Aït-Bou-Guemmez, il a été procédé à des extrapolations qui ont été effectuées à partir des paramètres enregistrés dans les deux postes environnants d'Azilal et d'Aït Mhammed (Tab. 5), en exerçant toutefois quelques précautions regardant l'interprétation de leurs situations locales respectives (Rhanem 1985). D'une manière générale, et au vu des résultats obtenus (Tab. 6 & 7), on peut dire que le climat thermique de la vallée des Aït-Bou-Guemmez présente assez nettement une tendance à la continentalité avec une amplitude thermique relativement élevée. En revanche, dans le détail, la vallée offre une marqueterie de topoclimats (Rhanem 2008b) dont quelques uns ont été reportés, avec leurs caractéristiques, sur les tableaux 6 & 7. A la lecture de ces derniers, l'on peut relever par exemple pour Tabant (topoclimat de fond de vallée), les particularités suivantes: une température minimale moyenne de 4,6°C et une température maximale moyenne de 20,2°C, alors que la température moyenne annuelle est 12,4°C. Celle-ci, comme c'est le cas des autres indicateurs thermiques, varie longitudinalement aussi bien que transversalement dans le sens d'une diminution ou d'une augmentation selon la nature du topoclimat envisagé (Tab. 6 & 7).

### **Méthode d'étude**

Au vu de la configuration de la haute vallée des Aït-Bou-Guemmez et afin de mieux situer les différentes essences forestières dans leur contexte géographique et écologique (Fig. 3), il a été procédé à un échantillonnage de type stratifié (Daget & Godron 1982) combiné à un la méthode des « transects ». Ce dispositif linéaire satisfait en effet aux principes de l'échantillonnage stratifié: d'une part la chaîne de relevés respecte les mosaïques des stations, qui correspondent à autant de strates d'échantillonnage ; d'autre part, les lignes-échantillons explorent les divers étages de végétation dont chacun caractérise une direction de variation du climat. Autrement dit la méthode des « transects » offre l'avantage d'augmenter l'efficacité de la collecte des données (Mueller-Dombois & al. 1989).

Les relevés le long d'un transect sont effectués à chaque fois que survient une variation de facteurs topographiques (altitude, pente), de méso-exposition ou lorsqu'il se produit un changement dans la physionomie de la végétation. Quatre types de descripteurs ont été observés: (i) les descripteurs en rapport avec la situation géographique, (ii) les descripteurs en rapport avec la topographie de la station, (iii) les descripteurs en rapport avec le substrat et la nature du sol et (iv) les descripteurs en rapport avec la physionomie de la végétation.

Le vocabulaire et les définitions de la quasi-totalité de ces descripteurs et de leurs états ont été empruntés au code adopté par le Centre d'Etudes Phytosociologiques et Ecologiques L. Emberger (CEPE devenu CEFÉ-CNRS) pour un relevé méthodique de la végétation et du milieu (Godron & al. 1968), mais quelques simplifications y ont été apportées afin qu'ils soient adaptés.

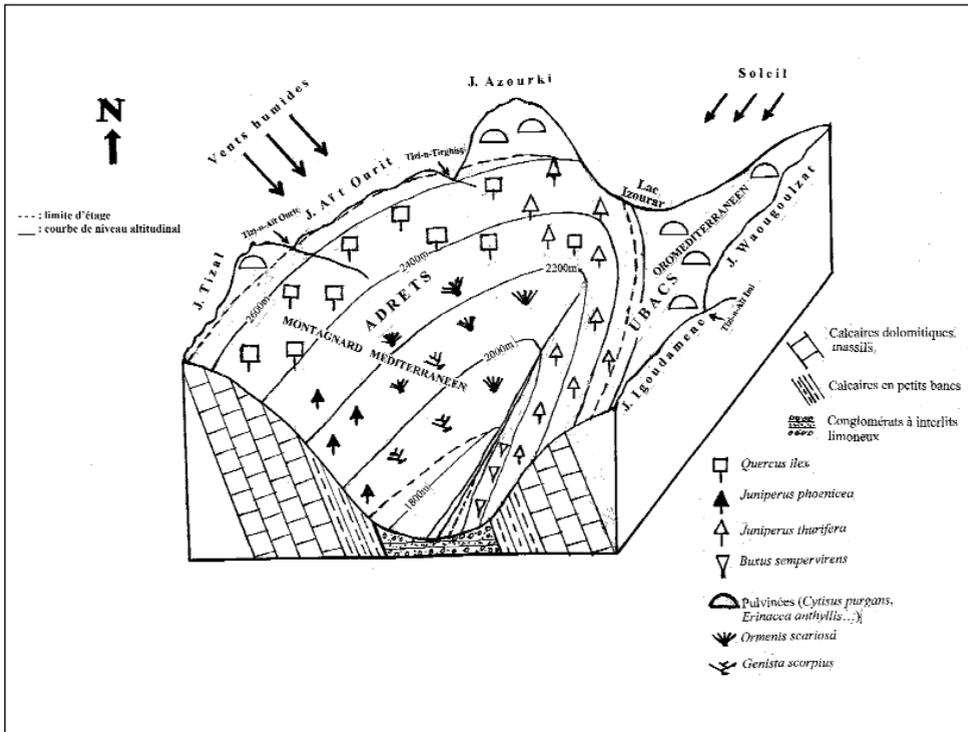


Fig. 3 – Bloc-diagramme schématisé montrant l’emplacement des principales essences forestières les unes par rapport aux autres et illustrant les correspondances entre les étages de végétation de la vallée des Aït-Bou-Guemmez et les altitudes en fonction de l’exposition au soleil et aux vents humides. Le contenu de chaque étage est également schématisé par les principales espèces dominantes en tenant compte des affleurements géologiques et de la conformité de ces derniers avec la surface topographique.

LA MÉTHODE D’ANALYSE

Dans un ensemble de relevés, si la présence d’une espèce A dépend étroitement de l’état K d’un descripteur L, lorsque cet état K est observé dans un relevé, l’espèce A a beaucoup de chances d’y être présente. L’information est donc mutuelle entre la végétation et sa flore d’une part et le milieu d’autre part, puisque la connaissance de l’un renseigne sur l’autre. L’ordinateur effectue le calcul de la quantité d’information apportée par l’observation de la présence, ou de l’absence, d’une espèce vis-à-vis des états d’un descripteur du milieu. Cette quantité, qui exprime la valeur indicatrice de l’espèce, est appelée information mutuelle espèce-descripteur.

Le calcul de l’information mutuelle entre les espèces et les descripteurs permet d’examiner successivement quels sont les descripteurs qui apportent le plus d’information, autrement dit quels sont les descripteurs qui ont une influence sur la composition floristique et quelles sont les espèces qui apportent le plus d’information, c’est-à-dire quelles sont les espèces dont la répartition traduit la mieux les conditions de vie. Lorsque l’espèce est répartie uniformément dans toutes les classes d’un descripteur, sa valeur indicatrice

Tableau 5. Postes climatiques retenus pour le calcul des paramètres de la vallée des Aït-Bou-Guemmez.

Nom	Azilal	Aït Mhammed
Altitude (m)	1430	1680
Latitude Nord	31°57'	31°53'
Longitude Est	6°34'	6°28'
Période d'observation	1933-1963	1925-1949
Précipitations (mm)	510	561
Température des minima du mois le plus froid (°C)	2,2	-4,3
Température moyenne annuelle des minima (°C)	9,2	4,3
Température moyenne annuelle des maxima (°C)	23,6	19,9
Température moyenne annuelle (°C)	16,4	12,1

Tableau 6. Valeurs repères des paramètres thermiques calculées pour quelques topoclimats répartis le long de profils altitudinaux sur l'adret et l'ubac de la haute vallée des Aït-Bou-Guemmez (Rhanem 1985).

Nature du topoclimat	Altitude (m)	m (en°C)	T. max. (en°C)	T. min. (en°C)	T. moy. (en°C)
Sommet de l'Azourki	3677	-11,0	10,4	-5,2	2,6
Sommet du Tizal	3041	-7,8	13,8	-1,8	6,0
Fond de vallée (Tabant)	1870	-1,3	20,2	4,6	12,4
Sommet de l'Igoudamene	3519	-8,7	11,4	-4,2	3,6
Sommet du Waougoulzat	3763	-9,9	10,9	-4,6	3,1

Gradient thermique de l'adiabatique sèche : 0,55°C/100m.

Gradient thermique de l'adiabatique humide : 0,45°C/100m.

m.= moyenne des minima du mois le plus froid

T. max.= Température maximale moyenne annuelle

T. min.= Température minimale moyenne annuelle

T. moy.= Température moyenne annuelle

Tableau 7. Profil thermique longitudinal de fond de vallée d'amont (Zawyat oulmzi) vers l'aval (Tighza) en passant par Tabant. (Légende: voir tableau 6).

Nature du topoclimat	Altitude (m)	m. (en°C)	T. max. (en°C)	T. min. (en°C)	T. moy. (en°C)
Zawyatoulmzi	2150	-2,7	18,8	3,2	11,0
Tabant	1870	-1,3	20,2	4,6	12,4
Tighza	1720	-0,6	19,5	3,9	11,7

vis-à-vis de celui-ci est nulle, l'information mutuelle est faible. Inversement, si l'espèce est présente dans certaines classes et absentes dans d'autres, l'espèce est indicatrice et l'information mutuelle est élevée.

Dans la dition retenue, l'influence des variables sur la répartition des espèces végétales a été appréciée par la valeur de l'information mutuelle moyenne espèces-descripteurs (HIM). Pour chaque descripteur, les informations mutuelles les plus élevées, apportées par les 50 premières espèces, ont été retenues pour calculer cette moyenne. Mais pour comparer ainsi l'influence des variables dans un même territoire, HIM n'est pas toujours suffisante car elle dépend en partie de l'entropie de la variable (ENTR) ; aussi Godron (1966, 1968 et 1971) a proposé de reporter chaque descripteur sur un graphique ayant en abscisse l'entropie descripteur (ENTR) et en ordonnée HIM (Fig. 4). Cette représentation permet de voir simultanément la valeur absolue de HIM et le rapport HIL/ENTR (matérialisé par la pente de la droite passant par l'origine et le point représentant le descripteur). Elle permet, en outre, l'identification des descripteurs efficaces ; ces derniers se localisent dans la partie supérieure. Par ailleurs, ce graphique facilite l'appréciation de l'échantillonnage ; les descripteurs bien échantillonnés se situant dans la partie droite. Ceci permet aussi d'attirer l'attention sur les imperfections de l'échantillonnage et peut suggérer, par exemple, à procéder des relevés supplémentaires dans les classes où l'effectif est jugé trop faible.

Depuis les fondements théoriques établis par Gounot (1958 & 1969), Godron (1968), Guillerm (1971), Daget & al. (1972), Morris & Guillerm (1974), la méthode a fait l'objet de nombreuses applications, dont nous citerons à titre d'exemples celles de Guillerm (1969 et 1978), Amandier & Gasquez (1978), Thiébaud & al. (1978) et Izard & Romane (1980).

## Résultats

### Identification des descripteurs efficaces

Une première lecture de la figure 4 montre que les descripteurs « espèces dominantes » jouent un rôle important. En effet, si pour la « deuxième et troisième espèces dominantes », il s'agit probablement d'une sorte d'artéfact créée par le fait qu'il y a un très grand nombre de classes dans ces descripteurs de telle façon que chacune de ces classes comporte *ipso facto* des effectifs très faibles, il n'en est pas de même pour la « première espèce dominante » qui semble être une bonne expression de l'ensemble de la végétation. Cette constatation est un élément de justification de l'utilisation que nous avons faite des espèces dominantes tout au long de ce travail pour décrire la végétation.

Un examen plus approfondi de la figure révèle, par ailleurs, l'importance de l'« altitude » qui se distingue nettement par l'influence qu'elle exerce sur la répartition de la végétation. Enfin, il est à souligner que, du fait de l'orientation générale de la vallée et de sa morphologie, l'« altitude » est fortement corrélée à la « latitude » et à la « longitude » de telle sorte qu'une variation de ces dernières implique automatiquement celle de l'« altitude » dans le sens d'une élévation ou d'une diminution. On se limitera de ce fait à l'interprétation du seul descripteur « altitude ».

D'autres descripteurs, de moindre efficacité mais tout aussi importants, interviennent en second lieu tels que la « forme générale du relief », la « lithologie », la « position topographique », l'« exposition générale », la « méso-exposition » et la « conformité géologique ».

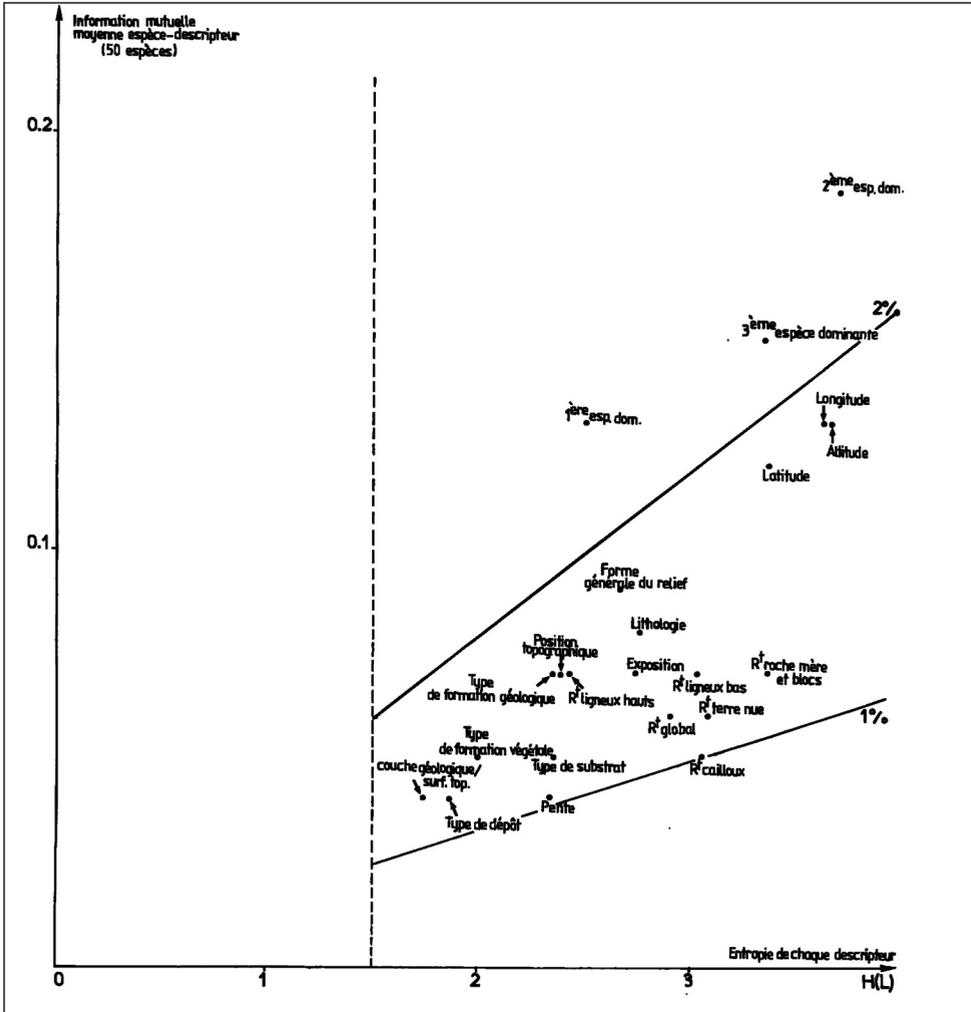


Fig. 4 – Diagramme d'analyse de l'efficacité des descripteurs écologiques : relation entre entropie du descripteur et information mutuelle moyenne espèce-descripteur calculée pour les 50 espèces ayant la meilleure information mutuelle.

**Typologie des unités de végétation**

**Méthode d'approche**

Pour accéder plus concrètement à la réalité existant sur le terrain, la végétation a été caractérisée par les espèces dominantes et par les structures visibles sur le terrain ; ces dernières correspondent à des types physionomiques (ou formations végétales) précis que l'on a caractérisé par des formes biologiques connues plus généralement sous le nom de types biologiques de Raunkiaer (1934). Ces derniers constituent des groupes écomorphologiques

qui rassemblent des espèces possédant en commun des caractères morphologiques qui leur permettent de cohabiter dans des conditions écologiques déterminées. Il semble, en effet, que les types biologiques sont de meilleurs révélateurs de l'adaptation à l'environnement des espèces que les espèces elles-mêmes, surtout lorsque les variations du milieu sont assez fortes (Floret & al. 1987 1989; Romane 1987 ; Orshan & al. 1987). Précisons, cependant, que les taxons sont notés avec la forme biologique qu'ils ont dans la station observée et non avec leur forme fondamentale potentielle: un taxon habituellement phanérophYTE et qui se comporte en chaméphyte, sera noté comme chaméphyte. En effet, comme le soulignent Emberger & Sauvage (1968), c'est la forme et non le taxon qui est caractéristique du milieu considéré. Tenant compte de ces considérations, *Alyssum spinosum*, *Arenaria pungens*, *Erinacea anthyllis*, *Cytisus purgans* et *Bupleurum spinosum*, signalées nanophanérophytes par Emberger (1939), ne seront plus considérées de la sorte puisqu'elles adoptent la forme de chaméphytes en coussinets dans l'étage oroméditerranéen du territoire étudié. C'est cette démarche que nous avons retenue dans ce travail car, en plus de sa simplicité et de sa clarté, elle présente sans conteste un intérêt écologique indiscutable.

L'ordre adopté tient compte de la taille et va commencer par les arbres, puis les nanophanérophytes feront la transition entre les phanérophytes et les chaméphytes. A l'intérieur de ces grands ensembles structuraux, on peut distinguer des unités de végétation de plus petite amplitude en fonction de la deuxième espèce dominante et parfois même de la troisième espèce dominante. Enfin chaque type sera intégré dans l'étage de végétation et le bioclimat correspondant.

#### Interprétation de quelques formations

### **A Formations à macrophanérophytes et/ou à mésophanérophytes**

#### **a - Pineraies à *Pinus halepensis***

Le pin d'Alep est une essence largement répandue sur le pourtour méditerranéen. C'est une espèce fréquente surtout en région méditerranéenne occidentale, mais qui se rencontre également en divers points du bassin méditerranéen oriental (Quézel & Barbero 1992). Au Maros, le pin d'Alep est relativement rare (Emberger 1939), où sa répartition a été précisée par Quézel et Barbero (1992). Dans les Aït-Bou-Guemmez, si l'on se réfère à la carte phytogéographique du Maroc établie par Emberger (1939) à l'échelle de 1/1 500 000ème, on voit que le pin d'Alep se présente, dans la zone qui nous intéresse, sous la forme d'îlots en chapelets à l'intérieur de chênaies à Chêne vert. Il est cantonné dans le tronçon sud-nord de la cluse d'Aït-Abbas sur la rive gauche de l'oued Lakhdar, un peu en aval de la confluence de l'asif Aït-Bou-Guemmez et l'asif Aït-Bou-Oulli..

Or, sur le terrain, la répartition du pin d'Alep dans la dition considérée montre que ce dernier forme presque une ceinture continue longeant les deux rives de l'oued Lakhdar (tronçon sud-nord) ; il succède vers 1500 m à une formation de bas versant à *Ephedra nebrodensis* où sont dispersés quelques pieds de *Juniperus phoenicea*, témoignant d'une probable inversion thermique, hypothèse renforcée par la présence d'autres espèces indicatrices de milieux froids, telles que *Fraxinus dimorpha* et *Artemisia mesatlantica*.

Par ailleurs, sur les pentes sud-est du jbel Tadaghast, le pin d'Alep forme un peuplement bien venant sur des conglomérats plio-villafranchiens à pente très forte. Dans ce secteur le pin d'Alep dépasse rarement l'altitude de 1800 m au-delà de laquelle on passe à une junipéraie à *Juniperus phoenicea* avec une pente beaucoup plus atténuée. D'ailleurs la limite

entre ces deux formations coïncide avec le point de rupture de pente qui correspond au sommet de la terrasse de l'ancien cours de l'asif Aït-Bou-Oulli.

Par contre, sur la retombée occidentale du jbel Tizal qui fait face à la vallée d'Abachkou, le pin d'Alep, en codominance avec le chêne vert, arrive à dépasser les 2000 m d'altitude. Dans cette pinède mixte sur basaltes, substrats meubles et friables qui s'érodent facilement, on retrouve certaines espèces révélatrices de milieux chauds et relativement secs telles que: *Cistus creticus*, *Genista scorpius*, *Pituranthos scoparius*, *Chamaerops humilis*, *Globularia nainii*... En exposition nord-ouest, on trouve d'autres espèces moins thermophiles, et ce à partir de 1700 m d'altitude ; C'est le cas notamment de: *Helianthemum cinereum*, *Anarrhinum fruticosum*, *Leuzea conifera*, *Helicrysum lacteum*, *coronilla minima*, *Artemisia mesatlantica*... Enfin, vers 1900 m d'altitude, toujours sur la retombée occidentale du Tizal, le pin d'Alep ne domine plus et cède progressivement la place soit au chêne vert soit au genévrier de Phénicie (*Juniperus phoenicea*).

Dans les mêmes environs, toujours sur les contreforts du jbel Tizal, mais cette fois dans l'axe de la vallée entre Agassiyf et Tighouza, le pin d'Alep, en peuplement mixte avec le chêne vert, disparaît dès que l'on passe au secteur le plus large de la vallée des Aït-Bou-Guemmez en aval de Tabant où l'effet de cuvette est à son paroxysme (Rhanem 1985) ; il ne dépasse guère le point le plus haut de la masse chaotique de l'éboulement de l'Imi-n-Tighouza qui correspond par ailleurs à une rupture de pente séparant nettement les deux topoclimats. Parallèlement, tout un cortège floristique disparaît conjointement au-delà de cette limite climatique en direction de la vallée des Aït-Bou-Guemmez ; il s'agit entre autres de: *Pistacia lentiscus*, *Pistacia terebinthus*, *Bupleurum atlanticum* et *Rhamnus lycioides*.

Néanmoins, le pin d'Alep arrive parfois à pénétrer très légèrement dans la vallée des Aït-Bou-Guemmez où il constitue une formation rupicole, à la faveur d'un topoclimat de gorge crée par le défilé de l'Imi-n-Tighouza où, d'une part, les températures hivernales sont moins rudes, et, d'autre part, les températures estivales sont beaucoup plus atténuées. Cette pineraie des gorges de joro est accrochée sur des parois rocheuses très pentues à des altitudes s'étalant entre 1700 et 1800 m ; il constitue une enclave édaphique où sa présence ne peut s'expliquer que par l'existence de nombreuses fissures dont le bilan hydrique est très médiocre. Il est supplanté au niveau de l'entaille du glacis-cône d'Arous par une formation mixte à *Juniperus phoenicea* et *Juniperus oxycedrus* avec localement, en exposition fraîche, une formation chaméphytique à *Buxus sempervirens* ; le Genévrier de phénicie est, en effet, sensible aux froids hivernaux.

#### **b - Junipérais à *Juniperus phoenicea***

D'aval en amont du territoire étudié, la quasi-totalité des junipérais à *J. phoenicea* occupent préférentiellement les adrets, c'est-à-dire des secteurs à expositions chaudes et sèches. Cependant, ce genévrier de Phénicie apparaît également dans quelques fonds de ravins des hémicycles d'Asbquih et d'Aït-Imi entre 1800 et 1900 m, qui sont particulièrement froids en hiver et où traînent souvent des brouillards. Néanmoins, il n'arrive pas à y différencier un niveau propre et se mélange avec le genévrier thurifère où il fait simplement figure d'élément additionné à la thuriféraie. En effet, dans ces topoclimats, le genévrier de Phénicie « baigne » plus ou moins complètement dans les thuriférais plus exigeantes du point de vue thermique. Sur les flancs, au fur et à mesure que l'on monte en altitude, il est éliminé totalement au bénéfice du genévrier thurifère en raison des tempé-

ratures plus faibles en hiver, surtout lorsque la période avec gel excède sensiblement deux mois (Sebastian et Bagnouls 1959).

Dans les topoclimats où ce genévrier de Phénicie imprime son empreinte au paysage, plusieurs types ont été distingués:

### **1 - Junipéraie à *Chamaerops humilis* et *Ononis atlantica***

Cette formation se localise sur les pentes sud-sud-est du jbel Tadaghast de 1800 à 2000 m ; elle se développe dans l'étage méditerranéen supérieur à son niveau moyen. Elle est ceinturée en haut par une futaie haute de chêne vert et en bas par une Pineraie. Le bioclimat y est du type semi-aride moyen.

### **2 - Junipéraie à *Genista scorpius* et *Pituranthos scoparius***

Plus en aval, en direction de la vallée des Aït-Bou-Guemmez, à hauteur d'Agassiyf, cette formation domine vers le bas de versant de la retombée occidentale du Tizal, elle se développe sur un substrat basaltique en exposition sud-ouest dans la tranche altitudinale allant de 1400 à 1500 m. C'est un milieu où il peut faire froid, elle se situe par conséquent dans l'horizon le plus bas de l'étage méditerranéen supérieur. Quant au bioclimat, il est relativement sec et correspond au semi-aride inférieur. Enfin, pour ce qui est du cortège floristique, en plus des espèces dominantes précitées, on trouve les taxons suivants: *Ormenis scariosa*, *Chamaerops humilis*, *Ephedra nebrodensis*, *Globularia nainii*, *Artemisia mesatlantica*, *Carlina involucrata*.

### **3 - Junipéraie à *Ononis atlantica* et *Genista scorpius***

On trouve une telle formation dans l'étage méditerranéen supérieur moyen sur le glacis colluvial pierreux, légèrement incliné, qui domine les dolines de Tighouza vers le nord occupant la tranche altitudinale de 1800-1900 m et que surplombe les calcaires en chevrons (plis en « genou ») du jbel Tizal. C'est une station qui subit encore les influences océaniques de la cluse de l'oued Lakhdar, mais qui est, malgré tout, relativement sèche à cause d'un fort ensoleillement associé à une luminosité intense et d'un substrat très filtrant ne disposant pas ainsi d'une bonne réserve hydrique, d'où une aridité édaphique (Floret & Pontanier 1984). Le bioclimat est de type semi-aride inférieur. D'ailleurs le cortège floristique reflète bien cette situation écologique assez thermophile puisqu'on rencontre des espèces telles que: *Bupleurum atlanticum*, *Chamaerops humilis*, *Pituranthos scoparius*, *Ormenis scariosa*, *Globularia alypum*.

### **4 - Junipéraie à *Ormenis scariosa* et *Ephedra nebrodensis***

Ce type rupicole occupe, en exposition sud, le secteur le moins élevé du Tizal ; il s'étend sur le bas et le moyen versant de sa terminaison occidentale. Cette junipéraie se développe sur les calcaires en chevrons à pendage vertical presque conforme à la surface topographique (Fig. 3). Ces pentes fortes entraînent un ruissellement, superficiel et souterrain, très fort ; il en résulte, d'une part une perte d'eau qui augmente l'aridité de ces stations, et, d'autre part, une perte d'éléments fins dans ce substrat qui produit une diminution de sa capacité de rétention. Plus mal approvisionnées en eau, plus vite desséchées, ces pentes fortes sont bien plus sèches que ne le serait un terrain horizontal soumis au même climat général. C'est, probablement, le secteur le plus chaud des Aït-Bou-Guemmez, mais aussi

le plus sec. D'ailleurs, à altitude égale, en cheminant latéralement le long de l'adret du Tizal en direction du nord-est, cette junipéraie se dissocie, parallèlement à l'évasement de la vallée qui atteint son maximum à ce niveau, et se termine en biseau à hauteur du relief résiduel d'Aït-Ziri, pour ne laisser la place qu'à une steppe à *Ormenis scariosa* avec par endroits *Genista scorpius* et *Chamaerops humilis*. En allant plus à l'est, à la hauteur du bassin d'Ansous, le climat devenant plus humide en raison des masses d'air humide qui s'infiltrèrent par le Tizi-n-Aït-Ourit et favorisent l'installation du chêne vert.

### **5 - Junipéraie à *Genista scorpius* et *Globularia alypum***

Dans le centre du bassin, et plus particulièrement dans la vallée de Rbat, Le genévrier de Phénicie domine également dans les expositions chaudes sur les pentes sud de l'Adazene et d'Akourbi plus en amont. Il s'agit de secteurs relativement chauds et secs où le substrat terro-rocheux est à l'origine d'une aridité édaphique. Cette formation occupe des altitudes moyennes s'étendant entre 1900 à 2100 m et se cantonne dans le niveau le plus élevé de l'étage méditerranéen supérieur. Quant au bioclimat, il est de type semi-aride moyen à supérieur.

En plus de ces formations où le genévrier de Phénicie joue les premiers rôles, on peut en trouver d'autres où sa dominance est reléguée au second plan comme c'est le cas de la vallée d'Arous et du sous-bassin d'Ansous.

### **c- Chênaies à *Quercus ilex***

Contrairement aux autres arbres des Aït-Bou-Guemmez, le chêne vert est une espèce circumméditerranéenne dont l'aire s'étend sur l'ensemble du bassin méditerranéen. Il est doué, par ailleurs, d'une remarquable plasticité et une rusticité exceptionnelle: il tolère l'ombre et la lumière, le calcaire et la silice, les rocailles aussi bien que les alluvions limoneuses. Il se développe dans une si large gamme de biotopes qu'il occupe plusieurs étages, et L. Emberger (1939) en donnait une image très claire quand il disait que le Chêne vert est le ciment vivant qui relie plusieurs groupements végétaux, et cela pour les raisons suivantes: il possède une grande faculté de régénération, ses plantules peuvent subsister à l'ombre de son propre feuillage qui est pourtant fort dense, il rejette de souche après une coupe de taillis, il résiste assez longtemps aux coupes abusives ; et surtout, il exerce une forte concurrence sur ses rivaux à l'intérieur des limites où le climat lui est propice (Romane & Terradas 1992).

La plupart des formations de chêne vert dans la vallée des Aït-Bou-Guemmez sont des chênaies d'altitude appartenant à l'étage montagnard méditerranéen ; elles sont, d'ailleurs, plutôt confinées dans sa partie amont à l'ouest du méridien passant par la confluence des asifs de Rbat et d'Aït Hkim. Par ailleurs, la vallée d'Arous offre également des situations écologiques qui permettent au chêne vert de constituer soit des formations pures, soit des formations mixtes. Pour les raisons que nous avons exposées, on peut distinguer différents types de chênaies dont voici les principales:

#### **1 - Chênaie à *Ononis atlantica***

Cette formation constitue une bande étroite sur le haut de versant de l'adret du Tizal à des altitudes comprises entre 2300 et 2600 m. Cependant, elle ne subsiste qu'à l'état de lambeaux de plus en plus minces en direction de la terminaison occidentale du sous-bas-

sin d'Ansous. Elle se place dans l'étage montagnard méditerranéen moyen à supérieur en bioclimat Sub-humide *sensu lato*. Du point de vue édaphique, elle se développe sur un substrat terro-rocheux dont le pourcentage de pierrailles augmente avec l'altitude à cause de la gélifraction. Par ailleurs, lorsque l'on passe dans le bassin d'Ansous, cette chênaie retrouve toute sa vitalité pour former ensuite une ceinture continue qui longe le haut de versant du jbel Aït Ourit jusqu'à la combe de Tizi-n-Tirghist formant, par la même occasion, le dernier niveau arboré auquel succède un étage asylvatique. Néanmoins, il faut attirer l'attention sur le fait qu'à l'est du méridien qui traverse le Tizi-n-Aït Ourit, la deuxième espèce dominante, en l'occurrence *Ononis atlantica*, disparaît totalement pour laisser la place à *Ormenis scariosa*, plus thermophile. Le cortège floristique est assez riche, il est représenté par les espèces suivantes: *Bupleurum spinosum*, *Santolina rosmarinifolia*, *Bupleurum atlanticum*, *Stipa nitens*, *Helianthemum croceum*, *Salvia aucheri*, *Rhamnus lycioides*, *Avena filifolia*, *Pteroccephalus depressus*, *Anarrhinum fruticosum*, *Artemisia herba-alba*.

### **2 - Chênaie à *Genista scorpius* et *Ormenis scariosa***

On rencontre une telle formation sur le bas de versant de la retombée occidentale du jbel Azourki à des altitudes comprises entre 2200 et 2400 m. Elle se localise dans le montagnard méditerranéen supérieur à bioclimat sub-humide supérieur. Ceci est conforté par l'abondance du matériel issu de la gélifraction, témoignant ainsi de la relative fraîcheur du milieu. L'émondage et la taille en têtard constituent l'autre particularité de cette chênaie, ce qui en fait un biotope très sensible. Cependant, sa partie la plus méridionale est relativement bien conservée.

### **3 - Chênaie à *Bupleurum spinosum* et *Genista scorpius***

On trouve ce type de formation sur les pentes sud-sud-est des hémicycles d'Asbquih et d'Aït-Imi sur un substrat pierro-rocheux, d'origine périglaciaire, à des altitudes oscillant entre 2400 et 2500 m. De telles chênaies ont été classées par Peyre (1979) dans la catégorie des chênaies pures continentales encaissées. Le Chêne vert constitue ici aussi le dernier arbre en altitude.

### **4 - Chênaie à *Avena filifolia***

Nous avons rencontré une telle formation dans la vallée d'Arous sur la rive droite de l'asif du même nom. Elle est située en contrebas d'un crêt sur un talus entre 2400 et 2500 m d'altitude, elle croît sur une colluvion constituée d'une matrice argileuse brune ennoyant les pierrailles hétérogènes. Les gélifractions, témoins de l'action gel-dégel, sont abondants et recouvrent pratiquement toute la surface topographique ; cependant, il arrive que la roche mère affleure par endroits. Du point de vue floristique, la présence d'*Avena filifolia* indique la proximité de l'étage oroméditerranéen (Peyre 1979).

### **d - Thuriféraires à *Juniperus thurifera***

Le genévrier thurifère est une espèce oromésogénne périglaciaire strictement localisée au bassin occidental de la méditerranée (Quézel 1981 et 1995, Gauquelin & al. 2000). Au Maroc, parmi toutes les essences de conifères existants, il est celui qui supporte le mieux le froid (Lemoine-Sebastian 1965) ; il peut résister à de longues périodes de gel allant de novembre à mars généralement, mais pouvant durer selon les cas de fin septembre à juin

(Gausсен 1952). C'est ainsi que la plupart des thuriferaies dans les Aït-Bou-Guemmez se trouvent en ambiance froide ; elles y occupent presque d'un seul tenant, entre 2000 et 2500m d'altitude, les ubacs de la chaîne méridionale formée par les massifs du Waougoulzat et de l'Igoudamène, dans des hémicycles bien abrités de l'influence des vents humides. Toutefois, dans cette large gamme altitudinale, elles sont interrompues ici et là par des chênaies-thuriferaies mixtes à la faveur d'expositions plus ensoleillées. D'autres, en position basse en raison d'inversions thermiques, sont localisées sur les bas de versants des adrets du sous-bassin d'Ansous et à l'amont du val des Aït-Bou-Guemmez. Par ailleurs, notons l'absence quasi-complète de cette essence sur le versant méridionale du massif du Tizal, entre le marabout de Sidi-Moussa et Tighouza probablement à cause des biotopes qui y règnent et qui sont, comme on l'a vu précédemment, relativement chauds et secs. Pour trouver du genévrier thurifère sur cette première muraille formée par le Tizal et l'Aït-Ourit, il faut aller aux environs du Tizi-n-Tirghist sur les pentes en exposition nord-est à des altitudes aux alentours de 2500-2700 m ; il faut dire qu'à ce niveau le Thurifère est à l'abri, par effet d'écran, des influences océaniques directes qui sont interceptées auparavant par l'imposante muraille du massif d'Imizer-n-Idramar. Pour bien se rendre compte de l'effet néfaste de ces influences océaniques sur le comportement du genévrier thurifère, il suffit d'aller du côté septentrional du massif d'Aït-Ourit. Ce dernier, en effet, reçoit assez fréquemment de plein fouet les masses d'air humide lors des perturbations, aussi faibles soient-elles, ce qui a pour conséquence immédiate l'élimination du genévrier thurifère de toute compétition avec les autres essences. Dans le cas présent, il est remplacé le buis sempervirent (*Buxus sempervirens*). Cette répartition semble indiquer que le genévrier thurifère recherche des conditions thermiques froides du montagnard méditerranéen *sensu lato*, relativement humides (500<Précipitations<700mm) ; néanmoins cette espèce est éliminée dès que la nébulosité (couverture nuageuse) devient fréquente. D'un autre côté, les conditions lumineuses nécessaires, invoquées par Peyre (1979) pour expliquer la bonne vigueur des thuriferaies du massif du Bou-Iblane, ne constituent pas un facteur limitant dans les Aït-Bou-Guemmez puisque les plus beaux peuplements sont cantonnés dans les secteurs de bas de versants à faible luminosité tout au long de l'année, et cela aussi bien sur les ubacs que sur les adrets.

Comme il a été procédé plus haut, la typologie de ces thuriferaies a été basée sur la deuxième espèce dominante et parfois sur la troisième espèce dominante si cela s'avérait nécessaire. En voici l'énumération avec quelques caractéristiques:

### **1 - Thuriferaie à *Genista scorpius*, *Bupleurum spinosum*, *Bupleurum atlanticum***

Cette formation est localisée sur les pentes du revers de crêt du synclinal perché de Tafenfent entre 2400 et 2500 m d'altitude, en exposition sud. Le substrat est terro-rocheux, constitué irrégulièrement par des rochers de calcaires dolomitiques et des poches argileuses de décalcification de couleur rouge (terra-rossa). Les lapiaz y sont abondants et la surface des rochers est interrompue par des vasques, des cannelures de dissolution et des cupules. Les calcaires en lapiaz constituent souvent un refuge pour certaines espèces, telle *Bupleurum atlanticum*, lorsque le bilan hydrique est défavorable. En effet, les profondes et étroites fissures entretiennent une certaine humidité, les parois rocheuses voisines jouant le rôle de collecteurs (Peyre 1973). Les poches argileuses présentent un tout autre comportement: en période humide, elles s'engorgent et deviennent asphyxiantes (anaérobie) pour le

système racinaire de *Bupleurum spinosum*. A l'opposé, en période sèche, elles retiennent fortement l'eau, ce qui provoque une aridité édaphique et une exagération de la sécheresse, d'où la xérophyllie importante du Buplèvre épineux (*Bupleurum spinosum*). Cette xérophyllie (sclérophyllie) doit donc être considérée comme une adaptation, non plus à la sécheresse estivale, mais à un mauvais bilan hydrique liée, soit aux facteurs thermiques, soit aux facteurs hydriques et jouant aussi bien par excès que par défaut (Quézel 1985).

### **2 - Thuriféraie à *Pterocephalus depressus*, *Rhamus lycioides*, *Arenaria armerina***

Ce type succède en altitude au précédent et débute ainsi à partir de 2500 m d'altitude ; il se développe sur une pente plus adoucie. Le recouvrement de la terre nue est très faible, quoi de plus normal lorsqu'on sait que la surface topographique est constituée par un dallage rocheux quasi-uniforme. Par contre, la surface recouverte par les pierrailles est plus importante que ce qu'elle occupait dans la thuriféraie précédente ; ceci s'explique par une diminution de la température qui est à l'origine de l'intensification des mécanismes gel-dégel. Par ailleurs, à surface égale, le nombre d'individus diminue aussi avec l'élévation en altitude.

### **3 - Thuriféraie à *Cytisus purgans*, *Alyssum spinosum*, *Eryngium triquetrum***

Cette formation se développe en sens opposé aux précédentes, c'est-à-dire sur le bas de versant de l'ubac du massif de l'Ikkis qui borde, du côté sud, le synclinal perché de Tafenfent. Elle croît sur un substrat gréseux caractérisé par une infiltration d'eau plus importante d'où un bilan hydrique relativement meilleur. Le biotope est ici beaucoup plus humide que ceux des deux précédents ; le bioclimat est probablement de type sub-humide moyen.

### **4 - Thuriféraie à *Juniperus oxycedrus* et *Bupleutum atlanticum***

Moins alticole que les précédentes (1900 à 2000m), elle se trouve en inversion d'étage consécutive à une inversion thermique, elle se positionne sous une buxaie à *Buxus sempervirens* comportant quelques pieds de chêne vert. Elle occupe le plancher d'un petit hémicycle juste au dessus de la localité d'Askiwine, créant ainsi un topoclimat froid, souvent à l'abri des rayons solaires où la neige a tendance à persister plus longtemps. Le substrat est une colluvion de pente, pierro-terreuse, à éléments mobiles. Les argiles de couleur brune, qui constituent la terre fine, se comportent comme la terra rossa (voir infra), sauf qu'ici l'engorgement est entretenu plus longtemps jusqu'à la fin du printemps grâce à la fonte des neiges et la concavité de la topoforme ; l'ensemble de ces paramètres contribuent à l'établissement d'un milieu humide. D'ailleurs, les espèces présentes ne font que conforter cet état des lieux ; c'est ainsi qu'on trouve : *Alyssum spinosum*, *Prunus prostrata*, *Astragalus boissieri*, *Koeleria vallesiana*, *Artemisa mesatlantica* et même des espèces de la Cédraie humide du Moyen Atlas telles que : *Digitalis lutea*, *Daphne gnidium*, *Hieracium pseudo-pilosella* pour ne citer que les plus caractéristiques.

### **5 - Thuriféraie à *Juniperus oxycedrus*, *Genista scorpius*, *Ormenis scariosa*, *Cistus laurifolius***

Cette formation s'étend sur le même versant, mais un peu plus haut que la précédente, occupant un replat gréseux faiblement incliné, entre 2100 et 2200 m d'altitude. Ici le genévrier thurifère n'est plus représenté que par des individus nains et très dispersés, ce qui témoigne de la difficulté qu'il a à s'implanter ; en effet il se trouve ici probablement à sa

limite inférieure. D'après cette physionomie, il est plutôt préférable de parler d'une steppe ligneuse arborée, c'est-à-dire une cistaie arborée à *Cistus laurifolius*, *Juniperus thurifera*, *Genista pseudo-pilosa*, *Pteroccephalus depressus*.

#### **6 - Thuriféraie à *Ormenis scariosa***

Cette formation est particulièrement développée vers la partie amont de la vallée des Aït-Bou-Guemmez sur le bas de versant du massif de Waougoulzat. Elle s'étend grossièrement depuis Ifrane jusqu'à Aït-Ouham à des altitudes comprises entre 2200 et 2500m. Elle se développe sur des dalles gréseuses formant de véritables platières à surface graveleuse, caractérisées par la minceur des revêtements. Le caractère filtrant de ce substrat est favorisé par la forte proportion d'éléments grossiers ; par conséquent, les stations de ce secteur sont humides en hiver et deviennent assez sèches en été.

#### **7 - Thuriféraie à *Bupleurum spinosum*, *Koeleria valesiana*, *Pteroccephalus depressus***

Ce type de formation se situe sur le revers nord-ouest, légèrement incliné, du sous-bassin de Rbat, vers 2450 m d'altitude. Des bourrelets discontinus, de quelques dizaines de centimètres d'épaisseur, dessinent des croissants disposés en terrassettes où les mouvements de solifluxion se traduisent par un moutonnement de la surface structurale lapiazée ; celles-ci supportent des touffes de végétation constituées de deux hémicryptophytes: *Festuca hystrix* et *Koeleria valesiana*.

#### **8 - Thuriféraie à *Berberis hispanica*, *Cytisus purgans*, *Vella mairei***

Cette formation succède en altitude à la précédente, mais ici c'est la cryogénie qui domine, ce que corrobore l'abondance de gélifractions calcaires.

#### **9 - Thuriféraie-Oxycédraie à *Genista scorpius*, *Cistus laurifolius***

Il s'agit d'une formation mixte, localisée sur l'adret du jbel Tissila qui épaula le chaînon d'Aït-Ourit, entre 2200 et 2300m d'altitude. La roche mère gréseuse est recouverte par une mince pellicule de terre à texture sableuse, ainsi que des blocs gréseux détachés du sommet qui sont éparpillés en quelques points. Le pendage des couches gréseuses est non-conforme, ce qui oblige l'eau à s'infiltrer dans les fissures, de sorte que les eaux de pluie sont mieux conservées; aussi le bilan hydrique se trouve-t-il nettement amélioré. Par ailleurs, cette formation se caractérise par la présence du ciste à feuilles de Laurier (*Cistus laurifolius*), espèce calcifuge par excellence.

#### **10 - Thuriféraie-Oxycédraie à *Genista scorpius*, *Ormenis scariosa*, *Bupleurum atlanticum***

Il s'agit d'une formation très claire qui occupe la tranche altitudinale 2100-2200m de l'ubac de la combe d'Aït-Ourit entre Ifrane et Taslanant. Le genévrier thurifère se trouve ici probablement à sa limite inférieure, ce que confirme son état chétif et mal venant. Cette formation mixte se développe sur un substrat pierro-rocheux où la roche mère calcaire affleure abondamment avec, par endroit, des gélifractions qui témoignent d'un biotope relativement froid ce que corrobore la présence d'espèces telles que: *Artemisia mesatlantica* et *Astragalus boissieri*.

#### **e - Frênaies à *Fraxinus dimorpha* et *Ribes uva crispa***

On rencontre une telle formation sur l'ubac de la combe d'Aït-Ourit en face de Taghoulid, à des altitudes comprises entre 2000 et 2200 m. Elle occupe une sorte

de « niche de nivation » ou plus exactement un entonnoir de percée cataclinale tapissé d'une nappe de gélifraacts calcaires mobiles dont la matrice fine a été lavée par l'eau de fonte de la neige. Cette frênaie caractérise l'étage montagnard méditerranéen inférieur à moyen à bioclimat sub-humide inférieur. Cependant, la persistance de l'enneigement favorise le maintien d'une certaine humidité jusqu'à la fin du printemps et même au delà. D'ailleurs le cortège floristique en place est aussi révélateur de telles conditions froides et humides, on y trouve notamment: *Ormenis scariosa*, *Artemisia mesatlantica*, *Digitalis lutea*, *Alyssum spinosum*, *Bupleurum atlanticum*, *Rosa canina*, *Prunus prostrata*, *Ephedra nebrodensis*, *Astragalus boissieri*, *Juniperus oxycedrus*, *Euphorbia nicaeensis*.

### **f- Crataigaie à *Crataegus laciniata* et *Juniperus thurifera***

Avec le genévrier thurifère et le frêne dimorphe (*Fraxinus dimorpha*), l'aubépine (*Crataegus laciniata*) constitue de véritables étages de bas-fond se différenciant à la faveur d'enclaves topoclimatiques particulières ; cependant, les Crataigaies caractérisent des conditions plus froides que celles du Frêne dimorphe (Peyre 1978). Ce type jalonne le fond de vallon d'Ansous à 2100m d'altitude ; il s'agit d'une sorte de ripisilve se développant sur des petites terrasses d'alluvions limoneux et s'étendant largement de part et d'autre d'un petit cours d'eau. Par ailleurs, en raison de son caractère subhorizontal, le fond de ce vallon, sensiblement aplani, est le siège, par temps anticyclonique (vent faible et ciel bleu), de stagnations d'air froid et de brouillard, d'autant plus importants qu'elles sont alimentés par les brises de pentes catabatiques qui s'écoulent le long du Tizal. Ce topoclimat, très gélif, est favorable à la crataigaie lui imposant, cependant, de façon durable ou répétée, des conditions très rudes. Par contre, ces chutes excessives des températures hivernales éliminent le chêne vert qui est relégué vers les pentes sud-ouest du vallon, le versant opposé est, quant à lui, colonisé par le genévrier thurifère.

### **B Formations à nanophanérophytes**

Ce type de formations est essentiellement dominé par *Buxus sempervirens*, mais on y trouve aussi *Cotoneaster nummularia* qui ne constitue qu'une seule unité bien individualisée.

### **a -Buxaies à *Buxus sempervirens***

Le buis toujours vert est une espèce sub-méditerranéenne qui s'étend à travers la zone méditerranéenne, mais qui peut déborder au-delà de ce territoire en direction du nord jusqu'en Allemagne, en Belgique et même en Angleterre (Lenoble & Broyer 1945 ; Durin 1962 ; Durin & al. 1964 ; Duvigneaud 1968) à la faveur de conditions locales. Par ailleurs, selon Emberger (1938), l'aire de l'espèce embrasse toute la bordure nord du bassin méditerranéen jusqu'au Caucase, avec une petite tache en Algérie et au Maroc. Sa localisation, dans de telles stations disséminées, répond aux lois connues des compensations de facteurs. Dans le sud de la France, il croît entre 200 et 1700 m d'altitude et est donc considéré comme un taxon sub-montagnard (Lenoble & Broyer 1945). Par contre, au Maroc, il subit un déplacement vertical ou translation selon l'appellation d'Ozenda (1985 et 1989) en raison de la latitude et des conditions météorologiques générales ; il est ainsi repoussé à des altitudes plus élevées. En effet, toutes les stations connues de ce buis sont situées au cœur de la chaîne du Haut Atlas central où il ne descend pas en dessous de 1900 m d'altitude (Emberger 1938) ; il est donc strictement montagnard. En ce qui concerne son écologie, elle est restée relativement mal connue jusqu'à ces trois dernières décennies, si on la compare à celle du Buis des Baléares (*Buxus balearica*) que l'on doit à Lecompte

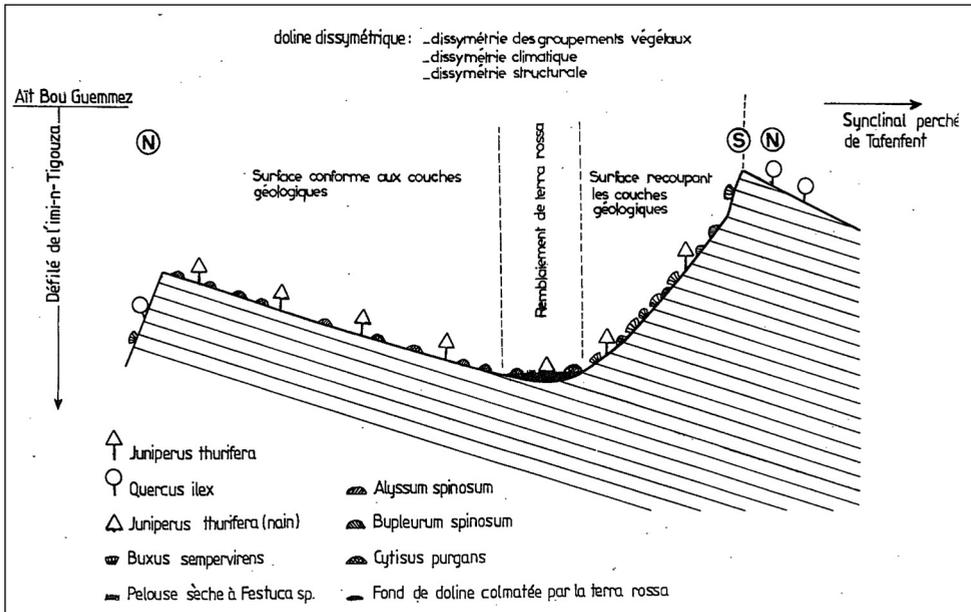


Fig. 5. Profil topo-phytogéographique transversal de la doline de Tafenfent illustrant la distribution du genévrier thurifère et du buis sempervirent en fonction des topo-climats.

La dissymétrie climatique entre les deux pentes de la doline est due pour l'essentiel à une dissymétrie d'enneigement : sur l'ubac, la neige sert d'écran thermique protégeant les bords rocheux des froids excessifs et, par conséquent de l'effritement par le gel ; un tel phénomène permet la conservation d'une paroi abrupte (front de crêt). Au contraire, sur l'adret, la fonte de la neige se fait plus rapidement. Demeurant ainsi à découvert, la roche en place subit l'influence du cycle gel-dégel, ce que confirme la présence d'une mince couverture de gélifractions qui a pour effet d'accentuer encore plus la régularisation de ce versant structural (D'après Rhanem 1985).

(1969) et Peyre (1979). Dans son étude sur les arbres du Maroc, Emberger (1938) donne un aperçu général sur sa localisation sans donner d'autres précisions. Il faut attendre 1957 pour que Quézel décrive, dans la haute vallée de l'Ahançal, la première association à *Buxus sempervirens* à laquelle il a donné le nom de *Buxo sempervirentis-Juniperetum thuriferae*. Plus récemment, cette association, qui était placée dans les Erinacetalia, alliance Ormenion scariosae, a été intégrée à l'ordre des Junipero-Quercetalia (Barbero et Quézel 1981). Du point de vue écologique, des précisions ont été apportées par l'un d'entre nous (Rhanem 1985) et Peyre (1987) dont nous reproduisons ci-après les principaux résultats. Ainsi, contrairement à l'idée qui prévalait auparavant, le buis sempervirent n'est pas toujours associé au genévrier thurifère ; il peut constituer des climax supraforestiers ou remplacer le genévrier thurifère en ambiance nébuleuse impropre à ce dernier qui se confine dans des topo-climats abrités, souvent même sous le chêne vert. C'est ce que l'on observe dans les Aït-Bou-Guemmez où le buis sempervirent imprime son empreinte au paysage végétal dans plusieurs stations. D'une manière générale, il se situe approximativement à cheval sur l'étage montagnard méditerranéen supérieur et l'oroméditerranéen inférieur à

bioclimats sub-humide moyen à supérieur à nébulosité assez fréquente (Peyre 1987). Dans le bassin des Aït-Bou-Guemmez, le buis sempervirent occupe des surfaces importantes, moindres cependant que celles du genévrier thurifère et du chêne vert, mais plus grandes que celles couvertes par le pin d'Alep et le genévrier de phénicie. Néanmoins, comme les autres peuplements étudiés, il n'est pas homogène et constitue plusieurs types de buxaies:

### **1- Buxaie pure**

Cette formation se localise vers 2200-2300 m d'altitude dans les ravins qui incisent le talus structural de l'adret du Tizal. De tels ravins entretiennent des biotopes relativement humides tout au long de l'année par rapport aux pentes convexes avoisinantes. Ils constituent ainsi pour le buis sempervirent un abri contre les fortes chaleurs journalières, surtout estivales, qui sévissent sur l'adret du Tizal.

### **2 -Buxaie à *Bupleurum spinosum* et *Alyssum spinosum***

En exposition nord, cette formation infraforestière occupe le bas versant de l'Igoudamène à des altitudes comprises entre 2200 et 2300 m. Elle se situe sur la rive gauche de L'assif Aït-Bou-Guemmez entre Aguerd-n-Ouzrou et Arous. Elle se développe sur un substrat rocheux chaotique, constitué de calcaires dolomitiques. La pente est très forte, ce qui maintient ce biotope à l'abri du soleil pendant une longue période de la journée ; le ruissellement y est intense accentué par un sol squelettique d'où un faible pouvoir de rétention. C'est ce qui fait que cette buxaie est la plus sèche de toute la gamme. Les espèces présentes indiquent un milieu rupicole froid, mais encore relativement humide ; c'est ainsi qu'on trouve: *Cotoneaster nummularia* (nanophanérophyte), *Artemisia mesatlantica*, *Rhamnus lycioides*, *Koeleria vallesiana*, *Draba hispanica*, *Saxifraga pedemontana*, *Pterocephalus depressus*, *Quercus ilex*.

### **3 - Buxaie à *Berberis hispanica***

L'aire de cette formation est très localisée ; dans tout le bassin des Aït-Bou-Guemmez, elle n'est représentée que par une seule station située à mi- chemin de l'extrémité amont de la vallée d'Arous. Elle se développe sur des éboulis pierreux et occupe tout un flanc d'un vallon, sur la rive droite de l'assif Arous entre 2200 et 2250 m d'altitude , en face d'une intrusion basaltique. L'opposition des versants du vallon est très nette puisque l'on trouve cette buxaie vers l'ubac où le délitage en plaquettes est important, résultat du cycle gel-dégel, alors que sur l'adret, à altitude égale, croît une thuriféraie ; c'est là un exemple du comportement différentiel des deux espèces déjà évoqué ci-dessus et que l'on retrouve également sur la figure 5. Par ailleurs, les caducifoliées prennent une place importante parmi le cortège floristique dont voici, par ailleurs, la composition: *Ribes uva-crispa*, *Astragalus ibrahimianus*, *Erinacea anthyllis*, *Vella mairei*, *Alyssum spinosum*, *Juniperus oxycedrus*.

### **4 - Buxaie à *Fraxinus dimorpha***

Cette formation se développe à une altitude de 2000 m, au fond d'une dépression en face d'Ikhf-n-Ighir, sur une colluvion de pente légèrement encroutée. On trouve ici presque tout le cortège floristique inventorié dans la frênaie.

### **5 - Formation mixte à *Buxus sempervirens* et *Quercus ilex***

Située au centre de la vallée d'Arous en exposition nord-est, elle occupe le bas d'un versant à corniche et descend même jusqu'au fond de vallée, s'étendant ainsi entre 2100 et 2200 m d'altitude. Ses limites coïncident avec celles d'un cône de déjection où le substrat est constitué d'un matériel terro-rocheux très épais dont le bilan hydrique est important, d'autant plus qu'il reçoit une grande partie de l'eau de fonte de la neige qui s'écoule d'une sorte de niche cryo-nivale en forme de demi-entonnoir, située en haut de versant ; cette dernière jouant le rôle d'impluvium. Le cortège floristique est composé des espèces suivantes: *Cytisus purgans*, *Erinacea anthyllis*, *Cotoneaster nummularia*, *Bupleurum spinosum*.

### **6 - Buxaie à *Ormenis scariosa* et *Genista scorpius***

Nous avons rencontré cette formation sur la rive droite de l'assif Arous, occupant un bas de versant en exposition nord-ouest. Elle occupe l'étage montagnard méditerranéen inférieur et se développe sur un matériel d'origine périglaciaire (grèse) très consolidé, à des altitudes comprises entre 1900 et 1950 m. La particularité de cette buxaie réside dans le fait que la buis adopte un port couché, témoignant des conditions de plus en plus contraignantes qu'il rencontre à ce niveau. Le bioclimat est de type semi-aride moyen. Son cortège floristique est composé des espèces suivantes: *Fraxinus dimorpha* (forme prostrée), *Bupleurum spinosum*, *Pituranthos scoparius*, *Rhamnus lycioides*.

### **7 - Buxaie à *Juniperus phoenicea***

Cette Buxaie relaie en altitude la précédente formation, elle croît sur un substrat calcaire-dolomitique. C'est une station plus sèche où l'on retrouve certaines espèces xérophiles, notamment: *Ormenis scariosa*, *Genista scorpius* ; mais on rencontre aussi d'autres espèces telles que: *Anarrhinum fruticosum*, *Juniperus oxycedrus*.

### **8 - Formation mixte à *Buxus sempervirens* et *Juniperus thurifera***

On distingue dans ce cas deux situations totalement différentes. La première d'entre elles est localisée dans la vallée de Rbat où le buis domine en compagnie du genévrier thurifère sur une surface s'étendant depuis Akourbi jusqu'à Rbat. Elle se développe sur le bas d'un versant à corniche, en exposition nord, entre 1950 et 2000 m d'altitude. Le substrat est une colluvion de bas de pente, mobile où le recouvrement des pierrailles avoisine les 100%. La présence de *Fraxinus dimorpha* (port arborescent), compte tenu de ce que l'on connaît de ses exigences écologiques (Peyre 1978) renforce l'idée d'une possibilité d'inversion thermique. Cette éventualité est confortée par l'existence d'autres espèces indicatrices d'un milieu froid telles que: *Ribes uva-crispa*, *Prunus prostrata*, *Bupleurum spinosum*, *Artemisia mesatlantica*, *Astragalus boissieri*, *Pterocephalus depressus*. Dans la deuxième situation, on retrouve l'association qui a été décrite par Barbero et Quezel (1981). Comme toutes les buxaies, elle se cantonne dans les expositions fraîches où elle se développe aussi bien sur des substrats calcaires, comme c'est le cas sur l'ubac du synclinal de Tafenfent, que gréseux, comme c'est le cas sur les premières pentes de l'ubac du massif de l'Ikkis. Situé à des altitudes comprises entre 2400 et 2500 m, le buis est bien venant puisqu'il adopte un port dressé. Cette formation pousse sur un substrat rocheux où les bancs à contre-pendage forment des ressauts, vires et anfractuosités qui constituent autant de pièges à neige permettant le maintien d'une certaine humidité. Au-delà de 2500 m, le genévrier thurifère disparaît complètement ; seule subsiste une buxaie pure et ce jusqu'à 2600 m. Dans les vallons qui ravinent le haut versant du massif de l'Ikkis, le buis

affectionne plus les expositions nord-est ; le genêt purgatif (*Cytisus purgans*) occupe, quant à lui, les expositions nord-ouest. Une telle buxaie supraforestière se retrouve aussi sur l'ubac du massif du Tizal et à l'amont de la vallée de Rbat, à des altitudes comprises entre 2600 et 2800m où elle occupe l'étage oroméditerranéen inférieur à bioclimat sub-humide inférieur. Ces stations se positionnent directement en face des vents humides, sans obstacle, et subissent, par conséquent, de plein fouet leurs effets ; c'est ce qui explique la fréquence de la nébulosité, surplus d'humidité, qui est fatale au genévrier thurifère. Signalons à titre indicatif que l'excès d'humidité n'agit pas en elle-même, mais plutôt en favorisant la concurrence d'autres essences pour lesquelles ce climat est l'optimum écologique Il s'oppose de la sorte à une espèce très voisine, en l'occurrence le buis des Baléares (*Buxus balearica*) qui semble ne pas supporter, comme le genévrier thurifère, une forte nébulosité (Peyre 1979). Néanmoins, leur écologie est à peu près semblable puisqu'ils peuvent croître à la fois dans des biotopes relativement secs, à condition que la sécheresse climatique soit compensée par un supplément d'humidité édaphique (compensation stationnelle) et dans les biotopes plus froids et déjà relativement humides. Par ailleurs, ces deux espèces de buis sont éliminées toutes les deux lorsque le froid devient excessif. Par contre, le buis des Baléares est plutôt une essence de lumière (Lecompte 1969 ; Peyre 1979) alors que le buis sempervirent se comporte à la fois comme une espèce héliophile et sciaphile (Rhanem 1985).

#### **b - Cotonéastraie à *Cotoneaster nummularia***

Nous avons observé une telle formation dans les pentes nord-nord-ouest du haut versant du massif de l'Azourki, se développant sur des coulées de blocailles qui descendent jusque vers 2800 m d'altitude à la faveur de vallons encaissés ; elle occupe l'étage oroméditerranéen moyen à bioclimat humide inférieur. Bien qu'il soit enseveli sous des nappes de pierailles, cet arbuste semble bien supporter de telles conditions contraignantes où la neige a tendance à s'entasser, en adoptant un port prostré.

### **C Formations à chaméphytes**

#### **a - Les pulvinées (xérophytes épineux en coussinets)**

##### **1 - Cytisaie à *Cytisus purgans* et *Alyssum spinosum***

Avec un recouvrement global de 60%, cette formation se retrouve un peu partout dans les Aït-Bou-Guemmez, surtout dans les ubacs. Elle débute à partir de 2600 à 2700 m d'altitude et croît sur un substrat d'origine périglaciaire constitué par un manteau peu épais d'éboulis terreux sur des pentes faibles à moyennes. Elle occupe l'étage oroméditerranéen inférieur à bioclimat sub-humide supérieur. Cependant, à altitude égale, le genêt purgatif est éliminé de la niche cryonivale qui favorise l'entassement de la neige et son maintien pendant une durée beaucoup plus longue que celle dans le biotope précédent ; il a donc tendance à fuir l'excès d'humidité. En outre, le fond de la niche est recouvert d'une nappe de gélifractions mobiles sans matière fine, ce qui pour résultat d'entretenir une bonne aération du sol. Ce type de topoclimat est plutôt favorable à une Alyssaie à *Alyssum spinosum*.

##### **2 - Cytisaie à *Cytisus purgans*, *Alyssum spinosum*, *Helianthemum croceum*, *Marrubium ayardii***

Cette formation occupe les niches cryonivales du haut versant méridional du Tizal entre 2600 et 2800 m d'altitude. La crête rocheuse calcaro-dolomitique qui surplombe ces

dépansions alimente celles-ci en eau de fonte nivale par ruissellement et en gélifracis par un phénomène d'éboulement. Par ailleurs, la dissolution des fragments calcaires due à l'entassement de la neige est importante car elle fournit un abondant matériel terreux de couleur brune. Cependant, l'excès d'humidité créée par un tel substrat est atténué à cause d'une plus forte insolation, ce qui permet au genêt purgatif (*Cytisus purgans*) de se maintenir dans ces niches de nivation d'exposition sud, contrairement à ce que l'on observait, à altitude égale, dans la formation précédente.

### **3 - Cytisiaie à *Cytisus purgans*, *Avena filifolia*, *Erinacea anthyllis***

On trouve une telle formation dans les parties sommitales du massif du Tizal, entre 2800 et 2900 m d'altitude. Elle se développe dans l'adret d'une sorte de doline ouverte sur un substrat terro-pierro-rocheux caractérisé par un taux de gélifracis calcaires relativement élevé. Par ailleurs, ce biotope est très venté. Quant au cortège floristique, il est typiquement de haute montagne avec entre autres: *Helianthemum croceum*, *Bupleurum spinosum*, *Festuca maroccana*, *Alyssum spinosum*, *Arenaria pungens*, *Leucanthemum atlanticum*.

### **4 - Erinacaeie à *Erinacea anthyllis*, *Avena filifolia***

Cette formation se rencontre aux mêmes altitudes et la même exposition que la formation qui vient d'être décrite ci-dessus. Cependant, son recouvrement au sol est faible (environ 20 %), et se développe dans des pentes très faibles. Le substrat est composé d'une arène dolomitique, provenant de l'altération sur place des lapias calcaro-dolomitiques ; cette arène présente une structure à grains grossiers dont la cohésion est quasi-nulle, ce qui engendre une diminution de son pouvoir de rétention de l'eau dont le résultat final est une accentuation de la xéricité. Pour ce qui est du cortège floristique, en plus de *Festuca maroccana* et *Helianthemum cinereum*, on trouve aussi des espèces liées à ce substrat dolomitique telles que: *Echium pycnanthum*, *Arenaria aggregata* et *Sideritis incana*.

### **5 - Astragalaie à *Astragalus ibrahimianus* et *Artemisia mesatlantica***

Située vers 2200 m d'altitude, cette formation asylvatique occupe toute la surface plate du plateau de l'Adazene qui sépare la combe d'Aït-Ourit et la vallée de Rbat. Ce secteur, légèrement incliné vers l'ouest à terminaison occidentale en éperon, est le siège d'une microgélivation actuelle au sein d'un matériel cryonival hérité qui libère une matrice argilo-limoneuse et des gélifracis calcaires, aboutissant à la genèse d'un substrat terro-pierreux. En outre, les conditions sont rendues encore plus rudes à cause de la violence des vents ce que confirme la présence de *Scorzonera pygmaea* à laquelle sont associées *Pterocephalus depressus* et *Ormenis scariosa*.

## **b - Autres formations**

### **1- Artémisiaie pure à *Artemisia negrii***

Cette formation se caractérise par un fort recouvrement au sol qui avoisine les 70%, a été observée en position supraforestière juste après la limite supérieure de la thuriferaie d'Aït-Ouham vers 2500-2600 m d'altitude. Elle se développe sur un replat gréseux d'exposition générale nord, un tel biotope maintient une certaine humidité au niveau du sol et, par conséquent, un bilan hydrique favorable. Elle occupe l'étage oroméditerranéen inférieur à bioclimat sub-humide moyen.

## **2 - Artémisiaie à *Artemisia negrii* et *Erinacea anhyllis***

Plus sèche que la précédente, cette formation se rencontre sur le versant sud-ouest du chaînon de l'Azourki qui domine la vallée des Aït-Bou-Guemmez dans sa partie amont, à des altitudes comprises entre 2600 et 2700 m. Elle succède à une thuriféraie très dégradée où le recouvrement au sol ne dépasse guère les 5 %. Cette Artémisiaie se développe dans l'étage oroméditerranéen inférieur à bioclimat sub-humide inférieur sur un substrat pierreux, très peu profond, constitué de gélifractions calcaires d'origine périglaciaire où *Erinacea anhyllis* semble la plus apte à coloniser de tels milieux secs, où le bilan hydrique est toujours défavorable. Parmi les autres espèces du cortège floristique, on trouve: *Ormenis scariosa*, *Vella mairei*, *Cytisus purgans*. D'autres types d'Artémisiaies à *Artemisia negrii* ont été observés, toujours vers 2500 m d'altitude et sur un matériel périglaciaire terro-pierreux ; elle s'accompagne, soit de *Cytisus purgans*, comme c'est le cas dans la vallée de Rbat en exposition sud, soit de *Alyssum spinosum* au dessus de la thuriféraie de l'Aqqa-n-Tabant, en exposition nord. Enfin on trouve une Artémisiaie à *Astragalus ibrahimianus*, installée sur un substrat basaltique dans un col à l'ouest de l'hémicycle d'Asbquih où les conditions deviennent plus rudes, surtout la violence des vents.

## **3 - Ononidaie à *Ononis atlantica*, *Santolina rosmarinifolia*, *Rhamnus lyciodes***

Cette formation chaméphytique succède, sur le haut de versant méridional du Tizal, à une chênaie alticole où elle occupe les pentes ensoleillées à des altitudes comprises entre 2650 et 2750 m ; à ce niveau les phénomènes cryoniques sont relativement importants. Le substrat est terro-pierro-rocheux là où la roche dure calcaro-dolomitique occupe un pourcentage important de la surface du sol, sur laquelle se maintient *Santolina rosmarinifolia* et *Rhamnus lycioides*. En dehors des blocs rocheux, le substrat est constitué de pierraille mélangée à de l'argile brune sur laquelle se développe, en plus d'*Ononis atlantica*, d'autres espèces telles que: *Avena filifolia*, *Festuca maroccana*, *Helianthemum croceum*, *Bupleurum spinosum*. Cette formation appartient probablement à l'étage oroméditerranéen inférieur à bioclimat sub-humide inférieur.

## **4 - Formation mixte à *Ormenis scariosa* et *Genista scorpius***

Elle se situe à l'adret de la cluse d'Aït-Ourit, entre Ifrane et Taslanant entre 1900 et 2200 m d'altitude. Elle se développe sur un dépôt colluvial terro-pierreux très encroûté. Cependant, à l'ubac de cette combe, le genêt scorpion disparaît complètement et seule subsiste *Ormenis scariosa* qui colonise toute la surface du bas de versant. Le substrat est une colluvion de pente superficielle terro-pierreuse et légèrement encroûtée. Par ailleurs, *Ormenis scariosa* peut constituer des ripiscilves sèches où le débit des cours d'eau est temporaire ; en effet l'eau ne coule que durant les fortes averses. Ce type de formation occupe les cônes pierreux qui se forment au débouché des ravins et qui s'étendent en partie sur la plaine alluviale, entre 1900 et 2200 m d'altitude.

## **5 - Génistaie à *Genista pseudo-pilosa* et *Cistus laurifolius***

Cette formation occupe vers 2200 m d'altitude le plateau gréseux d'Akourbi dont la surface structurale est mi-graveleuse, mi-rocheuse. Ce milieu est caractérisé surtout par la violence des vents.

## Conclusions

Le territoire des Aït-bou-Guemmez constitue l'un des exemples les plus typiques pour étudier l'étagement de la végétation. Cela est dû à l'énergie du relief, caractérisé par d'importants dénivelés sur une faible distance, et à la rapide variation des gradients climatiques.

Les enseignements tirés de l'étude des transects semblent confirmer nos hypothèses initiales quant à l'intérêt que présente ce dispositif linéaire dans la compréhension de l'écologie et de la répartition des types biologiques et des différents types de végétation tels qu'on les voit sur le terrain. Il permet, en outre, de mieux cerner le comportement de chaque espèce dans un gradient climatique donné et de mieux appréhender les variations locales liées notamment à l'exposition et à la topographie. Il permet ainsi de savoir si une espèce est vraiment représentative du gradient climatique, ou si elle est liée à des variables secondaires.

Dans le présent travail, les caractères de la végétation ont été prioritaires, et la principale source d'informations a été l'observation, sur le terrain, des espèces ligneuses dominantes, ce qui a été confirmé par les calculs d'information mutuelle. En effet, ces espèces rendent compte des variations climatiques en dessinant, sur le terrain, un canevas beaucoup plus fin que celui du réseau des postes météorologiques. Par ailleurs, comme l'a évoqué Ozenda (1985), les végétaux ligneux représentés ici par des arbres, des arbustes et des buissons offrent un intérêt particulier notamment en raison de leur rôle dans l'interprétation biogéographique du couvert végétal, dans la définition et dans la reconnaissance des groupements climatiques.

Par ailleurs, les calculs d'information mutuelle soulignent l'influence prépondérante de la variable « altitude » et indirectement celle des climats thermique et pluviométrique. Toutefois, la grande hétérogénéité du milieu met aussi en relief l'action dominante d'autres facteurs tels que la forme du relief, la topographie et l'exposition (générale et locale).

Quatre essences forestières se partagent, en peuplements purs ou mélangés, une grande partie des versants ; elles se succèdent le long de gradients longitudinaux et altitudinaux : pin d'Alep (*Pinus halepensis*), genévrier de phénicie (*Juniperus phoenicea*), chêne vert (*Quercus ilex*), genévrier thurifère (*Juniperus thurifera*). Trois essences jouant un rôle plus effacé : le genévrier oxycedre (*Juniperus oxycedrus*), le frêne dimorphe (*Fraxinus dimorpha*) et l'aubépine (*Crataegus laciniata*). Mais c'est surtout le chêne vert et le genévrier thurifère qui se disputent les premiers rôles avec, cependant, une nette préférence du chêne vert pour les pentes des adrets du Tizal et de l'Aït-Ourit, alors que le genévrier thurifère affectionne plutôt les « hémicycles », relativement abrités des influences océaniques, des ubacs de l'Igoudamene et du Waougoulzat. Par ailleurs, sur les adrets du Tizal et de l'Aït-Ourit, on observe un décalage vers le haut de la limite supérieure des arbres.

Par contre, une seule espèce nanophanérophytique forme des peuplements étendus ; il s'agit du buis toujours vert (*Buxus sempervirens*). Il occupe essentiellement les ubacs aussi bien en limites infraforestière que supraforestière.

Enfin, l'étagement de haute montagne au sens d'Emberger est occupé uniquement par des formations chaméphytiques, dominées principalement par les pulvinées qui sont tout particulièrement développées sur les ubacs de l'Igoudamene et du Waougoulzat à cause de l'importance des dénivellations et des faibles températures qui y règnent. Par ailleurs, la dynamique de ces milieux supraforestiers est très particulière, parce qu'ils sont soumis à

de violentes contraintes: gel-dégel, mouvements cryo-pédologiques du sol, érosions hydrique et éolienne, contraintes thermiques et brève période de végétation ; les arbres qui ont besoin d'une période longue y sont donc absents ou sont contraints à adopter un port nain, parfois même prostré pour les plus tenaces.

A ce propos, le froid constitue l'élément climatique dont les effets, directs ou indirects, sont les plus décisifs sur la végétation qui se structure en étages échelonnés le long des versants. Les phénomènes périglaciaires en sont l'un des autres aspects les plus frappants et dont l'intensité est favorisée par la sécheresse de la saison chaude. Cette érosion périglaciaire est caractérisée d'une part par la cryoclastie et la formation d'éboulis qui sont surtout prépondérants à l'étage oroméditerranéen et d'autre part par la prédominance de dissolution, de solifluxion et de l'action du cycle enneigement-déenneigement qui ont lieu à la fois dans l'étage oroméditerranéen et dans l'étage montagnard méditerranéen. La répartition du couvert végétal dans ces niveaux est liée à l'importance locale de l'enneigement, qui est conditionné aussi bien par le vent que par l'exposition. C'est ainsi que *Erinacea anthyllis* par exemple, à altitude égale, laisse la place libre au buplèvre épineux (*Bupleurum spinosum*) dans les secteurs d'accumulation sous le vent ; par contre le genêt purgatif (*Cytisus purgans*) est plutôt éliminé des niches de nivation à cause de l'exposition nord et cède la place à *Alyssum spinosum*, alors qu'il se maintient dans les mêmes topoformes en exposition sud. Enfin *Cotoneaster nummularia* montre une plus grande résistance à l'ensevelissement. Ces observations vont dans le sens des conclusions auxquelles étaient parvenus Pujos (1959, 1962 et 1966) et Peyre (1973, 1975 et 1979) dans le Moyen Atlas et Quézel (1957 et 1967) dans les montagnes d'Afrique du nord. Il convient, cependant, de distinguer deux types de situations:

- la première où l'enneigement n'est jamais prolongé ; la neige peut recouvrir le sol plusieurs fois durant l'hiver, mais elle ne tient pas: à cause d'une trop faible épaisseur pour pouvoir résister à l'ensoleillement, comme cela se produit sur les adrets et le large fond de vallée en aval de Tabant, de l'enlèvement par le vent surtout dans les secteurs sommitaux exposés aux vents, ou encore de l'incapacité de se maintenir sur des pentes rocheuses trop raides ; néanmoins ; elle arrive à se maintenir dans les anfractuosités créées par une disposition particulière des bancs rocheux par rapport à la surface topographique, dans des ravins et, enfin dans des ensemlements (niches de nivation)
- la seconde où l'enneigement est prolongé ; la forte épaisseur du tapis nival ou sa position à l'abri du vent ou de l'ensoleillement (cas des ubacs) permettent à la neige de persister de longues semaines, voir même la majeure partie de la saison froide, qui peut s'étaler jusqu'à la fin du printemps. Au cœur de l'été, des plaques de neige résiduelle témoignent encore de l'importance locale de maintes accumulations hivernales et printanières.

Soulignons également le rôle de l'édaphisme et de la mésotopographie stationnels dans la structuration de cette végétation dont les effets de compensation ou, au contraire de déficits apparaissent dans certains secteurs.

### Références bibliographiques

- Achhal, A., Akabli, O., Barbero, M., Benabid, A., M'hirit, A., Peyre, C., Quézel, P. & Rivas-Martinez, S. 1980: A propos de la valeur bioclimatique et dynamique de quelques essences forestières au Maroc. – Ecol. Medit. 5: 211-249.

- Acot, P. 2008: Histoire du climat: de la découverte de l'effet de serre au réchauffement actuel. Actes du colloque « changements climatiques et forêt méditerranéenne » Nov. 2007. – Forêt Médit. **29(2)**: 113-117.
- Adamovic, L. 1908: Carte des étages de végétation du Languedoc-Roussillon. – In Pavillard, J. 1935: *Eléments de sociologie végétale* – Paris.
- Akman, Y. & Daget, Ph. 1971: Quelques aspects synoptiques des climats de la Turquie. – Bull. Soc. Lang. Géog. **5**: 596-310.
- Amandier, L. & Gasquez, J. 1978: Contribution à l'étude phyto-écologique et floristique du Vallon de la Rocheuse (Pars National de la Vanoise). – *Boissiera* **27**: 153p.
- Badri, W., Gauquelin, Th., Bertaudière, V., Montès, N. & Fougrach, H. 2006: Etat et dynamique des peuplements à Genévrier thurifère (*Juniperus thurifera* L.) dans les Atlas marocains. – Pp. 111-118 in: III Colloquio International sobre Los Sabinares y enebrales (Genero Juniperus): *Ecologia y Gestion Forestal Sostenible*, Soria (Espagne), 24-26 Mai, 2006.
- Barbero, M. & Quézel, P. 1981: Contribution à l'étude des formations préstepaniques à Genévriers au Maroc. – *Bol. Soc. Brot., Ser.* **253(2)**: 1137-1160.
- & — 1984: Caractérisation bioclimatique des étages de végétation forestière sur le pourtour méditerranéen. Aspects méthodologiques posés par la zonation. *Ecologie des milieux montagnards et de haute altitude*. – *Doc. Ecol. Pyrénéenne* **3-4**: 49-56.
- , — & Loisel, R. 1990: Les apports de la phyto-écologie dans l'interprétation des changements et perturbations induits par l'homme sur les écosystèmes forestiers méditerranéens. – *Forêt Médit.* **12**: 193-215.
- Benabid, A. 1982: Bref aperçu sur la zonation altitudinale de la végétation climacique du Maroc. *Coll. Saint-Maximin (France)*, « Définition et localisation des écosystèmes méditerranéens terrestres ». – *Ecol. Médit.* **8(1/2)**: 301-315.
- Bessemoulin, P. 2004: *Changement climatique et événements extrêmes. 60 millions de consommateurs*. – Paris.
- Blondel, J. 2008: Changements globaux. Actes du colloque « changements climatiques et forêt méditerranéenne » – *Forêt Médit.* **29(2)**: 119-126.
- Bréda, N., Granier, A. & Aussenac, G. 2000: Evolutions possibles des contraintes climatiques et conséquences pour la croissance des arbres. – *Rev. For. Fr.* **52**: 73-90.
- Couvreur, G. 1981: *Essai sur l'évolution morphologique du Haut Atlas central (Maroc)*. – Lille.
- Daget, Ph. 1977a: Le bioclimat méditerranéen: caractères généraux, modes de caractérisation. – *Vegetatio* **34(1)**: 1-20.
- 1977b: le bioclimat méditerranéen: analyse des formes climatiques par le système d'Emberger. – *Vegetatio* **34(2)**: 87-103.
- 1980: Un élément actuel de la caractérisation du monde méditerranéen: le climat. – *Nat. Monsp. H.S.*: 101-126.
- & David, P. 1982: Essai de comparaison de divers approches climatiques de Méditerranéité. – *Ecol. Médit.* **8(1/2)**: 33-48.
- & Godron, M. 1982: *Analyse de l'écologie des espèces dans les communautés*. Ed. Masson, Paris, 163p.
- Daget, Ph., Godron, M. & Guillermin, J. L. 1972: Profils écologiques et information mutuelle entre espèces et facteurs écologiques. – Pp. 121-149 in: *Grundforagen und Methoden in der Pflanzensoziologie*. – Paris.
- Deil, U., Culmsee, H. & Berriane M. 2008: Sacred Groves in Morocco. *Vegetation Mosaics & Biological Values*. Pp. 87-102 in Sheridan M. J. and Nyamweru C. (Eds.): *African Sacred Groves. Ecological Dynamics and Social Change*. – Oxford.
- Donadieu, P. 1977: *Contribution à une synthèse bioclimatique et phytoécologique au Maroc*. – Rabat.
- Durin, L. 1962: Les groupements à *Buxus* du bas chablais (Haute Savoie, France). – *Bull. Soc. Roy. Bot. Belgique* **95**: 85-107.

- Durin, L., Mullenders, W. & Berghen, C. van den 1964: Les forêts à *Buxus* des bassins de la Meuse française et de Haute Marne. – Bull. Soc. Roy. Bot. Belgique **98**: 77-100.
- Duvigneaud, J. 1968: Compléments à l'écologie et à la distribution du Buis (*Buxus sempervirens*) en Belgique. – Bull. Soc. Roy. Bot. Belgique **102**: 79-88.
- Emberger, L. 1930 a: Sur une formule climatique applicable en géographie botanique. – C. R. Acad. Sc. **191**: 389-391.
- 1930 b: Sur l'étage de végétation. – C. R. Ac. Sc. **191**: 418-420.
- 1936: Remarques critiques sur les étages de végétation dans les montagnes marocaines. – Bull. Soc. Bot. Suisse **46**: 614-641.
- 1938: Les arbres du Maroc et comment les reconnaître. – Paris.
- 1939: Aperçu général sur la végétation du Maroc. Commentaire de la carte phytogéographique du Maroc 1: 1 500 000ème. – Veröff. Geobot. Inst. Rübel Zürich **14**: 40-157.
- 1955: Une classification biogéographique des climats. – Rev. Trav. Lab. Bot. Zool. Fac. Sc. Montpellier, Sér. Bot., **7**: 3-43.
- 1964: La position phytogéographique du Maroc dans l'ensemble méditerranéen. – Al Awamia **12**: 1-15.
- 1971: Considérations complémentaires au sujet des recherches bioclimatiques et phytogéographiques-écologiques. – Pp. 291-301 in: Travaux de botanique et d'écologie de Loiouis Emberger. – Paris.
- & Sauvage, C. 1968: Les types et le spectre biologique. Pp. 66-87 in: Godron, M., Daget, Ph., Emberger, L., Le Flo'c'h, E., Poissonet, J., Sauvage, Ch. & Wacquant, J. P.: Code pour le relevé méthodique de la végétation. – Paris.
- Fennane, M. & Ibn Tattou, M. 2005: Flore vasculaire du Maroc. Inventaire et chorologie. Vol. 1. – Trav. Inst. Sci., Sér. Bot. **37**: 1-483.
- , —, Mathez, J., Ouyahya, A. & Oualidi, J. 1999: Flore pratique du Maroc. Vol. 1. – Trav. Inst. Sci., Sér. Bot. **36**: 1-558.
- , —, M., Ouyahya, A. & Oualidi, J. 2007: Flore pratique du Maroc. Vol. 2. – Trav. Inst. Sci., Sér. Bot. **38**: 1-636.
- Flahault, C. & Schroter, C. 1910: Nomenclature phytogéographique. Rapports et propositions. – Bruxelles.
- Floret, Ch. & Pontanier, R. 1984: Aridité climatique, aridité édaphique. Colloque de Bioclimatologie Méditerranéenne. – Bull. Soc. Bot. Fr. **131**: 265-275.
- , Galan, M.J., Le Flo'c'h, E., Le Prince, F. & Romane, F. 1989: Description of plant annual cycles (France). – Pp. 9-97 in Orshan G. (ed.) "Plant pheno-morphological studies in mediterranean type ecosystems". – Dordrecht.
- , —, Le Flo'c'h, E., Orshan, G. & Romane, F. 1987: Local characterization of vegetation through growth forms: Mediterranean *Quercus ilex* coppice as an example. – Vegetatio **71**: 3-11.
- Fromard, F. & Gauquelin, Th. 1993: Les formations à Genévrier thurifère des montagnes marocaines: actions de recherche et de conservation sur un milieu et un espace en régression. Unasylva. – F.A.O. **44(172)**: 52-58.
- Gauquelin, Th., Asmode, J.F. & Largier G. 2000: Le genévrier thurifère (*Juniperus thurifera* L.) dans le bassin occidental de la méditerranée: répartition et enjeux. Actes du colloque « le genévrier thurifère (*Juniperus thurifera* L.) dans le bassin occidental de la Méditerranée: systématique, écologie, dynamique et gestion ». Dossiers Forestiers **6**: 14-24.
- Gaussen, H. 1952: Les résineux d'Afrique du Nord. Ecologie, reboisements. – Rev. Int. Bot. Appl. Agric. Trop. **361-362**: 505-532.
- Godron, M. 1966: Une application de la théorie de l'information à l'étude de l'homogénéité et de la structure de la végétation. – Montpellier.

- 1968: Quelques applications de la notion de fréquence en écologie végétale (recouvrement, information mutuelle entre espèces et facteurs écologiques, échantillonnage). – *Oecol. Plant.* **3**: 185-212.
- 1971: Essai sur une approche probabiliste de l'écologie des végétaux. – Thèse Doct. Etat, U.S.T.L., Montpellier.
- , Daget, Ph., Emberger, L., Le Floc'h, E., Poissonet, J., Sauvage Ch. & Wacquant, J.P. 1968: Code pour le relevé méthodique de la végétation. Principes et transcription sur cartes perforées. – Paris.
- Gounot, M. 1958: Contribution à l'étude des groupements messicoles et rudéraux de la Tunisie. – *Ann. Ser. Bot. Agr. Tunisie* **32**: 1-282.
- 1969: Méthodes d'étude quantitative de la végétation. – Paris.
- Granier, A. & Bréda, N. 2007: Ecophysiologie et fonctionnement des écosystèmes forestiers. – Pp. 81-88 in: ONF-INRA Rendez-vous techniques de l'ONF, **hors-série 3** "Forêts et milieux naturels face aux changements climatiques". – Fontainebleau.
- Guillerm, J.L. 1969: Relation entre la végétation spontanée et le milieu dans les terres cultivées du Bas-Languedoc. – Thèse Doct. 3ème cycle, U.S.T.L., Montpellier.
- 1971: Calcul de l'information fournie par un profil écologique et valeur indicatrice des espèces. – *Oecol. Plant.* **6**: 209-225.
- 1978: Sur les états de transition dans les phytocénoses post-culturelles. – Thèse Doct. Etat, U.S.T.L., Montpellier.
- Hammi, S., Simoneaux, V., Alifriqui, M., Auclair C. & Montès, N. 2007: Evolution des recouvrements forestiers et de l'occupation des sols entre 1964 et 2002 dans la haute vallée des Aït Bouguemez (Haut Atlas central, Maroc). – *Sécheresse* **18(4)**: 271-277.
- Humbert, H. 1924: Végétation du Grand Atlas oriental. Exploration botanique de l'Ari Ayachi. – *Bull. Soc. Hist. Nat. Afrique Nord*, **15**: 147-234.
- Izard, M & Romane, F. 1980: Analyse des relations vegetation-milieu sur cartes à moyenne échelle. Application de la méthode des profils écologiques et de l'information mutuelle (partie orientale des pyrénées, Roussillon, Corbières). – *Natur. Monspeliensia, sér. Bot.*, **38**: 1-32.
- Jacq, V. 2008: Les modèles de prevision météorologique en région méditerranéenne. Actes du colloque « changements climatiques et forêt méditerranéenne » – *Forêt Médit.* **29(2)**: 107-112.
- Jenny, J. 1985: Carte géologique régulière du Maroc au 1/100 000, feuille Azilal et notice explicative. – *Notes Mém. Serv. Géol. Maroc*, **339 & 339 bis**.
- Jossen, J.A. 1985 a (inédit): Les formations lithologiques du jurassique dans le Haut Atlas central (région des Aït-Bou-Guemmez). – Maroc.
- Jossen, J.A. 1985 b (inédit): Carte géologique des Aït-Bou-Guemmez au 1/50 000. – Maroc.
- Lecompte, M. 1969: La vegetation du Moyen Atlas central. Esquisse phyto-écologique et carte des series de vegetation au 1/200 000ème. – *Trav. Inst. Sc. Chérif., Sér. Bot. Biol. Vég.*, **13**: 1-34.
- Legay, M. & Ladier, J. 2008: La gestion forestière face aux changements climatiques: premières orientations d'adaptation en forêt publique: le cas des forêts méditerranéennes. Actes du colloque « changements climatiques et forêt méditerranéenne ». – *Forêt Médit.* **29(2)**: 221-234.
- Le Houérou, H.N. 1971: Le rôle de l'écologie végétale dans les études de mise en valeur de la région méditerranéenne. – *Bull. Rech. Agr. Gembloux* **H. S.**: 68-87.
- 1980a: L'impact de l'homme et des animaux sur la forêt méditerranéenne. – *Forêt Médit.* **2(1)**: 31-44.
- 1980b: L'impact de l'homme et des animaux sur la forêt méditerranéenne. – *Forêt Médit.* **2(2)**: 155-174.
- 1989: Classification écoclimatique des zones arides (s.l.) de l'Afrique du Nord. – *Ecol. Medit.* **25(3/4)**: 95-144.
- 1990: Bioclimatologie comparative des zones arides s. l. de l'Afrique et de l'Amérique latine. Atelier interrégional Afrique/Amérique latine. MAB-UNESCO, Coquimbo, Chili, Terra arida **7**: 27-55.

- Le Houérou, H.N. 1991: La Méditerranée en l'an 2050: Impacts respectifs d'une éventuelle évolution climatique et de la démographie sur la végétation, les écosystèmes et l'utilisation des terres. Etude prospective. – *Météorologie* **7(36)**: 4-37.
- , Claudin, J. & Pouget, M. 1977: Etude bioclimatique des steppes algériennes. (Avec une carte bioclimatique à 1/1 000 000ème). – *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord* **68(3/4)**: 33-74.
- Lemoine-Sebastian, C. 1965: Ecologie des Genévriers au Maroc. – *Bull. Soc. Sci. Nat Phys., Maroc*, **45**: 49-116.
- Lenoble F. & Broyer Ch. 1945: Sur la distribution du *Buxus sempervirens* en France. – *Bull. Soc. Bot. Fr.* **92**: 118-131.
- Leroux, M. 2002: « Global warming »: mythe ou réalité ? L'évolution réelle de la dynamique du temps. – *Ann. Géo.* **624**: 115-137
- Maire, R. 1924: Etudes sur la végétation et la flore du Grand Atlas marocain. – *Mém. Soc. Sc. Nat. Maroc* **4**: 1-220.
- Marchand, H. 1990: Les forêts méditerranéennes. Enjeux et perspectives. – Paris.
- Morris, J. W. & Guillerm, J. L. 1974: The ecological profil technique applied to data from Lichtenburg. – *South Africa Botholia* **11**: 355-364.
- Mueller-Bombois, D., Little, M. A. & Hammen, T. van der 1989: Manual of methods for mountain transect studies (first approximation). – Paris.
- Orshan, G., Floret, C., Le Floc'h, E., Leroux, A., Montenegro, G. & Romane, F. 1989: General synthesis. – Pp 389-404 in Orshan, G. (ed.) "Plant pheno-morphological studies in mediterranean type ecosystems". – Dordrecht.
- Ozenda, P. 1955: La température, facteur de répartition de la végétation en montagne. – *Ann. Biol.* **31**: 295-312.
- 1975: Sur les étages de végétation dans les montagnes du bassin méditerranéen. – *Doc. Cartogr. Ecol.* **16**: 1-32.
- 1985: La végétation de la chaîne alpine dans l'espace montagnard méditerranéen. – Paris.
- 1989: Le déplacement vertical des étages de végétation en fonction de la latitude: un modèle simple et ses limites. – *Bull. Soc. Géol. France* **8(3)**: 535-540.
- 1990: Sur les divisions phytoécologiques de l'Europe. – *Ecol. Medit.* **26**: 299-315.
- Peyre, C. 1973: Quelques aspects de la végétation du massif du Bou Iblane. – *Trav. R.C.P.*, 249, C.N.R.S. **1**: 129-155.
- 1975: Contribution à l'étude de la végétation du Moyen Atlas oriental. Le versant sud oriental du massif du Bou Iblane. – *Trav. R.C.P.* 249, C.N.R.S. **3**: 97-142.
- 1978: Sur quelques climax à caducifoliées dans les montagnes du Maroc. – *Bull. Inst. Sc. Chérif., Rabat* **2**: 39-60.
- 1979: Recherches sur l'étagement de la végétation dans le massif du Bou Iblane (Moyen Atlas oriental, Maroc). – *Th. Doct. 3ème cycle, Univ. Sc. Tech. Aix-Marseille III*.
- 1987: A propos des Ephedro-Juniperetea. – *Bull. Fac. Sc. Marrakech, Sect. Sc. Vie* **3**: 175-188.
- Pujos, A. 1959: Deux aspects de la végétation du Moyen Atlas en liaison avec les conditions périglaciaires. – *Biuletyn Peryglacjalny* **10**: 53-56.
- 1962: Quelques applications des données de la géographie physique aux études d'écologie végétale. – *Rev. Géog. du Maroc* **1 & 2**: 87-91.
- 1966: Les milieux de la cédraie marocaine. – *Ann. Rech. Forest. Maroc* **8**: 1-283.
- Quézel, P. 1957: Peuplement végétal des hautes montagnes de l'Afrique du Nord. – *Encyc. Biol. Ecol.* – Paris.
- 1967: A propos des xérophytes épineux en coussinets du pourtour méditerranéen. – *Ann. Fac. Sc. Marseille* **39**: 173-181.

- 1976: Les forêts du pourtour méditerranéen: écologie, conservation et aménagement. UNESCO. – Note technique du MAB **2**: 9-33.
- 1979: La région méditerranéenne française et ses essences forestières. Signification écologique dans le contexte circum-méditerranéen. Forêt Méditerranéenne **I(1)**: 7-18.
- 1981: Les hautes montagnes du Maghreb et du Proche-orient: essai de mise en parallèle des caractères phytogéographiques. Anales Jard. Bot. Madrid, **37**, 2: 353-372.
- 1984: Bioclimatologie méditerranéenne. Conclusions. Colloque de Bioclimatologie Méditerranéenne, Montpellier, 18-20 mai 1983. Bull. Soc. Bot. Fr., **131**, Actual. Bot. **2/3/4**: 585-589.
- 1995: La flore du bassin méditerranéen: origine, mise en place, endémisme. – Ecol. Medit. **21(1/2)**: 19-39.
- 1999: Biodiversité végétale des forêts méditerranéennes, son évolution d'ici à trente ans. – Forêt Médit. **20(1)**: 3-8.
- & Barbero M. 1992: Le pin d'Alep et les espèces voisines: répartition et caractères généraux, sa dynamique récente en France méditerranéenne. – Forêt Médit. **13(3)**: 158-170.
- & Médail, F. 2003: Ecologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen. – Paris.
- , —, Loisel, R. & Barbero M. 1999: Biodiversité et conservation des essences forestières du bassin circum-méditerranéen. – F.A.O. **50(2)**.
- Raunkiaer, C. 1934 : The life forms of plants and statistical plant geography. – Oxford.
- Rhanem, M. 1985: Etude phyto-écologique des versants de la vallée des Aït-Bou-Guemmez (Haut Atlas central septentrional, Maroc). – Thèse Doct. 3ème cycle, U.S.T.L., Montpellier.
- Rhanem, M. 2008a : Quelques aspects topoclimatiques de l'étagement de la végétation spontanée en montagne méditerranéenne, avec référence aux montagnes du Moyen et Haut Atlas (Maroc). – Quad. Bot. Amb. Appl. **19**: 181-198.
- Rhanem, M. 2008b: Contribution à une typologie topoclimatique en montagne méditerranéenne. Application à une vallée du Haut Atlas central, Aït-Bou-Guemmez (Maroc). – Quad. Bot. Ambientale Appl. **19**: 161-172
- Rigolot, E. 2008: Impact du changement climatique sur les feux de forêt. Actes du colloque « changements climatiques et forêt méditerranéenne ». – Forêt Médit. **29(2)**: 167-176.
- Rivas-Martinez, S. 1981: Les étages bioclimatiques de la végétation de la péninsule ibérique. – Anales Jard. Bot. Madrid **37(2)**: 251-268.
- Romane, F. 1987: Efficacité de la distribution des formes de croissance des végétaux pour l'analyse de la végétation à l'échelle régionale. Cas de quelques taillis de Chêne vert du Languedoc. – Thèse Doct. Etat, Univ. Dr., Econ. et Sc., Aix-Marseille.
- Romane, F. & Terradas J. (edit.) 1992: *Quercus ilex* L. ecosystems: function, dynamics and management. – Vegetatio **99/100**: 1-376
- Sauvage, Ch. 1963 a: Etages bioclimatiques. Sect. II, Phys. Globe Météorol., pl n°6. –Rabat.
- 1963 b: Le coefficient pluviothermique d'Emberger, son utilisation et représentation graphique de ses variantes au Maroc. – Ann. Serv. Globe et Météo., Inst. Sci. Chérifien **20**: 11-23.
- Sebastian, C. & Bagnouls, M. 1959: Conditions climatiques du genévrier de phénicie et du genévrier thurifère au Maroc. – Bull. Soc. Sc. Nat. Phys. Maroc **39**: 41-58.
- Seguin, B. 2007: Les changements climatiques et les impacts observés sur les écosystèmes terrestres. – Pp. 3-8 in ONF-INFRA: Rendez-vous techniques de l'ONF, **hors-série 3** "Forêts et milieux naturels face aux changements climatiques". – Fointanebleau.
- 2008: Impact du changement climatique sur les écosystèmes naturels et cultivés. – Forêt Médit. **29(2)**: 127-136.
- Stewart, Ph. 1975: Un nouveau climagramme pour l'Algérie, et son application au barrage vert. – Bull. Soc. Hist. Nat. d'Afr. Du Nord **65(1-2)**: 239-245.

Thiebaut, B., Lepart, J. & Bacou, A.M. 1978: Etude des hêtraies de l'arc montagneux périméditerranéen, de la vallée du Rhône à celle de l'Ebre. III. Information mutuelle moyenne espèces-variables. – *Oecol. Plant.* **13(4)**: 301-319.

Address of the author:

Mustapha Rhanem,

Laboratoire de Botanique et d'Ecologie Montagnarde, Faculté des Sciences,  
Département de Biologie, B.P. 11201, Zitoune ; Meknès, Maroc

## ANNEXE

### Liste des taxons

*Alyssum spinosum* L.  
*Anarhinum fruticosum* Desf.  
*Arenaria aggregata* (L.) Loisel.  
*Arenaria armerina* Bory  
*Arenaria pungens* Lag.  
*Artemisia herba-alba* Asso.  
*Artemisia mesatlantica* Maire  
*Artemisia negrii* Ouyahya  
*Astragalus boissieri* Fischer = *Astragalus granatensis* Lam.  
*Astragalus ibrahimianus* Maire  
*Avena filifolia* Lag. = *Helictotrichon filifolium* (Lag.) Henrard  
*Berberis hispanica* Boiss. & Reuter  
*Bupleurum atlanticum* Murb.  
*Bupleurum spinosum* Gouan = *Bupleurum frutescens* L. subsp. *spinosum* Gouan  
*Buxus balearica* Lam.  
*Buxus sempervirens* L.  
*Carlina involucrata* auct. = *Carlina brachylepsis* (Batt.) Mensel & Kàstner  
*Chamaerops humilis* L.  
*Cistus creticus* L.  
*Cistus laurifolius* L.  
*Coronilla minima* L.  
*Cotoneaster nummularia* Fischer & C.A. Meyer  
*Crataegus laciniata* Ucria  
*Cytisus purgans* subsp. *balansae* (Boiss.) Maire = *Cytisus balansae* (Boiss.) Ball  
*Daphne gnidium* L.  
*Digitalis lutea* L.  
*Draba hispanica* Boiss.  
*Echium pycnanthum* Pomel = *Echium humile* subsp. *Pycnanthum* (Pomel) Greuter & Burdet  
*Ephedra nebrodensis* Guss.  
*Erinacea anthyllis* Link.  
*Eryngium triquetrum* Vahl.  
*Euphorbia nicaeensis* All.  
*Fesuca hystrix* Boiss.  
*Festuca maroccana* (Trab.) Romo

*Fraxinus dimorpha* Cosson & Durieu  
*Genista pseudo-pilosella* Cosson  
*Genista scorpius* (L.) DC.  
*Globularia alypum* L.  
*Globularia nainii* Batt.  
*Helianthemum cinereum* (Cav.) Pers.  
*Helianthemum croceum* (Desf.) Pers.  
*Helichrysum lacteum* Coss. & Durieu  
*Hieracium pseudopilosella* (Ten.) N  
*Juniperus oxycedrus* L.  
*Juniperus phoenicea* L.  
*Juniperus thurifera* L.  
*Koeleria vallesiana* (Honk.) Gaudin  
*Leucanthemum atlanticum* (Ball) Maire  
*Leuzea conifera* (L.) DC.  
*Marrubium ayardii* Maire  
*Ononis atlantica* Ball.  
*Ormenis scariosa* (Ball) Litt. & Maire  
*Pinus halepensis* Mill.  
*Pistacia lentiscus* L.  
*Pistacia terebinthus* L.  
*Pituranthos scoparius* (Ball.) Maire = *Deverra juncea* Ball.  
*Prunus prostrata* Labill.  
*Pterocephalus depressus* Cosson & Balansa  
*Quercus ilex* L.  
*Rhamnus lycioïdes* L.  
*Ribes uva-crispa* L.  
*Rosa canina* L.  
*Salvia aucheri* Boiss. = *Salvia lavadulifolia* Vahl.  
*Santolina rosmarinifolia* L.  
*Saxifraga pedemontana* All.  
*Scorzonera pygmaea* Sibth & Sm ) = *Scorzonera caespitosa* subsp. *longifolia* (Emb. & Maire)  
 Dobignard  
*Sideritis incana* L.  
*Stipa nitens* Ball  
*Vella mairei* Humbert