

Publication de
l'Université de Droit, d'Economie et des Sciences
d'Aix-Marseille

ecologia mediterranea

revue d'écologie terrestre et limnique



TOME XIV 1988

Fascicule 1/2

Directeur de la publication :

P. QUEZEL, Professeur Faculté des Sciences et Techniques Marseille St-Jérôme.

Secrétariat général :

G. BONIN, Professeur Laboratoire de Botanique et Ecologie Méditerranéenne, Faculté des Sciences et Techniques de Marseille St-Jérôme, assisté de Mmes C. ROLANDO, M. DOUGNY et de M. C. GABOURIAUT.

Comité de rédaction :

M. BARBERO, Professeur Marseille St-Jérôme.
M. BIGOT, Maître de recherches au C.N.R.S. Marseille St-Jérôme.
M. GIUDICELLI, Professeur Marseille St-Jérôme.

COMITE DE LECTURE

- AKMAN, Y. Ankara Universiti-Fen Facultesi-Biyologie Bolumu. ANKARA TURQUIE
BARBAULT, R. E.N.S., rue d'Ulm, PARIS
BOURLIERE, F. Faculté de Médecine, rue des St-Pères, 75006 PARIS.
BOUVAREL, P. Centre national de recherches forestières. INRA. Champenoux, 54280 SEICHAMPS.
COSTA, M. Facultad de Farmacia. Dept de Botanica-Av. Blasco Ibanez-46010 VALENCIA ESPAGNE
DELAMARE-DEBOUTTEVILLE, C. Laboratoire d'Ecologie Générale, Museum National d'Histoire Naturelle, Avenue du Petit Château, 91800 BRUNOY.
DI CASTRI. C. N. R. S. Centre Louis Emberger Route de Mende B P 5010-34033 MONTPELLIER CEDEX.
DRACH, P. Laboratoire Arago, 66650 BANYULS-SUR-MER.
DU MERLE, P. INRA Station de Zoologie forestière Av. Vivaldi 84000 AVIGNON FRANCE.
GHABBOUR, S. Dept. Natural resources. Inst. African Res. & Stud. CAIRO UNIVERSITY GIZA EGYPT.
GUINOCHET, M. Laboratoire de Biologie Végétale, Université PARIS XI, 91006 ORSAY.
HOLLANDE, A. Laboratoire d'Evolution des Etres Organisés, Boulevard Raspail, 75006 PARIS.
JOLY, P. Faculté des Sciences, 67000 STRASBOURG.
LAMOTTE, M. Laboratoire de Zoologie, Ecole Normale Supérieure, rue d'Ulm, 75005 PARIS.
LEMEE, G. Laboratoire d'Ecologie Université PARIS XI, 91000 ORSAY.
LOISEL, R. Laboratoire de Botanique et Ecologie Méditerranéenne, Faculté St-Jérôme 13397 MARSEILLE CEDEX 13.
LONG, G. CNRS-CEPE. Ecothèque méditerranéenne. Route de Mende BP 5051 34033 MONTPELLIER CEDEX.
MARGARIS, N. S. Laboratory of Ecology-Faculty of Physics and Mathematics-THESSALONIKI GRECE.
OECHEL, W. Systems ecology research group-College of Sciences-San Diego State University SAN DIEGO ca. 92182 U. S. A.
OZENDA, P. Laboratoire de Botanique, Université de Grenoble, 38000 SAINT-MARTIN-D'HERES.
PONS, A. Laboratoire de Botanique Historique et Palynologie Faculté St Jérôme. 13397 MARSEILLE CEDEX 13. FRANCE.
RIOUX, J.-A. Laboratoire d'Ecologie Médicale, Faculté de Médecine, rue Auguste-Broussonet, 34000 MONTPELLIER.
TAYLOR, H. C. Botanical Research Unit- P O Box 471 - 76000 STELLENBOSCH-REPUBLIC OF SOUTH AFRICA.
VAN CAMPO. Palynologie Faculté des Sciences, 34000 MONTPELLIER.
VAN DER MAAREL, E. Växtbiologiska Institutionen Box 559, S-751 22 UPPSALA 1 - Sweden.

Les propositions de publication d'articles peuvent être adressées au Secrétaire Général :

G. BONIN, Laboratoire de Botanique et d'Ecologie Méditerranéenne,

Faculté des Sciences de St-Jérôme, - Rue H. Poincaré

13397 MARSEILLE Cedex 13

ecologia mediterranea

revue d'écologie terrestre et limnique

ERRATUM

Dans notre précédent numéro (Tome XIII fascicule 4), par suite d'une erreur lors de la mise en page, un seul auteur a été mentionné pour l'article "Shrub responses to experimental fire. First phases of regeneration." Il faut lire en réalité :

E. LUIS-CALABUIG, R. TARREGA, T. ZUAZUA : "Shrub responses to experimental fire. First phases of regeneration".

L'équipe de publication de ECOLOGIA MEDITERRANEA présente ses plus vives excuses aux auteurs.

Influence des producteurs primaires sur la régulation ionique de l'eau de submersion des rizières de Camargue.

A. VAQUER*
D. PONT**

RESUME - Les rizières de Camargue sont caractérisées par une faible profondeur, un temps de renouvellement de quelques jours lié à des apports réguliers d'eau d'irrigation en provenance du Rhône et un enrichissement du substrat en nutriments et divers ions associés.

Les caractéristiques physico-chimiques de l'eau de submersion dérivent directement de celles du Rhône, et les ions majeurs dosés déterminent une eau dure, bicarbonatée calcique. L'augmentation de la minéralisation dans l'eau de la rizière est liée à la solubilisation des ions à partir du substrat et de ceux apportés dans l'engrais. Contrairement à toute attente, il n'y a pas d'enrichissement remarquable en N et P, malgré leur apport massif dans la fumure. Les teneurs en azote minéral soluble et en orthophosphates varient respectivement entre 0,1 et 1 mg.l⁻¹ et entre 0,01 et 0,5 mg.l⁻¹.

L'évolution des teneurs des différents ions et nutriments d'une part, est réglée par l'existence d'une fine couche oxydée qui se déplace verticalement à l'interface substrat-eau suivant un rythme journalier avec une amplitude croissant au cours de la saison ; d'autre part, elle est liée à l'activité des producteurs primaires : dépôt de carbonates de Ca et absorption de Na par les Characées, incorporation de N et P dans la matière organique végétale. Les besoins en nutriments de la production primaire dépassent largement les apports exogènes et l'amplitude des variations journalières mesurées ; ils ne peuvent être assurés que par un flux permanent à partir du substrat et par recyclage.

Malgré un renouvellement rapide, les modifications des qualités physico-chimiques de l'eau des rizières sont liées essentiellement à la dynamique interne du système.

SUMMARY - Rice-fields in the Camargue are shallow freshwater agrosystems whose the main features are a few days renewal time in relation to regular inflows from the River Rhône and an annual fertilizer supply in the substrate.

The physicochemical parameters of submersion water are close to the River Rhône ones. The major ions amount characterize a hard calcium bicarbonate water. Soluble ions from substrate and fertilizer increase the total mineralization in the rice-field water. Contrary to expectations, no striking increase of nitrogen and phosphorus is noted despite their heavy supplies in fertilizer. Their concentrations range respectively from 0.1 to 1 mg.l⁻¹ and from 0.01 to 0.5 mg.l⁻¹.

The ions and nutrients concentrations changes are regulated by a thin oxidized layer whose the daily vertical movement range at the soil-water interface level increase during the cultural season. These changes are also closely linked to the primary producers activity : calcium carbonate deposition on Charophyceae, sodium and chlorine accumulation by Charophyceae, nitrogen and phosphorus assimilation by plants. Nutrients needs for primary productivity exceed largely supplies by the irrigation water and the daily concentrations changes. N and P are surely supplied by a continuous flow from substrate and by recycling.

Despite a quite fast renewal, the physicochemical parameters changes of the water in rice-fields are essentially linked to the internal system functioning.

MOTS CLES : Camargue, rizière, composition ionique, interface eau-sédiment, nutriments, production primaire.

I - INTRODUCTION

Dans une note précédente (PONT & VAQUER, 1984), l'analyse de paramètres physico-chimiques classiques (pH, température, oxygène et lumière) avait montré l'originalité des rizières comme milieux d'étude en hydrobiologie. Ces milieux temporaires (mise en eau de mai à septembre) très peu profonds (5 à 20 cm) offrent très peu d'inertie vis à vis de la variabilité des conditions climatiques tant à l'échelle des rythmes nyctéméraux que saisonniers. Cependant, le développement du couvert végétal d'*Oryza sativa* à partir de la fin juin entraîne une réduction des quantités de lumière atteignant le plan d'eau et par là-même une diminution de l'intensité des productions primaires et secondaires (VAQUER, 1984 ; PONT, 1985). Les évolutions saisonnières des valeurs de pH et des concentrations en oxygène dissous dans la lame d'eau sont largement conditionnées par ce phénomène : aux fortes valeurs diurnes de mai et juin (pH > à 9, [O₂] > à 20 mg.l⁻¹, correspondant à des sursaturations pouvant dépasser

*Laboratoire d'hydrobiologie, Université de Provence, 1 place Victor Hugo - 13331 MARSEILLE Cedex 1 - FRANCE.

**Département de Biologie Animale et Ecologie; U.A. CNRS n° 367, 43 Bd du 11 Novembre 1918 - 69622 VILLEURBANNE Cedex - FRANCE.

200%), succèdent des pH proches de 7,5 et des teneurs en O_2 voisines de la saturation.

En raison d'un temps de renouvellement de la masse d'eau extrêmement court (quelques jours) lié à la fréquence des irrigations, on peut supposer que la composition ionique de l'eau de submersion est toujours proche de celle des eaux d'irrigation. De même, la très faible profondeur du milieu devrait augmenter la dépendance de la lame d'eau vis à vis des éléments présents en abondance dans les couches superficielles du sédiment (apports massifs d'engrais minéraux lors des amendements pré-cultureux) (GOLTERMAN, 1983).

L'objectif de cet article est, après une description détaillée de la composition chimique des eaux des rizières de Camargue (éléments majeurs et mineurs, principales formes d'azote et de phosphore), de mettre en évidence les influences respectives des sols, des apports d'engrais, des eaux d'irrigation et de l'activité biologique sur la composition chimique des eaux de surface. L'accent sera mis sur les rôles respectifs du phytoplancton et des herbiers de macrophytes dans les évolutions journalière et saisonnière des concentrations ioniques et des potentiels d'oxydo-réduction.

Les résultats présentés sont une synthèse des données acquises au cours d'une recherche interdisciplinaire entre 1975 et 1981 sur le fonctionnement des rizières de Camargue .

II - MATERIEL ET METHODES

La composition ionique des eaux de submersion a été suivie durant quatre campagnes rizicoles (1976 à 1979) dans 3 stations appartenant à un même lot de parcelles situées sur les terres du mas de la Tour du Valat, en moyenne Camargue, à 3 km du Sambuc. Ces parcelles ont une superficie voisine de un hectare et sont toutes arrosées par des eaux du Rhône au terme de leur transit dans le canal d'irrigation de l'Aube de Bouic. En 1976, ces rizières ont été remises en culture pour la première fois après une période de jachère de plus de dix ans. Une description détaillée de ces stations et des principales étapes de la campagne rizicole ont été présentés dans une note antérieure (PONT & VAQUER, 1984).

Les échantillons analysés sont constitués par le mélange de 10 sous-échantillons prélevés le long de la grande médiane des différentes parcelles. Les prélèvements dans les eaux d'irrigation ont été réalisés au niveau de la partie terminale des canaux d'amenée d'eau. En 1978, un suivi détaillé de la composition ionique de l'eau a été réalisé sur la base d'un échantillonnage hebdomadaire. La proximité immédiate du laboratoire a toujours permis d'effectuer les analyses aussitôt après prélèvements.

Tous les dosages ont été effectués sur de l'eau préalablement filtrée sur filtre en fibre de verre WHATMAN GF/C (1,2 μ m de porosité).

L'analyse des divers éléments ou composés minéraux a fait appel aux méthodes généralement décrites par RODIER (1978), GOLTERMAN (1978) ou les "STANDARD METHODS" (1971). Les cations Ca^{++} et Mg^{++} ont été dosés par spectrophotométrie d'absorption atomique et Na^+ et K^+ par spectrophotométrie d'émission. Les sulfates ont été analysés par néphélométrie. Le chlore des chlorures a été déterminé par coulométrie avec un chloruromètre. L'alcalinité a été mesurée suivant la méthode potentiométrique. Les dosages de la silice, dont les teneurs sont exprimées en SiO_2 , ont été faits par le laboratoire SOLAIGUE de la Compagnie Nationale d'Aménagement du Bas-Rhône Languedoc selon la méthode décrite par RODIER.

L'azote ammoniacal, les nitrites et les nitrates ont été dosés par spectrophotométrie après formation de complexes colorés avec respectivement les réactifs de Nessler, de Zambelli et le salicylate de Na. Les concentrations sont exprimées en $mg.l^{-1}$ de N. Les orthophosphates ont été mesurés par spectrophotométrie après réduction du complexe phosphomolybdique par l'acide ascorbique. Les teneurs sont exprimées en $mg.l^{-1}$ de P.

Les mesures des potentiels d'oxydo-réduction ont été faites à l'aide d'une électrode de platine, simultanément avec celles du pH, dans l'eau et sur des colonnes eau-sol prélevées à l'aide d'un tube en plexiglass (15 cm de diamètre), suivant une technique habituellement utilisée (MORTIMER, 1971 ; JORGENSEN et al., 1979). Les potentiels sont ramenés à pH 7.

III - RESULTATS

1 - Composition ionique de l'eau de submersion

La minéralisation globale moyenne des eaux en 1977 et 1978 est de, respectivement, 425 et 451 $mg.l^{-1}$ pour des conductivités moyennes de 392 et 449 $\mu S.cm^{-1}$. La forte valeur moyenne obtenue en 1976 (580 $\mu S.cm^{-1}$) est due aux conditions climatiques exceptionnelles qui ont entraînée une remontée du coin salé dans le grand bras du Rhône et une surminéralisation des eaux d'irrigation, particulièrement nette pour Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , Cl^- et $SO_4^{=}$ (tab.1). Les concentrations des différents ions et la prédominance des bicarbonates permettent de classer ces eaux dans la catégorie des eaux dures bicarbonatées (HUTCHINSON, 1957).

Les bicarbonates et le calcium représentent en moyenne plus de 60% de la balance ionique (en $me.l^{-1}$). Les valeurs d'alcalinité et conjointement celles du calcium sont le plus souvent au delà des valeurs de saturation. Ainsi l'index de saturation de l'eau, calculé d'après la formule de LANGELIER, $i = pH_o - pH_s$, varie entre +0,05 et +1,5 (0,81 en moyenne) quelque soit la période considérée. Cette sursaturation n'est définie que par rapport à celle prévue par la théorie physico-chimique de la dissolution

des carbonates dans la nature, c'est-à-dire 0,12mM de CaCO_3 et environ 1 mM de $\text{Ca}(\text{CO}_3\text{H})_2$, (GOLTERMAN, 1978), reposant sur l'hypothèse de base de l'équilibre de l'eau avec l'atmosphère. Mais en fait, comme le souligne BERTRU (1975), cet équilibre est rarement atteint en raison de l'activité biologique. Cet auteur indique que l'évolution journalière de pH mesurerait en réalité la variation des concentrations en CO_2 dissous qui deviendrait indépendante de la pression atmosphérique. L'activité bactérienne serait à l'origine d'une augmentation de la pression partielle du CO_2 , et corrélativement de l'acide carbonique, au niveau de l'interface sol-eau, et par suite de la prédominance de la phase de dissolution du CaCO_3 . Dans les rizières, ces phénomènes pourraient être amplifiés à la fois dans l'eau et dans le sol du fait de la présence d'une microfaune d'invertébrés très nombreuse, notamment Chironomides (TOURENQ, 1975) et microcrustacés (PONT, 1983), d'une importante microflore bactérienne (BALDENSPERGER, 1981) et d'une abondante flore immergée (VAQUER, 1984). Bien que cette sursaturation ne soit pas clairement explicitée actuellement, elle a été soulignée par plusieurs auteurs tels que OTSUKI (1974) ou bien CARMOUZE (1980).

La composition des eaux d'irrigation et des eaux de submersion des rizières sont sensiblement similaires (tableau 1), avec toutefois une minéralisation plus forte d'environ 10% dans les rizières. On note aussi un enrichissement moyen statistiquement significatif (t-test) des eaux en Mg, Na, K et Cl pouvant provenir soit de la solubilisation d'une partie des sels présents dans l'horizon superficiel des sols (Mg, Na et Cl), soit d'un apport par la fumure (K).

Tableau 1 - Concentrations moyennes (et écart-type) des ions majeurs en me.l^{-1} dans l'eau des rizières et du Rhône lors de trois campagnes rizicoles et comparaison des différents ions à l'aide du t-test (*, **, *** = seuils respectifs de signification à $p < 0,05$, $p < 0,01$, $p < 0,001$ et *ns* = non significatif).

		n	Ca	Mg	Na	K	HCO ₃	Cl	SO ₄
1976	Rizière	8	4,75 (0,54) *	0,99 (0,14) **	1,57 (0,66) *	0,14 (0,06) <i>ns</i>	-	2,36 (1,05) *	2,16 (0,57) *
	Rhône	5	3,83 (0,67)	0,67 (0,21)	0,78 (0,22)	0,07 (0,05)	2,89 (0,72)	0,94 (0,18)	1,40 (0,32)
1977	Rizière	10	3,08 (0,64) <i>ns</i>	0,57 (0,11) <i>ns</i>	0,50 (0,11) <i>ns</i>	0,16 (0,04) <i>ns</i>	2,75 (0,60) <i>ns</i>	0,60 (0,17) <i>ns</i>	0,84 (0,25) <i>ns</i>
	Rhône	5	3,31 (0,15)	0,53 (0,09)	0,40 (0,08)	0,08 (0,04)	2,98 (0,06)	0,44 (0,04)	0,67 (0,07)
1978	Rizière	17	2,87 (0,99) <i>ns</i>	0,79 (0,11) ***	1,10 (0,36) ***	0,17 (0,11) *	2,65 (0,83) <i>ns</i>	1,20 (0,54) *	0,84 (0,36) <i>ns</i>
	Rhône	5	3,23 (0,45)	0,56 (0,03)	0,33 (0,04)	0,05 (0,03)	2,76 (0,46)	0,44 (0,08)	0,91 (0,21)
Moyenne	Rizière	35	3,36 (1,11) <i>ns</i>	0,77 (0,19) **	1,03 (0,55) ***	0,16 (0,09) ***	2,76 (0,63) <i>ns</i>	1,23 (0,83) **	1,14 (0,68) <i>ns</i>
	Rhône	15	3,46 (0,52)	0,59 (0,14)	0,51 (0,23)	0,07 (0,04)	2,88 (0,47)	0,61 (0,27)	1,00 (0,38)

Les concentrations moyennes en azote minéral total et en phosphore minéral total dans l'eau sont de, respectivement 0,298 et 0,033 mg.l^{-1} . La concentration moyenne en silice est de 7,3 mg.l^{-1} .

En ce qui concerne les oligo-éléments on note, en moyenne, 26 $\mu\text{g.l}^{-1}$ pour le fer (de 3 à 64), 3 $\mu\text{g.l}^{-1}$ pour le cuivre (de 1 à 5), 1 $\mu\text{g.l}^{-1}$ pour le manganèse (de 1 à 3) et 117 $\mu\text{g.l}^{-1}$ pour le molybdène (de 31 à 252).

Les proportions des différents éléments, reproductibles en moyenne d'une année à l'autre, peuvent cependant varier au cours d'une saison de façon substantielle (figure 1).

Ces variations sont principalement le fait de l'alcalinité et du Ca, et à un moindre titre celui du sodium et du chlore. Dans l'exemple présenté (1978), la chute des concentrations correspond à la phase de croissance d'un peuplement de Characées (VAQUER, 1984). STRAUSS et LEPOINT (1966) ont mis en évidence une forte augmentation des teneurs en sodium et chlorure dans les diverses parties du thalle d'espèces du genre *Chara*. Ces teneurs sont dépendantes de celles présentes dans le milieu extérieur, à l'inverse du potassium. De même, les Characées sont connues pour fixer sur leur surface d'importante quantité de carbonate de calcium (HUTCHINSON, 1975). Dans le cas de cette étude, le CaCO_3 représente en moyenne 70% du poids sec (de 65 à 73%).

Plus généralement, la période printanière de forte activité photosynthétique entraîne de fortes réductions diurnes de l'alcalinité. Cette décroissance n'est observable que lorsque la source principale d'azote est sous forme ammoniacale (STUMM et MORGAN, 1981), ce qui est le cas ici.

On peut noter également que le calcium varie parallèlement avec HCO_3 sauf en début de saison où il se trouve davantage associé avec les sulfates qui est un composant abondant de l'engrais. La décroissance des concentrations en sulfates

serait attribuable, selon YAMANE (1969), à leur réduction par des microorganismes qui pourrait intervenir en anaérobiose dans les sols submergés après trois à quatre semaines à partir du début de la submersion, et après la réduction des nitrates qui se produit dès la première semaine.

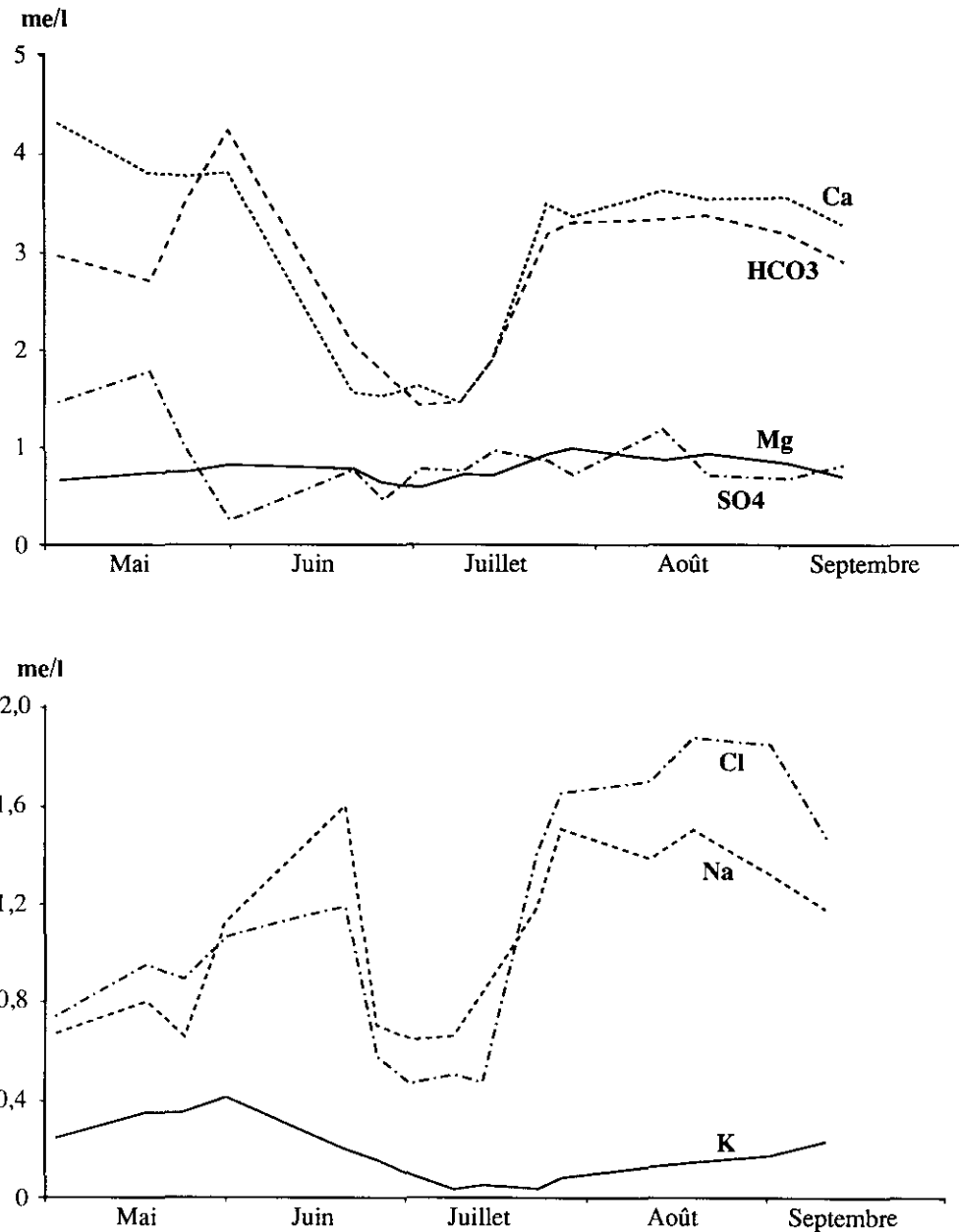


Figure 1 - Evolution des ions majeurs dans l'eau d'une rizière expérimentale au cours de la saison rizicole de 1978.

Enfin les concentrations de silice, comprises entre 5,5 et 12,6 mg.l^{-1} , ne sont pas corrélées significativement avec la croissance des peuplements de Diatomées qui représentent cependant 20 à 80% du phytoplancton (VAQUER, 1981). Cette situation peut être reliée à l'ensemble des mécanismes qui contrôlent la mise à disposition de cet élément, c'est-à-dire sa solubilisation et son apport par l'eau d'irrigation, mais également son incorporation dans les organismes. Si la silice est l'élément constitutif des frustules des diatomées, elle imprègne également les tissus épidermiques du riz.

2 - Les potentiels d'oxydo-réduction de la colonne sol-eau

Les valeurs des potentiels d'oxydo-réduction mesurés dans l'eau sont comprises entre +380mV au début de la période de submersion à +250mV à la fin. Elles sont relativement faibles par rapport à celles de mares et étangs naturels (BERTRU, op.cit.), alors que la sursaturation en oxygène dissous dépasse très souvent 200%. Il semble cependant qu'il n'y ait

pas de relation directe entre ces deux paramètres (GOLTERMAN, 1982). BERTRU considère que les causes d'aussi faibles valeurs de Eh sont à rechercher dans la présence de grandes quantités de matières organiques dissoutes. Dans la station étudiée en 1978, la teneur moyenne en C organique dissoute est de $15,5 \text{ mg.l}^{-1}$, soit 41% du carbone total dissous.

Ces valeurs pourraient résulter en partie de "réactions apparentes d'oxydo-réduction" (non réversibles, GOLTERMAN, 1975). Des fluctuations journalières d'amplitude voisine de 50mV sont également observables, mais sans lien apparent avec d'autres paramètres habituellement mesurés.

Dans le sédiment, les valeurs sont comprises entre -150 et -250 mV. GHOSH *et al.* (1974) observent l'installation de valeurs négatives dans le sédiment dans le courant de la première semaine de mise en eau.

Des profils de potentiels d'oxydo-réduction ont été établis dans la colonne sol-eau, au printemps et en été à des périodes correspondant respectivement à une situation sans végétation et sous couvert végétal (fig. 2).

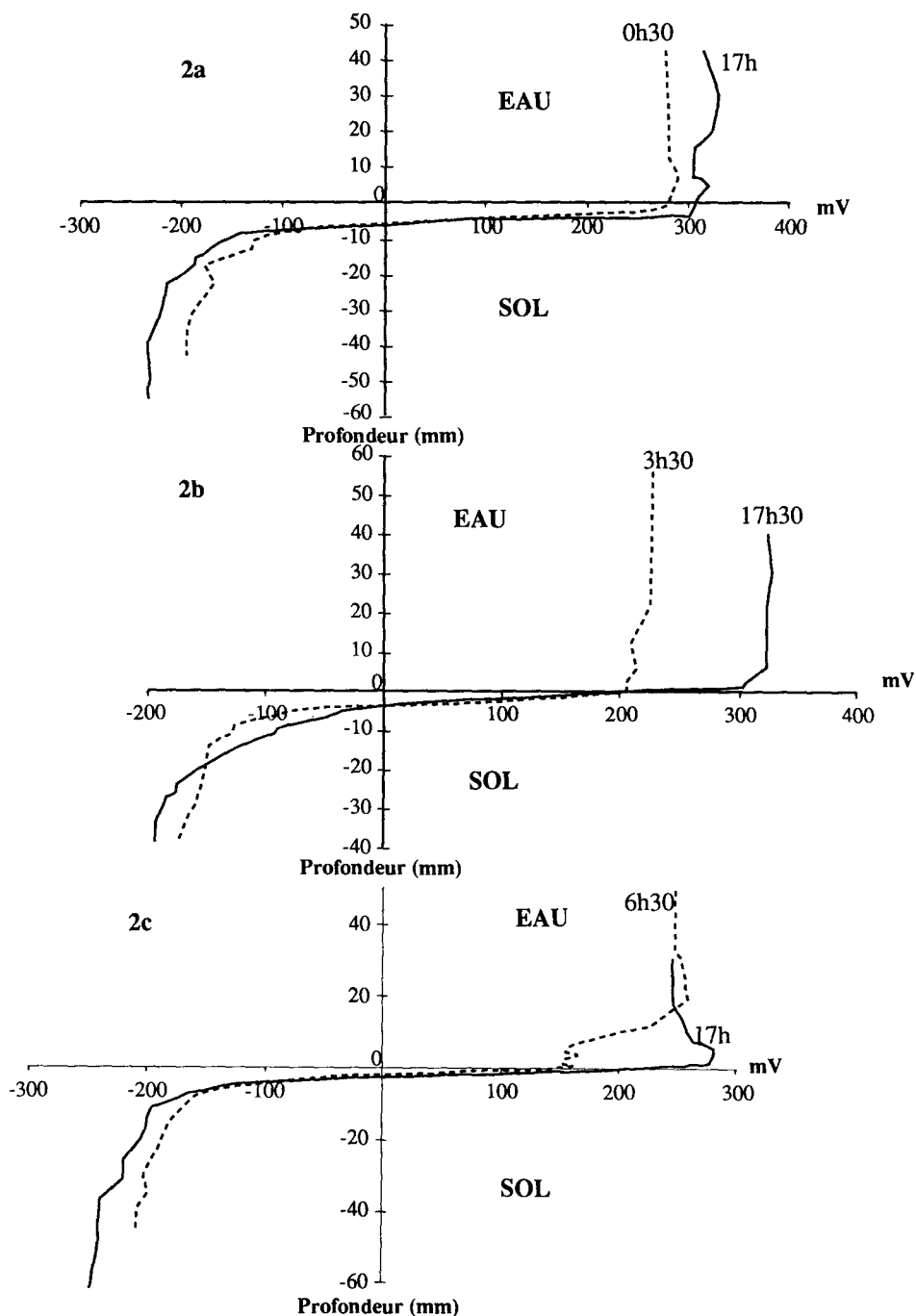


Figure 2 - Profils des potentiels d'oxydo-réduction dans l'eau et le sol sous-jacent au cours ou en fin de nuit et dans la journée, en mai (2a), en juin (2b) et sous le couvert végétal en été (2c).

Les profils établis de jour comme de nuit après deux semaines de submersion (fig.2a) montrent, à la surface du sédiment, l'existence d'une pellicule (ou microzone) oxydée relativement épaisse, définie par la position de l'isovolt +200mV (MORTIMER,1941). Les valeurs mesurées dans l'eau sont voisines de 300mV et comparables le jour et la nuit.

Un mois et demi après la mise en eau (fig.2b), cet isovolt est situé à 1mm sous l'interface en fin d'après-midi. Il s'établit ensuite à la surface du sédiment en fin de nuit. De même, les valeurs nocturnes en pleine eau sont voisines de l'isovolt 200mV.

En été, le profil en fin d'après-midi (fig.2c) est assez semblable aux précédents; en revanche, en fin de nuit, l'isovolt +200mV est situé dans l'eau à 1cm environ au dessus de l'interface. Les potentiels d'oxydo-réduction dans les sols de rizières s'établissent entre -170 et -190 mV dès la profondeur de 2-3 cm. La pellicule oxydée épaisse de quelques mm au maximum se déplace juste à l'interface eau-vase et peut complètement disparaître en été. Ce phénomène est sans doute primordial dans le fonctionnement de la rizière pour la régulation des échanges entre l'eau et les sédiments, en particulier en ce qui concerne les flux des nutriments (FURUSAKA et al.,1969; PATRICK & DELAUNE,1972). Cette stratification au sein de la colonne d'eau est largement favorisée par la présence d'un important herbier à Characées et à *Najas* ainsi qu'au couvert émergeant d'*Oryza sativa* qui limitent le brassage de l'eau par le vent.

BERTRU (1975) observe une évolution saisonnière du même type dans des mares de Bretagne.

3 - Les nutriments

Seules les formes minérales solubles directement assimilables de l'azote (nitrates, nitrites et ammonium) et du phosphore (orthophosphates) ont été prises en compte. Elles représentent, hormis le premier mois de submersion, respectivement 66% et 3,5% de l'azote et du phosphore total.

Les teneurs en nutriments sont assez élevées en particulier en ce qui concerne P, par rapport à ce qui est dosé dans nombre de lacs (CAPBLANQ, 1972; GOLTERMAN, 1975), mais est très faible au regard des teneurs en phosphore total, des quantités apportées par l'eau d'irrigation et de celles enfouies dans le sol avant la submersion (fumure de base nécessaire à la culture du riz).

L'azote est essentiellement représenté par sa forme ammoniacale dont les plus fortes teneurs (comprises entre 0,5 et 1 mg.l⁻¹) sont trouvées au début de la saison rizicole. Les teneurs sont ensuite inférieures à 0,1 mg.l⁻¹ pendant la phase estivale. Les nitrites sont toujours présents dans l'eau à des concentrations très faibles, ne dépassant pas dans la plupart des cas 10 µg.l⁻¹.

Les nitrates sont les composés azotés les plus abondants durant la première semaine de submersion où leurs concentrations peuvent atteindre 5 mg.l⁻¹. Ils ne sont plus jamais détectés par la suite en raison des processus de dénitrification. Les teneurs les plus élevées en P des orthophosphates sont également observées en mai (jusqu'à 0,15 mg.l⁻¹). Elles évoluent par la suite entre 0,01 et 0,05 mg.l⁻¹.

Les variations des concentrations de ces deux éléments se reproduisent de façon assez similaire d'une saison à l'autre (fig. 3a et 3b), et sont essentiellement dépendantes du calendrier cultural et notamment de la date de mise en eau. Ainsi le décalage que l'on observe en 1979 par rapport à l'année précédente provient d'une mise en eau plus précoce de 3 semaines. Les concentrations sont plus élevées durant les deux premiers mois de submersion alors que le couvert végétal est nul ou minimum. Elles chutent ensuite lorsque ce dernier s'installe. Les teneurs en P augmentent à nouveau en fin de saison après être passées par un minimum à l'interphase. La décroissance des concentrations des formes ammoniacales, de juin à septembre, traduit leur consommation par la végétation.

Durant la première semaine de submersion, les concentrations des nitrates de l'eau d'irrigation (entre 1 et 2 mg.l⁻¹) sont nettement inférieures à celles de l'eau de la rizière. Ces derniers viennent sans doute du sol par solubilisation des nitrates éventuellement apportés dans les engrais (bien que ceux-ci soient essentiellement sous forme de sulfate d'ammoniaque) et ceux produits durant la phase d'assèchement hivernale par minéralisation de la matière organique et nitrification (MAEDA & SCHIGA,1978). Mais leur disparition très rapide fait suite à des pertes par drainage (PODLEJSKI,1979) et par dénitrification qui peut se produire en 2 à 5 jours (RIPL & LINDMARK,1979) et est une des principales causes des pertes d'azote dans les sols submergés (VENTURA & WATANABE,1978).

Les apports par l'eau d'irrigation que l'on peut estimer à partir des mesures effectuées sur le Rhône par l'agence de bassin sont importants (de 25 à 80 kg.ha⁻¹ de N), mais dilués lors de chaque apport dans une proportion de 1 à 3 dans l'eau de submersion, ils ne sont jamais détectés. Une importante flore immergée présente dès le point d'arrivée de l'eau d'irrigation absorbe vraisemblablement une grande partie de cet azote : elle permettrait de fixer la partie qui n'est pas dénitrifiée (RIPL & LINDMARK, op.cit.).

L'azote ammoniacal est apparemment beaucoup moins labile : il est fortement adsorbé sur les particules du sol et sur les colloïdes (HUTCHINSON, 1957). Suivant cet auteur, la diffusion de N dans les lacs est surtout liée à la présence d'une microzone oxydée à l'interface sol-eau. Quand cette dernière disparaît, il y a accumulation au fond du lac par suite de la diminution du pouvoir de rétention de la boue et de l'absence de nitrification pour des Eh inférieurs à + 400 mV. Dans les milieux de faible profondeur, la diffusion se fait immédiatement dans toute la lame d'eau (JORGENSEN, 1979) et serait inversement

proportionnelle à la concentration de l'eau interstitielle (ULEN, 1978). AOMINE (1978) a indiqué le même phénomène dans les rizières qui dépendrait en outre de la capacité d'échange des cations.

La présence de P dans l'eau des rizières peut se poser dans une certaine mesure de la même manière que pour N, compte tenu de la fumure et des apports dans l'eau d'irrigation. Mais les concentrations sont nettement plus faibles. En fait, ces composés sont fortement fixés dans le sol où ils réagissent avec le CaCO_3 pour donner de l'apatite, phosphates de Ca insolubles (HEPNER, 1958). Cet auteur rapporte en outre que les orthophosphates apportés et dissous dans l'eau peuvent disparaître en 1 à 2 jours, les quantités résiduelles ne représentant que 1 à 5% de l'apport. L'enrichissement de l'eau en orthophosphates à partir du sol se fait surtout par diffusion (ULEN, op.cit.). Cette diffusion, freinée par la présence d'une zone oxydée à l'interface, se déroule librement dès que celle-ci disparaît (BERTRU op.cit.). Les échanges entre l'eau et les sédiments sont enfin dépendants de la température et de la concentration en P de l'eau (KELDERMAN & VERWEY, 1984).

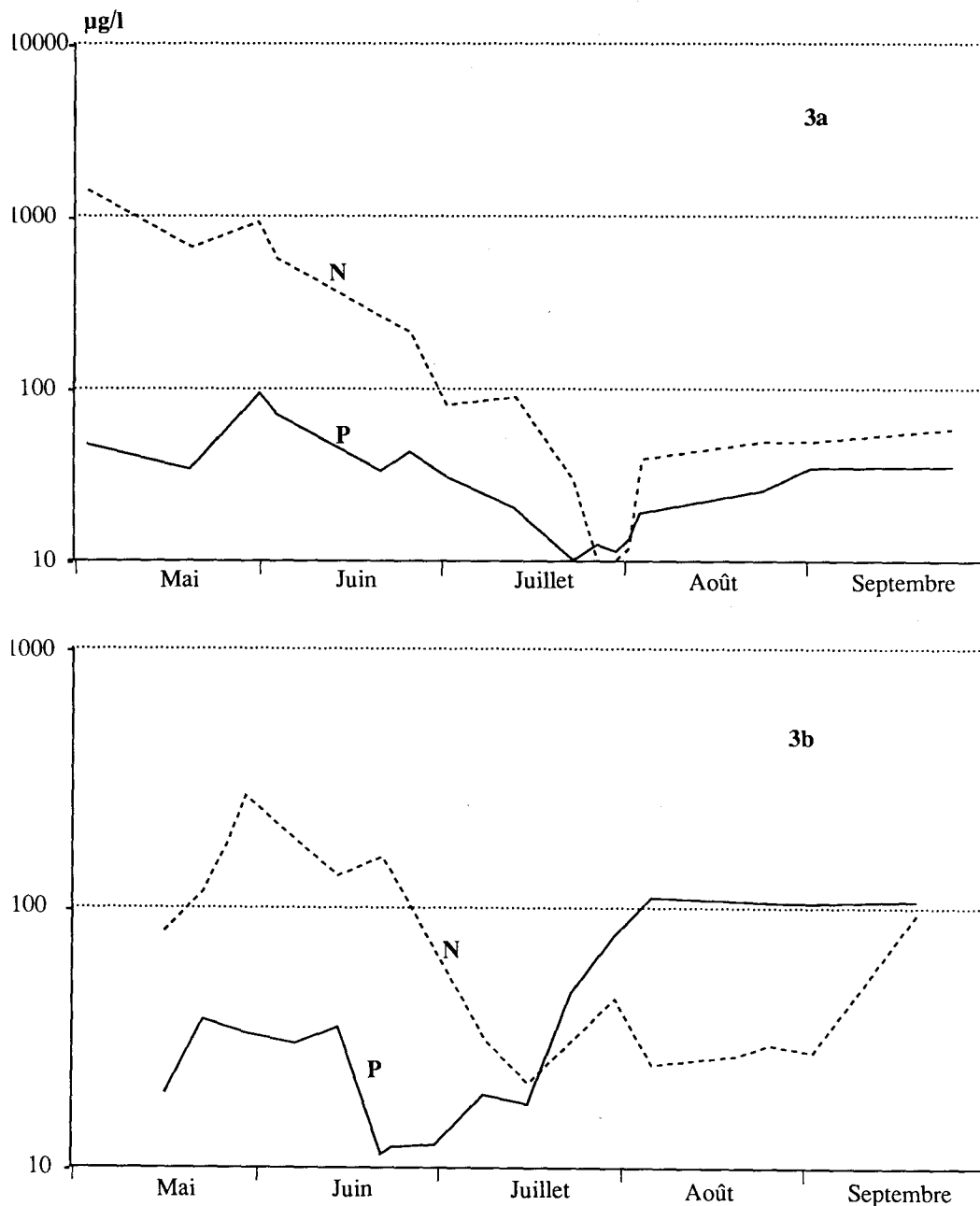


Figure 3 - Evolution des concentrations des formes minérales solubles totales de l'azote et des orthophosphates (exprimées en N et P) dans l'eau des rizières au cours des saisons rizicoles de 1978 (3a) et 1979 (3b).

IV - DISCUSSION

Comme cela a déjà été évoqué pour le carbone minéral, les fluctuations saisonnières de N et P procèdent à la fois de mécanismes physico-chimiques, dont certains viennent d'être soulignés, et de l'activité biologique. Les concentrations observées ne sont que des valeurs instantanées qui reflètent, à un moment donné, un équilibre entre les quantités disponibles et mobilisables et celles mises en oeuvre par les organismes vivants. La distinction entre les mécanismes physico-chimiques et les mécanismes biologiques n'est pas très aisée dans la mesure où ils sont souvent interdépendants, mais pas nécessairement de façon directe.

Le début de saison est caractérisée par une phase d'installation rapide des processus réglant les échanges entre le sol et l'eau. Ainsi dès la première quinzaine de submersion la zone des potentiels d'oxydo-réduction inférieurs à l'isovolt +200 mV se situe 3 ou 4 mm au dessous de l'interface. Cependant cette dernière est entièrement remaniée par les turbulences dues aux vents agissant directement sur le plan d'eau libre, et par bioturbation sous l'action d'une abondante microfaune invertébrée dont de très nombreux Ostracodes et un phyllopode, *Triops cancriformis* Bosc, dont les densités peuvent atteindre plusieurs centaines d'individus par m² (PONT & VAQUER, 1986). La mise en suspension des sédiments sous l'action souvent simultanée de ces

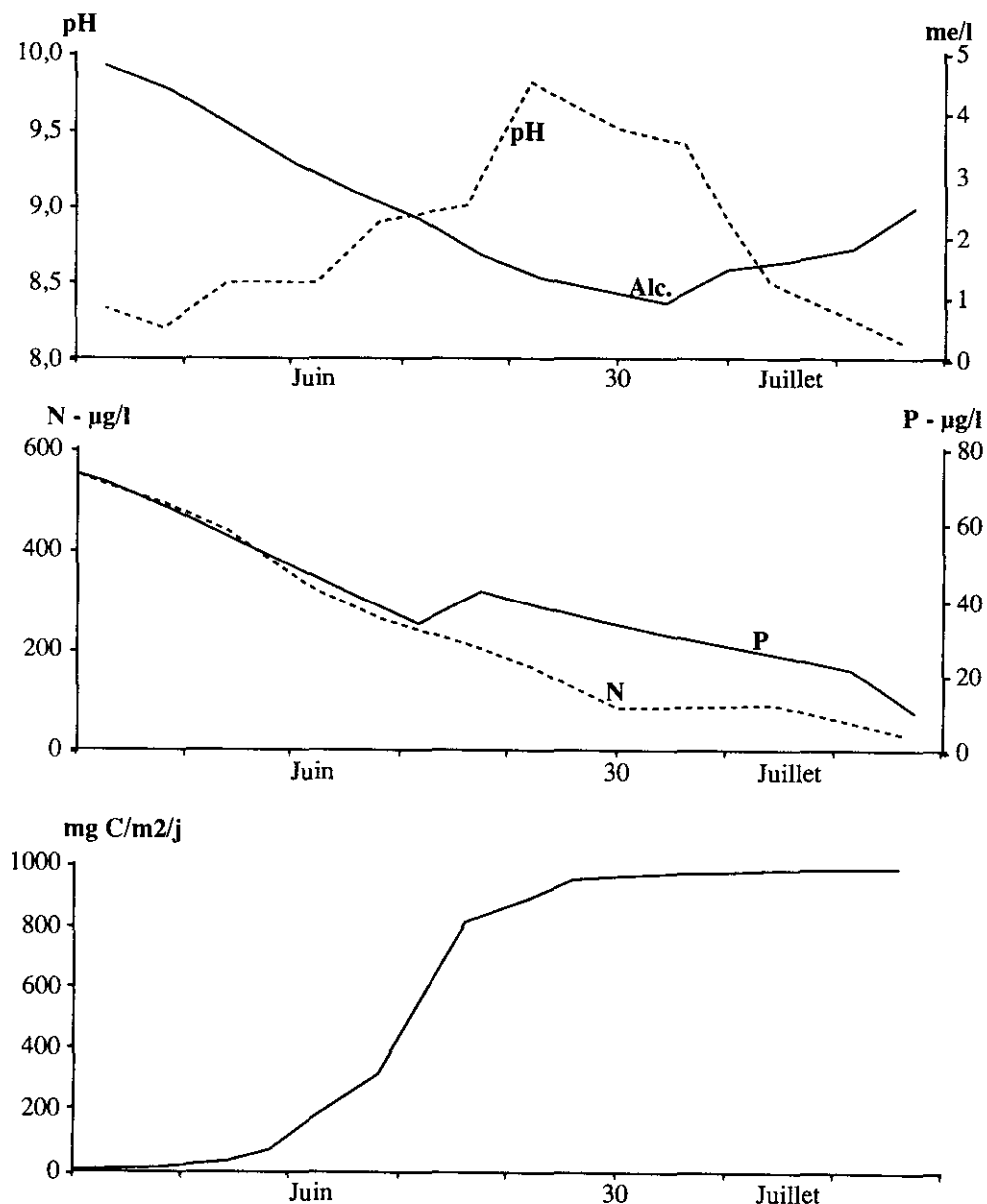


Figure 4 - Evolution du pH, de l'alcalinité, des concentrations en N et P, et de la production de la végétation macrophytique immergée pendant les mois de juin et de juillet.

facteurs favorise les échanges entre les sédiments et l'eau (ULEN,op.cit.; UHLMAN, 1982) et pourrait expliquer les fortes teneurs en N et P du début de saison, malgré une productivité primaire élevée (VAQUER, 1984a).

Lors du développement de la végétation macrophytique immergée en juin et juillet, l'interface se stabilise peu à peu, n'étant plus directement perturbée, et les échanges sont freinés au niveau de la pellicule oxydée bien installée. Quand la croissance de cette végétation s'accélère, la demande en éléments nutritifs devient très forte et leurs teneurs sont maintenues au plus bas niveau. L'activité photosynthétique est alors maximale comme en témoignent les valeurs de pH et d'alcalinité pendant cette période (fig.4).

En fin de saison l'activité de la flore immergée est certes moins importante du fait de la diminution de l'énergie lumineuse disponible sous le couvert du riz : les niveaux d'alcalinité sont relativement stables et élevés. Mais la demande en nutriments par cette végétation peut encore être importante du fait de sa forte biomasse et contribue sans doute à maintenir des taux faibles notamment en N. Ceux-ci peuvent en outre résulter de la diminution du stock du sol consommé par le riz. A l'inverse de N, les concentrations de P ont tendance à remonter en fin de saison, par suite de la disparition de la pellicule oxydée qui permettrait sa diffusion. JUGET & ROSTAN (1973) avaient déjà souligné ce phénomène dans un étang de la Dombes lors de la croissance d'une importante végétation de *Trapa natans*.

Sur l'ensemble de la saison rizicole de 1978, à l'exception de la première semaine, les rapports N/P varient autour d'une moyenne de 12,6 pendant la phase printanière et de 3,3 pendant la phase estivale. En 1979, ces rapports moyens sont respectivement de 7 et 0,7 pour les deux mêmes phases. Ils montreraient que dans au moins trois cas (pour $N/P < 10$) l'azote pourrait être un facteur limitant. Cependant la liaison entre les teneurs en nutriments et la production primaire n'est pas toujours clairement établie au niveau des variations saisonnières, sauf à la période de croissance de la macroflore immergée qui représente alors la principale activité du milieu.

Cette liaison est plus évidente au niveau des cycles journaliers (fig.5) : l'évolution des teneurs en N et P est parallèle à celles de l'alcalinité, à l'opposé de celles de l'oxygène, reflète de l'activité photosynthétique. Le rapport des teneurs minimales observées au milieu de la journée à celles mesurées à l'aube ou en fin d'après-midi est de l'ordre de 1 à 10. Le phosphore n'est parfois même pas détecté. Les fluctuations des concentrations au cours de la journée ne correspondent pas intégralement à celles qui devraient résulter des besoins liés à la production primaire. Ainsi, par exemple, la production des Characées estimée pendant la phase estivale à 6mgC/l/j en moyenne (VAQUER, 1984b) nécessiterait à elle seule 0,4mg de N et 0,06mg de P, en admettant que

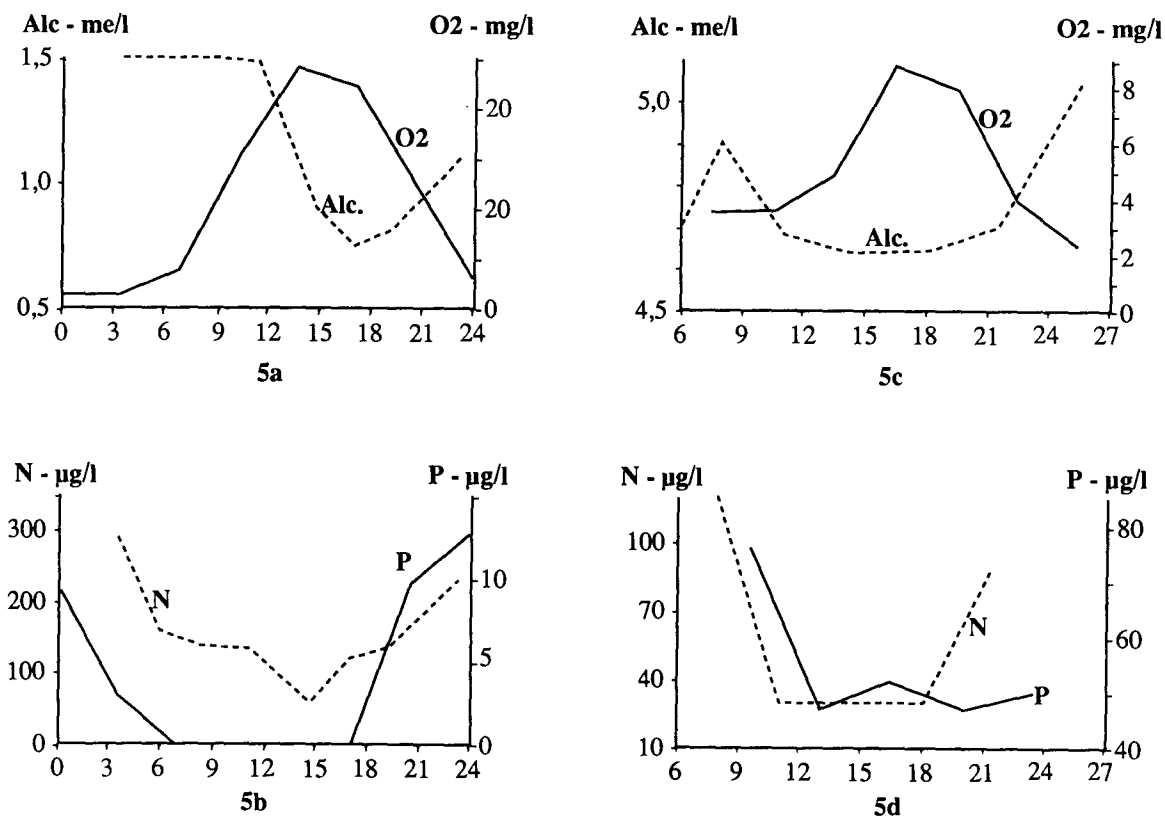


Figure 5 - Evolution journalière de l'alcalinité, de l'oxygène et des nutriments (N et P) dans l'eau de submersion, au printemps (5a et 5b) et sous le couvert végétal en été (5c et 5d).

ces besoins sont dans un rapport C/N/P de 100/15/1 (OWENS & ESAIAS, 1976). Or ces valeurs dépassent largement les variations des concentrations des deux éléments dosés dans l'eau, soit respectivement 0,01 à 0,11 mg.l⁻¹ et 0,006 à 0,054 mg.l⁻¹. Ces besoins théoriques sont donc nécessairement assurés par des flux, notamment à partir du sol.

Mais d'autres mécanismes, aussi bien physico-chimiques que biologiques sont susceptibles d'intervenir sur les variations des concentrations en nutriments. L'évolution des équilibres calco-carboniques sous l'action de la photosynthèse et de la respiration joue un rôle déterminant sur la disponibilité en P dont une partie peut co-précipiter avec les carbonates : les pH de l'eau dépassent assez souvent 9. Cette élévation du pH peut être également à l'origine de perte d'azote par volatilisation de NH₃ (MIKKELSEN, 1978). Enfin une partie des variations de N et P proviennent de l'excrétion par les algues elles-mêmes (SCHIEWER & BAADER, 1982) et par les zooplanctontes (GANF & BLAZKA, 1974; LAMPERT, 1978; LEHMAN, 1980; OLSEN & OSTGAARD, 1985; HENRY, 1985).

V - CONCLUSION

L'analyse des variations des principaux paramètres biologiques et physico-chimiques permet de définir assez clairement le biotope de la rizière.

La composition de base de l'eau dans la rizière est en moyenne relativement similaire à celle de l'eau d'irrigation en provenance du Rhône. La minéralisation moyenne est nettement plus faible que dans les rizières du Delta de l'Ebre (FORES & COMIN, 1987). Malgré leur renouvellement rapide, ces eaux voient leur composition largement modifiée lors des périodes de fortes activités biologiques, en particulier lors de la croissance des Characées.

Bien qu'apportés dans l'eau d'irrigation, les nutriments sont davantage liés à la dynamique interne du système. La régulation des échanges entre le sol et l'eau est soumise à la présence d'une pellicule oxydée dont la limite inférieure définie par l'isovolt +200mV est située à l'interface sol-eau et de ses micro-déplacements (quelques mm) journaliers. L'existence de cette microzone oxydée est largement fonction des équilibres existant à l'interface entre les processus de production primaire et de décomposition liés à l'activité bactérienne (BERTRU, 1975).

Les grandes fluctuations saisonnières de certains facteurs (pH, alcalinité,...) sont liées à la croissance d'une végétation immergée abondante. A ces fluctuations se surimposent des variations journalières non moins importantes de ces mêmes facteurs en relation également avec l'activité biologique. Ces variations montrent clairement les fortes interactions entre le milieu et les organismes. L'activité biologique liée aux paramètres physiques et chimiques est en même temps l'une des principales causes de leurs grandes variations.

La plupart des phénomènes physico-chimiques décrits dans les lacs et les étangs se produisent dans la rizière dont une des particularités intéressantes est la position de l'interface sol-eau située juste sous la surface de l'eau, en pleine lumière. Les éléments diffusant à partir des sédiments sont alors immédiatement inclus dans les cycles biologiques et plus particulièrement par la photosynthèse dans toute la colonne d'eau. Les phénomènes de stratification thermiques classiques dans les lacs et même dans les étangs ne peuvent pas se réaliser en rizière au moins pendant la phase printanière (sans végétation) où le brassage par le vent et la bioturbation sont presque permanents. Pendant la phase estivale où ce brassage est plus ou moins empêché par la végétation, la zone d'interface soumise à plus de variations journalières (lumière, oxygénation, respiration) présente en fin de nuit un aspect se rapprochant dans une certaine mesure de celui caractérisant la couche profonde d'un lac ou d'un étang en période de stratification. Cependant, du fait de la très faible profondeur, les phénomènes d'interface (relargage, diffusion) concerneront très rapidement toute la colonne d'eau. De même l'oxygénation du milieu s'effectuera assez vite du fait de l'activité photosynthétique, bien qu'amoindrie par la diminution de la lumière sous le riz.

L'existence d'un flux régulier des nutriments dans la colonne d'eau suivant un rythme journalier paraît être une des caractéristiques des plus importantes pour les milieux de faible profondeur.

VI - BIBLIOGRAPHIE

- AOMINE S. (1978). - Movement of ammonium in paddy soils in Taiwan. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 24(4), 571-580.
- A.P.H.A. (1971). - Standard methods for the examination of water and wastewater. *A.P.H.A., A.W.W.A., W.P.C.F.*, 13th edit., Washington.
- BALDENSBERGER J. (1981). - Short-term variations of microbiological and physicochemical water over a rice field. *Ann. Microbiol.*, 132 B, 101-122.
- BERTRU G. (1975). - Etude physico-chimique et microbiologique des échanges sédiment-eau : influence sur la trophie du système et la périodicité du phytoplancton. *Thèse Doct. Etat, Sci. Nat.*, Univ. Rennes, 243p.

- CAPBLANCO J.(1972). -Phytoplankton et productivité primaire de quelques lacs d'altitude dans les Pyrénées. *Ann. Limnol.*, 8(3), 231-321.
- CAPBLANCO J.(1982).- Phytoplankton et production primaire.In: R.POURRIOT, "Ecologie du plancton des eaux continentales". *Collection d'écologie* 16:1-48. Masson, Paris.
- FORES E., COMIN A. (1987) - Chemical characteristics of the water in the ricefields of the Ebro Delta. *Arch. Hydrobiol.*, 111(1), 15-24.
- FURUSAKA C., HATTORI T., SATO K., YAMAGISHI H., HATTORI R., NIOH I., NIOH T., NISHIO M. (1969). - Microbiological, chemical and physico-chemical surveys of the paddy field soil. *Rep.Inst.Agr.Res. Tohoku Univ.*, 20, 89 -101.
- GANF G.G., BLAZKA P. (1974). - Oxygen uptake, ammonia and phosphate excretion by zooplankton of a shallow equatorial lake (lake George, Uganda). *Limnol.Oceanogr.*, 19(2),313 -325.
- GHOSH S.N., KAR A.K., DHUA S.P. (1974) - Influence of growing rice plant on redox potential and pH changes in flooded soil. *Technology*, 11(4), 425-428.
- GOLTERMAN H.L. (1975). - Physiological limnology. An approach to the physiology of lake ecosystems.*Developments in water science* 2., Elsevier, Amsterdam.
- GOLTERMAN H.L., CLYMO R.S., OHNSTAD M.A.M. (1978). - Chemical analysis of freshwaters. *IBP 8, 2e édit.*, Blackwell Scientific Pub., Londres.
- GOLTERMAN H.L., KOUWE F.A. (1980). - Chemical budgets and nutrients pathways. In: "The functioning of freshwater ecosystems". LE CREN E.D. & LOWE-McCONNELL R.H. ed., *IBP 22.*, Cambridge Univ.Press, 85 -140.
- GOLTERMAN H.L. (1982). - Loading concentration models for phosphate in shallow lakes. *Hydrobiologia*, 91, 169 -174.
- HENRY R.L.(1985).-The impact of zooplankton size structure on phosphorus cycling in field enclosures.*Hydrobiologia*,120 ,3 - 9.
- HEPNER B. (1958). - On the dynamics of phosphorus added in fish ponds in Israel. *Limnol.Oceanogr.*,3, 84 -100.
- HEURTEAUX P., MESTRES R., VAQUER A. (1973). - Contamination des milieux aquatiques camarguais par les résidus de produits phytosanitaires. *La Terre et La Vie*, 1, 33 - 61.
- HUTCHINSON E. (1957). - A treatise on limnology . Vol 1. Geography, physics and chemistry. *J.Wiley. Interscience.*
- JORGENSEN B.B., REVSBECH N.P., BLACKBURN T.H., COHEN Y. (1979). - Diurnal cycle of oxygen and sulfide micro-gradients and microbial photosynthesis in a cyanobacterial mat sediment. *Applied Environ. Microbiology*, 38(1),46 -58.
- JUGET J., ROSTAN J.C. (1973). - Influence des herbiers à *Trapa natans* sur la dynamique d'un étang en période estivale. *Ann.Limnol.*, 9(1), 11-24.
- KELDERMAN P., VERWEY A. (1984). - Modelling the phosphate concentration in a shallow lake, with special emphasis on the effects of sediment-water exchange. *Wat. Sci. Tech.*, 17, 1459-1460.
- LAMPERT W. (1978). - Release of dissolved organic carbon by grazing zooplankton. *Limnol.Oceanogr.*, 23(4),831- 834.
- LEHMAN J.T. (1980). - Release and cycling of nutrients between planktonic algae and herbivores.*Limnol.Oceanogr.*,25(4), 620 - 632
- MAEDA K., SHIGA H. (1978). - Relationship between mineralisation and immobilization of nitrogen influenced by various conditions of submerged soils. *Soil Sci.Plant Nutr.*, 24(4), 515 -524.
- MIKKELSEN D.S., DE DATTA S.K., OBCEMEA W.N. (1978). - Ammonia volatilization losses from flooded rice soils. *Soil Sci.Soc.Amer.J.*, 42,725 -730.
- MORTIMER G.H. (1941). - The exchange of dissolved substances between mud and water in lakes.*J.Ecol.*, 29(2),280 -329.
- MORTIMER G.H. (1971). - Chemical exchanges between sediments and water in the Great Lakes. Speculations on probable regulatory mechanisms. *Limnol.Oceanogr.*, 16(2), 387 - 404.
- OLSEN Y., STGAARD K. (1985). -Estimating release of phosphorus from zooplankton: model and experimental verification. *Limnol. Oceanogr.*, 30(4), 844 - 852.
- OTSUKI A., WETZEL R.G. (1973) - Calcium and total alkalinity budgets and calciumcarbonate precipitation of a small hard-water lake. *Arch.Hydrobiol.*, 1,14 -30.
- OWENS O.H., ESAIAS W.E. (1976). - Physiological responses of phytoplankton to major environmental factors. *Ann.Rev.Plant Physiol.*,27,461- 483.
- PATRICK W.H., DELAUNE R.D. (1972). - Characterization of the oxidized and reduced zones in flooded soil. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 36, 573 -576.
- PODLEJSKI J. (1979). - De quelques problèmes écologiques posés par l'emploi de quatre pesticides en riziculture camarguaise. *Thèse Doct.Ing.*, U.S.T.L. Montpellier, 162p.

- PONT D. (1983). - Recherches quantitatives sur le peuplement de Copépodes, Cladocères et Ostracodes des rizières de Camargue. *Thèse Doct.État, Sci.Nat.*, Univ. Provence, Aix-Marseille 1, 353p.
- PONT D., VAQUER A. (1984). - Quelques caractéristiques physico-chimiques de l'eau de submersion des rizières de Camargue (France): rôle de la végétation immergée et émergée. *Ecologia Mediterranea*, 10(1-2), 133 -145.
- PONT D., VAQUER A. (1986). - Influence du phyllopode *Triops cancriformis* (Bosc.) sur la biocénose des rizières de Camargue. *Acta.Oecol., Oecol. gen.*, 7(1), 75 - 88.
- RIPL W., LINDMARK G. (1979). - The impact of algae and nutrient composition on sediment exchange dynamics. *Arch. Hydrobiol.*, 86(1), 45 - 65.
- RODIER J. (1978). - L'analyse de l'eau. *Dunod*, 6e édité, Paris.
- SCHIEWER U., BAADER G. (1982). - Pelagic NH₄ rhythm independent of the sediment in eutrophic shallow waters. *Int.Revue ges.Hydrobiol.*, 67(6), 845 - 850.
- STRAUSS R., LEPOINT J. (1966). - Influence des chlorures alcalins sur la nutrition et la croissance des Characées. *C.R. Acad. Sc. Paris*, 263, Série D, 40-43.
- TOURENQ J.N. (1976). - Recherches écologiques sur les Chironomides (Diptera) de Camargue. 1.-Etude faunistique et biogéographique. *Ann.Limnol.*, 12(1), 17 -74.
- UHLMANN D. (1982). - Evaluation of strategies for controlling eutrophication of lakes and reservoirs. *Int.Revue.ges. Hydrobiol.*, 67(6), 821- 835.
- ULEN B. (1978). - Seston and sediment in lake Norrviken. 3.-Nutrient release from sediment. *Schweiz.Z.Hydrol.*, 40(2), 287 - 305.
- VAQUER A. (1981). - Recherches écologiques sur les milieux aquatiques temporaires peu profonds. Structure et productivité du phytoplancton et des peuplements de Characées dans les rizières de Camargue. *Thèse Doct.État, Sci.Nat.*, U.S.T.L., Montpellier, 258p.
- VAQUER A. (1984) - La production algale dans les rizières de Camargue pendant la période de submersion. *Int.Verein.Limnol. Proc.*, 22, part 3, 1651-1654.
- VAQUER A. (1984). - Biomasse et production des Characées dans les rizières de Camargue (France) et leur importance écologique. *Acta Oecol., Oecol.Plant.*, 5(19), 299 -313.
- VENTURA W., WATANABE I. (1978). - Dry season, soil conditions and soil nitrogen availability to wet season wetland rice. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 24(4), 535 -545.
- YAMANE I. (1969). - Reduction of nitrate and sulfate in submerged soils with special reference to redox potential and water-soluble sugar content of soils. *Soil Sci.Plant Nutr.*, 15(4), 139 -148.

L'eau et la riziculture en Camargue.

Bilans hydriques des rizières et phénomènes souterrains
induits par la riziculture, conséquences écologiques et agronomiques.

P. HEURTEAUX*

Première partie : bilans hydriques des rizières.

RESUME - Les rizières de Camargue représentent actuellement quelque 12 000 hectares, soit près de la moitié des surfaces cultivées. L'eau qui leur est nécessaire est fournie pour l'essentiel par le Rhône et pour une faible part par les pluies. La période culturale s'étend de la deuxième quinzaine d'avril à la première quinzaine d'octobre.

Le bilan de l'eau des rizières s'écrit:

irrigation + pluies = évapotranspiration + drainage

Le drainage est la somme du ruissellement de surface (drainage superficiel) et de l'apport à l'aquifère par infiltration (drainage profond).

Les termes du bilan ont été mesurés par l'expérimentation sauf la percolation qui a été quantifiée par différence entre les valeurs des termes mesurés.

En moyenne pour l'ensemble de la Camargue, le bilan volumique annuel d'un hectare de rizière s'établit ainsi:

- évapotranspiration du système rizière: 10 000 m³
- drainage profond (percolation) : 6 000 m³
- drainage superficiel (ruissellement) : 5 000 à 15 000 m³

Le drainage superficiel varie dans de larges limites suivant l'étanchéité de parapets des rizières, du nombre de vidanges volontaires et du mode d'irrigation pratiqué (juste compensation des pertes ou "arrosage à la surverse").

En moyenne, la quantité d'eau introduite pour la riziculture camarguaise est comprise entre 25 000 et 30 000 m³ par hectare et par an.

SUMMARY - WATER AND RICE-GROWING IN THE CAMARGUE, PADDY-FIELD WATER BALANCE AND UNDERGROUND PHENOMENA INDUCED BY RICE CULTIVATION, ECOLOGICAL AND AGRICULTURAL CONSEQUENCES.

First part : PADDY-FIELD WATER BALANCE

In the Camargue (delta of the Rhone, South-eastern France), paddy-fields extend over about 12,000 hectares (ca 30,000 acres), about half of the cultivated area. They are flooded partly by rain but mainly by irrigation water from the Rhone. The period of cultivation extends from the second fortnight of April to the first fortnight of October.

The paddy-field water balance is : Irrigation + Rainfall = Evapotranspiration + Drainage.

Drainage is the sum of surface run-off and seepage from the paddy-fields.

Each term of the water balance was measured by experiment except for seepage quantified by difference between the value of the measured terms.

On average, the water balance per hectare of paddy-field and per year is as follows :

- evapotranspiration from the paddy-field system : 10,000 m³
- seepage : 6,000 m³
- run-off : from 5,000 to 15,000 m³

The superficial drainage varies within large limits according to how waterproof the retaining banks of the paddy-fields are, are the number of voluntary water changes and the irrigation method.

On average the quantity of irrigation water used for rice-growing ranges between 25,000 and 30,000 m³ per hectare and per year.

MOTS CLES : Camargue, rizières, bilans hydriques, irrigation, drainage, évaporation, évapotranspiration.

KEY WORDS : Camargue, paddy-fields, water balance, irrigation, drainage, evaporation, evapotranspiration.

La culture du riz en milieu inondé implique le plus souvent le recours à l'irrigation. Chaque pays de riziculture adapte son système d'irrigation à ses disponibilités en eau douce, à la main d'oeuvre dont il dispose, ainsi qu' à la configuration et la nature des terrains cultivés. Pour la Camargue, le Rhône est une source illimitée d'eau douce, sauf au cours d'étés exceptionnellement secs comme celui de 1976. La platitude des terres et l'excellent réseau d'irrigation per-

*CNRS - Laboratoire d'hydrobiologie de l'Université de Provence, 13331 Marseille cedex 3

mettent d'acheminer l'eau pratiquement partout à un prix relativement modéré. Par contre, la cherté de la main d'oeuvre conduit à limiter au strict minimum le contrôle humain de la desserte de l'eau aux rizières. En outre, la nécessité de dessaler certains sols rend impérative l'intensification du drainage. Ces réalités poussent les riziculteurs camarguais à utiliser un volume d'eau nettement supérieur aux seuls besoins physiologiques du riz et aux inévitables pertes vers l'aquifère. Ils ont fréquemment recours aux vidanges volontaires des clos de riz pour lutter contre les plantes adventives et favoriser l'enracinement des jeunes plantules; mais surtout ils pratiquent peu ou prou l'"arrosage à la surverse" qui consiste à aménager un seuil à la hauteur désirée dans un des parapets d'une rizière ou d'un groupe de rizières, d'admettre beaucoup plus d'eau que nécessaire et de laisser l'excédent s'écouler dans le réseau de drains superficiels. Cette pratique supprime le contrôle attentif des niveaux d'eau et allège l'entretien des parapets des rizières puisque les petites fuites n'ont guère d'effet sur les niveaux, par contre, elle accroît considérablement le volume des eaux de drainage.

La surface agricole camarguaise consacrée à la riziculture varie en fonction de contingences économiques. Elle est actuellement de 10 000 à 12 000 hectares, soit à peu près la moitié de la surface cultivée. La période culturale s'étend sur 23 à 24 semaines de la seconde quinzaine d'avril (mise en eau, semis) à la première quinzaine d'octobre (récolte).

La quantité d'eau nécessaire aux rizières camarguaises est la somme des pertes par évapotranspiration du riz et par drainage. Elle est fournie pour une faible part par les pluies et pour l'essentiel par l'irrigation.

L'eau nécessaire aux processus physiologiques d'une plante est quantitativement matérialisée par l'évapotranspiration. Celle-ci dépend du développement et de la morphologie du végétal et de sa réponse (régulation stomatique) aux conditions extérieures (facteurs climatiques, disponibilité en eau). Dans le cas des rizières, l'eau n'intervient pas comme facteur limitant et le riz est placé dans les conditions optimales de l'évapotranspiration potentielle: l'ETP. L'ETP peut être calculée avec une marge d'incertitude acceptable à partir des données climatiques. Elle peut également faire l'objet de mesures en cases lysimétriques.

Contrairement aux marais qui occupent les dépressions naturelles du terrain et dont les niveaux d'eau sont généralement en dessous de la cote moyenne du sol, le fond des rizières est au même niveau que les terres voisines. L'eau de submersion des rizières est donc en surcharge à l'intérieur de parapets plus ou moins étanches. Cette surcharge favorise le drainage. Nous distinguerons entre drainage profond, c'est-à-dire l'infiltration vers et la percolation dans la nappe aquifère, et le drainage superficiel, c'est-à-dire l'écoulement direct dans le réseau de canaux creusés à cet effet. L'importance de ces deux formes du drainage dépend de nombreux facteurs. Le drainage profond est fonction de la nature des sols de rizières et d'un gradient hydraulique. Il dépend donc (1) de la texture originelle des terrains et de la compacité de la semelle de labour due au passage répété des engins aratoires; (2) de la différence de charge entre l'eau de la rizière et la nappe aquifère. Cette différence de charge est liée à la hauteur de la lame de submersion, à la cote des terrains et à la charge régnant dans l'aquifère, c'est-à-dire à l'état de décrue de la nappe lui-même lié aux conditions climatiques pendant la période de culture. L'importance du drainage superficiel varie en fonction de la densité du réseau de drainage, de son entretien, de l'étanchéité des parapets de rizières et de la propension qu'ont les riziculteurs à dispenser plus ou moins largement l'eau

d'irrigation. Une telle complexité ne laisse d'autre possibilité que le recours à l'expérimentation pour quantifier le drainage superficiel. Quant au drainage profond, l'expérimentation, précieuse pour en déterminer les processus, se révèle impuissante à résoudre tous les problèmes que pose sa quantification. Le volume des percolats ne peut qu'être déduit de la connaissance des volumes des autres paramètres du bilan.

J'ai choisi de recourir à une approche expérimentale pour mesurer les volumes de tous les paramètres mesurables. J'ai pu ainsi établir, avec une marge d'incertitude convenable, des bilans hydriques chiffrés. Ces bilans concernent des rizières semées à la volée et desherbées chimiquement, aussi bien que des rizières repiquées et desherbées à la main. Il m'a paru intéressant de comparer les volumes d'eau mis en jeu par les deux méthodes bien que le repiquage manuel soit abandonné depuis plus de 20 ans. Cet abandon n'a pas pu être évité pour des raisons économiques et sociales, pourtant, dans le contexte climatique camarguais, la transplantation est mieux adaptée à la réussite des rizières que les semis à la volée de graines préalablement trempées. Actuellement, la technique qui prévaut est le semis en ligne et à sec de graines lestées d'un mouillant. Compte tenu de l'évolution technologique du machinisme agricole, il n'est plus tout à fait utopique d'imaginer à terme le remplacement des semis par le repiquage mécanique et la réactualisation de conditions hydriques aujourd'hui périmées.

MATERIELS ET METHODES UTILISEES POUR LA MESURE EXPERIMENTALE DU BILAN HYDRIQUE DES RIZIERES DE CAMARGUE

Comme nous l'avons vu, le bilan de l'eau des rizières de Camargue s'établit comme suit:

ENTREES : Précipitations + irrigation

SORTIES : Evapotranspiration du riz + drainage superficiel + drainage profond

En fait, les conditions hydriques du sol des rizières avant les mises en eau (état initial) et après la récolte (état final) sont rarement identiques. Ces différences n'affectent pas l'équilibre du bilan, puisqu'elles sont prises en compte dans le paramètre drainage profond qu'il s'agisse d'un emprunt aux réserves de la nappe aquifère sous les rizières ou au contraire du stockage d'une partie résiduelle de l'apport dans l'aquifère, voire même sur les rizières.

1. MESURE DES ENTREES

1.1. Précipitations

Bien délimitées à l'intérieur de parapets, les rizières se comportent comme de vastes pluviomètres et la mesure de l'apport par les pluies est relativement simple et précise. J'ai fait cette mesure à l'aide d'un pluviographe de 2000 cm² de surface réceptrice à 1,50 m au-dessus du sol et d'une série de pluviomètres "Associations" (400 cm²) à +1,50 m et au sol, placés à proximité des rizières expérimentales.

Lorsque le riz atteint un certain développement, une partie de la pluie est interceptée par le feuillage et retourne à l'atmosphère par évaporation. Cette partie dépend non seulement de l'état phénologique de la plante, mais aussi de la répartition temporelle des pluies. A l'échelle du mois, il est évident que le pourcentage d'interception est plus important pour 6 chutes de pluie

de 2 mm chacune espacées de 4 à 5 jours que pour une forte averse de 12 mm. Le coefficient d'interception n'a pas fait l'objet de mesures précises, mais il en a été tenu compte empiriquement.

1.2. Irrigation

Le volume d'eau introduit dans les rizières par irrigation a été mesuré pour des rizières expérimentales de taille réduite (de l'ordre de 1 ha) et pour des ensembles plus vastes de surfaces connues dépendant d'une même station de pompage.

1.2.1 Dans le premier cas, les mesures ont été faites à l'aide de déversoirs rectangulaires en mince paroi enregistreurs (déversoirs de Bazin) doublés d'enregistrements des variations des niveaux d'eau dans les rizières expérimentales. On a pu ainsi calculer avec une précision convenable le volume d'eau introduit volontairement pour l'irrigation et les introductions et pertes involontaires dues aux fuites éventuelles du canal d'irrigation et des parapets des rizières. Les déversoirs en mince paroi ont la réputation d'être précis (erreur comprise entre 1 et 2%, LENCASTRE, 1963; CAUVIN & GUERREE, 1986) si certaines normes sont respectées. La configuration des rizières nous a contraint à respecter ces normes au plus juste et il est raisonnable d'admettre que les mesures faites sont entachées de 3% d'erreur.

1.2.2 Pour les ensembles de rizières alimentées par une même pompe, on a mesuré le débit quotidien moyen de celle-ci, et, connaissant les temps de pompage (cas des pompes à moteur diesel) ou le rapport Q/KVA (cas des moteurs électriques), on a calculé le volume des irrigations, ramené à l'hectare. Le débit réel des pompes a été déterminé par des mesures de vitesse au moulinet sur des chenaux calibrés. Ces mesures ont été faites une ou deux fois chaque jour de pompage à des heures différentes. Cette précaution a permis de prendre en compte les variations du débit des pompes en fonction des variations des niveaux d'eau dans les canaux et d'incidents divers intervenant au cours d'une séance de pompage. Il est cependant évident que l'impossibilité de mesurer le débit des pompes en continu a contribué à aggraver l'erreur introduite par l'usage du moulinet. Il est tenu compte de cela lors de l'interprétation des résultats.

2. MESURE DES SORTIES

2.1 Evaporation et évapotranspiration

L'évapotranspiration (ETP) au niveau d'une rizière est la somme de la transpiration du riz (T) et de l'évaporation physique de l'eau de la rizière (ER). ER, compte tenu du couvert végétal faisant écran, est nettement inférieure à l'évaporation des grandes surfaces libres de végétation (EL)

Toutes ces mesures ont été faites en bacs évaporatoires fonctionnant, dans leurs grandes lignes, sur le même principe.

2.1.1 Principe de fonctionnement des bacs évaporatoires utilisés

Il s'agit de bacs à alimentation automatique par un réservoir, basé sur le principe du vase de Mariotte, installé sur un puisard placé à une distance plus ou moins grande du bac et relié à celui-ci par une canalisation. Le volume évaporé est lu sur le vase d'alimentation. Ces bacs peuvent fonctionner à niveau constant en leur adjoignant un système de récupération et de mesure des pluies. Ce principe adopté pour le bac "Colorado" enterré utilisé, ne l'a pas été pour les bacs installés en rizière, puisque la pluie fait aussi bien monter le niveau dans les bacs que dans la rizière. Dans ce cas, le rebord des bacs hors niveau moyen doit être assez haut (10 cm) pour éviter

les débordements.

2.1.2 Mesure de l'évaporation de grandes surfaces d'eau libre

Elle a été assurée en 1963, 1964 et 1965 à l'aide d'un bac "Colorado" prismatique enterré (91,3 x 91,3 x 80 cm) (figure 1), et en 1976, 1977 et 1978, à l'aide d'une batterie de 5 bacs cylindriques de plus petite dimension ($S = 1170 \text{ cm}^2$ en moyenne, $h = 50 \text{ cm}$) installés à 0,60 m du sol et calorifugés. La réponse des bacs au pouvoir évaporant de l'atmosphère est très sensible à leur section, leur profondeur et à la vitesse du vent (ROHWER, 1931). Les bacs utilisés ici ont été étalonnés par le calcul pour que leurs données puissent être extrapolées aux grandes surfaces d'eau libre. Pour les périodes rizicoles des années considérées dans ce travail, compte tenu de l'influence du vent, les coefficients correcteurs varient de 0,87 à 0,96 pour le bac Colorado et de 0,77 à 0,81 pour les bacs de plus petite dimension.

2.1.3. Mesure de l'évaporation de l'eau de la rizière (ER) et de l'évapotranspiration (ETP)

Pour éviter les effets de bordure, les bacs ont été enterrés au sein des rizières en vraie grandeur, servant également à la mesure des volumes introduits, ou dans une rizière miniaturisée (100 m²) représentant un anneau de garde convenable au dispositif de mesure.

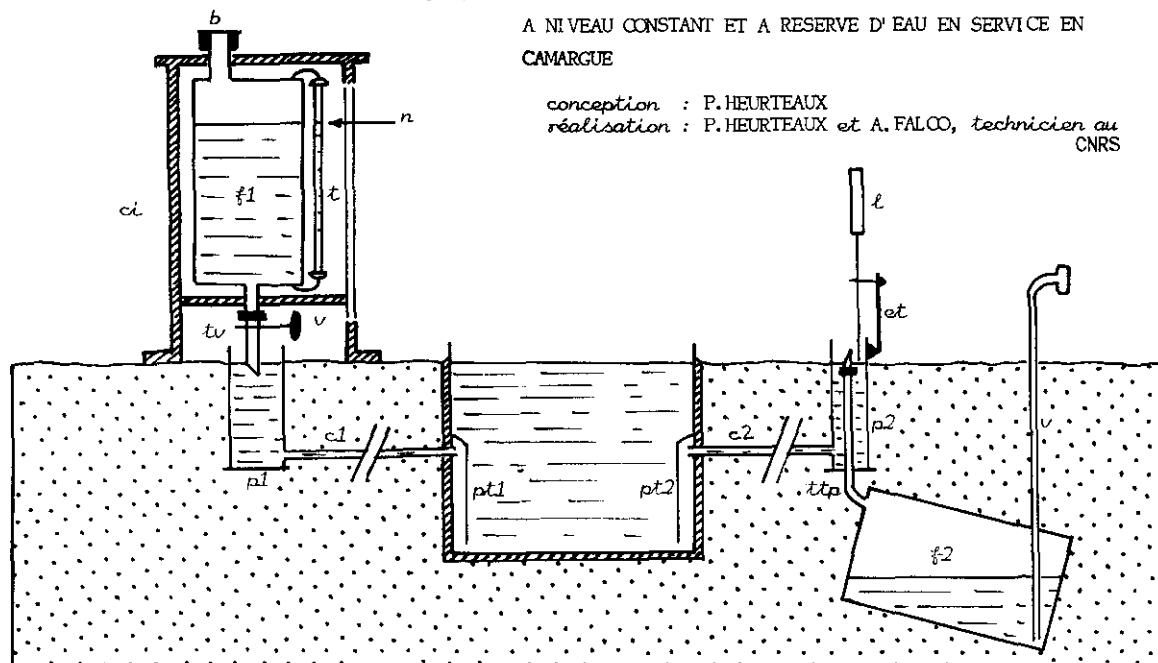
ER a été mesurée à l'aide de deux bacs cylindriques de 1134 cm² de section en 1976, puis de 8 bacs cylindriques de 220 cm² de section en 1978, des bacs de petite taille convenant mieux à ce genre de mesure, car mieux abrités par le riz poussant au voisinage.

ETP a été mesurée à l'aide d'un bac prismatique enterré (100 x 100 x 80 cm) en 1962, 1963, 1964 et 1965, et de batteries de bacs cylindriques ($S = 1134 \text{ cm}^2$, $h = 50 \text{ cm}$) en 1976 (une batterie de 3 bacs) 1977 et 1978 (2 batteries de 3 bacs). La mesure d'ETP a été faite en conditions de repiquage du riz de 1962 à 1966 (16 poquets de 8 brins par m²) et de semis directs de 1976 à 1978 (13 brins distribués au hasard sur les bacs de 1134 cm² soit 132 brins au m² donnant par tallage une moyenne d'environ 500 épis par m²- 450 à 550 -). Les mesures tiennent compte de l'influence des pluies.

Erreur sur les mesures d'ETP

L'erreur instrumentale est inférieure à 1%. Il n'y a pas d'effet d'oasis, l'effet de paroi ne se fait plus sentir dès que le riz a poussé de 10 à 15 cm (fin mai début juin), l'imprécision sur la surface évaporatoire est de l'ordre de 0,1% et celle sur la lecture des volumes évaporés est inférieure à 0,5%. Par contre, l'extrapolation à l'hectare des mesures faites en bacs pose un problème lié à l'hétérogénéité spatiale du couvert végétal. Cette hétérogénéité est due aux hasards de la réussite des jeunes pieds de riz et du tallage. Elle est faible en condition de repiquage, mais elle peut prendre de l'importance dans les rizières semées à la volée où la germination et l'enracinement des plantules peuvent être contrariés en certains endroits d'un même clos plus qu'à d'autres (développement de voiles d'algues filamenteuses, compétition de plantes adventices, effets mécaniques du vent, fertilisation, etc.). C'est d'ailleurs la raison essentielle pour laquelle la deuxième série de mesures (1976-1978) a été faite avec plusieurs petits bacs plutôt qu'avec une seule case d'un mètre carré. Le riz consomme d'autant plus d'eau que son appareil aérien est plus développé et son activité photosynthétique plus forte. Or l'un et l'autre croissent pendant la période végétative jusqu'à la maturité et le jaunissement des feuilles. L'hétérogénéité spatiale se traduit donc par une augmentation progressive de l'écart autour de la valeur moyenne de l'ETP. Les données recueillies au cours des campagnes de mesure de 1977 et 1978, montrent que cet écart est faible en mai et juin (3 à

FIGURE 1 - SCHEMA ET PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DU BAC "COLORADO"
A NIVEAU CONSTANT ET A RESERVE D'EAU EN SERVICE EN
CAMARGUE



conception : P. HEURTEAUX
réalisation : P. HEURTEAUX et A. FALCO, technicien au
CNRS

Il s'agit d'un appareil relativement peu coûteux et simple à réaliser, manipuler et entretenir. Il est particulièrement indiqué pour équiper des stations difficiles d'accès.

Il comprend un bac évaporatoire relié par des canalisations plus ou moins longues à un système d'alimentation en eau déminéralisée et à un système de surverse et de récupération du trop-plein des pluies.

1 - Le **BAC ÉVAPORATOIRE** est un parallélépipède rectangle en tôle galvanisée de 1 mm d'épaisseur, traitée contre la rouille, de 913 mm de côté (8 335 cm² de section droite) et 800 mm de hauteur dont 730 mm enterrés. La partie enterrée est protégée par une caisse. Les canalisations d'alimentation et de surverse débouchent dans le bac dans les puits de tranquillisation (pt1 et pt2 sur le plan de l'appareil).

2 - Le **SYSTÈME D'ALIMENTATION DU BAC** est un fût en tôle galvanisée de 125 litres (f1 sur le plan), protégé par un carter isotherme (ci), muni d'une bonde de remplissage à fermeture étanche (b), d'un tube gradué latéral (t) pour la lecture des niveaux (n), d'un tube de laiton (tv) de longueur réglable, biseauté à la base et muni d'une vanne (v). Le vase d'alimentation est monté sur un puisard (pl) raccordé au bac par une canalisation (c1).

3 - Le **SYSTÈME DE SURVERSE DU TROP-PLEIN DES PLUIES** comprend un puisard (p2) raccordé au bac par une canalisation (c2). Sur ce puisard est monté un **LIANNIMÈTRE À POINTE** (1) fabriqué avec un pied à coulisse ordinaire et posé sur un étrier (et). Au centre du puisard, un tube biseauté à hauteur réglable (ttp) permet l'évacuation du trop-plein des pluies vers un fût enterré (f2) de 125 litres en tôle galvanisée traitée contre la rouille. Les eaux de pluie y sont stockées et sont extraites à l'aide d'une pompe adaptée au tube de vidange du fût (v).

L'évaporation fait baisser (et la pluie monter) le niveau dans le bac évaporatoire et les puisards pl et p2. Lorsque la baisse (ou l'élévation) du niveau est suffisante pour vaincre la force de tension superficielle de l'eau au contact des biseaux des tubes tv et ttp, le système d'alimentation (ou de surverse) fonctionne et rétablit le niveau d'origine fixé par un réglage des tubes tv et ttp.

Pour un pas de temps donné (par exemple la décade ou le mois), on mesure :

- la baisse de niveau dans les vases d'alimentation $n_2 - n_1$ en mm et 1/5 mm

- le volume d'eau de pluie extrait du fût enterré V millilitres

- la hauteur des précipitations P mm et 1/10 mm

(à l'aide de pluviomètres placés près du bac évaporatoire dans les mêmes conditions d'environnement)

- la dénivellation en plus ou en moins lue au limnimètre

à pointe placé dans le puisard p2 $L_2 - L_1$ en mm et 1/10 mm

Ayant établi les coefficients de conversion en mm d'évaporation d'1 mm de dénivellation sur le vase d'alimentation (α) et en mm de pluie d'1 millilitre de l'excédent extrait du fût de stockage (β), la hauteur d'eau évaporée pendant la période considérée est :

$$E \text{ mm et } 1/10 = \alpha (n_2 - n_1) + (\beta V) + (L_2 - L_1)$$

L'environnement du bac est une pelouse maintenue rase. La différence de comportement évaporatoire de la pelouse et de l'eau crée un effet d'oasis. L'évaporation mesurée en bac est de ce fait supérieure à l'évaporation d'une grande surface d'eau libre. Le facteur minorant à appliquer, qui prend en compte la vitesse du vent est, pour la Camargue, généralement compris entre 0,85 et 0,95. On conçoit l'avantage qu'il y aurait à utiliser un bac évaporatoire flottant, ancré au large d'un plan d'eau naturel, mais la fureur des vents rend ce type de bac pratiquement inexploitable en Camargue. A défaut de bac flottant, on peut réduire, voire supprimer l'effet d'oasis en plaçant le bac évaporatoire au centre d'un anneau de garde aquatique convenablement dimensionné (au minimum 10 x 10 m) et aménagé pour briser vaguelettes et clapot. L'installation et la maintenance d'un tel dispositif sont un facteur de complication et exigent la proximité d'une source d'eau douce pour alimenter l'anneau de garde.

4%), mais peut atteindre 15 à 20% en septembre. La valeur globale moyenne est de l'ordre de 8%.

2.2. Drainage superficiel

Les volumes d'eau recueillis dans les canaux de drainage ont été quantifiés à l'aide de déversoirs enregistreurs. Les mesures ont été faites sur une rizière expérimentale de quelque 9000 m² et sur le collecteur principal d'un groupe de rizières.

2.2.1. Dans le premier cas, l'eau recueillie dans les drains ceinturant la rizière passe par un déversoir de Morin enregistreur avant d'être évacuée dans un collecteur principal. Le déversoir de Morin est bien adapté aux faibles débits (sensibilité constante, variations hauteur/débit linéaires) (PODLEJSKI, 1978). Notre appareil étant installé dans des conditions de fonctionnement idéales, il ne doit pas introduire une erreur supérieure à 2%.

2.2.2. Dans le second cas, le collecteur, de plusieurs mètres de largeur, est barré par un déversoir rectangulaire en mince paroi, à rétrécissement latéral. Cet appareil est moins précis que le déversoir de Bazin, en outre son exploitation n'a pas toujours été facile. Une erreur de 6 à 8% sur les mesures est tout à fait vraisemblable.

2.3. Percolation

Les percolats sous rizières ne peuvent être quantifiés que par différence entre les entrées et ceux des paramètres mesurés des sorties d'eau. C'est la conclusion à laquelle ont abouti nos recherches sur les aspects qualitatifs du problème, faites à l'aide de traceurs: eau deutériée (BRISAUD & al., 1981), saumure (HEURTEAUX et al., 1980), pesticides (PODLEJSKI, 1978) et par des mesures de perméabilité (HEURTEAUX, 1962, 1969). Ces études ont en effet révélé une très grande hétérogénéité spatiale de la conductivité hydraulique des sols de rizières. La semelle de labour compactée par le passage répété des engins aratoires est globalement peu perméable, mais dans les cas que nous avons étudiés, elle se comporte comme une passoire aux microperforations réparties de façon aléatoire.

QUANTIFICATION DES PARAMETRES DU BILAN HYDRIQUE DES RIZIERES DE CAMARGUE

1. RESULTATS DES MESURES D'ENTREES GLOBALES (IRRIGATION + PRECIPITATIONS)

Le volume d'eau d'irrigation d'origine rhodanienne dépend, pour une année donnée, de l'importance des pluies et de l'évapotranspiration, de la perméabilité du sol des rizières, du mode de distribution de l'eau (arrosage classique ou "à la surverse", vidanges volontaires, fuites involontaires, niveaux d'eau), et du rapport de la longueur des drains ceinturant la rizière à la surface de celle-ci: (L/S).

Les mesures ont été faites sur trois types de rizières répondant à des modes culturaux différents et des conditions climatiques différentes. Les résultats sont exprimés en mètres cubes d'eau par hectare. L'apport par les pluies tient compte de l'interception par le feuillage.

1.1. Rizière expérimentale de 8.700 m², repiquée, sans drainage superficiel

L'étanchéité des parapets est soigneusement contrôlée et il n'y a pas de drain en ceinture. Il n'y a ni filtration importante d'eau à travers les parapets, ni fuites ni surverse volontaire.

Les volumes ont été mesurés pendant les campagnes rizicoles de 1963 et 1964. Ils sont récapitulés sur le tableau I. Ils représentent la compensation des pertes qui ne sont ici que le fait de l'évapotranspiration du riz et de la percolation. Ils sont très voisins pour les deux années considérées, mais compte tenu de la durée des campagnes (157 jours en 1963, 125 en 1964), la consommation d'eau est supérieure de quelque 30% en 1964 du fait de conditions climatiques favorables à l'évapotranspiration et à une forte décharge de la nappe aquifère due à la percolation.

TABLEAU I - Quantité d'eau introduite sur la rizière expérimentale en 1963 et 1964.
Volumes en mètres cubes par hectare.

	Irrigation	pluies nettes	total		Irrigation	pluies nettes	total
Mai	2 520 ± 40	180	2 700 ± 40	Mai (à partir du 8)	3 800 ± 60	500	4 300 ± 60
Juin	2 720 ± 40	180	2 900 ± 40	Juin	3 200 ± 50	30	3 230 ± 50
Juillet	2 540 ± 40	660	3 200 ± 40	Juillet	3 950 ± 60	130	4 080 ± 60
Août	2 270 ± 40	230	2 500 ± 40	Août	1 700 ± 30	750	2 450 ± 30
Septembre	950 ± 10	1 750	2 700 ± 10	Septembre (jusqu'au 10)	0	450	450
Octobre (jusqu'au 14)	0	100	100				
total	11 000 ± 170	3 100	14 100 ± 170	total	12 650 ± 200	1 900	14 500 ± 200

A - Campagne rizicole de 1963

B - Campagne rizicole de 1964

1.2 Rizière expérimentale de 9 000 m², semée à la volée, sans fuites, ni surverse, ni vidanges volontaires

La rizière est ceinturée de trois côtés par un drain de 60 cm de profondeur (L/S = 3%). Le drainage superficiel est limité à la filtration de l'eau à travers les parapets.

Les volumes mesurés en 1977 et 1978, en collaboration avec J. Podlejski, sont récapitulés sur le tableau II. En 1977, les conditions climatiques sont exécrables, défavorables au drainage profond et encore plus à l'évapotranspiration. Pourtant les volumes introduits sont pratiquement les mêmes pour les deux campagnes sensiblement de même durée (156 jours en 1977, 153 en 1978). Cette similitude est tout à fait fortuite, elle est due à une plus grande perméabilité des parapets fraîchement édifiés en 1977 (PODLEJSKI, 1978).

TABLEAU II - Quantité d'eau introduite sur la rizière expérimentale en 1977 et 1978.
Volumes en mètres cubes par hectare.

	Irrigation	pluies nettes	total		Irrigation	pluies nettes	total
Avril - Mai	3 550 ± 50	1 900	5 450 ± 50	Mai	4 320 ± 60	780	5 100 ± 60
Juin	4 120 ± 60	440	4 560 ± 60	Juin	3 970 ± 60	140	4 110 ± 60
Juillet	4 520 ± 70	930	5 450 ± 70	Juillet	4 590 ± 70	120	4 710 ± 70
Août	3 920 ± 60	510	4 430 ± 60	Août	5 650 ± 80	250	5 900 ± 80
Septembre	1 500 ± 20	30	1 530 ± 20	Septembre	1 280 ± 20	270	1 550 ± 20
total	17 610 ± 260	3 810	21 420 ± 260	total	19 810 ± 290	1 560	21 370 ± 290

A - Campagne de 1977

B - Campagne de 1978

1.3 Ensemble de grandes parcelles de rizières repiquées, arrosées "à la surverse", avec vidanges volontaires et fuites involontaires plus ou moins contrôlées

1.3.1 Parcelle de 46 hectares sur le domaine de la Tour du Valat au lieu-dit "terres du mas"

Les mesures ont été faites au cours de la campagne rizicole de 1965. Les façons aratoires sont très étalées dans le temps. La mise en eau s'échelonne du 15 avril au 15 juin, le repiquage du 27 mai au 22 juin et la moisson du 18 septembre au 27 octobre. Fin octobre-début novembre l'enfouissement des pailles et chaumes par passage sur les rizières d'un tracteur à roues-cages nécessite un apport d'eau supplémentaire. Les volumes mesurés (tableau III-A) représentent quelque 36 000 m³ par hectare. En excluant l'apport d'eau aux pépinières, ce volume tombe à 34 000 m³ par ha et à 33 000 m³ en ne tenant pas compte du passage des roues-cages. Compte tenu des erreurs de mesure, on peut considérer ces volumes à plus ou moins 1 000 m³ près.

1.3.2 Parcelle de 12 hectares (1966) ou 13 hectares (1967) sur le domaine de la Tour du Valat au lieu-dit "terres de Fumemorte"

Les volumes mesurés introduits par pompage figurent au tableau III-B. Compte tenu de l'apport pluvial, chaque hectare de rizières a reçu 28 000 m³ d'eau en 1966 et 30 000 m³ en 1967 à 1 000 m³ près.

TABLEAU III - Quantité d'eau introduite sur les rizières étudiées en 1965, 1966 et 1967.

A - volumes en mètres cubes introduits par pompes et par les pluies sur les rizières des "terres du Mas" (Tour du Valat) au cours de la campagne rizicole de 1965.
B - volumes en mètres cubes introduits par pompes sur les rizières des "terres de Fumemorte" (Tour du Valat) au cours des campagnes rizicoles de 1966 et 1967.

A	volumes pompés en m ³	volume des pluies en m ³	totaux en m ³	B	campagne de 1966	campagne de 1967
Avril	66 000	0	66 000	Avril	} 61 000	39 000
Mai	227 000	2 000	229 000	Mai		54 000
Juin	290 000	4 000	294 000	Juin	68 000	46 000
Juillet	350 000	14 000	364 000	Juillet	66 000	85 000
Août	360 000	19 000	379 000	Août	59 000	80 000
Septembre	180 000	27 000	207 000	Septembre	51 000	57 000
Octobre	58 000	37 000	95 000	Octobre	13 000	23 000
Novembre	13 000	6 000	19 000			
totaux	1 544 000	109 000	1 653 000	totaux	318 000	384 000
volumes par hectare	33 600	2 400	36 000	vol./ha avec les pluies	28 000	30 000

1.4 Les mesures d'entrées globales d'eau dans les rizières montrent que les volumes qu'elles représentent varient à l'intérieur d'une fourchette très large suivant les pratiques culturales mises en oeuvre qui pèsent plus ou moins lourd sur le poste drainage du bilan. La partie haute de la fourchette (30 000 m³/ha et plus) concorde avec les valeurs indiquées par les services arlésiens de la DDAF. La partie basse (14 000 m³/ha) doit être considérée comme une "curiosité de laboratoire". Le drainage superficiel n'étant jamais totalement absent des pratiques culturales normales.

2. RESULTAT DES MESURES DE L'EVAPOTRANSPIRATION DU SYSTEME RIZIERE, COMPARAISON AVEC L'EVAPORATION PHYSIQUE. TRANSPIRATION DU RIZ ET EVAPORATION DE L'EAU DES RIZIERES

L'emplacement des rizières sur lesquelles ont été effectuées les mesures, leurs surfaces et les calendriers culturaux sont donnés sur le tableau IV.

Les résultats des mesures de l'évapotranspiration du riz (ET) et de l'évaporation

physique (EL), sont portés sur le tableau V. Ces deux phénomènes sont sous la dépendance étroite des facteurs climatiques. ET dépend en outre du stade de développement du riz. A l'échelle de la campagne rizicole entière, il existe une relation simple entre ET et EL comme le montre la figure 2 où sont comparées les hauteurs totales d'eau évapotranspirées et évaporées et les moyennes quotidiennes de ETP et EL.

TABLEAU IV - Calendriers culturaux des rizières expérimentales sur le domaine de la Tour du Valat.

Campagne rizicole	1962	1963	1964	1965	1976	1977	1978
Localisation et surfaces des rizières	" Terres du Mas " 7 600 m ²	" Terres de Jumemorte " 8 700 m ²			Laboratoire du CNRS rizière expérimentale 100 m ²		
Date de la mise en eau	/	10 Mai	8 Mai	3 Mai	4 Mai	28 Avril	1er Mai
Variété de riz cultivée	Balilla	Stirpe 136	Césariot	Césariot	Cigalon	Cigalon	Cigalon
Date du repiquage	20 Juin	17 Juin	21 Mai	28 Mai			
Date du semis					10 Mai	2 Mai	5 Mai
Date de la moisson	17 Octobre	14 Octobre	10 Septembre	11 Septembre	30 Septembre	30 Septembre	30 Septembre
Durée du cycle végétatif du riz	* 117 jours	* 119 jours	* 111 jours	* 113 jours	145 jours	152 jours	149 jours
Durée de la campagne rizicole		157 jours	125 jours	137 jours	149 jours	156 jours	153 jours

* durée du cycle à compter du repiquage, donc incomplète puisque une partie du cycle végétatif a lieu en pépinière

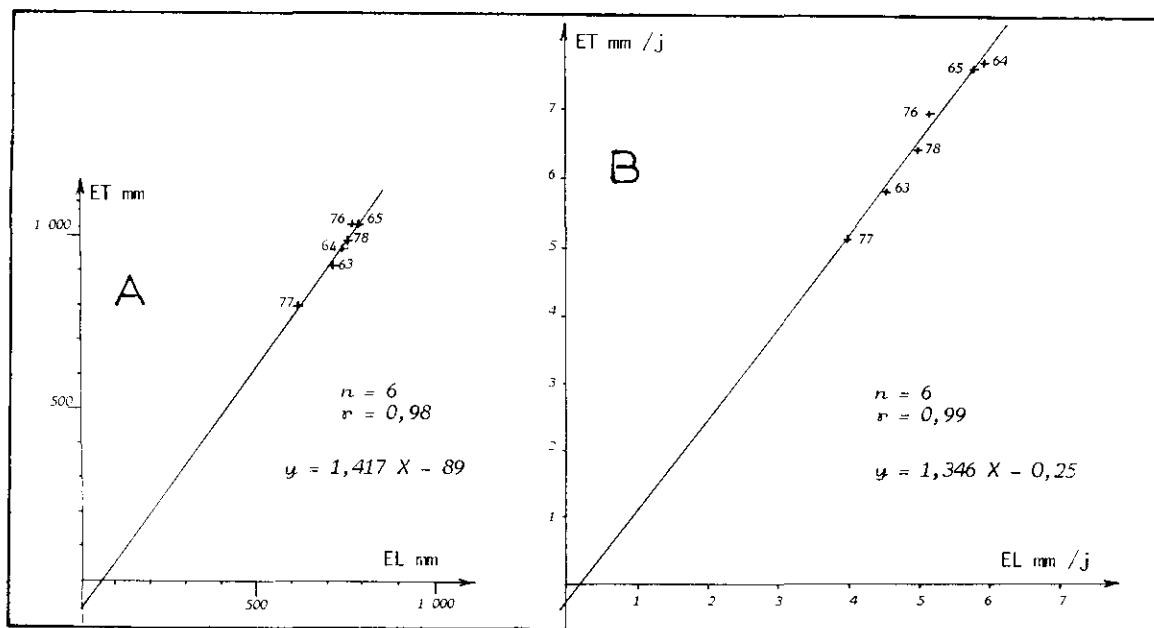


FIGURE 2 - Corrélation entre l'évapotranspiration du système rizière (ET) et de l'évaporation de l'eau libre (EL) pendant les campagnes rizicoles de 1963, 1964, 1965, 1976, 1977 et 1978

A - valeurs totales de ET et de EL en millimètres

B - valeurs quotidiennes moyennes de ET et de EL en millimètres

Si l'on considère la période de l'année s'étendant de mai à septembre (153 jours), l'évaporation de l'eau libre est en moyenne de 775 mm (soit 5,06 mm/j) (moyenne de 16 ans de 1963 à 1978, mai: 136 mm, juin: 168 mm, juillet: 195 mm, août: 167 mm, septembre: 109 mm). Pendant cette période, l'évapotranspiration moyenne du riz est donc:

$$ET = (1,417 \times 775) - 89 = 1\ 009 \text{ mm}$$

$$ET = (1,346 \times 5,06) - 0,25 = 6,56 \text{ mm/j soit } 6,56 \times 153 = 1\ 004 \text{ mm}$$

La valeur moyenne de l'évapotranspiration tourne donc autour de 1 mètre par an, soit un volume de 10 000 m³/ha. Il n'y a pas de différence significative entre les rizières semées et les rizières repiquées. Pour ces dernières, du repiquage à la moisson, l'ETP est moins élevée pour les variétés tardives que pour les variétés précoces du fait du décalage en saison du cycle végétatif. D'une manière générale, la valeur quotidienne moyenne trouvée ici (6,56 mm) s'accorde avec les données de C. HUGHET (1969) (6,4 mm).

TABLEAU V - Récapitulations mensuelles de l'évapotranspiration du riz (ET) et de l'évaporation de grandes surfaces d'eau libre (EL), en condition de repiquage (1962 à 1965) et de semis à la volée (1976 à 1978)

-les valeurs sont données en millimètres

-entre parenthèses, hauteurs d'eau évaporées sur la rizière inondée, avant repiquage ou semis

-/: pas de données; case blanche: campagne rizicole terminée

	1962		1963		1964		1965		1976		1977		1978	
	ET	EL	ET	EL	ET	EL	ET	EL	ET	EL	ET	EL	ET	EL
Mai	/	/	(126)	119	(88) 42	129	(166) 14	172	(25) 109	126	(14) 91	102	(20) 107	116
Juin	80	/	(61) 79	146	235	196	191	175	175	167	165	144	157	151
Juillet	210	/	231	179	280	195	285	205	323	202	204	136	251	181
Août	220	/	213	149	255	187	277	178	226	169	206	139	252	168
Septembre	142	/	136	84	56	34	96	60	170	104	116	98	193	146
Octobre	54	/	60	38										
Totaux	707 ±14	/	906 ±18	715 ±11	956 ±19	741 ±11	1 029 ±20	790 ±12	1 028 ±41	768 ±12	796 ±32	619 ±9	980 ±39	762 ±12
valeurs journalières	/	/	5,77	4,56	7,65	5,93	7,51	5,77	6,90	5,15	5,10	3,97	6,41	4,98

Les mesures de l'évaporation physique au niveau de la surface de l'eau dans les rizières (ER), montrent que son importance est sous la dépendance étroite du couvert végétal. Quand le riz se développe, il assure un écran protecteur à l'action directe du rayonnement solaire et il favorise la stagnation de l'air au-dessus de la surface évaporante, donc le maintien d'une hygrométrie élevée. Cela est défavorable à la vaporisation de l'eau, et ER décroît au fur et à mesure que l'écran végétal se fait plus dense, le mistral peut toutefois atténuer cette tendance. Peu après

l'émergence des jeunes plants de riz dans le cas des rizières semées, ER devient inférieure à EL et l'écart se creuse au cours de l'été. Dans le cas des rizières repiquées ER décroît par rapport à EL, dès la transplantation du riz, les jeunes plants avant leur reprise ne transpirent que très peu alors qu'ils font écran à l'évaporation.

Contrairement à l'évaporation physique, la transpiration augmente avec le développement du riz et se maintient à une valeur relativement élevée jusqu'à la maturation et le jaunissement de l'appareil aérien. Le mistral et les fortes chaleurs ont un effet positif sur la transpiration (tableaux VI, VII et VIII).

TABLEAU VI - Valeurs décadaires et mensuelles en millimètres des différents types d'évaporation mesurés ou calculés, de l'évapotranspiration du système rizière, de l'évaporation de l'eau de la rizière et de la transpiration du riz au cours de la campagne rizicole de 1976

1 9 7 6		évaporation Piche		évaporation "Colorado"		évaporation gdes surfaces d'eau libre		évaporation de l'eau de la rizière		transpiration du riz		évapotrans- piration du système riz.	
Mai	1ère décade	15	119	15	133	14	126	22	134	0	0	22	134
	2ème décade	43		53		50		45		0		45	
	3ème décade	61		65		62		67		0		67	
Juin	1ère décade	68	143	76	177	72	167	56	115	14	60	70	175
	2ème décade	38		50		47		35		6		41	
	3ème décade	37		51		48		24		40		64	
Juillet	1ère décade	44	214	45	210	43	202	15	61	58	262	73	323
	2ème décade	50		53		51		16		63		79	
	3ème décade	120		112		108		30		141		171	
Août	1ère décade	59	130	73	178	68	169	17	47	90	179	107	226
	2ème décade	53		61		57		22		48		70	
	3ème décade	28		45		44		8		41		49	
Septembre	1ère décade	53	117	53	109	50	104	11	33	71	137	82	170
	2ème décade	42		33		32		12		42		54	
	3ème décade	22		23		22		10		24		34	
totaux		7 2 3		8 0 7		7 6 8		3 9 0		6 3 8		1 0 2 8	

3. RESULTAT DES MESURES DU DRAINAGE SUPERFICIEL

Des mesures ont été faites au cours des campagnes rizicoles de 1971 et 1972, en collaboration avec A. Vaquer (VAQUER 1971), sur un collecteur principal drainant 25 ha de rizières du Mas de St Germain, semées à la volée, arrosées à la surverse, vidangées volontairement et pouvant fuir accidentellement. Pour ces 2 années, le drainage superficiel représentait respectivement 16 000 et 12 000 m³/ha (tableau IX-A) à \pm 1 000 m³ près.

Ces valeurs sont bien supérieures aux données de J. Podlejski (1978) concernant le drainage superficiel d'une rizière expérimentale de quelque 9000 m², semée à la volée, sans "surverse", ni vidange ni fuite, en 1977 et 1978 (tableau IX-B) mais dans ce cas, les pertes sont limitées à la seule filtration de l'eau à travers le matériau poreux des parapets de la rizière. Comme l'a déjà signalé C. HUGUET (1969), c'est essentiellement le mode d'arrosage "à la surverse" qui est responsable de l'importance prise par le drainage superficiel qui peut atteindre 10 000, voire 15 000 m³/ha par an.

TABLEAU IX - Quantification du drainage superficiel

A - pour 25 hectares de rizières du Mas de Saint-Germain au cours des campagnes rizicoles de 1971 et 1972.

B - pour la rizière expérimentale étudiée en 1977 et 1978 (J. PODLEJSKI, 1978).

A	1971	1972	B	1977 m ³ par hectare	1978 m ³ par hectare
<i>Avril</i>	4 500	5 000	<i>Mai</i>	2 500	1 700
<i>Mai</i>	30 500	35 000	<i>Juin</i>	1 300	1 100
<i>Juin</i>	62 500	45 000	<i>Juillet</i>	1 200	1 200
<i>Juillet</i>	124 500	79 000	<i>Août</i>	1 400	1 300
<i>Août</i>	108 000	70 000	<i>Septembre</i>	900	500
<i>Septembre</i>	70 000	68 000	<i>totaux par ha</i>	7 300 ± 100	5 800 ± 60
<i>totaux</i>	400 000	302 000			
<i>m³ par hectare</i>	16 000	12 000			

TABLEAU VIII - L'évapotranspiration du système rizière, l'évaporation de l'eau de la rizière et la transpiration du riz pendant les différents stades de développement du riz au cours de la campagne rizicole de 1976.

Les valeurs sont données en millimètres et en pourcentages du total.

Calendrier de l'état phénologique du riz	évapotranspiration du système rizière-plante	évaporation de l'eau de la rizière	transpiration du riz
De la mise en eau au semis 4 -10 Mai	25 mm 2,4 %	25 mm 2,4 %	0
Du semis à la levée 10 - 31 Mai	109 mm 10,6 %	109 mm 10,6 %	0
De la levée au tallage 31 Mai - 20 Juin	118 mm 11,5 %	91 mm 8,9 %	27 mm 2,6 %
Du tallage à l'épiaison-floraison 20 Juin - 25 juillet	486 mm 47,3 %	103 mm 10,0 %	383 mm 37,3 %
De l'épiaison à la maturation 25 juillet -8 Septembre	230 mm 22,4 %	46 mm 4,5 %	184 mm 17,9 %
De la maturation à la récolte 8 Septembre -30 Septembre	60 mm 5,8 %	16 mm 1,5 %	44 mm 4,3 %
<i>totaux</i>	1 028 mm 100 %	390 mm 37,9 %	638 mm 62,1 %

TABLEAU VII - Valeurs décadaires et mensuelles en millimètres des différents types d'évaporation mesurés ou calculés, de l'évapotranspiration du système rizière, de l'évaporation de l'eau de la rizière et de la transpiration du riz au cours de la campagne rizicole de 1978

1 9 7 8		évaporation Piche		évaporation "Colorado"		évaporation des surfaces d'eau libre		évaporation de l'eau de la rizière		transpiration du riz		évapotrans- piration du système riz.	
Mai	1ère décade	43	120	41	119	40	116		/		/	41	127
	2ème décade	48		37		46				46			
	3ème décade	29		31		30				40			
Juin	1ère décade	28	133	40	154	39	151		/		/	45	157
	2ème décade	45		54		53				52			
	3ème décade	60		60		59				60			
Juillet	1ère décade	54	164	60	191	57	181	51	115	12	136	63	251
	2ème décade	60		72		68		40		54		94	
	3ème décade	50		59		56		24		70		94	
Août	1ère décade	44	141	54	178	51	168	23	70	64	182	87	252
	2ème décade	40		52		49		20		52		72	
	3ème décade	57		72		68		27		66		93	
Septembre	1ère décade	52	116	44	151	43	146	16	64	56	129	72	193
	2ème décade	22		61		58		25		54		79	
	3ème décade	42		46		45		23		19		42	
totaux		6 7 4		7 9 3		7 6 2		/		/		9 8 0	

4. LE DRAINAGE PROFOND

La part de l'eau apportée aux rizières représentant le drainage profond a été déterminée par différence entre les entrées et les sorties mesurées du bilan hydrique pour deux rizières différentes, en 1963 et 1964 pour l'une de ces rizières, en 1977 et 1978 pour l'autre. Compte tenu de la marge d'imprécision des mesures des autres paramètres du bilan et des éventuelles différences entre l'état hydrique initial et l'état final, les volumes infiltrés calculés sont compris à l'intérieur d'une fourchette assez large.

Première rizière (clos F11)

-1964 entre 4 200 et 4 800 m³/ha soit une moyenne de quelque 29 m³/jour (27-31 m³/j)

-1965 entre 4 600 et 5 400 m³/ha soit une moyenne de quelque 40 m³/jour (37-43 m³/j)

Deuxième rizière (clos F4)

-1977 entre 5 500 et 6 900 m³/ha soit une moyenne de quelque 43 m³/jour (38-48 m³/j)

-1978 entre 5 700 et 7 300 m³/ha soit une moyenne journalière de quelque 46 m³ (41-51 m³/j)

Comme nous l'avons vu, l'importance de la percolation sous les rizières est fonction de l'altitude et de la nature des terrains. En général, plus un sol est haut et sableux plus la

percolation est forte. Toutefois les limons sableux sont favorables à la constitution de semelles de labour très compactes, rendues très peu perméables par colmatage des pores les plus gros par les grains les plus fins. Les pertes par percolation s'insèrent à l'intérieur d'une fourchette volumétrique très large allant de presque rien à plus de 10 000 m³/ha. Les rizières étudiées ici, situées sur un bourrelet alluvial limoneux d'un ancien cours du Rhône, à la cote +0,50 m, semblent assez représentatives d'une situation moyenne pour l'ensemble de la Camargue.

CONCLUSION

Le volume d'eau du Rhône apporté aux rizières de Camargue varie à l'intérieur d'une fourchette très large. Un apport minimal de 11 000 m³/ha (HEURTEAUX, 1964) ne peut se concevoir que par un contrôle très strict de l'étanchéité des parapets, ce qui n'est réalisable qu'en conditions expérimentales, et qu'en l'absence de fossés de ceinture, ce qui est rare en Camargue. L'apport maximal de 35 000 m³/ha n'est rendue nécessaire que par une surverse abusive et un entretien très médiocre des parapets, souvent minés par des galeries de ragondins. Le déversement dans le réseau de drainage d'une grande quantité d'eau du Rhône sans passage par le filtre sol est dommageable à l'environnement camarguais. En termes économiques, l'irrigation excessive est également contestable. Elle nuit à la végétation du riz par abaissement de la température de l'eau et elle s'accompagne d'un accroissement du coût des pompages puisqu'un volume important et inutile doit être pompé deux fois, d'abord pour entrer en Camargue, ensuite pour en être chassé au niveau des stations d'assainissement. La répartition gaussienne du bon sens et de la raison tempère l'effet des pratiques excessives et, ces dernières années, les pompages au Rhône pour les seuls besoins de la riziculture n'ont vraisemblablement guère excédé en moyenne 25 000 m³ par hectare et par an. Ce volume auquel il convient d'ajouter l'apport pluvial couvre les besoins physiologiques du riz et les pertes par drainage. La part des eaux de drainage qui s'infiltreront et va grossir la nappe aquifère est relativement modeste (5 000 à 6 000 m³ en moyenne) mais elle modifie l'hydrodynamique souterraine. Cette modification a des répercussions écologiques et agronomiques dont il sera question dans la deuxième partie de ce travail.

BIBLIOGRAPHIE

- ARRIGHI DE CASANOVA J. (1954). Problèmes hydrauliques posés par la riziculture.
Bulletin d'information des riziculteurs de France, 33, 19-22
- BROWN K.W., TURNER F.H., THOMAS J.C., DEUEL L.E., KEENER M.E. (1977). Water balance of flooded rice-paddies.
Agric. Water Management 1 (3), 277-291
- CAUVIN A., GUERREE . (1986). Eléments d'hydraulique.
Cyrolles éd. Paris, 242 p.
- CLAVE M., BOMPART A. (1961). Evolution récente de l'agriculture en Camargue.
Bull. inf. rizic. Fr., 75, 4-12
- CORNET M. (1966). La culture du riz en Camargue.
Reflète méditerranéens, n° sp. suppl. 45,
- DIRECTION DEPARTEMENTALE DE L'AGRICULTURE (1966). Les groupements d'hydraulique des Bouches du Rhône.
A- Assainissement Camargue, 45 p., H- Irrigations du Rhône, 54 p.
Ministère de l'Agriculture, Service hydraulique de la DDAF Marseille-Arles.
- DU LAC P. (1950). Irrigation et sel en Camargue.
Bull. inf. rizic. Fr., 8, 8
- DU LAC P. (1951). Problème de l'eau en Camargue.
Bull. inf. rizic. Fr., 16, 18-20

- DU LAC P. (1952). Problème de l'eau dans les basses terres, l'irrigation, le sel, l'assainissement.
Bull. inf. rizic. Fr., 22, 12-18
- DU LAC P. (1954). Contribution à l'étude de l'amélioration des terres salées dans les basses plaines.
Bull. inf. rizic. Fr., 34, 12-18
- HEURTEAUX P. (1964). Première étape vers l'établissement du bilan hydrologique de la Camargue: étude expérimentale du bilan de l'eau des rizières.
Terre et Vie, 3, 262-293
- HEURTEAUX P. (1969). Recherches sur les rapports des eaux souterraines avec les eaux de surface (étangs, marais, rizières), les sols halomorphes et la végétation en Camargue.
Thèse Doctorat d'Etat, Montpellier, docum. photocopié 226 p.+ 115 fig.
- HEURTEAUX P. (1969). Recherches sur l'évaporation des surfaces d'eau libre en Camargue.
Deuxième thèse Doctorat d'Etat, Montpellier, docum. photocopié, 32 p.
- HUGUET C. (1964). La consommation de l'eau en rizière.
Bull. inf. rizic. Fr., 120, 11-16
- JEAN M., BOUTY L. (1973). L'irrigation et le drainage en Camargue et la protection des équilibres naturels.
Bull. techn. d'inform., 276, 1-11
- LANE E.W., CHENG T.T., PIEN C.L. (1939). The water requirement of rice irrigation.
Journal assoc. Chinese and American Engineers, vol. XX, 6, 451-475
- LENCASTRE A. (1963). Manuel d'hydraulique générale.
Eyrolles, ed., Paris, 411 p.
- MAROT R. (1966). La riziculture française.
Reflets méditerranéens, n° spéc. suppl., 75
- MORIN P. (1952). Déversoir à variations linéaires et sensibilité constante.
Ann. techn. Génie rural, doc. 73c, 21
- PATISSIER F. (1961). Evolution de la riziculture.
Bull. inf. rizic. Fr., 76, 11-19
- PELISSIER F. (1956). L'assainissement agricole de la Camargue.
Bull. inf. rizic. Fr., 43, 4-9
- PODLEJSKI J. (1979). De quelques problèmes écologiques posés par l'emploi de quatre pesticides en riziculture camarguaise.
Thèse Doc. Ing., Montpellier, docum. photocopié 162 p.
- ROHWER C. (1931). Evaporation from free water surfaces.
US Dept. of Agric., Techn. bull. n° 271, 96 p.
- TABUCHI T., IWATA S., HASEGAWA S., WOODHEAD T., MAURER E. (1987). Physical measurements in flooded rice soils. The Japanese methodologies.
International Rice Research Institute, Manila, 65 p.
- TOMAR U.S., O'TOOLLE J.C. (1980). Water use in lowland rice cultivation in Asia: a review of évapo-transpiration.
Agric. Water Management, 3 (2), 83-106
- VAQUER A. (1973). Contribution à l'étude de la pollution des phytocénoses aquatiques camarguaises par les résidus de certains produits phytosanitaires utilisés en riziculture et en viticulture.
Thèse Doctorat spécialité écologie, Montpellier, docum. photocopié 107 p.

Effets différés du débroussaillage sur le peuplement frondicole des arthropodes du chêne liège des Maures(Var).

L. BIGOT *
M. KABAKIBI *
R. LOISEL **

RESUME- Les auteurs analysent les résultats obtenus après deux cycles annuels de relevés dans la canopée de la suberaie des Maures; leur objectif est de mettre en évidence les fluctuations du peuplement des arthropodes frondicoles dans deux parcelles d'une même station, l'une sur milieu naturel bien reconstitué, l'autre sur tranchée pare-feux récente.

Les résultats montrent qu'une période de 19 mois a été nécessaire pour rétablir la composition et la structure normales du peuplement, compte tenu de l'impact d'une période de gelées ayant provoqué la disparition des bruyères et des calycotomes.

Après un débroussaillage par coupe, ratissage et brulâge, il y a donc reconstitution à moyen terme du peuplement frondicole des arthropodes.

SUMMARY- Delayed effects of a shrub clear cutting on an arthropoda canopy community of cork oak (Maures Mountains, Var, France).

The variations of an arthropoda arboreal community are analysed along two years in a shrub clear cutting plot by comparison with a plot in natural environment.

After the shrub clear cutting, a time of 19 months has been necessary to settle again the composition and structure of the canopy community in spite of a hard winter (frost of heather and calycotome).

The results show that after a shrub clear cutting there is the reconstitution after 19 months, of an arthropoda canopy community in a cork oak forest.

MOTS CLES - Communauté des arthropodes- canopée- débroussaillage.

INTRODUCTION

Cette note sur les effets à moyen terme d'un débroussaillage sur la faune frondicole complète nos précédentes analyses sur les effets spécifiques immédiats d'une telle opération (Bigot, Kabakibi et Loisel, 1987).

La formation d'une tranchée pare-feux par fauchage, ratissage et brulâge, opération présentement la plus courante d'effectuer un débroussaillage, est une actualité inéluctable dans nos régions sous climat méditerranéen; c'est un procédé qui sur le terrain se révèle favorable à la protection des forêts contre les incendies, dont "on peut évaluer à plus de 400.000 hectares la surface ... détruite ... en Provence et en Languedoc depuis 1960. En moyenne, on estime à 4 % la surface forestière du littoral méditerranéen français dévastée chaque année par le feu" (Ramade, 1987).

Nous envisageons de relever les effets différés d'un débroussaillage effectué en bord de route dans la suberaie du vallon de Vaudrèche, au nord de Collobrières, en comparant 26 prélèvements sur chêne liège (de novembre 1984 à novembre 1985 puis de février 1986 à février 1987) dans deux parcelles. L'une de ces parcelles est sur une tranchée pare-feux ouverte voici quelques six mois avant le premier prélèvement. La parcelle témoin représentant le milieu qui peut être considéré actuellement comme naturel se situe à une cinquantaine de mètres dans le même site; les données botaniques permettent d'établir que cette parcelle témoin a été soumise à un débroussaillage il y a une quinzaine d'années sans avoir subi depuis une quelconque agression par l'homme ce qui a permis le développement d'un milieu naturel en équilibre.

 * Laboratoire de Biologie Animale (Ecologie), Centre St-Jérôme, Avenue Escadrille Normandie-Niémen, 13397 Marseille, cedex 13.

** Laboratoire de Botanique et Ecologie Méditerranéenne, Centre St-Jérôme, Avenue Escadrille Normandie-Niémen, 13397 Marseille cedex 13.

L'altitude de la station est de 490 m, son exposition est SSO. La parcelle témoin (parcelle 8) est caractérisée par un grand développement de la strate arbustive avec *Erica arborea*, *Arbutus unedo*, *Calycotome spinosa* sur une strate herbacée à *Holcus lanatus*. La parcelle débroussaillée (parcelle 9) a une strate arbustive réduite à quelques pieds de *Quercus suber* et de *C. spinosa* sur un faible tapis de *Rubia peregina*.

I - COMPOSITION ET RICHESSE.

Le répertoire des espèces groupe 82 taxons dans la parcelle 8 et 62 taxons dans la parcelle 9 (Tabl. 1).

La parcelle témoin groupe 24,4 % d'espèces de plus que la parcelle débroussaillée; parmi ces espèces, se trouvent les populations inféodées aux espèces végétales de sous-bois. *Apion cracca* vit sur les Légumineuses de même que *Bruchidius tristis*; *Apion flavofemoratum* dépend des genêts, *Phylloreta procera* des Résédacées, *Pentatoma juniperina* vit sur les genévriers. L'Elateridae *Dicronychus cinereus* est commun dans la strate herbacée; le Malachiidae *Attalus analis* est attiré par les fleurs des strates du sous-bois.

Tabl. 1 - Inventaire des espèces des Arthropodes du chêne liège dans les deux parcelles 8 & 9.

		P.8	P.9
Myriapodes			
Ommatoiulidae	<i>Ommatoiulus sabulosus</i> Linné	+	
Arachnides			
Opilion			
Phalangidae	<i>Phalangium opilio</i> Linné	+	+
Pseudoscorpion			
Cheliferidae	<i>Rhacochelifer maculatus</i> L. Koch		+
Aranéides			
Dictynidae	<i>Amatrobium erberi</i> Key	+	+
	<i>Dictyna puella</i> Simon	+	+
	<i>D. latens</i> Fabricius		+
Drassidae	<i>Aphantaulax cinctus</i> L.Koch	+	+
Therididae	<i>Theridion tinctum</i> Walckenaer	+	+
	<i>T. genistae</i> Simon	+	
	<i>Mangora acalypha</i> Walckenaer	+	+
Argiopidae	<i>Araneus angulatus</i> Clerck	+	
	<i>A. umbraticus</i> Clerck	+	
	<i>A. armida</i> Auoin		+
	<i>A. cucurbitinus</i> Clerck	+	+
	<i>Cyclosa conica</i> Pallas	+	+
Linyphiidae	<i>Linyphia</i> sp.	+	+
Eusparassidae	<i>Olios spongitaris</i> Dufour	+	
Clubionidae	<i>Anyphaena sabina</i> L. Koch	+	+
	<i>Chiracanthium siedtzi</i> L. Koch	+	
	<i>Clubiona brevipes</i> Blackwall	+	
Thomisidae	<i>Tmarus stellio</i> Simon	+	+
	<i>Thomisus onustus</i> Latreille	+	+
	<i>Oxyptila</i> sp.	+	+
	<i>Synema globosum</i> Fabricius	+	+
	<i>Xysticus lannio</i> C. Koch	+	+
	<i>Philodromus rufus</i> Walckenaer	+	+
	<i>P. collinus</i> C. Koch	+	
Salticidae	<i>Salticus propinquus</i> Lucas		+
	<i>Saitis barbipes</i> Simon	+	
	<i>Dendryphantès nidicolens</i> Walckenaer	+	+
	<i>Icius hamatus</i> C. Koch	+	+
Insectes			

Dictyoptères				
Ectobiidae	<i>Ectobius sylvestris</i> Poda	+		+
	<i>Loboptera decipiens</i> Germar	+		
Orthoptères				
Phaneropteridae	<i>Barbitistes fisheri</i> Yersin	+		+
Oecanthidae	<i>Oecanthus pellucens</i> Scopoli	+		+
Mogoplistidae	<i>Arachnocephalus vestitus</i> Costa			+
Planipennes				
Hemerobiidae	<i>Anisochrysa carnea</i> Stephens	+		+
Coléoptères				
Lebiidae	<i>Philorhizus vectensis</i> Rye			+
Cantharididae	<i>Rhagonycha lignosa</i> Müller			+
	<i>Malthodes</i> sp.	+		
Dasytidae	<i>Haplocnemus aestivus</i> Kiesenwetter	+		+
	<i>Dasytes plumbeus</i> Müller			+
Malachiidae	<i>Sphinginus lobatus</i> Olivier	+		+
	<i>Attalus analis</i> Erichson	+		
Elateridae	<i>Cardiophorus rufipes</i> Goeze	+		
	<i>Dicronychus cinereus</i> Herbst	+		
	<i>Cidnopus minutus</i> Linné	+		
	<i>Limonius quercus</i> Olivier	+		+
	<i>Athous puncticollis</i> Kiesenwetter	+		+
	<i>Athous</i> sp.	+		
Buprestidae	<i>Agrilus bastrilifer</i> Ratzburg			+
Phalacridae	<i>Olibrus corticalis</i> Panzer	+		
Coccinellidae	<i>Rhizobius litura</i> Fabricius	+		
	<i>Pullus subvillosus</i> Goeze	+		+
	<i>Scymnus apetzi</i> Mulsant			+
	<i>Adalia decempunctata</i> Linné	+		+
	<i>Synharmonia lyncea</i> Olivier	+		+
Anobidae	<i>Lasioderma kiesenwetteri</i> Schilsky	+		
Salpingidae	<i>Rhinosimus planirostris</i> Fabricius			+
Ptinidae	<i>Ptinus irroratus</i> Kiesenwetter	+		
Tenebrionidae	<i>Nalassus assimilis</i> Kuster	+		+
Scarabidae	<i>Triodonta bucculenta</i> Baraud	+		
Chrysomelidae	<i>Phyllotreta procera</i> Redtenbacher	+		
Bruchidae	<i>Bruchus tristis</i> Boheman	+		
	<i>Bruchidius lividimanus</i> Gyllenhal	+		+
Curculionidae	<i>Apion craccae</i> Linné	+		
	<i>A. rufirostre</i> Fabricius	+		+
	<i>A. flavofemoratum</i> Herbst	+		
	<i>Polydrusus marginatus</i> Stephens	+		+
	<i>P. cervinus</i> Linné	+		
	<i>Caulostrophus subsulcatus</i> Bohemen			+
	<i>Curculio glandium</i> Marsham	+		
	<i>C. villosus</i> Fabricius	+		
	<i>Rhynchaenus erythropus</i> Germar	+		+
	<i>Attelabus nitens</i> Scopoli	+		
Hyménoptères				
Myrmicidae	<i>Crematogaster scutellaris</i> Olivier	+		+
Formicidae	<i>Camponotus cruentatus</i> Latreille	+		
	<i>C. vagus</i> Scopoli	+		+
	<i>C. lateralis</i> Olivier			+
	<i>Formica gagates</i> Latreille	+		+

	<i>Lasius niger</i> Linné	+	
	<i>L. alienus</i> Forster	+	
Thysanoptères			
Phlaeothripidae	<i>Haplothrips phillyreae</i> Bagnall	+	+
Psocoptères			
Psocidae	<i>Loensia variegata</i> Latreille	+	+
Elipsocidae	<i>Elipsocus hyalinus</i> Stephens	+	+
Mesopsocidae	<i>Mesopsocus duboscqui</i> Badonnel	+	+
Myopsocidae	<i>Rhaptoneura eatoni</i> Mac Lachlam		+
Hétéroptères			
Pentatomidae	<i>Raphigaster griseus</i> Fabricius		+
	<i>R. incarnatus</i> Germar	+	
	<i>Pentatoma juniperina</i> Linné	+	
Lygaeidae	<i>Lygaeus equestris</i> Linné		+
	<i>Kleidocerys ericae</i> Hoever	+	+
Anthocoridae	<i>Anthocoris nemoralis</i> Fabricius	+	
Miridae	<i>Lygus pratensis</i> Linné	+	+
	<i>Adelphocoris vandalicus</i> Russi		+
	<i>Campitobrochis punctulatus</i> Fallen	+	+
	<i>Mimocoris coarctatus</i> Mulsant	+	+
Homoptères			
Psyllidae	<i>Psylla mali</i> Förster	+	
Aphididae	<i>Dryaphis roboris</i> Linné	+	+

Deux classes d'arthropodes sont bien représentées dans cette station: Arachnides et Insectes. Leurs pourcentages sont équivalants dans les deux parcelles, avec la dominance des Insectes et la présence, dans la parcelle 8, d'une espèce de Myriapodes, *Ommatoiulus sabulosus*, qui en tant que phytophage détritivore, aura une population plus importante dans un sous-bois plus développé.

Parmi les Insectes, l'ordre des Coléoptères est dominant dans les deux parcelles, suivi par les Hétéroptères, les Hyménoptères et les Psocoptères: les quatre ordres occupent les mêmes rangs avec des différences de pourcentages dans deux cas (Coléoptères, Hyménoptères), positive dans la parcelle 8 (non débroussaillée); les Coléoptères sont particulièrement bien représentés dans la parcelle 8 (31 espèces) par rapport à la parcelle 9 (19 espèces)(Fig. 1).

La famille des Curculionidae est la famille la mieux représentée des Coléoptères avec 9 espèces dans la parcelle 8 pour 4 espèces seulement dans la parcelle 9. Les Elateridae occupent le deuxième rang dans la parcelle 8 avec 6 espèces (contre deux espèces dans la parcelle 9, venant ainsi au troisième rang); le fait que les Elateridae récoltés dans la suberaie vivent sur -ou dans- les espèces végétales vivantes (phytophages, xylophages) explique leur abondance dans la parcelle non débroussaillée.

Les variations de la richesse spécifique entre les années 1984-1985 d'une part et 1986-1987 d'autre part (Fig.2) montrent que dans le deuxième cycle de relevé, les valeurs mensuelles dans les deux parcelles sont plus proches (les deux courbes sont très rapprochées) avec des points communs (juin, août, septembre). Dans le premier cycle au contraire, les deux courbes sont très nettement séparées de novembre à février et de avril à octobre. L'explication repose sur le fait que le sous-bois était très pauvre au cours du premier cycle dans la parcelle 9 alors qu'il était intact et en pleine vitalité dans la parcelle 8. Ultérieurement l'évolution des biotopes a provoqué une similitude dans les variations des richesses spécifiques: la parcelle 9 a vu son sous-bois régénéré tandis que la parcelle 8 a subi les effets du froid de l'hiver 1985-1986 qui a provoqué le gel de sa strate arbustive et notamment des bruyères et des calycotomes.

II - BIOMASSES.

L'examen des fluctuations de la biomasse montre à nouveau l'impact de la repousse de sous-bois (consécutif au débroussaillage). Dans le premier cycle les biomasses sont régulièrement plus faibles dans la parcelle 9 (à une exception près en septembre 1985, accidentelle)(Fig.3). Ce décalage se poursuit en février, mars, avril et mai 1986. Toutefois, dès le mois de juin, nous constatons une inversion des courbes: les biomasses de la parcelle 9 sont supérieures à celles de la parcelle 8 (à deux exceptions près en fin de cycle). Cette inversion est manifestement due à la reprise de la végétation du sous-bois dont la faune contribue à augmenter le peuplement de canopée.

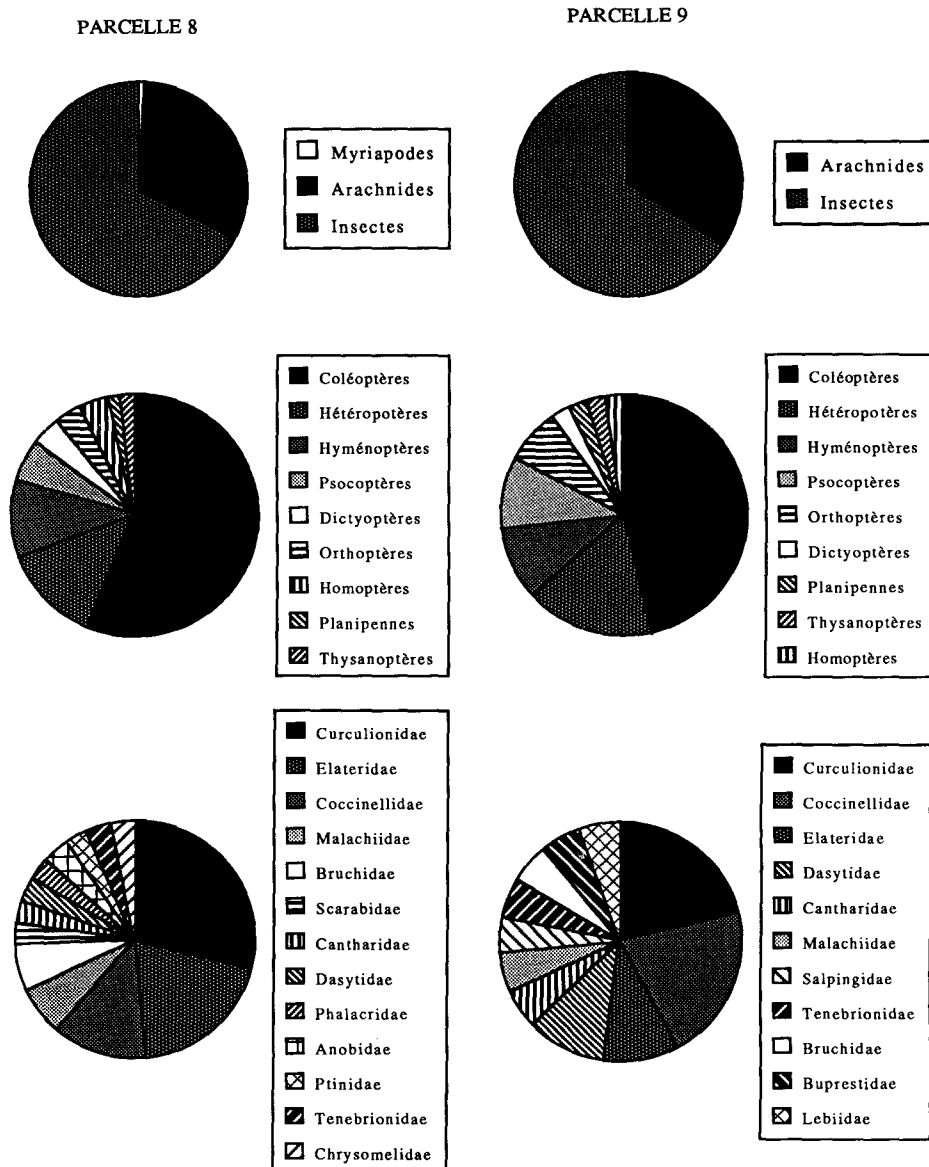


Fig. 1 -Proportions des différents classes d'Arthropodes, ordres d'Insectes et familles de Coléoptères.

III - DISCUSSION.

Les opérations de débroussaillage dans les zones sensibles, bords des routes, sites parcourus par le public..., affectent de façon profonde le milieu naturel en supprimant des biotopes et des zoocoénoses qui contribuent à assurer l'équilibre de l'écosystème. Toutefois de telles opérations deviennent ponctuellement indispensables pour éviter de plus grosses catastrophes (feux de forêt, de garrigue, de maquis) avec pertes de vies humaines. Il est d'ores et déjà nécessaire de considérer donc le débroussaillage comme un facteur d'intervention obligatoire sur le milieu naturel dans une grande partie du territoire méditerranéen français hautement fréquenté pendant la période critique.

Il convient à l'heure actuelle d'orienter nos recherches vers une meilleure connaissance des perturbations apportées par le débroussaillage sur la composition, la structure et le fonctionnement de l'écosystème.

Nous avons, dans cette optique, assuré le suivi sur un cycle annuel des biocoénoses forestières en évolution naturelle sur chêne liège (Bigot & Kabakibi, 1987) et sur yeuse (sous presse), complété par une analyse des effets immédiats d'un débroussaillage aux dépens d'une suberaie (Bigot, Kabakibi & Loisel, 1987); nous apportons ici les résultats d'une étude sur les effets différés du débroussaillage, tel qu'il est pratiqué actuellement par les organismes de surveillance des forêts.

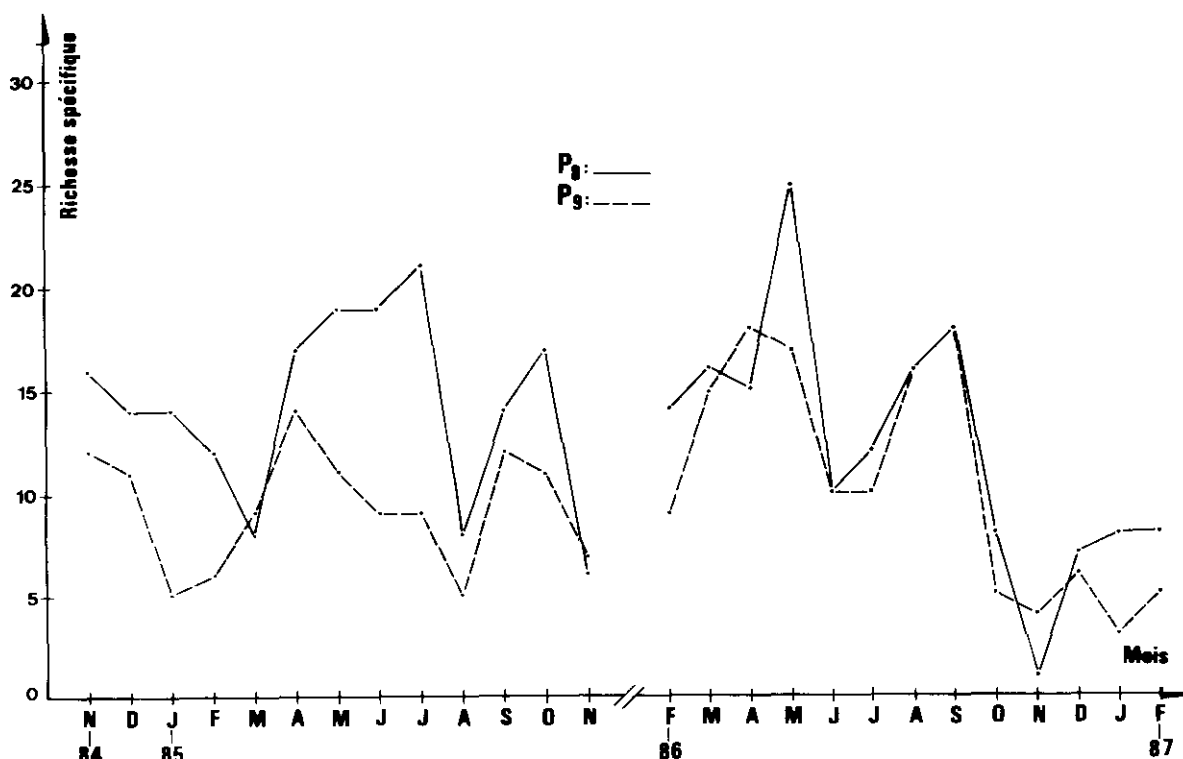


Fig. 2 - Les fluctuations de la richesse spécifique au cours de deux cycles annuels dans les deux parcelles 8 (—) et 9 (---).

Le procédé consiste à éliminer une partie de la strate herbacée et la totalité de la strate arbustive et sous arbustive, donc à supprimer une partie de l'architecture végétale (Lawton, 1983), sans porter atteinte à la strate arborée. Or, à l'échelle de l'écosystème dans son ensemble, "les modifications de la structure et de la composition de la végétation" entraînent des "modifications fondamentales dans la composition de la faune des invertébrés" (Gimingham, 1985).

Des modifications affectant la composition et la dynamique d'un peuplement d'une parcelle débroussaillée se sont manifestées sur une période de 19 mois avant qu'une repousse du sous-bois ne rétablisse les relations verticales des populations de l'écosystème.

Dans notre étude, intervient cependant un facteur supplémentaire à savoir le froid excessif de février 1986: le gel modifie la composition et la structure du sous-bois du milieu non débroussaillé en supprimant sélectivement bruyères et calycotomes de la strate arbustive. Dans la parcelle 9, les jeunes pieds de bruyères et de calycotomes n'ont pas été affectés par le gel.

Il y a de ce fait, accentuation du décalage entre la parcelle débroussaillée évoluant vers une bonne reconstitution et la parcelle non débroussaillée perturbée sous l'effet du gel. De plus, rappelons que, contrairement à la situation privilégiée de la station des Mayons sur "colluvions de bas de pente à bon bilan hydrique" (Bigot, Kabakibi & Loisel, 1987), la station de Vaudrèche se trouve sur pente, en ambiance xérique modérée; la reconstitution de la végétation sera lente et corrélativement les modifications de la zoocoenose se feront sur une longue période.

Le développement des espèces végétales semble susceptible d'intervenir sur la composition de la faune inféodée à ces espèces ainsi que l'a montré Gimingham (1985). Il apparaît également que "la dynamique des populations d'arthropodes de la canopée est en relation avec les cycles de nutriments" (Schowalter, Webb & Crossley, 1981), eux mêmes dépendant de l'état de la végétation, affecté bien évidemment par un débroussaillage.

Dans la conduite actuelle des opérations de débroussaillage, la méthode utilisée ne cause pas d'atteinte à la strate arborée, permet une reconstitution efficace des strates basses, laisse aux populations de sous-bois la possibilité de se réfugier dans la canopée (ou dans des biotopes voisins intacts).

C'est pourquoi, ce procédé de débroussaillage nous paraît peu perturbateur pour la zoocoenose, compte tenu de la surface couverte par le débroussaillage, limitée aux zones sensibles.

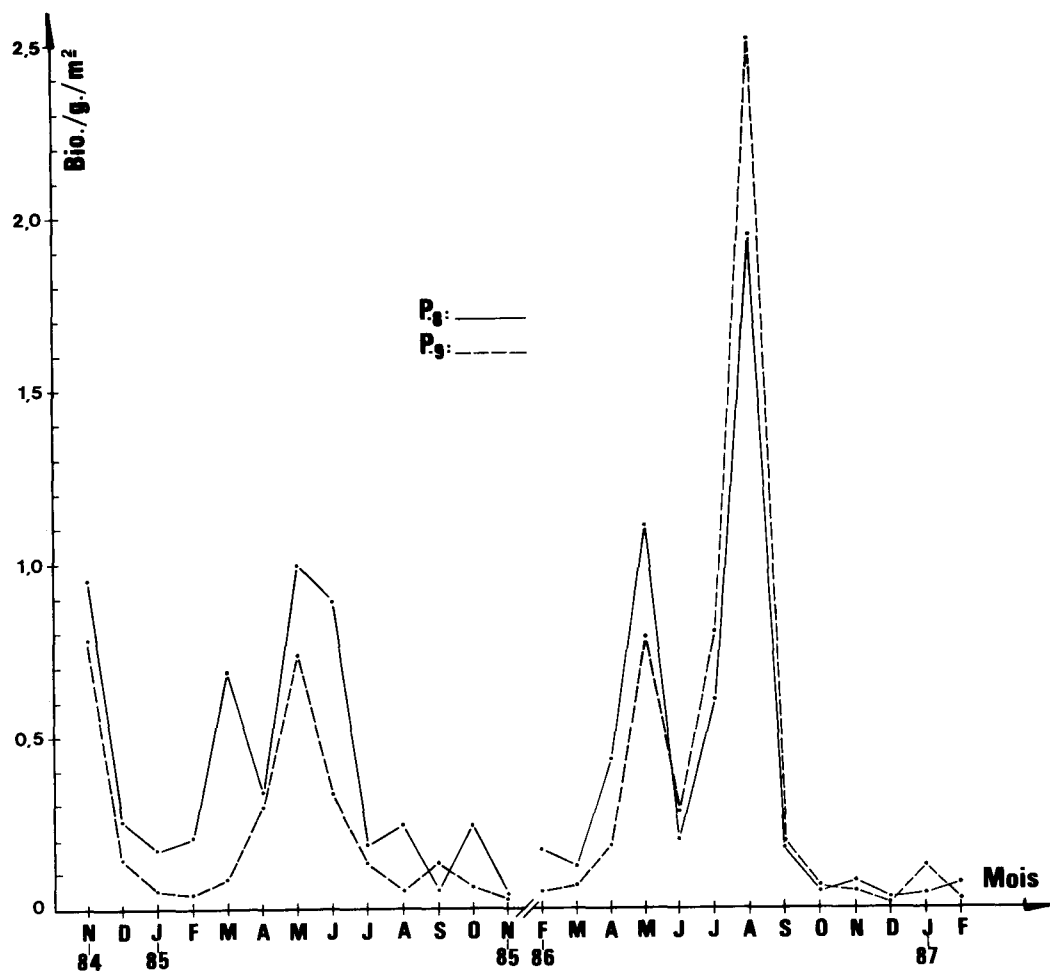


Fig. 3 - Variations temporelles des biomasses dans la parcelle 8 (—) et 9 (---) pendant deux cycles annuels.

BIBLIOGRAPHIE

- BIGOT L., KABAKIBI M. (1987). Evolution spatio-temporelle de la composition et de la structure du peuplement frondicole sur chêne liège dans le massif des Maures (Var). *Bull. Ecol.*, t. 18, 3, p. 157-168.
- BIGOT L., KABAKIBI M. (1988). Evolution spatio-temporelle de la composition et de la structure du peuplement frondicole sur chêne vert dans le massif des Maures (Var). *Bull. Ecol.*, (sous presse).
- BIGOT L., KABAKIBI M., LOISEL R. (1987). Effet spécifique immédiat du débroussaillage sur le peuplement des Arthropodes frondicoles d'une chênaie à chêne liège des Maures. *Ecologia mediterranea. Tome XIII Fasc. 1/2* p. 23-28.
- GIMINGHAM C.H. (1985). Age-related interactions between *Calluna vulgaris* and phytophagous insects. *Oikos*, 44, 12-16.
- LAWTON J.H. (1983). Plant architecture and the diversity of phytophagous insects. *Ann. Rev. Entomol.*, 28, 23-39.
- RAMADE F. (1987). Les catastrophes écologiques. *Editeur MC Graw-Hill*, Paris, 1-318.
- SCHOWALTER T.D., WEBB J., CROSSLEY D.A. (1981). Community structure and nutrient content of canopy arthropods in clearcut and uncut forest ecosystems. *Ecology*, 63(4), pp. 1010-1019.

Signification phytocéologique et phytosociologique des peuplements naturels de Pin de Salzman en France.

P. QUEZEL*
M. BARBERO*

RESUME - Le Pin de Salzman participe en France à diverses séries de végétation dont il constitue le plus souvent des peuplements permanents ayant valeur de sous-séries, dont l'évolution est métastable dans les conditions écologiques actuelles. Il individualise, des sous-associations particulières se rattachant aux associations théoriquement climaciques constituées par *Quercus ilex*, *Quercus pubescens*, *Quercus petraea*, voire *Fagus sylvatica*. A saint-Guilhem (aux horizons inférieurs) et à Carlençac, il constitue en effet une sous-série s'intégrant à la série méditerranéenne supérieure calcicole du chêne vert (*PIPTATHERO-QUERCETUM ILICIS*), alors qu'à l'horizon supérieur, à Saint-Guilhem, il constitue une sous-série, participant à la série supra-méditerranéenne du Chêne pubescent (*BUXO-QUERCETUM PUBESCENTIS*). Dans les Cévennes schisteuses, il s'intègre toujours, à titre de sous-série, à la série acidophile méditerranéenne supérieure du Chêne vert (*ASPLENIO-QUERCETUM ILICIS*). Dans les Pyrénées Orientales, il constitue au contraire une sous-série appartenant à la série du type supra-méditerranéen acidophile du Chêne sessile (*CASTANEO-QUERCETUM PETRAEAE*). Enfin, très localement dans les gorges du Tarn, il individualise des peuplements résiduels qui correspondent à une série montagnarde méditerranéenne du Pin sylvestre avec Pin de Salzman, qui constituent là une association particulière se rattachant aux *PINO-JUNIPERETEA*.

SUMMARY - Salzman Pine participates, in France, to various vegetation series in which it usually constitutes permanent stands similar to sub-series. Their evolution is metastable in the present ecological conditions. Salzman Pine individualizes special sub-associations in connection with so-called climacic associations constituted by *Quercus ilex*, *Quercus pubescens*, *Quercus petraea* and even *Fagus sylvatica*. At St-Guilhem (Lower levels) and at Carlençac, it indeed constitutes a sub-series of the upper mediterranean calcicolous series of *Quercus ilex* (*Piptathero-Quercetum ilicis*) whereas, in the upper level, at St-Guilhem, it constitutes a sub-series of the supra mediterranean series of *Quercus pubescens* (*Buxo-Quercetum pubescentis*). In the schistous Cevennes, it takes part, as a sub-series, to the acidophilous upper mediterranean series of *Quercus ilex* (*Asplenio-Quercetum ilicis*). In the Pyrénées orientales, it constitutes, on the contrary, a sub-series belonging to the supra mediterranean acidophilous series of *Quercus petraea* (*Castaneo-Quercetum petraea*). Lastly, very locally in the Tarn river gorges, it individualizes residual stands corresponding to a mountain mediterranean series of *Pinus silvestris* with *Pinus salzmannii* which constitutes there a particular association connected to *Pino-Juniperetea*.

MOTS CLES : Pin de Salzman, Languedoc, Ecologie, Dynamique végétation, Zonation altitudinale, Phytosociologie.

Le Pin de Salzman constitue en France méditerranéenne continentale, un certain nombre de peuplements disjoints, tous localisés sur la rive droite du Rhône, et occupant des superficies totales ne dépassant pas 3.000 hectares.

Cet arbre n'a jamais passionné les forestiers ou les écologistes français et bien peu de travaux lui ont été consacrés. En fait, les problèmes qu'il pose sont nombreux et souvent délicats à résoudre.

- Sur le plan taxonomique tout d'abord, la valeur précise des populations françaises reste à établir ; si elles se rapportent à la subsp. *salzmannii*¹ (DUNAL, 1851) FRANCO, 1943 selon Flora Europaea (1964), beaucoup d'auteurs continuent à les rattacher à la sous-espèce *clusiana* CLEMENTE (1818), qui en fait doit être considérée comme synonyme. Sans vouloir entrer ici dans de longs débats taxinomiques, soulignons toutefois que le Pin noir de France languedocienne appartient de toutes façons à la même sous-espèce que le Pin noir ibérique (QUEZEL, 1980).

- Sur le plan écologique ensuite, on peut être étonné de rencontrer ce pin dans deux types de situations fort différents : les substrats dolométiques et divers substrats siliceux, schistes et

¹*salzmannii* nec non *salzmannii* in auctoribus monspessulanis

* Institut Méditerranéen d'Ecologie et de Paléocologie - Faculté Saint-Jérôme - Rue Henri Poincaré - 13397 MARSEILLE / Cedex 13

conglomérats schisteux surtout. Ces constatations ont amené divers auteurs à mettre en doute l'identité taxinomique de ces groupes de populations, et BREISTROFFER (1959) en particulier estimait que les populations dolomiticoles correspondaient plus ou moins au var. *pyrenaica*, LAPEYROUSE ou encore au var. *latiaquama* (Willk.) Hug. Del VILLAR, alors que les populations silicicoles cévenoles se rapportaient au var. *cebennensis* (Godr. et Gren.) Hug. Del VILLAR.

- Sur le plan phytosociologique, bien peu d'auteurs ont cherché à définir la valeur des structures forestières constituées par ce pin ; signalons toutefois que dans la Carte de Végétation de la France, il constitue d'après GAUSSEN (1948) sur la feuille de Perpignan, mais aussi sur les feuilles d'Avignon et de Montpellier, une série spéciale de végétation. Les forêts de Saint-Guilhem ont fait par ailleurs l'objet d'un important travail de BRAUN-BLANQUET (1955) sur lequel nous aurons à revenir.

- Sur le plan forestier, il faut souligner que le Pin noir languedocien mais aussi catalan, jouit d'une mauvaise réputation ; il est considéré comme peu productif, mal venant et généralement tordu, ce qui l'a fait écarter de façon quasi-absolue des entreprises de reboisements réalisées depuis le siècle dernier dans la région, où le Pin noir d'Autriche, voire depuis peu de temps le Pin noir de Corse lui ont toujours été préférés.

Pour ces diverses raisons, nous avons pensé qu'un bilan général des populations françaises continentales de Pin noir restait à faire et nous avons entrepris durant l'été 1987, la visite de ses peuplements naturels. Ce travail est consacré à l'étude phytécologique des diverses populations ; les problèmes taxinomiques et forestiers seront envisagés par ailleurs. Précisons que dans ce texte, à des fins de simplification, nous parlerons du Pin de Salzmann (*Pinus nigra* subsp. *salzmanni*) sans en préciser la hiérarchisation taxinomique.

Les formations que nous avons étudiées, se répartissent aisément en deux groupes :

* les populations sur dolomites comprenant dans l'Hérault celles de Saint-Guilhem et de Carlencas, et en Lozère celles des gorges du Tarn ;

* les populations silicicoles avec, dans les Pyrénées Orientales celles du Conflent, et dans le Gard et l'Ardèche celles des Cévennes s'étalant entre Saint-Jean du Gard et les Vans.

En fait, d'autres populations très réduites, voire des arbres isolés, se rencontrent dans des conditions édaphiques différentes, à proximité des peuplements cités ci-dessus, mais la spontanéité de certaines d'entre elles n'est pas certaine et nous ne les avons pas retenues. Citons cependant la présence du Pin de Salzmann sur calcaires dolomitiques dans le Conflent sur le revers sud du mont Coronat, ou encore dans la région du bois de Paiolive en Ardèche ; de même dans l'Hérault, BRAUN-BLANQUET (1955) indique l'existence près de Montarnaud d'une petite population sur cailloutis siliceux.

Nous envisagerons successivement les populations dolomiticoles et les populations sur substrats siliceux, et discuterons ensuite sur les problèmes relatifs à leur valeur dynamique.

I - LES POPULATIONS DOLOMITICOLES

I.1 - Les populations héraultaises

Le Pin de Salzmann occupe des surfaces non négligeables dans le nord du département de l'Hérault. Ses peuplements les plus connus sont ceux qu'il organise dans la région de Saint-Guilhem le Désert (entre 1.000 et 2.000 ha) et de Carlencas (10 à 15 ha), mais il est présent à l'état disséminé çà et là entre Montpellier, Lodève et Bédarieux. Ces formations ont été étudiées par de nombreux auteurs et en particulier par BRAUN-BLANQUET (1955) et il est inutile de les décrire ici longuement. Toutefois depuis cette date, on assiste à un double phénomène : l'extension évidente de ce pin surtout à la périphérie de ses peuplements anciens, mais également un passage parfois dramatique des incendies qui ont détruit en particulier en 1973 plus de 200 hectares de vieilles futaies, surtout dans la région de Saint-Guilhem.

L'interprétation phytosociologique proposée par BRAUN-BLANQUET en 1955, à partir de 15 relevés effectués précisément dans la vieille futaie de Saint-Guilhem aujourd'hui presque totalement détruite, doit être revue à la lumière des quelques 31 relevés que nous avons effectués dans la région de Saint-Guilhem et des 14 en provenance de Carlencas.

Rappelons que pour BRAUN-BLANQUET, ces formations se rapportent essentiellement à deux groupements : un groupement de type franchement forestier représentant un QUERCO-BUXETUM PINETOSUM SALZMANNII, et un groupement de matorral arboré défini comme un ROSMARINO-LITHOSPERMETUM DOLOMITICUM.

En fait, cette position mérite d'être discutée pour diverses raisons. En effet, les peuplements de Pin de Salzmann occupent en réalité dans la région, une situation nettement plus complexe et qui ne saurait se réduire à une structure forestière s'intégrant aux QUERCETALIA PUBESCENTIS, et une structure de dégradation se rattachant aux ONONIDO-ROSMARINETALIA, situation a priori paradoxale, puisque la première se rapporte essentiellement à un étage de végétation de type supra-méditerranéen et la seconde à un étage typiquement méso-méditerranéen. Cette particularité n'avait d'ailleurs pas échappé à BRAUN-BLANQUET qui soulignait l'altitude exceptionnelle atteinte à Saint-Guilhem par le ROSMARINO-LITHOSPERMETUM. D'autre part, les relevés publiés par cet auteur ont tous été réalisés sur une surface réduite, la vieille forêt de Saint-Guilhem, alors que cet arbre est présent en peuplements sur une superficie d'une quarantaine de kilomètres carrés entre le signal de Saint-Baudèle et Pégairolles de Buèges.

L'examen de l'ensemble de nos relevés provenant de la région de Saint-Guilhem et de celle de Carleucas permet de tirer diverses conclusions :

- Sur le plan écologique, le substrat est essentiellement constitué par des dolomies compactes du Bathonien, localement colmatées par des arènes ; si le pin peut localement s'installer sur des calcaires compacts il y reste mal venant et efficacement concurrencé par les chênes. Du point de vue altitudinal, ces peuplements se développent entre 160 et 800 m ; les précipitations sont élevées et partout supérieures à 1.000 m et les valeurs de m (moyenne des minima du mois le plus froid) comprises selon l'altitude entre + 2 et - 3 .

- Du point de vue des étages de végétation, la situation des peuplements héraultais de Pin de Salzmann est complexe et ne peut être interprétée qu'à la lumière d'une analyse phytosociologique précise. En fait, comme nous allons le voir, deux ensembles peuvent facilement être individualisés. Le premier dont le cortège est riche en espèces des QUERCETALIA ILICIS peut se rattacher au complexe des forêts calcicoles cévenoles à *Quercus ilex* (QUEZEL et BARBERO, 1987) essentiellement de type méditerranéen supérieur et le second où prédominent totalement par contre les espèces des QUERCETALIA PUBESCENTIS, doit se rattacher au contraire à la série supra-méditerranéenne du Chêne pubescent. La limite entre ces étages varie considérablement en fonction de l'exposition mais aussi du méso-climat ; elle se situe en moyenne vers 300-400 m. En fait, surtout en raison de la nature du substrat, cette limite n'est pas évidente car si *Quercus ilex* tolère assez bien les dolomies, il n'en est pas de même pour *Quercus pubescens* qui n'apparaît qu'épisodiquement et le plus souvent à la faveur de conditions édaphiques particulières ; cet arbre fait pratiquement défaut dans les forêts de pin de Carleucas. Par ailleurs, au niveau des peuplements bien venants de pin, les chênes restent généralement mal développés et ne sont guère représentés que par des germinations ou de jeunes individus, comme d'ailleurs BRAUN-BLANQUET le notait déjà en 1955.

Deux ensembles majeurs peuvent être distingués ; ils répondent respectivement à une végétation de type méditerranéen supérieur et une de type supra-méditerranéen.

a - L'ensemble de type méditerranéen supérieur

La totalité de nos relevés de la région de Carleucas et une partie de ceux de Saint-Guilhem doivent s'y rapporter. Deux unités très différentes peuvent y être distinguées : un ensemble forestier, voire localement pré-forestier, constitué par des pinèdes où *Quercus ilex* est présent et un ensemble de type matorral arboré où le pin s'installe sur des formations dominées par *Rosmarinus officinalis* et *Erica multiflora*.

- Les formations forestières (Tableau 1)

Déjà pressenties mais non étudiées par BRAUN-BLANQUET, elles occupent des surfaces assez importantes notamment à Carleucas, sur le revers sud du plateau de Saint-Guilhem et dans la vallée de la Buèges. Il s'agit de forêts de Pin noir pratiquement fermées où les arbres peuvent être de belle venue et atteindre 15 m de hauteur. Elles s'installent sur des sols déjà évolués et parfois profonds, développés sur substrats dolomitiques souvent arénacés et accusant en surface une tendance nette à la formation de rendzines forestières. Sous le pin, *Quercus ilex* est relativement abondant, associé à

Buxus sempervirens et à un cortège floristique assez riche où dominent les espèces appartenant aux QUERCETALIA ILICIS, mais également un certain nombre d'indicatrices des QUERCETALIA PUBESCENTIS. La situation est en fait ici tout à fait analogue à celle que nous avons définie pour les chênaies vertes sur calcaire des Cévennes méridionales (QUEZEL et BARBERO, 1986) et les relevés peuvent être rattachés au PIPTATHERO PARADOXI-QUERCETUM ILICIS. En effet, parmi les caractéristiques de cette dernière association se retrouvent *Quercus ilex*, *Buxus sempervirens*, *Piptatherum paradoxum* (absent à Carleucas), *Helleborus foetidus*, *Cephalanthera rubra*, *Coronilla emerus*, *Melilotis melissophyllum* et *Acer monspessulanum*. Même si quelques unes des caractéristiques du groupement cévenol font ici défaut, il en persiste un nombre suffisant pour que l'ensemble de nos relevés puissent être intégrés à cette association. Toutefois quelques différences sont à souligner. C'est ainsi que dans la région de Saint-Guilhem en particulier, diverses espèces thermophiles absentes des relevés cévenols apparaissent notamment *Juniperus oxycedrus*, *Phillyrea angustifolia* ou encore de façon tout à fait exceptionnelle *Pistacia lentiscus* jusque dans la haute vallée de la Buèges ; inversement, à Carleucas ce sont des espèces des QUERCETALIA PUBESCENTIS tels que *Geum sylvaticum*, *Cephalanthera ensifolia* voire *Ilex aquifolium*. Toutefois, malgré ces variations, il s'agit indiscutablement de la même association. Par contre, et cette fois dans l'ensemble de nos relevés, la présence de *Pinus salzmannii*, et surtout à Saint-Guilhem de *Juniperus phoenicea* voire de *Erica scoparia* permet de définir une sous-association particulière, localisée sur dolomies pulvérulentes, la sous-association PINETOSUM SALZMANNII, où *Erica multiflora* et *Rosmarinus officinalis* sont également présents alors qu'ils font totalement défaut dans les Cévennes méridionales, même sur dolomies primaires.

- Les formations pré-forestières (Tableau 2)

Elles sont constituées, de façon très générale sur dolomies, par un groupement déjà défini par BRAUN-BLANQUET en 1955 : le ROSMARINO-LITHOSPERMETUM DOLOMITICUM. Les quelques 14 relevés dont nous disposons permettent de modifier les conclusions de cet auteur. Il s'agit d'un matorral moyen, de recouvrement souvent élevé, installé sous couvert dense (50 à 80 %) de Pin de Saltzmann, où dominent physionomiquement les espèces des ROSMARINETALIA et du ROSMARINO-ERICION, notamment *Erica multiflora*, *Rosmarinus officinalis*, *Fumana ericoides*, *Stachelina dubia*, *Lavandula latifolia*, *Coris monspeliensis*, etc. Toutefois les transgressives des QUERCETALIA ILICIS sont nombreuses, en particulier dans les relevés où *Pinus salzmannii* est abondant. Il se constitue, en fait, un matorral arboré dense où *Pinus*, souvent mal venant, est associé à *Quercus ilex*, *Buxus sempervirens*, *Juniperus phoenicea*, *Juniperus oxycedrus*. Tous les termes de passage entre cette végétation et la forêt à *Pinus salzmannii* peuvent s'observer. En fait, l'ensemble de nos relevés paraissent plutôt répondre, tant du point de vue floristique que dynamique, à des structures pré-forestières se rattachant aux PISTACIO-RHAMNETALIA. Malheureusement, l'étude de cet ordre en Languedoc et en particulier à l'étage méditerranéen supérieur, reste totalement à faire et, dans ces conditions, il est bien difficile de proposer une solution définitive. La présence de *Juniperus phoenicea* et de *Teucrium chamaedrys* subsp. *pinnatifidum* peut permettre, au moins provisoirement, de l'intégrer dans l'alliance RHAMNO-COCCIFERION RIVAS-MARTINEZ et RIVAS-GODAY 1974. Dans ces conditions, nous rattachons nos relevés à une association nouvelle, le PINO SALZMANNII-JUNIPERETUM PHOENICEAE, dont les caractéristiques sont précisément les deux espèces ayant servi à nommer l'association. Il convient toutefois de préciser les rapports existant entre celle-ci et le ROSMARINO-LITHOSPERMETUM DOLOMITICUM. En effet, si un important cortège floristique de caractéristiques du ROSMARINION et des ROSMARINETEA apparaît dans nos relevés, les caractéristiques de l'association (ROSMARINO-LITHOSPERMETUM) en dehors de *Erica multiflora* y sont à peine présentes. D'autre part, du point de vue altitudinal, les relevés de Saint-Guilhem et de Carleucas se situent très nettement en dehors de l'aire habituelle de cette association. En effet, aussi bien en Languedoc qu'en Provence, elle dépasse rarement 350 m, alors que l'ensemble de nos relevés ont été réalisés entre 400 et 600 m. BRAUN-BLANQUET (1955) avait d'ailleurs déjà signalé cette apparente anomalie qui ne peut être expliquée que par la nature du substrat (sables et arènes dolomitiques constituant d'excellents tampons thermiques facilement surchauffés en surface et très drainants). Toutefois, à ces altitudes ces espèces restent vulnérables et lors de notre passage, de très nombreux pieds de *Rosmarinus*, *Erica* et *Globularia alypum* en totalité avaient été détruits par les froids hivernaux de 1985-86 et dans certains relevés la quasi-totalité des individus étaient morts. Tous ces arguments, ajoutés à la valeur dynamique de ce groupement, nous conduisent donc à le considérer comme intermédiaire entre le ROSMARINO-LITHOSPERMETUM DOLOMITICUM, qui n'apparaît bien reconnaissable que dans les zones de matorral bas et surtout sur les franges altitudinales inférieures, et le PIPTATHERO-QUERCETUM ILICIS PINETOSUM.

b - L'ensemble supra-méditerranéen (Tableau 3)

Il regroupe les formations denses à *Pinus salzmannii* de la région de Saint-Guilhem, situées au-dessus de 400 m environ, à l'exception de celles situées aux expositions sud qui appartiennent aux groupements précédents.

Il s'agit soit de forêts denses et bien venues où les arbres, rectilignes, peuvent atteindre voire dépasser 15 m, soit de peuplements plus clairs et souvent rabougris. Les premiers occupent les sols plus ou moins évolués des combes et les seconds les substrats plus superficiels.

Leur interprétation phytosociologique pose un certain nombre de problèmes. En effet, BRAUN-BLANQUET a réalisé de toute évidence ses 11 relevés dans la première de ces situations, au niveau de la forêt de Saint-Guilhem aujourd'hui disparue, dans des boisements âgés, comme le souligne l'abondance de *Hedera helix*, mais également la présence de quelques espèces très exigeantes : *Neottia nidus-avis*, *Cicerbita muralis*, *Helleborine latifolia*, etc. Ceci explique sans doute le fait qu'il ait rattaché sans hésitation ses relevés au QUERCO-BUXETUM à titre de sous-association particulière (PINETOSUM SALZMANNII), sans définir d'ailleurs les différentielles de cette sous-association.

L'examen de nos relevés, effectués de façon plus systématique sur la majeure partie du boisement, montre tout d'abord que pratiquement toutes les espèces relevées par BRAUN-BLANQUET ont été retrouvées, ainsi d'ailleurs que plusieurs autres très significatives, telles que *Lonicera xylosteum*, *Euphorbia dulcis*, *Polygonatum officinale*, *Helleborus foetidus*, *Acer opalus*, qui, toutes, tendent à confirmer la solution proposée par BRAUN-BLANQUET. Toutefois, on ne peut être que frappé par l'abondance, dans pratiquement tous nos relevés, d'espèces herbacées généralement liées au SESLERION ELEGANTISSIMAE (BARBERO, LOISEL et QUEZEL, 1972) : *Thalictrum minus* subsp. *saxatile*, *Phyteuma tenerum*, *Euphorbia duvalii*, *Sesleria elegantissima*, *Senecio gerardi*, *Euphrasia salisburgensis*, mais aussi *Festuca consobrina*, *Serratula nudicaulis* voire *Campanula speciosa*. La place déterminante que jouent ces espèces dans cette formation, qui pour la plupart figuraient dans les relevés de BRAUN-BLANQUET, doit être discutée, d'autant que les caractéristiques de l'ONONIDION STRIATAE et des ANTHYLLIDETALIA MONTANAE sont également bien développées.

Du point de vue dynamique tout d'abord, il paraît certain que le schéma fourni par BRAUN-BLANQUET doit être revu : en effet, la pinède dans toute la zone considérée et surtout au-dessus de 600 m dérive de façon évidente de pelouses à *Sesleria elegantissima*. Ce n'est que sur les franges altitudinales inférieures ou en exposition sud que le ROSMARINO-LITHOSPERMETUM PINETOSUM peut apparaître et, comme nous l'avons indiqué plus haut, il s'agit en fait de deux étages altitudinaux et donc de deux séries de végétation différentes.

Du point de vue phytosociologique ensuite, il est bien entendu possible et logique de considérer ces formations à Pin de Salzmann comme représentant une sous-association particulière du BUXO-QUERCETUM, même si *Quercus pubescens* n'y joue qu'un rôle très discret, mais BRAUN-BLANQUET, mis à part *Pinus nigra* subsp. *salzmannii*, ne fournit pas de différentielles pour sa sous-association. Ce sont précisément les espèces du SESLERION signalées ci-dessus qui jouent ce rôle tant par leur abondance que par leur signification dynamique. En effet, il ne fait pas de doute que, dans toute la zone considérée, la forêt de Pin de Salzmann s'installe sur un SESLERIO-PHYTEUMETUM (Br.-Bl. 1952) Br.-Bl. 1971. La situation est en fait ici assez proche de celle qui apparaît sur dolomites au niveau des formations à *Pinus* des Causses sur lesquelles nous aurons à revenir. Nous avons donc affaire à une série supra-méditerranéenne à *Pinus salzmannii* dont le groupement potentiel, s'il s'encarte encore dans les QUERCETALIA PUBESCENTIS, montre, en raison de la nature du substrat, un développement important des espèces du SESLERION et des unités voisines. En définitive, la situation des pinèdes d'altitude de Saint-Guilhem ne diffère pas fondamentalement (MAYER 1974) de celle des pinèdes des Alpes orientales sur dolomites à *Pinus nigra* subsp. *austriaca* (SESLERIO-PINETUM NIGRAE WAGNER 1941) ou encore de diverses pinèdes à *Pinus sylvestris* des Alpes méridionales à *Calamagrostis varia*, *Sesleria elegantissima* et *Sesleria autumnalis* (BARBERO, 1972).

I.2 - Les peuplements des gorges du Tarn (Tableau 4)

Le Pin noir a été découvert récemment dans les gorges du Tarn par R. DEJEAN, Chargé de Mission au Parc des Cévennes. Il occupe, associé à *Pinus sylvestris*, les falaises de calcaire dolomitiques du Bathonien dans la zone des détroits en versant nord, entre le Roc des Hourtous et le cirque des Baumes. Actuellement, il est représenté là par une population essentiellement rupicole située entre 700 et 900 m. Cette population a été gravement décimée par les incendies des années 60 et il ne subsiste que des

bouquets souvent inaccessibles de pins atteignant 10 à 15 m de hauteur et d'assez nombreuses régénérations. Nos investigations pour trouver d'autres peuplements dans des conditions analogues dans les gorges du Tarn ou de la Jonte sont restées vaines. Cette petite population occupe un site extrêmement remarquable sur le plan floristique, puisqu'elle cohabite là en particulier avec *Cypripedium calceolus*, *Rubus saxatilis*, *Carex alba*, *Carex brachystachys*, *Globularia cordifolia*, *Gentiana costei*, *Pinguicula longifolia*, etc. En fait, toutes ces espèces colonisent des niches écologiques précises et le Pin noir reste en situation nettement xérophile. Il végète le plus souvent au niveau de fissures et de vives étroites où il s'associe à diverses espèces arborescentes ou arbustives appartenant soit aux PINO JUNIPERETEA RIVAS-MARTINEZ 1964, soit aux QUERCETALIA PUBESCENTIS voire aux FAGETALIA, mais également à des espèces herbacées s'intégrant à peu près toutes aux SESLERION ELEGANTISSIMAE et aux ANTHYLLOIDETALIA MONTANAE (QUEZEL 1952, BARBERO, LOISEL et QUEZEL, 1974).

Cette situation est finalement proche de celle que nous venons de rencontrer au supra-méditerranéen dans la région de Saint-Guilhem ; toutefois, l'altitude est ici nettement supérieure et ces peuplements se rapportent à un étage de type montagnard méditerranéen. Du point de vue dynamique, ces pins d'ailleurs mélangés à *Pinus silvestris* constituent des groupements permanents dont il est bien difficile d'envisager l'évolution. A titre indicatif, signalons que les canoles voisines sont occupées par des hêtrales à *Carex alba* et *Cypripedium calceolus* (CARICI ALBAE-FAGETUM RAMEAU 1973) qui seront étudiées par ailleurs.

L'interprétation phytosociologique de ces formations est délicate. Elle peut toutefois être tentée grâce aux travaux conduits d'une part sur les PINO-JUNIPERETEA en France méditerranéenne (BARBERO et QUEZEL, 1971) et d'autre part sur ceux déjà signalés concernant le SESLERION ELEGANTISSIMAE.

A la lumière des 10 relevés dont nous disposons, il est possible de retrouver un certain nombre de caractéristiques des unités représentant les PINO-JUNIPERETEA sensu lato en France méditerranéenne. L'alliance PINO-JUNIPERO-CYTISION BARBERO et QUEZEL 1975 décrite du Ventoux paraît bien exister ici avec *Juniperus hemisphaerica*, *Cytisus sessilifolius* var. *prostratus*, *Rosa pimpinellifolia*, *Rosa montana*, *Daphne alpina* var. *villosissima* et *Rhamnus saxatilis* fonana. Parmi les caractéristiques de l'ordre et de la classe figurent en particulier : *Arctostaphylos crassifolia*, *Amelanchier embergeri*, *Cotoneaster integerrima*, *Pirola chlorantha*, *Epipactis atropurpurea*, *Genista pilosa* var. *jordanii*.

Cette liste est suffisamment importante pour que le groupement étudié ici puisse être intégré à ces unités, même si les caractéristiques restent souvent dispersées en raison du type de station qu'elles colonisent ; il constitue donc l'association à *Rosa pimpinellifolia* et *Pinus nigra* subsp. *salzmannii* (ROSO PIMPINELLIFOLIAE-PINETUM SALZMANNII) caractérisée, au moins localement encore, par *Rhamnus alpina*, *Amelanchier embergeri* et *Cotoneaster intermedia*. Il s'agit là, soulignons le, du premier groupement des PINO-JUNIPERETEA décrit du sud du Massif Central. Signalons ici que le nom que nous avons retenu pour définir l'alliance évoquée plus haut ne répond pas aux normes de la nomenclature phytosociologique ; nous proposons donc de le remplacer par binôme PINO UNCINATI-ROSION PIMPINELLIFOLIAE.²

Parmi les autres espèces constituant le cortège floristique du tableau n° 4, figurent, comme nous l'avons indiqué, de nombreuses espèces du SESLERION ELEGANTISSIMAE et plus spécialement de l'association à *Daphne cneorum* et *Gentiana costei*, pour des raisons évidentes de contiguïté, mais aussi diverses transgressives du CEPHALANTHERO FAGION et surtout du CARICI ALBAE-FAGETUM. Remarquons que dans les gorges du Tarn, de la Jonte et aussi de la Dourbie, se développe, dans des conditions analogues, un groupement très voisin où *Pinus silvestris* se rencontre seul (sous ass. PINETOSUM SYLVESTRIS). Remarquons encore que, dans la région de Saint-Guilhem, les PINO-JUNIPERETEA n'apparaissent pas en structures significatives, même si certaines espèces y existent mais ici à l'état isolé. Cette différence est la conséquence du décalage altitudinal existant entre les peuplements des gorges du Tarn (étage montagnard de type méditerranéen) et ceux de Saint-Guilhem (étage supra-méditerranéen).

Ces formations ne présentent par contre que peu d'affinités avec les forêts à *Pinus sylvestris* sur substrats dolomitiques appartenant au CEPHALANTHERO-PINETUM Vanden Berghen 1963, que cet auteur rapporte à juste titre aux PINETALIA Oberdorfer 1957. Par contre, ce même auteur définit sur les escarpements dolomitiques exposés au sud et à l'ouest, dans les gorges des grands Causses, un groupement à *Pinus sylvestris* et *Juniperus phoenicea*, véritable groupement permanent, remplaçant aux exposition ensoleillées celui que nous définissons ici et dont la signification phytosociologique précise reste à définir.

²Ass. type : ARCTOSTAPHYLLO CRASSIFOLIAE - PINETUM UNCINATAE BARBERO et QUEZEL 1975 : réf. n° 6.

II - LES POPULATIONS SILICICOLES

II.1 - Dans les Pyrénées Orientales (Tableau 5)

La présence du Pin de Salzmann dans la vallée du Conflent est connue depuis très longtemps, mais cet arbre ne paraît guère avoir fait l'objet d'études particulières dans cette région. GAUSSEN (1948), dans la feuille de Perpignan de la carte de végétation de la France, indique avec précision la situation des principaux peuplements. En fait, à l'heure actuelle ce pin est surtout répandu sur la rive droite du Tet sur les piémonts nord du Canigou entre Olette et Prades. Les stations indiquées dans la région d'Espirat du Conflent ont pratiquement disparu. Le Pin de Salzmann existe aussi à l'état épars sur le revers sud du mont Coronat. Tous les peuplements de la rive droite du Tet, se situant entre 500 et 900 m et colonisent sur des pentes raides, des colluvions grossiers siliceux entraînés du Canigou ; les plus importants se situent entre Sardinya et Sahorre.

Les structures de végétation sont extrêmement homogènes sur l'ensemble des peuplements et le pin constitue, pratiquement isolé, des forêts de venue souvent médiocre. *Quercus ilex* et *Quercus sessiliflora* sont très disséminés et le plus souvent représentés par de très jeunes individus mal venants. L'analyse de nos 23 relevés permet de distinguer deux ensembles principaux :

- En exposition sud ou ouest surtout, mais aussi sur des substrats très pentus et peu ou pas évolués en surface, le Pin de Salzmann reste assez chétif (4 à 7 m) et son recouvrement moyen se situe entre 40 et 60 %, ce qui permet l'installation au sol d'un matorral bien développé dominé par *Cistus laurifolius*, *Calluna vulgaris* et *Genista pilosa* ;

- En exposition nord et est, sur des substrats moins pentus et recouverts d'une épaisse litière d'aiguilles bien décomposées en profondeur et souvent envahies par des tapis de mousses (*Hylocomium* et *Neckera* surtout), un cortège forestier significatif apparaît sans toutefois éliminer totalement les chaméphytes.

* Le matorral arboré à *Pinus salzmannii* et *Cistus laurifolius*.

Sa constitution floristique est très homogène et relativement pauvre mais ne répond à aucune structure phytosociologique précise connue. En effet, cohabitent là quelques représentants typiquement méditerranéens des CISTO-LAVANDULETEA (*Cistus laurifolius*, *Lavandula stoechas*) mais aussi des CALLUNO-ULICETALIA atlantiques (*Calluna vulgaris*, *Sarotannus scoparius*, *Genista pilosa* var. *microphylla*) auxquels s'adjoignent divers éléments plus significatifs traduisant cette hétérogénéité *Halimium viscosum*, *Avenula pratensis*, *Thesium intermedium*, *Vicia vestita*. Il convient de souligner l'absence quasi-absolue de thérophytes dans nos relevés, ce qui pourrait être en partie dû aux précipitations assez faibles du printemps 1987, mais aussi et surtout à la nature et à l'inclinaison du substrat.

Ces formations ne sont pas aisées à interpréter sur le plan phytosociologique, mais représentent de toute évidence le vicariant local de l'ADENOCARPO-ERICETUM ARBOREAE (Br.-Bl. (1915) 1931) cévenol dont nous aurons à reparler plus loin. Il s'agit dans les deux cas de matorrals sur substrat siliceux de type supra-méditerranéen ou plutôt méditerranéen supérieur, mais suffisamment distincts pour pouvoir être considérés comme deux associations différentes. Il s'agit ici de toute évidence d'un groupement nouveau, l'HALIMIO VISCOSI-CISTETUM LAURIFOLII caractérisé en outre par *Avenula pratensis*, subsp. *requienii*, *Thesium intermedium* et *Vicia vestita*.

Pour des raisons d'homogénéité vis à vis de l'ADENOCARPO-ERICETUM, nous le rattachons aux CISTO-LAVANDULETEA, bien que sa place dans les CALLUNO-ULICETEA puisse être également envisagée.

Indiquons la présence dans le cortège floristique de quelques rares représentants des QUERCETEA ILICIS et l'absence pratiquement totale d'espèces des QUERCETALIA PUBESCENTIS ou des QUERCETEA ROBORIS.

* Les formations forestières à *Pinus salzmannii*.

Un certain nombre de nos relevés (18 à 23), et même si des stades intermédiaires avec l'association précédente peuvent être observés (rel. 8 et 10), répondent indiscutablement à un milieu forestier floristiquement assez riche. Il s'agit essentiellement de stations correspondant à des thalwegs humides bien représentés en particulier dans le vallat de Garbères au sud-est de Sardinya, mais aussi des environs de Vernet les Bains.

Même s'ils occupent des surfaces limitées, ces structures de végétation sont fort intéressantes car elles posent le problème des formations forestières développées sous couvert de Pin de Salzmann.

Ces derniers sont ici de belle venue et atteignent 15 m de hauteur ; ils constituent à eux seuls la strate arborescente qui est fermée, même si localement apparaissent en sous-strate *Castanea sativa*, *Acer opalus*, *Acer monspessulanum*, *Sorbus aria*, *Cerasus avium* et *Populus tremula*. *Quercus sessiliflora* et plus rarement *Quercus ilex* sont présents çà et là à l'état de germination ou d'individus jeunes et mal venus, de toute évidence dépourvus d'avenir forestier. Le cortège floristique assez riche se rapporte indiscutablement au QUERCION et aux QUERCETEA ROBORI-PETRAEAE, comme le souligne la présence de *Teucrium scorodonia*, *Lathyrus montanus*, *Lonicera periclymenum*, *Hieracium sabaudum*, *Populus tremula*, *Pulmonaria longifolia*, *Festuca capillata*, *Veronica officinalis*, ainsi que celle de diverses espèces des QUERCO-FAGETEA ; les QUERCETALIA PUBESCENTIS ne présentent guère par contre que *Helleborus foetidus*, *Coronilla emerus* et *Astragalus glycyphyllos* toujours rares. Par contre, l'absence dans nos relevés de *Deschampsia flexuosa* et de *Pteridium aquilinum* mérite d'être soulignée.

La signification phytosociologique précise du groupement est difficile à établir en l'absence totale de documents précis sur les chênaies caducifoliées sur silice de la région. SUSPLUGAS (1935) signale bien dans le haut Vallespir une association à *Quercus sessiliflora* et *Tilia platyphyllos*, mais la liste qu'il fournit à son propos ne permet pas d'y intégrer le groupement analysé ici. Confrontés à un problème comparable pour des formations à *Quercus sessiliflora* de la région de Bourdeaux dans la Drôme, GAMISANS et GRUBER (1979) les ont rapportés au CASTANEO-QUERCERTUM PETRAEAE Br.-Bl. 1950. Cette solution peut à la rigueur être adoptée ici, en attendant une étude synthétique sur les chênaies caducifoliées sur silice en France méditerranéenne, bien qu'elle ne puisse être considérée comme satisfaisante. Dans ces conditions, les formations à Pin de Salzmann du Conflent étudiées ici constituent une sous-association PINETOSUM SALZMANNII du groupement ci-dessus. Elle peut être caractérisée par *Pinus salzmannii*, *Cerasus avium* et *Brunella hastaefolia*.

Sur le revers espagnol des Pyrénées, *Pinus salzmannii* constitue de vastes peuplements qui viennent d'être étudiés par GAMISANS et GRUBER (1988). Ils apparaissent sur des substrats variés et sont largement préférentiels de l'étage supra-méditerranéen où ils constituent un LONICERO XYLOSTEI-PINETUM SALZMANNII qui s'intègre sans problème dans les QUERCETALIA PUBESCENTIS. Ce groupement essentiellement calcicole ne présente pas d'affinités avec celui que nous venons d'étudier ; il est par contre beaucoup plus proche du QUERCO-BUXETUM PINETOSUM SALZMANNII de Saint-Guilhem. Indiquons encore que l'abondance de *Hylocomium splendens* pourrait suggérer quelque affinité avec le HYLOCOMIO-PINETUM CATALAUNICAE Vágo 1979. Toutefois, cette association montagnarde du revers sud des Pyrénées est dominée par *Pinus silvestris*, voire *Pinus uncinata*, et son cortège floristique est totalement différent de celui du groupement étudié ici.

II.2 - Dans les Cévennes (Tableau 6)

Le Pin de Salzmann constitue des peuplements assez importants dans les Cévennes siliceuses, notamment dans la région comprise entre Bessèges et les Vans ; il est aussi présent au col d'Ugias au nord de Saint-Jean du Gard et l'on en connaît de petits peuplements ou des pieds isolés çà et là entre ces deux zones. Son écologie et sa valeur phytosociologique n'a jamais été envisagées à notre connaissance et le seul document récent évoquant cette question est le travail de COUTEAUX (1974), qui pose par ailleurs fort bien les problèmes relatifs à ces peuplements. Ce pin peut localement pénétrer sur les substrats calcaires en périphérie de son aire.

Les surfaces actuellement occupées par ce pin n'excèdent sans doute pas 500 à 600 ha (MATTHIEU comm. verb.), alors qu'au début du siècle il en couvrait plusieurs milliers. Cette réduction est le fait d'incendies catastrophiques, mais surtout de la concurrence du Pin maritime qui régénère beaucoup plus aisément que lui, en particulier après le passage du feu.

Dans les Cévennes siliceuses, le Pin de Salzmann s'étend approximativement entre 200 et 600 m, à toutes expositions, sur des substrats schisteux essentiellement, mais aussi localement sur gneiss et grès. Les précipitations sont partout élevées et comprises entre 1.200 et 1.500 mm ; les valeurs de m oscillent entre 1 et - 3 C.

L'étude phytosociologique de ces formations n'est pas aisée pour diverses raisons. Tout d'abord, de catastrophiques incendies ont perturbé et souvent anéanti au cours de ces dernières années plus de la moitié des peuplements, notamment aux environs de Bessèges ; par ailleurs, l'introduction et l'extension du Pin maritime très dynamique dans toute la région ont perturbé l'équilibre écologique initial et les peuplements purs de Pin de Salzmann sont actuellement de plus en plus rares.

Une mise en parallèle avec les formations des Pyrénées-Orientales envisagées ci-dessus vient tout de suite à l'esprit et, comme nous le verrons, les analogies sont en effet importantes. Toutefois, il convient de souligner que le Pin cévenol est un arbre de très belle venue, pouvant atteindre 20 à 25 m de hauteur dans certaines stations. Dans les conditions actuelles tout au moins, il forme le plus souvent des forêts assez claires, tolérant en sous bois des formations denses de matorral, les structures franchement forestières sont tout à fait exceptionnelles.

Le recouvrement de la strate arborée varie entre 40 et 80 % en moyenne. *Pinus salzmannii* domine toujours dans nos relevés et forme et de très loin l'essence principale ; il peut s'associer à *Quercus ilex* qui peut devenir assez abondant dans un flanc sud et sur des sols superficiels ; *Pinus pinaster* est parfois codominant. *Castanea sativa* et *Quercus petraea* sont présents çà et là, assez souvent à l'état de taillis après recépage. Le matorral sous-jacent peut être inclus sans difficulté dans l'ADENOCARPO-ERICETUM ARBOREAE Br.-Bl. (1915) 1931. En effet, toutes les caractéristiques choisies par BRAUN-BLANQUET sont présentes à l'exception de *Cistus laurifolius*. Toutefois, par rapport aux relevés de cet auteur provenant des Cévennes méridionales (région du Vigan) certaines différences sont à souligner. C'est en particulier la faible représentation des thérophytes, le plus souvent caractéristiques de la classe, peut-être ici comme dans les Pyrénées en raison de la sécheresse du printemps 1987, mais aussi la rareté relative d'*Erica arborea* et surtout d'*Adenocarpus complicatus* et d'*Anarrhinum bellidifolium*. Inversement, *Erica scoparia* est localement présent ainsi que *Lavandula stoechas*, *Cistus albidus*, tous absents des relevés de BRAUN. Certains *Cistus* jouent localement un rôle important ; c'est le cas pour *Cistus populifolius* au col d'Uglas et *Cistus pouzolziai* dans toute la zone de Bessèges - Les Vans. Ces différences tiennent au moins en partie au fait que nos relevés ont été effectués en milieu boisé. Toutefois, sur toute la bordure sud des Cévennes siliceuses, diverses Cistacées occupent des situations géographiques distinctes : *Cistus laurifolius* et très localement *C. pouzolziai* dans les Cévennes méridionales, *Cistus populifolius* avec *Halimium halimifolium* voire *H. umbellatum* dans la Gardonenne et *Cistus pouzolziai* dans la région de Bessèges - Les Vans. Ces différences amèneront certainement à définir, au sein de ce groupement, un certain nombre d'unités inférieures qu'il n'était pas dans nos intentions d'étudier ici.

Dans l'ensemble de nos relevés figurent par ailleurs pratiquement toutes les espèces participant à l'ASPLENIO-QUERCETUM ILICIS Rivas-Martínez et Rivas-Goday 1974 (= QUERCETUM ILICIS MEDITERRANEO-MONTANUM Br.-Bl. 1936) et nous avons déjà eu l'occasion de discuter de la signification de cette association (BARBERO et QUEZEL 1986). Les caractéristiques des QUERCETEA ROBORI-PETRAEAE sensu lato sont également nombreuses : il s'agit en particulier de toutes les différentielles de l'ASPLENIO-QUERCETUM ILICIS, mais aussi de quelques autres sur lesquelles nous aurons l'occasion de revenir.

Finalement, sur le plan phytosociologique, la quasi-totalité de nos relevés peut-être considérée comme représentant soit un ADENOCARPO-ERICETUM ARBOREAE un peu particulier mais fortement enrichi en éléments de l'ASPLENIO-QUERCETUM ILICIS, soit comme un aspect de cette dernière association offrant en sous bois un matorral bien développé constitué par des éléments de l'ADENOCARPO-ERICETUM. En fait, ces solutions traduisent bien la signification dynamique des formations denses à *Pinus salzmannii* de la région, qui, de toute évidence, doivent être considérées comme constituant un stade intermédiaire de type généralement pré-forestier entre ces deux associations.

La situation dans les Cévennes est donc nettement différente de celle que nous venons de trouver dans les Pyrénées Orientales, où les formations à Pin de Salzmann doivent au contraire être considérées comme des structures évoluant vers des formations forestières appartenant aux QUERCETEA ROBORI-PETRAEAE, où les vestiges des QUERCETEA ILICIS sont à peine représentés. Ceci tient en grande partie à des facteurs altitudinaux, 500 à 900 m dans les Pyrénées, contre 200 à 600 dans les Cévennes, mais la nature beaucoup moins filtrante du sol ainsi que l'existence d'une période de sécheresse estivale plus longue jouent certainement un rôle important dans les Cévennes, où *Quercus ilex* est omniprésent alors qu'il reste infiniment plus discret dans le Conflent, en particulier sur les versants nord.

Le caractère plutôt pré-forestier des formations étudiées ici est confirmé par l'absence quasi-complète de caractéristiques du QUERCION ILICIS, toujours rares d'ailleurs dans l'ASPLENIO-QUERCETUM ILICIS. Toutefois, il paraît difficile d'intégrer nos relevés, comme cela serait logique, aux PISTACIO-RHAMNETALIA dont les caractéristiques sont pratiquement absentes. Cette situation est liée de toute évidence au fait que les formations étudiées ici se situent essentiellement à l'étage méditerranéen supérieur où, sur le revers septentrional de la Méditerranée, la situation phytosociologique exacte des groupements pré-forestiers aussi bien sur silice que sur calcaire d'ailleurs, n'est pas clairement établie. Dans ces conditions, il est bien difficile de trancher et la moins mauvaise solution est de

considérer, au moins provisoirement, le groupement étudié ici comme une sous-association PINETOSUM SALZMANNII de l'ASPLENIO-QUERCETUM ILICIS dont les différentielles sont, outre *Pinus salzmannii*, *Erica ciliaris*, *Calluna vulgaris*, *Pteridium aquilinum* et *Genista pilosa* var. *jordanii* en raison de leur taux élevé d'abondance-dominance.

Reste à discuter le cas de quelques relevés correspondant à un milieu franchement forestier. A leur niveau, les espèces de matorral sont pratiquement absentes mais les caractéristiques de l'ASPLENIO-QUERCETUM ILICIS et celles des QUERCETALIA ILICIS accusent sensiblement le même taux de présence. Le seul caractère distinctif est leur enrichissement très net en espèces sciaphiles se rattachant en général aux QUERCO-FAGEA : *Brachypodium sylvaticum*, *Pulmonaria longifolia*, *Cerasus avium*, *Primula acaulis*, *Viola sylvestris* en particulier. Toutefois, le nombre de relevés dont nous disposons ne permet pas d'envisager, comme dans les Pyrénées Orientales, l'existence d'un groupement particulier se rattachant aux QUERCION ROBORI-PETRAEAE d'autant que, comme nous l'avons indiqué, les caractéristiques des QUERCETEA ILICIS (sensu lato) n'accusent pas de fléchissement net à ce niveau. L'abondance d'*Ilex aquifolium* permet pour l'instant de suggérer au moins une mise en parallèle de ces relevés avec la sous-association ILICETOSUM (QUEZEL et BARBERO, 1987) de l'ASPLENIO-QUERCETUM ILICIS.

III - CONCLUSIONS

La comparaison des diverses populations continentales françaises de Pin de Salzmann permet donc de dresser le bilan à la fois de leurs critères phyto-écologiques communs ou de leurs différences. En fait, ces dernières sont largement prédominantes et l'impression première est celle d'une hétérogénéité spatiale au moins apparente.

Parmi les critères écologiques, il convient de signaler tout d'abord leur situation en bioclimat perhumide ; partout en effet, les précipitations sont supérieures à 1.000-1.200 mm et atteignent localement 1.500 mm. Les critères thermiques, bien que plus difficiles à cerner, varient beaucoup plus ; nous avons signalé que les valeurs de m (sensu EMBERGER, 1942) varient entre + 2 et - 3 C dans les populations de Saint-Guilhem et des Cévennes ; dans les gorges du Tarn, m doit se situer aux environs de - 4 C.

Du point de vue des substrats, le Pin de Salzmann est largement préférentiel des structures très drainantes et s'asséchant rapidement en été, qu'il s'agisse de dolomies, voire de sables dolomitiques, ou encore d'arènes et de brèches siliceuses ; dans les Cévennes toutefois il s'installe surtout sur des schistes ou des mica-schistes compacts où les phénomènes de ruissellement, certainement très forts, limitent l'humidité édaphique.

L'ensemble de ces critères écologiques situe les populations de Pin de Salzmann de France continentale dans des zones théoriquement favorables, mais où les contraintes édaphiques sont très fortes ; finalement, ce pin colonise des substrats où les autres essences, y compris le chêne vert, ont du mal à se développer. Mais ces critères ne rendent pas compte de la localisation actuelle du Pin de Salzmann qui pourrait trouver en bien d'autres stations des milieux de même type où elle fait pourtant défaut. Son absence en Provence est tout particulièrement difficile à expliquer en dehors de critères historiques, même si le Pin de Salzmann y a existé assez récemment encore : environ - 47.000 BP dans les tufs de Roquevaire (OTTO 1987), voire - 10.000 BP dans les charbons de l'abri de Fontbregoua (VERNET 1986).

Du point de vue altitudinal, le Pin de Salzmann en France est très largement préférentiel de l'étage méditerranéen supérieur mais pénètre très localement au méso-méditerranéen, notamment dans la région de Saint-Guilhem et de Bessèges ; dans les Pyrénées Orientales mais aussi à Saint-Guilhem, il colonise de façon évidente l'étage supra-méditerranéen, et ses peuplements des gorges du Tarn se situent au montagnard de type méditerranéen. Par ces critères il offre des exigences nettement différentes de celles qui sont généralement les siennes dans la péninsule ibérique où il est essentiellement présent au montagnard méditerranéen (MARTINEZ-PARRAS et PEINADO-LORCA 1987) ; il en est de même en Corse pour le Pin laricio (GAMISANS 1976).

La valeur dynamique du Pin de Salzmann en France n'est pas a priori aisée à synthétiser. Rappelons que GAUSSEN (1948) et ses collaborateurs, dans la Carte de végétation de la France, ont admis l'existence d'une série particulière à Pin de Salzmann pour l'ensemble des peuplements français ; cette position a été toutefois récusée par divers auteurs et en particulier par COUTEAUX (1974) dans les Cévennes siliceuses. En fait, nous avons montré ci-dessus qu'il était de toutes façons impossible de considérer tant du point de vue de leurs structures de végétation que de leur dynamisme, les diverses

populations étudiées comme constituant un ensemble unique. Nous résumons ci-dessous les conclusions auxquelles nous sommes arrivés :

A Saint-Guilhem, à l'étage méditerranéen supérieur, et à Carleucas, le Pin de Salzmann constitue une sous-série particulière de la série méditerranéenne supérieure calcicole du chêne vert répondant au schéma dynamique suivant :

ROSMARINO-LITHO-
SPERMETUM DOLOMI-
TICUM

PINO-SALZMANII-
JUNIPERETUM PHOE-
NICEAE

PIPTATHERO-QUERCETUM
ILICIS PINETOSUM SALZ-
MANNII

En fait, avec un décalage altitudinal évident, nous retrouvons ici un schéma très proche de celui défini par BRAUN-BLANQUET en Languedoc pour *Pinus halepensis* sur les substrats marneux.

Toujours à Saint-Guilhem, mais à l'étage supra-méditerranéen, le Pin de Salzmann s'inscrit également dans une sous-série originale de la série supra-méditerranéenne calcicole du chêne pubescent :

SESLERIO
PHYTEUMETUM

SESLERIO-PHYTEU-
METUM avec *Pinus*
Salzmanni

QUERCO-BUXETUM
PINETOSUM SALZMAN-
NII

Encore sur dolomites, mais à l'étage montagnard-méditerranéen dans les gorges du Tarn, le Pin de Salzmann à l'état résiduel participe à une série particulière où il est associé à *Pinus sylvestris* et constitue un groupement permanent sans rapports évidents avec la végétation voisine constituée par la série mésophile du hêtre représentée là par un aspect particulier du *CARICI ALBAE-FAGETUM*. L'évolution est la suivante :

DAPHNO CNEORI-
GENTIANETUM COSTEI

ROSO PIMPINELLIFOLIAE
PINETUM SALZMANNII

Sur les substrats siliceux, les séries évolutives sont totalement différentes. Dans le Conflent elle peut être figurée comme suit :

HALIMIO UMBELLATI
CISTETUM LAURIFOLIAE

HALIMIO UMBELLATI
CISTETUM LAURIFOLII
avec *Pinus salzmanni*

CASTANEO-QUERCETUM
PETRAEAE PINETOSUM
SALZMANNII

Il s'agit ici, d'une sous-série particulière de la série de type supra-méditerranéenne du chêne sessile.

Enfin, dans les Cévennes siliceuses, le Pin de Salzmann s'inscrit dans la série méditerranéenne supérieure silicicole du Chêne vert :

ADENOCARPO-ERICE-
TUM ARBOREAE

ADENOCARPO-ERICETUM
ARBOREAE avec *Pinus*
Salzmanni

ASPLENIO-QUERCETUM
ILICIS PINETOSUM
SALZMANNII

Toutefois, contrairement à ce qui se passe dans les Pyrénées Orientales à l'étage supra-méditerranéen, l'*ASPLENIO-QUERCETUM ILICIS PINETOSUM SALZMANNII* ne semble pas atteindre un niveau de maturation de type forestier, peut-être pour des raisons écologiques : sols schisteux peu filtrants, sécheresse édaphique estivale évidente, soit en raison d'un impact particulièrement lourd des incendies.

Il convient de préciser toutefois que, sur l'ensemble de son aire, le Pin noir (sensu lato) constitue effectivement diverses séries de végétation dont ses forêts représentent le stade évolutif terminal de type climacique. Cette situation caractérise l'étage montagnard méditerranéen en particulier en Grèce et en Turquie pour la subsp. *pallasiana* (BARBERO et QUEZEL, 1976, AKMAN, BARBERO et QUEZEL, 1979), en Corse et en Sicile la subsp. *laricio* (GAMISANS, 1976, POLI, 1982) mais aussi en Espagne pour la subsp. *salzmannii* associée à *Pinus sylvestris* (RIVAS-MARTINEZ, 1988). En France continentale, l'absence de peuplements de Pin de Salzmann au montagnard méditerranéen (en dehors de groupements permanents dans les gorges du Tarn) ne peut s'expliquer que par le caractère résiduel qu'accuse cette essence du point de vue géographique, mais aussi, et les choses sont en fait liées, par l'existence in situ de nombreuses espèces arborescentes très dynamiques capables a priori de l'éliminer. C'est d'ailleurs ce qui se passe de façon très générale puisque, comme nous l'avons vu, le Pin de Salzmann ne se maintient en peuplements de quelque importance que sur des substrats très particuliers (qu'il n'occupe d'ailleurs pas en totalité) où, pour des raisons essentiellement de bilan hydrique (percolation ou ruissellements intenses) malgré des précipitations locales très importantes, le Chêne vert mais aussi les chênes caducifoliés ont du mal à s'installer. Dans de telles situations, il est donc susceptible de constituer des structures forestières évoluées tant sur le plan édaphique que floristique, au moins localement, et c'est ce qui se passe sur certaines parcelles de la forêt de Saint-Guilhem mais aussi du Conflent et, dans ce cas, la réinstallation des chênes paraît extrêmement difficile et la reconstitution de la forêt caducifoliée tout à fait hypothétique, du moins dans les conditions écologiques actuelles. Ces stades de maturation bloqués qui s'observent d'ailleurs au supra-méditerranéen au niveau de reboisements de conifères (THINON, 1978) mais aussi de certaines forêts à *Pinus sylvestris*, en particulier en Provence, constituent de véritables pseudoclimax, d'autant plus remarquables dans les cas qui nous intéressent ici qu'ils sont caractérisés, au niveau de leurs stades évolutifs, par des matorrals particuliers (au niveau de l'association ou au moins de la sous-association) mais aussi par des structures forestières elles aussi individualisables, au moins au niveau de la sous-association.

LOCALISATION DES RELEVÉS

- Tableau n 1

- 1-2 : Piste de Saint Jean de Fos aux Lavagnes, 1 Km après la maison forestière des Plos.
 3-4-5-6 : Revers nord du ruisseau du Pontet sur 3 Km entre Pégairolles de Buèges et l'amont.
 7 : Piste de Saint Jean de Fos aux Lavagnes, 3 Km après la maison forestière des Plos.
 8-9-10-11-12-13 et 14 : Carlencas, piste du Courbezou sur 4 Km.

- Tableau n 2

- 1-2 : Près de Faissas, piste de Saint Jean de Fos aux Lavagnes.
 3-4 : 2 Km au sud des Lavagnes.
 5-6 : Piste du Mas d'Aubert au signal 709, partie inférieure des boisements.
 7-8 : Vallon du Pontal près des Thières.
 9-10 : au-dessus de Pégairolles de Buèges.
 11 : Route de Bédarieux à Carlencas, sous le Courbezou.
 12 : Crêtes du Courbezou.
 13-14-15 : environs de Carlencas.

- Tableau n 3

- 1-2 : Revers sud du cirque d'Infernet à proximité de la piste.
 3 à 14 : en diverses localités de la forêt domaniale de Saint Guilhem en revers nord entre les Lavagnes et la combe de la Baume.

- Tableau n 4

- Relevés 1 à 10 : Gorges du Tarn, rive gauche entre le Roc des Hourtous et le Cirque des Baumes.

- Tableau n 5

- 1-2-3-4 : entre Aytua et le Moulin.
 5 : au-dessus de Sedinya.
 6-7 : près de Fillols.
 8 à 14 : en divers points de la combe des Garbères au SE de Serdinya.
 15-16-17 : au NW de Vernet les Bains.
 18 à 22 : Ravin du Serrat de Garbères.
 23 : entre Sahore et Vernet les Bains.

- Tableau n 6

- 1-2-3-4 : entre les Aygladines et le col d'Uglas.
 5-6-7 : col d'Uglas, route forestière au nord du col.
 8-9 : entre Bessèges et Bordezac.
 10-11 : route de Bordezac à Aujac.
 12-13 : sous le village d'Aujac.
 13 : entre Mourâdes et le barrage de Sénéchas.
 14 : près de Malbosc.
 15 : près de la maison forestière de Pinèdes.
 16-17-18 : près de Brahic, route des Vans.
 19-20 : ravin sur le revers nord du col de la Matte, forêt de Pinèdes.
 21-22 : ravin près de la D430 au nord de Gagnières.

N.B. LES RELEVÉS TYPES ONT LEUR NUMÉRO SUIVI D'UN * DANS LES TABLEAUX D'ASSOCIATION.

TABLEAU n° 1

	1	2	3	4*	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	Présences
Numéro des relevés	45	43	39	38	40	40	60	40	38	37	34	35	34		
Altitude ± 10	80	70	100	100	100	90	80	90	90	100	100	80	75		
Recouvrement : A	90	90	70	60	50	40	60	50	40	50	40	60	40	40	
Inclinaison %	30	20	30	20	20	30	30	15	20	30	20	30	20	30	
Exposition	20	30	30	10	5	10	40	5	5	-	-	10	10	5	
Hauteur strate arborée	SE	E	N	S	N	N	S	SW	N	N	N	N	N	S	
Substrat	10	8	20	15	18	15	12	20	18	20	20	25	20	10	
Surfaces	Do	Do	Do	Do	Do	Do	Do	Do	Do	Do	Do	Do	Do	Do	
	100	150	100	100	100	100	100	100	100	150	150	100	100	100	
Espèces caractéristiques du PIPTATHERO-QUERCETUM ILICIS															
<i>Quercus ilex</i>	1.1	2.2	3.4	1.2	1.2	+	2.2	3.3	4.3	2.2	2.3	3.2	3.3	3.3	14
<i>Buxus sempervirens</i>	+	4.4	1.2	3.3	+	3.3	1.2	2.2	4.4	4.4	4.5	2.3	3.4	+	11
<i>Cephalanthera rubra</i>	+	+	+	+	+	1.1	+	+	+	1.2	+	2.2	1.1	1.1	9
<i>Helleborus foetidus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	1.2	1.2	+	+	5
<i>Melittis melissophyllum</i>	+	+	+	1.1	+	+	+	1.1	+	1.2	+	1.2	+	+	5
<i>Piptatherum paradoxum</i>	+	+	+	1.2	1.2	+	+	+	+	+	+	+	+	+	4
<i>Acer monspessulanum</i>	+	+	+	+	+	1.1	+	+	+	1.1	+	+	+	+	4
<i>Coronilla emerus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	1
Espèces caractéristiques de la sous-association															
<i>Pinus nigra subsp. salzmanni</i>	5.5	4.5	4.4	4.5	4.4	5.5	4.4	5.5	4.4	5.5	5.5	4.2	4.5	4.5	14
<i>Juniperus phoenicea</i>	1.1	+	+	1.2	1.1	+	+	+	+	1.1	+	+	+	+	5
<i>Erica scoparia</i>	+	+	+	2.2	1.2	3.3	1.1	+	+	+	+	+	+	+	4
Espèces caractéristiques des QUERCETALIA (EA) ILICIS															
<i>Rubia peregrina</i>	1.1	2.2	3.4	1.2	1.1	+	2.2	1.2	2.3	2.2	2.3	3.2	2.2	3.3	14
<i>Ruscus aculeatus</i>	+	+	1.1	1.2	+	+	+	1.1	1.1	+	1	1.2	2.3	2.2	10
<i>Phillyrea media</i>	1.1	1.2	1.1	1.2	1.2	+	1.2	+	+	1.1	1.1	2.2	+	2.2	10
<i>Arbutus unedo</i>	+	2.2	+	+	1.2	+	1.2	1.2	2.2	1.1	1.3	+	2.3	2.2	10
<i>Pistacia terebinthus</i>	+	1.1	2.2	1.2	+	1.2	2.1	+	+	+	+	+	+	+	6
<i>Phillyrea angustifolia</i>	+	+	1.2	1.2	2.2	1.2	1.2	+	+	+	+	+	+	+	6
<i>Juniperus oxycedrus</i>	2.2	1	2.1	+	1.1	1.2	+	+	+	+	+	+	+	+	6
<i>Lonicera implexa</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	1.1	+	+	+	2.1	5
<i>Smitax aspera</i>	+	1	2.2	+	+	+	1.1	+	+	+	+	+	+	2.3	5
<i>Lonicera etrusca</i>	+	1.2	+	+	+	+	+	1.1	+	+	+	1.3	1.2	+	4
<i>Viola denhardtii</i>	+	+	+	1.1	1.1	1.1	+	+	+	+	+	+	+	+	4
<i>Viburnum tinus</i>	+	1.1	+	+	1.2	1.1	+	+	+	+	+	+	+	+	4
<i>Rhamnus alaternus</i>	+	1.2	1.2	+	+	+	+	+	+	+	1.3	+	1.2	+	4
<i>Asparagus acutifolius</i>	+	+	+	+	1.1	+	+	+	+	+	+	+	1.3	+	3
<i>Clematis flammula</i>	+	+	+	1.2	1.2	+	+	+	+	+	+	1.1	+	+	3
<i>Helleborine microphylla</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	1.1	+	+	3
<i>Pistacia lentiscus</i>	+	1.1	+	+	2.1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	2
<i>Teucrium chamaedrys subsp.</i>	1.1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	2
<i>Osyris alba</i>	+	+	2.2	+	1.1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	2
<i>Rosa sempervirens</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	1.2	+	+	2.2	+	+	2
<i>Carex distachya</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	2.2	+	+	+	+	+	2
<i>Jasminum fruticans</i>	+	+	1.2	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	1
<i>Asplenium onopteris</i>	+	+	+	1.1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	1
<i>Daphne gnidium</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	1.1	1
Espèces caractéristiques des QUERCETALIA (EA) PUBESCENSIS															
<i>Amelanchier ovalis</i>	+	2.2	+	1.2	+	+	2.2	1.1	+	+	+	+	+	+	6
<i>Cytisus sessifolius</i>	1	+	+	2.2	+	+	1.2	+	+	+	+	+	+	+	3
<i>Helleborine latifolia</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	1.2	+	1.2	3
<i>Euphorbia amygdaloides</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	1.2	3
<i>Cephalanthera pallens</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	1.1	+	+	1.1	+	3
<i>Geum sylvaticum</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	1.1	+	2
<i>Sorbus torminalis</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	2
<i>Sorbia aria</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	1
<i>Prunus mahaleb</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	1.2	+	+	+	+	1
Espèces caractéristiques des QUERCO-FAGEA															
<i>Ilex aquifolium</i>	+	+	+	+	+	+	1.1	+	1.2	1.3	+	1.3	+	+	4
<i>Hedera helix</i>	+	+	+	3.3	+	2.3	+	+	1.2	+	+	+	+	+	3
<i>Limodorum abortivum</i>	1.1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	2
<i>Solidago virgaurea</i>	+	1.2	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	2
<i>Brachypodium silvaticum</i>	+	+	+	1.2	+	+	+	+	+	1.2	+	+	+	+	2
<i>Cornus sanguinea</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	2
<i>Campanula trachelium</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	1
<i>Cephalanthera ensifolia</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	1.1	+	+	+	+	+	1
<i>Beonica officinalis</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	1.1	+	+	1
Autres espèces															
<i>Rosmarinus officinalis</i>	3.3	1.2	+	+	2.3	2.1	2.1	+	+	+	+	+	+	+	6
<i>Erica multiflora</i>	4.4	2.3	+	+	+	+	1.1	+	+	+	+	+	+	1.3	5
<i>Hieracium pictum</i>	+	1.2	+	1.2	+	+	+	+	+	1.2	1.2	+	+	1.2	5
<i>Festuca ovina</i>	1.1	2.2	+	+	2.2	+	+	+	1.1	+	+	+	+	+	4
<i>Carex halleriana</i>	+	1.2	1.1	+	+	+	+	+	1.1	+	+	+	+	+	4
<i>Dorycnium suffruticosum</i>	2.2	1.1	+	+	+	+	1.1	+	+	+	+	+	+	+	3
<i>Carex glauca</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	1.1	3
<i>Aphyllanthes monspeliensis</i>	+	1.1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	2
<i>Stachytarax dubia</i>	2.2	+	+	+	+	+	1.2	+	+	+	+	+	+	+	2
<i>Teucrium polium</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	1.1	+	+	+	+	+	2
<i>Avenula bromoides</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	1.2	1.2	+	+	+	+	2
<i>Juniperus communis</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	1.2	+	+	+	1.1	2
<i>Centaurea pectinata</i>	+	+	+	+	+	+	+	1.2	+	+	+	1.2	+	+	2

TABLEAU n° 2

Numéro des relevés	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12*	13	14	15	Présences
Altitudes X 10	54	58	57	50	49	45	36	38	36	34	32	40	35	32	33	
Recouvrement : A	70	90	90	90	45	60	70	80	70	80	60	70	70	50	60	
a	80	80	70	70	80	70	70	50	60	60	70	60	50	80	70	
h	20	20	15	20	20	15	50	30	40	30	20	20	30	30	30	
Inclinaison %	15	20	15	5	10	10	20	30	30	5	10	10	15	10	15	
Exposition	S	W	SW	S	S	S	W	SW	S	E	S	S	SW	W	SW	
Hauteur strate arborée	8	6	6	10	7	7	6	8	8	8	6	10	10	7	8	
Substrat	Do	Do	Do	Do	Do	Do	Do	Do	Do	Do	Do	Do	Do	Do	Do	
Surfaces	100	50	100	100	50	50	50	100	100	100	100	100	100	100	100	
Espèces caractéristiques																
<i>Pinus nigra</i> subsp. <i>salzmanni</i>	3.4	4.2	4.4	4.4	2.3	3.4	4.4	3.4	4.5	3.3	3.4	4.4	3.3	4.3	1.5	15
<i>Juniperus phoenicea</i>	1.3	4.4	3.3	3.4	4.3	2.3	3.3	1.2	2.3	2.3	1.1	1.2	2.2	3.2	4.4	15
Caractéristiques des QUERCETEA ILICIS et des PISTACIO-RHAMNETALIA																
<i>Juniperus oxycedrus</i>	2.2	3.3	3.2	2.3	2.3	4.3	3.2	2.2	+	+	+	+	1.2	1.2	+	12
<i>Quercus ilex</i>	+	+	1.1	+	+	+	+	1.2	+	2.3	+	3.4	2.2	1.2	1.2	10
<i>Phillyrea angustifolia</i>	+	+	+	+	+	+	3.2	2.2	2.2	1.2	+	+	2.2	1.1	1.1	7
<i>Rubia peregrina</i>	+	+	+	+	+	1.1	+	+	2.3	+	2.2	+	+	+	+	5
<i>Rhamnus alaternus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	1.1	+	1.2	+	+	+	+	4
<i>Teucrium chamaedrys</i> subsp. <i>pinnatifidum</i>	+	1.1	+	+	+	+	+	+	+	+	1.1	+	+	+	+	4
<i>Pistacia terebinthus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	3
<i>Daphne gnidium</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	1.1	+	3
<i>Asparagus acutifolius</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	1.1	+	+	+	3
<i>Khamaun infectoria</i>	+	+	+	2.2	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	2
<i>Osyris alba</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	1.3	1.2	+	+	+	+	2
<i>Arbutus unedo</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	2.3	1.1	+	+	+	2
<i>Smilax aspera</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	1.1	+	+	+	+	1
<i>Phillyrea media</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	1
Caractéristiques des QUERCETALIA PUBESCENTIS																
<i>Buxus sempervirens</i>	2.3	1.2	+	3.4	1.2	+	1.2	1.2	3.3	3.3	+	4.4	+	+	1.3	10
<i>Amelanchier ovalis</i>	2.2	1.2	+	+	+	+	+	1.2	1.2	2.2	+	1.3	+	1.2	2.3	8
Caractéristiques du ROSMARINO-ERICION, des ROSMARINETALIA et des ONONIDO-ROSMARINETEA																
<i>Erica multiflora</i>	2.3	2.3	2.2	+	1.3	+	3.3	3.3	2.1	2.3	+	+	2.3	3.3	2.2	14
<i>Rosmarinus officinalis</i>	3.4	4.4	3.2	4.4	2.2	2.3	+	2.3	+	2.2	+	+	2.3	3.3	2.3	12
<i>Aphyllanthes monspelliensis</i>	1.2	1.2	1.1	1.1	+	2.2	2.2	1.2	2.2	1.2	2.2	+	+	+	+	11
<i>Coris monspelliensis</i>	1.1	+	1.1	+	+	+	+	1.1	1.2	+	1.1	+	1.1	1.2	+	10
<i>Stachelina dubia</i>	1.2	+	2.2	+	1.2	2.2	1.3	+	+	2.2	+	2.2	+	+	1.2	8
<i>Fumana ericoides</i>	2.2	+	1.2	+	1.1	1.1	1.2	+	+	+	+	+	1.2	1.1	1.1	8
<i>Lavandula latifolia</i>	+	1.2	1.2	+	+	1.2	1.1	1.1	+	+	1.1	+	+	+	+	8
<i>Helichrysum stoechas</i> var. <i>dolomiticum</i>	+	+	2.2	+	+	2.2	1.1	1.1	+	+	+	+	2.2	2.2	1.2	8
<i>Helianthemum apenninum</i>	1.2	+	1.2	+	1.1	+	+	+	+	+	1.1	+	+	+	+	7
<i>Coronilla minima</i>	+	+	1.2	+	1.2	+	+	1.1	+	+	+	+	+	+	1.2	6
<i>Teucrium aureum</i>	1.1	1.1	+	+	1.1	+	+	+	+	1.1	+	1.1	1.1	+	+	6
<i>Globularia punctata</i>	+	1.2	2.2	1.1	1.2	1.1	+	1.1	+	+	+	+	+	+	+	6
<i>Linum campanulatum</i>	1.1	+	1.1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	1.2	5
<i>Dorycnium suffruticosum</i>	1.2	+	2.2	+	+	+	+	+	+	+	+	1.2	1.2	+	+	5
<i>Centaurea conifera</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	5
<i>Stipa juncea</i>	2.2	+	+	+	1.2	+	1.1	2.3	+	+	+	+	+	+	+	4
<i>Helianthemum italicum</i>	1.2	+	+	1.1	+	+	+	+	+	+	1.1	1.3	1.1	+	+	4
<i>Thymelaea sanamunda</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	4
<i>Helianthemum pilosum</i>	+	1.1	+	+	+	+	+	+	+	1.1	+	+	+	+	+	3
<i>Euphorbia nicaeensis</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	1.2	+	+	+	+	+	+	3
<i>Seseli montanum</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	1.1	+	+	+	+	+	+	3
<i>Leucanthemum graminifolium</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	2
<i>Globularia alypum</i>	+	+	1.2	+	+	+	+	+	+	+	+	+	2.2	+	+	2
<i>Genista pilosa</i> var. <i>jordanii</i>	+	+	+	+	1.2	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	1
Autres espèces																
<i>Thymus vulgaris</i>	2.3	2.2	1.2	1.2	2.2	2.3	2.2	1.2	2.3	+	+	+	1.1	1.2	1.2	12
<i>Carex humilis</i>	1.1	1.1	+	+	+	+	+	+	1.1	+	+	+	1.2	+	1.2	6
<i>Festuca ovina</i>	+	+	1.1	+	+	+	+	1.1	+	+	+	+	2.2	1.1	1.2	5
<i>Genista scorpius</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	2.2	2.2	+	2.2	1.2	1.2	5
<i>Schoenus nigricans</i>	+	+	1.1	+	1.2	1.1	+	1.2	+	+	+	+	+	+	+	4
<i>Brachypodium pinnatum</i>	+	+	+	+	1.1	+	+	1.1	+	+	+	+	1.2	+	+	3

TABLEAU n° 3

Numéro des relevés	1	2	3	4	5	6*	7	8	9	10	11	12	13	14	Présences
Altitudes x 10	54	56	54	55	58	56	57	69	58	60	60	62	58	39	
Recouvrement : A	100	80	100	80	90	90	80	80	90	90	100	90	100	100	
a	90	80	70	70	60	40	30	50	80	90	90	70	80	50	
h	40	50	80	60	60	70	60	40	40	20	20	40	20	40	
Inclinaison Z	25	30	30	30	40	20	20	15	20	15	-	5	15	15	
Exposition	N	N	N	NW	N	W	N	N	N	N	N	N	N	N	
Hauteur strate arborée	12	15	8	10	10	10	15	13	12	20	15	15	25	15	
Substrat	Do	Do	Do	Do	Do	Do	Do	Do	Do	Do	Do	Do	Do	Do	
Surfaces	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
Espèces caractéristiques du QUERCO-BUXETUM															
<i>Buxus sempervirens</i>	2.3	4.5	2.2	2.3	2.3	3.3	2.3	1.2	4.5	2.2	4.5	1.2	4.3	3.3	14
<i>Lonicera etrusca</i>	1.1	1.1	.	.	+	+	.	2.2	.	2.2	.	2.2	1.2	1.2	9
<i>Rhamnus saxatilis</i>	.	.	1.1	1.2	.	.	+	1.1	1.2	1.2	1.1	1.1	1.2	.	9
<i>Cytisus sessilifolius</i>	1.2	1.2	1.2	2.2	.	1.1	.	.	.	.	+	1.2	.	.	7
<i>Acer monspessulanum</i>	2.1	1.2	.	.	.	.	.	.	1.2	+	1.2	.	.	1.1	6
Espèces différentielles de la sous-association															
<i>Pinus nigra</i> subsp. <i>saxmannii</i>	4.4	3.3	5.5	4.5	4.5	5.4	4.4	4.4	4.4	5.5	4.5	4.4	5.5	5.5	14
<i>Sesleria elegantissima</i>	1.2	.	2.2	1.3	4.5	4.4	3.4	.	3.3	4.4	2.3	.	2.2	3.3	11
<i>Festuca consobrina</i>	2.2	1.1	3.3	1.1	.	2.1	2.3	2.2	+	2.3	.	1.1	.	1.1	11
<i>Phyteuma tenorim</i>	2.2	.	2.2	2.3	1.1	2.2	.	2.2	1.2	.	1.2	1.1	2.2	.	10
<i>Euphorbia duvalii</i>	.	2.2	2.2	2.2	2.3	1.1	2.3	1.1	.	2.2	.	.	1.1	.	9
<i>Serratula nudicaulis</i>	2.2	.	2.2	.	.	1.2	.	1.2	.	.	+	1.1	+	.	8
<i>Campanula speciosa</i>	.	+	.	+	.	1.2	+	.	.	1.1	.	.	1.1	.	6
<i>Thalictrum minus</i> subsp. <i>saxatilis</i>	1.1	+	2.2	.	1.2	1.1	.	.	.	.	.	.	.	.	5
<i>Senecio Gerardii</i>	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	2
Espèces caractéristiques du QUERCION et des QUERCETALIA PUBESCENTIS															
<i>Amelanchier ovalis</i>	2.3	2.3	2.2	2.3	2.3	.	1.2	1.2	+	1.1	2.2	.	2.2	.	11
<i>Sorbus aria</i>	2.2	1.2	+	+	1.2	+	+	.	1.2	2.2	2.2	1.1	1.1	+	13
<i>Quercus pubescens</i>	2.1	3.3	1.1	.	.	1.1	1.1	2.3	2.3	.	+	1.2	1.2	.	10
<i>Melittis melissophyllum</i>	1.1	1	.	.	.	+	.	1.2	1.2	2.2	1.2	1.1	1.2	+	10
<i>Chrysanthemum corymbosum</i>	+	1.1	.	.	.	+	+	1.1	.	.	.	1.1	.	.	6
<i>Fragaria viridis</i>	+	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	2.2	.	+	4
<i>Coronilla emerus</i>	2.1	.	+	.	.	.	.	.	1.1	.	.	1.2	.	.	4
<i>Bupleurum falcatum</i>	.	.	.	.	.	+	.	1.2	.	1.1	.	.	1.2	.	4
<i>Viola riviniana</i>	.	.	.	.	.	+	.	.	+	1.1	.	1.1	.	.	4
<i>Prunus avium</i>	.	.	.	.	.	.	.	2.2	.	+	1.2	1.1	.	.	4
<i>Primula columbae</i>	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.2	.	.	2
<i>Rosa canina</i>	.	.	.	.	.	.	.	+	.	1.1	.	.	.	.	2
<i>Daphne laureola</i>	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
<i>Acer opalus</i>	1.1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
<i>Euphorbia amygdaloides</i>	1.1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
<i>Cicerbita muralis</i>	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	1
<i>Mercurialis perennis</i>	.	.	.	.	.	.	1.1	.	.	.	.	.	.	.	1
<i>Helleborine latifolia</i>	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	1
<i>Hypericum montanum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	1.1	.	.	.	.	.	1
<i>Helleborus foetidus</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	1.2	.	.	.	.	.	1
<i>Prunus mahaleb</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.2	.	.	1
<i>Anemone hepatica</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.2	.	1
Caractéristiques des QUERCO-FAGETEA															
<i>Solidago virgaurea</i>	1.1	+	.	1.1	+	.	.	.	.	.	.	1.1	.	.	6
<i>Loiseleuria xylosteum</i>	.	.	1.3	1.1	.	1.1	.	.	1.2	.	1.1	.	1.1	.	6
<i>Hedera helix</i>	.	.	.	.	+	1.1	.	.	1.2	1.2	.	1.2	.	+	6
<i>Geranium sanguineum</i>	.	.	.	.	1.1	1.1	.	1.1	.	1.2	1.1	.	2.3	.	6
<i>Betonica officinalis</i>	.	.	.	.	1.1	.	1.2	.	.	.	1.2	.	.	1.1	4
<i>Polygonatum officinale</i>	.	.	.	.	.	1.1	.	.	1.2	.	.	+	1.1	.	4
<i>Glinopodium vulgare</i>	1.1	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2
<i>Cephalanthera ensifolia</i>	.	.	.	.	.	.	.	1.1	.	.	.	.	.	.	1
<i>Brachypodium sylvaticum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.2	.	.	.	1
Caractéristiques des QUERCETEA ILLICIS															
<i>Rubia perigrina</i>	.	2.1	1.1	2.2	.	.	1.2	2.2	1.2	.	.	.	2.2	.	7
<i>Piptatherum paradoxum</i>	1.1	+	1.2	1.1	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	5
<i>Arbutus unedo</i>	.	+	1.2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.2	.	3
<i>Ruscus aculeatus</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.3	.	2.2	1.1	3
<i>Viburnum tinus</i>	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.2	.	2
<i>Quercus ilex</i>	.	2.1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
<i>Phillyrea angustifolia</i>	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
<i>Pistacia terebinthus</i>	.	.	.	.	.	.	.	1.1	.	.	.	.	.	.	1
<i>Smitax aspera</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	1
Caractéristiques de L'ONONIDIUM STRIATAE															
<i>Genista pilosa</i> subsp. <i>jordani</i>	.	2.3	1.2	2.3	2.3	.	2.3	1.1	.	.	.	.	.	.	6
<i>Chrysanthemum graminifolium</i>	.	1.2	.	1.1	1.3	+	.	.	.	.	.	.	1.2	.	5
<i>Euphorbia alcaeusensis</i>	.	1.1	.	+	.	.	1.1	.	.	.	.	.	.	.	3
<i>Aphyllanthes monspelliensis</i>	.	1.3	.	.	2.2	.	2.3	.	.	.	.	.	.	.	3
<i>Crepis albida</i>	.	.	+	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	2
<i>Teucrium polium</i>	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	1
<i>Globularia punctata</i>	.	.	.	.	.	.	.	1.1	.	.	.	.	.	.	1
Autres espèces															
<i>Gentiana pectinata</i>	1.1	1.1	1.2	1.1	2.3	1.1	2.2	.	+	.	1.2	.	1.1	.	10
<i>Hieracium picrum</i>	.	2.3	2.1	1.2	.	.	2.2	1.2	+	2.2	.	1.2	.	1.2	9
<i>Carex humilis</i>	.	1.2	2.2	1.1	.	.	2.3	.	2.2	.	2.2	1.1	1.2	.	8
<i>Juniperus communis</i>	1.1	.	1.1	.	.	1.1	.	+	.	.	.	.	1.2	.	5
<i>Bromus erectus</i>	.	2.1	.	2.3	1.2	.	.	.	.	1.2	.	.	.	.	4
<i>Rosa pimpinellifolia</i>	.	.	1.1	.	.	1.1	.	1.1	.	.	1.1	.	.	.	4
<i>Rhamnus alpina</i>	.	.	.	.	.	1.1	.	.	+	+	.	.	.	.	4
<i>Rubus ulmifolius</i>	+	.	.	.	1.1	.	.	1.1	.	.	.	.	.	.	3
<i>Lasercitium siler</i>	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	3
<i>Asphodelus cerasifer</i>	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	2
<i>Vincetoxicum hircundinaria</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.1	.	.	.	1.1	3
<i>Polygala vulgaris</i>	1.1	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	2
<i>Brachypodium ramosum</i>	.	1.3	.	.	.	.	1.3	.	.	.	.	.	.	.	2
<i>Lactuca perennis</i>	.	+	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2
<i>Festuca ovina</i>	.	.	.	.	2.2	.	.	.	.	.	.	.	2.2	.	2

TABLEAU n° 4

Numéro des relevés	1	2*	3	4	5	6	7	8	9	10	Présences
Altitudes x 10	80	82	70	75	80	70	80	82	78	75	
Recouvrement : A	80	50	50	50	70	40	30	60	60	50	
a	80	60	30	50	40	40	70	60	50	40	
h	40	60	60	50	60	60	20	30	40	40	
Inclinaison %	45	60	30	40	50	50	60	50	40	50	
Exposition	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	
Hauteur strate arborée	15	10	10	10	12	8	10	10	15	8	
Substrat	Do	Do	Do	Do	Do	Do	Do	Do	Do	Do	
Surfaces	20	20	30	50	50	50	30	30	50	50	
Especies caractéristiques de l'association et des unités supérieures											
<i>Pinus nigra</i> subsp. <i>salzmanni</i>	4.4	4.4	2.2	3.2	3.2	2.2	1.3	3.3	2.3	2.2	10
<i>Arctostaphylos crassifolia</i>	4.4	3.2	2.2	3.3	1.1	2.2	2.3	3.2	2.2	2.3	10
<i>Juniperus communis</i> subsp. <i>hemisphaerica</i>	2.2	1.2	1.1	3.3	3.2	+	2.2	.	2.2	2.3	9
<i>Pinus silvestris</i>	2.3	1.1	4.4	2.2	2.2	2.2	3.3	1.2	.	2.2	9
<i>Amelanchier embergeri</i>	1.1	1.1	.	.	.	1.2	2.3	2.2	2.2	2.2	7
<i>Rosa pimpinellifolia</i>	1.1	1.1	+	.	2.2	.	2.3	.	.	+	6
<i>Genista pilosa</i> var. <i>jordani</i>	1.1	.	1.2	+	.	2.2	.	1.1	.	2.2	6
<i>Rhamnus alpina</i>	1.1	1.1	1.1	.	.	.	.	1.1	.	2.2	5
<i>Daphne alpina</i> var. <i>villosissima</i>	+	+	.	.	.	.	+1	+	.	+	5
<i>Helleborine atropurpurea</i>	+	1.1	.	.	.	.	.	.	+	+	4
<i>Cotoneaster intermedia</i>	1.1	1.1	.	+	.	.	.	.	.	.	3
<i>Pirola chlorantha</i>	+	.	+	.	+	.	.	.	.	.	3
<i>Rosa montana</i>	.	.	1.1	+	.	1.1	.	.	.	.	3
<i>Cytisus sessilifolius</i> subsp. <i>prostratus</i>	.	.	.	.	1.2	2.2	.	.	3.3	.	3
<i>Rhamnus saxatilis</i> fo. <i>nana</i>	.	.	.	.	.	.	1.1	1.2	+	.	3
<i>Monotropa hypopithis</i>	+	.	.	.	+	.	.	.	.	.	1
Especies caractéristiques du SESLERION ELEGANTISSIMAE et des ONONIDO-ROSMARINETEA											
<i>Polygala calcarea</i>	1.1	1.2	.	1.1	2.2	1.2	.	1.2	2.3	1.1	8
<i>Sesleria elegantissima</i>	.	.	3.2	3.3	3.3	3.4	.	2.2	3.2	2.3	7
<i>Pulsatilla rubra</i> var. <i>halleri</i>	.	1.1	1.1	1.1	.	.	1.2	.	1.1	1.1	6
<i>Daphne cneorum</i>	.	.	1.1	1.1	1.2	.	.	2.2	2.2	.	5
<i>Linum campanulatum</i>	.	1.1	1.1	1.1	1.1	1.2	.	.	.	1.1	6
<i>Euphorbia duvalii</i>	.	1.1	1.1	.	1.1	1.2	.	.	1.2	.	5
<i>Festuca consobrina</i>	.	.	1.1	2.2	.	1.3	.	.	1.1	.	4
<i>Gentiana costei</i>	+	.	+	.	.	1.1	.	.	.	+	4
<i>Leucanthemum graminifolium</i>	.	1.1	1.1	.	.	1.1	.	.	.	+	4
<i>Phalangium ramosum</i>	.	1.1	+	.	.	1.2	.	.	.	.	3
<i>Anthyllis montana</i>	.	.	1.1	.	.	.	2.3	.	.	1.1	3
<i>Aster alpinus</i> var. <i>dolomiticus</i>	.	1.1	.	.	.	.	.	.	1.1	1.1	3
<i>Asperula tinctoria</i>	.	1.1	.	.	.	.	1.1	.	.	.	2
<i>Phyteuma tenerum</i>	.	.	.	+	.	.	.	.	+	.	2
<i>Crepis albida</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	1.1	1.1	2
<i>Pedicularis comosa</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	1
Especies caractéristiques des QUERCETALIS PUBESCENTIS											
<i>Sorbus aria</i>	2.2	.	1.1	2.2	.	1.3	1.2	1.1	1.1	.	7
<i>Carex alba</i>	.	.	2.2	.	2.2	3.4	.	.	2.2	.	4
<i>Coronilla emerus</i>	1.1	.	.	.	+	.	.	.	1.1	.	3
<i>Buxus sempervirens</i>	.	.	.	.	.	+1	2.2	.	.	2.2	3
<i>Acer opalus</i>	.	1.2	1.1	.	.	.	.	.	.	.	2
<i>Fagus sylvatica</i>	.	.	.	.	1.1	.	.	+	.	.	2
<i>Cypripedium calceolus</i>	.	.	.	.	.	2.3	.	.	.	.	1
<i>Rubus saxatilis</i>	.	.	.	.	.	1.2	.	.	.	.	1
<i>Daphne mezereum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.1	1
<i>Helleborine latifolia</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	1
<i>Solidago viragoreae</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	1
Autres espèces											
<i>Hieracium pictum</i>	1.3	1.1	.	.	.	.	.	.	1.1	1.1	4
<i>Genista hispanica</i>	+	.	.	.	.	.	1.3	.	1.1	.	3
<i>Succisa pratensis</i>	.	.	.	1.1	.	+	.	.	1.1	.	3
<i>Laserpitium siler</i>	.	.	.	.	1.1	.	1.2	.	.	+	3
<i>Brachypodium pinnatum</i>	1.1	.	.	.	.	3.3	.	.	.	.	2
<i>Hypochoeris maculata</i>	.	.	.	1.1	1.1	.	.	.	.	.	2
<i>Gymnadenia conopsea</i>	.	.	.	.	.	1.1	.	.	+	.	2

TABLEAU n° 5 (suite)

Espèces caractéristiques des QUERCO-FAGETEA																							
Hieracium murorum	.	.	.	.	2.2	.	.	1.2	1.1	1.2	.	.	.	.	1.1	.	1.1	1.1	.	.	.	.	7
Brachypodium silvaticum	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.2	1.3	1.2	1.2	1.1	2.3	.	6
Potentilla micrantha	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.2	.	.	+	1.1	1.2	.	4
Cephalanthera alba	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.1	.	+	.	.	4
Cephalanthera rubra	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	3
Hieracium vulgatum	.	.	.	+	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	3
Acer opalus	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	1.1	.	1.1	.	3
Trifolium rubens	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	1.1	.	1.2	3
Astragalus glycyphyllos	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.1	+	.	.	2
Sorbus domestica	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	1.2	.	.	.	.	.	.	.	2
Solidago virgaurea	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	1.1	.	.	.	2
Clinopodium vulgare	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.3	.	1
Primula columnae	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.2	.	.	1
Helleborus foetidus	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.1	.	.	1
Coronilla emerus	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2.2	.	.	1
Acer monspessulanum	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	1
Sorbus aria	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.1	.	.	.	1
Prenanthes purpurea	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.1	.	.	.	.	.	1
Autres espèces																							
Festuca ovina	2.2	1.2	1.1	.	2.2	.	.	2.2	2.2	2.3	.	1.2	2.1	.	.	.	1.2	.	.	.	.	.	10
Dorycnium suffruticosum	1.1	1.1	.	1.2	.	.	1.3	.	1.1	.	1.2	1.1	.	.	1.1	1.1	.	.	.	.	.	.	9
Juniperus communis	1.2	.	.	1.1	3.2	.	.	1.2	2.2	.	.	.	1.1	.	.	.	1.1	2.3	.	.	.	.	8
Thymus vulgaris	1.2	1.2	2.2	.	.	1.2	1.3	.	2.2	.	+	2.1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	8
Ononis spinosa	1.2	1.1	2.1	1.1	.	1.2	.	.	.	.	.	1.1	.	.	1.1	1.2	.	.	.	.	.	.	8
Centaurea pectinata	.	.	.	.	.	.	.	1.2	+	1.2	.	.	.	.	.	1.1	.	1.1	1.1	.	.	.	6
Hieracium pilosella	.	.	1.2	.	.	.	.	.	+	.	1.2	.	.	.	.	1.2	.	.	.	.	.	.	4
Astragalus monspessulanus	.	.	1.1	1.1	.	.	.	.	.	.	.	1.2	.	.	.	.	.	1.2	.	.	.	.	4
Hypochoeris maculata	.	.	.	.	1.2	+	.	1.1	.	.	.	.	.	.	.	.	1.1	.	.	.	.	.	4
Arrhenatherum elatium	.	.	.	.	1.1	.	.	.	.	.	.	1.1	.	.	1.2	.	.	.	2.2	.	.	.	4
Anthoxanthum odoratum	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.2	1.2	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	3
Arctostaphylos uva-ursi	.	.	.	.	.	.	.	3.4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
Hylcootium splendens	.	.	.	.	3.3	.	.	4.4	.	3.3	.	.	.	3.4	1.1	.	3.4	1.1	2.2	.	3.4	3.3	11
Neckera crispa et all.	.	.	.	.	3.3	.	.	4.4	.	.	.	.	.	2.3	.	.	5.5	4.5	4.5	4.5	4.4	.	8

TABLEAU n° 6 (suite)

Différentielles de la sous-association PINETOSUM SALZMANNII																							
<i>Erica cinerea</i>	1.1	1.2	3.4	2.3	2.2	1.3	2.3	1.1	3.3	2.2	2.3	3.3	2.2	2.1	3.2	3.3	3.3	2.2	2.2	.	1.1	.	20
<i>Calluna vulgaris</i>	1.2	2.2	3.3	2.3	2.3	4.4	4.4	5.5	3.4	3.4	3.4	2.2	4.4	3.2	3.3	2.2	2.3	2.2	.	.	3.3	2.2	20
<i>Pteridium aquilinum</i>	1.1	.	1.2	1.2	1.1	1.2	1.1	2.2	1.2	+	1.1	1.1	.	.	1.2	.	.	4.4	.	.	2.3	4.4	15
<i>Genista pilosa</i>	.	1.2	3.3	.	2.1	1.2	2.3	1.1	1.2	2.3	2.3	2.2	1.2	.	1.1	1.1	2.3	.	.	.	+	.	15
Espèces caractéristiques de l'ADENOCARPO-ERICETUM																							
<i>Erica arborea</i>	1.1	2.3	1.1	.	1.3	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	+	2.2	.	.	.	.	.	7
<i>Cistus pouzolzii</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.2	1.3	1.1	+	1.1	.	2.1	2.2	.	.	.	.	.	7
<i>Cistus populifolius</i>	.	.	.	.	1.2	1.2	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3
<i>Adenocarpus complicatus</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2.3	.	1.2	+1	.	.	.	.	.	3
<i>Arenaria montana</i>	.	1.2	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2
<i>Anarrhinum bellidifolium</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.1	.	.	.	.	.	.	1
Espèces caractéristiques des CISTO-LAVANDULETEA et des CALLUNO-ULICETEA																							
<i>Cistus salviaefolius</i>	+	.	1.1	+	+	+	1.1	.	.	1.1	2.3	2.2	.	1.1	1.1	1.1	2.2	.	.	.	.	.	13
<i>Viola canina</i>	.	.	.	.	.	.	.	2.2	.	.	1.2	.	+	.	.	.	.	.	1.2	.	1.2	.	5
<i>Senecio adonidifolius</i>	.	.	.	.	.	.	.	1.2	1.2	1.2	1.2	.	.	1.1	.	.	.	.	.	.	.	.	5
<i>Erica scoparia</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2.2	1.1	.	3.3	.	.	.	.	.	.	2.2	3.2	5
<i>Festuca capillata</i>	.	.	.	.	.	.	+	1.2	.	.	.	.	.	.	.	.	1.2	.	1.2	.	.	.	4
<i>Jasione montana</i>	.	.	.	.	.	+	.	1.2	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	3
<i>Lavandula stoechas</i>	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2
<i>Helichrysum italicum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.1	+	.	.	.	.	.	.	.	.	2
<i>Cistus albidus</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
Autres espèces																							
<i>Gentaurea pectinata</i>	1.1	1.2	.	.	.	.	.	1.2	1.2	1.1	2.2	.	1.1	.	+	+	1.2	.	.	.	.	.	10
<i>Hieracium pictum</i>	.	1.3	.	.	.	.	.	1.2	2.3	1.1	.	.	.	1.2	1.1	.	1.2	.	2.2	.	.	.	8
<i>Juniperus communis</i>	.	.	.	.	1.1	1.2	.	.	.	.	.	.	1.1	1.1	+	.	.	.	1.1	.	.	.	6
<i>Brachypodium pinnatum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	1.1	.	.	.	.	.	.	2.3	.	.	1.2	.	1.2	.	4
<i>Festuca ovina</i>	.	.	.	.	.	.	1.1	2.2	.	.	.	.	.	1.1	.	.	.	.	.	.	.	.	3
<i>Thymus angustifolius</i>	.	.	.	1.1	.	.	.	.	.	.	.	.	1.1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2
<i>Hieracium pilosella</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	1.1	.	.	.	.	2.2	.	.	.	.	.	.	.	.	2
<i>Lavandula latifolia</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.1	1.1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2
<i>Dorycnium suffruticosum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2.2	2.2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2

Bioclimats du sud de l'Espagne (Andalousie)

J. MERCE*

RESUME - L'auteur étudie les principaux éléments du bioclimat de l'Andalousie (sud de l'Espagne). Il sélectionne trois facteurs importants pour lesquels on possède des données (Précipitations moyennes annuelles, Température moyenne du mois le plus froid, Indice xérothermique de BAGNOULS et GAUSSEN), ce qui lui permet de définir 34 bioclimats. Ce travail original est illustré par une carte en couleur des bioclimats, à l'échelle du 1/800.000.

SUMMARY - The main bioclimatic types of Andaloucia (Southern Spain) are studied in this paper. These types are defined taking into account three major parameters for which data are commonly available i.e. : mean annual rainfall, mean temperature of the coldest month, xerothermic index as suggested by Bagnouls and Gaussen in 1953. As a result, 34 bioclimatic types have been reconized and delimited. This work is completed by a new colour bioclimatic map at 1.800.000 scale.

MOTS CLES : Climat - Bioclimat - Espagne - Andalousie.

INTRODUCTION

De nombreux documents climatiques ont été publiés par le "Centro de Edafologia y Biologia aplicada del Cuarto - SEVILLA", ainsi que par différents auteurs, sur les provinces du sud de l'ESPAGNE, mais aucun ne recouvrait l'ensemble de l'Andalousie. Or l'étude de l'écologie des champignons parasites de la végétation naturelle de cette région (1) à laquelle je me livrais ne pouvait être menée à bien en l'absence de documents climatiques cartographiés à une échelle comprise entre le 1/500 000 et le 1/1 000 000. C'est dans ce but que j'ai réalisé cette carte des bioclimats. J'ai choisi l'échelle du 1/800 000 pour pouvoir utiliser un fond topographique récemment publié à cette échelle (Cartes militaires GRANADA 2-3 et SEVILLA 1-3).

PRINCIPAUX FACTEURS DU CLIMAT DU SUD DE L'ESPAGNE

Les caractéristiques climatiques du Sud de l'Espagne sont sous la dépendance de plusieurs facteurs fondamentaux : la situation géographique, l'orographie, la position charnière entre une mer fermée et un océan, la dynamique de l'air.

 * Laboratoire Botanique et Forestier, Université Paul Sabatier - 39, Allées Jules Guesde - 31062 TOULOUSE Cedex.

(1) "Champignons parasites, végétation et bioclimats du sud de l'Espagne (Erysiphacées, Ustilaginales et Urédinales)". Thèse soutenue à Toulouse le 1er Mars 1984.

1 - La position géographique

Située au sud-ouest de l'Europe (entre les 36° et 40° degrés de latitude nord), elle occupe une place particulière à la limite sud de la zone tempérée. Cette position est à l'origine des températures relativement élevées que l'on enregistre en Andalousie, tout particulièrement lorsque, par des vents chauds, l'Afrique fait sentir sa proximité.

2 - L'orographie

Au Sud de l'Andalousie, la Cordillère Bétique, importante chaîne de montagne orientée Est-Ouest et, au Nord, la Sierra Morena, plus basse, limitent une vaste dépression, fermée à l'est par les chaînes de Cazorla et de Segura, mais largement ouverte à l'ouest. L'ensemble de ces reliefs va jouer une très grande influence sur le climat. L'augmentation d'altitude, en abaissant les températures, atténue l'influence de la latitude. D'autre part, les reliefs vont jouer un très grand rôle dans la répartition des pluies. Les nuages venant de l'Atlantique déversent de grosses quantités d'eau sur les flancs ouest des reliefs qui les arrêtent (Serrania de Ronda, Sierra Nevada, Sierras de Cazorla et de Segura) mais n'arrosent pratiquement pas les bassins et les plaines d'Almeria, situés à l'est de ces chaînes.

3 - La présence de l'océan Atlantique et de la mer Méditerranée

La position particulière de cette région la situe à un carrefour d'influences. Bien que sa façade atlantique soit relativement réduite, c'est de l'océan que vient la majeure partie des pluies qui l'arrosent. Le climat méditerranéen régional est caractérisé, d'un point de vue ombrique, par deux maximums situés au printemps et à l'automne. Le déficit hivernal est, en général, comblé par les pluies atlantiques.

4 - La dynamique de l'air

En hiver, les masses d'air froid venant des hautes latitudes descendent très rarement jusqu'à l'Andalousie. Lorsque c'est le cas, elles peuvent provoquer des gelées catastrophiques dans les hautes plaines du Guadalquivir (Hiver 1970-1971). Leur action n'arrive pas à se faire sentir au sud de la Cordillère Bétique, le long du rivage méditerranéen. Cependant, la rencontre de ce froid avec des masses d'air tiède chargées d'humidité peut provoquer des précipitations aussi abondantes que brutales, voire d'importantes chutes de neige sur les reliefs. Le plus souvent, de l'automne au printemps, les courants dominants viennent de l'Atlantique. Cependant, les perturbations affectent surtout le nord de la péninsule et ne donnent en Andalousie que des pluies beaucoup plus faibles. En été, la remontée latitudinale de l'anticyclone des Açores favorise l'installation sur le Sud de l'Espagne d'une longue période de beau temps chaud. La présence d'une période sèche pendant les jours longs s'avère très importante, car sa durée a une très grande influence sur la végétation.

DOCUMENTS ET SOURCES UTILISÉS

La carte bioclimatique a été établie par l'exploitation des documents de 53 stations d'enregistrement de données pluviométriques et thermométriques et de 118 stations uniquement pluviométriques. Pour toutes ces stations, j'ai également étudié le nombre de jours de précipitations.

Les données ont été extraites du "Boletín mensual climatológico nacional Español" et des archives du "Comisaría de Aguas de España".

Pour chaque station, j'ai réalisé un dépouillement mois par mois de 1950 à 1974, soit 25 ans.

Si les stations pluviométriques sont assez nombreuses et relativement bien réparties en plaine et aux altitudes moyennes, il n'en est pas de même pour les stations thermométriques. Trois fois moins nombreuses que les autres, elles ne dépassent pas 1350 m d'altitude, d'où la nécessité d'étudier les gradients thermiques locaux et d'extrapoler. La raréfaction de tous les postes d'enregistrement au-dessus de 1500 m, leur disparition au-dessus de 2000 m, explique la difficulté

de réaliser des cartes et leur manque de précision dans les massifs montagneux élevés.

ÉTUDE DES PRINCIPAUX ÉLÉMENTS DU CLIMAT

1 - La pluviométrie

Bien que la moyenne annuelle des précipitations n'ait pas toujours une grande signification pour l'étude de la végétation, je l'ai utilisée pour des raisons de commodité. L'analyse de la carte des bioclimats met en évidence l'inégale répartition des précipitations.

On peut schématiquement distinguer les régions suivantes (P = précipitations annuelles moyennes) :

- $P < 400$ mm : essentiellement le Sud-Est de l'Andalousie, à savoir les plaines et les plateaux de la province d'Almeria, ainsi que le bassin de Guadix, dans la province de Grenade,
- $400 \text{ mm} < P < 800$ mm : cette zone recouvre la plus grande partie de la vallée de Guadalquivir, à l'exception des montagnes,
- $P > 800$ mm : l'Ouest de la Sierra Morena, les Sierras de Cazorla et de Segura, la Cordillère Bétique.

Les pôles extrêmes se situent pour la sécheresse, dans la région d'Almeria Stations du Cabo de Gata (P = 168 mm) et d'Almeria (P = 221 mm) et pour les zones les plus arrosées, dans les montagnes de la Serrania de Ronda, à la limite des provinces de Cadix et de Malaga (Station de Grazalema, P = 2122 mm).

La variabilité interannuelle de la pluviométrie est générale et importante dans toute la région. Elle se trouve parfaitement illustrée par le tableau 1 où sont comparées les données d'Almeria, station située dans la partie la plus sèche d'Andalousie et celles de Grazalema, où sont enregistrées les précipitations les plus importantes de la région. Par rapport à l'année moyenne, la pluviosité peut varier du simple au double, dans un sens comme dans l'autre. Dans toute la région, le rapport entre les années les plus sèches et les plus humides est au moins de 3, et peut atteindre 4,5.

STATIONS	Almeria Alt. : 7 m	Grazalema Alt. : 829 m
PERIODE	1950 - 1973 (24 ans)	1950 - 1975 (26 ans)
- Précipitations annuelles moyennes	221 mm	2122 mm
- Nombre de jours de pluie (moyenne annuelle)	50	83
- Année la plus sèche	1950 : 130 mm en 31 jours	1953 : 920 mm en 54 jours
- Année la plus humide	1951 : 388 mm en 48 jours	1963 : 4373 mm en 112 jours
- Nombre d'années avec P > moyenne annuelle	12	11
- Nombre d'années avec P < moyenne annuelle	13	14
- Nombre maximum de mois secs (P < 2T) observés et années d'observation	5 mois (en 1950 et 1953)	(en 1953, 1954 et 1965)
- Nombre minimum de mois secs (P < 2T) observés et années d'ob- servation	5 mois (en 1957)	2 mois (en 1964 et 1969)

Tableau 1 - Variabilité de la pluviométrie dans les stations d'Almeria et de Grazalema

Tout autant que la quantité d'eau tombée dans l'année, la répartition des pluies au cours des mois joue un très grand rôle.

- Dans toutes les stations, on observe en été la présence d'une période sèche ($P < 2T$). Son importance varie beaucoup (12 à 10 mm). Sa présence et sa durée en font un facteur écologique très important.
- Dans les stations les plus orientales, on enregistre également une diminution des précipitations en Janvier et en Février. Dans les autres stations, plus soumises aux influences atlantiques, cette caractéristique disparaît ou est très fortement atténuée. En effet, le climat typiquement méditerranéen, présente comme originalité, d'un point de vue ombrique, d'avoir des pluies d'automne et de printemps, avec des étés très secs et des hivers relativement peu arrosés, alors que le climat atlantique a des précipitations réparties sur toute l'année.
- On note également un important gradient de diminution des précipitations de l'Ouest vers l'Est. Dans toute cette région, l'essentiel des pluies vient de l'Atlantique, d'où le rôle essentiel de la topographie : les reliefs situés les plus à l'Ouest arrêtent les premiers les masses nuageuses et provoquent des précipitations très abondantes. C'est ainsi que les parties les plus élevées de la Serrania de Ronda reçoivent en moyenne plus de 2 m d'eau chaque année.

L'importance des précipitations va en diminuant dans toute la Cordillère Bétique lorsque l'on se dirige vers l'Est. A cette extrémité de la chaîne, les plaines et les plateaux de la province d'Almeria, protégés des vents d'ouest humides par la Sierra Nevada, sont les zones les plus sèches de toute l'Andalousie.

Au nord de la Cordillère Bétique, les nuages poussés par les vents d'ouest dans toute la vallée du Guadalquivir, viennent buter sur les reliefs des Sierras Cazorla et de Segura, transformant ces montagnes en château d'eau de l'Andalousie.

Le phénomène observé sur la Cordillère Bétique se répète au nord de la vallée du Guadalquivir, sur la Sierra Morena. Ici aussi, la partie ouest de la chaîne est la plus arrosée, mais la faible amplitude de ces reliefs anciens en atténue l'importance.

2 - La température

Une des principales difficultés rencontrées dans l'étude des températures réside dans le manque de données pour les zones situées au-dessus de 1200 m, ce qui m'a obligé à extrapoler à partir des rares stations ou des quelques données ponctuelles existantes. J'arrive ainsi à estimer les températures moyennes, mais il n'est pas possible, par cette méthode, d'approcher les valeurs extrêmes.

L'examen des moyennes mensuelles et annuelles fait apparaître les caractéristiques suivantes, pour les zones situées entre 0 et 1200 m d'altitude :

- Au-dessous de 600 m d'altitude, les températures annuelles moyennes sont relativement élevées : supérieure à 16°, elles peuvent atteindre 18,5°.
- Entre 600 m et 1200 m d'altitude, les températures annuelles moyennes oscillent entre 16° et 12°.
- Les températures estivales sont très élevées jusqu'à 1200 m d'altitude.
- Par contre, l'hiver, il existe un contraste important entre les plaines basses aux températures assez douces et les zones situées au-dessus de 500 à 600 m où le froid se fait nettement sentir (cf. le § suivant sur le gel).

3 - Le gel

Le nombre de jours de gel et l'intensité de ce dernier s'avèrent très importants pour la végétation. Malheureusement, les données climatiques font cruellement défaut dans ce domaine. L'examen de nombreux documents me permet cependant de tirer quelques conclusions :

- La bande côtière méditerranéenne, protégée des vents du nord et bien ensoleillée en hiver, n'est pratiquement jamais touchée par le gel, ce qui explique la présence dans cette région de cultures tropicales (canne à sucre, annonces, avocatiers, bananiers...), cultures qui ne sont rendues possibles que par un arrosage estival intense, car, dans leur patrie d'origine toutes ces plantes se développent sous un climat où la saison des pluies se superpose à la saison chaude.

- Dès que l'on quitte le bord de mer, soit en s'élevant dans la Cordillère Bétique, soit en pénétrant dans la vallée du Guadalquivir, les gelées font leur apparition, mais restent rares et de faible intensité.

- Au-dessus de 500 mètres, les températures s'abaissent nettement et le gel est une réalité chaque année. Certains hivers exceptionnels, le froid est suffisamment intense pour provoquer d'importants dégâts aux cultures. Ainsi, en décembre 1969, le gel, aggravé par le givre, a provoqué la mort de nombreux oliviers de la province de Granada.

- Au-dessus de 1000 - 1200 m, le gel est fréquent et important chaque hiver.

4 - Hygrométrie et brouillards

L'hygrométrie moyenne annuelle oscille entre 60 et 75 %, les stations situées près de la mer présentant les taux les plus forts. Par contre, l'examen des variations mensuelles et de leurs amplitudes montre de très grosses différences entre la côte et l'intérieur (cf. Tableau 2).

Station - Province - Altitude	Humidité moyenne annuelle en %	Mois le plus humide	Mois le plus sec	Amplitude annuelle
Stations situées près de la mer				
Almeria (Al) 7 m	73	76	71	5
Algeciras (Ca) 25 m	73	77	69	8
Malaga Instituto (Ma) 33 m	67	72	62	10
San Fernando (Ca) 20 m	73	82	66	16
Stations situées à l'intérieur des terres				
Cordoba (Co) 122 m	61	79	41	38
Granada (Armillar)(Gr) 694 m	60	76	39	37
Jaen (J) 578 m	67	81	49	32
Sevilla (Tablada)(Se) 8 m	69	82	55	27

Tableau 2 - Amplitude des variations de l'hygrométrie en bord de mer et dans les terres.

Les brouillards sont peu fréquents et ne jouent aucun rôle en plaine. En moyenne, on en observe de 15 à 20 jours par an, toujours pendant les périodes les plus froides (hiver) ou les plus humides (printemps et automne). Bien qu'il n'existe aucune donnée pour les zones montagneuses, j'ai pu observer qu'ils y étaient plus abondants. Leur rôle, nul en hiver lorsque la végétation est au repos sous la neige, devient plus important à la fin du printemps et pendant l'été. Ils peuvent se condenser sur les végétaux et apporter ainsi un peu d'eau sous forme de précipitations occultes. Mais surtout, l'humidité déposée sur les plantes va favoriser la germination de spores de micromycètes et permettre de nombreuses infections parasitaires.

5 - La sécheresse estivale

Une des caractéristiques essentielle du climat méditerranéen est la présence d'une période sèche estivale. Celle-ci est importante en Andalousie, en particulier dans les régions les moins arrosées de la province d'Almeria, où elle peut s'étendre de 8 à 10 mois. Pour essayer d'en quantifier la durée, j'ai utilisé l'indice xéothermique de BAGNOULS et GAUSSEN (1953). Les résultats sont reportés sur le tableau 3. Afin d'établir une comparaison, j'ai également calculé pour les mêmes stations le quotient pluviothermique d'EMBEFGER (1930).

La carte de répartition de l'indice xéothermique coïncide assez bien avec celle de la végétation. Par contre celle du quotient pluviothermique s'avère moins précise et présente des différences très grandes en bord de mer et dans certains massifs montagneux de la Serrania de Ronda.

- Certaines stations situées près de la mer présentent un quotient pluviothermique nettement plus élevé que celles situées un peu plus à l'intérieur des terres. C'est le cas d'Algeciras, San Fernando, Malaga El Rompedizo (cf. tableau 4).

Les valeurs élevées du quotient sont dues aux faibles valeurs du quotient $(M + m)(M - m)$, les températures extrêmes étant très tamponnées par la présence de la mer. Les stations d'Algeciras et de San Fernando sont dans des zones où dominent les vents d'ouest venant du large. De même, Malaga El

Station - Province - Altitude	Pmm	M	m	Quotient	Indice
				pluvioth.	xéroth.
Grazalema (Ca) 823 m	2122	30,8	4,9	230	49
Pontones (J) 1350 m	860	29,7	-1,4	98	64
Tranco Beas Pantono (J) 540 m	840	33,9	3,0	74	89
Siles (J) 825 m	739	33,6	2,0	63	90
El Centenillo (J) 824 m	711	33,4	2,6	64	92
Algeciras (Ca) 25 m	981	27,3	8,2	141	92
Granada - La Cartuja (Gr) 774 m	495	34,3	2,1	42	93
Pozoblanco (Co) 649 m	530	34,4	2,9	45	94
Lanjaron (Gr) 720 m	590	30,1	3,8	66	94
Alfarnate (Ma) 925 m	1029	29,7	3,0	118	94
Granada - Armilla (Gr) 694 m	401	33,9	1,2	35	95
Villacarillo (J) 794 m	613	33,4	3,6	56	95
Ubeda (J) 748 m	580	32,5	3,9	56	95
Sanlucar de Barameda (Ca) 30 m	617	32	5,4	62	95
Boticario (Ma) 500 m	618	28,4	4,8	79	95
Medina Sidonia (Ca) 338 m	836	31,4	7,5	90	95
Ubrique (Ca) 337 m	1231	33,2	4,4	114	95
Ojen - Sierra Bermeja (Ma) 491 m	1049	31,1	7,9	116	95
San Jose del Valle (Ca) 167 m	958	32,4	6,5	97	97
Gobantes - Vivero (Ma) 400 m	545	33,2	4,5	50	98
Jaen (J) 578 m	592	34,5	4,8	51	98
Lucena (Co) 483 m	707	35,6	3,2	56	98
Velez Blanco (Al) 1080 m	388	31,9	0,7	38	99
Topares (Al) 1192 m	395	31,0	2,6	41	99
Moron de la Frontera (Se) 258 m	662	34,9	5,1	56	101
Cabra del Santo Cristo (J) 938 m	462	31,7	2,4	42	102
Montoro (Co) 195 m	568	35,5	2,8	45	102
Jerez de la Frontera (Ca) 56 m	646	33,1	5,9	60	102
Linares (J) 419 m	622	35,8	3,9	49	105
El Saucejo (Se) 531 m	648	32,3	5,2	64	105
San Fernando (Ca) 20 m	611	27,8	10,1	91	106
Arjona (J) 440 m	598	37,5	4,0	48	110
Loja - Escuela (Gr) 487 m	525	33,9	3,7	46	112
Sevilla - Tablada (Se) 10 m	605	35,2	5,7	50	114
Malaga - El Rompedizo (Ma) 12 m	589	30,1	8,1	70	114
Salobrena (Gr) 50 m	467	31,0	6,7	51	116
Guadix (Gr) 915 m	327	32,0	0,1	32	117
Canjajar - Viv. Cristal (Al) 620 m	368	32,5	4,8	36	121
Ecija - Escuela (Se) 112 m	548	37,5	4,7	40	121
Cordoba (Co) 122 m	702	36,5	4,4	53	121
Nerja (Ma) 25 m	465	32,9	7,5	45	126
Berja (Al) 331 m	403	32,6	6,4	39	132
Castala - Berja (Al) 740 m	437	30,3	7,0	50	132
Nijar (Al) 356 m	304	32,1	4,7	30	135
Lubrin (Al) 500 m	340	30,8	6,3	37	149
Huerca Overa (Al) 270 m	273	32,7	1,6	26	163
Almeria (Al) 7 m	211	29,2	8,5	28	204
Vera (Al) 100 m	249	30,6	6,0	28	208

Tableau 3 - Liste des stations par ordre d'importance de l'indice xérothermique.

Stations	Quotient pluviothermique	Valeur moyenne du quotient à l'intérieur des terres
ALGECIRAS	141	70
SAN FERNANDO	91	60
MALAGA - EL ROMPEDIZO	70	50

Tableau 4 - Quotient pluviothermique de stations situées en bord de mer.

Rompedizo est située dans une plaine largement ouverte aux influences maritimes.

Il est intéressant de noter que d'autres stations côtières telles que Salobrena (Gr), Nerja (Ma) ou Almeria (Al) ne présentent pas de différences notable avec celles qui se situent hors de l'influence directe de la mer, ceci en raison de leur situation géographique. Nerja et Salobrena sont placées dans de toutes petites plaines côtières, au pied des Sierras de la Cordillère Bétique. Les températures minimales moyennes m sont relativement élevées en raison de la présence de la mer, de l'exposition sud et de la protection des vents du nord par les sierras. Mais, pour les mêmes raisons, les températures maximales moyennes M sont très élevées, ce qui rétablit l'équilibre et donne un produit $(M + m)(M - m)$ semblable aux stations voisines. Pour Almeria, il semble que ce soit le brassage de l'air par des vents violents (Levante et Poniente) qui est à l'origine des faibles différences entre la côte et l'intérieur de la région d'Almeria.

- Les stations suivantes : Grazalema, Alfarnate, Ubrique, Ojen, Medina sidinia, San Jose del Valle, présentent toutes un quotient pluviothermique très élevé par rapport aux zones qui les entourent (cf. tableau 5), ceci en raison des valeurs très fortes de P enregistrées dans cette région, une des plus arrosée d'Espagne. Or ces pluies ont lieu le plus souvent sous forme de trombes d'eau au printemps et surtout en automne, et ne sont guère profitables à la végétation. Le quotient pluviothermique n'est pas, pour ces zones, le reflet correct d'une réalité bioclimatique.

Stations	Pmm	Quotient pluviothermique	Valeur moyenne du dans les zones voisines
GRAZALEMA	2122	230	110
ALFARNATE	1029	118	75
UBRIQUE	1231	114	75
OJEN	1049	116	75
MEDINA SIDONIA	836	90	70
SAN JOSE del VALLE	958	97	65

Tableau 5 - Quotient pluviothermique de stations caractérisées par de très fortes précipitations.

LES BIOCLIMATS DE L'ANDALOUSIE

1 - Les choix des facteurs

Ce choix a été effectué à la suite d'études comparatives réalisées d'une part, grâce aux aires ombrothermiques, ombroxériques ou thermoxériques, d'autre part, en dessinant des cartes grâce à ces différents paramètres et en les comparant à celles des relevés de végétation. J'ai testé les paramètres suivants :

- les précipitations annuelles moyennes P
- la température annuelle moyenne T
- la température moyenne du mois le plus froid t_f
- la température minimale moyenne du mois le plus froid m

la sécheresse. Pour cette dernière j'ai utilisé l'indice xérothermique de BAGNOULS et GAUSSEN (I_x) et le quotient pluviothermique d'EMBERGER (Q_{pth}).

A la suite de cette étude, j'ai retenu les trois paramètres suivants :

- les précipitations annuelles moyennes P
- la température moyenne du mois le plus froid t_f
- l'indice xérothermique de BAGNOULS et GAUSSEN I_x

ceci pour les raisons suivantes :

a - Deux paramètres me paraissent importants lorsqu'on s'intéresse aux précipitations : la quantité d'eau tombée dans l'année P et sa répartition au cours des différents mois. Ces deux facteurs sont intégrés dans l'élaboration de la carte puisque j'utilise P et l'indice xérothermique qui indique la durée de la période sèche.

b - Pour la température, j'ai tout de suite éliminé la température annuelle moyenne T : celle-ci masque beaucoup trop les valeurs extrêmes. J'ai alors envisagé l'emploi de la température minimale moyenne du mois le plus froid, facteur dont RIVAS-MARTINEZ (1980) préconise aussi l'utilisation. Comme cet auteur, je pensais que les températures minimales sont un facteur limitant très important pour la végétation. Lorsque j'ai comparé les aires réalisées avec ce paramètre et celles pour lesquelles j'ai utilisé la température moyenne du mois le plus froid, je n'ai pas constaté de différence notable, sauf pour les stations situées en bord de mer : l'utilisation de la température minimale moyenne accentue trop la différence entre ces stations et celles de l'intérieur, les températures extrêmes étant en général, très tamponnées par la présence de la mer. Cela entraînait des difficultés très importantes concernant la cartographie des bioclimats côtiers et un risque d'erreur au niveau de l'interprétation de la carte : l'indication d'un climat très doux pourrait faire oublier que, par vent de terre, c'est le climat de l'intérieur du pays qui devient dominant. Ainsi, en hiver, les côtes andalouses peuvent être également soumises, localement, à des températures assez basses. C'est pourquoi j'ai utilisé, pour la cartographie des bioclimats, la température moyenne du mois le plus froid t_f .

c - J'ai déjà en partie expliqué pourquoi j'ai retenu l'indice xérothermique de BAGNOULS et GAUSSEN et non le quotient pluviothermique d'EMBERGER. J'ai montré, au § 3-5, que ce dernier ne me semble pas adapté à l'étude de cette région. De plus, son emploi excluait d'utiliser en même temps les précipitations annuelles moyennes P qui en font déjà parti.

Employer deux fois le même paramètre serait lui donner beaucoup trop d'importance. L'indice xérothermique présente à mes yeux plusieurs avantages. En intégrant le nombre de jours de pluie, de rosée, de brouillard, ainsi que l'humidité moyenne, il est un reflet assez exact de la saison sèche, période particulièrement importante, car très contraignante, dans la vie des végétaux de la région méditerranéenne. De plus, il m'a semblé très important d'utiliser un indice dont la valeur représente quelque chose de concret, à savoir le nombre de jours biologiquement secs, ce qui permet de connaître la durée moyenne de la saison sèche.

L'utilisation combinée des précipitations totales annuelles P, de la température moyenne du mois le plus froid t_f et de l'indice xérothermique I_x m'a permis de mettre en évidence une gamme étendue de bioclimats et de dessiner une carte qui s'harmonise bien avec celle de la végétation.

2 - Principales entités

L'examen de la carte permet de distinguer cinq grandes entités bioclimatiques.

- La première apparaît sur la carte sous forme d'une bande rouge ou orangée, le long de la Méditerranée. (Bioclimats 1, 6, 10, 16 et 22). Elle correspond aux plaines littorales situées au pied de la Cordillère Bétique. D'un point de vue climatique ces zones sont caractérisées par des températures élevées ($T > 16^\circ$ et $t_f > 11^\circ$). Les plaines situées à l'est sont très peu arrosées (Bioclimat 1). Avec $P < 300$ mm et $I_x > 150$, la région d'Almeria est une des plus sèches d'Europe. Les précipitations augmentent régulièrement de l'est vers l'ouest et dépassent les 800 mm lorsqu'on atteint la province de CADIX (Bioclimat 22). Parallèlement, l'indice xérothermique diminue et devient inférieur à 100.

Légèrement au nord de la ville d'Almeria, les collines s'avèrent toutes aussi sèches, mais un peu moins chaudes : $110 > t_f > 80$ (Bioclimats 2, 3 et 7).

- La deuxième est formée par une vaste plage jaune à jaune orangé recouvrant la basse et la moyenne vallée du Guadalquivir (Bioclimats 11, 13, 17 et 18). Cette région se caractérise par des températures moyennes élevées ($T > 16^\circ$) mais avec des hivers plus frais que ceux de la côte

méditerranéenne ($11^\circ > t_f > 8^\circ$). Les précipitations oscillent entre 400 et 800 mm, tandis que l'indice xérothermique varie entre 150 et 75.

On retrouve des bioclimats de ce type sur le versant sud de la Cordillère Bétique, dans les zones basses des montagnes et dans les collines dominant les plaines littorales.

- La troisième est constituée par deux zones séparées matérialisées en jaune pâle, (Bioclimats 12, 14 et 19). L'une occupe les parties basses de la Sierra Morena, l'autre, les collines situées entre Jaen et Granada. L'altitude de ces zones oscille entre 400 et 800 m. Précipitations et indice xérothermique y ont les mêmes valeurs que dans la vallée du Guadalquivir ($400 \text{ mm} < P < 800 \text{ mm}$ et $150 > I_x > 75$) mais l'augmentation d'altitude provoque une diminution des températures : $16^\circ > T > 12^\circ$ et $8^\circ > t_f > 4^\circ$.

- La quatrième, située à l'est de la carte, est formée par une importante plage bistre (Bioclimats 4, 8, 9 et 12). A cheval sur les provinces de JAEN, GRANADA et ALMERIA, cette région est constituée de collines et de plateaux dont l'altitude varie entre 400 m et 1000 m. Les températures y sont semblables à celles de l'ensemble précédent ($16^\circ > T > 12^\circ$ et $8^\circ > t_f > 4^\circ$), mais les précipitations y sont beaucoup plus faibles, car cette zone est protégée des vents d'ouest humides par les montagnes situées entre Jaen et Granada. Toujours inférieures à 600 mm, elles oscillent en général entre 300 et 400 mm, parfois moins dans les dépressions. Ces climats, secs (indice xérothermique souvent supérieur à 100) sont l'équivalent, en plus frais, en raison de l'altitude, de ceux qui existent juste au sud, dans les plaines basses autour d'Almeria (bioclimats 1, 2 et 3).

- La cinquième est constituée par un certain nombre de plages vertes qui marquent l'emplacement des principaux massifs montagneux, plus arrosés et plus frais que les plaines avoisinantes. Sur la carte on distingue : la Sierra Morena au nord-est, les Sierras de Cazorla, Segura et Sagra au nord-est, la Cordillère Bétique au sud. Les parties les plus froides, donc les plus élevées de ces massifs apparaissent en bleu-mauve.

Au nord-ouest, les parties élevées de la Sierra Morena (entre 600 m et 1100 m d'altitude) se caractérisent par des précipitations assez abondantes supérieures à 800 mm pouvant localement dépasser 1000 mm. A altitude égale, les températures y sont beaucoup plus froides que dans les autres sierras andalouses, en particulier dans la Cordillère Bétique. Ceci est dû à l'influence des vents froids qui, l'hiver, soufflent du nord ou du nord-ouest au travers des plateaux de la Nouvelle Castille ou de l'Estramadure. Au-dessus de 500 - 600 m d'altitude, les températures moyennes du mois le plus froid sont comprises entre 8° et 4° . Elles peuvent descendre au-dessous de 4° lorsque l'altitude dépasse 800 m. Par contre, les étés y sont chauds et la période sèche dure de 2 à 4 mois ($100 > I_x > 40$).

Au nord-est, les sierras de Cazorla, Segura et Sagra constituent un véritable château d'eau pour toute la région. De nombreuses rivières (dont le Guadalquivir) y prennent leur source. Les précipitations oscillent entre 800 mm et 1000 mm au-dessous de 1500 m d'altitude. Seules les parties situées au-dessus de cette altitude reçoivent plus de 1000 mm d'eau. Les températures sont élevées l'été, mais assez basses en hiver, toujours en raison de l'influence des vents du nord. Entre 800 et 1200 m d'altitude on a $12^\circ > T > 8^\circ$ et $8^\circ > t_f > 4^\circ$. Au-dessus $T < 8^\circ$ et $4^\circ > t_f > 0^\circ$. La période sèche est importante : elle atteint fréquemment 3 à 4 mois ($100 > I_x > 40$).

Au sud, la partie occidentale de la Cordillère Bétique (Serrania de Ronda, Sierra de Antequera et Sierra Almirajara) se caractérise surtout par des précipitations très abondantes. Les nuages venus de l'ouest se heurtent en premier à ces massifs et y déversent d'importantes quantités d'eau. Toujours supérieures à 800 mm, les précipitations dépassent les 1000 mm dans la majeure partie de ces massifs (bioclimats 27, 29, 30 et 32). Elles atteignent les 2000 mm ou plus dans la région de Grazalema (Sierra del Pinar) et près de Ronda (Sierra de las Nieves). Les températures y sont élevées jusque vers 1000 m d'altitude ($T > 12^\circ$ et $11^\circ > t_f > 8^\circ$). Au-dessus nous trouvons, dans les bioclimats 30 et 32, $12^\circ > T > 8^\circ$ et $8^\circ > t_f > 4^\circ$. Malgré les précipitations abondantes, la période sèche est très rarement inférieure à 2 mois et peut, certaines années dépassées 3 mois ($100 > I_x > 40$).

A l'est de la Cordillère Bétique, la Sierra Nevada, point culminant de la région (3478 m d'altitude), constitue une barrière climatique importante entre l'Andalousie du Guadalquivir, ouverte à l'ouest aux influences océaniques et les plateaux secs de la région d'Almeria (Andalousie

des steppes). Les pluies venant de l'Atlantique, sont abondantes sur ce massif, en particulier sur le flanc ouest. Les précipitations dépassent les 800 mm au-dessus de 1000 m d'altitude. Les parties hautes doivent recevoir plus de 1000 mm d'eau. Le climat de la haute sierra Nevada se caractérise par des hivers très froids ($t_f < 0^\circ$) et des étés secs. Le total du nombre de mois secs plus le nombre de mois de gel oscille entre 4 et 6.

CONCLUSION

Cette étude m'a permis de mettre en évidence l'extraordinaire variété des bioclimats que l'on peut rencontrer dans le sud de l'Espagne. Cette richesse est liée essentiellement à deux facteurs :

- à la situation géographique, au contact des domaines atlantiques et méditerranéens
- à la topographie, avec la présence des plaines basses, de hauts plateaux et de nombreuses chaînes de montagnes.

Ces deux facteurs sont à l'origine d'importants gradients thermiques, liés aux variations d'altitude, et ombriques : l'Andalousie possède des sierras très arrosées (plus de 2000 mm par an dans la Serrania de Ronda) et les plaines les plus sèches d'Espagne (moins de 200 mm au Cabo de Gata, près d'Almería).

L'intérêt principal de ce travail réside dans la carte des bioclimats. Celle-ci permet de visualiser et de situer les principales entités bioclimatiques et de connaître immédiatement les facteurs climatiques essentiels pour les végétaux, à savoir les précipitations annuelles, la température moyenne du mois le plus froid et la durée de la période sèche, calculée ici grâce à l'indice xérothermique.

BIBLIOGRAPHIE

- ACHAAL A., OKABLI O., BARBERO M., BENABID A., M'HIRIT A., PEYRE C., QUEZEL P. et RIVAS MARTINEZ S. (1980). A propos de la valeur bioclimatique et dynamique de quelques essences forestières au Maroc. *Ecologia Mediterranea*, 5, 211-249.
- ANSARINA A.Q. et LOOMIS W.E. (1959). Leaf temperature *Amer. J. Bot.* 46, 713-717.
- ARQUE P. (1946). Aridité et endoréisme en Espagne. *R. G. P. S. O.*, 16-17, 223-243.
- ARTES CARRASCO F. (1966). Climatología de la provincia de MURCIA, in *Estudio Edafológico y Agrobiológico de la provincia de MURCIA*, 21-26. Centro de Edafología y Biología aplicada del Segura, Murcia, ESPAGNE.
- ASKENASY E. (1875). Über die Temperatur welche Pflanzen in Sonnenlicht annehmen. *Bot. Zeit.*, 33, 441-444.
- BAGNOULS F., GAUSSEN H. (1953). Saison sèche et indice xérothermique. *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, 88, 193-239.
- BAGNOULS F., GAUSSEN H. (1957). Les climats biologiques et leur classification. *Annales de Géographie*, LXVI année, 194-220, Paris.
- BOUCHER C. (1986). Bioclimatologie et floristique d'Andalousie. *Ecologia Mediterranea*, XII, fasc. 1/2, 101-130.

- CARBAJAL CASTRO R. y MARTIN ARANDA J. (1962). Datos climatológicos, 21-28, in *Estudio agrobiológico de la provincia de SEVILLA*, Centro de Edafología y Biología aplicada del Cuarto, Sevilla, ESPAGNE.
- CARBAJAL CASTRO R. y MARTIN ARANDA J. (1963). Datos climatológicos, 30-73, in *Estudio agrobiológico de la provincia de CADIX*, 357 p. Id.
- CARBAJAL CASTRO R. y MARTIN ARANDA J. (1971). Datos climatológicos, 45-72, in *Estudio agrobiológico de la provincia de CORDOBA*, 401 p. Id.
- CASTILLO F.E. et ORTIZ R.G. (1965). *Evapotranspiraciones potenciales y balances de agua en España*. Ministerio de Agricultura. Dirección general de Agricultura. Madrid, Espagne.
- CEBALLOS L. y MARTIN BOLANOS M. (1930). *Estudio sobre la vegetación forestal de la provincia de CADIX*, 353 p. Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias, La Moncloa, Madrid, Espagne.
- CEBALLOS L. y VICIOSO C. (1933). *Estudio sobre la vegetación y la flora forestal de la provincia de MALAGA*, 285 p. Id.
- CHAPTAL L. (1940). Contribution à l'étude du phytoclimat. *Ann. Epiph. et de Phytogen.*, 6, 133-144.
- CHAPTAL L. (1944). Sur un mode de détermination des périodes de sécheresse et des périodes d'humidité. *Ann. Agron.*, 14, 443-453.
- EMBERGER L. (1930). La végétation de la région méditerranéenne : essai d'une classification des groupements végétaux. *Rev. Gén. Bot.*, 42 : 641-662 et 705-721.
- GAUSSEN H. (1949). Les conditions climatiques aux Pyrénées Centrales et les étages de végétation. *Bull. Soc. Bot. Fr.*, 96, (10), 16-20.
- GAUSSEN H. (1957). Les ensembles écologiques de la Péninsule hispanique. *Publ. Inst. Biol. Apl. Barcelona*, 26, 9-17.
- GIACOBBE A. (1959). Nouvelles recherches écologiques sur l'aridité dans les pays de la Méditerranée occidentale. *Naturalia Monspeliensia, série botanique*, 11, 7-27.
- GIACOBBE A. (1965). La mesure du bioclimat méditerranéen. *Naturalia Monspeliensia, série botanique*, 16, 43-69.
- MONTERO DE BURGOS J.L. et GONZALES REBOLLAR J.L. (1974). *Diagramas climaticas*. Inst. Nac. para la Conservación de la Naturaleza, Madrid, 370 p.
- OZENDA P. (1970). Sur une extension de la notion de zone et d'étage subméditerranéens. *Compte rendus Soc. Biogéographie*, 413-415, 92-103.
- OZENDA P. (1975). Sur les étages de végétation dans les montagnes du Bassin Méditerranéen. *Doc. Cartographie Ecol.*, 16 : 1, 32.
- PRESENTACION ESPINOSA y PABLO PRIETO (1970). Algunos datos sobre la biometeorología en Sierra Nevada. *Ars. Pharmaceutica Rev. Fac. Farm.*, 11, 513-516.
- RIVAS MARTINEZ S. (1980). Les étages bioclimatiques de la végétation de la Péninsule Ibérique. *Anal. Jard. Bot. Madrid*, 37, (2), 251-258.

- RIVAS MARTINEZ S. (1982). Etages bioclimatiques, secteurs chorologiques et séries de végétation de l'Espagne méditerranéenne. *Ecología Mediterranea*, VIII, Fasc. 1/2, 275-288.
- SIERRA RUIZ DE LA FUENTE y DELGADO RODRIGUEZ (1970). Algunas consideraciones acerca del clima y suelos de olivar en la zona de Athama (Granada) y su productividad. *Ars. Pharmaceutica Rev. Fac. Farm.*, 11, 521-537.
- VALLE F. (1985). Mapa de las series de Vegetacion de Sierra Nevada (Espana). *Ecología Mediterranea*, XI, Fasc. 2/3, 183-200.

Contribution à l'étude des groupements pré-forestiers et des matorrals rifains.

P. QUEZEL*
 M. BARBERO*
 A. BENABID**
 R. LOISEL*
 S. RIVAS-MARTINEZ***

RESUME - Les auteurs analysent les groupements pré-forestiers et les matorrals du Rif. Sont décrits, un ordre, trois alliances et 31 associations nouvelles. Les groupements pré-forestiers s'inscrivent dans les alliances *ERICION ARBOREAE* RIVAS-MARTINEZ (1975) 1987, *ASPARGO-RHAMNION OLEOIDIS* RIVAS-MARTINEZ 1959, *TETRACLINI ARTICULATAE* - *PISTACION ATLANTICAE* RIVAS-MARTINEZ, COSTA et IZCO 1986 et *JUNIPERION LYCIAE* RIVAS-MARTINEZ 1975. Les groupements de matorrals répartis dans les classes des *CALLUNO-ULICETEA* Br.-Bl. et Tx. 1943, *CISTO-LAVANDULETEA* Br.-Bl. (1940) 1952 et des *ONONIDO-ROSMARINETEA* Br.-Bl. 1947 posent de délicats problèmes d'interprétation liés essentiellement à l'intense dégradation du milieu. Sur la dorsale siliceuse du Rif central s'individualise l'ordre nouveau des *HALIMIETALIA RIPHAEO-ATLANTICAE* comprenant 2 alliances dont une nouvelle l'*ERICO RIPHAEE* - *CISTION VARII*. Sur la dorsale calcaire du Rif 3 alliances sont définies (*LITHODORO MAROCCANAE* - *ULICION FUNKII*, *PSEUDOSCABIOSO GROSII* - *ORIGANTON GROSII* et *DIANTHO MAROCCANI* - *ASTRAGALION MAROCCANI*). Les matorrals des *CALLUNO-ULICETEA* de Tingitanie restent proches de ceux décrits en Espagne méridionale. Ceux des *ONONIDO-ROSMARINETEA* du Rif centro-oriental s'inscrivent dans des unités particulières de type nord-africain qui n'ont pu pour l'instant être précisées.

SUMMARY - The authors analyze the pre-forestal groupings and the matorrals of the Rif region. They describe new units : 1 order, 3 alliances and 31 associations. The pre-forestal groupings take part in the following alliances : *ERICION ARBOREAE* RIVAS-MARTINEZ (1975) 1987, *ASPARGO-RHAMNION OLEOIDIS* RIVAS-MARTINEZ 1959, *TETRACLINI ARTICULATAE* - *PISTACION ATLANTICAE* RIVAS-MARTINEZ, COSTA et IZCO 1986 and *JUNIPERION LYCIAE* RIVAS-MARTINEZ 1975. The matorral groupings distributed into the following classes : *CALLUNO-ULICETEA* Br.-Bl. et Tx. 1943, *CISTO-LAVANDULETEA* Br.-Bl. (1940) 1952 and *ONONIDO-ROSMARINETEA* Br.-Bl. 1947, set difficult problems of interpretation, mainly related to the severe degradation of the environment. On the siliceous dorsal of the central Rif is individualized the new order of *HALIMIETALIA RIPHAEO-ATLANTICAE* including 2 alliances one of them being new : *ERICO RIPHAEE* - *CISTION VARII*. On the calcareous dorsal of the Rif, 3 alliances are specified (*LITHODORO MAROCCANAE* - *ULICION FUNKII*, *PSEUDOSCABIOSO GROSII* - *ORIGANTON GROSII* and *DIANTHO MAROCCANI* - *ASTRAGALION MAROCCANI*). The matorrals of the *CALLUNO-ULICETEA* of Tingitanie are similar to those described in southern Spain. The matorrals of the *ONONIDO-ROSMARINETEA* of the eastern central Rif take part in special units of north african type which have not yet been defined.

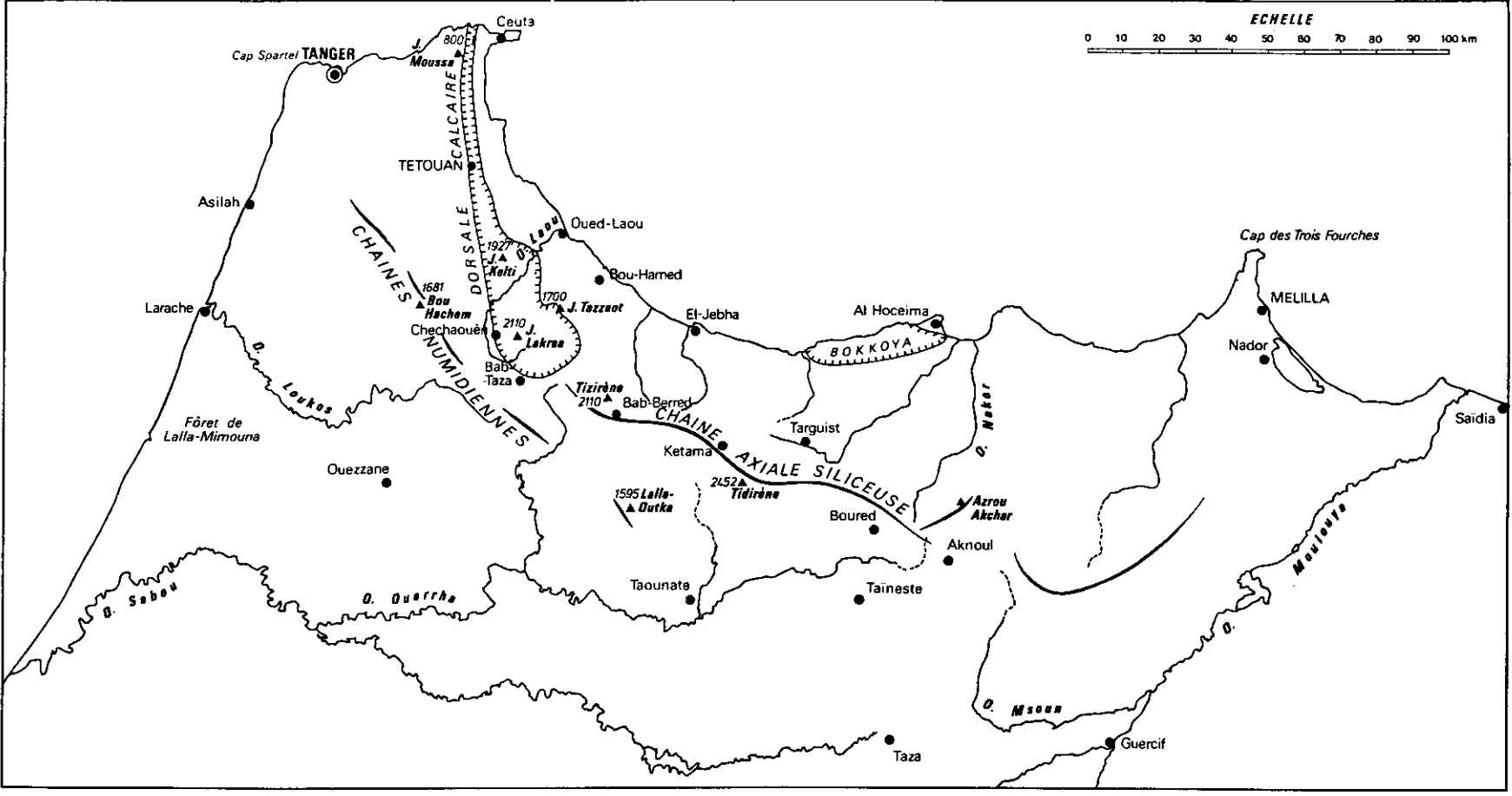
MOTS CLES - Végétation, pré-forets, matorral, syntaxonomie, séries de végétation, bioclimat, Rif, Maroc.

INTRODUCTION

Si l'étude des groupements forestiers du Rif est actuellement bien avancée (BARBERO, QUEZEL et RIVAS-MARTINEZ 1981, BENABID 1982, 1984, FENNANE 1987), il n'en est pas de même pour les structures de végétation envisagées ici, même si un certain nombre de données relatives aux groupements pré-forestiers ont été évoqués dans les travaux cités ci-dessus. Pourtant l'importance de ces structures de végétation vis à vis des problèmes de conservation et d'utilisation des milieux est capitale au Maroc et en Afrique du Nord. En effet, ils s'inscrivent dans des séries dynamiques permettant de reconnaître les groupements forestiers climaciques qu'il est de plus en plus difficile de rencontrer sur le terrain et c'est à eux que l'on doit le plus souvent s'adresser pour tenter de reconstituer la végétation potentielle. Par ailleurs, ces milieux représentent des surfaces actuellement très importantes et très largement utilisées par l'homme et surtout ses troupeaux durant une grande partie de l'année. Cette surexploitation modifie considérablement les structures de végétation en place et tend elle aussi à les dégrader et à les appauvrir, créant comme nous aurons l'occasion de le voir des situations originales.

Pour ces diverses raisons, un accord de coopération a été passé entre divers organismes marocains et français, dont un volet est plus spécialement consacré à "l'étude écologique des écosystèmes marocains". C'est dans le cadre de cet accord que deux missions ont été réalisées au printemps et en

*Université d'Aix-Marseille III, Centre Saint-Jérôme, Rue H. Poincaré, 13397 MARSEILLE / Cédex 13.
 **Ecole Nationale Forestière d'Ingénieur, B.P. 511, Salé, RABAT, MAROC
 ***Botanica Facultad Farmacia, Universidad Complutense, Madrid 3, ESPAGNE.



été 1988 dans le Rif. C'est essentiellement à l'interprétation des résultats obtenus que ce travail est consacré. En effet plus de 400 relevés ont été réalisés à cette occasion et nous y avons adjoint un certain nombre d'autres effectués au cours de missions antérieures notamment en 1978 et 1980. La nomenclature utilisée est celle du Catalogue du Maroc de JAHANDIEZ et MAIRE (1931-1934) en tenant compte des modernisations apportées notamment par Flora Europaea et Med-Cheklis. Un certain nombre de combinaisons taxonomiques nouvelles sont utilisées et font l'objet d'un travail différent.

I - LES GROUPEMENTS PRE-FORESTIERS

Beaucoup de matorrals rifains se rapportent en fait à des structures pré-forestières et en particulier ceux dominés par *Quercus coccifera*. Leur étude n'avait été qu'à peine abordée dans les travaux antérieurs relatifs à cette région (BARBERO, BENABID, QUEZEL et RIVAS-MARTINEZ, 1981, BENABID, 1984 en particulier) et il convenait d'en réaliser l'interprétation. Il s'agit en fait de structures complexes et hétérogènes, intégrant des formations pré-forestières typiques, mais aussi et surtout de stades de dégradation fortement anthropisés où les chaméphytes liés aux CALLUNO-ULICETEA, aux CISTO-LAVANDULETEA, voire aux ONONIDO-ROSMARINETEA peuvent jouer un rôle physiologique important et dont l'interprétation phytosociologique, comme nous le verrons plus loin, n'est pas aisée.

Nous envisagerons successivement ici les formations se rattachant à l'ERICION ARBOREAE RIVAS-MARTINEZ (1975) 1987, à l'ASPARAGO-RHAMNION RIVAS-MARTINEZ 1959, au TETRACLINO-PISTACION RIVAS-MARTINEZ, COSTA et IZCO 1986 et au JUNIPERION LYCIAE RIVAS-MARTINEZ 1975. Enfin sera évoqué le problème des formations de lisières forestières dominées par les Légumineuses arbustives.

1.1 - Les groupements de l'alliance ERICION ARBOREAE RIVAS-MARTINEZ (1975) 1987

Cette alliance récemment redéfinie par l'un de nous, et dont la valeur biogéographique reste à préciser à l'échelon méditerranéen, constitue sur les substrats siliceux, notamment en Espagne, des formations dominées par *Erica arborea* qui se rapportent en tant que stades de dégradation ou de groupements permanents aux séries forestières à *Quercus suber*, *Q. ilex*, *Q. rotundifolia*, voire à chênes caducifoliés (QUERCION ROBORI - PYRENAICAE) (Br.-Bl., P. da SILVA et ROZEIRA, 1956) (RIVAS-MARTINEZ, 1975).

Leur présence en Afrique du Nord était probable, et c'est en fait à cette alliance qu'il convient de rattacher des formations pré-forestières parfois relativement matures, sur les substrats siliceux du Rif. Dans cette région, il s'agit surtout de matorrals denses et hauts dominés par *Erica arborea*, où *Quercus coccifera* joue un rôle très important. L'analyse de nos relevés offre certaines différences avec ceux en provenance de la péninsule ibérique où les caractéristiques sont *Arbutus unedo*, *Bupleurum fruticosum* et *Erica arborea*. En effet, si *Arbutus* et *Erica* sont abondants, *Bupleurum* fait pratiquement défaut dans ces relevés. D'autres espèces jouent un rôle majeur dans le Rif, notamment *Quercus coccifera* et *Teucrium fruticans* et sans doute convient-il d'y définir une sous-alliance spéciale, QUERCENION COCCIFERAE précisément caractérisée par ces deux espèces et *Sarothamnus arboreus*.

Dans le Rif, elle occupe une place importante, surtout à l'étage thermo-méditerranéen, mais elle pénètre localement au méso-méditerranéen et se localise en bioclimat humide et sub-humide. Plusieurs associations peuvent y être distinguées.

ERICO ARBOREAE - MYRTETUM COMMUNIS NOVA (TABL. 1)

Cette association occupe à l'horizon inférieur de l'étage thermo-méditerranéen, en bioclimat sub-humide et humide, les substrats schisteux et schisto-gréseux dans la région de Tetouan, de l'Oued Laou et Chaouène entre 0 et 300-400 m. Il s'agit d'un matorral dense haut de 2 à 4 m qui constitue le manteau du RUSCO-HYPOPHYLLI-QUERCETUM COCCIFERAE BENABID, 1984, MYRTETOSUM BENABID, 1984, qui ne s'observe guère bien conservé que dans les zones maraboutiques. Cette association est caractérisée par *Myrtus communis*, *Aristolochia baetica*, *Vicia lecomtei* subsp. *lecomtei* et *Anthyllis gerardi*. *Quercus coccifera*, *Arbutus unedo*, *Sarothamnus arboreus* et *Teucrium fruticans* représentant ici les caractéristiques de l'alliance. Les espèces des QUERCETEA ILICIS sont nombreuses et en particulier divers éléments thermophiles tels que *Olea europea* subsp. *silvestris*, *Chamaerops humilis*, *Pistacia lentiscus*, *Arisarum vulgare*, etc. Les espèces des CISTO-LAVANDULETEA sont surtout représentées par *Cistus ladaniferus*, *Cistus crispus*, *Cistus monspeliensis* et *Cistus salviifolius*.

VARIANTE A LAVANDULA DENTATA (TABL. 2)

Nous regroupons ici des relevés effectués dans l'aire de l'association précédente, mais correspondant à des stades plus avancés de dégradation. La physionomie générale du groupement est donnée par la prédominance de *Lavandula dentata* et de divers *Cistus*. L'analyse floristique montre toutefois que malgré cet aspect, c'est encore à cette association et aux *QUERCETEA ILICIS* (sensu lato) qu'il convient de rapporter ce groupement dont les différentielles ne peuvent être que des transgressives des *CISTO-LAVANDULETEA* et en particulier *Lavandula dentata*, *Cistus monspeliensis* voire *Cistus albidus*.

La dégradation de ce groupement conduit à des cistaies très pauvres en espèces dominées surtout par *Cistus monspeliensis* (cf. infra).

PHILLYREO LATIFOLIAE - QUERCETUM COCCIFERAЕ NOVA (TABL. 3)

Cette association remplace la précédente dans le Rif centro-oriental et correspond à la frange à *Quercus coccifera* s'étendant entre le pays Rhomara et la vallée de l'Oued Nekor, et située entre 500 et 800-900 m. Elle est comprise entre les formations du *CALICOTOMO INTERMEDIAE - TETRACLINETUM BARBERO*, QUEZEL et RIVAS-MARTINEZ, 1981, au-dessous et celles plus alticoles à *Quercus rotundifolia* et *Q. suber* du *TEUCRIO AFRAE - QUERCETUM SUBERIS BARBERO*, BENABID, QUEZEL et RIVAS-MARTINEZ, 1981. Du point de vue altitudinal elle occupe la frange supérieure du thermo-méditerranéen et pénètre localement dans le méso-méditerranéen, en bioclimat sub-humide et toujours sur substrats siliceux. Il s'agit d'un matorral très dense à *Quercus coccifera* dominant, haut de 2 à 5 m dont la signification dynamique est complexe. Coïncé entre les tétraclinaies sous-jacentes semi-arides et les chênaies méso-méditerranéennes, le *PHILLYREO LATIFOLIAE - QUERCETUM COCCIFERAЕ* représente une indiscutable entité qui, dans les conditions actuelles d'utilisation par l'homme paraît constituer localement un élément stable de végétation, dont les stades plus évolués devraient être recherchés dans des marabouts que nous n'avons pas observés dans cette région.

Du point de vue floristique ce groupement est défini essentiellement par les caractéristiques de l'alliance, auxquelles il faut ajouter avec une valeur de différentielles *Brachypodium retusum* et *Neottinea intacta*. Parmi les caractéristiques des *PISTACIO-RHAMNETALIA*, les éléments thermophiles sont peu abondants sauf *Chamaerops humilis* et *Pistacia lentiscus*. Trois sous-associations peuvent être individualisées. Sur ses franges inférieures et sur des substrats plus riches en éléments fins, le contact avec la tétraclinaie s'établit localement par le biais de la sous-association *PHLOMIDETOSUM* caractérisée par *Phlomis caballeri* et *Onobrychis speciosa* où *Tetraclinis* peut apparaître.

Sur ses franges supérieures c'est *Quercus rotundifolia* qui devient localement abondant et qui individualise avec quelques espèces des *QUERCETALIA ILICIS* et du *BALANSAEO-QUERCION*, la sous-association *QUERCETOSUM ROTUNDIFOLIAE* définie en particulier par *Q. rotundifolia*, *Festuca triflora* et *Teucrium pseudo-scorodonia*. Entre ces deux sous-associations, la majorité du groupement correspond à la sous-association type qui n'offre pas de différentielles évidentes.

1.2 - Les groupements de l'alliance *ASPARAGO-RHAMNION OLEOIDIS*, RIVAS-MARTINEZ 1959

La présence de cette alliance, dans sa conception actuelle (RIVAS-MARTINEZ, COSTA et IZCO, 1984) a été confirmée au Maroc septentrional (QUEZEL et BARBERO, 1986) mais les associations qui s'y rattachent restent encore mal connues. En fait, nous y rapportons ici deux groupements du Rif septentrional. Ils correspondent tous deux à des formations à *Quercus coccifera* dominant, qui ne peuvent se rattacher à l'*ERICION ARBOREAE*. Les caractéristiques de l'alliance sont faiblement représentées ; y figurent toutefois *Calicotome villosa*, *Bupleurum gibraltarium*.

ASPARAGO APHYLLI - CALICOTOMETUM VILLOSAE RIVAS-MARTINEZ, 1975 (TABL. 4)

Cette association définie par l'un d'entre nous, du secteur gaditanien, se retrouve dans le Tangérois. Des deux côtés du détroit de Gibraltar elle se situe en bioclimat humide, voire localement sub-humide et à l'étage thermo-méditerranéen supérieur. Toutefois si en Espagne elle est considérée comme silicicole, dans les environs de Tanger elle colonise aussi des substrats marneux, des flyschs voire des substrats calcaires sans doute pauvres en calcium actif. Les relevés dont nous disposons se rattachent soit à cette association du moins pour 3 d'entre eux, soit le plus souvent à des stades de dégradation correspondant à une variante à *Quercus coccifera* où la plupart des caractéristiques ont

disparu. Le groupement marocain correspond à une sous-association particulière caractérisée par *Quercus coccifera* et *Phillyrea latifolia* (sous-association QUERCETOSUM COCCIFERAE). Les caractéristiques de l'alliance sont faiblement représentées à l'exception de *Calicotome villosa* ; *Aristolochia baetica* et *Rhamnus oleoides* subsp. *oleoides* sont toutefois présents. Du point de vue dynamique, elle s'inscrit dans le Tangérois, dans la série du coccifère (RUSCO HYPOPHYLLI - QUERCETUM COCCIFERAE BENABID 1984).

VARIANTE A CISTUS MONSPELIENSIS (TABL. 5)

Comme nous l'avons dit plus haut, un nombre élevé de relevés effectués dans des matorrals bas ou peu élevés (50 - 100 cm en moyenne) et généralement dominés par diverses espèces de *Cistus* sont phytosociologiquement difficiles à interpréter. C'est en particulier vrai pour les formations développées dans la région tingitane mais aussi dans le Rif occidental sur substrats non calcaire en bioclimat humide et sub-humide. Une analyse globale de ces structures de végétation qui occupent pourtant des surfaces considérables s'avère fort décevante et montre très généralement à côté de quelques espèces des CISTO-LAVANDULETEA, une prédominance d'espèces pré-forestières à l'état de rejets bas, et surtout d'espèces herbacées, annuelles essentiellement, ne s'inscrivant pas dans les unités étudiées ici, et dont l'extension est à peu près toujours liée au surpâturage.

Néanmoins, un certain nombre de ces cistaies se rattachent de façon évidente à des associations définies, et c'est en particulier le cas pour celles à *Cistus ladaniferus* (cf. supra) liées dans le Tangérois à la dégradation de l'ERICO SCOPARIAE - STAURACANTHETUM BOIVINI ou encore celles à *Cistus crispus* correspondant dans la région de Chaouène à l'HALIMIO ANGUSTIFOLII - CISTETUM CRISPI. Par contre pour celles à *Cistus monspeliensis*, de loin les plus répandues dans la région, la solution n'est pas évidente.

Si à l'horizon supérieur de l'étage thermoméditerranéen, voire au méso-méditerranéen, elles se rapportent le plus souvent à la dégradation des groupements de l'ERICION ARBOREAE et essentiellement du PHILLYREO-QUERCETUM COCCIFERAE, à des altitudes plus faibles dans la région évoquée ici, comme le montre le tableau n° 5, elles ne peuvent correspondre par contre qu'à des stades de dégradation de l'ASPARAGO-CALICOTOMETUM VILLOSAE. Toutefois ici le substrat joue un rôle évident puisque les relevés effectués sur substrats franchement acides constituent un faciès particulier à *Lavandula stoechas* (rel. 1 à 5), alors que ceux qui proviennent des flyschs marneux ou des grès calcaires individualisent un faciès à *Erica multiflora*.

DIGITALI LACINIATAE - BUXETUM BALEARICAE NOVA (TABL. 6)

Ce groupement apparaît sur le revers septentrional et localement oriental des chaînons du Rif septentrional, notamment sur le Jbel Kelti, mais également plus au sud. Il constitue une ceinture plus ou moins continue située entre 800 et 1100 m soit à l'extrême horizon supérieur de l'étage thermoméditerranéen en bioclimat humide. Il colonise des rocailles calcaires ou calcaréo-dolomitiques compactes fortement lapiazées. *Buxus balearica* est ici l'espèce dominante. Parmi les autres caractéristiques ou différentielles il faut signaler *Digitalis laciniata* ainsi que *Acanthus mollis*, *Ruscus hypophyllum* et *Helleborus foetidus* dans les stations les plus ombragées et en situation plus rupicole, *Juniperus phoenicea* espèce qui n'est jamais fréquente en Afrique du Nord dans ce type de situation. *Quercus coccifera* et *Bupleurum gibraltaricum* sont abondants. Le caractère encore thermophile du groupement est attesté par l'abondance d'*Olea europaea* subsp. *silvestris* et par celle beaucoup plus discrète de *Chamaerops* et de *Prasium majus*.

Si les rocailles dégradées voisines sont occupées par l'ANTHYLLIDO POLYCEPHALAE - STACHIDETUM FONTQUERI, il est difficile d'envisager l'existence, au moins localement, d'un groupement forestier correspondant. Le DIGITALI LACINIATAE - BUXETUM BALEARICAE semble en fait constituer ici un véritable édapho-climax. Un peu plus en altitude s'individualisent par contre le SMILACI MAURITANICAE - QUERCETUM ROTUNDIFOLIAE BARBERO, QUEZEL et RIVAS-MARTINEZ 1981 dans sa sous-association PTILOSTEMONETOSUM TETUANENSE BENABID 1984. Cette association impose une mise en parallèle avec le CNEORO TRICOCCI - BUXETUM BALEARICAE RIVAS-GODAY et RIVAS-MARTINEZ 1969 qui occupe une situation écologique très voisine dans la région nord-orientale de Malaga et dont elle constitue une vicariante très précise.

1.3 - Les groupements et structures se rattachant au TETRACLINI ARTICULATAE - PISTACION ATLANTICAE RIVAS-MARTINEZ, COSTA et IZCO, 1986

Sur le littoral méditerranéen du Rif, en ambiance essentiellement semi-aride se développent diverses structures de végétation, qui se rattachent physiologiquement à des matorrals mais dont l'analyse phytosociologique impose l'intégration aux PISTACION RHAMNETALIA et plus spécialement à l'alliance TETRACLINI - PISTACION ATLANTICAE, caractérisée ici par *Tetraclinis articulata*, *Rhus pentaphylla*, *Periploca angustifolia* et plus spécialement à la sous-alliance CERATONIO - QUERCENION COCCIFERAEE QUEZEL et BARBERO 1986. Nous envisagerons ici d'une part les formations thermo-méditerranéennes du littoral rifain central et le WITHANIO FRUTESCENTIS - OLEETUM SYLVESTRIS de la région d'Al Hoceïma.

1.3.1 - LES FORMATIONS THERMO-MEDITERRANEENNES DU LITTORAL RIFAIN CENTRAL

Entre l'embouchure de l'Oued Laou et le massif calcaire des Bocoya, l'interprétation des matorrals n'est pas aisée. Ils correspondent à l'étage thermo-méditerranéen, à la dégradation le plus souvent du CALICOTOMO INTERMEDIAE - TETRACLINETUM ARTICULATAE, BARBERO, QUEZEL et RIVAS-MARTINEZ, 1981, essentiellement dans le sub-humide supérieur et dans le semi-aride inférieur, mais également à celle du PERIPLOCO-ANGUSTIFOLIAE-TETRACLINETUM ARTICULATAE, BENABID, 1982 dans le semi-aride inférieur et moyen. Ces associations récemment précisées (BENABID 1984, FENNANE 1987) s'observent sur des substrats variés, plus souvent calcaires pour la première toutefois, et leur dégradation conduit à des matorrals pauvres floristiquement.

L'analyse phytosociologique en est délicate. En effet peu d'espèces significatives y apparaissent en particulier au niveau des unités supérieures. L'endémisme rifain sur calcaire y a pratiquement disparu, et les caractéristiques des matorrals plus orientaux de type franchement nord-africains sont très mal représentées. En fait ce sont les espèces des PISTACION-RHAMNETALIA sensu lato qui dominent sinon physiologiquement, du moins en nombre.

VARIANTE A LAVANDULA DENTATA DU CALICOTOMO INTERMEDIAE - TETRACLINETUM (TABL. 7)

Elle est définie par la présence de *Lavandula dentata*, qui ne fait jamais défaut, et aussi par *Cistus monspeliensis* et *Phlomis caballeroi* var. *caballeroi* localement abondants ; les autres espèces de matorral sont peu nombreuses et épisodiques. Par contre, malgré la physiologie générale de matorral, les espèces du CALICOTOMO-TETRACLINETUM sont pratiquement toutes présentes à l'état de rejets abrouttis.

VARIANTE A LAVANDULA DENTATA DU PERIPLOCO LAEVIGATAE-TETRACLINETUM

Comme nous avons pu l'observer sur le terrain, la dégradation de cette association s'effectue le plus souvent dans des conditions analogues, même si localement peut apparaître le SALVIO AEGYPTIACAEE - THYMETUM GLANDULOSI (cf. infra). Le bioclimat semi-aride accusé exclut le plus souvent *Erica multiflora*, *Cistus monspeliensis* et *C. albidus*. Les différentielles sont essentiellement *Lavandula dentata*, *Micromeria inodora* et *Genista tricuspidata* subsp. *durieui*. Le cortège constitué par les espèces de matorral est ici un peu plus important et *Periploca laevigata* est relativement fréquent. Signalons que le PERIPLOCO-TETRACLINETUM est sans doute plus à sa place dans l'alliance envisagée ici que dans l'ASPARAGO-RHAMNION comme cela avait été envisagé (QUEZEL et BARBERO 1986).

1.3.2 - CALICOTOMO INTERMEDIAE - OLEETUM SYLVESTRIS NOVA (TABL. 8)

Cette association dominée par *Olea*, actuellement cantonnée dans les zones maraboutiques, représente un groupement préforestier résiduel très particulier présent sur divers types de substrats à l'étage thermo-méditerranéen inférieur et moyen en bioclimat semi aride accusé, voire aride (précipitations inférieures à 350 mm) variantes chaude et tempérée, dans les régions littorales du Maroc Oriental. Il s'étend vers l'ouest jusque dans la région d'Al Hoceïma. Il est le vicariant local du PHILLYREO LATIFOLIAE - OLEETUM SYLVESTRIS, BARBERO, QUEZEL et RIVAS-MARTINEZ 1981 du revers occidental du Plateau Central. Le bio-climat ici nettement plus chaud et plus sec élimine les espèces les plus exigeantes et permet le développement d'éléments thermophiles tels que *Withania frutescens*,

Lycium intricatum et *Arisarum simorrhinum*. *Calicotome intermedia* y joue également un rôle très important. Nous le caractérisons par *Calicotome intermedia*, *Olea europea* subsp. *sylvestris*, *Arisarum simorrhinum*, *Lycium intricatum*, *Asparagus altissimus* et *Withania frutescens*. L'abondance relative de *Tetraclinis* et de *Rhus pentaphylla* permet de l'intégrer à l'alliance étudiée ici, et à la sous-alliance essentiellement nord-est marocaine CERATONIO-QUERCENION COCCIFERAE QUEZEL et BARBERO 1986. Cette association représente localement le groupement climacique, cédant la place lorsque les précipitations s'élèvent au CALICOTOMO INTERMEDIAE - TETRACLINETUM BARBERO, QUEZEL et RIVAS-MARTINEZ 1981. Ses stades de dégradation n'ont pu être étudiés pour l'instant.

1.4 - Les groupements de l'alliance JUNIPERION LYCIAE RIVAS-MARTINEZ 1975 (TABL. 9)

Ils ont déjà été signalés au Maroc septentrional où en 1981 (BARBERO, QUEZEL et RIVAS-MARTINEZ) nous avons individualisé le PINO PINASTRI - JUNIPERETUM LYCIAE sur les grès de Punta Seres, et indiqué à la suite d'ATBIB (1988) l'existence d'un CLEMATIDI CIRRHOSAE - JUNIPERETUM LYCIAE sur les dunes littorales de la région de Media. Les relevés dont nous disposons nous permettent à l'heure actuelle de mieux définir sur le plan phytosociologique le CLEMATIDI-JUNIPERETUM caractéristique des dunes fixes littorales du Maroc septentrional océanique, mais qui se retrouve également sur le revers méditerranéen de la presqu'île tingitane. Les règles de la nomenclature imposent de retenir pour cette association qui n'a pas été valablement définie, le nom de CLEMATIDI CIRRHOSAE - JUNIPERETUM TURBINATAE.

Sur le littoral méditerranéen, les dunes de la région de Saïdia hébergent une association différente que nous avons pu étudier en 1980 et que nous décrivons brièvement ici sous le nom de RHAMNO ROTUNDIFOLII - JUNIPERETUM TURBINATAE et dont les caractéristiques sont *Rhamnus oleoides* subsp. *rotundifolia*, *Juniperus phoenicea* subsp. *turbinata* et *Ephedra fragilis*. Ce groupement bien que ne provenant pas de la région étudiée ici, a été étudié à titre comparatif. Moins nitrophile que le précédent où, du moins dans nos relevés, *Urtica caudata* et *Parietaria mauritanica* jouent un rôle important, il montre également un enrichissement notable en espèces des QUERCETEA ILICIS sans doute lié à une moins grande proximité de la mer.

1.5 - CYTISO BARBARI - ONONIDETUM SPECIOSAE NOVA (TABL. 10)

Les groupements de marges forestières à Légumineuses arbustives, le plus souvent Génistées, sont encore très mal connus au Maroc. Dans le Rif centro-oriental à la frange inférieure de l'étage mésoméditerranéen et sur des flyschs le plus souvent, s'observe épisodiquement malgré l'état d'extrême dégradation de la végétation, une formation dominée par *Ononis speciosa* et plus rarement *Cytisus grandiflorus* subsp. *barbarus* que nous décrivons ici. Elle s'inscrit dans une série à *Quercus rotundifolia* (BALANSSEO GLABERRIMAE - QUERCETUM ROTUNDIFOLIAE, BARBERO, BENABID, QUEZEL et RIVAS-MARTINEZ 1981) en bioclimat sub-humide. La nature du substrat favorise les conifères et *Pinus pinaster* subsp. *maghrebiana*, *Tetraclinis articulata* ou *Pinus halepensis* sont localement fréquents. Définie par les deux espèces permettant de la nommer cette association appartient aux PISTACIO-RHAMNETALIA. Son intégration dans une alliance est pour l'instant difficile (cf. QUEZEL et BARBERO, 1986). Dans le cortège apparaissent un certain nombre d'espèces de matorral ; seuls *Cistus albidus*, *Anthyllis cytisoides*, *Ulex baeticus* voire *Cistus atlanticus* sont relativement abondants. Signalons que plus en altitude, ce groupement est relayé dans le massif siliceux, à partir de 1200 m environ par le CYTISSETUM MEGALANTHI DEIL 1984.

II - LES GROUPEMENTS DE MATORRAL

Dans le Rif, les matorrals qui occupent des superficies considérables, présentent des structures floristiques et phytosociologiques très diversifiées. En effet, à côté des formations évoquées dans le chapitre précédent, il est possible de rattacher à trois classes la majeure partie des groupements étudiés ici. Il s'agit des CALLUNO-ULICETEA, des CISTO-LAVANDULETEA et des ONONIDO-ROSMARINETEA. En fait comme nous le verrons, les structures floristiquement bien définies sont relativement rares en raison d'une dégradation intense du milieu. Dans ces conditions, si l'on peut décrire malgré tout un certain nombre d'associations, bien souvent l'on a affaire à des formations dominées par un petit nombre d'espèces, *Cistus* en général, dont l'analyse phytosociologique reste délicate. Elles correspondent le plus souvent comme nous l'avons indiqué plus haut à des stades de dégradation avancés liés à l'action de l'homme ou du feu, souvent d'origine anthropique d'ailleurs. S'il est parfois

possible de les rapporter encore à des unités phytosociologiques décrites ici, ce n'est pas toujours le cas, et un nombre assez élevé des relevés n'a pu être utilisé dans ce travail. Il conviendra d'envisager à l'échelon nord-marocain tout au moins, l'étude de ces structures, où à côté d'un nombre très réduit de chaméphytes liés aux matorrals, et parfois physionomiquement dominants, se développe un nombre très élevé d'espèces herbacées, annuelles le plus souvent, qu'il n'est pas possible ici de prendre en compte dans l'interprétation phytosociologique.

2.1 - Les groupements appartenant à la classe des CALLUNO-ULICETEA Br.-Bl. et Tx. 1943

Au Maroc septentrional et plus spécialement dans le Tangérois, divers groupements peuvent être rattachés à cette classe dont la signification en Europe atlantique et en particulier dans la péninsule ibérique a été précisée par RIVAS-MARTINEZ (1979). Toutefois au Maroc sa représentation est limitée et elle reste cantonnée dans le Tangérois et très localement, le plus souvent en fonction de critères stationnels sur le littoral atlantique septentrional ainsi que sur les chainons très arrosés du Rif occidental. Les associations peuvent se rattacher à deux alliances, l'ERICION UMBELLATAE Br.-Bl., P. SILVA, ROZEIRA et FONTES, 1952 et le GENISTION MICRANTHO-ANGLICAE, RIVAS-MARTINEZ 1979.

Sur le plan floristique, un nombre relativement important d'espèces normalement inféodées à cette classe existe au Maroc septentrional ; toutefois ce n'est que très localement qu'elles individualisent des structures phytosociologiques se rattachant aux CALLUNO-ULICETEA. Souvent, ces espèces réapparaissent dans des formations végétales appartenant plutôt aux CISTO-LAVANDULETEA et en particulier comme nous le verrons, aux HALIMIETALIA RIPHAEO-ATLANTICAE. Il faut reconnaître que dans certains cas, comme l'avait indiqué DEIL (1984), la solution n'est pas évidente, et les résultats fournis ici ne peuvent être considérés que comme provisoires. Ceci est d'autant plus vrai que d'assez nombreuses espèces sud-ibériques caractéristiques de cette classe (sensu lato) ont été indiquées dans le Tangérois où plusieurs ont été retrouvées mais beaucoup cependant paraissent y être très localisées et ne figurent pas dans nos relevés.

En fait, au Maroc septentrional la répartition actuelle de *Calluna vulgaris* et celle de *Erica scoparia* permet de définir assez exactement l'extension des groupements se rattachant plus spécialement à l'ERICION UMBELLATAE.

2.1.1 - LES GROUPEMENTS DE L'ERICION UMBELLATAE Br.-Bl., P. DA SILVA, ROZEIRA et FONTES 1952

Dans le Tangérois, les matorrals de basse altitude sont caractérisés par un nombre relativement élevé d'espèces caractéristiques des CALLUNO-ULICETEA (ALIA) et notamment par *Calluna vulgaris*, *Erica scoparia*, *Agrostis setacea*, *Lithodora lusitanica*, mais également par quelques caractéristiques de l'ERICION UMBELLATAE : *Erica umbellata*, *Drosophyllum lusitanicum*, *Genista tridentata* subsp. *tridentata*, *Thymelaea villosa* mais aussi des sous-alliances ERICENION UMBELLATAE, Rivas-Martinez 1979 (*Erica australis*, *Genista triacanthos*, *Halimium lasianthum* subsp. *lasianthum*) et STAURACANTHENION BOIVINI RIVAS-MARTINEZ 1979 (*Bupleurum foliosum*, *Stauracanthus boivini*, *Genista tridens*).

L'appartenance des groupements marocains au niveau de la sous-alliance n'est donc pas évidente, d'autant que très peu d'espèces endémiques y apparaissent.

L'un d'entre nous (RIVAS-MARTINEZ 1979) avait toutefois intégré ces formations du Tangérois à la dernière de ces sous-alliances en raison en particulier de l'abondance de *Stauracanthus boivini* subsp. *boivini*. C'est la position que nous adopterons ici. Trois associations sont pour l'instant définies.

ERICO SCOPARIAE - STAURACANTHETUM BOIVINI NOVA (TABL. 11)

Les matorrals sur substrats siliceux du Tangérois sont d'interprétation phytosociologique délicate, du moins en l'état actuel de nos connaissances. Nos relevés permettent toutefois d'y définir un groupement assez hétérogène se rattachant aux CALLUNO-ULICETEA. Il colonise au thermo-méditerranéen perhumide surtout, la majeure partie de la presqu'île tingitane, où il constitue un stade de dégradation des formations du PHILLYREO-QUERCETUM FRUTICOSAE, BARBERO, QUEZEL et RIVAS-MARTINEZ 1981 appartenant à l'alliance QUERCION FRUTICOSAE, BARBERO, QUEZEL et RIVAS-MARTINEZ 1981. Les rapports entre ces deux groupements sont évidents et mériteront d'être précisés. Cette association à recouvrement élevé en raison des critères climatiques surtout, peut être caractérisée par un certain nombre d'espèces largement préférentielles et qui s'en écartent fort peu. C'est le cas en particulier pour *Erica scoparia*, *Calluna vulgaris*, *Halimium lasianthum*, subsp. *lasianthum*, *Halimium lasiocalycinum*

subsp. *lasiocalycinum*, *Genista triacanthos*, *Genista tridentata* subsp. *tridentata*, *Genista tridens*, *Halimium ocymoides*. Beaucoup de ces espèces sont rares voire très rares, et nous avons préféré retenir *Stauracanthus boivini* transgressif de l'alliance pour nommer ce groupement. Remarquons que seul parmi les caractéristiques, *Halimium lasiocalycinum* subsp. *lasiocalycinum* ne se retrouve pas de l'autre côté du détroit.

L'ERICO SCOPARIAE - STAURACANTHETUM BOIVINI présente des affinités évidentes avec le GENISTO TRIDENTATIS - STAURACANTHETUM BOIVINI RIVAS-MARTINEZ 1979 qui colonise la région d'Algésiras, mais qui est floristiquement beaucoup plus pauvre que le groupement du Tangérois où de nombreuses espèces des CISTO-LAVANDULETEA jouent un rôle important et soulignent le dynamisme de cette unité en Afrique du Nord.

Nos relevés ont été rangés par ordre décroissant de richesse floristique et les derniers correspondent à des stades de dégradation évidents dominés par *Cistus ladaniferus* s'installant sur des sols superficiels. De même, les caractéristiques des CALLUNO-ULICETEA (sensu lato) disparaissent progressivement dans ces milieux, mais restent de toutes façons très éparses.

STAURACANTHO BOIVINI - DROSOPHYLLETUM LUSITANICAE NOVA (TABL. 12)

Ce groupement rare en Tingitanie, réapparaît avec une composition floristique pratiquement analogue dans la région d'Algésiras-Gibraltar. Il colonise des substrats rocaillieux, peu inclinés, en général des dalles gréseuses et représente un groupement permanent s'installant au Maroc dans l'aire de l'association précédente. Toujours localisé, nous avons pu suivre l'évolution des populations de la région de Fnidag depuis plus de 15 ans sans que l'on constate de modifications apparentes. Il est caractérisé par *Drosophyllum lusitanicum* et par *Stauracanthus boivini* subsp. *boivini* à titre de transgressive de l'alliance. Seul *Erica umbellata* apparaît parmi les autres caractéristiques des CALLUNO-ULICETEA.

ERICO UMBELLATAE - HALIMIETUM MULTIFLORI NOVA (TABL. 13)

Cette association colonise les substrats sablonneux riches en silice avec un humus de type mor dans la forêt de Larache et d'Arbaoua où elle est relativement fréquente ; elle doit se retrouver dans des situations analogues dans le Tangérois. Elle répond à la dégradation sur sables du MYRTO-QUERCETUM SUBERIS BARBERO, BENABID, QUEZEL et RIVAS-MARTINEZ 1981, RUSCETOSUM BENABID 1984 en bioclimat subhumide chaud ou tempéré.

Les caractéristiques sont *Halimium halimifolium* subsp. *multiflorum*, *Erica umbellata* et *Calluna vulgaris*. Les deux dernières espèces sont des caractéristiques des CALLUNO-ULICETEA du Tangérois dont elles représentent les ultimes irradiations méridionales. Les caractéristiques des CISTO-LAVANDULETEA sont elles aussi très peu nombreuses et le cortège floristique est constitué surtout par des vestiges des QUERCETEA ILICIS ou encore des thérophytes sans signification ici.

2.1.2 - Alliance GENISTION MICRANTHO - ANGLICAE RIVAS-MARTINEZ 1979 (TABL. 14)

Dans le Tangérois et jusque dans la forêt de Larache vers le sud, en bordure des tourbières peut apparaître très localement un groupement dominé par *Erica ciliaris* et *Genista anglica* qui constitue au Maroc une relique très remarquable de la végétation de type atlantique. Floristiquement très pauvre et relativement hétérogène, ce qui souligne son caractère résiduel, son interprétation phytosociologique est délicate du moins tant que nous ne disposons pas de renseignements complémentaires à son sujet. Faute de mieux nous le rapporterons pour l'instant à l'alliance essentiellement sud-ibérique GENISTION MICRANTHO-ANGLICAE bien que ses caractéristiques n'apparaissent pas ici. En fait cette association ne peut être pour l'instant caractérisée que par les deux espèces servant à la nommer : *Genista anglica* et *Erica ciliaris* (GENISTO ANGLICAE - ERICETUM CILIARIS). Diverses espèces hygrophiles y apparaissent mais appartiennent en fait à des structures phytosociologiques différentes. *Potentilla erecta* est toutefois constante et peut être considérée comme différentielle de ce groupement.

Les 6 relevés dont nous disposons, par la liste de leurs compagnes peuvent se diviser en deux ensembles, l'un plus franchement hygrophile avec *Anagallis crassifolia*, *Agrostis* ssp., *Heleocharis multiculmis*, *Sphagnum* sp. et diverses espèces de l'ISOETION ; *Osmunda regalis* subsp. *plumieri* y est également plus fréquent. Le second montre *Erica scoparia*, *Pteridium aquilinum*, *Calluna vulgaris*.

Le GENISTO ANGLICAE-ERICETUM CILIARIS offre sans doute ses plus grandes affinités avec l'ERICO CILIARIS - ULICETUM LUSITANICI RIVAS-MARTINEZ, COSTA, CASTROVIEJO et VALDES 1980 décrit dans la région de la Donana. Il existe par contre (non publié) également aux environs de Cadix où *Anagallis tenella* remplace toutefois *A. crassifolia*.

2.2 - LES MATORRALS SE RAPPORTANT A LA CLASSE DES CISTO-LAVANDULETEA Br.-Bl. (1940) 1952

L'interprétation des matorrals sur silice dans la région rifaine pose de nombreux problèmes. En effet, si en altitude apparaît un grand nombre de taxa qui permet de définir là un ordre endémique, à des altitudes plus faibles la situation est totalement différente. En effet, si dans le Tangérois s'observent bien plusieurs espèces significatives, pour la plupart communes au sud de la péninsule ibérique, celles-ci s'intègrent dans des groupements déjà évoqués et appartenant aux CALLUNO-ULICETEA Br.-Bl. et Tx 1943. Dans ce cas se sont seulement des formations très appauvries à *Cistus* dominants dérivant de ces formations qui pourraient à la rigueur se rattacher à la classe envisagée ici, mais ces formations sont pratiquement impossibles à définir au sens phytosociologique du terme. En effet, nous nous heurtons ici à un des problèmes majeurs en Afrique du Nord : la surutilisation humaine soit directe, soit par le biais d'un pâturage excessif. Si l'on ajoute encore le passage périodique du feu allumé le plus souvent à des fins pastorales toute analyse phytosociologique précise tient de la gageure. On se trouve en effet en face de deux types de situations principales :

- les vraies formations de matorral ont cédé la place à des cistaies le plus souvent, envahies par une importante flore de thérophytes, où les espèces significatives ne dépassent pas la dizaine,
- beaucoup de formations préforestières, à la suite de coupes intensives présentent une physionomie classique de matorral, mais l'analyse montre que les recépages des ligneux hauts et des ligneux bas appartenant aux QUERCETEA ILICIS dominent, même si elles sont localement envahies par quelques espèces de matorral.

Signalons encore que dès que l'on atteint le bioclimat semi-aride, la distinction entre les classes des CISTO-LAVANDULETEA et des ONONIDO-ROSMARINETEA n'est pas évidente, les représentants de la première ayant tendance à céder la place à ceux de la seconde d'une façon quasi complète.

Dans la région que nous étudions ici, nous serons amenés à envisager uniquement les formations d'altitude que nous rattachons à l'ordre nouveau des HALIMIETEA RIPHAEO - ATLANTICI. Pour les formations de basse altitude qui paraissent se rattacher aux CISTO-LAVANDULETALIA Br.-Bl. (1940) 1952, nous ne pourrions qu'évoquer dans ce travail un certain nombre de structures de végétation dont l'interprétation définitive reste pratiquement impossible, du moins tant que nous ne disposerons pas de données sur l'ensemble du Maroc voire de l'Afrique du Nord.

Le plus souvent, nous nous trouvons en présence de matorral, au moins du point de vue physionomique, dominés par des espèces forestières ou pré-forestières. Nous nous limiterons alors à définir des variantes, en fonction de la ou des espèces dominantes, au sein de groupements pré-forestiers déjà définis (BARBERO, BENABID, QUEZEL et RIVAS-MARTINEZ, 1981). Il est toutefois possible d'indiquer que les groupements et les alliances définis en Espagne méridionale pour des structures homologues de végétation, ne réapparaissent pas ici, qu'il s'agisse de l'ULICI ARGENTEI - CISTION LADANIFERI (Br.-Bl., 1940), P. SILVA et ROZEIRA, 1964, ou du STAURACANTHO GENISTOIDIS - HALIMION HALIMIFOLII RIVAS-MARTINEZ, 1979, puisque les caractéristiques significatives de ces unités font défaut dans le Rif.

2.2.1 - LES MATORRALS DES HALIMIETALIA RIPHAEO-ATLANTICI Ord. nov.

A partir de 1300-1400 m environ, c'est-à-dire à partir de l'étage supra-méditerranéen (méditerranéen supérieur inclus), les matorrals rifains sur substrat siliceux offrent des caractères très particuliers. Relativement étendus et encore le plus souvent en bon état, leur étude n'a été abordée qu'en 1984 par BENABID et par DEIL, ce dernier auteur ayant défini à cette occasion un certain nombre d'associations sur lesquelles nous aurons à revenir.

Ces matorrals occupent l'ensemble de la haute chaîne siliceuses centrale depuis la région de Bab Taza jusqu'à l'est du Tidirhine (Tizi Ifri) mais apparaissent également sur la nappe numidienne notamment au Bou Hachem et sur les massifs annexe. Nous ne reviendrons pas sur l'interprétation géologique de cette région actuellement bien connue (MAURER, 1968), d'autant que l'ensemble de cette zone constituée par des roches acides peut être interprétée globalement du point de vue

phytosociologique sans que les diverses unités qui y sont définies, paraissent jouer un rôle important dans l'organisation des groupements végétaux.

L'analyse de nos relevés permet de proposer, pour réunir l'ensemble des structures de végétation qui y seront définies, la création d'un ordre endémique se rattachant aux CISTO-LAVANDULETEA. Il s'agit de l'ordre des HALIMIETALIA RIPHAEO-ATLANTICI dont les caractéristiques sont :

Halimium lasiocalycinum subsp. *riphaeum*,
Halimium atlanticum,
Halimium lasiocalycinum *riphaeum* x *H. atlanticum*,
Teucrium salviastrum subsp. *afrum*,
Polygala baetica subsp. *sennenii*.

Cet ordre rifain doit à son tour être subdivisé en deux alliances. La première la plus occidentale occupe les portions de la chaîne les plus arrosées et directement soumises aux influences océaniques ; elle colonise les sommets de la dorsale numidienne occidentale.

Il s'agit de l'ERICO RIPHAEE - CISTION VARIII NOVA caractérisé par les espèces suivantes : *Erica australis* subsp. *riphaea*, sous espèce endémique locale proche de la subsp. *aragonensis*, *Cistus varius* qui ne présente nulle part ailleurs en Afrique du Nord une fréquence comparable, *Genista tridentata* subsp. *gomarica*, *Halimium lasiocalycinum* subsp. *lasiocalycinum*, var. *angustifolium*, et à titre de différentielle *Cistus populifolius* subsp. *major*.

La seconde occupe les zones plus internes depuis Bab Taza jusque dans la région de Tizi Ifri. Cette alliance a déjà été définie, avec une compréhension un peu différente de la notre par DEIL en 1984 sous le nom d'HALIMIO-CISTION ATLANTICAE avec comme caractéristiques, *Cistus laurifolius* var. *atlanticus*, *Genistella tridentata* subsp. *riphaea*, *Halimium lasiocalycinum* subsp. *riphaeum*, *Halimium alyssoides* subsp. *atlanticum*, les autres espèces citées se rattachant plutôt comme caractéristiques à un ordre qui n'est pas défini par cet auteur.

Nous proposons pour notre part comme caractéristiques les espèces suivantes :

Cistus atlanticus et x *C. nigricans*
Genista quadriflora
Genista tridentata subsp. *riphaea*
Stauracanthus boivini var. *tazzensis*
Thymus riatarum
Teucrium oxylepis var. *rifanum*
Convolvulus dryadum
Jasione humilis var. *cedretorum*
Leucanthemopsis longipectinatum
Galium rifanum

L'alliance décrite par DEIL l'ayant été selon des règles phytosociologiques exactes, par priorité son nom doit être retenu.

2.2.1.1 - Alliance ERICO RIPHAEE - CISTION VARIII NOVA

L'alliance occidentale est relativement complexe ; elle comprend pour l'instant 3 associations qui se localisent sur les grès numidiens. Du point de vue floristique ces diverses unités sont bien tranchées, même si les caractéristiques d'alliance sont localement peu nombreuses. Soulignons qu'apparaissent à son niveau, un certain nombre d'espèces qui confirment ses affinités avec les groupements du sud de l'Espagne appartenant aux CALLUNO-ULICETEA Br.-Bl. et Tx 1943 et à l'ERICION UMBELLATAE Br.-Bl., P. SILVA et ROZEIRA, 1964 sensu lato, et notamment *Erica umbellata*, *Thymelaea villosa*, mais leur rôle reste discret, contrairement à ce qui se passe dans certaines zones plus littorales du Tangérois, et elles deviennent ici caractéristiques transgressives d'association. Par ailleurs, les caractéristiques de l'ordre défini ci-dessus sont toujours présentes au moins dans certaines associations.

CISTO POPULIFOLIO - VARIII NOVA (TABL. 15)

C'est l'association qui occupe la majeure partie des chaînes numidiennes occidentales. Nous avons pu l'étudier sur le Jbel Sougna où à la suite de mise en place récente de reboisement importants elle a été fortement perturbée, et surtout sur le Bou Hachem. Elle constitue le stade de dégradation de

formations caducifoliées souvent très malmenées et même presque totalement décimées lors du protectorat espagnol, qui correspondent au *CYTISO TRIFLORI - QUERCETUM CANARIENSIS* BENABID, 1984 et qui occupent essentiellement l'étage supra-méditerranéen mais aussi l'horizon supérieur du méso-méditerranéen, en bioclimat per-humide.

Les espèces caractéristiques sont, à l'exception d'*Erica riphaea*, essentiellement celles que nous avons choisies pour définir l'alliance, qui offrent ici un développement optimal pour l'ensemble du Rif ; il faut y adjoindre *Arenaria montana*. Deux sous-associations peuvent être individualisées. Le moins alticole correspond aux stades de dégradation de la sous-association *QUERCETOSUM CANARIENSE* BENABID, 1984 et est floristiquement la plus riche. Les différentielles en sont *Teucrium afrum*, *Bupleurum foliosum*, *Genista tridentata* subsp. *gomarica*, *Serratula cichoracea*, *Cytisus monspessulanus* var. *kuntzeanus* et *Jasione montana*. *Quercus canariensis* et *Quercus suber* y sont fréquents. Elle se situe en ambiance méso-méditerranéenne évidente et s'étend entre 900 et 1300 m environ.

La sous-association *HALIMIETOSUM VISCOSI* correspond plus particulièrement à des stades de dégradation de la sous-association *QUERCETOSUM PYRENAICAE* BENABID 1984 du *CYTISO TRIFLORI - QUERCETUM CANARIENSIS* BENABID 1984 ; elle est floristiquement moins riche et ne possède pas de différentielles évidentes si ce n'est *Halimium viscosum* et *Arenaria pomelii*, dont la valeur est peut-être discutable ; *Quercus pyrenaica* est abondant surtout sous forme de rejets. Elle occupe des substrats plus superficiels, souvent à des altitudes dépassant 1400 m et s'élève localement à 1600 m. Elle correspond à l'étage supra-méditerranéen.

ERICO RIPHAEO - UMBELLATAE NOVA (TABL. 16)

Cette association se situe dans le même cadre géographique que la précédente. Elle occupe surtout le plateau culminant asylvatique du Bou Hachem vers 1600-1700 m, où elle colonise des sols gréseux arénacés à tendance podzolique nette, mais apparaît aussi sur des replats humides sur les revers du J. Sougna et Bou Hachem où elle colonise alors des surfaces exigües. Il s'agit d'une lande à *Erica* typique, très dense, haute de 20 à 50 cm, floristiquement pauvre et qui rappelle physionomiquement diverses associations ibériques de l'*ERICION UMBELLATAE*. Toutefois, par son cortège floristique elle ne peut être intégrée à cette alliance, même si *Thymelea microphylla* en constitue la troisième caractéristique. En effet, les caractéristiques de l'*ERICO-CISTION VARI* et des *HALIMIETALIA RIPHAEO-ATLANTICAE* sont largement présentes, et rien n'empêche sur le plan floristique, malgré d'indiscutables homologues physionomiques et écologiques avec l'*ERICION UMBELLATAE*, de la rattacher à ces unités. Elle appartient à l'étage supra-méditerranéen per-humide et répond à des critères écologiques qui semblent exclure l'installation à son niveau de structures forestières.

HALIMIO ANGUSTIFOLII - CISTETUM CRISPI NOVA (TABL. 17)

Ce groupement qui occupe des superficies assez importantes sur le Piémont oriental de la chaîne numidienne, en particulier dans la cuvette de Chaouën, constitue un stade de dégradation local du *MYRTO - QUERCETUM SUBERIS BARBERO*, BENABID, QUEZEL et RIVAS-MARTINEZ 1981 en ambiance thermo-méditerranéenne supérieure humide. Floristiquement très appauvri par un pâturage excessif, il est toutefois possible de le caractériser par *Halimium lasiocalycinum* subsp. *lasiocalycinum* var. *angustifolium*, *Ulex borgiae* et *Cistus crispus* toujours abondant. Les caractéristiques des unités supérieures sont peu fréquentes mais *Genista quadriflora*, *Erica australis* subsp. *riphaea*, voire *Erica umbellata* sont toutefois présents. Bien que cette position soit discutable, nous rattachons ce groupement à l'*ERICO RIPHAEO - CISTION VARI* en raison de l'abondance de *Halimium lasiocalycinum* var. *angustifolium*. *Cistus monspelliensis* est presque toujours présent. La dégradation plus poussée de cette association conduit à des matorrals à *Cistus crispus* et *Cistus salviifolius*, où les espèces significatives ont disparu (variante à *Cistus salviifolius*).

Remarquons enfin que les caractéristiques des unités supérieures n'apparaissent guère que sur les franges altitudinales les plus élevées, les *Erica* et *Ulex* sur grès numidiens et *Genista* sur substrats plus compacts dans le sud-est de la cuvette de Chaouën.

2.2.1.2 - Alliance HALIMIO ATLANTICAE - CISTION ATLANTICI DEIL 1984

Elle remplace la précédente sur la chaîne faitière du Rif à partir des environs de Bab Taza et s'étend jusque sur la portion la plus orientale de la chaîne. Il est possible d'y reconnaître d'une

part deux associations déjà décrites par DEIL (1984), le CISTO ATLANTICI (LAURIFOLII) - GENISTETUM QUADRIFLORAE et le GENISTELLO TRIDENTATAE - TEUCRIETUM OXYLEPIDI. Par contre, les deux autres associations définies par cet auteur au sein de cette alliance restent à notre avis très discutables. Le CYTISSETUM MEGALANTHAE caractérisé par la seule espèce ayant servi à le définir, correspond en fait à un groupement de lisière forestière comme le montre le simple examen du tableau 7 publié par cet auteur et doit donc être intégré à un autre complexe d'unités phytosociologiques ; l'HALIMIO ATLANTICAE - STAURACANTHETUM BOIVINII ensuite, défini lui aussi par seulement *Stauracanthus*, correspond de toute évidence à des relevés centrés sur cette espèce et se rattachant à diverses associations en fonction de l'altitude et en particulier pour certains relevés au STAURACANTHO TAZZENSIS - ERICETUM RIPHAEAE décrit ci-dessous (rel. 10 et 11).

Par contre, il convient d'intégrer à cette alliance, trois associations nouvelles : tout d'abord, précisément le STAURACANTHO TAZZENSIS - ERICETUM RIPHAEAE localisé sur la portion occidentale de la chaîne, l'HALIMIO VISCOSI - LAVANDULETUM PEDUNCULATAE de la région de Ketama et le GENISTO ERIOCLADAE - CISTETUM LADANIFERI de la partie la plus orientale de la chaîne.

STAURACANTHO TAZZENSIS - ERICETUM RIPHAEAE NOVA (TABL. 18)

Les crêtes et les zones déboisées de l'axe siliceux rifain depuis la région de Bab Berred jusqu'aux environs de Ketama sont occupées par cette association floristiquement très riche qui s'étend entre 1300 et 1600 m environ sur la frange supérieure de l'étage méso-méditerranéen et à l'étage supra-méditerranéen. Elle entre en contact avec la Cédraie sur ses marges supérieures. Elle répond dans son ensemble à des stades de dégradation du TEUCRIO AFRAE - QUERCETUM SUBERIS BARBERO, BENABID, QUEZEL et RIVAS-MARTINEZ 1981, surtout dans son horizon inférieur et du CYTISO TRIFLORI - QUERCETUM PYRENAICAE BENABID 1984, plus haut. En fait, deux sous-associations s'individualisent respectivement pour chacune de ces situations. Dans son ensemble par contre elle doit s'intégrer en bioclimat humide en raison de la chute progressive des précipitations vers l'est. Elle colonise des sols assez profonds ou profonds, laissant la place sur sols superficiels à la sous-association CISTETOSUM ALBIDI du CISTO ATLANTICI - GENISTETUM QUADRIFLORAE.

Elle est caractérisée du point de vue floristique par *Stauracanthus boivini* subsp. *tazzensis*, *Erica australis* subsp. *riphaea*, transgressif de l'alliance précédente, *Polygala baetica* var. *sennenii* et *Avenula sulcata* transgressive des formations forestières voisines, mais toujours très bien représentée ici. La sous-association CISTETOSUM ATLANTICI se localise sur des substrats superficiels, surtout aux altitudes inférieures ; floristiquement en dehors de la présence de *Cistus atlanticus* et de *Cistus crispus*, elle ne présente pas de différentielles évidentes. La sous-association FESTUCETOSUM DURANDOI liée à la dégradation des formations à *Quercus pyrenaica* possède par contre en propre *Festuca durandoi*, *Linum narbonense* var. *villarlanum* et *Bupleurum foliosum*. A son niveau *Thymus riatarum* offre également une présence plus élevée.

CISTO ATLANTICI - GENISTETUM QUADRIFLORAE DEIL 1984 (TABL. 19)

Cette association initialement définie par l'un de nous sous le nom d'HALIMIO ATLANTICAE - GENISTETUM QUADRIFLORAE BENABID 1982, sur uniquement deux relevés, a été valablement décrite sur le plan phytosociologique par DEIL (1984) qui l'a étudiée avec minutie essentiellement dans la partie orientale de son aire. Les relevés que nous avons effectués ne modifient pas beaucoup les résultats de cet auteur. Indiquons que cette association est très répandue sur le massif du Tidirhine et s'étend vers l'est jusque vers Tizi Ifri. Elle correspond essentiellement à la dégradation des forêts de cèdre constituées ici par le LUZULO FORSTERI - CEDRETUM ATLANTICAE BARBERO, M'HIRIT, QUEZEL et RIVAS-MARTINEZ 1981 (inclus le LETHARIO-CEDRETUM DEIL 1984, qui ne constitue sur le plan phytosociologique qu'un faciès dégradé de ce groupement) (M'HIRIT, 1982) et colonise essentiellement le montagnard méditerranéen, mais aussi localement le supra-méditerranéen entre 1500 (1300) et 2200 m, à toutes expositions et en bioclimat humide voire sub-humide dans la portion sud-orientale de son aire surtout. Elle est caractérisée par les deux espèces ayant servi à la définir ainsi que selon DEIL par *Carlina hispanica* = *C. corymbosa*. En fait, comme l'a indiqué cet auteur, ce groupement varie beaucoup sur le plan floristique et s'appauvrit considérablement d'ouest en est certainement en raison de la diminution des précipitations, ce qui lui a permis d'y reconnaître diverses sous-associations et en particulier les sous-associations THYMETOSUM RIATARI, SCORZONERETOSUM PYGMAEAE et ERICETOSUM ARBOREAE.

La sous-association THYMETOSUM définie par DEIL sur le Jbel Ertz occupe en fait surtout la chaîne du Tidirhine où ses différentielles sont *Thymus riatarum*, *Teucrium oxylepis* var. *rifanum*, *Leucanthemopsis longipectinatum*, *Genista tridentata* subsp. *riphaea* et *Galium rifanum*. Elle représente l'aspect le plus riche du point de vue floristique puisque les espèces ci-dessus sont précisément localement des caractéristiques d'alliance, qui font défaut en particulier dans la sous-association ERICETOSUM DEIL, 1984, ainsi que dans la sous-association CISTETOSUM LADANIFERI que nous décrivons ici et qui correspond à un aspect particulièrement thermophile du groupement, présent surtout à faible altitude et en exposition sud dans la chaîne du J. Erdz, dont les différentielles sont *Cistus ladaniferus* et *C. salvifolius*. Par ailleurs, dans l'aire du STAURACANTHO - ERICETUM RIPHAEE, les sols superficiels et les arêtes rocheuses hébergent surtout au-dessus de 1500 m, une sous-association particulière, la sous-association CISTETOSUM ALBIDI définie par la présence de *Cistus albidus* et localement de *C. varius* où les caractéristiques des unités supérieures sont un peu mieux développées en raison des conditions climatiques locales (précipitations élevées essentiellement). *Halimium atlanticum* fait par contre pratiquement défaut, essentiellement pour des raisons altitudinales, les caractéristiques de l'association sont ici peu abondantes. DEIL individualise également une sous-association SCORZONERETOSUM dont les différentielles sont *Scorzonera pygmaea*, *Silene ibosii* ainsi que *Aira caryophylla* et *Carduncellus pinnatus* dont la valeur est sans doute discutable. Nous l'avons observée sur des substrats profonds surtout dans des zones colluvionnaires et pâturées.

GENISTELLO TRIDENTATAE - TEUCRIETUM OXYLEPIDI DEIL 1984 (TABL. 20)

Elle occupe, dans l'aire de l'association précédente, mais surtout au-dessus de 1700 m, comme l'a fort bien montré DEIL, les zones dépressionnaires à long enneigement. Cet auteur y distingue deux sous-associations, l'une la plus alticole à *Telephium imperati* et l'autre moins alticole à *Thymus riatarum*, dont la valeur des caractéristiques est discutable puisqu'il s'agit le plus souvent de caractéristiques des unités supérieures pour la première et d'espèces silvatiques pour la seconde. Sur le massif du Tidirhine où nous l'avons étudiée, cette association est floristiquement plus riche que sur le J. Erdz. Elle peut y être en effet caractérisée par *Genista tridentata* subsp. *riphaea*, *Jasione crispa* subsp. *cedretorum* et *Galium rifanum*. *Genista* à lui seul représente 50 à 70 % du couvert végétal généralement fermé ; *Teucrium oxylepis* et *Cistus atlanticus* sont très abondants également.

HALIMIO VISCOSI - LAVANDULETUM ATLANTICAE NOVA (TABL. 21)

Cette association n'occupe que des surfaces réduites sur la frange altitudinale inférieure du CISTO ATLANTICI - GENISTETUM QUADRIFLORAE, où elle paraît cantonnée entre 1300 et 1500 m, dans la haute vallée de l'Oued Sra en particulier aux environs de Tleta Ktama. Elle colonise des substrats schisteux superficiels dans une ambiance nettement plus thermique et surtout plus continentale que l'association précédente, la haute vallée du Sra se comportant localement comme une vallée interne beaucoup moins arrosée que les massifs voisins. Elle correspond sans doute à un bioclimat sub-humide frais et s'inscrit dans la série méditerranéenne supérieure de *Quercus suber* (TEUCRIO AFRAE - QUERCETUM SUBERIS BARBERO, BENABID, QUEZEL et RIVAS-MARTINEZ 1981).

Relativement peu fréquent, ce groupement est caractérisé par les deux espèces ayant servi à le définir ; il est pauvre du point de vue floristique, mais les caractéristiques des unités supérieures présentes permettent de l'inclure sans problèmes dans l'HALIMIO ATLANTICI - CISTION ATLANTICAE.

GENISTO ERIOCLADAE - CISTETUM LADANIFERI NOVA (TABL. 22)

Les zones de flysch siliceux largement développées dans le Rif oriental notamment entre Targuist et le nord d'Aknoul sont extrêmement affectées par les facteurs anthropiques et surtout le défrichement et parallèlement par l'érosion. Il est malaisé de retrouver ici la végétation primitive ; forêts et matorrals ont pratiquement disparu. Il est toutefois possible d'effectuer quelques relevés permettant de reconnaître une association particulière qui occupe entre 1300 et 1500 m environ la charnière entre les étages méso-méditerranéen et supra-méditerranéen en bioclimat subhumide inférieur. Ce groupement occupe altitudinalement sur le Rif oriental, la même place au moins partiellement occupée par les groupements de HALIMIO - CISTION ATLANTICAE. *Cistus atlanticus* et *Genista quadriflora* apparaissent ici très épisodiquement, et permettent encore de rattacher ce groupement à cette unité. Mais les différences écologiques (bioclimat plus sec et plus chaud) réduisent à l'extrême la présence des

espèces significatives. Si l'on n'adopte pas cette position, la place de ce groupement dans une hiérarchie phytosociologique reste problématique.

L'association est caractérisée par *Genista erioclada* qui apparaît largement dans le Maroc oriental, *Teucrium huotii*, endémique liée aux flyschs et aux marnes ainsi que *Hammatolobium kremerianum* endémique de la zone comprise entre le Rif oriental et l'Ouest Oranais et *Thymus hirtus* var. *maroccanus* localisé ici et sur le Bou Iblane.

La place de ce groupement dans la dynamique de la végétation n'est pas évidente. Sur le revers est de l'Azrou Akchar, *Pinus pinaster* var. *maghrebiana* peut apparaître localement, mais le climax paraît être constitué par des formations à *Quercus rotundifolia* encore insuffisamment connues (groupements à *Quercus rotundifolia* dans le Rif centro-oriental, BENABID 1984) comme le confirme l'abondance de ce chêne ainsi que de diverses espèces qui lui sont liées, notamment *Juniperus oxycedrus*.

2.3 - Les matorrals appartenant à la classe des ONONIDO-ROSMARINETEA Br.-Bl. 1947

L'interprétation phytosociologique des groupements s'inscrivant dans la classe des ONONIDO-ROSMARINETEA au Maroc septentrional n'est pas aisée. En effet, les quelques tentatives réalisées ici ou plus à l'Est en Afrique du Nord : Beni Snassene (TREGUBOF 1963) se sont inspirées des classifications établies en France méditerranéenne par BRAUN-BLANQUET et ses collaborateurs, mais cette solution ne saurait satisfaire les phytosociologues travaillant dans cette partie de l'Afrique du Nord. En effet un nombre élevé des caractéristiques retenues par BRAUN-BLANQUET n'existent pas ici où y sont représentées par des taxa infra-spécifiques locaux ; de plus de nombreuses espèces nord-africaines ou ibériques s'y ajoutent. Les solutions adoptées en Espagne (RIVAS-GODAY et RIVAS-MARTINEZ 1967) éclairent le problème et confirment en particulier que les ONONIDETALIA STRIATAE Br.-Bl. 1947 ne s'avancent guère vers le sud. Par contre deux ordres endémiques y apparaissent : GYPSOPHYLETALIA BELLOT et RIVAS-GODAY 1956 et ANTHYLIDETALIA TERNIFLORAE RIVAS-GODAY et RIVAS-MARTINEZ 1967. Les ERINACETALIA QUEZEL 1952 sont de toute évidence communs à la péninsule et l'Afrique du Nord. Les ROSMARINETALIA Br.-Bl. (1931) 1952 par contre occupent pratiquement l'ensemble de la péninsule, et leur présence en Afrique du Nord a été admise par les auteurs cités ci-dessus.

Il est de plus évident que les remarques relatives à la dégradation des structures de matorral dans le Rif en particulier que nous avons émises à propos des formations se rattachant aux CISTO-LAVANDULETEA restent ici entièrement valables, et nous adopterons les mêmes solutions.

En fait, l'analyse des relevés conduit à distinguer au sein des matorrals calcicoles du Rif, deux ensembles très distincts. Le premier correspond aux groupements qui s'individualisent sur la dorsale rifaine calcaire entre Ceuta et Chaouène, le second à ceux qui colonisent le Rif centro-oriental notamment en région littorale dans les Bocoya et les environs de Melila ou sur les nappes marneuses plus internes. Ces derniers apparaissent généralement en bioclimat semi-aride et regroupent en fait des structures liées aux substrats riches en calcaire actif, mais également, comme nous l'avons évoqué plus haut, des formations sur substrats non franchement calcaires. Nous étudierons successivement ces deux ensembles.

2.3.1 - LES MATORRALS DE LA DORSALE CALCAIRE DU RIF

La dorsale calcaire du Rif est constituée essentiellement par une arête orientée nord-sud, s'étendant depuis les environs de Ceuta jusque sur les montagnes de Chaouen où elle atteint 2170 m. Sa végétation est très particulière, puisque apparaissent là un nombre élevé d'endémiques, mais également diverses espèces de répartition bétiques. Si la végétation forestière est connue (BENABID, 1984, BARBERO, QUEZEL et RIVAS-MARTINEZ, 1981) il n'en va pas de même pour les structures préforestières étudiées ci-dessus et surtout pour les matorrals.

Leur analyse montre que cette région constitue une unité biogéographique très particulière qui ne présente que peu d'affinités avec les zones calcaires du Maroc oriental où l'endémisme nord-africain est largement développé. Ici, au contraire, les influences sud-ibériques sont dominantes et pour cette raison, il est très difficile d'intégrer les unités phytosociologiques s'y individualisant dans un cadre spécifiquement nord-africain. Leur interprétation n'est pas pour cela plus aisée, car si leur appartenance aux ONONIDO-ROSMARINETEA est évidente, de nombreuses difficultés apparaissent dans la définition des unités de rang inférieur. Si les formations d'altitude se rattachent sans problème aux ERINACETALIA, les matorrals de type thermo, méso et méditerranéens-supérieurs sont d'interprétation

plus délicate. En effet, les listes floristiques montrent que malgré certaines affinités, il est impossible de les rattacher aux ordres définis dans le sud de l'Espagne et en particulier aux PHLOMIDETALIA PURPUREAE RIVAS-GODAY et RIVAS-MARTINEZ 1967, dont le statut phytosociologique exact est en cours de révision et dont les caractéristiques significatives, ainsi que celles des alliances inféodées font pratiquement défaut. Si, comme nous le verrons, pour les alliances on peut individualiser des structures particulières, au niveau de l'ordre la meilleure solution reste leur intégration aux ROSMARINETALIA Br-Bl. 1931 dont diverses caractéristiques ainsi que plusieurs transgressives du ROSMARINO-ERICION Br-Bl. 1931 sont présentes, voire abondantes.

Deux alliances peuvent être décrites pour l'ensemble de nos relevés. L'une regroupe les formations de matorral aux étages thermo et méso-méditerranéens, l'autre celles se rattachant aux étages méditerranéen supérieur surtout, voire localement au montagnard-méditerranéen.

2.3.1.1 - Alliance LITHODORO MAROCCANAE - ULICION FUNKII NOVA

Elle permet de regrouper pour l'instant 4 associations localisées aux étages thermo et méso-méditerranéen. Bien que de répartition exigüe en raison de ses exigences vis à vis du substrat, elle peut être caractérisée par divers endémiques et en particulier *Viola cochleata*, *Polygala webbiana*, *Lithodora maroccana*, *Teucrium polium* subsp. *tetuanense*, mais encore par *Ulex funkii* présent encore en Espagne méridionale, *Halimium atriplicifolium* dans sa variété endémique *macrocalycinum* par *Aphyllanthes monspelliensis* qui présente des taux d'abondance-dominance sans doute nulle part égalés en Afrique du Nord, et *Bupleurum balansae* très isolé ici de ses autres localités nord-africaines. Même si ces espèces sont souvent assez peu fréquentes, elles constituent néanmoins un noyau floristique très significatif.

SATUREJO GRAECAE - CORIDOTHYMETUM CAPITATI NOVA (TABL. 23)

Cette association peu répandue au Maroc se localise sur les calcaires érodés de la région de Tetouan, notamment sur le Jbel Moussa, en ambiance thermo-méditerranéenne accusée et en bioclimat sub-humide. Elle constitue le stade ultime de dégradation des formations constituant la série de *Quercus coccifera* de la presqu'île tingitane (RUSCO HYPOPHYLLI - QUERCETUM COCCIFERAE BENABID 1984). Ses caractéristiques qui sont les espèces ayant servi à la nommer, imposent un rapprochement évident avec les matorrals du sud de l'Espagne se rattachant au SATUREJO-CORIDOTHYMION RIVAS-GODAY et RIVAS-MARTINEZ 1967, dont elle représente de toute évidence une irradiation au sud du détroit de Gibraltar. Toutefois, de par son cortège floristique, elle ne peut se rattacher à aucune des associations décrites au sein de cette alliance alors que son rattachement au LITHODORO-ULICION FUNKII est possible même si les caractéristiques de cette alliance y sont relativement peu fréquentes à l'exception de *Teucrium polium* subsp. *tetuanense* qui présente ici son développement optimal.

CISTO CRISPI - SANGUISORBETUM MAURITANICAE NOVA (tabl. 23)

Cette association présente la même répartition géographique que la précédente et les mêmes exigences écologiques. Elle représente un stade plus mature de végétation, comme le souligne l'abondance de *Quercus coccifera* et un certain enrichissement en espèces des QUERCETEA ILICIS. Elle occupe également des altitudes souvent nettement supérieures. Le choix des caractéristiques n'est pas aisé, mais on peut retenir *Sanguisorba mauritanica* dont la valeur phytosociologique exacte au Maroc est mal connue, ainsi que *Stachys fontqueri* transgressif de l'alliance suivante ; *Cistus crispus* occupe également ici une situation écologique très particulière sur des substrats franchement dolomitiques.

PHLOMIDO CABALLEROI - MICROMERIETUM INODORAE NOVA (tabl. 24)

Étroitement localisée dans la vallée inférieure de l'Oued Laou et au delà de son embouchure, cette association occupe la frange inférieure extrême du bioclimat sub-humide, mais aussi localement au moins le semi-aride supérieur, à l'étage thermo-méditerranéen. Elle s'inscrit surtout dans la série calcicole rifaine du Thuya (CALICOTOMO INTERNEDIAE - TETRACLINETUM ARTICULATAE BARBERO, QUEZEL et RIVAS-MARTINEZ 1981) mais entre en contact en situation littorale avec le PERIPLOCO ANGUSTIFOLIAE - TETRACLINETUM ARTICULATAE BENABID 1984, qui trouve ici, sur calcaire, ses stations les plus occidentales.

Ses caractéristiques sont essentiellement *Micromeria inodora* et *Phlomis caballeroi* var. *caballeroi*, ici en situation nettement excentrée par rapport à leurs localités plus orientales (cf. infra) et auxquels il est possible d'ajouter *Teucrium flavum* var. *glabratum* avec une valeur de différentielle. Le cortège floristique montre à côté d'un lot relativement réduit des caractéristiques des unités supérieures, diverses espèces thermophiles des QUERCETEA ILICIS et en particulier *Pistacia lentiscus*, *Chamaerops humilis*, *Olea europea*, *Tetraclinis articulata*.

Il est possible de rattacher à ce groupement, un certain nombre de relevés déjà publiés par l'un de nous (BENABID, 1984, tabl. 21) et considérés comme de simples faciès à *Pinus halepensis*. C'est le cas en particulier pour les relevés 10, 11 et 12 effectués dans la région de Bou Hmed-Jebah sur des substrats schisteux mais probablement enrichis en éléments calcaires, comme le laisse supposer le contexte floristique. Ils peuvent néanmoins constituer une sous association PINETOSUM HALEPENSIS dont les différentielles sont *Pinus halepensis*, *Lavandula stoechas* et *Cistus salvifolius*.

PINO MAGHREBIANAE - ULICETUM FUNKII NOVA (tabl. 24)

Cette association répond essentiellement aux quelques relevés non franchement pré-forestiers déjà publiés par l'un de nous (BENABID, 1984, tabl. 23, rel. 10 à 21) sous le nom de faciès à *Pinus maghrebiana*. En fait, leur interprétation est maintenant possible, et leur intégration à l'alliance LITHODORO - ULICION FUNKII évidente. Il s'agit de matorrals arborés avec *Pinus maghrebiana* et *Quercus rotundifolia*, dont le cortège floristique cadre parfaitement avec la classification proposée ; on notera toutefois que les relevés ayant été réalisés au cours d'une étude des groupements forestiers et pré-forestiers du Rif, la représentation des espèces des QUERCETEA ILICIS soit nettement surévaluée dans le cadre de l'association définie ici. Installé sur substrat dolomitique compact ou plus souvent encore sur dolomies pulvérulentes ou en plaquettes, ce groupement se cantonne sur les revers septentrionaux de la dorsale calcaire entre le Jbel Akra et le Jbel Kelti. Il se situe à l'étage méso-méditerranéen, entre 700 et 1400 m environ en ambiance sub-humide et humide et représente un faciès de dégradation d'un édapho-climax pré-forestier où s'installe le PINO MAGHREBIANAE - QUERCETUM ROTUNDIFOLIAE (in BENABID 1984, Tabl. 23, rel. 3 à 9). Du point de vue floristique, il est caractérisé par *Pinus pinaster* subsp. *maghrebiana*, *Ulex funkii* (transgressif de l'alliance), *Thymelaea tarton raira* var. *microphylla* et localement *Erica terminalis* surtout sur les affleurements humides. Les caractéristiques de l'alliance sont largement développées, mais certaines des espèces indicatrices de l'alliance PSEUDOSCABIOSO GROSII - ORIGANION GROSII apparaissent par endroits, surtout en altitude. C'est en particulier le cas pour *Origanum grosii*, *Ptilostemon rifaemum* et *Stachys fontqueri*. En altitude en effet, ce groupement cède la place au PINO MAGHREBIANAE - GENISTETUM GOMARICAE.

2.3.1.2 - Alliance PSEUDOSCABIOSO GROSII - ORIGANION GROSII

Elle succède à la précédente, essentiellement dans le massif de Talassemtane, mais aussi sur le Kelti à partir de 1400 m environ et s'élève jusque vers 1800 m. Elle occupe en bioclimat perhumide, l'étage méditerranéen supérieur surtout et localement le montagnard méditerranéen. Strictement dolomiticole, elle est caractérisée par *Pseudoscabiosa grosii*, *Origanum grosii*, *Leuzea fontqueri* et *Ptilostemon rifaemum* toutes endémiques, et par *Convolvulus mazicum*, présent également sur le Moyen Atlas Oriental. Trois associations sont pour l'instant connues.

PINO MAGHREBIANAE - GENISTETUM GOMARICAE NOVA (tabl. 25)

Elle remplace l'association précédente au-dessus de 1400 m environ, dans des conditions édaphiques analogues ; elle colonise les dolomies en plaquette voire pulvérulentes, essentiellement en exposition nord et atteint 1600-1700 m pour céder à son tour la place à l'association suivante, toujours dans les mêmes conditions édaphiques. Elle représente elle aussi, un pédo-climax qui se situe dans la série du Sapin du Maroc (PAEONIO MAROCCANAE - ABIETETUM MAROCCANAE BARBERO, BENABID, QUEZEL et RIVAS-MARTINEZ 1981). Les caractéristiques sont *Genista demnatensis* subsp. *gomarica*, *Pinus pinaster* subsp. *maghrebiana*, *Ulex funkii* et *Thymelaea tarton raira* var. *microphylla* transgressives de l'association précédente et enfin par *Erinacea anthyllis* qui singulièrement sur le Rif, trouve là ses seules localités. Indiquons enfin que *Pinus nigra* subsp. *mauritanica* est localement présent. Les caractéristiques de l'alliance, de l'ordre et de la classe sont assez bien représentées, mais en raison de l'altitude apparaissent déjà, comme à plus forte raison dans l'association suivante, diverses

transgressives des ERINACETALIA et en particulier *Scorzonera pygmaea*, *Bupleurum spinosum*, *Arenaria armerina*, voire *Alyssum serpyllifolium*. Ici encore, la physionomie générale est celle d'un matorral arboré à *Pinus maghrebiana* fréquent, où les espèces silvatiques sont localement présentes en particulier *Juniperus oxycedrus*, *Quercus rotundifolia*, et où *Abies maroccana* s'installe sans difficultés.

POO LIGULATAE - ONONIDETUM JAHANDIEZII NOVA (tabl. 25)

A partir de 1600 m et jusque vers 1850 m, se développe toujours sur des accumulats dolomitiques souvent profonds, un groupement physiologiquement très différent des précédents. En effet il s'agit plutôt de formation de type pelouse rase où dominent les chamaephytes ligneux bas et où les graminées jouent un rôle appréciable. Cette association se situe à l'étage montagnard-méditerranéen surtout et en bioclimat per-humide. Elle se localise sur le revers septentrional du massif. Elle est particulièrement bien développée dans la région de Talassentane-Madissouka. Très riche floristiquement, elle est caractérisée par divers endémiques : *Saxifraga wernerii*, *Sesleria argentea* var. *gomarica*, *Poa ligulata* var. *pau*, *Ranunculus gramineus* var. *luzulifolius*, un *Phalangium* nain encore à l'étude, et quelques espèces de répartition plus ample comme *Ononis thomsonii* subsp. *jahandiezii*, *Ononis reuteri*. Du point de vue des unités supérieures, le cortège reste très proche de celui de l'association précédente avec en plus *Coronilla minima*, *Inula montana*, *Eryngium bourgati*, *Medicago suffruticosa*, *Onosma fastigiatum* et *Draba hispanica*.

Ces pelouses en général de faible inclinaison sont également mises à profit par les Conifères, et *Pinus nigra* subsp. *mauritanica* s'y installe souvent alors que *Pinus pinaster* subsp. *maghrebiana* fait défaut. L'ONONIDO-SESLERIETUM GOMARICAE s'inscrit lui aussi dans la série du Sapin du Maroc.

ANTHYLLIDO POLYCEPHALAE - STACHYDETUM FONTQUERI NOVA (TABL. 26)

Essentiellement à l'étage méditerranéen supérieur, mais aussi localement en exposition nord au méso-méditerranéen, les rochers dolomitiques compacts souvent à forte inclinaison, hébergent un groupement particulier de type sub-rupicole qui s'inscrit dans l'alliance PSEUDOSCABIOSO - ORIGANION GROSII. En raison de son écologie, le cortège floristique est souvent réduit, d'autant que les individus d'association sont le plus souvent exigus. Néanmoins, il est possible de retenir comme caractéristiques *Stachys fontqueri* et *Salvia interrupta* subsp. *pau* tous deux endémiques, ainsi que *Anthyllis polycephala* subsp. *podocephala*. Ce groupement présent au Kelti et dans le massif de Talassentane s'observe à toutes exposition. *Salvia interrupta* subsp. *pau* n'a été observée que sur le Kelti.

Indiquons encore que les dolomies sableuses situées en général à proximité des rocaïles hébergeant ce groupement, abritent une association très particulière à thérophytes caractérisée par les endémiques *Silene abietina* et *Silene cuatrecasii* qui s'intègre dans l'alliance THERO-BRACHYPODION et dans les TUBERARIETEA. Les 5 relevés dont nous disposons permettent d'en établir la composition floristique (SILENETUM ABIETO-CUATRECASII, tabl. 27).

2.3.2 - LES GROUPEMENTS DES ERINACETALIA QUEZEL 1952

Les crêtes du J. Lakraa et des sommets voisins sont colonisées par des formations de type pelouses écorchées où les xérophytes épineux en coussinet sont présents mais pas toujours dominants. Ce type de végétation apparaît localement à partir de 1800 m et devient dominant au-dessus de 1950 m environ. Toutefois, en raison d'une altitude relativement peu élevée, contrairement à ce que l'on observe sur les hautes chaînes atlasiques, *Cedrus atlantica* et diverses espèces associées à la dégradation de la cédraie sont présentes. L'un de nous (BENABID, 1984) a décrit là respectivement un BERBERIDO HISPANICAE - CEDRETUM ATLANTICAE se rattachant sans problèmes aux QUERCO-CEDRETALIA ATLANTICAE, et un ALYSSO SPINOSI - BERBERIDETUM HISPANICAE qu'il a rattaché aux ERINACETALIA. En fait, la comparaison du tableau publié à propos de cette dernière association avec celui correspondant à nos relevés de 1988, montre qu'il s'agit là encore d'un groupement de dégradation de la cédraie enrichi en espèces des ERINACETALIA (sensu lato).

En fait, si l'on considère les relevés effectués en ambiance effective de pelouses écorchées, il apparaît malgré une exploration insuffisante de ces milieux, que les hauts sommets calcaires du Rif

occidental individualisent au sein de cet ordre, une alliance particulière endémique dont les caractéristiques sont :

Astragalus granatensis subsp. *maroccanus*,
Astragalus fontianus,
Iberis linifolia subsp. *grosmiquellii*,
Dianthus brachyanthus subsp. *maroccanus*,
Arenaria grandiflora var. *glabrescens*,
Eryngium caespitiferum,
Muscari gaditanum,
Latis djurdjurae.

L'alliance DIANTHO MAROCCANI - ASTRAGALION MAROCCANI nov. ali. est représentée sur le J. Lakraa par deux associations particulières et quelques groupements encore mal définis.

ASTRAGALETUM NUMIDICO - MAROCCANI NOVA (tabl. 28)

Il s'installe sur les éboulis moyens et grossiers de forte inclinaison partiellement mouvants, et offre l'aspect classique des formations à xérophytes épineux en coussinet. Présent entre 1700 et 2000 m sur les versants nord et est du J. Lakraa, son recouvrement est élevé. Ses caractéristiques, dont plusieurs sont des transgressives de l'alliance sont : *Astragalus armatus* subsp. *numidicus*, *Astragalus granatensis* subsp. *maroccanus*, *Vicia glauca* var. *rifana*, *Thymus vulgaris* var. *capitellatus*, *Marrubium heterocladum* var. *microdontum*.

Cette association est la vicariante locale du BUPLEURO SPINOSAE - ASTRAGALETUM NUMIDICI, QUEZEL, 1957 du Djurdjura et en particulier de la sous-association VICIETOSUM MONTISFERRATI qui colonise des stations écologiquement identiques.

ONONIDO ARAGONENSIS - PTILOTRICHETUM SPINOSI NOVA (tabl. 28)

Cette seconde association occupe les mêmes localités, mais colonise essentiellement les substrats constitués par des calcaires compacts plus ou moins fissurés en surface. Ses caractéristiques sont *Ononis aragonensis* var. *gomarica*, *Ptilotrichum spinosum*, *Arenaria grandiflora* var. *glabrescens*, *Bromus erectus* subsp. *permixtus* et *Muscari gaditanum*.

Le cortège floristique est ici plus important que dans l'association précédente et diverses espèces sylvatiques ou pré-sylvatiques sont fréquentes notamment *Berberis hispanica*, *Rosa micrantha*, voire *Acer granatense* ainsi que diverses transgressives de l'alliance PSEUDOSCABIOSO GROSII - ORIGANION GROSII.

2.3.3 - Les matorrals des ONONIDO-ROSMARINETEA Br.-Bl. 1947 du Rif centro-oriental

Contrairement à ce qui se passe sur la dorsale calcaire du Rif, il n'est pas possible actuellement de proposer pour eux une hiérarchisation phytosociologique précise. En effet, ils se rattachent de façon évidente aux structures non encore définies existant dans les portions plus orientales du Maghreb et en particulier en Oranie. Un travail synthétique actuellement en cours permettra seul de proposer des solutions satisfaisantes dont il est toutefois possible de dresser ici les grandes lignes.

La définition d'un ordre nord-africain particulier est nécessaire ainsi que de diverses alliances. Parmi ces unités et notamment dans la région qui nous intéresse ici une alliance thermo-méditerranéenne littorale semble s'individualiser en ambiance semi-aride et sub-humide et une autre plus continentale, surtout méso-méditerranéenne, en bioclimat semi-aride mais aussi sub-humide. Il est toutefois prématuré d'en définir ici le contour précis et de détailler la constitution floristique de ces unités. Dans ces conditions, nous n'établirons pas de hiérarchisation au niveau des unités supérieures pour les groupements mentionnés ici. Toutefois nous envisagerons successivement les matorrals littoraux et les matorrals internes.

2.3.3.1 - Les matorrals littoraux

Nous avons déjà examiné à propos des formations pré-forestières, le cas des structures se rapportant physionomiquement à des matorrals, mais dont l'analyse phytosociologique impose

l'intégration à des unités se rattachant encore aux QUERCETEA ILICIS. Par contre plusieurs associations peuvent être définies.

Elles ont été reconnues essentiellement dans le massif des Bocoya et dans la région de Melilla-Cap des Trois Fourches. Dans les Bocoya mais également en quelques localités littorales aux environs de Jebha sur calcaires compacts s'installe le SALVIO AEGYPTIACAE - THYMETUM GLANDULOSI, alors que sur le Cap des Trois Fourches, apparaît l'HELIANTHEMO CAPUT-FELIS - CISTETUM HETEROPHYLLI.

SALVIO AEGYPTIACAE - THYMETUM GLANDULOSI NOVA (TABL. 29)

Cette association présente sur calcaire et sur grès est endémique du Massif des Bocoya essentiellement où elle représente le stade local de dégradation du PERIPLOCO-TETRACLINETUM. Elle se situe en bioclimat semi-aride moyen voire supérieur chaud et constitue un matorral bas et peu dense. Sur le plan floristique elle est caractérisée par deux espèces de répartition ibérique à peu près exclusivement localisées au Maroc dans cette association : *Helianthemum organifolium*, également fréquent en Oranie littorale et *Thymus glandulosus*. *Salvia aegyptiaca* trouve ici des stations littorales éloignées de l'aire normale de répartition de cette espèce beaucoup plus fréquente en bioclimat aride voire saharien. *Fagonia cretica* est particulièrement abondant ainsi que *Carthamus arborescens*, taxon bético-rifain présent également en Oranie. Cette liste est certainement incomplète puisque dans cette zone existent plusieurs espèces remarquables qui ne figurent pas dans nos relevés et en particulier *Bromus maroccanus*, *Helianthemum viscarium*, *H. grosii*, dont il conviendra de préciser la signification phytosociologique exacte. Parmi les caractéristiques des unités supérieures *Micromeria inodora*, *Genista tricuspidata* subsp. *duriei*, *Viola arborescens*, *Lavandula dentata*, sont abondants alors que les espèces plus exigeantes du point de vue des précipitations font défaut, *Erica multiflora*, *Cistus monspeliensis* en particulier, ce qui souligne encore le caractère semi-aride accusé du bioclimat local.

HELIANTHEMO CAPUT-FELIS - CISTETUM HETEROPHYLLI NOVA (TABL. 30)

Les matorrals des environs de Melilla correspondent à une formation très particulière et hétérogène qui occupe surtout les substrats volcaniques locaux riches en matériel basique, mais aussi localement le socle paléozoïque. Elle se situe surtout en bioclimat semi-aride inférieur et correspond localement à des stades de dégradation du PERIPLOCO-TETRACLINETUM, *Pinus halepensis* est présent à l'état spontané ainsi que *Quercus coccifera*. Cette hétérogénéité écologique est associée à une hétérogénéité floristique ; il nous a paru cependant plus logique de définir ici un seul groupement avec deux sous-associations.

Les caractéristiques sont *Cistus heterophyllus* de répartition essentiellement plus orientale, *Helianthemum caput-felis* espèce ibérique localisée en Afrique du Nord ici et en Oranie littorale auxquels on peut adjoindre avec une valeur de différentielles *Micromeria inodora*, *Genista erioclada* et *G. tricuspidata* subsp. *duriaei*.

Deux sous associations peuvent être distinguées. Sur les substrats paléozoïques apparaissent quelques espèces calcifuges qui permettent de définir notamment dans la portion basale du Cap des Trois Fourches, une sous-association GENISTETOSUM QUADRIFLORAE caractérisée par *Genista quadriflora*, *Helianthemum almeriense* et *Lavandula stoechas*. Sur les substrats volcaniques du Cap la sous-association type ne paraît posséder en propre que *Helianthemum organifolium*. C'est à son niveau que les caractéristiques des unités supérieures sont le mieux représentées.

2.3.3.2 - Les matorrals internes

Nous définissons ici un certain nombre de groupements de valeur écologique hétérogène dont l'un est localisé sur les éperons calcaires de la région de l'Azrou Akchar sur l'extrême revers oriental de la chaîne rifaine, et deux autres liés aux substrats marneux.

STIPO LAGASCAE - LINETUM LYCOPODIOIDIS NOVA (TABL. 31)

Il s'agit d'une association sub-rupicole étroitement localisée sur les affleurements calcaires de la région de l'Azrou Akchar. Elle s'inscrit à l'étage méso-méditerranéen et en bioclimat sub-humide dans une série à *Quercus rotundifolia* encore mal définie (BENABID 1984). Les caractéristiques sont

Linum suffruticosum subsp. *lycopodioides*, *Teucrium polium* subsp. *luteum* var. *aureum*, *Stipa lagascae* et *Centaurea incana* var. *pubescens*. Ce groupement étroitement localisé dans la région explorée n'est certainement pas spécial à cette zone puisque les caractéristiques réapparaissent largement en particulier dans le Maroc oriental. Il conviendra d'en préciser l'extension et éventuellement la composition floristique.

PINO HALEPENSIS - GENISTETUM PSEUDORETAMOIDIS NOVA (TABL. 32)

Les marnes et les flyschs marneux occupant de vastes surfaces dans la dépression centro-rifaine notamment dans la région d'Aknoul, sont colonisées par des formations forestières souvent très dégradées où *Pinus halepensis* joue un rôle important. *Tetraclinis articulata* est localement abondant et ces structures de végétation ont été rapportées en fonction de la prédominance de l'une ou de l'autre espèce, soit au TETRACLINETO-PINETUM HALEPENSIS FENNANE 1987, soit à la sous-association PINETOSUM du CALYCOTOMO INTERMEDIÆ - TETRACLINETUM BARBERO, BENABID, QUEZEL et RIVAS-MARTINEZ 1981. En fait du point de vue écologique le premier groupement est franchement méso-méditerranéen sub-humide alors que le second occupe plutôt l'horizon supérieur du thermo-méditerranéen en bioclimat semi-aride. La dégradation de ces structures préforestières conduit à la formation de matorrals encore mal connus se rapportant au moins en partie à l'association décrite ici.

Le PINO-GENISTETUM PSEUDORETAMOIDIS est un groupement très ouvert installé sur des sols marneux pentus, fortement érodés où *Pinus halepensis* est abondant. Parmi les caractéristiques *Anthyllis cytisoides* et *Genista spartioides* subsp. *pseudoretamoides* sont abondants, *Thymus zygis*, *Teucrium polium* subsp. *capitatum* et *Chronantus biflorus* s'installent plus épisodiquement.

TREGUBOV (1963) a abordé le problème des groupements à Pin d'Alep au Maroc Oriental, mais il est difficile de retrouver dans son tableau synthétique, le groupement décrit ici qui n'est par ailleurs nullement spécifique du Rif centro-oriental. Il réapparaît avec une composition floristique voisine dans les Beni-Snasene. Le caractère nettement continental de cette association est souligné par l'abondance de *Cistus villosus* et *Thymus ciliatus*.

PTILOSTEMO LEPTOPHYLLI - FONTQUERRETUM PAUI NOVA (TABL. 33)

Ce groupement strictement lié aux marnes est endémique du moyen et haut Nekor du moins dans sa forme la plus riche. Il regroupe deux endémiques très remarquables de la région, qui ont permis de le nommer, ainsi que *Teucrium huotii* lui aussi endémique. Physionomiquement il correspond plus à un groupement de hautes herbes qu'à un véritable matorral ; toutefois il paraît encore possible de l'inclure aux unités envisagées ici comme le confirme le tableau d'association. Localisé en bioclimat semi-aride tempéré sa valeur dynamique est difficile à préciser en raison surtout de la dégradation extrême de la végétation de la région. Il colonise des marnes souvent mouvant de forte pente. Il est encore caractérisé localement par *Moricandia arvensis*, *Matthiola fruticulosa* et *Anthirrhinum ramosissimum* (sensu lato). En dehors du Nekor des faciès appauvris à *Ptilostemon leptophyllum* peuvent être observés.

CONCLUSIONS

L'analyse des groupements pré-forestiers et de matorrals du Rif montre la variété et l'extrême complexité de la végétation envisagée ici. Les groupements pré-forestiers, dont l'étude était déjà partiellement réalisée ont pu être définis en fonction de leur valeur dynamique vis à vis de la végétation forestière potentielle très malmenée dans toute la région ; leur signification altitudinale et bioclimatique a été précisée. *Quercus coccifera* y joue un rôle majeur et participe, en fonction de critères édaphiques surtout, dans un nombre élevé de groupements. La dégradation anthropo-zoogène intense du milieu, nous a amené à définir au sein des formations pré-forestières un certain nombre de groupements physionomiquement proches des matorrals dont l'analyse montre malgré tout l'appartenance aux PISTACIO-RHAMNETALIA. Le plus souvent ils sont décrits ici avec une simple valeur de variante en raison d'une banalisation extrême du cortège floristique.

Les groupements de matorral, eux aussi replacés dans un contexte dynamique et bioclimatique, présentent une très grande variété. Ceux qui se rattachent aux CALLUNO-ULICETEA ne sont bien développés que dans la péninsule tingitane et restent voisins de ceux qui ont été définis dans l'extrême sud de

l'Espagne. Les espèces significatives y sont souvent rares et très localisées, et s'intègrent progressivement vers le sud aux groupements appartenant aux CISTO-LAVANDULETEA. Cette classe n'est elle-même bien caractérisée que sur la haute chaîne siliceuse du Rif où l'endémisme local a permis de décrire un ordre particulier. A plus basse altitude les matorrals dominés par diverses espèces de *Cistus* sont peu significatifs du point de vue phytosociologique et ici encore la notion de variante s'est souvent imposée.

Les matorrals des ONONIDO-ROSMARINETEA enfin peuvent se scinder en deux groupes très distincts. Ceux de la dorsale calcaire du Rif occidental restent proches des formations homologues sud-ibériques ; toutefois si de nombreux éléments bétiques y apparaissent, l'endémisme local reste important et permet de définir tant au sein des ROSMARINETALIA que des ERINACETALIA, diverses alliances particulières souvent de répartition exigue. Par contre les matorrals du Rif centro-oriental se rapportant à cette classe s'inscrivent dans un complexe biogéographique typiquement nord-africain dont l'analyse phytosociologique précise est encore prématurée. En bioclimat semi-aride, les matorrals sur substrats carbonatés s'encartent en général dans cette classe. Il en est de même pour ceux qui se développent sur marnes voire sur marnes gréseuses où, contrairement à ce qui se passe en Espagne, et malgré l'existence d'un certain nombre d'endémiques liés à ce substrat, il ne paraît pas possible d'individualiser d'unités supérieures particulières.

BIBLIOGRAPHIE

- ATBIB M., 1988- La végétation du littoral du Maroc septentrional. Thèse Doct. Univ. Mohamed V, Rabat, 273 p.
- BARBERO M., QUEZEL P. et RIVAS-MARTINEZ S., 1981 - Contribution à l'étude des groupements forestiers et préforestiers du Maroc. *Phytocoenologia*, 9 (3), 311-412.
- BELLOT F., 1952 - Propuesta de nuevo orden para el círculo de vegetación mediterránea : *Gypsophylletalia*. *Trab. Jard. Bot. Univ. Santiago*.
- BENABID A., 1982 - Etudes phytécologiques, biogéographiques et dynamique des associations et séries silviques du Rif occidental (Maroc). Thèse Doct. es Sc. Fac. St. Jérôme Marseille, 199 p. + annexes.
- BENABID A., 1984 - Etude phytécologique des peuplements forestiers et préforestiers du Rif centro-occidental (Maroc). *Trav. Inst. Sc., ser. bot.*, 34, Rabat, 64 p.
- BRAUN-BLANQUET J., 1931 - Aperçu des groupements végétaux du Bas-Languedoc. *Commun. Stat. Inst. Geobot. Med. et Alpine (SIGMA)* 9, Montpellier.
- BRAUN-BLANQUET J., MOLINIER R. et WAGNER H., 1940 - Classe des CISTO-LAVANDULETEA. *Prodrome Groupements Végétaux*, Montpellier.
- BRAUN-BLANQUET J. et TUXEN R., 1943 - Übersicht der hogerer Vegetationsseinheiten Mitteleuropas. *Comm. SIGMA* 84, 1-11, Montpellier.
- BRAUN-BLANQUET J., 1947 - Les groupements végétaux supérieurs de la France. In : Braun-Blanquet J., Emberger L. et MOLINIER R. - Instructions pour l'établissement de la carte des groupements végétaux, CNRS.
- BRAUN-BLANQUET J., PINTO DA SILVA A.R., ROZEIRA A. et FONTES F., 1952 - Résultats de deux excursions géobotaniques à travers le Portugal septentrional et moyen. I : Une incursion dans la Serra da Estrela. *Agronomia Lusitana*, 14 (4), 303-323.
- BRAUN-BLANQUET J., PINTO DA SILVA A.R. et ROZEIRA A., 1956 - Résultats de deux excursions géobotaniques à travers le Portugal septentrional et moyen. II. *Agronomia Lusitana*, 18 (3), 167-234 (Comm. SIGMA 135).
- BRAUN-BLANQUET J., PINTO DA SILVA A.R. et ROZEIRA A., 1964 - Landes à cistes et éricacées (CISTO-LAVANDULETEA et CALLUNO-ULICETEA). *Agron. Lusit.*, 23 (4), 229-313.
- DEIL U., 1984 - Zur Vegetation im Zentralen Rif (Nordmarokko), *Dissertationes Botanicae*, 74, 179 p.
- FENNANE M., 1982 - Analyse phytogéographique et phytécologique des Tetraclinales marocaines. Thèse spécialité, Fac. Sc. marseille, St-Jérôme, 146 p.
- MAURER G., 1981 - Les montagnes du Rif central - Etude géomorphologique. *Trav. Inst. Sci. Chérif., sér.* 2, 14, Rabat.
- M'HIRIT A., 1982 - Etude écologique et forestière des Cédraies du Rif marocain. Thèse Doct. Fac. Sc. Marseille, St-Jérôme, 436 p.
- QUEZEL P., 1952 - Contribution à l'étude phytogéographique et phytosociologique du Grand Atlas calcaire. *Mém. Soc. Sci. nat. Maroc*, 50, 1-57.
- QUEZEL P., 1957 - Peuplement végétal des hautes montagnes d'Afrique du Nord. *Encyclop. biogéogr. et écol.* 10, Paris.
- QUEZEL P. et BARBERO M., 1986 - Aperçu syntaxinomique sur la connaissance actuelle de la classe des QUERCETEA ILCIS au Maroc. *Ecologia Mediterranea*, XII (3), 105-111.

- RIVAS-GODAY S. et RIVAS-MARTINEZ S., 1969 - Matorrales y tomillares de la península ibérica comprendidos en la clase ONONIDO-ROSHARINETEA Br.-Bl., 1947. *Anal. Inst. Bot. Cavanilles*, 25, 5-201.
- RIVAS-MARTINEZ S., 1975 - La vegetation de la clase *Quercetea ilicis* en España y Portugal. *Anales Inst. Bot. Cavanilles*, 31 (2), 205-259.
- RIVAS-MARTINEZ S., 1979 - Brezales y jarales de Europa occidental (Revision fitosociologica de las clases CALLUNO-ULICETEA y CISTO-LAVANDULETEA). *Lazaroa*, 1, 5-128.
- RIVAS-MARTINEZ S., COSTA M., CASTROVIEJO S. et VALDES E., 1980 - Vegetacion de Donana (Huelva, España). *Lazaroa*, 2, 5-190.
- RIVAS-MARTINEZ S., COSTA M. et IZCO J. - 1986 - Sintaxonomia de la clase *Quercetea ilicis* en el Mediterraneo occidental. *Not. Fitosociol.*, 19 (1), 71-98.
- RIVAS-MARTINEZ S., 1987 - Memoria del mapa de series de vegetation de España. Minist. Agric. Pesca y Aliment., ICONA, 268 p, Madrid.

LOCALISATION DES RELEVÉS

Tableau n 1 - 1-2-3 : entre Azla et Oued Laou ; 4 : Dardar à Aïn Roumi ; 5 : Souk el Had à Zitouna ; 6 : Dardara vers Bab Taza ; 7 : Aïn Ballota entre Ouezzane et Chaouène ; 8 : près de Fnideg ; 9-10 : 3 et 5 km à l'est de Ksar es Sghir.

Tableau n 2 - 1 à 4 : entre Tetouane et Tamrabta ; 5 à 7 : environs de Jebha.

Tableau n 3 - 1-2 : 15 km au SE de Jebha ; 3 : 2 km au SE du précédent ; 4 : col de Khadifa ; 5 : Izdoutène ; 6-7-8-9 : piste de Jebha (1980) ; 10-11-12 : piste de Jebha (1988) ; 13 : Marabout d'Imech Iroudène ; 14-15-16-17 : partie supérieure de la route de Jebha.

Tableau n 4 - 1 : Riffien ; 2 : Mdik ; 3 : Cap Spartel ; 4-5 : Cap Malabata ; 6 : Ksar Sghir ; 7 : Jbel Moussa.

Tableau n 5 - 1 : grotte d'Hercule ; 2-3 : Cap Malabata ; 4 : Punta Serres ; 5-6 : Ksar es Sghir ; 7-8-9 : entre Ksar es Sghir et Punta Serres ; 10 : Jbel Moussa.

Tableau n 6 - 1 à 8 : revers nord du Jbel Kelti dans les environs de Tamalout.

Tableau n 7 - 1-2 : entre Oued Laou et Targa ; 3-4 : entre Oued Laou et Es Sebt ; 5-6-7-8-9 : même région (1978).

Tableau n 8 - 1 : Marabout d'Had Rouadi ; 2-3 : cimetière 5 km au S d'Al Hoceïmas ; 4-5 : Marabout de Sidi m'Barek ; 6-7 : Marabout de Sidi Moulay Barbad ; 8 : Marabout de Sidi Bou Beker entre Taforalt et Berkane (tous les relevés datent de 1980).

Tableau n 9 - 1-2-3 : dunes de Mehdià ; 4-5 : dunes de Fnideg-Riffien ; 6-7-8-9-10 : dunes de Saïdia (1980).

Tableau n 10 - 1-2-3 : environs de Zerkat ; 4-5-6-7 : Azrou Akchar (relevés de 1980) ; 8 : 4 km avant Zerkat.

Tableau n 11 - 1 : près de Cap Spartel (R-M) ; 2 : près de l'aéroport de Tanger (R-M) ; 3-4 : Cap Spartel ; 5-6 : Jbel Moussa ; 7 : Jbel Moussa (1978) ; 8 : Cap Spartel ; 9-10 : Punta Serres ; 11 : Cap Spartel ; 12-13 : Punta Serres ; 14 : Cap Spartel.

Tableau n 12 - tous les relevés proviennent des environs de Fnidek ; 1-2 : (1978) ; 3-4 : (1988) ; 5 : (R-M).

Tableau n 13 - 1-2-3-4-5 : forêt de Larache (1978) ; 6-7 : Khemis Sahel.

Tableau n 14 - 1-2 : forêt de Larache (1978) ; 3-4-5-6 : Khemis Sahel.

Tableau n 15 - tous les relevés ont été effectués dans le massif du Bou Hachem sur le revers est entre la maison forestière et les sommets.

Tableau n 16 - 1-2 : revers est du J. Sougna ; 3-4-5-6-7 : J. Bou Hachem, plateau culminant.

Tableau n 17 - 1-2-3 : revers oriental du Bou Hachem ; 4-5-6-7-8-9-10-11 : entre Chaouène et Bab Taza, région de Dar Dara ; 12 : Aïn Rami ; 13 : Chaouène, Zaouïa sur la route d'Ouezzane.

Tableau n 18 - Bab Berred, 3 km après Bab Berred, 12 km après ; 1 : 3 km après Bab Berred ; 2 : Bab Berred ; 3 : 12 km après ; 4 : 27 km après ; 5 : 29 km après ; 6-7-8-9-10-11-12-13 : route de Bab Berred à Ketama, d'ouest en est.

Tableau n 19 - 1 à 9 : piste de Tleta Ketama au Tidighine ; 10 à 14 : environs de Bab Berred ; 15 à 21 : piste du J. Erdz.

Tableau n 20 - 1 à 12 : partie supérieure de la piste de Tleta Ketama au Tidighine.

Tableau n 21 - 1 à 6 : environs de Tleta Ketama.

Tableau n 22 - 1-2-3 : route de Targuist à Zerkat ; 4-5-6-7-8-9 : piste de Telat Azlaf à l'Azrou Akchar.

- Tableau n 23 - 1-2 : Punta Serres (1978) ; 3-4-5 : Jbel Moussa ; 6-7-8-9-10 : J. Moussa.
 Tableau n 24 - 1 : Bou Hamed ; 2-3-4 : vallée de l'Oued Laou ; 5 : entre Bou Hamed et Jebha ; 6 à 12 : Madissouka (Talassemtane) in BENABID 1984 ; 13-14 : Assifane in BENABID 1984.
 Tableau n 25 - tous les relevés proviennent de la région de Talassemtane.
 Tableau n 26 - 1-2-3-4-5-6 : revers nord du J. Kelti, Tamalout et au-dessus ; 7-8 : piste de Talassemtane, versant sud.
 Tableau n 27 - 1-2-3 : Tamalout (J. Kelti) ; 4-5 : piste de Talassemtane versant sud.
 Tableau n 28 - tous les relevés ont été effectués entre Talassemtane et le sommet du J. Lakraa.
 Tableau n 29 - 1-2 : Kala Iris ; 3 : environs de Jebha ; 4-5 : Beni Bou Grah ; 6 : Jebha.
 Tableau n 30 - tous les relevés proviennent du Cap des Trois Fourches.
 Tableau n 31 - tous les relevés proviennent des éperons calcaires situés sur le revers oriental de l'Azrou Akchar.
 Tableau n 32 - tous les relevés proviennent de la cuvette d'Aknoul au nord de Jbarna.
 Tableau n 33 - tous nos relevés proviennent de la moyenne vallée du Nkor.

TYPIFICATION DES UNITES PHYTOSOCIOLOGIQUES DECRITES

Pour les associations, le relevé type est indiqué par un astérisque dans le tableau correspondant.

HALIMETALIA RIPHAEO-ATLANTICAE

All. type : HALIMIO ATLANTICAE-CISTION ATLANTICI DEIL 1984

ERICO RIPHAEE-CISTION VARI

Ass. type : CISTO POPULIFOLIO-VARI

HALIMIO ATLANTICI-CISTION ATLANTICI

Ass. type : CISTO ATLANTICI-GENISTETUM QUADRIFLORAE DEIL 1984

LITHODORO MAROCCANAE-ULICION FUNKII

Ass. type : PINO MAGHREBIANAE-ULICETUM FUNKII

PSEUDOSCABIOSO GROSII-ORIGANION GROSII

Ass. type : POO LIGULATAE-ONONIDETUM JAHANDIEZII

DIANTHO MAROCCANI-ASTRAGALETUM MAROCCANI

Ass. type : ASTRAGALETUM NUMIDICO-MAROCCANI

TYPIFICATION DES AUTRES UNITES SUPERIEURES DECRITES PRECEDEMMENT AU MAROC

BALANSAEO GLABERRIMAE-QUERCION ROTUNDIFOLIAE BARBERO, QUEZEL et RIVAS-MARTINEZ 1981

Ass. type : BALANSAEO GLABERRIMAE-QUERCETUM ROTUNDIFOLIAE BARBERO, QUEZEL et RIVAS-MARTINEZ 1981

EPHEDRO-JUNIPERETALIA QUEZEL et BARBERO 1981

All. type : JUNIPERO THURIFERAE-QUERCION ROTUNDIFOLIAE QUEZEL et BARBERO 1980

EPHEDRO MAJORIS-JUNIPERETUM PHOENICEAE QUEZEL et BARBERO 1981

Ass. type : RETAMO DASYCARPAE-JUNIPERETUM PHOENICEAE QUEZEL et BARBERO 1981

JUNIPERO THURIFERAE-QUERCION ROTUNDIFOLIAE QUEZEL et BARBERO 1981

Ass. type : BUXO BALEARICAE-QUERCETUM ROTUNDIFOLIAE QUEZEL et BARBERO 1981

ACACIO-ARGANIETALIA BARBERO, BENABID, QUEZEL, RIVAS-MARTINEZ et SANTOS 1982

All. type : SENECIO ANTHEUPHORBII-ARGANION SPINOSAE BARBERO, BENABID, QUEZEL, RIVAS-MARTINEZ et SANTOS 1982

SENECIO ANTHEUPHORBII-ARGANION SPINOSAE auct. 1982

Ass. type : EUPHORBIO BEAUMIERIANAE-ARGANION SPINOSAE auct. 1982

ACACION GUMMIFERAE BARBERO, QUEZEL et RIVAS-MARTINEZ 1981

Ass. type : OLEO SALICIFOLIAE-ARGANIETUM SPINOSAE auct. 1982

JUNIPERO OXYCEDRI-RHAMNION ATLANTICAE QUEZEL et BARBERO 1986

Ass. type : FESTUCO COERULEAE-QUERCETUM ROTUNDIFOLIAE ACHHAL 1986

QUERCO-CEDRETALIA ATLANTICAE BARBERO, LOISEL et QUEZEL 1974

All. type : PAEONIO MAROCCANAE-CEDRION ATLANTICAE BARBERO, QUEZEL et RIVAS-MARTINEZ 1981

PAEONIO MAROCCANAE-CEDRION ATLANTICAE auct. 1981

Ass. type : ARGYROCYTISO BATTANDIERI-CEDRETUM ATLANTICAE auct. 1981

VIOLU MUNBYANAE-CEDRION ATLANTICAE auct. 1981

Ass. type : LUZULO FORSTERI-CEDRETUM ATLANTICAE BARBERO, M'HIRIT, QUEZEL et RIVAS-MARTINEZ 1981.

TABLEAU 3

Nuéro des relevés	1*	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	PRESENCES
Altitude x 10	55	50	90	90	93	40	47	72	65	65	70	67	123	135	135	110	120	
Exposition	N	NE	N	N	W	N	N	Ø	NE	NW	NE	NW	N	E	NE	W	E	
Inclinaison	20	30	30	20	40	30	35	20	30	20	20	25	20	20	30	30	25	
Recouvrement	90	80	70	70	90	70	80	80	90	70	80	60	80	80	70	70	80	
Substrat	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	
Surfaces	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
Espèces caractéristiques de l'association et l'alliance																		
<i>Quercus coccifera</i>	5.5	4.4	3.4	3.3	3.4	5.5	5.5	3.5	5.5	4.4	3.3	3.5	3.4	4.3	2.3	3.4	4.4	17
<i>Erica arborea</i>	2.3	2.1	2.2	2.2	2.2	1.1	2.3	+	2.3	+	1.2	+	1.1	+	1.2	+	2.2	15
<i>Brachypodium retusum</i>	2.2	1.2	-	-	2.2	-	+	1.2	2.2	1.2	2.2	1.2	1.2	+	-	+	-	12
<i>Teucrium fruticans</i>	2.2	-	-	-	1.1	+	1.1	+	-	-	-	+	1.1	2.3	2.3	-	-	11
<i>Arbutus unedo</i>	+	1.2	2.3	2.3	2.2	-	-	+	1.2	-	-	+	1.2	-	2.3	-	3.3	11
<i>Sarcothamnus arboreus</i>	-	-	-	-	-	1.1	-	-	-	-	-	+	-	-	1.2	-	1.3	5
<i>Neotinea intacta</i>	-	-	+	1.1	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	3
<i>Vicia lecontei</i> subsp. <i>lecontei</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	1.1	-	-	-	2
Caractéristiques des sous-associations																		
<i>Phlomis caballeri</i> var. <i>montana</i>	-	-	-	-	-	-	-	1.1	2.2	1.2	+	1.1	-	-	-	-	-	5
<i>Ononis spectiosa</i>	-	-	-	-	-	-	-	1.2	1.2	-	-	+	-	-	-	-	-	3
<i>Quercus rotundifolia</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.5	2.2	3.4	1.2	1.3	5
<i>Festuca triflora</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	1.2	1.2	1.2	4
<i>Teucrium pseudo-scorodonia</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	1.1	2
Espèces caractéristiques des PISTACIO-RHAMNETALIA																		
<i>Pistacia lentiscus</i>	2.3	1.1	+	1.2	2.2	+	1.1	+	1.2	+2	2.3	+	4.5	1.2	3.4	3.3	1.2	17
<i>Phillyrea latifolia</i>	1.2	2.2	2.2	-	2.3	+	-	-	1.1	+	+	-	2.2	2.2	+	2.2	2.2	12
<i>Ampelodesmos mauritanica</i>	1.2	-	-	-	-	+1	-	-	2.3	+1	1.2	+1	-	3.3	2.2	2.2	2.1	10
<i>Chamaerops humilis</i>	+2	-	-	-	-	-	+	+1	1.2	+	+	-	-	-	-	-	-	7
<i>Smilax aspera</i>	+1	-	-	1.1	-	+	-	+1	1.1	-	-	-	-	-	-	-	-	4
<i>Phillyrea media</i>	-	1.2	-	2.2	1.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.2	-	-	4
<i>Tetraclinis articulata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.2	+	1.2	-	+	-	-	4
<i>Calicotome intermedia</i>	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Espèces caractéristiques des QUERCETALIA ILICIS																		
<i>Lonicera implexa</i>	1.1	+	+	1.1	-	-	+	-	1.1	-	+	-	+2	-	1.2	-	2.2	10
<i>Asplenium onopteris</i>	+	-	2.3	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-	+	2.2	+	8
<i>Pulicaria odora</i>	-	-	-	-	-	-	+	+	-	+	+	+	+	+	-	-	-	7
<i>Viburnum tinus</i>	-	-	3.3	3.3	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	1.2	1.3	5
<i>Geranium purpureum</i>	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	1.1	+	+	-	-	5
<i>Daphne genkwa</i>	-	-	+2	1.2	+	-	-	-	-	-	-	-	1.2	-	-	-	+	5
<i>Balanosaea glaberrima</i>	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	1.1	+	-	+	5
<i>Carex distachya</i>	-	1.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.2	-	1.2	-	-	3
<i>Ruscus hypophyllum</i>	-	-	1.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	3
<i>Asparagus acutifolius</i>	-	1.1	-	-	1.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
<i>Selaginella denticulata</i>	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.2	-	-	-	2
<i>Artisanum vulgare</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	1.2	-	-	-	-	2
<i>Rubia peregrina</i> subsp. <i>peregrina</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	2
<i>Juniperus oxycedrus</i>	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	1.2	-	-	+	2
<i>Eryngium tricuspdatum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.2	1.1	-	2
<i>Clematis flammula</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	1
<i>Smilax aspera</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	1
Espèces caractéristiques des CISTO-LAVANDULETEA																		
<i>Cistus ladanifer</i>	1.1	-	1.1	+	-	+	+	-	-	-	-	-	-	1.4	1.3	-	1.3	8
<i>Cistus salvifolius</i>	1.1	-	+	2.2	+	+	-	-	-	-	-	1.1	1.2	-	-	+	-	8
<i>Ulex parviflorus</i> subsp. <i>africanus</i>	-	+2	-	1.2	-	-	-	-	+2	-	-	-	2.2	-	-	1.1	+	6
<i>Tuberaria major</i>	+2	-	-	+	-	+	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	5
<i>Erica scoparia</i>	1.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
<i>Astragalus lusitanicus</i>	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	2
Autres espèces																		
<i>Lavandula dentata</i>	+	-	-	-	-	+	+	1.1	+	1.2	-	1.1	1.2	-	-	+	-	9
<i>Cistus monspeliensis</i>	-	1.1	-	-	-	-	+	-	+	-	+	2.3	-	-	-	-	-	5
<i>Leuzea conferta</i>	-	+	-	1.1	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	4
<i>Otospermum glabrum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	1.1	1.1	-	-	-	4
<i>Ranunculus millefoliatus</i>	-	-	-	-	-	-	1.1	1.1	-	+	-	-	-	-	-	-	-	3
<i>Calamintha ascendens</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	+	3
<i>Stachys arvensis</i>	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	2
<i>Lotus maroccanus</i>	-	+1	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
<i>Cistus albidus</i>	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	2
<i>Serratula cichoracea</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	+	-	-	-	-	-	2
<i>Sideritis hirsuta</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	+	-	-	-	-	-	2
<i>Genista tricuspdatum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.2	-	-	-	1.1	-	2

TABLEAU 4

Numéro des relevés	1	2	3	4	5	6	7	8	PRESENCES	
Altitude x10	5	10	3	10	14	15	3	51		
Exposition	E	N	N	W	-	N	N	E		
Inclinaison	40	10	60	40	-	10	40	50		
Recouvrement	100	90	90	90	80	80	80	80		
Substrat	G	G	Ca	Ca	Ma	Ma	Fl.	Ca		
Sufaces	100	100	100	100	100	100	100	100		
Espèces caractéristiques d'association, de sous-association et d'alliance										
<i>Quercus coccifera</i>	1.2	+2	+2	3.3	1.2	3.3	2.2	3.3		8
<i>Calicotome villosa</i>	5.5	4.4	3.4	.	1.1	1.1	1.2	.		6
<i>Phillyrea latifolia</i>	+2	.	.	.	+	+	2.2	.	4	
<i>Asparagus aphyllus</i>	1.1	2.2	+2	.	.	.	.	.	3
<i>Aristolochia baetica</i>	2.2	+	+2	.	.	.	.	.	3
<i>Rhamnus oleoides</i> subsp. <i>oleoides</i>	1.2	.	.	.	.	.	.	.	1
Caractéristiques de l'ordre et de la classe										
<i>Arisarum vulgare</i>	1.1	3.3	+	1.2	1.2	+	1.2	1.2	8	
<i>Chamaerops humilis</i>	1.2	2.3	1.2	1.1	1.1	1.1	2.2	.	7	
<i>Pistacia lentiscus</i>	2.2	.	2.3	1.2	+1	+	21.3	3.3	7	
<i>Smilax aspera</i>	.	.	1.2	+	+	+1	1.2	+	6	
<i>Teucrium fruticans</i>	+2	1.2	.	+	3.3	+	.	.	5	
<i>Rubia longifolia</i>	+	+	1.1	.	.	.	.	.	3
<i>Daphne gnidium</i>	+2	.	.	.	.	.	1.1	+1	3
<i>Phillyrea angustifolia</i>	.	+	.	.	+	.	+	.	3	
<i>Melica arrecta</i>	.	.	.	+2	.	+	+	.	3	
<i>Pulicaria odora</i>	.	.	.	1.1	.	+1	1.2	.	3	
<i>Rubia peregrina</i>	.	.	.	.	.	+	.	+	2
<i>Myrtus communis</i>	+	.	.	.	.	.	.	.	1
<i>Clematis flammula</i>	+2	.	.	.	.	.	.	.	1
<i>Juniperus phoenicea</i> subsp. <i>badia</i>	.	+	.	.	.	.	.	.	1
<i>Præium majus</i>	.	.	1.1	.	.	.	.	.	1
<i>Ruscus hypophyllum</i>	.	.	.	.	.	.	+	.	1
<i>Lonicera implexa</i>	.	.	.	.	.	.	+	.	1
Autres espèces										
<i>Cistus monspeliensis</i>	.	.	.	1.2	2.2	+1	1.2	.	4	
<i>Calamintha ascendens</i>	.	.	.	1.1	.	+	1.2	+	4	
<i>Cistus crispus</i>	.	.	.	+	+	+	.	.	3	
<i>Piptatherum miliaceum</i>	.	.	.	.	.	+	1.2	+	3
<i>Urginea maritima</i>	.	+	+	.	.	.	.	.	2
<i>Calicotome intermedia</i>	.	.	.	1.1	+	.	.	.	2	
<i>Cynara histryx</i>	.	.	.	.	+	+1	.	.	2
<i>Asphodelus microcarpus</i>	.	.	.	.	+	1.1	.	.	2

TABLEAU 5

Numéro des relevés	1	2	3	4	5*	6	7	8	9	10	PRESENCES
Altitudes x 10	10	14	15	15	14	10	15	13	14	35	
Exposition	S	N	N	N	SW	NW	NW	N	N	N	
Inclinaison	30	20	20	30	20	20	30	20	30	30	
Recouvrement	50	80	60	70	70	70	90	90	80	40	
Substrats	G	G	Ma	G	G	G	G	G	G	G	
Surfaces	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
Espèces caractéristiques de l'association											
<i>Calicotome villosa</i>	1.1	.	+	+	1.2	1.2	.	1.2	1.2	+	8
<i>Quercus coccifera</i>	2.2	1.1	.	+	+	+	3.3	3.1	+	.	8
<i>Phillyrea latifolia</i>	+	1.1	.	+	.	+	.	.	+	.	5
<i>Asparagus aphyllus</i>	.	+	.	.	+	.	+	+	+	.	5
Espèces différentielles de la variante											
<i>Cistus monspeliensis</i>	2.2	2.2	2.2	2.1	3.2	3.2	+1	2.2	4.4	2.2	10
<i>Erica multiflora</i>	.	.	2.2	.	.	1.1	2.1	+	+	1.1	6
<i>Lavandula stoechas</i>	+	+	+	1.1	.	.	.	.	.	.	4
Espèces caractéristiques de l'ordre et de la Classe											
<i>Pistacia lentiscus</i>	1.1	1.2	+	.	1.1	+	.	3.1	+	+	8
<i>Arisarum vulgare</i>	+	+	.	.	2.1	1.1	+	1.2	1.1	.	7
<i>Chamaerops humilis</i>	1.1	+	1.1	.	.	+	+	+	2.2	.	6
<i>Daphne gnidium</i>	.	.	.	1.1	.	+	+	+	1.1	.	6
<i>Myrtus communis</i>	+	1.2	.	+	.	+	.	+	.	.	5
<i>Teucrium fruticans</i>	+	.	.	+	.	+	.	.	.	.	4
<i>Pulicaria odora</i>	+	.	+	.	+	.	.	2.3	.	.	4
<i>Smilax aspera</i>	.	.	.	+	.	.	+	.	+	.	4
<i>Olea europea subsp. sylvestris</i>	.	+	+	.	+	.	.	.	.	.	3
<i>Erica arborea</i>	.	.	.	+	.	.	1.1	.	.	.	3
<i>Eryngium tricuspdatum</i>	.	.	1.1	.	.	.	.	.	+	.	2
<i>Oxyris lanceolata</i>	.	.	.	+	.	.	.	.	.	+	2
<i>Brachypodium retusum</i>	.	.	.	.	.	.	1.2	.	1.1	.	2
<i>Geranium purpureum</i>	.	.	.	.	+	.	+	.	.	.	2
<i>Rubia peregrina</i>	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	2
<i>Aristolochia longa</i>	.	.	.	.	.	1.1	.	.	.	.	1
<i>Juniperus oxycedrus</i>	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	1
Espèces caractéristiques des CISTO-LAVANDEULETEA et des autres matorrals											
<i>Cistus crispus</i>	.	.	2.1	2.1	.	+	.	+	+	1.1	6
<i>Fumana ericoidea</i>	.	+	1.1	+	.	.	.	.	.	.	3
<i>Satureia graeca</i>	.	.	.	.	.	1.1	+	.	.	1.1	3
<i>Cytinus hypocistis</i>	.	.	.	.	+	.	.	+	+	.	3
<i>Cistus salvifolius</i>	.	.	.	+	.	.	.	.	.	+	2
<i>Cistus varius</i>	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
<i>Ulex baeticus</i>	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
<i>Cistus ladanifer</i>	.	.	.	2.1	.	.	.	.	.	.	1
<i>Erica scoparia</i>	.	.	.	2.1	.	.	.	.	.	.	1
<i>Cistus albidus</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.1	
Autres espèces											
<i>Calamintha ascendens</i>	+	.	+	+	+	1.1	1.1	+	1.1	+	9
<i>Inula viscosa</i>	+	.	.	.	.	1.1	1.1	+	.	+	6
<i>Ranunculus paludosus</i>	+	1.1	+	.	.	.	.	+	+	.	5
<i>Sanguisorba minor</i>	+	1.1	.	.	.	.	.	+	1.1	.	5
<i>Cynara humilis</i>	.	2.1	+	.	.	+	+	.	+	.	5
<i>Picris eucleata</i>	+	+	.	.	1.1	+	.	.	.	.	4
<i>Carlina involucreta</i>	+	+	+	+	.	.	.	.	.	.	4
<i>Hyoseris radiata</i>	+	.	.	.	.	+	.	+	+	.	4
<i>Lotus corniculatus</i>	+	+	+	.	.	.	.	.	.	.	3
<i>Tuberaria guttata</i>	.	.	+	+	.	.	.	.	.	.	3
<i>Piptatherum miliaceum</i>	.	.	.	.	.	+	3.1	1.1	.	.	3
<i>Carex halleriana</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	+	1.1	3
<i>Andropogon distachyus</i>	+	.	+	.	.	.	.	.	.	.	2
<i>Phlago gallica</i>	+	.	.	+	.	.	.	.	.	.	2
<i>Plantago serraria</i>	+	.	.	1.1	.	.	.	.	.	.	2
<i>Oenanthopus compressus</i>	+	.	.	.	+	.	.	.	.	.	2
<i>Andryala sinuata</i>	.	.	+	.	.	.	.	.	.	+	2
<i>Carex flacca</i>	.	.	.	.	1.1	.	.	.	+	.	2
<i>Centaurium umbellatum</i>	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	2

TABLEAU 6

Numéro des relevés		Altitudes x 10		Exposition		Inclinaison		Recouvrement		Substrat		Surfaces		Présences	
1	2	3*	3*	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Espèces caractéristiques des PISTACIO-RHAMNETHALIA															
Buxus balearica	3-3	3-4	4-4	4-4	3-3	4-5	3-4	4-4							8
Digitalis lacinata	1-1	1-1	+	1-1	1-1	+	1-1	1-1							6
Ruscus hypophyllum	.	.	+	+	+	+	+2	1-1							5
Juniperus phoenicea	.	.	+	.	.	.	.	.							3
Acanthus mollis	.	.	1-1	1-2	.	.	.	.							2
Helleborus foetidus	.	.	+	1-1	.	.	.	.							2
Espèces caractéristiques des PISTACIO-RHAMNETHALIA															
Pistacia lentiscus	4-4	2-3	2-2	2-3	3-3	2-2	3-4	2-2							8
Quercus coccifera	.	+	2-3	2-3	1-1	+	1-2	1-2							6
Euphorbia gibraltarica	.	.	1-1	1-1	1-1	+	1-2	.							5
Rhamnus alaternus	1-1	1-1	+	1-2	.	+	.	1-2							5
Melica major	1-1	1-1	+	.	.	+	.	.							4
Euphorbia characias	1-1	1-1	.	.	.	.	.	.							4
Ampelodesmos mauritanica	2-3	1-2	.	.	1-1	+	+2	.							4
Pistacia terebinthus	2-3	.	.	.	1-1	+	.	.							2
Tetraclinis articulata	1-2	.	.	.	.	.	1-2	.							2
Rhamnus oleoides subsp. oleoides	.	+	.	.	.	.	1-1	1-1							2
Prasium majus	.	+	.	.	.	.	.	.							1
Espèces caractéristiques des QUERCETALIA ILICIS															
Olea europaea subsp. silvestris	1-2	1-2	1-1	1-1	.	1-1	+2	1-2							7
Smilax aspera	.	1-1	.	1-1	+	1-1	.	1-1							4
Asparagus acutifolius	.	1-1	+	1-2	.	1-1	.	1-1							3
Arisarum vulgare	.	+	.	.	.	+	1-1	.							3
Taucrium fruticosum	1-1	.	1-1	1-1	.	.	.	.							3
Daphne gnidium	.	.	+	.	1-1	+	.	.							3
Juniperus oxycedrus	.	.	.	.	.	+	.	.							1
Rubia peregrina subsp. peregrina	.	.	.	.	.	1-2	.	.							1
Crataegus monogyna	.	.	.	.	.	.	1-2	.							1
Lonicera impleta	.	.	.	.	.	.	+	+2							1
Autres espèces															
Origanum grossifolium	1-2	.	1-1	.	.	+	.	1-1							4
Artemisia italica	.	.	+	+	.	.	.	+							3
Bryonia dioica	.	.	1-1	1-1	.	.	.	1-1							3
Cistus albidus	+	.	.	.	.	+	.	.							2
Hedera helix	.	.	+	1-3	.	.	.	.							2
Piptatherum miliaceum	.	.	.	.	1-1	1-1	.	.							2

TABLEAU N° 7

Numéro des relevés		Altitudes x 10		Exposition		Inclinaison		Recouvrement		Substrat		Surfaces		Présences	
1	2	3*	3*	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Espèces différenciatrices de la variante															
Lavandula dentata	1-1	1-1	2-1	1-2	2-2	1-1	+	+							8
Phlomis caballerof	.	.	.	.	2-2	2-3	.	1-1							5
Espèces caractéristiques des QUERCETALIA ILICIS															
Tetraclinis articulata	+	+	+	2-2	+	1-1	2-2	1-1							8
Pistacia lentiscus	+	3-2	2-2	2-2	2-3	2-3	2-3	1-1							8
Calicotome loricata	+	1-1	+	.	1-1	2-3	1-1	2-1							7
Chamaerops humilis	+	1-1	1-2	+2	.	+	1-2	+							7
Arisarum vulgare	+	1-1	+2	.	.	1-1	+	1-2							7
Olea europaea subsp. silvestris	.	.	+	.	.	.	.	.							3
Daphne gnidium	.	.	+	.	.	.	.	.							2
Melica arctica	.	.	.	.	+	.	.	.							2
Ostrya lanceolata	.	.	+	.	.	.	.	.							1
Rubia peregrina	.	.	+	.	.	.	.	.							1
Taucrium fruticosum	.	.	.	.	.	.	.	.							1
Asparagus aphyllus	.	.	.	.	.	.	.	.							1
Ephedra fragilis	.	.	.	.	.	.	.	.							1
Prasium majus	.	.	.	.	.	.	.	.							1
Espèces des matrisis															
Cistus monnensis	+	1-1	.	3-2	1-1	.	1-1	3-3							7
Cistus albidus	.	.	.	.	.	.	.	.							3
Erica multiflora	.	.	.	.	.	.	.	.							3
Viola arvensis	.	1-1	.	1-1	.	.	.	.							2
Taucrium polium	1-1	.	.	.	.	.	.	.							1
Fumana thymifolia	+	.	.	.	.	.	.	.							1
Globularia alypum	.	.	.	.	.	.	.	.							1
Autres espèces															
Brachypodium retusum	.	.	.	.	2-3	1-1	2-3	.							4
Patiens spinescens	+	.	1-2	.	.	.	.	.							2
Phagnalon saxatile	.	.	.	.	.	.	.	.							2

TABLEAU N°8

Numéro des relevés	1	2*	3	4	5	6	7	8	
Altitude x 10	32	8	8	20	18	10	12	25	
Exposition	E	E	S	S	S	S	S	S	
Inclinaison	5	15	10	10	10	10	10	10	
Recouvrement	70	100	100	100	90	100	90	90	
Substrat	Ca	G	G	Ca	Ca	Ca	Ca	Ma	
Surfaces	100	100	100	100	100	100	100	100	
Espèces caractéristiques de l'association et de l'alliance									
<i>Olea europea</i> subsp. <i>sylvestris</i>	3.4	3.4	4.4	2.4	1.2	2.3	2.4	3.4	8
<i>Withania frutescens</i>	3.3	2.2	1.2	2.2	1.2	2.2	1.2	2.3	8
<i>Calicotome intermedia</i>	2.3	3.3	2.1	+	+	1.2	+	.	7
<i>Arisarum simorhinum</i>	+	1.2	+	1.2	1.1	.	.	.	5
<i>Asparagus altissimus</i> var. <i>altissimus</i>	.	3.4	+	.	1.2	.	.	1.2	4
<i>Tetraclínia articulata</i>	1.2	.	.	.	.	1.1	1.1	.	3
<i>Lycium intricatum</i>	.	.	.	+	+	.	.	1.2	3
<i>Rhus pentaphylla</i>	.	3.4	1.1	.	.	.	.	1.2	3
<i>Rhamnus oleoides</i> var. <i>oleoides</i>	.	.	.	.	.	1.2	+	.	2
Espèces caractéristiques de l'ordre et de la classe									
<i>Ephedra fragilis</i>	1.2	1.2	1.3	.	2.3	.	+	1.2	6
<i>Pistacia lentiscus</i>	.	1.3	4.4	4.4	4.4	3.4	3.3	.	6
<i>Asparagus stipularis</i>	1.2	.	.	1.2	.	1.1	1.2	2.2	5
<i>Asparagus albus</i>	.	2.2	1.2	.	.	+	+	.	4
<i>Ziziphus lotus</i>	.	+	1.1	.	.	.	.	2.3	3
<i>Ceratonía stliqua</i>	.	.	.	2.2	1.3	+2.	.	.	3
<i>Smilax mauritanica</i>	.	.	.	2.3	.	1.2	+	.	3
<i>Rubia longifolia</i>	.	.	.	1.3	+	1.2	.	.	3
<i>Lonicera implexa</i>	.	.	.	1.1	.	1.1	.	.	2
<i>Aristolochia baetica</i>	.	.	.	+2.	.	.	1.2	.	2
<i>Ephedra altissima</i>	.	.	.	2.2	.	1.1	.	.	2
<i>Phillyrea latifolia</i>	.	.	.	.	.	1.2	+	.	2
<i>Asparagus acutifolius</i>	.	.	.	.	.	1.1	1.1	.	2
<i>Quercus coccifera</i>	.	.	.	.	.	2.2	1.2	.	2
<i>Pinus halepensis</i>	.	.	.	.	.	+	1.1	.	2
<i>Rhamnus alaternus</i>	.	.	.	.	.	+	.	.	1
<i>Phillyrea media</i>	.	.	.	.	.	1.2	.	.	1
Compagnes									
<i>Ballota hispanica</i>	1.2	.	.	.	2.1	1.1	+	2.2	5
<i>Lavandula dentata</i>	1.1	1.1	2.1	.	.	1.2	.	2.3	5
<i>Fagonia cretica</i>	.	1.2	1.1	1.2	+	.	.	1.2	5
<i>Urginea maritima</i>	+	2.1	1.1	+	.	.	.	.	4
<i>Orizopsis coerulescens</i>	.	2.3	1.2	.	1.1	2.3	.	.	4
<i>Melica major</i>	.	1.1	+	.	.	+1	.	1.2	4
<i>Orizopsis miliacea</i>	2.3	.	.	2.2	.	.	.	2.2	3
<i>Dactylis glomerata</i>	+	1.2	1.1	.	.	.	.	.	3
<i>Trachynia distachya</i>	.	+	.	.	.	.	.	1.2	2
<i>Asphodelus microcarpus</i>	.	.	+	1.1	.	.	.	.	2

TABLEAU N° 9

Numéro des relevés	1	2	3	4*	5	6	7	8*	9	10		PRESENCES
Altitude x 10	1	1	2	2	1	2	2	2	2	2		
Exposition	W	W	W	W	E	NE	N	N	N	N		
Inclinaison	5	-	10	5	5	5	10	-	-	5		
Recouvrement	90	95	80	70	80	80	80	70	70	80		
Substrat	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S		
Surfaces	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100		
Espèces caractéristiques d'associations et d'alliance												
<i>Juniperus phoenicea</i> subsp. <i>turbinata</i>	5.5	5.5	4.4	2.2	4.4	3.4	4.4	2.2	2.3	4.5	+	11
<i>Clematis cirrhosa</i>	3.3	3.2	2.3	2.2	2.2	2.2	.	.	.	.	.	6
<i>Ephedra fragilis</i>	.	.	.	.	+2	+2	2.3	1.2	1.2	2.3	3.3	7
<i>Rhamnus oleoides</i> subsp. <i>rotundifolia</i>	.	.	.	.	.	.	1.2	1.2	1.2	2.3	.	4
Caractéristiques des unités supérieures												
<i>Pistacia lentiscus</i>	+2	+2	2.3	2.2	+2	1.2	2.3	3.3	2.2	2.3	2.2	11
<i>Phillyrea media</i>	.	.	+2	3.3	2.2	2.2	1.2	4.4	4.4	4.4	3.3	9
<i>Rubia longifolia</i>	.	.	.	.	.	1.1	1.2	1.2	1.1	1.1	.	5
<i>Asparagus acutifolius</i>	.	.	.	.	.	.	+1	1.2	1.2	1.2	+	5
<i>Asparagus albus</i>	+1	1.1	1.2	.	.	.	.	.	.	.	.	3
<i>Smilax mauritanica</i>	.	.	.	.	.	.	1.2	+2	1.1	.	.	3
<i>Rhamnus oleoides</i> subsp. <i>oleoides</i>	.	.	.	+2	.	+2	.	.	.	.	.	2
<i>Lycium intricatum</i>	.	.	.	.	.	.	1.2	.	.	.	.	2
<i>Daphne gnidium</i>	.	.	.	.	.	.	.	+2	+	.	.	2
<i>Chamaerops humilis</i>	.	.	.	.	.	.	.	+2	+	.	.	2
<i>Calicotome intermedia</i>	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	2
<i>Prasium majus</i>	.	.	.	+2	.	.	.	.	.	.	.	1
<i>Olea europea</i> subsp. <i>sylvestris</i>	.	.	.	.	+2	.	.	.	.	.	.	1
<i>Arisarum vulgare</i>	.	.	.	.	+2	.	.	.	.	.	.	1
Autres espèces												
<i>Retama monosperma</i>	+2	1.1	.	.	.	.	1.1	.	1.2	+	3.3	6
<i>Urtica caudata</i>	2.2	2.2	.	2.2	2.2	.	.	.	.	.	.	4
<i>Centaurea aspera</i>	.	.	.	.	.	.	+2	1.1	+	1.2	.	4
<i>Parietaria mauritanica</i>	.	.	.	2.2	2.2	.	.	.	.	.	.	2

TABLEAU N° 10

Numéro des relevés	1	2	3*	4	5	6	7	8	PRESENCES
Altitude x 10	140	110	135	130	150	120	140	122	
Exposition	NE	W	E	N	N	E	NE	NW	
Inclinaison	30	30	40	40	25	35	30	40	
Recouvrement	50	60	50	50	80	60	40	70	
Substrat	Sh	Sh	Sh	Sh	Sh	Sh	Sh	Sh	
Surfaces	100	100	100	100	100	100	100	100	
Espèces caractéristiques									
<i>Ononis speciosa</i>	2.1	3.2	2.1	3.4	1.1	.	.	2.2	6
<i>Cytisus grandiflorus</i> subsp. <i>barbarus</i>	.	.	1.1	.	2.2	+	1.1	1.1	5
Espèces caractéristiques des unités supérieures									
<i>Quercus rotundifolia</i>	.	2.3	.	3.4	3.4	2.2	2.3	+	6
<i>Origanum elongatum</i>	2.2	1.1	1.1	+	.	1.2	.	2.2	6
<i>Juniperus oxycedrus</i>	1.1	1.2	1.1	.	+	.	.	+	5
<i>Tetraclinis articulata</i>	2.2	.	2.2	.	.	.	.	.	2
<i>Pinus halepensis</i>	3.2	.	2.2	.	.	.	.	.	2
<i>Brachypodium retusum</i>	1.1	.	+	.	.	.	.	.	2
<i>Calicotome intermedia</i>	+	.	+	.	.	.	.	.	2
<i>Galium tunetanum</i>	.	.	.	+	1.1	.	.	.	2
<i>Pinus pinaster</i> subsp. <i>maghrebiana</i>	.	.	.	.	.	3.2	4.4	.	2
<i>Clematis flammula</i>	+	.	.	.	.	.	.	.	1
<i>Pistacia lentiscus</i>	.	.	2.2	.	.	.	.	.	1
<i>Festuca triflora</i>	.	.	.	.	+	.	.	.	1
<i>Asparagus acutifolius</i>	.	.	.	.	.	1.1	.	.	1
Espèces liées aux matorrals									
<i>Cistus albidus</i>	.	1.2	.	2.3	1.2	1.2	1.1	1.2	6
<i>Anthyllis cytisoides</i>	1.1	2.2	1.1	2.3	.	.	.	.	4
<i>Ulex baeticus</i>	.	.	.	.	1.2	1.2	2.1	.	3
<i>Cistus atlanticus</i>	.	.	.	.	.	+	2.2	+	3
<i>Globularia alypum</i>	1.2	.	1.2	.	.	.	.	.	2
<i>Cistus ladaniferus</i>	.	.	.	.	.	+	.	3.4	2
<i>Asperula hirsuta</i>	+	.	+	.	.	.	.	.	2
<i>Genista erioclada</i>	.	.	.	.	.	.	.	2.2	1
Autres espèces									
<i>Senecio linifolius</i>	.	.	.	+	1.1	1.2	+	1.1	5
<i>Carex halleriana</i>	1.1	.	+	.	.	.	+	.	3
<i>Saxifraga globulifera</i>	.	1.1	.	+	1.1	.	.	.	3
<i>Cynosurus elegans</i>	.	.	.	.	1.1	+	1.1	.	3
<i>Phagnalon rupestre</i>	1.1	.	1.1	.	.	.	.	.	2
<i>Sedum altissimum</i>	.	.	+	.	+	.	.	.	2
<i>Festuca yvesii</i>	.	.	.	.	1.1	2.2	.	.	2

TABLEAU 11

Numéro des relevés	1	2	3	4*	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	PRESENCES
Altitudes x 10	5	15	31	12	30	45	35	12	35	15	4	10	10	12	
Exposition	N	N	N	N	N	NE	S	S	W	N	W	S	S	N	
Inclinaison	20	20	30	30	40	60	20	50	30	20	40	40	50	40	
Recouvrement	70	70	100	70	70	70	70	50	60	90	80	60	70	90	
Substrat	G	G	G	G	G	MS	MS	G	G	MS	G	G	G	G	
Surface	50	50	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
Espèces caractéristiques															
<i>Erica scoparia</i>	2.3	.	2.3	1.1	2.1	2.3	.	2.2	1.1	2.2	+	3.3	1.1	1.1	12
<i>Calluna vulgaris</i>	1.2	2.2	1.1	2.1	1.1	+2	3.3	1.2	.	+	.	.	.	.	9
<i>Halimium lasianthum</i> subsp. <i>lasianthum</i>	+2	3.4	.	.	.	+	.	.	+	.	.	.	.	.	4
<i>Halimium lasiocalycinum</i> subsp. <i>lasiocalycinum</i>	.	.	+	+	.	.	1.2	.	.	.	.	.	.	.	3
<i>Genista triacanthos</i>	.	.	+	+	.	.	.	.	.	.	2.2	.	.	.	2
<i>Genista tridens</i>	.	1.2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
<i>Halimium ocymoides</i>	+2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
Espèces des CALLUNO-ULICETEA															
<i>Lithodora diffusa</i> subsp. <i>lusitanica</i>	.	.	+1	+	+	+	.	+	+	+	+	.	+	+	10
<i>Stauracanthus boivini</i> subsp. <i>boivini</i>	.	1.1	1.1	+	+	.	.	+	1.2	.	.	1.1	.	1.1	8
<i>Erica australis</i> subsp. <i>riphaea</i>	.	1.2	.	.	+	1.1	2.3	.	.	1.1	.	.	.	.	5
<i>Genista tridentata</i> subsp. <i>tridentata</i>	+2	.	1.2	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.1	4
<i>Tuberaria lignosa</i>	.	1.1	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3
<i>Agrostis setacea</i>	.	.	+	+	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	3
<i>Simethis planifolia</i>	.	.	+	+	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	3
<i>Erica umbellata</i>	+2	1.2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2
<i>Thymelaea villosa</i>	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
Espèces des CISTO-LAVANDULETEA															
<i>Lavandula stoechas</i>	2.2	2.2	.	+	.	+1	.	+	+1	1.2	1.1	+	+1	.	10
<i>Cistus salvifolius</i>	.	1.2	.	.	1.1	+	+	+	+	1.2	+	.	1.2	1.2	10
<i>Cistus crispus</i>	1.1	+2	.	.	.	3.3	3.3	.	1.2	3.3	+	+	+	.	9
<i>Cistus ladaniferus</i>	.	.	3.3	2.2	2.2	.	+	2.2	.	.	2.2	2.2	3.3	4.4	9
<i>Cistus populifolius</i>	4.4	.	1.2	2.1	1.1	.	2.2	.	1.2	.	.	.	.	.	6
<i>Cytinus hypocisticus</i>	+2	+2	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	3
<i>Polygala baetica</i> subsp. <i>baetica</i>	.	.	.	.	+	.	.	.	+	.	.	+	.	.	3
<i>Cistus nigricans</i>	.	.	.	.	3.2	1.1	.	.	.	.	.	.	.	.	2
<i>Halimium hallifolium</i>	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	1
<i>Cistus monspeliensis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	1.1	.	.	.	.	.	1
<i>Cistus varius</i>	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	1
Espèces du QUERCION FRUTICOSAE															
<i>Scilla monophyllos</i>	.	.	1.1	.	+	.	.	.	.	+	1.1	.	.	.	4
<i>Quercus fruticosa</i>	.	.	.	1.1	.	.	.	.	1.1	.	.	.	.	+	3
<i>Teucrium baeticum</i>	.	.	.	.	+	+	1.1	.	.	.	.	.	.	.	3
<i>Serratula baetica</i>	.	.	1.2	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2
Espèces des QUERCETEA ILICIS															
<i>Pulicaria odora</i>	.	1.1	.	1.1	+	.	.	1.1	.	1.1	+	+	+	1.1	9
<i>Pistacia lentiscus</i>	+2	.	1.1	+	+	.	.	.	+	.	+	+	+	+	8
<i>Phillyrea angustifolia</i>	.	+2	.	.	+	1.1	.	2.2	1.1	+	2.2	+	+	+	8
<i>Daphne gnidium</i>	.	.	.	.	+	.	.	.	+	.	.	1.1	+	1.1	6
<i>Smilax aspera</i>	.	.	.	.	+	+	.	.	+	.	.	.	.	.	6
<i>Erica arborea</i>	.	1.2	.	.	1.1	1.1	1.2	+	.	.	.	.	.	.	5
<i>Teucrium fruticans</i>	.	.	.	+	.	.	.	.	+	.	.	.	.	+	5
<i>Calicotome villosa</i>	.	.	.	1.1	.	.	.	.	.	.	.	1.1	+	1.1	5
<i>Chamaerops humilis</i>	+2	.	.	.	.	.	.	1.1	1.2	.	+1	.	.	+	5
<i>Arbutus unedo</i>	.	.	.	+	.	.	+2	.	+	.	.	.	.	+	4
<i>Quercus suber</i>	.	.	.	.	+	.	.	+	.	.	.	.	.	+	4
<i>Quercus coccifera</i>	.	.	.	.	+	.	.	.	.	1.2	.	.	1.1	.	3
<i>Myctus communis</i>	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	+	2
<i>Juniperus phoenicea</i> subsp. <i>badia</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.1	1.2	.	.	2
<i>Osyris lanceolata</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	2
<i>Arisarum vulgare</i>	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
<i>Rubia peregrina</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	1
<i>Cytisus triflorus</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+1	1
Autres espèces															
<i>Tolpis barbata</i>	.	.	+	.	.	+	+	+	.	.	.	.	.	.	4
<i>Hypacchia hirta</i>	+2	.	.	.	.	.	.	+	.	.	+	+	.	.	4
<i>Sanguisorba minor</i>	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	+	+	.	.	4
<i>Bellis sylvestris</i>	.	.	.	.	1.2	1.1	.	.	.	.	.	.	.	+	4
<i>Betonica officinalis</i>	.	.	1.2	1.1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	3
<i>Garex halleriana</i>	.	.	.	.	+	.	.	.	.	+	.	.	1.1	.	3
<i>Inula viscosa</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	+	3
<i>Pteridium aquilinum</i>	.	.	.	.	1.1	.	.	.	.	1.1	.	.	.	+	3
<i>Scilla peruviana</i>	.	.	.	.	+	.	.	+	.	.	.	.	.	.	2
<i>Urginea maritima</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	2
<i>Hyoseris cadlata</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.2	.	.	.	+	2
<i>Carlina involucreta</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	2

TABLEAU 12

Numéro des relevés	1*	2	3	4	5	PRESENCES
Altitudes x 10	13	14	14	15	16	
Exposition	SW	W	W	W	SW	
Inclinaison	25	30	30	30	25	
Recouvrement	50	60	60	80	60	
Substrat	G	G	G	G	G	
Surface	50	100	100	40	50	
Espèces caractéristiques						
<i>Drosophyllum lusitanicum</i>	2.3	1.1	3.3	2.1	2.3	5
<i>Stauracanthus boivini</i> subsp. <i>boivini</i>	1.2	1.1	+2	+1	+2	5
Espèces caractéristiques des CALLUNO-ULIGETEA						
<i>Erica umbellata</i>	1.2	.	1.2	.	.	2
Espèces des CISTO-LAVANDULETEA						
<i>Cistus crispus</i>	2.2	3.3	2.2	3.3	2.2	5
<i>Lavandula stoechas</i>	1.2	2.1	.	2.3	+2	4
<i>Tuberaria lignosa</i>	+	.	1.1	.	.	2
Autres espèces						
<i>Cistus monspeliensis</i>	1.2	+	1.1	+	1.2	5
<i>Chamaerops humilis</i>	+	+	+	+	.	4
<i>Inula viscosa</i>	1.1	+	1.1	.	.	3
<i>Tolpis umbellata</i>	2.2	.	1.2	1.1	.	3
<i>Briza maxima</i>	1.1	.	1.1	.	.	2
<i>Hyparrhenia podotricha</i>	1.2	.	.	.	2.2	2
<i>Daphne gnidium</i>	.	+	.	+	.	2
<i>Andryala integrifolia</i>	+	.	.	.	.	1
<i>Ornithogalum umbellatum</i>	.	+	.	.	.	1
<i>Pulicaria odora</i>	.	+	.	.	.	1
<i>Erica arborea</i>	.	.	+	.	.	1
<i>Scilla monophylla</i>	.	.	.	+	.	1
<i>Corynephorus canescens</i>	.	.	.	+	.	1

TABLEAU 13

Numéro des relevés	1	2*	3	4	5	6	7	8	PRESENCES
Altitude x 10	33	16	16	17	17	18	34	34	
Exposition	W	N	N	NE	NE	N	W	S	
Inclinaison	5	5	5	10	5	10	5	5	
Recouvrement	60	70	80	70	80	70	60	80	
Substrat	S	S	S	S	S	S	G	G	
Surface	100	40	50	100	100	100	100	100	
Espèces caractéristiques d'association et des unités supérieures									
<i>Halimium halimifolium</i> subsp. <i>multiflorum</i>	2.1	3.4	2.3	1.2	2.3	3.4	+	+	8
<i>Erica umbellata</i>	1.1	3.4	4.5	1.2	4.4	3.4	2.2	.	7
<i>Calluna vulgaris</i>	.	2.2	2.2	.	2.2	2.3	.	+	5
<i>Erica scoparia</i>	.	.	.	.	.	.	.	4.5	1
Espèces caractéristiques des CISTO-LAVANDULETEA									
<i>Tuberaria vulgaris</i>	+	1.1	+	.	1.1	1.1	1.1	+	7
<i>Cistus salvifolius</i>	+	2.2	.	1.2	2.2	.	1.1	.	5
<i>Lavandula stoechas</i>	+	.	.	.	.	.	.	1.1	2
<i>Adenocarpus telonensis</i>	.	1.2	.	+2	.	.	.	.	2
<i>Cytinus hypocistis</i>	.	.	+	.	.	.	.	.	1
Espèces caractéristiques des QUERCETEA ILICIS									
<i>Quercus suber</i>	+	+	+	1.2	.	+	+	+	7
<i>Arbutus unedo</i>	1.1	1.2	+	1.2	.	1.1	1.1	.	6
<i>Chamaerops humilis</i>	.	1.2	1.2	1.2	+2	+2	+	.	6
<i>Erica arborea</i>	2.2	1.2	+	2.3	.	1.1	1.1	.	6
<i>Myrtus communis</i>	+	1.2	.	2.2	.	1.2	.	1.1	5
<i>Phillyrea angustifolia</i>	.	+	.	.	.	2	1.1	+	4
<i>Osyris alba</i>	.	1.2	.	1.1	.	1.2	.	.	3
<i>Daphne gnidium</i>	.	+2	.	1.1	.	1.2	.	.	3
<i>Teucrium fruticans</i>	+	.	.	2	.	.	.	.	2
<i>Phillyrea latifolia</i>	+	.	.	.	.	.	.	.	1
<i>Osyris lanceolata</i>	.	.	.	1.2	.	.	.	.	1
<i>Pistacia lentiscus</i>	.	.	.	.	.	+	.	.	1
Autres espèces									
<i>Pteridium aquilinum</i>	2.1	2.2	2.3	.	.	2.2	2.3	.	5
<i>Andryala sinuata</i>	+	.	.	1.2	.	.	.	.	2
<i>Tuberaria guttata</i>	.	+	.	.	.	+	.	.	2

TABLEAU 14

Numéro des relevés	1*	2	3	4	5	6	PRESENCES
Altitudes x 10	13	13	34	25	35	36	
Exposition	W	E	W	W	SW	S	
Inclinaison	10	10	-	5	5	-	
Recouvrement	80	100	80	80	80	60	
Substrat	T	T	T	T	T	T	
Surface	30	50	30	50	50	50	
Espèces caractéristiques et différentielles							
<i>Erica ciliaris</i>	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	1.1	6
<i>Potentilla erecta</i>	2.2	2.2	+	1.2	1.1	2.2	6
<i>Genista anglica</i>	3.3	2.3	+	+	+	+	5
<i>Osmunda regalis</i> subsp. plumieri	1.2	+	.	.	.	1.2	3
<i>Anagallis crassifolia</i>	1.2	+	.	.	.	.	2
Autres espèces des CALLUNO-ULICETEA							
<i>Erica scoparia</i>	.	.	+	1.1	+	+	4
<i>Agrostis setacea</i>	1.1	1.1	.	.	.	.	2
<i>Calluna vulgaris</i>	.	.	+	+	.	.	2
<i>Halimium halimifolia</i> subsp. multiflorum	.	+	.	.	.	.	1
Autres espèces							
<i>Schoenus nigricans</i>	.	.	+	+	1.2	+	4
<i>Inula viscosa</i>	.	.	+	+	+	+	4
<i>Cistus salvifolius</i>	1.2	+	+1	.	.	.	3
<i>Myrtus communis</i>	2.3	1.2	.	.	.	.	2
<i>Pteridium aquilinum</i>	2.3	2.3	.	.	.	.	2
<i>Isaetes histrix</i>	1.1	+2	.	.	.	.	2
<i>Myosotis sicula</i>	+	+	.	.	.	.	2
<i>Heleocharis multiculmis</i>	1.2	+	.	.	.	.	2
<i>Carex distans</i>	1.2	+	.	.	.	.	2
<i>Agnostis stolonifera</i>	1.1	1.2	.	.	.	.	2
<i>Sphagnum</i> esp.	+2	+2	.	.	.	.	2

Numéro des relevés	1	2	3*	4	5	6	7	8	9*	10	11	12	13	14	P
Altitudes x 10	125	123	131	148	124	131	149	148	122	122	120	126	120	122	
Exposition	N	N	NE	S	N	NE	S	NE	SE	N	W	SE	NE	N	
Inclinaison	20	25	30	30	20	40	30	30	25	20	30	25	20	25	
Recouvrement	80	70	70	70	60	80	70	70	60	60	70	90	50	80	
Substrat	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	
Surfaces	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
Espèces caractéristiques de l'association et de l'alliance															
<i>Cistus populifolius</i> subsp. major	22	12	2.3	22	.	11	22	12	33	33	33	12	11	+	13
<i>Cistus varius</i>	2.3	2.3	23	22	12	11	12	.	.	33	.	.	.	+	10
<i>Cistus nigricans</i>	12	.	23	22	.	+	22	.	2.3	.	.	.	.	33	8
<i>Arenaria montana</i>	+1	11	11	.	+2	.	.	.	.	.	11	11	11	.	9
<i>Halimium lasiocalycinum</i> var. angustifolium	.	11	.	+	.	.	.	.	.	.	11	.	.	.	4
Différentielles de la sous-association															
<i>Teucrium afrum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	11	11	11	+	.	11	5
<i>Bupleurum foliosum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	11	11	.	.	.	11	3
<i>Genista tridentata</i> subsp. gomarica	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	+	2
<i>Serratula cichoracea</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	11	.	3
<i>Felina monspessulana</i> var. kuntzeana	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	12	.	.	.	3
<i>Jasione montana</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	+	21	.	11	.	+	5
Caractéristiques de l'ordre															
<i>Halimium lasiocalycinum</i> subsp. rhiphaeum	34	22	12	.	22	22	.	33	22	.	.	+	22	.	9
<i>Halimium atlanticum</i>	.	.	.	.	.	.	.	12	.	.	.	.	.	.	1
<i>Halimium rhiphaeum</i> x <i>atlanticum</i>	.	.	12	+	.	+2	.	12	.	.	.	.	.	.	4
<i>Genista quadriflora</i>	.	.	.	.	.	.	.	23	.	.	.	.	.	.	2
<i>Polygala baetica</i> var. <i>sennenii</i>	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	2
Caractéristiques des															
CISTO-LAVANDULETEA															
<i>Cistus crispus</i>	12	+	34	11	33	44	.	.	23	.	22	41	21	.	10
<i>Lavandula stoechas</i>	23	22	12	22	.	+	22	.	23	.	.	.	33	+	9
<i>Cistus salvifolius</i>	2.3	2.3	.	.	.	22	11	11	22	11	22	12	.	+	10
<i>Cytinus hypocyrtus</i>	.	+	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2
<i>Halimium viscosum</i>	+	.	.	.	+2	+	+	12	.	.	.	.	.	.	5
<i>Tuberaria major</i>	12	.	.	12	+	+2	.	12	12	.	.	11	12	.	8
<i>Adenocarpus telonenis</i>	.	11	.	12	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2
Espèces caractéristiques des QUERCETEA															
ULICIS (sensu lato)															
<i>Arbutus unedo</i>	+	11	.	.	.	.	.	.	22	33	.	+	11	44	7
<i>Quercus suber</i>	+	.	.	.	11	.	.	.	11	22	12	+	+	+	8
<i>Cytisus triflorus</i>	+1	12	12	.	12	+	1.1	11	11	12	12	.	+	11	12
<i>Pulicaria odora</i>	.	.	.	12	.	.	.	.	.	11	11	.	+	11	6
<i>Quercus rotundifolia</i>	.	.	.	+	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	2
<i>Avenula sulcata</i>	.	.	.	11	.	+	12	.	.	12	.	.	.	.	4
<i>Luzula baetica</i>	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	11	.	.	2
<i>Scilla monophylla</i>	.	.	11	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.	.	3
<i>Erica arborea</i>	.	+2	12	.	.	.	.	.	11	23	11	23	.	+	7
Espèces caractéristiques des QUERCETEA PUBESCENTIS															
QUERCETEA PUBESCENTIS															
<i>Quercus pyrenaica</i>	11	23	13	11	12	12	33	11	11	.	.	.	.	+	10
<i>Quercus canariensis</i>	+1	.	.	.	.	.	11	.	.	.	.	.	.	.	2
<i>Galium ellipticum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	11	.	11	.	.	2
Autres espèces															
<i>Asphodelus cerasifer</i>	+	.	11	12	+1	11	22	12	11	.	.	+	12	.	10
<i>Sedum forsterianum</i>	21	12	.	11	.	22	+	.	.	.	.	12	.	.	6
<i>Anthemis pedunculata</i>	11	+	.	+2	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	4
<i>Bellis silvestris</i>	11	12	.	.	.	.	.	.	.	.	12	.	.	.	3
<i>Ranunculus paludosus</i>	11	11	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2
<i>Arenaria pomelii</i>	.	+1	11	.	+2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3
<i>Lotus corniculatus</i>	.	11	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3
<i>Andryala integrifolia</i>	+	.	.	.	+1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3
<i>Echium flavum</i>	.	+	.	.	+	.	.	.	.	.	12	.	.	.	3
<i>Seriola laevigata</i>	11	.	11	.	.	.	.	.	.	.	12	.	.	11	4
<i>Pteridium aquilinum</i>	.	11	.	.	.	.	.	.	.	.	22	23	.	.	3

TABLEAU N° 16

	1	2	3	4	5*	6	7	Préférences
Numéro des relevés	144	145	143	110	140	142	100	
Altitudes x 10	-	-	5	5	8	5	W	
Exposition	5	3	10	10	10	15	10	
Inclinaison	100	100	90	100	80	70	80	
Recouvrement	G	G	G	G	G	G	G	
Substrat	100	100	100	50	100	100	50	
Surfaces								
Caractéristiques de l'association :								
<i>Erica australis</i> subsp. <i>riphaea</i>	12	44	23	23	33	34	22	7
<i>Erica umbellata</i>	45	12	44	33	33	.	22	6
<i>Thymelaea villosa</i>	.	+	.	11	+	.	.	3
Caractéristiques de l'alliance :								
<i>Cistus nigricans</i>	12	.	+	.	.	.	11	3
<i>Cistus populifolius</i> subsp. <i>major</i>	.	.	.	+	+2	.	12	3
<i>Genista tridentata</i> subsp. <i>gomarica</i>	+	.	.	.	.	.	.	1
Caractéristiques de l'ordre :								
<i>Halimium lasiocalyx</i> subsp. <i>riphaea</i>	.	+	.	.	.	.	.	.
<i>Genista quadriflora</i>	33	33	33	22	11	+	22	7
<i>Halimium rhipasum</i> x <i>atlanticum</i>	.	.	.	.	.	.	.	3
<i>Teucrium afrum</i>	11	.	.	11	.	.	.	2
<i>Halimium atlanticum</i>	+	.	.	.	+2	.	.	2
	.	.	.	.	.	.	+	1
Caractéristiques de la classe :								
<i>Tuberaria major</i>	+1	.	12	12	12	.	.	4
<i>Cistus salviifolius</i>	+	.	+	23	.	.	+1	4
<i>Cytinus hypocistis</i>	11	+	.	+	.	.	.	3
<i>Launandula stoechas</i>	.	.	.	.	11	.	11	12
<i>Cistus crispus</i>	.	.	.	+2	.	.	22	2
<i>Halimium viscosum</i>	.	.	.	.	11	.	12	2
<i>Adenocarpus telonenis</i>	.	.	.	11	.	.	.	1
Autres espèces :								
<i>Scilla monophylla</i>	11	11	11	11	+1	.	.	5
<i>Pulicaria odora</i>	11	11	.	.	.	.	+	3
<i>Quercus pyrenaica</i>	+	.	.	.	12	.	.	2
<i>Erica scoparia</i>	.	+	.	12	.	.	.	2
<i>Erica arborea</i>	.	.	.	.	.	.	11	2
<i>Quercus suber</i>	.	.	.	11	.	.	.	2
<i>Aspenula sulcata</i>	.	.	.	.	12	+	.	2

TABLEAU N° 17

	1	2	3*	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	P
Numéro des relevés	100	110	100	60	60	61	63	70	71	63	52	50	54	Préférences
Altitudes	5	SE	S	SE	SE	SE	NE	-	-	E	E	S	N	
Exposition	80	70	80	25	30	40	30	30	25	40	60	70	50	
Recouvrement	5	10	10	20	15	30	70	5	0	25	20	30	30	
Inclinaison	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Substrat	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
Surfaces														
Espèces caractéristiques														
<i>Cistus crispus</i>	34	33	22	21	21	22	32	11	22	22	22	33	22	13
<i>Halimium lasiocalyx</i> var. <i>angustifolium</i>	22	12	22	+	11	12	21	11	11	21	32	.	.	11
<i>Ulex borjatis</i>	+	12	+2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3
Caractéristiques des unités supérieures														
<i>Cistus monspeliensis</i>	23	12	+	.	+	+	+	+	+	+	+	.	.	11
<i>Launandula stoechas</i>	.	.	12	21	11	+	+	11	+	11	+1	+	.	10
<i>Cistus salviifolius</i>	12	12	+1	+	.	.	.	.	.	+1	.	+	+	7
<i>Cistus ladaniferus</i>	.	.	.	+	+	+	+	+	+	+1	11	.	.	7
<i>Erica australis</i> subsp. <i>riphaea</i>	+	22	22	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3
<i>Genista quadriflora</i>	.	.	.	.	.	.	.	11	12	+1	.	.	.	3
<i>Erica umbellata</i>	21	.	22	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2
<i>Tuberaria vulgaris</i>	11	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3
<i>Teucrium afrum</i>	.	11	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
<i>Cistus populifolius</i> subsp. <i>major</i>	.	.	12	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Espèces des QUERCETEA ILICIS														
<i>Quercus suber</i>	12	12	22	+	.	.	+	.	+	+	+	+	+	10
<i>Erica arborea</i>	22	22	23	.	.	.	+	.	.	.	.	+	+	6
<i>Pulicaria odora</i>	12	+	+	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	3
<i>Arbutus unedo</i>	11	.	22	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	3
<i>Eryngium tricuspdatum</i>	.	11	+	.	.	.	11	.	.	.	.	.	.	3
<i>Myrtus communis</i>	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	+	.	.	3
<i>Pistacia lentiscus</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	2
<i>Colicetome villosa</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	1
<i>Arisarum vulgare</i>	.	.	.	.	+	.	.	+	.	.	.	.	.	2
Autres espèces														
<i>Inula viscosa</i>	.	+	.	+	.	+	.	.	.	.	.	.	.	4
<i>Lotus corniculatus</i>	22	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2
<i>Carex flacca</i> subsp. <i>serrulata</i>	+	.	+2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2
<i>Asphodelus cerasifer</i>	11	.	.	.	.	.	.	.	.	11	.	.	.	2
<i>Brunella alba</i>	.	12	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2
<i>Carex halleriana</i>	.	11	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	2
<i>Sipocrepis malisiliquosa</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2
<i>Hyparrhenia hirta</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2
<i>Andropogon distachyus</i>	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	2
<i>Carlina corymbosa</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	2

TABLEAU N° 18

Numéro des relevés	1	2	3	4	5	6	7	8	9*	10	11	12	13	P
Altitudes x 10	128	130	142	137	141	125	130	134	135	132	140	141	140	R
Exposition	NW	N	SE	N	W	S	S	SW	SW	W	E	E	N	a
Inclinaison	20	25	15	10	20	15	25	20	25	40	15	20	15	e
Recouvrement	90	80	80	90	80	70	85	60	70	60	100	80	100	n
Substrat	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	c
Surfaces	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	e
Espèces caractéristiques de l'association														
<i>Erica australis</i> subsp. <i>riphaea</i>	4.4	33	44	12	22	33	44	12	22	33	44	44	44	13
<i>Polygala baetica</i> var. <i>sennenii</i>	+	+	.	.	.	+	11	+	+	11	11	+	12	11
<i>Stauracanthus boivini</i> var. <i>tassensis</i>	12	.	23	.	11	11	11	.	22	12	22	12	.	9
<i>Avenula sulcata</i>	.	.	11	.	12	+	12	+	+	.	+	11	12	9
<i>Linum narbonense</i> var. <i>villartanum</i>	.	.	.	+	.	.	.	+	+	.	+	+	.	6
<i>Festuca durandoi</i>	.	.	.	.	.	.	11	.	+	11	+	.	11	5
<i>Bupleurum foliosum</i>	.	.	.	.	.	.	11	+	11	+	.	.	.	4
Espèces caractéristiques de l'alliance														
<i>Gentista tridentata</i> subsp. <i>riphaea</i>	+	.	12	.	.	.	11	22	22	22	11	11	11	9
<i>Thymus riatarum</i>	.	.	+	.	.	.	.	23	12	.	22	23	12	6
<i>Cistus nigricans</i>	12	.	12	11	.	.	+	.	+	.	.	.	.	5
<i>Cistus atlanticus</i>	.	.	+	44	34	.	.	.	.	.	.	.	.	3
<i>Jasione humilis</i> subsp. <i>cedretorum</i>	.	.	.	+	.	+	.	.	.	.	.	.	.	2
<i>Gentista quadriflora</i>	.	11	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
Espèces caractéristiques de l'ordre														
<i>Halimium lasiocalycinum</i> subsp. <i>riphaeum</i>	23	23	23	12	12	12	12	33	22	11	33	34	22	13
<i>Teucrium afrum</i>	+	+	22	.	.	12	22	22	22	22	12	22	12	11
<i>Halimium rifaem</i> x <i>atlanticum</i>	11	.	.	12	.	.	11	11	22	.	12	22	.	7
<i>Cistus populifolius</i> subsp. <i>major</i>	22	.	.	12	+	.	+	11	.	12	.	.	.	6
Espèces caractéristiques des CISTO-LAVANDULETEA														
<i>Cistus solvinaefolius</i>	22	22	.	23	12	11	22	.	12	22	23	22	.	10
<i>Lavandula stoechas</i>	22	12	11	.	.	12	11	+	11	.	12	11	.	9
<i>Tuberaria major</i>	11	11	.	.	.	11	+	.	+	.	12	12	11	8
<i>Cistus crispus</i>	.	33	.	+	.	3.3	.	.	.	.	.	.	.	3
<i>Cistus ladaniferus</i>	+	.	.	11	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2
<i>Cytinus hypocistis</i>	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	2
<i>Cistus cypricus</i>	.	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2
Espèces des QUERCETEA ILICIS														
<i>Daphne gnidium</i>	11	.	12	.	+	.	.	.	.	+	11	+	.	6
<i>Teucrium fruticosum</i>	.	.	.	.	.	.	+	+	11	11	+	+	.	6
<i>Arbutus unedo</i>	11	.	.	+	.	.	.	.	.	+	.	.	.	4
<i>Pulicaria odora</i>	.	.	.	.	.	11	.	.	.	+	+	.	.	4
<i>Erica arborea</i>	12	.	.	.	.	.	.	.	.	2.3	.	.	11	3
<i>Quercus suber</i>	.	.	.	+	.	+	.	.	.	.	.	.	+	3
<i>Teline monspessulana</i>	.	.	.	.	.	.	+	.	.	+	.	.	.	2
<i>Viburnum tinus</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	11	.	.	2
<i>Rubia peregrina</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	11	.	+	.	2
Espèces des QUERCETEA PUBESCENS														
<i>Quercus pyrenaica</i>	.	.	.	.	.	.	33	+	12	33	.	.	22	5
<i>Viola munbyana</i>	.	.	.	.	.	+	11	.	.	.	.	.	.	2
<i>Scilla hispanica</i> subsp. <i>algeriensis</i>	.	.	.	.	.	.	+	.	+	.	.	.	.	2
Autres espèces														
<i>Clinopodium vulgare</i>	.	.	.	11	.	+	12	.	+	11	.	.	.	5
<i>Pteridium aquilinum</i>	.	2.3	.	.	.	22	12	11	.	.	.	.	.	4
<i>Sedum fontestranum</i>	.	.	.	11	12	.	.	.	.	.	.	.	11	3
<i>Tolpis barbata</i>	.	.	.	.	.	11	.	.	.	.	.	+	.	3
<i>Cistus albidus</i>	.	.	.	+	11	.	.	.	.	.	.	+	.	3
<i>Filago gallica</i>	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	+	+	.	3
<i>Atra multicaulis</i>	11	11	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2
<i>Dactylis glomerata</i>	11	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	2
<i>Hypochoeris radicata</i>	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	12	2
<i>Andryala integrifolia</i>	.	.	+	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	2
<i>Caritina involucreta</i>	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.	.	2
<i>Asphodelus cerasifer</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	+	2

TABLEAU N° 19

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	P
Nombre des relevés	158	166	162	155	152	153	165	164	169	136	136	136	142	130	130	142	175	165	182	172	143	6
Altitudes x 10	N	S	N	NE	E	NE	SE	N	N	N	N	S	S	S	S	S	S	S	S	S	N	S
Exposition	20	23	20	40	80	50	50	30	50	50	50	50	50	50	50	50	60	60	60	20	30	3
Inclinaison	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Recouvrement	200	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	50	100	100	100	100	100	100	100	100
Substrat																						
Surfaces	12	33	33	12	23	12	22	12	22	11	+	33	22	12	+	44	34	12	34	44	12	43
	34	23	34	44	44	23	44	44	33	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	19
Caractéristiques de l'association																						
<i>Gentia quadrijlora</i>																						
<i>Gentia atlantica</i>																						
Caractéristiques des sous-associations																						
<i>Cistus ladaniferus</i>																						
<i>Cistus albidiflorus</i>																						
<i>Cistus vertus</i>																						
Caractéristiques de l'alliance																						
<i>Fragaria Martiana</i>																						
<i>Tecurus oylepis</i>																						
<i>Gentia tridentata</i> subsp. <i>riphaea</i>																						
<i>Leucanthemopsis longipetiolatum</i>																						
<i>Galium rufum</i>																						
<i>Vasiona hantzia</i> subsp. <i>caudiciformis</i>																						
Caractéristiques de l'ordre																						
<i>Halmium lasiocarpum</i> subsp. <i>riphaeum</i>																						
<i>Halmium atlanticum</i>																						
<i>Tecurus affinis</i>																						
<i>Polypogon baeticus</i> var. <i>semmenii</i>																						
Caractéristiques de la classe																						
<i>Tecurus affinis</i>																						
<i>Cistus chrysus</i>																						
<i>Tuberaria guttata</i>																						
Espèces silvatiques																						
<i>Quercus rotundifolia</i>																						
<i>Cedrus atlantica</i>																						
<i>Festuca rufina</i>																						
<i>Avenula sulcata</i>																						
<i>Juncus squarrosus</i>																						
<i>Quercus subper</i>																						
<i>Quercus ilex</i>																						
<i>Erica arborea</i>																						
<i>Origanum elongatum</i>																						
<i>Quercus faginea</i>																						
<i>Arbutus unedo</i>																						
Autres espèces																						
<i>Aspidodetus cervicifer</i>																						
<i>Asteracium pseudo-phionella</i>																						
<i>Sedum foersterianum</i>																						
<i>Sedum album</i>																						
<i>Crocusella angustifolia</i>																						
<i>Anthyllis vulpina</i>																						
<i>Scorzonera pumila</i>																						
Autres espèces																						
<i>Aspidodetus cervicifer</i>																						
<i>Asteracium pseudo-phionella</i>																						
<i>Sedum foersterianum</i>																						
<i>Sedum album</i>																						
<i>Crocusella angustifolia</i>																						
<i>Anthyllis vulpina</i>																						
<i>Scorzonera pumila</i>																						
Autres espèces																						
<i>Aspidodetus cervicifer</i>																						
<i>Asteracium pseudo-phionella</i>																						
<i>Sedum foersterianum</i>																						
<i>Sedum album</i>																						
<i>Crocusella angustifolia</i>																						
<i>Anthyllis vulpina</i>																						
<i>Scorzonera pumila</i>																						

TABLEAU N° 20

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	P
Nombre des relevés	176	178	203	203	204	204	178	180	192	205	205	210										
Altitudes x 10	N	N	S	S	N	N	NE	N	N	N	S	NE	N	S	N	S	S	N	N	N	N	S
Exposition	15	20	50	30	40	40	15	15	15	30	35	15										
Inclinaison	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0										
Recouvrement	100	100	100	100	100	100	100	50	100	100	100	100										
Substrat																						
Surfaces	34	44	22	44	44	44	34	34	44	44	44	44										
	+	+	+	+	+	+2	+	+	+	+	+	+										
Espèces caractéristiques de l'association																						
<i>Gentia tridentata</i> subsp. <i>riphaea</i>																						
<i>Galium rufum</i>																						
<i>Vasiona cretaea</i> subsp. <i>caudiciformis</i>																						
Espèces caractéristiques de l'alliance																						
<i>Tecurus affinis</i>																						
<i>Cistus atlanticus</i>																						
<i>Leucanthemopsis longipetiolatum</i>																						
<i>Convolvulus dryadum</i>																						
Espèces caractéristiques de l'ordre </																						

TABLEAU N° 21

Numéro des relevés	1*	2	3	4	5	6	Présences
Altitudes x 10	142	125	130	132	141	125	
Exposition	E	SW	SW	E	E	E	
Inclinaison	20	10	40	20	40	5	
Recouvrement	70	40	30	30	80	80	
Substrat	Sh	Sh	Sh	Sh	Sh	Sh	
Surfaces	100	100	100	100	100	100	
Espèces caractéristiques de l'association :							
<i>Halimium viscosum</i>	33	23	12	34	22	34	6
<i>Lavandula pedunculata</i> subsp. <i>atlantica</i>	12	23	.	12	11	11	5
Espèces caractéristiques de l'alliance et de l'ordre :							
<i>Halimium lasiocalycinum</i> subsp. <i>riphaeum</i>	22	+	11	23	22	22	6
<i>Oenista quadriflora</i>	+	12	.	+	11	11	5
<i>Halimium atlanticum</i>	12	11	+1	12	.	.	4
<i>Teucrium afrum</i>	11	.	.	+	+	11	4
<i>Cistus atlanticus</i>	+	.	11	.	33	+	4
<i>Cistus varius</i>	11	.	+	.	.	.	2
Espèces caractéristiques de la classe :							
<i>Cistus ladaniferus</i>	+	33	34	12	11	11	6
Compagnes silvatiques :							
<i>Juniperus oxycedrus</i>	11	.	11	11	+	+	5
<i>Quercus rotundifolia</i>	.	+	11	.	11	+	4
<i>Daphne gnidium</i>	12	.	.	.	+	.	3
<i>Erica arborea</i>	.	+	.	.	+	.	2
<i>Avena sulcata</i>	11	.	.	.	.	.	1
<i>Cytisus megalanthus</i>	.	+	.	.	.	.	1
Autres espèces :							
<i>Coronilla scorpioides</i>	+	.	.	+	.	.	2
<i>Asphodelus cerasifer</i>	11	.	.	.	11	.	2
<i>Cistus albidus</i>	.	12	13	.	.	.	2
<i>Filago gallica</i>	.	.	.	11	.	+	2

TABLEAU N° 22

Numéro des relevés	1	2	3	4	5	6	7*	8	9	Présences
Altitude	142	122	133	153	133	150	149	142	124	
Exposition	S	N	NW	E	S	NE	N	S	N	
Inclinaison	30	40	40	40	20	30	30	30	50	
Recouvrement	50	70	70	60	60	70	70	50	50	
Substrat	F	F	Sh	Sh	F	F	F	Sh	Sh	
Surface	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
Espèces caractéristiques										
<i>Genista erioclada</i>	11	12	33	34	33	33	33	12	22	9
<i>Teucrium huotii</i>	.	.	11	23	.	11	12	.	+2	5
<i>Hammatolobium kremenianum</i>	.	.	.	.	+	.	+2	.	.	3
<i>Thymus hirtus</i> var. <i>rifanus</i>	.	.	.	.	11	22	+	.	.	3
Espèces des CISTO-LAVANDULETEA										
<i>Cistus ladaniferus</i>	34	33	34	.	11	.	12	33	33	7
<i>Cistus atlanticus</i>	.	11	+	.	.	.	.	11	12	4
<i>Lavandula stoechas</i>	.	.	.	22	+	11	.	.	.	3
<i>Astragalus baeticus</i>	22	.	.	.	.	.	.	+2	.	2
<i>Cistus salviaefolius</i>	.	.	.	.	+	.	12	.	.	2
<i>Genista quadriflora</i>	.	11	.	.	.	.	.	.	.	1
Espèces des ONONIDO-ROSMARINETEA										
<i>Cistus albidus</i>	.	.	11	33	33	11	23	.	.	5
<i>Teucrium polium</i> subsp. <i>luteum</i> var. <i>aureum</i>	.	.	.	.	.	11	11	.	.	2
<i>Cistus monspeliensis</i>	34	.	.	.	.	.	.	.	.	1
<i>Leusea conferta</i>	11	.	.	.	.	.	.	.	.	1
<i>Helianthemum cinereum</i>	.	.	.	.	11	.	.	.	.	1
<i>Helianthemum pulverulentum</i>	.	.	.	.	.	.	+	.	.	1
Espèces des QUERCETEA ILICIS										
<i>Quercus rotundifolia</i>	13	12	.	.	.	.	12	12	12	5
<i>Origanum elongatum</i>	.	11	22	.	.	.	.	12	11	4
<i>Daphne gnidium</i>	11	11	.	.	.	.	.	+	.	3
<i>Cytisus arboreus</i>	.	12	+	.	.	.	.	+	.	3
<i>Ononis speciosa</i>	.	.	23	.	+	.	+	.	.	3
<i>Juniperus oxycedrus</i>	.	.	.	11	.	+2	.	.	.	2
<i>Anarrhinum pedatum</i>	.	.	11	.	.	.	.	.	.	1
Autres espèces										
<i>Carlina corymbosa</i>	.	.	11	11	.	.	11	.	12	4
<i>Senecio linfofolius</i>	.	.	11	.	.	.	.	.	+	2
<i>Brassica fruticulosa</i>	.	.	11	.	.	.	.	.	+2	2
<i>Ononis viscosa</i>	.	.	.	12	.	11	.	.	.	2
<i>Eryngium triacpidatum</i>	.	.	.	12	.	11	.	.	.	2
<i>Stipa parviflora</i>	.	.	.	.	12	.	+2	.	.	2

TABLAU N° 25

Table with columns 1-17 containing botanical data. Includes sections: Nombre des relevés, Caractéristiques d'association, Epèces forestières, and Autres espèces.

TABLAU N° 24

Table with columns 1-17 containing botanical data. Includes sections: Nombre des relevés, Epèces caractéristiques, Caractéristiques de l'ordre et de la classe, and Autres espèces.

TABLEAU N° 27

Numéro des relevés	1	2	3	4	5*	Présences
Altitudes x 10	95	910	110	152	154	
Inclinaison	10	15	15	10	20	
Exposition	S	W	W	SE	SE	
Recouvrement	15	15	25	25	30	
Substrats	D	D	D	D	D	
<u>Espèces caractéristiques</u>						
<i>Silene abietum</i>	11	11	11	11	11	4
<i>Silene quatrecasti</i>	11	.	.	.	11	2
<u>Espèces caractéristiques de l'Alliance THERO-BRACHYPODION</u>						
<i>Choenorrhinum rubrifolium</i>	+	+	11	11	+2	5
<i>Valerianella coronata</i>	11	+	.	+	11	4
<i>Centranthus calcitrapa</i>	11	11	+	.	.	3
<i>Fedia caput-bovis</i>	+	11	.	.	+2	3
<i>Hutchinsia petraea</i>	.	11	+	11	.	3
<i>Minuartia hybrida</i>	.	.	11	+1	11	3
<i>Rumex bucephalophorus</i>	.	.	+	11	22	3
<i>Linaria tristis</i>	11	+	.	.	.	2
<i>Nardurus unilateralis</i>	.	11	11	.	.	2
<i>Saxifraga dichotoma</i>	.	11	.	.	11	2
<i>Euphorbia sulcata</i>	.	.	11	11	.	2
<i>Trachinia distachia</i>	.	.	22	22	.	2
<u>Espèces caractéristiques de l'ordre</u>						
<i>Bromus rubens</i>	11	12	.	+	11	4
<i>Arenaria serpyllifolia</i>	.	11	.	.	22	2
<i>Sedum micranthum</i>	.	.	.	.	11	1
<u>Autres espèces</u>						
<i>Paronychia kapela</i> subsp. <i>obtusa</i>	11	+	.	.	+2	3
<i>Saxifraga granulata</i>	+	.	.	.	+	2
<i>Galium thymifolium</i>	22	.	.	+	.	2
<i>Poa ligulata</i>	.	12	.	.	11	2
<i>Jasania foliosa</i>	.	.	+	+	.	2
<i>Trifolium scabrum</i>	.	.	+	+	.	2

TABLEAU 28

Numéro des relevés	1*	2	3	4*	5	6	7	8	9	10	PRESENCES
Altitudes x 10	185	180	195	193	195	215	190	195	192	215	
Exposition	E	E	NE	NE	N	SW	E	NE	E	NW	
Inclinaison	40	30	40	40	45	15	45	50	60	5	
Recouvrement	60	60	70	60	70	25	45	45	30	40	
Substrat	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	
Surfaces	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
Caractéristiques des associations											
<i>Astragalus armatus</i> subsp. <i>numidicus</i>	1.1	+	+2	-	-	1.1	-	-	-	-	4
<i>Vicia glauca</i> var. <i>rifana</i>	3.3	3.3	2.3	-	-	-	-	-	-	-	3
<i>Thymus vulgaris</i> var. <i>capitellatus</i>	2.2	2.2	2.2	-	-	-	-	-	-	-	3
<i>Eryngium caespitiferum</i>	1.2	-	1.1	-	-	-	-	-	-	-	2
<i>Marrubium heterocladum</i> var. <i>microdontum</i>	1.1	-	+	-	-	-	-	-	-	-	2
Caractéristiques de l'alliance											
<i>Ptilotrichum spinosum</i>	-	-	-	2.3	2.2	2.2	2.3	2.2	1.1	2.2	7
<i>Bromus erectus</i> subsp. <i>pernixus</i>	-	-	-	1.2	1.2	1.1	2.2	-	-	-	4
<i>Ononis aragonensis</i>	-	-	-	2.3	2.3	-	2.3	-	1.1	-	4
<i>Arenaria grandiflora</i> var. <i>glabreacens</i>	-	-	-	1.1	2.3	-	1.1	-	-	-	3
<i>Muscari gaditanum</i>	-	-	-	-	-	1.1	-	1.1	-	1.1	3
Caractéristiques de l'ordre et de la classe											
<i>Dianthus brachyanthus</i> subsp. <i>maroccanus</i>	1.2	+	1.1	1.1	+	+	1.1	+	+2	-	9
<i>Iberis linifolia</i> subsp. <i>grossiqualif</i>	1.1	+	1.1	+	-	-	-	+	+	-	6
<i>Astragalus granatensis</i> subsp. <i>maroccanus</i>	2.3	3.3	2.3	-	-	-	-	+2	-	2.2	5
<i>Astragalus fontianus</i>	1.1	-	-	-	1.1	-	-	-	1.1	-	3
<i>Isatis djurdjurae</i>	-	-	-	-	-	-	1.1	-	-	-	1
<i>Cerastium gibraltarium</i>	2.2	1.2	2.2	1.1	1.2	1.1	-	2.2	1.1	1.1	9
<i>Alyssum serpyllifolium</i>	2.3	2.2	2.2	1.1	+2	+	1.1	-	-	1.1	8
<i>Bupleurum spinosum</i>	1.2	-	1.1	2.2	2.3	2.3	-	2.2	2.3	2.2	8
<i>Helianthemum croceum</i>	1.1	1.2	1.1	-	-	1.1	-	1.2	1.1	1.2	7
<i>Arenaria aggregata</i>	+	-	1.1	-	-	1.1	-	1.2	1.1	1.2	6
<i>Eryngium bourgati</i> var. <i>hispanicum</i>	1.1	1.2	1.2	2.2	2.3	-	1.1	-	-	-	6
<i>Inula montana</i>	1.1	-	1.1	1.1	1.1	+	-	-	-	-	5
<i>Cynoglossum dioscoridis</i> var. <i>maroccanus</i>	1.1	+	-	-	-	+	-	+	-	+	5
<i>Calamintha granatensis</i>	2.2	-	2.1	-	-	1.2	-	2.2	-	1.2	5
<i>Ptilostemum rifaicum</i>	1.1	1.1	1.2	-	-	-	-	-	-	-	3
<i>Teucrium chamaedrys</i>	-	-	-	1.1	-	-	1.1	-	1.1	-	3
<i>Linaria tristis</i>	-	-	-	-	-	1.1	-	1.1	-	1.1	3
<i>Draba hispanica</i>	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-	2
<i>Poa ligulata</i> var. <i>pau</i>	-	-	-	-	2.2	-	+2	-	-	-	2
<i>Sesleria argentea</i> subsp. <i>gomarica</i>	-	-	-	-	1.1	-	-	-	-	-	1
Espèces sylvatiques ou pré-sylvatiques											
<i>Acer granatense</i>	-	-	+	-	-	+	-	+	1.1	+	5
<i>Berberis hispanica</i>	-	-	-	1.1	-	1.1	1.1	1.2	-	1.2	5
<i>Thlaspi atlanticum</i>	-	-	-	+	1.1	-	-	+	-	-	3
<i>Rosa micrantha</i>	-	-	-	1.1	-	-	+2	-	1.2	-	3
<i>Polygonatum odoratum</i>	-	-	-	-	-	-	+2	-	-	-	1
Autres espèces											
<i>Pimpinella tragium</i>	+	-	+	1.1	1.2	1.2	+	+	1.1	1.2	9
<i>Archenatherum elatius</i>	-	-	-	1.2	1.2	1.1	1.2	-	1.1	-	5
<i>Ballota hirsuta</i>	-	1.1	1.1	+	-	-	1.1	-	-	-	4
<i>Lotus corniculatus</i>	1.1	+	-	-	-	-	-	-	1.1	-	3
<i>Ornithogalum tenuifolium</i>	+	1.1	+	-	-	-	-	-	-	-	3
<i>Sedum acre</i>	-	-	-	-	-	1.2	-	+2	-	1.2	3
<i>Campanula filicaulis</i>	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	2
<i>Sedum alum</i>	-	-	-	-	-	-	-	1.2	-	1.1	2

TABLEAU N° 29

Numéro des relevés	1	2	3	4*	5	6	PRESENCES
Altitude x 10	8	8	20	8	10	10	
Exposition	N	E	N	E	N	S	
Inclinaison	30	10	10	15	30	20	
Recouvrement	50	30	30	40	40	30	
Substrat	C	C	Ca	C	C	Ca	
Surfaces	100	100	100	100	100	100	
Espèces caractéristiques de l'association							
<i>Thymus glandulosus</i>	1.1	+	1.1	1.2	2.2	+	6
<i>Fagonia cretica</i>	1.1	+	.	+	+	.	4
<i>Carthamus arborescens</i>	1.1	.	.	1.1	3.3	.	3
<i>Salvia aegyptiaca</i>	.	+	.	2.2	+	.	3
<i>Helianthemum origanifolium</i>	.	.	1.1	1.1	.	+	3
Espèces caractéristiques des unités supérieures							
<i>Micromeria inodora</i>	2.2	2.2	2.2	1.2	1.1	2.1	6
<i>Pumana laevipes</i>	1.1	+	1.2	1.1	.	+	5
<i>Teucrium polium</i>	1.1	1.1	+	.	1.1	1.1	5
<i>Pumana ericoides</i>	1.1	1.1	+	.	.	+	4
<i>Lavandula dentata</i>	.	.	2.1	+	1.1	1.2	4
<i>Helianthemum virgatum</i>	1.2	1.1	.	.	1.2	.	3
<i>Viola arborescens</i>	.	.	+1	.	1.1	1.1	3
<i>Helianthemum pergamaecum</i>	1.2	+	.	.	.	.	2
<i>Aphyllanthes monspeliensis</i>	.	.	+	.	.	+	2
<i>Stachelina dubia</i>	+	.	.	.	.	.	1
<i>Cistus albidus</i>	.	.	1.2	.	.	.	1
<i>Lavandula multifida</i>	.	.	.	+1	.	.	1
<i>Stipa tenacissima</i>	.	.	.	.	.	+	1
<i>Helianthemum cinereum</i>	.	.	.	.	.	1.1	1
Espèces caractéristiques des QUERCETEA ILICIS							
<i>Tetraclis articulata</i>	+	+	+	.	+	+	5
<i>Pistacia lentiscus</i>	.	.	+	.	.	+	2
<i>Arisarum vulgare</i>	+	.	.	.	.	.	1
<i>Calicotome intermedia</i>	.	+	.	.	.	.	1
<i>Daphne gnidium</i>	.	.	1.2	.	.	.	1
<i>Rhus pentaphylla</i>	.	.	.	1.1	.	.	1
<i>Ampelodesmos mauritanica</i>	.	.	.	.	+	.	1
Autres espèces							
<i>Astragalus epiglottis</i>	+	.	.	+	+	.	3
<i>Atractylis cancellata</i>	+	+	.	.	.	.	2
<i>Euphorbia exigua</i>	+	.	+	.	.	.	2
<i>Asphodelus fistulosus</i>	+	.	.	1.1	.	.	2
<i>Urginea maritima</i>	+	.	.	.	+	.	2
<i>Stipa parviflora</i>	1.1	.	.	.	1.1	.	2
<i>Gladolus byzantinus</i>	.	+	+	.	.	.	2
<i>Convolvulus althaeoides</i>	.	.	.	+	+	.	2
<i>Eryngium ilicifolium</i>	.	.	.	+	+	.	2
<i>Aristida coerulescens</i>	.	.	.	+	+	.	2

TABLEAU N° 31

Numéro des relevés	1*	2	3	4	5	Présences
Altitudes x 10	158	133	155	15	145	
Exposition	S	S	W	SW	SW	
Inclinaison	50	5	30	40	40	
Recouvrement	50	50	50	50	60	
Substrat	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca	
Surfaces	50	50	50	100	100	
Espèces caractéristiques						
<i>Linum suffruticosum</i> subsp. <i>lycopodioides</i>	12	11	22	23	23	5
<i>Teucrium polium</i> subsp. <i>luteum</i> var. <i>aureum</i>	+	+	12	+	11	5
<i>Stipa lagascae</i>	+1	11	12	.	11	4
<i>Centaurea incana</i> var. <i>pubescens</i>	+2	.	.	.	+	2
Espèces des ONONIDO-ROSMARINETEA						
<i>Cistus albidus</i>	+	11	22	22	22	5
<i>Stipa tenacissima</i>	11	23	.	12	.	3
<i>Avenula bromoides</i> subsp. <i>australis</i>	12	.	12	+	.	3
<i>Pumana ericoides</i>	11	12	.	.	+2	3
<i>Helianthemum pulverulentum</i>	.	11	.	.	22	2
<i>Chironanthus biflorus</i>	.	11	.	.	.	1
<i>Globularia alypum</i>	.	.	22	.	.	1
<i>Thymus hirtus</i>	.	.	12	.	.	1
<i>Anthyllis cytisoides</i>	.	.	22	.	.	1
Espèces des QUERCETEA ILICIS						
<i>Juniperus oxycedrus</i>	12	.	+	+	+	4
<i>Teucrium fruticans</i>	.	+	22	23	33	4
<i>Quercus rotundifolia</i>	22	12	.	.	.	3
<i>Rhamnus oleoides</i> subsp. <i>atlantica</i>	11	.	.	.	.	1
<i>Rhamnus oleoides</i> subsp. <i>oleoides</i>	11	.	.	.	.	1
<i>Brachypodium retusum</i>	.	.	.	.	33	1
Autres espèces						
<i>Dactylis glomerata</i>	.	+	+	.	.	2
<i>Sedum altissimum</i>	.	+	.	.	22	2
<i>Melica minuta</i>	.	.	21	+	.	2
<i>Sedum micranthum</i>	.	.	11	.	22	2
<i>Carex halleriana</i>	.	.	+	.	+2	2

TABLEAU 30

Numéro des relevés	1	2	3*	4	5	6	7	8	9*	10	11	12	13	PRESENCES
Altitudes x 10	32	32	20	21	35	38	40	35	34	40	40	44	45	
Exposition	SW	SE	S	N	-	E	N	W	W	E	NE	NE	NE	
Inclinaison	20	30	60	20	-	10	15	5	10	5	5	40	40	
Recouvrement	50	60	50	80	60	50	60	40	30	30	70	60	60	
Substrats	G	G	Sh	Sh	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca	Ca	
Surfaces	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
Espèces caractéristiques														
<i>Cistus heterophyllus</i>	1.1	1.1	.	1.1	2.2	2.1	1.2	1.1	1.2	1.1	1.1	.	2.3	11
<i>Micromeria inodora</i>	2.2	1.1	1.2	.	1.1	2.2	3.2	.	1.2	1.1	2.2	+	3.3	11
<i>Helianthemum caput-felis</i>	+	+	1.2	.	1.2	+	2.1	1.1	+	1.1	.	.	+1	10
<i>Genista tricuspidata subsp. duriaei</i>	1.2	.	4.5	.	.	.	.	1.2	+	.	.	.	.	4
<i>Genista erioclada</i>	.	.	.	1.1	.	.	.	1.1	+	.	.	.	.	3
<i>Helianthemum almeriense</i>	.	.	1.2	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2
<i>Helianthemum origanifolium</i>	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	+	.	2
Espèces caractéristiques des unités supérieures														
<i>Erica multiflora</i>	2.2	.	.	1.2	1.2	1.1	1.2	1.1	1.1	2.2	.	+	.	9
<i>Cistus salvifolius</i>	.	.	.	1.2	.	+	+	.	.	2.2	2.2	+1	1.2	8
<i>Viola arborescens</i>	1.1	1.1	.	1.1	.	1.1	.	.	.	.	.	+	+1	7
<i>Helianthemum lavandulaefolium</i>	+	.	.	.	+	+	1.1	.	+	+1	.	.	+	7
<i>Aphyllanthes monspeliensis</i>	1.2	.	.	.	.	.	1.1	+1	.	.	+1	.	.	6
<i>Fumana laevipes</i>	1.1	.	.	.	+	1.2	+	.	+	.	.	.	+	6
<i>Teucrium polium</i>	.	.	1.1	.	1.2	+	.	.	+	+	.	.	+	6
<i>Genista quadriflora</i>	+	+	1.2	1.2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4
<i>Lavandula dentata</i>	.	.	1.1	1.2	.	.	+	.	+	.	.	.	.	4
<i>Polygala rupestris</i>	.	.	.	.	+	.	.	+	.	.	.	.	+	4
<i>Calicotome intermedia</i>	.	+	1.2	+1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3
<i>Thymus hirtus</i>	.	.	.	.	.	.	.	+	1.1	.	.	.	.	3
<i>Coris monspeliensis</i>	.	.	.	.	.	.	+	.	1.1	.	.	.	+	3
<i>Globularia alypum</i>	+	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	2
<i>Ulex parviflorus subsp. africanus</i>	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	1
<i>Thymus ciliatus</i>	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	1
<i>Anthyllis cytisoides</i>	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
<i>Phlomis caballerot</i>	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
<i>Cistus clusii</i>	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	1
<i>Asperula hirsuta</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	1
<i>Teucrium pseudo-scorodonia</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	1
Espèces caractéristiques des QUERCETEA ILICIS														
<i>Pistacia lentiscus</i>	1.2	1.2	1.2	2.3	.	.	.	1.2	+	+	2.2	3.2	.	9
<i>Brachypodium retusum</i>	2.3	2.2	.	.	.	+	+	2.2	2.2	2.2	2.3	2.2	.	9
<i>Pinus halepensis</i>	1.1	.	.	.	2.2	+	.	2.2	.	+	3.3	+	.	7
<i>Quercus coccifera</i>	+	.	.	.	+	.	+	2.2	.	+	1.2	2.2	.	7
<i>Tetraclinia articulata</i>	+	1.2	.	1.2	+	.	.	1.2	.	.	.	.	.	5
<i>Phillyrea latifolia</i>	.	1.1	.	+	.	.	.	+1	.	.	+1	+	.	5
<i>Fulicaria odora</i>	1.1	.	.	2.2	.	.	.	.	.	+	+2	.	+2	5
<i>Juniperus phoenicea</i>	.	.	.	.	+	.	.	+	.	.	+	+	+	5
<i>Festuca coerulescens</i>	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	+	+	.	4
<i>Arisarion vulgare</i>	1.2	.	.	.	+	.	.	1.2	.	.	+	.	.	4
<i>Ballota hispanica</i>	.	1.1	1.2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2
<i>Daphne gnidium</i>	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
<i>Rubia longifolia</i>	.	.	.	1.2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
<i>Olea europea</i>	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
Autres espèces														
<i>Carex halleriana</i>	1.1	1.2	.	.	1.1	.	2.2	1.1	1.2	+2	.	.	1.2	8
<i>Asperula cynanchica</i>	1.1	.	.	.	1.1	+	.	.	.	.	+	+	.	6
<i>Dactylis glomerata</i>	1.1	.	1.2	.	.	.	1.2	1.2	.	.	.	.	+	5
<i>Phagnalon saxatile</i>	.	1.1	.	.	+	+	.	.	.	.	.	.	+	5
<i>Urginea maritima</i>	.	+	.	.	+	.	+	+	.	.	.	.	+	5
<i>Bellis silvestris</i>	.	.	.	1.1	.	.	.	.	.	.	.	+	+	4
<i>Lavandula stoechas</i>	.	.	1.2	1.2	1.2	.	.	.	.	.	.	.	.	3
<i>Centaureum umbellatum</i>	.	.	.	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	2
<i>Convolvulus siculus</i>	+	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	2
<i>Ranunculus spicatus</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	2

TABLEAU 32

Numéro des relevés	1	2	3*	4	5	6	7	8	
Altitude x 10	90	85	80	85	90	83	95	85	
Exposition	E	W	SW	N	S	S	S	-	
Inclinaison	30	20	30	30	50	20	30	-	
Recouvrement	60	50	60	40	50	60	70	60	
Substrat	F	F	F	Ma	F	Ma	Ma	Ma	
Surfaces	100	100	100	100	100	100	100	100	PRESENCES
Espèces caractéristiques et différentielles									
<i>Pinus halepensis</i>	+	1.1	3.3	2.2	2.2	3.2	3.4	4.4	8
<i>Anthyllis cytisioides</i>	.	1.1	2.3	2.2	.	1.1	2.3	2.1	6
<i>Genista spartioides</i> subsp. <i>pseudoretamoides</i>	2.2	+	1.2	.	2.2	+	.	.	5
<i>Chronanthus biflorus</i>	.	.	1.3	+	.	2.1	.	1.1	4
<i>Thymus zygis</i>	1.1	.	1.1	+	.	.	.	.	3
<i>Teucrium pollium</i> subsp. <i>capitatum</i>	1.1	.	.	.	1.1	.	.	.	2
Espèces caractéristiques des unités supérieures									
<i>Globularia alypum</i>	2.2	+	1.1	1.2	1.2	1.2	2.2	2.2	8
<i>Rosmarinus officinalis</i>	.	1.1	2.3	2.3	.	1.1	4.4	3.3	6
<i>Thymus ciliatus</i>	1.2	.	+	1.1	1.1	.	.	+	5
<i>Cistus villosus</i>	.	1.2	2.2	2.2	.	1.2	1.2	.	5
<i>Ebenus pinnata</i>	.	.	1.1	.	.	+	1.2	1.1	4
<i>Fumana thymifolia</i>	.	.	.	1.2	.	+	1.2	1.1	4
<i>Helianthemum pergamaceum</i>	1.2	.	.	.	2.1	+	.	.	3
<i>Cistus salvifolius</i>	.	1.2	1.2	.	.	1.1	.	.	3
<i>Stipa tenacissima</i>	.	+	1.1	.	.	1.1	.	.	3
<i>Catanche coerules</i>	+	.	.	.	1.2	.	.	.	2
<i>Teucrium pseudo-chamaepestis</i>	1.1	.	.	.	+	.	.	.	2
<i>Linum suffruticosum</i>	+	.	.	.	+	.	.	.	2
<i>Helianthemum pilosum</i>	.	.	1.1	.	.	.	.	.	1
<i>Argyrolobium argenteum</i>	.	.	.	1.2	.	.	.	.	1
<i>Coronilla minima</i>	.	.	.	2.2	.	.	.	.	1
<i>Fumana ericoides</i>	.	.	.	2.2	.	.	.	.	1
<i>Helianthemum lavandulaefolium</i>	.	.	.	.	.	1.1	.	.	1
<i>Calicotome intermedia</i>	.	.	.	.	.	.	1.2	.	1
<i>Polygala rupestris</i>	.	.	.	.	.	.	.	+	1
Espèces des QUERCETEA ILICIS									
<i>Juniperus oxycedrus</i>	1.1	2.3	+	.	1.2	.	+	2.1	6
<i>Ampelodesmos mauritanica</i>	+	+	1.2	+	1.3	+	.	.	6
<i>Brachypodium retusum</i>	1.2	.	2.2	.	1.2	.	.	1.1	5
<i>Quercus rotundifolia</i>	+	1.3	.	.	.	.	.	+	4
<i>Phillyrea media</i>	.	1.2	1.2	+	.	1.1	.	.	4
<i>Pistacia lentiscus</i>	.	.	1.2	.	.	+	+	.	3
<i>Tetraclinis articulata</i>	.	.	.	+	.	.	2.2	+	3
Autres espèces									
<i>Asperula cynanchica</i>	1.2	.	.	.	+	.	.	.	2
<i>Ononis natrix</i>	+	.	.	.	+	.	.	.	2
<i>Psychine stylosa</i>	+	.	.	.	1.2	.	.	.	2
<i>Astragalus vesicarius</i>	3.3	.	.	.	2.1	.	.	.	2
<i>Stipa parviflora</i>	1.2	.	.	.	.	+	.	.	2
<i>Carex halleriana</i>	.	1.2	1.1	.	.	.	.	.	2
<i>Phagnalon saxatile</i>	.	.	.	+	.	.	.	.	2

TABLEAU N° 33

Numéro des relevés	1	2	3	4*	5	6	
Altitude x 10	900	850	100	100	110	115	
Exposition	E	E	N	E	S	E	
Inclinaison	60	70	60	70	70	80	
Recouvrement	50	60	50	60	40	40	
Substrat	Ma	Ma	Ma	Ma	Ma	Ma	
Surfaces	50	50	50	50	30	50	Présences
Espèces caractéristiques et différentielles							
<i>Fontqueria paui</i>	33	32	22	33	11	23	6
<i>Ptilostemon leptophyllum</i>	33	22	23	23	11	12	6
<i>Teucrium huotii</i>	22	23	12	12	11	.	5
<i>Antirrhinum ranosissimum</i>	22	23	.	23	11	.	4
<i>Matthiola fruticulosa</i>	.	12	.	11	+	+	4
<i>Morioandria arvensis</i>	11	.	.	12	.	.	2
Espèces caractéristiques des unités supérieures							
<i>Anthyllis cytisioides</i>	22	23	11	23	22	23	6
<i>Genista erioclada</i>	.	+	13	.	.	.	2
<i>Launaea arborescens</i>	.	.	12	11	.	.	2
<i>Thymus hirtus</i>	.	.	12	.	.	12	2
Espèces des QUERCETEA ILICIS							
<i>Colutea arborescens</i>	+	.	+	+	.	.	3
<i>Pistacia lentiscus</i>	+	.	+	.	+	.	3
<i>Teucrium fruticans</i>	12	.	12	.	.	.	2
<i>Ononis speciosa</i>	.	.	.	12	.	.	1
Autres espèces							
<i>Scrophularia canina</i>	12	23	.	12	22	22	5
<i>Brassica fruticulosa</i>	11	11	+	.	+	11	5
<i>Stipa parviflora</i>	.	+	.	.	12	.	3
<i>Reseda luteola</i>	.	.	.	12	+	11	3
<i>Phagnalon saxatile</i>	11	.	11	.	.	.	2
<i>Paronychia kapela</i> subsp. <i>obtusa</i>	.	13	13	.	.	.	2
<i>Putoria calabrica</i>	.	.	+	23	.	.	2

Carte de la végétation du Liban.

B. ABI-SALEH *
S. SAFI*

RESUME - La carte, les cartons et la notice explicative comportent une étude sommaire des divisions phytogéographiques du territoire libanais. C'est ainsi que, du point de vue botanique, les auteurs mettent l'accent sur la présence de deux ensembles floristiques : l'un méditerranéen sensu stricto, l'autre méditerranéen présteppe. Au sein de chacun d'eux la subdivision en étages et séries de végétation a été établie en fonction des divers facteurs abiotiques (climat, substrat et relief) et des structures des principaux groupements végétaux. La prise en considération de l'utilisation du sol par l'homme fait par ailleurs ressortir les potentialités majeures de ces structures.

SUMMARY - The map, the insets and the explanatory notice include a brief study of the geobotanical subdivisions of the lebanese territory. From the botanical point of view the authors emphasize the presence of two floristical suites : on a mediterranean sensu strictus, the other presteppic mediterranean. The subdivision into vegetation levels and series of each suite was made in relation with the different abiotic factors (climate, substrate and topography) and the structure of the main plant groups. The potentialities of those structures are valorized by taking into consideration the anthropic use of the landscape.

MOTS CLES : Cartographie, Ecosystèmes végétaux, Dynamique, Zonation altitudinale et bioclimatique, Liban.

La carte de la végétation du Liban a été établie dans le cadre des programmes de recherche relatifs à l'étude phytogéographique, écologique et forestière du Liban. Ce projet a été réalisé à la Faculté des Sciences de l'Université Libanaise et sous l'égide du Conseil National de la Recherche Libanaise. Il fut également mené en collaboration avec le C.N.R.S. français représenté par le GRECO (Groupe de Recherches Coordonnées - Forêts méditerranéennes) dirigé par Messieurs les Professeurs P. QUEZEL* et M. BARBERO*.

Cette carte a été conçue selon la méthode des séries de végétation proposée pour la carte de France au 1/200.000ème. L'exemplaire ci-joint n'est qu'une reproduction à une échelle réduite (1/500.000ème) de la carte manuscrite dressée initialement. Celle-ci n'a pu être imprimée à cause des difficultés budgétaires rencontrées par l'Université Libanaise. Nous remercions le Ministère Français des Affaires Etrangères pour sa contribution financière qui a permis la réalisation de ce document.

CONVENTIONS ADOPTÉES

La carte et les cartons qui l'accompagnent nous donnent une idée aussi précise que possible des conditions écologiques du Liban, à savoir : le climat, la nature du substrat et la végétation spontanée. Ils nous fournissent des indications utiles permettant une meilleure utilisation du milieu dans le but d'un aménagement du territoire basé sur le concept de la planification écologique.

*Faculté des Sciences - Université Libanaise - Beyrouth - LIBAN.

*Faculté des Sciences et Techniques de Saint-Jérôme - U.III - Marseille - FRANCE.

Nous avons adopté, pour l'élaboration de cette carte, la notion d'étages et de séries de végétation. Chaque série est désignée par une couleur choisie en fonction des facteurs écologiques, principalement l'humidité et la chaleur.

<u>Facteur humidité</u> :	Très sec	: orange
	Humidité moyenne	: jaune
	Très humide	: bleu
<u>Facteur chaleur</u> :	Très chaud	: rouge
	Chaleur moyenne	: jaune
	Très froid	: gris

L'intensité de la couleur correspond aux stades physiologiques d'une même série :

teinte plate	: stade arborescent (forêt)
hachuré	: stade arbustif (garrigue haute)
pointillé	: stade herbacé (phrygane et pelouse)

Les types intermédiaires (faciès) sont représentés par la couleur de la série principale hachurée par celle du faciès.

Le fond blanc est réservé aux cultures.

DIVISIONS GEOGRAPHIQUES ET BOTANIQUES

Les caractéristiques phytogéographiques du Liban résultent de :

- sa situation sur le bord oriental de la Méditerranée
- l'alignement, parallèlement au littoral, de ces deux chaînes montagneuses : une chaîne occidentale, le Mont-Liban et une chaîne orientale, l'Anti-Liban délimitant entre elles la plaine de la Békaa.

Quatre ensembles géographiques peuvent être ainsi délimités :

1 - la zone littorale qui forme un étroit liseré entre la mer et la première chaîne du Liban. Cette zone présente une importance agricole vu la douceur de son climat qui permet la culture maraîchère et les agrumes. Malheureusement, cette zone est fortement urbanisée surtout entre Jbeil et Saïda.

2 - Le Mont-Liban, principale chaîne du Liban, culmine à 3088 m à Qornet es Saouda. Cette chaîne est entamée, au niveau de Beyrouth, par le col de Baïdar qui correspond à une zone faillée de direction Est-Ouest ; les deux parties ainsi délimitées ont, chacune, leurs propres caractéristiques orographiques, géologiques et botaniques.

2 - La plaine de la Békaa se présente comme un haut plateau séparant les deux chaînes du Liban. Cette plaine est essentiellement alluviale et bénéficie de cultures intensives surtout dans sa partie centrale.

4 - L'Anti-Liban, chaîne orientale, où l'insuffisance des précipitations explique l'appauvrissement de sa végétation.

Du point de vue botanique nous pouvons considérer deux ensembles :

- Un premier ensemble typiquement "méditerranéen" qui caractérise toute la partie occidentale du Mont-Liban, la partie orientale du Mont-Liban au Sud du parallèle de Beyrouth ainsi que la façade occidentale de l'Hermon. Cet ensemble est caractérisé par des paysages forestiers classiques où la végétation peut théoriquement évoluer vers des groupements sylvatiques phytosociologiquement significatifs.

- Un deuxième ensemble, qualifié de "méditerranéen pré-steppique", couvre le versant oriental de la chaîne du Liban dans sa partie Nord et la partie Nord de l'Anti-Liban. Cet ensemble se caractérise par des paysages arborés très clairsemés qui, du moins dans les conditions écologiques actuelles, ne peuvent pas évoluer vers des paysages sylvatiques phytosociologiquement significatifs.

Notons de plus les formations steppiques du Nord de la Békaa qui annoncent déjà le désert syrien tout proche.

LECTURE DE LA NOTICE

La notice que nous présentons est conçue par série de végétation, donc par couleur. La

description de chaque série comporte quatre paragraphes :

- I . Conditions du milieu
- II . Végétation spontanée
- III . Origine de la végétation
- IV . Utilisation par l'homme

Les sigles suivants sont employés :

- * espèce endémique
- espèce subspontanée
- + espèce signalée pour la première fois sur notre territoire.

ENSEMBLE MEDITERRANEEN

A - ETAGE MEDITERRANEEN INFERIEUR OU THERMOMEDITERRANEEN

Il s'élève du littoral jusqu'à 500 m d'altitude environ, sur le versant occidental du Mont-Liban. Il correspond aux séries 1 à 4 caractérisées par une flore méditerranéenne chaude à Caroubier, Myrte, Lentisque et Pin d'Alep.

La limite de cet étage passe sensiblement du Nord au Sud, par les localités suivantes : Halba, Amioun, Ghazir, Jamhour et Nabatiyé. Cependant cette limite est moins nette dans les vallées perpendiculaires à la côte ; au niveau de ces vallées, les versants Nord et Sud présentent une végétation différente par suite des conditions écologiques locales.

Dans la partie centrale du pays cet étage est très étroit ; c'est à ce niveau que le Mont-Liban s'élève brusquement et, à moins de 15 km, nous sommes déjà à 600 m d'altitude. Par contre dans les parties Nord et Sud du pays, où les pentes du Mont-Liban s'adoucisent, nous assistons à un élargissement de cet étage qui s'étend ainsi un peu plus vers l'Est.

- SUR ROCHES-MERES CALCAIRES

1 - Couleur rouge : série du Caroubier-Lentisque

I. C'est la série la plus chaude représentée çà et là sur la côte libanaise en particulier, au Nord, entre Batroun et Chékka et au Sud, entre Damour et Saïda.

II. Les groupements arborescents de cette série se présentent soit sous la forme type qu'on lui connaît sur tout le pourtour méditerranéen : il s'agit alors de broussailles, plutôt que de forêts, où domine *Pistacia lentiscus* L. et où *Myrtus communis* L. est relativement abondant. *Ceratonia siliqua* L. est toujours présent mais généralement épars en raison de sa grande sensibilité à l'action de l'homme. Cette série se présente également par des bois de Pin d'Alep, surtout au Sud de Beyrouth, où *Pinus brutia* Ten. peut également être important.

Le premier stade de dégradation de cette série est constitué par une garrigue haute dominée par *Calycotome villosa* (Vahl) Link et, très localement, par *Rhus tripartita* (Ucria) D.C. Une dégradation plus poussée conduit vers une garrigue basse à *Poterium spinosum* L. et *Phlomis viscosa* Poir. sur sol très rocailleux.

Les groupements herbacés sont constitués par des pelouses mal définies sur le plan phytosociologique. C'est surtout *Hyparrhenia hirta* (L.) Stapf var. *pubescens* (Vis.) Maire et Weiller qui paraît être l'espèce dominante. *Aristida coerulescens* Desf. et, localement, *Varthemia iphionoides* Boiss. et Bl. caractérisent les substrats rocailleux. A ces pelouses s'ajoutent celles de *Stipa capensis* Thunb. toujours très localisées.

III. Ces groupements présentent des affinités certaines avec ceux d'Israël (ZOHARY et ORSHAN, 1959) et connaissent le même aspect sur tout le pourtour méditerranéen. Il est à noter que *Rhus tripartita* (Ucria) D.C. et *Varthemia iphionoides* Boiss. et Bl., confinées au Sud Liban, participent plus spécialement aux groupements d'Israël.

IV. Le Caroubier est probablement spontané au Liban mais il a été largement étendu par l'homme vu son utilisation dans la préparation de la mélasse. C'est ce qui a valu d'ailleurs la nomination de toute une localité dans le Chouf par "Eqlim el Kharroub". Par contre *Olea europea* L. est rarement présent à l'état spontané. Notons qu'actuellement cette zone est largement urbanisée et bénéficie

de cultures maraîchères intensives, les cultures sous serres prenant un essor de plus en plus croissant.

2 - Couleur rouge brique : série thermophile du *Quercus calliprinos* Webb.

I. Cette série couvre la majeure partie de l'étage méditerranéen inférieur sur calcaire compact. L'étagement altitudinal de la série va du bord de la mer, comme le bois de Selaata au Nord de Batroun, jusqu'aux environs de 400-500 m.

II. Les stades arborescents sont représentés par des bois de *Quercus calliprinos* Webb purs ou mêlés à *Pinus brutia* Ten. Dans les deux cas *Ceratonia siliqua* L., *Pistacia lentiscus* L. et *Myrtus communis* L. sont relativement abondants.

Les groupements arbustifs sont caractérisés par *Calycotome villosa* (Vahl) Link et *Poterium spinosum* L. surtout avec *Hypericum thymifolium* Banks et Sol, *Cistus creticus* L. et *Stachys distans* Benth. in D.C.

Les groupements herbacés sont des pelouses à *Hyparrhenia hirta* (L.) Stapf var. *pubescens* (Vis.) Maire et Weiller et *Andropogon distachyus* L.

III. Assez fragmentaires en Syrie, ces peuplements thermophiles de *Quercus calliprinos* Webb présentent des affinités avec ceux de Turquie (ZOHARY, 1973). Des investigations plus récentes (AKMAN, BARBERO et QUEZEL, 1979) démontrent qu'ils occupent une frange importante sur le littoral de la Turquie méditerranéenne.

IV. Les peuplements à *Pin brutia* sont probablement dus à l'action de l'homme qui favorise le Pin au profit du Chêne. Cette zone est également urbanisée et ne convient pas aux cultures, sauf aux abords des fleuves.

- SUR MARNES ET CALCAIRES MARNEUX

3 - Couleur rouge orangé : série thermoméditerranéenne du *Pin brutia* et du Cyprès

I. Les substrats marneux sont largement répandus à basse altitude. Ils constituent un milieu particulier où s'individualise une série de végétation dominée par les conifères. *Pinus brutia* Ten. est le plus répandu, *Pinus halepensis* Mill. et *Cupressus sempervirens* L. y occupent une place également appréciable. Ces pineraies et cupressaies sont largement représentées, notamment dans la vallée inférieure du Nahr ed Damour, ainsi que dans la région de Batroun et de Tripoli.

II. Les groupements arborescents de cette série sont représentés soit par des bois à *Pinus brutia* Ten., à *Cupressus sempervirens* L., à Pins et Cyprès ou à Pin d'Alep. Sur le plan floristique toutes ces forêts offrent un même cortège particulier, quelle que soit l'essence dominante. Il s'agit en effet d'espèces différentielles liées aux marnes, spécialement :

<i>Gonocytisus pterocladus</i> Boiss.	<i>Satureia thymbra</i> L.
<i>Lygia aucheri</i> (Meissn.) Boiss.	<i>Anarrhinum orientale</i> Benth.
	<i>Cytisopsis dorycniiifolia</i> Jaub. et Spach.

Notons que les stades de dégradation sont enrichis en *Coridothymus capitatus* (L.) Rchb. et *Satureia thymbra* L. Signalons également que, au sein de cet étage, *Pistacia lentiscus* L., *Ceratonia siliqua* et *Myrtus communis* L. sont fréquents.

Les groupements herbacés sont des pelouses à *Hyparrhenia hirta* (L.) Stapf var. *pubescens* (Vis.) Maire et Weiller avec *Trachynia distachya* (L.) Link et *Stipa bromoides* (L.) Dörfel.

III. *Pinus halepensis* Mill. a une répartition fragmentée au Liban. Le seul peuplement présent au Nord de Beyrouth est celui de Sahel Byblos et il semblerait qu'il fût planté. Ce n'est qu'à partir du Sud de Baabda que cette essence devient abondante, formant des peuplements purs ou des peuplements mélangés au *Pinus brutia* Ten. dont la limite méridionale semble être au Liban.

Les groupements à Pin d'Alep présentent certainement des affinités avec ceux d'Israël, alors que ceux à *Pin brutia* se rapprochent de ceux de Turquie, au Sud de l'Anatolie (ZOHARY, 1973). Par contre les groupements de Cyprès ne semblent pas jusqu'à présent avoir d'affinités avec les pays voisins vu, que les seuls peuplements de Cyprès décrits par ZOHARY (1973) sont ceux du Cyprès et du *Juniperus phoenicea* L. sur calcaires compacts.

IV. Sur ce type de substrat, et à cette altitude, il est presque impossible d'obtenir des reboisements productifs. Ce substrat est communément appelé "bad lands" ; les essais déjà effectués du côté de Hamat n'ont pas donné des résultats satisfaisants.

- SUR GRES4 - Couleur orange : série thermoméditerranéenne du Pin pignon

I. Toutes les pineraies de basse altitude sur substrat gréseux, principalement celles situées à l'Est de Beyrouth, doivent être rapportées à cette série. Il en est de même des anciens peuplements situés au Sud de la ville.

II. Les groupements arborescents de cette série se présentent sous forme de pineraie pure, parfois accompagnée de Pin brutia ; par contre, *Quercus calliprinos* Webb. est très rare. Dans ces formations, à côté du Pin pignon et d'*Erica manipuliflora* Salisb., se rencontrent le Lentisque et le yrte.

Les groupements arbustifs se présentent soit par des formations pures à *Erica manipuliflora* Salisb., soit accompagnés de *Celsia orientalis* L., *Cistus creticus* L. et *Cistus salviifolius* L.

Les groupements herbacés sont des pelouses à *Hyparrhenia hirta* (L.) Stapf var. *pubescens* (Vis.) Maire et Weiller et *Stipa bromoides* (L.) Dörfel.

III. Contrairement à certains coins de la Méditerranée, il semblerait que les groupements de Pin pignon soient des groupements naturels, du moins sur substrat gréseux. Ce type de peuplements est rare en Méditerranée orientale. Les seules pineraies appartenant à ce complexe ont été signalées par QUEZEL et PAMUKCUOGLU (1973) sur les dunes littorales de Manavgat (Turquie).

IV. Vu la consommation des pignons, il serait souhaitable que l'exploitation de la série consiste en des reboisements de la même essence sur ce type de substrat.

B - ETAGE EUMEDITERRANEEN

Les limites altitudinales de cet étage sont comprises entre 500 et 1000 m environ sur le revers occidental du Mont-Liban. Sa limite supérieure s'élève un peu plus dans la partie sud du revers oriental de la même chaîne ainsi que dans l'Hermon. Cette limite passe du Nord au Sud par les localités suivantes : environs de Sir ed Dennyé, Qartaba, Rayfoun, Bikfaya, Bhamdoun, Kfar Nabrach, Jezzine. Elle contourne le Mont-Liban par Machghara, Khirbet, Qanafar jusqu'au niveau de Zahlé. Sur l'Anti-Liban la limite passe aux pieds de Majdel Aanjar, Jib Jannine et Hasbaya.

Cet étage correspond aux séries 5 à 8, caractérisées par une flore Est-méditerranéenne typique.

- SUR CALCAIRES5 - Couleur jaune : série méditerranéenne du *Quercus calliprinos* Webb.

I. C'est la série la plus étendue territorialement ; c'est ainsi qu'entre 500 et 1000 m environ *Quercus calliprinos* Webb. représente, sur les calcaires compacts et les calcaires dolomitiques l'essence climacique la plus importante sur tout le revers méditerranéen du Liban. Cette série réapparaît encore dans la partie méridionale du revers oriental notamment entre le Litani et Zahlé.

II. Les groupements arborescents sont essentiellement des chênaies à *Quercus calliprinos* Webb ou des futaies de Chênes et de Pin brutia, parfois même de *Pinus pinea* L. Toutes ces forêts présentent les mêmes éléments sylvatiques suivants :

<i>Pistacia palaestina</i> Boiss.	<i>Crataegus azarolus</i> L.
<i>Arbutus andrachne</i> L.	<i>Acer syriacum</i> Boiss. et Gaill.
<i>Phillyrea media</i> L.	<i>Rubia tenuifolia</i> d'Urv.
<i>Lotus judaicus</i> Boiss. ex Bromm.	<i>Bromus syriacus</i> Boiss. et Bl.
<i>Aristolochia altissima</i> Desf.	<i>Cyclamen persicum</i> Mill.
<i>Eryngium falcatum</i> Laroche	

Par dégradation, ces forêts forment des groupements à *Calycotome villosa* (Vahl) Link, *Rhamnus punctata* Boiss. et *Hypericum thymifolium* Banks et Sol., puis des stades à Cistes où dominent *Cistus creticus* L. et *Salvia fruticosa* Miller. Une dégradation plus poussée conduit aux formations à *Poterium spinosum* L.

Les groupements herbacés correspondent à des pelouses à *Hyparrhenia hirta* (L.) Stapf var. *pubescens* (Vis.) Maire et Weiller et *Andropogon distachyus* L.

III. Ces groupements ont des affinités avec ceux d'Israël (ZOHARY, 1960) et ceux de Syrie (NAHAL, 1962). Des peuplements homologues apparaissent également en Turquie à partir d'Antalya (QUEZEL,

1975). Le faciès à *Pinus brutia* Ten. présente également des affinités avec ceux du Sud de l'Anatolie et du Mont Amanus (ZOHARY, 1973).

IV. Dans les stations où l'action de l'homme n'a pas été trop importante pour modifier le cours normal de l'évolution de la végétation, *Quercus calliprinos* Webb. forme des taillis extrêmement dynamiques. Leur extension est évidente, surtout dans certaines zones vouées à l'état de friche depuis une quarantaine d'années.

Le faciès à *Pinus brutia* Ten. constitue une forêt paraclimacique où *Quercus calliprinos* Webb est toujours présent, son extension étant favorisée par l'homme. Il en est de même du faciès à *Pinus pinea* L., rencontré à la périphérie des affleurements gréseux ; là, sa fructification reste aléatoire et il est de moins belle venue que sur substrat gréseux.

Dans la majeure partie du pays cette zone est largement occupée par des villages d'été. Sur les terrains secs, ce sont surtout les cultures d'amandier, de figuier et d'olivier qui conviennent le mieux.

6 - Couleur jaune citron : série méditerranéenne de *Quercus infectoria* Oliv.

I. Cette série correspond à la chênaie caducifoliée à l'intérieur des limites de la chênaie sempervirente. En effet *Quercus infectoria* Oliv. s'installe en plein étage méditerranéen tout en se localisant, toujours sur sols profonds, en exposition Nord et dans les thalwegs. Les terrasses de culture abandonnées lui sont particulièrement favorables.

II. Les groupements arborescents présentent le même cortège floristique que celui des chênaies à *Quercus calliprinos* Webb. ; ce dernier est d'ailleurs toujours présent. Aux éléments sylvatiques qui caractérisent la série précédente s'ajoutent :

<i>Styrax officinalis</i> L.	<i>Cercis siliquastrum</i> L.
<i>Phlomis longifolia</i> Boiss. et Bl.	<i>Tamus orientalis</i> Thiéb.
<i>Allium trifoliatum</i> Cyr.	

Les stades de dégradation sont à peu près identiques à ceux de la série précédente avec, notamment, l'apparition d'espèces généralement liées aux sols profonds, en particulier *Spartium junceum* L. Une dégradation plus poussée conduit à une garrigue basse à *Origanum syriacum* L. et *Stachys distans* Benth. in D.C.

Les groupements herbacés sont des pelouses à *Brachypodium pinnatum* (L.) Beauv.

III. C'est certainement au Liban que les peuplements méditerranéens de *Quercus infectoria* Oliv. sont les plus développés. Quoique présente en Turquie, notamment dans le Taurus méridional, cette espèce n'a qu'un rôle tout à fait secondaire au niveau du tapis végétal. Au Liban, elle forme des groupements qui sont, le plus probablement, des vicariants écologiques des formations rencontrées dans des conditions analogues en Méditerranée occidentale (*Quercus faginea* Lamk. - *Quercus pubescens* Willd.).

IV. Les zones colonisées par le *Quercus infectoria* Oliv., à ce niveau, sont en général d'anciennes cultures abandonnées qui avaient été aménagées en terrasses sur tout le versant occidental du Mont-Liban. Ces terrasses conviendraient parfaitement aux cultures fruitières.

- SUR MARNES ET CALCAIRES MARNEUX

7 - Couleur ocre : série méditerranéenne de *Pinus brutia* Ten. et de *Cupressus sempervirens* L.

I. Cette série se trouve principalement dans le Nord du pays, notamment dans le Aakkar et à Karm Saddé. Ajoutons à cela quelques groupements localisés dans le Sud du pays.

II. Les groupements arborescents sont soit des pinèdes pures, soit mélangés au Cyprès ; ce dernier peut, en certaines localités, former des groupements purs. Le sous-bois de ces formations est enrichi en espèces caractéristiques, différentielles de ces milieux, telles que :

<i>Linum aroanium</i> Boiss. et Orph.	<i>Iris unguicularis</i> Poiret
	var. <i>cretensis</i> (Janka) Maire
<i>Centaurea cheiracantha</i> Fenzl. ex Boiss.	<i>Genista acanthoclada</i> D.C.

Les groupements arbustifs sont des garrigues à *Calycotome villosa* (Vahl) Link, *Poterium spinosum* L., *Satureia thymbra* L. et *Thymbra spicata* L.

Les groupements herbacés sont également des pelouses à *Hyparrhenia hirta* (L.) Stapf var. *pubescens* (Vis.) Maire et Weiller.

III. Il existe de remarquables similitudes floristiques et écologiques entre les peuplements du Liban, notamment ceux du Aakkar, avec ceux qui occupent la vallée de Nahr el Kabir dans les

Alaouites méridionales (BARBERO, CHALABI, NAHAL et QUEZEL, 1976).

IV. Les boisements de *Pinus brutia* Ten. et de *Cupressus sempervirens* L., en certains points du pays et sur des terrasses aménagées, semblent bien réussir.

- SUR GRES

B - Couleur brun clair : série méditerranéenne du Pin pignon

I. Cette série réunit la majeure partie des forêts de Pin pignon. Elles sont surtout développées au Liban central, dans le Metn, et du côté de Jezzine.

II. Les groupements arborescents sont généralement des pinèdes pures. Ils sont parfois accompagnés de *Pinus brutia* Ten. et parfois même, de *Quercus infectoria* Oliv. Par contre *Quercus calliprinos* Webb. est très rare. Les éléments différentiels de ces forêts sont :

<i>Lavandula stoechas</i> L.	<i>Juniperus oxycedrus</i> L.
<i>Briza maxima</i> L.	<i>Anthemis tinctoria</i> L.
<i>Ranunculus paludosus</i> Poir.	<i>Phleum montanum</i> C. Koch.
<i>Anthoxanthum odoratum</i> L.	

Les groupements arbustifs sont des maquis à *Lavandula stoechas* L. et *Cistus salvifolius* L. où l'on note une certaine fréquence de jeunes pieds de *Pinus pinea* L.

Les groupements herbacés sont des pelouses à *Tuberaria guttata* (L.) Fourr., *Aira elegans* Willd., *Ornithogalum neurostegium* Boiss. et Bl. et **Trifolium medusaeum* Bl. ex Boiss.

III. Les groupements de Pin pignon les plus proches se situent en Turquie mais appartiennent, cependant, à d'autres unités phytosociologiques (AKMAN, BARBERO et QUEZEL, 1979).

IV. Sur ce type de substrat il y a eu des reboisements de *Pinus pinea* L. qui ont même débordé sur substrat calcaire, à la périphérie des affleurements gréseux.

C - ETAGE SUPRAMEDITERRANEEN

Les limites altitudinales de cet étage sont comprises entre 1000 et 1500-1600 m environ sur les versants occidentaux du Mont-Liban et de l'Hermon ainsi que sur une partie du versant oriental au sud du parallèle de Beyrouth. On le définit comme étage des Feuillus malgré la pénétration, dans le plancher de cet étage, de *Quercus calliprinos* Webb.

Il correspond aux séries 9 à 13 caractérisées par une flore enrichie en éléments supraméditerranéens.

- SUR CALCAIRES

9 - Couleur jaune verdâtre : série supraméditerranéenne de *Quercus calliprinos* Webb.

I. Cette série s'individualise dans les zones subrupicoles et en exposition Sud de cet étage. Elle est particulièrement développée du côté de Rayfoun, Qartaba et sur la route entre Ehmej et Laqlouq où l'on observe des peuplements étendus.

II. Les groupements arborescents sont soit des peuplements purs de *Quercus calliprinos* Webb, soit des peuplements mixtes de *Quercus calliprinos* Webb et *Arceuthos drupacea* (Lab.) Ant. et Ky. Le cortège floristique présente, à côté des éléments de l'étage méditerranéen, certaines espèces caractéristiques des niveaux supérieurs.

La dégradation de ces groupements conduit à la formation de fruticées à *Calycotome villosa* (Vahl) Link avec *Origanum syriacum* L., *Stachys distans* Benth. in D.C. et *Teucrium divaricatum* Sieb. ex Heldr.

Les groupements herbacés correspondent à des pelouses à *Brachypodium pinnatum* (L.) Beauv., *Melica angustifolia* Boiss. et Bl. et *Crepis syriaca* (Bernm) Babç.

III. Au Liban, *Quercus calliprinos* Webb présente une très large amplitude altitudinale, allant du bord de la mer jusqu'aux environs de 1500 m. Ailleurs au Proche Orient, cette espèce ne semble pas se comporter de la même façon : elle se cantonnerait plutôt à l'étage euméditerranéen.

Notons cependant que le faciès à *Arceuthos drupacea* (Lab.) Ant. et Ky. semble avoir, par contre, des affinités avec les groupements du Péloponèse (Grèce). Là, on en signale d'importants peuplements dans la zone de contact entre les chênaies à *Quercus coccifera* L. et les sapinières d'*Abies cephalonica* Loud. (BARBERO et QUEZEL, 1976).

IV. Il est difficile d'envisager l'exploitation de cette série, dont l'extension sur le terrain est très réduite et qui se développe surtout dans les stations subrupicoles.

10 - Couleur vert-jaunâtre : série normale de *Quercus infectoria* Oliv.

I. A cette série appartient la majeure partie des forêts de *Quercus infectoria* Oliv. Elles sont particulièrement représentées dans les régions de Kfar Zebiane, Qartaba et Jezzine.

II. Les groupements arborescents sont des forêts de *Quercus infectoria* Oliv. où *Quercus calliprinos* Webb est généralement présent. Le cortège floristique comprend quelques différentielles comme :

<i>Lonicera nummulariifolia</i> Jaub. et Spach.	* <i>Asperula libanotica</i> Boiss.
<i>Phlomis longifolia</i> Boiss. et Bl.	<i>Tamus orientalis</i> Thiéb.

Le premier stade de dégradation de cette série correspond à une garrigue dominée par *Spartium junceum* L. avec *Origanum syriacum* L. Elle se distingue de la garrigue de l'étage méditerranéen par la rareté du *Poterium spinosum* L. ; par contre, *Calycotome villosa* (Vahl) Link reste parfois abondant.

Les groupements herbacés sont des pelouses à *Brachypodium pinnatum* (L.) Beauv., *Melica angustifolia* Boiss. et Bl. et *Poa bulbosa* L.

III. Il semble que c'est au Liban que *Quercus infectoria* Oliv. présente les plus beaux peuplements. Quelques formations homologues, mais relativement réduites, sont signalées dans les Alaouites. Les groupements du Nord de la Syrie et ceux de la Turquie appartiennent à une autre espèce qui est le *Quercus boissieri* Reut. mais qui se retrouve dans les mêmes conditions écologiques.

IV. Le domaine climacique de cette série a été certainement réduit par l'homme, car c'est à ce niveau que les terres sont les plus favorables aux cultures. Cependant, on assiste aujourd'hui à une reprise quasi-générale du Chêne dans les zones de terrasses abandonnées.

11 - Série du Charme houblon et du Frêne à fleur

I. Cette série est individualisée au Nord du parallèle de Beyrouth dans tous les thalwegs rocaillieux à forte déclivité. Les plus beaux peuplements se trouvent dans la vallée de Nahr Ibrahim, Nahr Ed Dahab, Mchati, Ehmej et Wadi ej-Jamajem ; ils sont cependant de superficie réduite et, par la suite, non cartographiables à cette échelle⁽¹⁾.

II. Les groupements arborescents sont essentiellement des formations à *Ostrya carpinifolia* Scop. et *Fraxinus ornus* L., *Quercus infectoria* Oliv. est également présent. Ces groupements présentent quelques caractéristiques qui sont :

+ <i>Melica uniflora</i> Retz	* <i>Paeonia kesrouanensis</i> Thiéb.
<i>Primula vulgaris</i> Huds.	<i>Daphne libanotica</i> Mout.

Les groupements arbustifs forment, sur les pentes mal drainées, d'importants peuplements de *Sambucus ebulus* L. Par contre *Spartium junceum* L. domine dans les zones où le drainage est bien assuré.

Les groupements herbacés sont des pelouses à *Brachypodium pinnatum* (L.) Beauv. et *Brachypodium sylvaticum* (Huds.) Beauv.

III. Les ostryaies du Liban, beaucoup plus répandues que ne le laissent supposer les flores, ont une très grande valeur biogéographique. Ces formations représentent la limite méridionale du Charme houblon en Méditerranée orientale. Un curieux hiatus existe cependant en Syrie : *Ostrya carpinifolia* Scop. et *Carpinus orientalis* Mill. jouent un rôle très subordonné dans la chaîne des Alaouites ainsi que sur les massifs des roches vertes du Baer et du Bassit. Il en est de même sur la chaîne de l'Amanus (AKMAN, 1970) où, toutefois, *Carpinus orientalis* Mill. constitue des peuplements très denses. Par contre, sur les massifs calcaires du Taurus en Turquie méridionale, le Charme houblon est de nouveau mieux représenté et occupe la même situation écologique qu'au Liban.

IV. Les superficies occupées par les ostryaies sont généralement très réduites. Vu leur intérêt biogéographique, elles doivent être protégées pour ne pas être vouées à la disparition d'autant plus qu'elles sont à la limite de leur aire.

12 - Couleur vert foncé : série de *Quercus cerris* L. var.

I. Les groupements de *Quercus cerris* L. var. apparaissent autour de 1200 m. Ils sont bien

(1) cf. curiosités botaniques.

représentés à Kfar Zebiane, à Ehmej avant Laqlouq, à Fnaïdeq dans le Akkar ainsi qu'à Wadi Sirri dans la région de Sir ed Denniyé. C'est dans ces localités que *Quercus cerris* L. var. participe à des groupements significatifs ; ailleurs, il se présente en arbres isolés sans toutefois dépasser le parallèle de Beyrouth.

II. Les groupements arborescents correspondent à de petites forêts de *Quercus cerris* L. var. dont le sous-bois montre un cortège floristique très riche, formé par certaines caractéristiques telles que :

**Lathyrus niger* (L.) Bernh. *Lathyrus digitatus* (Bieb.) Fiori
**Carex phyllostachys* C.A. Mey **Bromus bikfayensis* A. Camus et Gombault

III. Ce groupement est, le plus probablement, endémique de la montagne libanaise car il ne semble pas avoir d'affinités avec les autres groupements de *Quercus cerris* L. en Méditerranée orientale, principalement ceux de Syrie et d'Anatolie.

IV. A ce niveau altitudinal la majeure partie des forêts a été remplacée par une culture intensive d'arbres fruitiers, notamment le pommier. C'est une des principales raisons qui a réduit ces formations à des lambeaux épars dans la montagne libanaise, du moins dans sa partie Nord.

- SUR GRÈS

13 - Couleur vert olive : série supraméditerranéenne du *Pinus pinea* L.

I. La série supraméditerranéenne du Pin pignon s'individualise entre 1100 et 1500 m, surtout en exposition Sud. Ces pineraies sont particulièrement étendues du côté de Aïn Zhalta et de Qemhez.

II. Les groupements arborescents sont des forêts claires et basses dont le cortège floristique est caractérisé par :

**Cytisus syriacus* Boiss. et Bl. *Adenocarpus complicatus* (L.) J. Gay.
**Halimium umbellatum* (L.) Spach. var. *syriacum* (Boiss.) Willk.

Les groupements arbustifs sont des groupements à **Cytisus syriacus* Boiss. et Bl.

Les groupements herbacés sont des pelouses à *Tuberaria guttata* (L.) Fourr., *Aira elegans* Willd. et *Briza maxima* L. Ajoutons que des pelouses à *Isoetes hystrix* Dur., *forma subinermis* Dur. se développent dans les bas-fonds humides.

III. Il est difficile de préciser les affinités biogéographiques de ces pineraies d'altitude vu la rareté de ce type de substrat en dehors du Liban. L'originalité de ces groupements est marquée par l'endémisme de leurs espèces caractéristiques, principalement **Cytisus syriacus* Boiss. et **Halimium umbellatum* (L.) Spach. var. *syriacum* (Boiss.) Willk. Indiquons cependant que certaines espèces, comme *Adenocarpus complicatus* (L.) Gay, sont encore présentes en Turquie dans les peuplements de Pin pignon d'altitude de la région d'Aydın (BARBERO et QUEZEL, 1977).

IV. La présence de groupements supraméditerranéens de Pin pignon peut surprendre quand on connaît l'écologie de ce Pin en Méditerranée occidentale, où il ne quitte pas l'étage méditerranéen. Ce sont, comme nous venons de le voir, les particularités édaphiques qui expliquent cette répartition altitudinale et, peut-être même, l'action de l'homme en raison de l'utilisation massive des pignes au Liban.

N.B. Il est à signaler que nous pouvons également différencier à ce niveau, deux séries de feuillus sur grès. Cependant leur étendue est très restreinte et, par suite, impossible à cartographier. Il s'agit de :

- Série de *Quercus infectoria* Oliv. variante sur grès.

Elle est bien développée à Douar et Bqatouta, du côté de Kfar Zebiane cette variante est différenciée par :

Juniperus oxycedrus L. **Cytisus syriacus* Boiss. et Bl.
**Origanum ehrenbergii* Boiss. *Adenocarpus complicatus* (L.) J. Gay

Il est fort probable que de nombreuses pineraies d'altitude de *Pinus pinea* L. aient été étendues sur des territoires qui, potentiellement, pouvaient constituer d'excellents niveaux d'équilibre de la chênaie à *Quercus infectoria* Oliv. D'ailleurs, dans les pineraies peu exploitées, on assiste actuellement à une reprise massive du Chêne qui forme un taillis en sous-bois de Pin pignon.

- Série de *Quercus cerris* L. variante sur grès.

Cette variante est également bien développée à Bqatouta, du côté de Kfar Zebiane. Elle est différenciée par :

Luzula forsteri (Sm.) D.C.
Centaurea cheiracantha Fenzl. ex Boiss.
**Cytisus syriacus* Boiss. et Bl.

**Origanum ehrenbergii* Boiss.
Anthemis tinctoria L.
Adenocarpus complicatus (L.) J. Gay

Là aussi, le *Quercus cerris* L. var semble former des forêts climaciques sur ce type de substrat.

D - ETAGE MONTAGNARD MEDITERRANEEN

Les limites altitudinales de cet étage varient entre 1500 m et 1800-1900 m environ. On peut définir cet étage comme celui du Cèdre du Liban et du Sapin de Cilicie. Trois séries (14, 15 et 16) s'y individualisent, essentiellement sur les calcaires compacts et les calcaires dolomitiques : la série du *Cedrus libani* A. Rich. et *Abies cilicica* Ant. et Ky, la série montagnarde méditerranéenne de *Quercus cedrorum* Ky et *Quercus brantii* Lindl. ssp. *look* (Ky). n. comb.

Par contre, aucun vestige forestier n'apparaît actuellement sur les marnes et les calcaires marneux. On y trouve le plus souvent des éboulis dont la végétation est très appauvrie.

Quelques lambeaux de cédraies existent encore sur grès, notamment à Hadath ej Joubbé, formant ainsi une variante de la série du Cèdre. Là aussi, *Adenocarpus complicatus* (L.) J. Gay. est une bonne différentielle. Les surfaces gréseuses sont relativement étendues, dans cet étage, notamment dans la région de Baïdar, mais tous les vestiges forestiers ont disparu.

Ces séries sont caractérisées par une flore très riche en éléments appartenant à la haute montagne.

14 - Couleur bleue : série du Cèdre du Liban et du Sapin de Cilicie

I. *Cedrus libani* A. Rich. et *Abies cilicica* Ant. et Ky constituent encore quelques beaux peuplements. Si ces deux essences sont souvent associées, comme il en est le cas dans la forêt de Ehden ainsi qu'à Wadi Jouhannam, leur disjonction locale tient à la différence de leurs exigences écologiques. En effet, le Sapin tend à se répartir aux expositions les plus fraîches alors que le Cèdre, plus xérophile, se satisfait de stations moins humides.

II. Les groupements arborescents sont très variés. Ils correspondent aux cédraies-sapinières comme celles de Ehden et de Wadi Jouhannam, aux sapinières pures comme celles de Qammoua, et aux cédraies pures comme celles de Becharré, Hadath-Tannourine, Jaje, Barouk et Aïn Zhalta. Notons encore que le Cèdre est toujours associé à des Chênes caducifoliés qui peuvent, localement, constituer des chênaies pures. Tel est le cas pour *Quercus cedrorum* Ky dans la région de Hadath-Tannourine, ou de *Quercus brantii* Lindley ssp. *look* (Ky) n. comb. autour de la cédraie de Barouk. Tous ces groupements présentent le même cortège floristique, essentiellement différencié par :

Ferula cassii Zoh. et Davis

Bunium elegans (Fenzl) Freyn. var.
junceum (Boiss.) n. comb.

Cicerbita candolleana (Boiss.) Beauv.

Orchis comperiana Stev.

Lathyrus libani Fritsch.

**Corydalis solida* (L.) Swartz var.
brachyloba Boiss.

Geranium libani P.H. Davis

Acer tauricolum Boiss. et Bal.

Pimpinella anthriscoides Boiss.

Sorbus flabellifolia (Spach)

C.K. Schneider

Doronicum caucasicum Bieb.

Tanacetum cilicium (Boiss.) Grierson

Les groupements arbustifs sont des fruticées à **Berberis libanotica* Ehrenb. et *Cotoneaster nummularia* Fisch. et Mey.

Les groupements herbacés sont des pelouses à *Dactylis glomerata* L., *Agropyron panormitanum* Parl., *Poa diversifolia* (Boiss. et Bal.) Hack. et *Sesleria anatolica* Deyl.

III. Il est difficile d'établir, avec certitude, les affinités biogéographiques de ces groupements endémiques du Liban.

Les groupements du Nord du pays, essentiellement formés par *Cedrus libani* A. Rich. auquel se mêlent parfois *Quercus cedrorum* Ky et *Quercus pinnatifida* C.C. Gmel, ont quelques affinités avec ceux de la Syrie (CHALABI, 1980). Les cédraies du Liban Sud, où *Quercus brantii* Lindl. ssp. *look* (Ky) n. comb. est associé à *Cedrus libani* A. Rich, sont endémiques de cette partie du pays (cf. série 15).

Par contre, la grande dégradation des groupements d'*Abies cilicica* Ant. et Ky ne nous a pas permis de les rapprocher à d'autres formations homologues.

Notons que, parmi toutes les espèces précitées, seuls le Cèdre du Liban et *Quercus bran-*

tii Lindl. ssp. *look* (Ky) n. comb. atteignent le sud du territoire libanais. Citons, également, que **Berberis libanotica* Ehrenb. est endémique des stades de dégradation de cette série.

IV. Il serait souhaitable d'effectuer, à ce niveau, des boisements avec les essences précitées car la plupart d'entre elles sont en voie d'extinction, surtout dans les conditions anthropiques actuelles.

15 - Couleur vert clair et vert d'eau : série montagnarde méditerranéenne de *Quercus cedrorum* Ky et *Quercus brantii* Lindl. ssp. *look* (Ky) n. comb.

Au sein de l'aire bioclimatique de *Cedrus libani* A. Rich. et en conditions subhumides inférieures, le Cèdre peut être localement associé à *Quercus cedrorum* Ky et *Quercus brantii* Lindl. Ces deux chênes forment dans certaines situations écologiques, sur substrats superficiels et donc en conditions mésoclimatiques xérophiles, des peuplements purs que nous avons envisagés, d'après les études structurales en notre possession pour le moment, comme constituant une série à *Quercus cedrorum* Ky et *Quercus brantii* Lindl.

Il faut retenir que sur le Zagros (ASSADOLLAHI, BARBERO et QUEZEL, 1982) *Quercus persica* (vicariant de *Quercus brantii* Lindl. ssp. *look* (Ky) n. comb. se trouve, à l'étage montagnard méditerranéen et en l'absence de la concurrence du Cèdre, en situation dominante au niveau du tapis végétal où il constitue une série particulière.

16 - Couleur violet clair : série montagnarde à *Juniperus excelsa* M. Bieb.

I. La dégradation de la cédraie et de la sapinière de cet étage permet l'installation du *Juniperus excelsa* M. Bieb. qui détermine, ici, une série montagnarde.

II. Les groupements arborescents correspondant à cette série sont des formations très lâches où *Juniperus excelsa* M. Bieb. est presque la seule essence arborescente accompagnée très localement de *Juniperus foetidissima* Willd. (Jabal Qammoua).

Les groupements arbustifs et herbacés sont identiques à ceux de la série précédente.

III. Ces groupements ont des affinités avec ceux de l'Anatolie (QUEZEL et PAMUKCUOGLU, 1973).

IV. La dégradation des forêts primitives et l'érosion intense qui s'est produite à ce niveau rendent ces zones pratiquement inexploitable.

E - ETAGE OROMEDITERRANEEN

La limite inférieure de cet étage se situe aux alentours de 2000 m pour atteindre les plus hauts sommets du Mont-Liban en débordant un peu sur le versant Est. Cet étage est différencié uniquement dans la partie Nord du pays car c'est à ce niveau que le Mont-Liban culmine à 2088 m.

17 - Couleur rose : série aroméditerranéenne de *Juniperus excelsa* M. Bieb.

I. *Juniperus excelsa* M. Bieb. est le seul arbre capable de supporter les conditions sévères de ces milieux. D'ailleurs les formations qu'il individualise ressemblent beaucoup plus aux steppes d'altitude qu'à de véritables forêts. En effet, les arbres sont très éloignés les uns des autres et ont une physionomie qui témoigne des conditions sévères de ces milieux.

II. Les groupements arborescents correspondent à des formations de *Juniperus excelsa* M. Bieb. accompagné de *Rhamnus libanotica* Boiss. Cependant, ces deux espèces ne parviennent jamais à constituer de véritables forêts.

Les groupements arbustifs sont des fruticées à **Berberis libanotica* Ehrenb., *Prunus prostrata* Labill., *Pirus syriaca* Boiss., *Daphne oleoides* Schreb et *Cotoneaster nummularia* Fisch. et Mey.

Les groupements de dégradation sont constitués par des garrigues basses à xérophytes épineux, essentiellement caractérisées par :

**Acantholimon libanoticum* Boiss.

**Astragalus lanatus* Labill.

**Astragalus cedretti* Boiss.

Onobrychis cornuta (L.) Desv.

**Astragalus hirsutissimus* D.C.

**Astragalus Kurnet-es-Saoudae* Eig.

Les groupements herbacés sont des pelouses à **Agropyron libanoticum* Hack. accompagné de :

Potentilla libanotica Boiss.

Dianthus libanotis Labill.

**Romulea nivalis* (Boiss. et Ky) Klatt

Alyssum condensatum Boiss. et Hausskn.

Centaurea variegata Lam.

**Silene makmeliana* Boiss.

**Viola libanotica* Boiss.

Galium libanoticum Ehrend.

**Euphorbia caudiculosa* Boiss.

**Convolvulus libanoticus* Boiss.

III. Ces formations s'apparentent, physionomiquement, aux pelouses écorchées des montagnes méditerranéennes ; cependant, malgré leur endémisme important, elles présentent les plus larges affinités floristiques avec les groupements homologues qui se trouvent en Turquie.

IV. Il est difficile d'envisager, à cette altitude, une exploitation par l'homme. Notons que les conditions climatiques sont très rudes et que les pâturages sont très pauvres, le sol étant presque inexistant.

ENSEMBLE MEDITERRANEEN PRE-STEPPIQUE

18 - Couleur cannelle : groupements à Hammada eigii Iljin.

Dans le Nord de la Békaa s'individualisent des groupements particuliers à *Hammada eigii* Iljin, *Artemisia herba alba* Asso, *Salsola villosa* Del., *Noaea mucronata* (Forssk.) Asch. et Schweinf. et *Carex stenophylla* Wahlenberg. Ces groupements sont apparentés à ceux de la Syrie. Notons que l'aridité de ces endroits ne permet pas l'exploitation de ces régions, sans une pratique rationnelle et planifiée de l'irrigation.

F - ETAGE MEDITERRANEEN PRE-STEPPIQUE

Les limites altitudinales de cet étage sont comprises entre 900 et 1400 m environ sur le versant oriental du Mont-Liban et entre 1000 et 1500 m environ sur la façade occidentale de l'Anti-Liban Nord. Une seule série y est individualisée : la série pré-steppe du *Quercus calliprinos* Webb.

19 - Couleur orange clair : série pré-steppe du Quercus calliprinos Webb.

I. Ces groupements sont représentés depuis la plaine de la Békaa jusqu'à environ 1500 m d'altitude. Ce sont des taillis bas très dégradés et ouverts mais, cependant, de très grande superficie.

II. Les groupements arborescents sont des formations très clairsemées de *Quercus calliprinos* Webb dont le recouvrement oscille entre 20 et 40 % et où *Pyracantha coccinea* Roem., et *Acer hermoneum* Bornm. et Schw. sont relativement fréquents. *Amygdalus korschinskii* (Hd-Mz.) Bornm. apparaît çà et là. Signalons aussi, dans ce niveau, l'abondance relative de *Jasminum fruticans* L.

L'originalité de cette série se manifeste également au niveau des stades de dégradation où l'on note la disparition de certaines espèces caractéristiques des garrigues du versant occidental, notamment *Poterium spinosum* L. et *Calycotome villosa* (Vahl) Link. Signalons, par contre, l'apparition d'espèces caractéristiques comme :

**Stachys nivea* Lab.

Onosma sericea Willd.

Stachys cretica L. subsp. *vacillans* Rechfil.

Convolvulus dorycnium L.

**Phlomis brachyodon* (Boiss.) Zohary
subsp. *damascena* (Bornm.) Sam.

Euphorbia macroclada Boiss.

Notobasis syriaca

III. Physionomiquement, ces formations s'apparentent aux steppes arborées. L'extension de ces formations s'affirme en allant vers l'Est du Liban, en Syrie, ou vers le Sud, en Israël et en Jordanie. ZOHARY (1973) mentionne des communautés à *Quercus calliprinos* Webb, *Pistacia atlantica* Desf., *Crataegus aronia* (L.) Bosc., *Pirus syriaca* Boiss. et *Amygdalus korschinskii* (Hd-Mz) Bornm. qui semblent bien proches de nos formations mais qui conduisent, par dégradation, à la steppe à *Artemisia herba alba* Asso.

IV. Ces espaces sont surtout à vocation culturelle. Actuellement, ils sont voués à un sur-pâturage qui empêche toute régénération.

G - ETAGE SUPRAMEDITERRANEEN PRE-STEPPIQUE

Les limites altitudinales de cet étage varient entre 1400 - 1500 m et 1700 - 1800 m environ sur la façade Est du Mont-Liban. Ces limites sont légèrement décalées sur la façade Ouest de l'Anti-Liban.

20 - Couleur jaune orangé : série presteppique mixte à *Quercus calliprinos* Webb et *Quercus infectoria* Oliv.

I. Cette série couvre une frange du versant Est du Mont-Liban. Ces groupements se présentent sous l'aspect d'un taillis ouvert et très dégradé. Les peuplements les plus importants sont localisés entre Deir el Ahmar et Aïnata.

II. Les groupements arborescents correspondent à des formations très clairsemées à *Quercus calliprinos* Webb et *Quercus infectoria* Oliv, en proportions à peu près égales. Notons également la présence de certaines caractéristiques :

<i>Pyracantha coccinea</i> Roem.	<i>Amygdalus orientalis</i> Mill.
<i>Amygdalus korschinskii</i> (Hd-Mz.) Bornm.	<i>Arum dioscoridis</i> Sibth. et Smith var.
<i>Acer hermoneum</i> Bornm. et Schwer.	<i>Pirus syriaca</i> Boiss.

Les groupements arbustifs sont également formés par les mêmes espèces précédentes mais à l'état encore plus rabougri. Ajoutons la présence de *Jasminum fruticans* L. et *Berberis libanotica* Ehrenb.

Les groupements herbacés n'ont qu'un recouvrement de 10 % et sont essentiellement formés par quelques annuelles comme *Ziziphora capitata* L., *Thelygonum cynocrambe* L., *Serratula behen* Lam., *Legousia falcata* (Ten.) Fritsch.

III. Si *Quercus calliprinos* Webb est largement représenté en Méditerranée orientale aussi bien dans la partie méditerranéenne proprement dite que dans la partie méditerranéenne presteppique, *Quercus infectoria* Oliv., par contre, a une aire de répartition beaucoup plus réduite et localisée. De ce fait, ce genre de peuplements ne semble pas avoir d'affinités floristiques avec d'autres groupements.

H - ETAGE MONTAGNARD MEDITERRANEEN PRESTEPPIQUE

C'est entre 1800 et 2300-2400 m environ que se situe cet étage sur le versant oriental du Mont-Liban. A ce niveau, l'absence d'un couvert végétal continu et les sévères conditions climatiques livrent le sol à une érosion intense, ce qui donne au paysage l'apparence d'une steppe arborée.

21 - Couleur beige rosé : série montagnarde presteppique à *Juniperus excelsa* M. Bieb.

I. Les juniperaies sont largement développées dans cette zone, débordant également dans l'étage précédent où elles forment un faciès de la série presteppique mixte à *Quercus calliprinos* Webb et *Quercus infectoria* Oliv.

II. Les groupements arborescents sont des formations très dégradées où *Juniperus excelsa* M. Bieb. constitue l'essence arborescente unique. Les arbres sont d'ailleurs très éloignés les uns des autres, rappelant ainsi les formations steppiques.

Les groupements arbustifs sont essentiellement formés par *Berberis libanotica* Ehrenb.

Les groupements herbacés appartiennent aux groupements de la haute montagne.

III. Ces groupements ne semblent pas avoir d'affinités avec d'autres formations du pourtour méditerranéen.

IV. Les conditions climatiques et l'absence de sol proprement dit ne permet pas d'envisager l'exploitation de cet étage.

I - ETAGE DROMEDITERRANEEN PRESTEPPIQUE

C'est à partir de 2400 m environ que se situe la limite inférieure de l'étage oroméditerranéen presteppique sur la façade Est du Mont-Liban.

22 - Couleur rose pâle : série oroméditerranéenne presteppique de *Juniperus excelsa* M. Bieb.

Cette série présente le même cortège floristique sur toute la haute montagne libanaise. Il semble que l'homogénéité du climat à haute altitude explique l'uniformisation dans la composition floristique des groupements orophiles sur les deux versants du Mont-Liban et aussi, probablement, de l'Anti-Liban.

VEGETATION DU BORD DES EAUX

23 - Traits bleus horizontaux : végétation aquatique et étangs

I. Les étangs sont ceux de la plaine de la Békaa, principalement ceux de Aammiq et de Aanjar.

II. Ces étangs sont occupés par :

<i>Fraxinus syriaca</i> Boiss.	<i>Salix libani</i> Bornm.
<i>Ulmus minor</i> Mill.	<i>Typha latifolia</i> L.
<i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin. ex Steud.	<i>Sparganium neglectum</i> Beeby
<i>Iris pseudacorus</i> L.	<i>Ranunculus sphaerospermus</i> Boiss. et Bl.
<i>Myriophyllum spicatum</i> L.	<i>Nasturtium microphyllum</i> Bönn ex Reichenbach
<i>Juncus inflexus</i> L.	<i>Cyperus longus</i> L.
<i>Potamogeton crispus</i> L.	<i>Potamogeton panormitanus</i> Biv.
<i>Ceratophyllum demersum</i> L.	<i>Nuphar luteum</i> (L.) Sm.
<i>Lemna minor</i> L.	

III. Peu sensible aux conditions climatiques cette végétation aquatique ne renferme pas d'espèces spécialement Es-méditerranéennes.

IV. Ces étangs ont été asséchés par l'homme et constituent actuellement des marécages temporaires. C'est ainsi qu'un bon nombre d'espèces caractéristiques de ces milieux sont en voie d'extinction sur notre territoire.

24 - 25 - Quadrillé et points bleus : les ripisylves

I. Les ripisylves occupent les rives des cours d'eau depuis les sources jusqu'aux embouchures.

II. Suivant la nature du substrat on distingue :

24 - Les ripisylves sur calcaires : série du *Platanus orientalis* L.

Cette série présente deux niveaux :

- niveau inférieur : il est surtout caractérisé par *Nerium oleander* L. qui orne les cours d'eau des régions côtières, parfois en bosquets étendus et serrés. Le laurier-rose est souvent accompagné de certaines différentielles de ce niveau comme :

<i>Vitex agnus-castus</i> L.	<i>Laurus nobilis</i> L.
<i>Hypericum hircinum</i> L.	<i>Salix alba</i> L. var. <i>micans</i> Aud.
<i>Pancreatium parviflorum</i> Decne	<i>Pteris vittata</i> L.

- niveau moyen et supérieur : ces niveaux sont caractérisés par *Platanus orientalis* L. qui est accompagné par :

<i>Alnus orientalis</i> Decne	<i>Salix libani</i> Bornm.
<i>Eupatorium cannabinum</i> L.	<i>Mentha aquatica</i> L.
<i>Scrophularia umbrosa</i> Dum.	* <i>Stachys hydrophila</i> Boiss.
<i>Dryopteris pallida</i> (Bory) Fomin, var. <i>libanotica</i> (Ros.) n.comb.	

25 - Les ripisylves sur grès : série du **Rhododendron ponticum* L. var. *brachycarpum* Boiss.

Cette série occupe le niveau des sources gréseuses ; elle est caractérisée par le *Rhododendron* accompagné de :

<i>Alnus orientalis</i> Decne	<i>Salix libani</i> Bornm.
<i>Blechnum spicant</i> (L.) Roth.	<i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn.
<i>Equisetum telmateia</i> Ehrh.	<i>Osmunda regalis</i> L. var. <i>plumieri</i> Midle
<i>Ophioglossum lusitanicum</i> L.	

Notons également que c'est dans l'ambiance des ripisylves marécageuses à *Rhododendron* des régions de Lessa, Mayrouba, Naas que nous avons trouvé *Drosera rotundifolia* L. accompagné de :

<i>Pogonatum aloides</i> (Hedw.) P.Beauv.	<i>Tortula cuneifolia</i> (With.) Turn.
<i>Dicranella heteromalla</i> (Hedw.) Schimp.	<i>Bryum alpinum</i> With.
<i>Aulacomnium androgynum</i> (Hedw.) Schwagr.	<i>Hymenostomum microstomum</i> (Hedw.) R.BR.

III. Parmi les ripisylves c'est surtout les groupements de *Rhododendron* qui présentent une originalité car c'est une espèce endémique du Liban et qui caractérise les zones de suintements sur grès.

IV. Les noyers et les peupliers sont très diffusés au Liban. Ils pourraient faire l'objet de plantations dans les fonds des vallées.

VEGETATION MARINE

Tout le long de la côte libanaise ni *Zostera marina* L., ni *Posidonia oceanica* (L.) Del. n'ont été constatées jusqu'à présente. Seule *Zostera nana* Roth est signalée dans les zones à salinité atténuée, correspondant aux embouchures des rivières.

Les algues les plus communes sur notre côte sont :

<i>Ulva lactuca</i> L.	<i>Jania rubens</i>
<i>Enteromorpha intestinalis</i> Link	<i>Cystoseira</i> sp.
<i>Padina pavonia</i> (L.) Gaill.	<i>Sargassum vulgare</i>
<i>Corallina mediterranea</i>	<i>Acetabularia mediterranea</i> Lamouroux
<i>Bryopsis plumosa</i> Huds.	<i>Dichtyota dichotoma</i> (Huds.) Lamouroux
<i>Taonia atomaria</i>	<i>Lorentia obtusa</i>
<i>Lithophyllum tortuosum</i>	<i>Cladophora</i> sp.

Notons que les zones à *Enteromorpha* et *Ulva* témoignent d'un degré élevé de pollution.

ZONE MARITIME ET SOLS SALES

I. La végétation halophile est très réduite. Elle est importante uniquement aux abords des marais salants au Sud de Tripoli. La végétation des rochers maritimes forme une ceinture discontinue le long de la côte, mais sa superficie est trop étroite pour être cartographiable.

II. Notons qu'on peut distinguer :

- les sables à *Cakile aegyptiaca* (L.) Maire et Weiller accompagnés de :

<i>Eryngium maritimum</i> L.	<i>Ipomoea stolonifera</i> (Cyr.) J.F. Gmel
<i>Ammophila arenaria</i> (L.) Link	<i>Corynephorus articulatus</i> (Desf.) P.B.
<i>Euphorbia paralias</i> L.	<i>Medicago marina</i> L.
<i>Cyperus kalli</i> (Forssk.) Murb.	<i>Polygonum maritimum</i> L.
<i>Ononis variegata</i> L.	<i>Plantago squarrosa</i> Murr.
<i>Helianthemum stipulatum</i> (Forssk.) C. Christensen	<i>Stipagrostis lanata</i> (Forssk.) de Winter
<i>Artemisia monosperma</i> Del.	<i>Pancreatium maritimum</i> L.
	<i>Lotus villosus</i> Forssk.

Notons également la présence par endroits de *Tamarix tetragyna* Ehrenb., *Tamarix tetrandra* Pall. et *Retama raetam* (Forssk.) Webb.

- les rochers maritimes mouillés par les embruns avec :

<i>Crithmum maritimum</i> L.	<i>Halimione portulacoides</i> (L.) Aellen.
<i>Limonium angustifolium</i> (Tausch.) Degen	<i>Limonium graecum</i> (Poir.) O. Kuntze
<i>Limonium sieberi</i> (Boiss.) O. Kuntze	<i>Limonium sinuatum</i> (L.) Mill.
<i>Inula crithmoides</i> L.	<i>Frankenia hispida</i> D.C.
<i>Lotus cytisoides</i> L.	* <i>Matthiola crassifolia</i> Boiss. et Gaill.
	<i>Matthiola tricuspidata</i> (L.) R. Br.

III. Cette végétation littorale est constituée à la fois d'éléments largement répandus sur les côtes européennes et d'espèces strictement méditerranéennes. Certaines espèces sont Est-méditerranéennes ou même endémiques de notre côte comme **Matthiola crassifolia* Boiss. et Gaill.

IV. La création de centres balnéaires tout le long de la côte libanaise a voué certaines espèces à la disparition. C'est ainsi que *Retama raetam* (Forssk.) Webb, déjà à la limite septentrionale de son aire sur les dunes du littoral, est en voie de disparition.

CONCLUSION

Le Liban possède, sur une surface relativement réduite, une exceptionnelle variété de types de végétation méditerranéenne. Ceci découle principalement de :

- sa position géographique sur le bord oriental de la Méditerranée,
- l'existence de montagnes élevées à proximité immédiate du littoral,
- l'orientation NNE-SSW de ces montagnes, créant ainsi des expositions Ouest et Est,
- la présence d'un grand nombre de vallées perpendiculaires à la côte, induisant une mul-

- titude de versants à exposition Nord et Sud,
- la diversité des étages bioclimatiques, corollaire des facteurs sus-mentionnés.

Aussi faiblement étendus qu'ils soient, les quelques vestiges forestiers du Liban témoignent très bien de sa richesse floristique. En outre, les terrains abandonnés il y a une cinquantaine d'années connaissent actuellement une reprise de la végétation spontanée.

Celle-ci, très diversifiée au niveau des formations arborescentes, présente une certaine uniformité quant aux stades de dégradation, notamment au sein d'un même étage et sur le même type de substrat.

Outre les superficies réservées aux cultures, la vocation agricole du Liban est mise en évidence par les innombrables reliquats des terrasses abandonnées sur toutes ses pentes, malgré la prédominance des paysages montagneux. Par ailleurs, il est à signaler que depuis la Haute Antiquité, la plaine de la Békaa fût considérée comme le "grenier du Moyen-Orient". Notons aussi que le Liban est un pays surpâturé, surtout par les troupeaux de chèvres ; ceci a contribué, en plus de la coupe et du défrichage, à réduire considérablement le manteau forestier du pays.

Conséquemment, la remise en valeur de certaines étendues, l'irrigation des zones semi-arides, le reboisement ainsi que le contrôle de la coupe et du surpâturage devraient certainement aboutir à redonner au Liban son aspect d'antan : pays le plus boisé du Moyen-Orient.

INTERPRETATION DES CARTONS

A) Le carton orographique fait ressortir les grandes variations du relief.

B) Le carton pluviothermique fait ressortir, en plus des classiques augmentations de pluviosité et diminutions de température avec l'altitude, l'humidité plus importante sur les façades occidentales du Mont-Liban et de l'Hermon, la sécheresse élevée de la plaine intérieure, surtout dans sa partie Nord, et celle de l'Anti-Liban.

C) Le carton lithologique indique la prédominance des sols calcaires d'âge géologique varié. Les surfaces gréseuses sont peu étendues ; elles sont importantes surtout à l'Est de Beyrouth et du côté de Jezzine. Les marnes et les calcaires marneux sont surtout localisés sur le versant occidental du Mont-Liban.

D) Le carton botanique met en évidence l'action déterminante de l'altitude et de l'humidité sur la distribution de la végétation. Il indique les étages de végétation, mais encore la vocation forestière potentielle du Liban, indépendamment des dégradations dues principalement à la coupe, au feu et au pâturage, surtout par les troupeaux de chèvres.

E) Le carton d'utilisation du sol explicite l'importance des cultures fruitières et céréalières ainsi que les régions réservées à la culture de la vigne et de l'olivier. D'autre part, l'étendue des zones de parcours est indiquée, tout en faisant ressortir la fragmentation des zones boisées, parcourues ou non.

F) Le carton des adversités agricoles montre que le Liban est soumis aux vents humides du Sud-Ouest, aux vents froids du Nord et aux vents secs du Sud-Est.

CURIOSITES BOTANIQUES

(1) *Cedrus libani* A. Rich. : forêt d'Ehden, au-dessus de Bcharré, entre Tannourine et Hadeth, Pentas Ouest du Jabal-Jaje, somme du Jabal Niha, au-dessus de Ma'asser-ech-Chouf, de Barouk, de Aïn Zehalta.

(2) *Abies cilicica* Ant. et Ky : certaines parties de la forêt d'Ehden, Jabal Qamou'a, arbres isolés vers Aïn Taffaha, au NE de Sir-ed-Dennié.

(3) *Arceuthos drupacea* (Labill.) Ant. et Ky : Dennié, Ouadi Sirhin au Nord de Sir, Cèdres, Douma, au-dessus de Mayfouk, entre Ehmej et Laqlouq, Jabal-el-Barouk, Cèdres de Aïn Zehalta, Jabal Moussa au-dessus de Mchatta, Hermon.

(4) *Quercus cerris* L. var : forêt d'Ehden et Ehden, Fnaideq près de la forêt de Qamou'a,

Ehmej, Mazra'at Kfar Debiane, vers Khan Sannine, Ouata-el-Joz près de Mayrouba, Bois de Bkassine.

(5) *Quercus brantii* Lindley, ssp. *look* (Ky.) n.comb. : cèdres de Aïn Zehalta, de Barouk et de Ma'asser, vers Rachaya.

(6) *Ostrya carpinifolia* Scop. : Neba'a Cheikh Jnaïd près de 'Akkar-el-'Atiq, Fnaïdeq, Sir, Ehdén, entre Mazra'at Kfar Debiane et Faraya, Bteghrine, entre Aramoun et Chahtoul.

(7) *Hammada eigii* Iljin 1964 : Ras Baalbeck à Qosseir, Qammou'at Hermel, Qa'a.

(8) *Drosera rotundifolia* L. : Bikfaya, Choueir, Mayrouba, Mrouj, Aïn-el-Qabou, vers Mazra'at Kfar Debiane, col de Zahlé, Aïn Saoua'ir.

(9) **Rhododendron ponticum* L., var. *brachycarpum* Boiss. : dans les arènes gréseuses du Mont-Liban, Sannine, vallée de Hammana, Broummana, Mayrouba, Salima, Bikfaya, Dhour Choueir, vers Khan Sannine, grès entre le col de Zahlé et la base de Sannine, grès vers Aïn Zhalta, Neba Safa, Qrayé.

(10) **Pentaptera sicula* (Guss.) Klotzsch, var. *libanotica* C. et W. Barbey dans la vallée du Nahr Ibrahim. Gorge de la rivière, en aval des usines électriques. Balhas à Afqa, Afqa, Ehmej.

(11) *Retama reatam* (Forssk.) Webb : sables vers Aouzai et Khaldé.

(12) **Iris sofarana* Foster 1889 : pentes inférieures du Jabal Kneissé vers le col de Baïdar, pentes de la même montagne entre le col de Zahlé et Hazerta.

- *Forma westii* (Dism.) n.comb. : près de Towmat Jezzine, pentes orientales au-dessus de Machghara et de 'Aytanit.

- *Forma kasruwana* (Dinsm.) n.comb. : Faraya vers Neb'al-Assal et Laqlouq.

BIBLIOGRAPHIE

- ABI-SALEH B. (1978). Etude phytosociologique, phytodynamique et écologique des peuplements sylvatiques du Liban. Thèse Univ. Droit. Econ. Sciences Aix-Marseille III, 1-184 (1 annexe tab. et fig.).
- ABI-SALEH B., BARBERO M., NAHAL I. et QUEZEL P. (1976). Les séries forestières de végétation au Liban, essai d'interprétation schématique. *Bull. Soc. Bot. Fr.*, 123, 541-560.
- AKMAN Y. (1970). Végétation sylvatique du massif de l'Amanus. Thèse Faculté des Sciences d'Ankara.
- AKMAN Y. (1972). The vegetation of Beynam Forests. *Comm. Fac. Sc. Ankara*, 16 C, 29-53.
- AKMAN Y. (1973). Aperçu préliminaire sur les conditions phyto-écologiques de la chaîne de l'Amanus. *Comm. Fac. Sc. Ankara*, 50, 75-165.
- AKMAN Y. (1974). Etude phytoécologique de la région de Beypazari-Karasar et Nallihan. *Comm. Fac. Sc. Ankara*, 18 C, 51-113.
- AKMAN Y., BARBERO M. et QUEZEL P. (1978). Contribution à l'étude de la végétation forestière d'Anatolie méditerranéenne. I - *Phytocoenologia*, 5 (1), 1-79.
- AKMAN Y., BARBERO M. et QUEZEL P. (1979). Contribution à l'étude de la végétation forestière d'Anatolie méditerranéenne. II & III - *Phytocoenologia*, 5 (2), 189-276 ; 5 (3), 277-346.
- AKMAN Y. et DAGET Ph. (1971). Quelques aspects synoptiques des climats de la Turquie. *Bull. Soc. Lang. Géogr.*, 5 (3).
- AKMAN Y. et KETENOGLU O. (1976). The phytosociological and phytoecological investigation on Ayas mountains. *Comm. Fac. Sc. Ankara*, 20, 2-43.
- AKMAN Y., KETENOGLU O. et QUEZEL P. (1984). A syntaxonomic study of steppe vegetation in Central Anatolia. *Phytocoenologia*, 12, 4, 563-584.
- ARBEZ M. (1969). Répartition, écologie et variabilité des Sapins de Turquie du nord. *Ann. Sci. Forest.*, 26, 2, 257-284.
- ASSADOLLAHI F., BARBERO M. et QUEZEL P. (1982). Les écosystèmes préforestiers et forestiers de l'Iran. *Ecologia Mediterranea*, VIII, 1-2, 365-379.
- ATLAS CLIMATIQUE DU LIBAN (1973-1977). 4 Tomes. République Libanaise, Direction Générale de l'Aviation Civile.
- BARBERO M., BONIN G. et QUEZEL P. (1975). Les pelouses écorchées des montagnes circum-méditerranéennes. *Phytocoenologia*, 1, 4, 427-429.
- BARBERO M., CHALABI N., NAHAL I. et QUEZEL P. (1976). Les formations à Conifères méditerranéens en Syrie littorale. *Ecologia Mediterranea*, 2, 87-99, Marseille.

- BARBERO M. et QUEZEL P. (1975). Les forêts de Sapin sur le pourtour méditerranéen. *Inst. Bot. Antonio Jose Cavanilles XXXII, II*, 1245-1289.
- BARBERO M. et QUEZEL P. (1976). Les groupements forestiers de Grèce centro-méridionale. *Ecologia Mediterranea, 2*, 1-86, Marseille.
- BARBERO M. et QUEZEL P. (1979). Le problème des manteaux forestiers des *PISTACIO RHAMNETALIA ALATERNI* en Méditerranée Orientale. *Coll. Phytosociologiques VIII*, 9-20, Lille.
- BARBERO M. et QUEZEL P. (1979). Contribution à l'étude des groupements forestiers de Chypre. *Doc. Phytosociologiques N.S., VI*, 9-34.
- BARBERO M. et QUEZEL P. (1980). La végétation forestière de Crète. *Ecologia Mediterranea, 5*, 175-210, Marseille.
- BARGHACHOUN A. (1976). Etudes écologiques phytogéographiques des forêts de chênes à feuilles caduques du Liban. Thèse 3ème cycle, Marseille, 1-72.
- CARTE AGRICOLE DU LIBAN AU 1/200.000 (1980). Conseil National de la Recherche Scientifique. Dressée par BOULOS F., 3ème édition.
- CARTE FORESTIERE DU LIBAN AU 1/200.000 (1966). République Libanaise, Plan Vert. par BALTAXE R., F.A.O.
- CARTE GEOLOGIQUE DU LIBAN AU 1/200.000 (1955). République Libanaise, Ministère des Travaux Publics. Dressée par DUBERTRET M.L.
- CARTE PLUVIOMETRIQUE DU LIBAN AU 1/200.000 (1971). République Libanaise, Ministère des Travaux Publics et des Transports. Direction Générale de l'Aviation Civile, établie par PLASSARD J.
- CARTE TOPOGRAPHIQUE DU LIBAN AU 1/200.000 (1966). République Libanaise, Plan Vert. Par BALTAXE R., F.A.O.
- CETIK R. (1976). The phytosociological and ecological studies of the Cedrus woodland vegetation of Ciglikara and Bucak at Elmali. *Comm. Fac. Sc. Ankara, 20*, 1-37.
- CHALABI N. (1980). Aperçu phytosociologique, phytoécologique, dendrométrique et dendroclimatologique des forêts de *Quercus cerris* subsp. *pseudocerris* en Syrie. Thèse Doct. Etat, Marseille, Saint-Jérôme.
- CHOUCHANI B., KHOUZAMI A. et QUEZEL P. (1974). A propos de quelques groupements forestiers du Liban. *Biol. Ecol. Med. Marseille, 1*, 63-77.
- FEINBRUN N. (1959). Spontaneous Pineta in the Lebanon. *Bull. Research Council of Israël, 70*, 3-4.
- MOUTERDE P.S.J. (1966-1970). Nouvelle flore du Liban et de la Syrie. 2 tomes textes, 2 tomes atlas.
- MOUTERDE P.S.J. (1978-1980). Nouvelle flore du Liban et de la Syrie. 3ème tome, 3 livraisons.
- NAHAL I. (1962). Le Pin d'Alep. *Ann. Sc. Eaux et Forêts, Nancy, XIX*, 4.
- NAHAL I. (1962). Contribution à l'étude de la végétation dans le Baer-Bassit et le Djebel Alaouite de Syrie. *Webbia, 16*, 2.
- NAHAL I. (1972). Contribution à l'étude des bioclimats et de la végétation naturelle de Turquie. Aperçu climatique et bioclimatique. *Hannon 7*, 115-129.
- NAHAL I. (1974). Réflexions et recherches sur la notion de climax sous le climat méditerranéen oriental. *Biol. et Ecol. Méditerranéenne 1 (1)*, 1-10.
- NAHAL I. (1976). La variabilité des caractéristiques biologiques des climats méditerranéens arides. *Act. Ecol. Iranica, 1*, 35-48.
- NAHAL I. (1977). Le Pin brutia (*Pinus brutia* Ten. ssp. *brutia*) et les facteurs climatiques. *Research Journ. of Aleppo Univ., 2*, 19-60.
- NAHAL I. (1983). Le Pin brutia. *Forêts méditerranéennes, V, 2*, 165-172.
- PANETSOS K. (1981). Monograph of *Pinus halepensis* and *Pinus brutia*. *Ann. Forest., 9/2*, 39-77.
- POST G.E. et DINSMORE J.E. (1932-1933). Flora of Syria, Palestine and Sinai. Second Edition, American University Press, Beirut.
- QUEZEL P. (1964). Végétation des hautes montagnes de la Grèce orientale. *Vegetatio, 12*, 5-6, 289-386.
- QUEZEL P. (1974). Les forêts du pourtour méditerranéen. *Notes tech. M.A.B. 2, U.N.E.S.C.O., Paris*, 9-34.
- QUEZEL P. (1975). Contribution à l'étude phytosociologique du Massif du Taurus. *Phytocoenologia 1 (2)*, 131-222.
- QUEZEL P. (1976). Les forêts du pourtour méditerranéen : écologie, conservation et aménagement. U.N.E.S.C.O. Note technique du M.A.B. 2, 9-33.

- QUEZEL P. (1980). L'homme et la dégradation récente des forêts au Maghreb et au Proche-Orient. *Coll. EMBERGER, Naturalia Monspelienis*, n° hors série, 147-152.
- QUEZEL P. (1980). Biogéographie et écologie des conifères sur le pourtour méditerranéen, In PESSON : *Actualités d'écologie forestière*, Bordas Edit, Paris, 205-256.
- QUEZEL P. et BARBERO M. (1985). Carte de la végétation potentielle de la région méditerranéenne. Feuille n° 1 : Méditerranée orientale. Ed. du C.N.R.S., Paris.
- QUEZEL P., BARBERO M. et AKMAN Y. (1977). Interprétation phytosociologique des groupements forestiers dans le bassin méditerranéen oriental. *Doc. Phytosoc.*, Lille, Vaduz, 2, 229-252.
- QUEZEL P., BARBERO M. et AKMAN Y. (1980). Contribution à l'étude de la végétation forestière d'Anatolie septentrionale. *Phytocoenologia* 8, 3/4, 365-519.
- QUEZEL P. et BONIN G. (1980). Les forêts feuillues du pourtour méditerranéen, constitution, écologie, situation actuelle, perspectives. *Rev. For. Française*, XXXII, 3, 253-268.
- QUEZEL P. et PAMUCUOGLU A. (1973). Contribution à l'étude phytosociologique et bioclimatique de quelques groupements forestiers du Taurus. *Feddes Rep.* 84 (3), 184-229.
- SANLAVILLE P. (1963). Les régions agricoles du Liban. *Rev. de géogr. de Lyon*, 38, 1, 47-90.
- ZOHARY M. (1960). The maquis of *Quercus calliprinos* in Israël and Jordan. *Bull. Res. Council Israël*, 9 D, 2.
- ZOHARY M. (1962). Plant life of Palestine and Jordan, New-York. Ronald Press.
- ZOHARY M. (1973). Geobotanical Foundations of the Middle East. *Geobotanica Selecta*, III 6 Fischer Verlag, Stuttgart.
- ZOHARY M. et ORSHAN G. (1959). The maquis of *Ceratonia siliqua* in Israël. *Vegetatio*, 8, 285-297.
- ZOHARY M. et ORSHAN G. (1966). An outline of the geobotany of Crete. *Israël Journal of Bot.*, 14, 1-49.

Nouveaux syntaxons phytosociologiques pour la végétation de Turquie.

A. DÜZENLİ*

RESUME - Cette étude a été réalisée dans la zone alpine de Tiryal Dagi (Montagne de Tiryal), région est du littoral de la Mer Noire (Turquie). L'analyse de la végétation de cette zone alpine a permis de décrire cinq associations végétales nouvelles : *Festuco violaceae* - *Cerastietum lazicae*, *Daphno glomeratae* - *Veronicetum gentianoidis*, *Anthemisetum pectinatae*, *Androsaco villosae* - *Scorzoneretum seidlitzae*, *Potentillo oweriniana* - *Asteretum alpinae*. Les deux premières de ces associations se rapportent à l'Alliance *Stachydion macranthae* et les trois autres à l'*Oxytropion albanae*. Ces deux alliances se regroupent dans l'Ordre des *Alchemillo - Campanuletalia tridentatae* qui appartient à la classe des *Alchemillo - Campanuletea tridentatae*.

Tous ces taxons phytosociologiques sont nouveaux et ont été identifiés, pour la première fois, par l'auteur.

SUMMARY - This study has been carried out in the alpine zone of Tiryal Dagi (Mountain Tiryal) in the Eastern Black Sea Region of Turkey. It has been found out that the vegetation of the alpine region consists of five associations of plants which are *Festuco violaceae* - *Cerastietum lazicae*, *Daphno glomeratae* - *Veronicetum gentianoidis*, *Anthemisetum pectinatae*, *Androsaco villosae* - *Scorzoneretum seidlitzae*, *Potentillo oweriniana* - *Asteretum alpinae*. The first two of these are the representatives of the alliance *Stachydion macranthae*, and the remaining three of the alliance *Oxytropion albanae*. Both alliances belong to the order *Alchemillo - Campanuletalia tridentatae*, and to the class *Alchemillo - Campanuletea tridentatae*.

All of these phytosociological syntaxons are new for the vegetation of Turkey and have been identified for the first time by the author.

MOTS CLES : Syntaxinomie, Chaîne Pontique, Végétation, Sub-alpin, Alpin, Turquie.

INTRODUCTION

La végétation alpine du littoral de la Mer Noire en Turquie n'a pas été étudiée jusqu'à ce jour. Cette recherche a donc un rôle complémentaire aux travaux réalisés, en particulier de la côte à la limite des forêts dans cette région (QUEZEL, BARBERO, AKMAN, 1980). Cette étude pourra donc servir de guide pour les travaux ultérieurs.

Cette recherche a été réalisée entre 2100 m et 2844 m au Tiryal Dag. La montagne est couverte, jusque vers 2100 m, par une végétation forestière formée de peuplements à *Castanea sativa*, *Fagus orientalis*, *Picea orientalis*, *Pinus sylvestris*, *Quercus petraea* et de 2100 m au sommet par une végétation de type alpin.

L'étude de la végétation de cette zone a été effectuée par la méthode de BRAUN-BLANQUET. Deux associations végétales différentes localisées sur des sols humides de profondeur moyenne et trois associations inféodées aux sols secs et peu profonds en terrains mobiles ont pu être décrites. Le premier de ces deux habitats permet de définir l'alliance *Stachydion macranthae*, le second l'*Oxytropion albanae*. Ces deux alliances se regroupent, elles-mêmes, dans l'ordre d'*Alchemillo - Campanuletalia tridentatae* et dans la classe des *Alchemillo - Campanuletea tridentatae* (DÜZENLİ, 1979).

* Faculté des Sciences, Département de Biologie, Université de Cukurova, ADANA Turquie

I - ANALYSES SYNTAXONOMIQUES

Structure phytosociologique et composition floristique :

Classe : *ALCHEMILLO - CAMPANULETEA TRIDENTATA* (QUEZEL et DUZENLI, 1979).

Ordre : *ALCHEMILLO - CAMPANULETALIA TRIDENTATAE* (QUEZEL et DUZENLI, 1979).

Ces unités constituent l'ensemble du couvert végétal entre la limite inférieure de la forêt et le sommet (2100 - 2844 m) sur les hautes montagnes situées dans le secteur étudié. Ce couvert végétal comprend des éléments "Euxiniens et Hyrcano - Euxiniens" qui définissent les prairies montagnardes et de hautes montagnes (ZOHARY, 1973). Cette zone alpine réunit deux types de milieux : l'un, humide, à sol peu caillouteux fixé, et l'autre, sèche, superficielle (peu profonde), à sol très caillouteux et mobile. Les caractéristiques de l'ordre et de la classe communes à cette région sont les suivantes :

Alchemilla caucasica,
Minuartia recurva subsp. *oreina,*
Campanula tridentata,
Carum caucasicum,
Ranunculus brachylobus subsp. *brachylobus,*
Poa alpina subsp. *fallax,*
Thymus nummularia,
Primula algida,
Erigeron caucasicus subsp. *venustus,*
Carex cilicica,
Trifolium polyphyllum,
Tripoleurospermum oreades,
Pedicularis pontica,
Viola altaica subsp. *oreades,*
Heracleum apifolium.

Cet ordre comprend actuellement deux alliances :

1. *Stachydion macranthae* (QUEZEL et DUZENLI, 1979),
2. *Oxytropion albanae* (QUEZEL et DUZENLI, 1979).

II - ALLIANCE STACHYDION MACRANTHAE

Cette alliance caractérise les prairies des régions montagneuses (SCHIECHTL et al., 1965). Elle se développe sur sols humides, de profondeur moyenne, peu caillouteux et immobiles. Les espèces caractéristiques principales sont :

Stachys macrantha,
Polygonum bistorta,
Geranium cinereum subsp. *subcaulescens* var. *pontica,*
Anthyllis vulneraria subsp. *boissieri,*
Astragalus viridissimus,
Pedicularis pontica,
Trifolium ambiguum,
Draba hispida.

Dans cette alliance peuvent se regrouper les associations suivantes :

1. *Festuco violaceae - Cerastium lazicae,*
2. *Daphno glomeratae - Veronicetum gentianoidis.*

III - ALLIANCE OXYTROPION ALBANAE

Cette alliance est localisée dans les zones les plus élevées des montagnes. Elle colonise les substrats secs et superficiels, très caillouteux et mobiles (SCHWARZ, 1936). Les espèces caractéristiques principales sont :

Oxytropis albana,
Cerastium gnaphalodes,
Androsace villosa,
Anthemis marchalliana subsp. *pectinata.*

Cette alliance regroupe trois associations :

1. *Anthemidetum pectinatae*,
2. *Androsaco villosae* - *Scorzoneretum seidlitziae*,
3. *Potentillo oweriniana* - *Asteretum alpinae*.

Parmi les espèces caractéristiques des unités phytosociologiques évoquées ci-dessus, certaines se comportent comme des "transgressives" en dehors de leurs unités d'origine. Ainsi : *Pedicularis pontica*, au niveau de l'alliance *Stachydion macranthae* est transgressive de l'ordre des *Alchemillo - Campanuletales tridentatae* et de la classe des *Alchemillo - Campanuletea tridentatae* ; *Draba hispida* dans l'association *Anthemidetum pectinatae* est une transgressive de l'alliance *Stachydion macranthae* ; *Androsace villosa* (*Androsaco villosae* - *Scorzoneretum seidlitziae*) l'est aussi (*Oxytropion albanae*).

CONCLUSION

Il est possible de définir trois secteurs sur les chaînes pontiques nord-anatoliennes situées en bordure de la Mer Noire.

Le secteur ouest est constitué par des montagnes de hauteur moyenne (200 - 300 m et 1000 - 1100 m). Aux basses altitudes co-dominent *Carpinus orientalis* et *Carpinus betulus* et c'est *Fagus orientalis* qui est l'espèce dominante aux plus hautes altitudes. La zone montagnarde est couverte de forêts d' *Abies bornmuelleriana* ne pouvant être rattachées au secteur euxinien. La végétation de ce secteur prend place dans l'ordre des *Fagetalia sylvaticae* à l'étage montagnard et à celui des *Rhododendro - Fagetalia orientalis* au collinéen. Dans certains cas l'alliance du *Buxo - Staphyllion* peut se développer sur roches-mères calcaires.

Dans le secteur central, ce sont des forêts mixtes de *Quercus iberica*, *Carpinus betulus*, *Carpinus orientalis*, qui sont dominantes aux basses altitudes et des forêts de *Fagus orientalis* aux hautes altitudes. La végétation des basses altitudes se rattache aux *Quercus - Carpinetalia* et au *Carpinio - Acerion* et celle de hautes altitudes à l'ordre des *Rhododendro - Fagetalia orientalis*.

Le secteur est est le plus intéressant. Dans celui-ci, les forêts caducifoliées essentiellement collinéennes à montagnardes inférieures peuvent être classées dans l'ordre des *Rhododendro - Fagetalia orientalis*. Au dessus se trouvent les forêts de *Picea orientalis*, *Pinus silvestris*, voire *Abies nordmanniana* qui appartiennent à l'ordre de *Pino - Piceetalia orientalis*.

Dans toutes ces unités ont été définies diverses alliances floristiquement bien caractérisées, notamment le *Castaneo - Carpinion*, le *Veronico - Fagion*, et le *Ceranio - Pinion*. Tout cet ensemble forestier se rattache à la classe des *Quercus - Fagetea* (QUEZEL, 1978 ; DUZENLI, 1979).

Les prairies et les zones de haute montagne situées au-dessus de la limite forestière sont, pour la première fois, analysées ici. Elles se rattachent dans leur ensemble à l'ordre des *Alchemillo - Campanuletales tridentatae* et à la classe des *Alchemillo - Campanuletea tridentatae*. L'alliance *Stachydion macranthae* réunit les formations prairiales de type alpin installées dans les zones humides, sur des sols de profondeur moyenne, peu caillouteux et fixés. La seconde, *Oxytropion albanae*, définit les structures de végétation caractéristiques des zones sèches à sols peu profonds, caillouteux et mobiles.

Synopsis de la classification et typologie des syntaxa (in DUZENLI, 1979) :

Classe : *Alchemillo - Campanuletales tridentatae* (QUEZEL et DUZENLI, 1979).

Ordre : *Alchemillo - Campanuletales tridentatae* (QUEZEL et DUZENLI, 1979), ordre unique.

Alliance type : *Stachydion macranthae* (QUEZEL et DUZENLI, 1979).

Association type : *Festuco violaceae - Cerastietum lazicae* (QUEZEL et DUZENLI, 1979).

Relevé type : Tableau n° 1, relevé n° 54.

Alliance : *Oxytropion albanae*, QUEZEL et DUZENLI, 1979.

Association type : *Potentillo oweriniana - Asteretum alpinae*, QUEZEL et DUZENLI, 1979.

BIBLIOGRAPHIE

- DUZENLI A. (1979). Tiryal Dagainin (Artvin) Bitki Ekolojisi ve Bitki Sosyolojisi Yönünden Arastirilmesi. TBAG - 256 Ankara - Türkiye.
- QUEZEL P., BARBERO M. et AKMAN Y. (1980). Contribution à l'étude de la végétation forestière d'Anatolie septentrionale. *Phytocoenologia* 8 (3/4), 365-519, Stuttgart.
- SCHIECHIL M.H., STERN R. et WEISS E.H. (1965). In Anatolischen Gebirgen, Klegenfurt.
- SCHWARZ O. (1936). Die Vegetationsgliederung West-Anatoliens. *Bot. Jahrb.* 67.
- ZOHARY M. (1973). Geobotanical Foundations of the Middle East Gustav Fischer Verlag. Stuttgart. Vol. I - II.

TABLEAU I - RELATIONS PHYTOSOCIOLOGIQUES DES ASSOCIATIONS ET DES ALLIANCES ALPINES DES *ALCHEMILLO - CAMPANULETEA TRIDENTATAE*.

N° d'association	1	2	3	4	5
Nombres des relevés	14	16	9	11	6
<u>Espèces caractéristiques et différentielles des associations :</u>					
<i>Festuca violaceae - Cerastium lazicae</i>	V	IV	IV	V	V
<i>Festuca violacea</i>	V	IV	IV	V	V
<i>Cerastium lazicum</i>	V	I	I	.	.
<i>Carex sempervirens</i>	III	.	I	I	I
<i>Tragopogon aureus</i>	III	I	I	.	.
<i>Daphno glomeratae - Veronicetum gentianoidis</i>					
<i>Daphne glomerata</i>	II	V	.	.	.
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	I	V	I	I	.
<i>Primula elatior</i> subsp. <i>meyeri</i>	I	IV	.	.	.
<i>Veronica gentianoides</i>	I	IV	.	.	.
<i>Ranunculus oreophilus</i>	.	IV	.	.	.
<i>Cerastium dahuricum</i>	.	III	.	.	.
<i>Alopecurus gerardii</i>	.	II	.	.	.
<i>Primula rigida</i>	I	II	I	.	.
<i>Coronilla orientalis</i> var. <i>balansae</i>	.	II	.	.	.
<i>Gentiana coridifolia</i>	I	I	.	.	.
<i>Sedum tenellum</i>	I	I	.	.	.
<i>Cerastium cerastioides</i>	.	I	.	.	.
<i>Potentilla adscharica</i>	.	I	.	.	.
<i>Anthemisetum pectinatae</i>					
<i>Anthemis marschalliana</i> subsp. <i>pectinata</i> (tg All.)	X	X	V	X	X
<i>Taraxacum scaturiginosum</i>	II	.	II	.	.
<i>Potentillo oweriniana - Asteretum alpinae</i>					
<i>Potentilla oweriniana</i>	.	.	.	V	.
<i>Aster alpinus</i>	I	.	I	III	II
<i>Sedum pilosum</i>	.	.	.	III	.
<i>Alchemilla sericea</i>	.	I	.	III	.
<i>Potentilla geranioides</i>	.	.	.	II	.
<i>Sempervivum minus</i> . <i>glabrum</i>	.	.	.	II	.
<i>Androsaco villosae - Scorzoneretum seidlitziae</i>					
<i>Androsace villosa</i> (tg All.)	X	X	X	X	V
<i>Scorzonera seidlitzii</i>	I	.	I	.	IV
<u>Espèces caractéristiques du <i>Stachydion macranthae</i> :</u>					
<i>Stachys macrantha</i>	III	II	I	.	.
<i>Anthyllis vulneraria</i> subsp. <i>boissieri</i>	I	I	.	III	.
<i>Polygonum bistorta</i>	II	II	.	.	.
<i>Geranium cinereum</i> subsp. <i>subcaulescens</i> var. <i>pontica</i>	I	II	.	.	.
<i>Astragalus viridissimus</i>	.	II	.	.	.
<i>Trifolium ambiguum</i>	I	.	.	.	.
<i>Pedicularis pontica</i>	I	.	.	.	.
<i>Draba hispida</i>	II	IV	.	.	.
<u>Espèces caractéristiques de l' <i>Oxytropion albanae</i> :</u>					
<i>Oxytropis albana</i>	.	.	III	II	III
<i>Anthemis marschalliana</i> subsp. <i>pectinata</i>	III	.	V	II	V
<i>Androsace villosa</i>	II	.	II	II	V
<i>Cerastium gnaphalodes</i>	.	.	I	II	I
<u>Espèces caractéristiques des <i>Alchemillo - Campanuletales</i> <i>tridentatae</i> et des <i>Alchemillo - Campanuletea tridentatae</i> :</u>					
<i>Alchemilla caucasica</i>	V	V	IV	II	V
<i>Minuartia recurva</i> subsp. <i>oreina</i>	V	III	IV	V	V
<i>Campanula tridentata</i>	V	II	IV	V	V
<i>Carum caucasicum</i>	V	IV	III	II	.
<i>Ranunculus brachylobus</i> subsp. <i>brachylobus</i>	III	I	IV	III	V
<i>Poa albina</i> subsp. <i>fallax</i>	II	III	II	III	II
<i>Thymus nummularia</i>	III	III	I	II	III
<i>Primula algida</i>	II	I	III	IV	.
<i>Erigeron caucasicus</i> subsp. <i>venustus</i>	II	II	II	III	.
<i>Carex cilicica</i>	I	V	.	III	.

<i>Trifolium polyphyllum</i>	II	I	I	I	I
<i>Tripleurospermum oreades</i>	I	I	I	.	.
<i>Pedicularis pontica</i>	.	I	.	I	.
<i>Viola altaica</i> subsp. <i>oreades</i>	I	I	.	.	.
<i>Heracleum apiifolium</i>	I	.	.	.	I

Autres espèces :

<i>Myosotis alpestris</i>	IV	III	IV	III	.
<i>Myosotis olympica</i>	.	III	.	I	III
<i>Polygala supina</i>	I	II	I	I	I
<i>Ajuga orientalis</i>	I	II	I	.	.
<i>Pedicularis condensata</i>	I	I	.	I	.
<i>Scorzonera cana</i> var. <i>radicosa</i>	I	.	II	.	.
<i>Saxifraga exarata</i> var. <i>exarata</i>	.	.	.	II	III
<i>Coronilla orientalis</i> var. <i>balanse</i>	I	I	I	I	.
<i>Androsace albana</i>	.	I	I	.	I
<i>Cruciata coronata</i>	.	I	.	.	I
<i>Cardamine hirsuta</i>	.	I	.	.	.
<i>Saxifraga adscendes</i> subsp. <i>adscendens</i>	I	I	.	.	.
<i>Scutellaria orientalis</i>	.	.	.	I	I
<i>Coeloglossum viride</i>	I	I	.	.	.
<i>Gentiana verna</i> subsp. <i>pontica</i>	.	I	I	.	.
<i>Asperula stricta</i>	.	.	.	I	I
<i>Onobrychis transcaucasica</i>	.	.	I	I	.
<i>Silene saxatilis</i>	.	.	.	I	.
<i>Alchemilla sericata</i>	.	I	.	.	I
<i>Vaccinium myrtillus</i>	I	.	.	.	.
<i>Rhododendron caucasicum</i>	I	.	.	.	.
<i>Sedum hispanicum</i> var. <i>semiglabrum</i>	.	.	.	I	.
<i>Seseli andronekii</i>	.	I	.	.	.
<i>Saxifraga paniculata</i> subsp. <i>cartilagine</i>	.	.	.	I	.
<i>Saxifraga moschata</i>	.	.	.	I	.
<i>Gypsophila elegans</i>	.	I	.	.	.
<i>Arnebia pulchra</i>	.	I	.	.	.
<i>Potentilla ruprectii</i>	.	.	I	.	.
<i>Tanacetum cocsineii</i>	.	.	.	I	I

La végétation du Keltepe (région de Karabük)

Y. AKMAN*
 P. QUEZEL**
 M. BARBERO**
 M. AYDOĞDU*
 M. DEMİRÖRS*
 T. EKIM*

RESUME - Les auteurs décrivent la végétation orophile de la zone asylvatique du Keltepe. Ils définissent une sous-alliance nouvelle, le *GLOBULARIO CORDIFOLIAE* - *DIANTHENION LEUCOPHAEI* appartenant à l'alliance *SILENO* - *ASTRAGALION DENSIFOLII* et à l'ordre des *HYPERICO* - *THYMETALIA SKORPILII*. Deux associations et quatre sous-associations sont également décrites.

SUMMARY - The authors studied in the asylvatic zone of the orophile vegetation of the Keltepe. In this study two new associations, a new suballiance *GLOBULARIO CORDIFOLII* - *DIANTHENION LEUCOPHAEI* included in the alliance *SILENO* - *ASTRAGALION DENSIFOLII* of the order *HYPERICO* - *THYMETALIA SKORPILII* were described.

MOTS CLES : Syntaxonomie, Phytosociologie, Nord Anatolie, Hyperico - Thymetalia

1. INTRODUCTION

Au cours des années 1984-1985, nous avons eu l'occasion d'effectuer une étude phytosociologique sur le massif du Keltepe dans la région du Karabük.

Cette étude a été réalisée essentiellement pour compléter la connaissance phytosociologique et biogéographique des plus hauts sommets de la région nord Anatolienne. Nous nous sommes limités ici à l'analyse de la végétation asylvatique culminale, car très peu de recherches ont été réalisées à ce jour sur la végétation orophile de la région prépontique de la Turquie.

Toutefois, il convient de signaler les publications suivantes : QUEZEL et PAMUK-CUOGLU, (1969) sur l'Ulu dag, celle de ATABAY (1982) sur les chaînes pontiques orientales et enfin celle de AKMAN et al. (1967) sur le sommet de l'Ilgaz dag. En fait, ces publications à l'exception de la dernière sont consacrées à des massifs métamorphiques et c'est donc essentiellement résultats obtenus sur le Keltepe, ces deux massifs étant en effet constitués d'affleurements calcaires sur leurs sommets et à moindre titre l'Ulu dag lui aussi partiellement calcaire. Remarquons encore que le Keltepe n'est distant en ligne droite que de quelques 40 km de l'Ilgaz dag.

Dans ces conditions, il paraît tout à fait normal que la végétation culminale de ces deux massifs offre d'importantes analogies. Toutefois, le Keltepe ne constitue qu'une écaïlle calcaire, longue de 10 km tout au plus sur ses sommets et est donc beaucoup moins étendu que l'Ilgaz dag.

D'un point de vue floristique général, il est évident que les espèces végétant sur ces deux massifs présentent de grandes affinités. Les plus remarquables restent celles qui sont cantonnées sur les affleurements calcaires culminaux extrêmement épars tout au long des chaînes Pontiques. Mais le Keltepe paraît posséder une indiscutable individualité, bien connue des botanistes, car il montre quelques espèces trouvant là leur unique localité Turque. C'est le cas en particulier pour *Valeriana phu*, espèce européenne dont l'indigenat est discuté, mais qui trouve ici indiscutablement

*Biology department, Science Faculty, Ankara University (Turkey)

**Laboratoire de Botanique et Ecologie Méditerranéenne, Faculté des Sciences de Marseille
 St-Jérôme (France)

des stations spontanées, peut être même les seules au monde ; *Globularia cordifolia*, assez largement répandue sur les montagnes circum-méditerranéennes, possède également ici son unique station en Turquie. D'autres espèces rares trouvent encore au Keltepe des stations remarquables, sans doute les plus importantes de Turquie, c'est le cas pour *Alchemilla sericata* espèce essentiellement Caucasienne ou *Sideritis dichotoma* et *Senecio hypochionaeus* var. *hypochionaeus*.

2. APERCU GEOGRAPHIQUE, GEOLOGIQUE ET CLIMATOLOGIQUE

Le massif du Keltepe est située à 30 km au sud-ouest de la ville de Karabük près de Zonguldak. Ce massif atteint une altitude de 2000 m et est en grande partie couvert de forêts de Conifères et, en particulier sur le versant nord entre 1100 et 1600 m, de forêts d'*Abies bornmuelleriana* où *Fagus orientalis* est présent, et en versant sud, entre 1200 et 1300 m, de formations mixtes à *Pinus sylvestris* et *Abies bornmuelleriana*.

A partir de 1600 m des landes et des prairies (pelouses écorchées) remplacent la forêt aux environs de Uzunyazi. Les landes à *Juniperus communis* subsp. *nana* se développent jusqu'à 1700-1900 m dans la partie sud-ouest de ce massif, tandis que les prairies à *Festuca valesiaca* et *Astragalus angustifolius* atteignent le sommet.

Du point de vue géologique ce massif est constitué par des calcaires compacts.

Le climat de la zone culminale du massif est difficile à préciser en raison du manque de station météorologique à l'étage montagnard. Ce massif comme l'Ilgaz dag se situe dans une zone de transition. D'après les calculs d'extrapolation, les précipitations annuelles y seraient de 1540 mm et donc déjà plus élevées que sur l'Ilgaz dag (1300 mm). Du point de vue thermique, les moyennes des maxima du mois le plus chaud se situent aux environs de 14,1° C en Juillet et les moyennes des minima du mois le plus froid sont de - 9,2° C en Janvier vers 2000 m. Le climat est donc nettement plus chaud que sur l'Ilgaz dag (AKMAN et al., 1987). L'enneigement est très important encore sur ce massif et persiste 6 ou 7 mois environ.

3. INTERPRETATION GENERALE DES STRUCTURES PHYTOSOCIOLOGIQUES

Dans ce travail nous avons essayé de proposer une interprétation pour l'ensemble des groupements de la zone asylvatique culminale.

Du point de vue phytosociologique général, il n'est pas douteux que l'ensemble de nos relevés de landes et de pelouses écorchées peut se rattacher à la classe des *ASTRAGALO-BROMETEA* (QUEZEL, 1973) et à l'ordre des *HYPERICO-THYMETALIA SKORPILII* (AKMAN et al., 1987) défini précisément pour la végétation culminale de l'Ilgaz dag. Nous avons dans ce travail laissé entendre que cet ordre nouveau devait se rencontrer sur d'autres massifs calcaires d'Anatolie septentrionale et c'est ce qui se passe précisément sur le Keltepe.

Pour les alliances, nous avons défini dans ce même travail deux unités : respectivement le *SILENO - ASTRAGALION DENSIFOLII* et le *PEDICULARO - ASTERION ALPINII*. Sur le Keltepe, l'individualisation de ces deux alliances est difficile ; la majeure partie des caractéristiques de la première y sont bien présentes, mais la seconde n'y est représentée que par 3 espèces. Etant donné le faible nombre de groupements reconnus (cf. infra), il nous a paru préférable de rattacher l'ensemble de cette végétation au *SILENO - ASTRAGALION DENSIFOLII*, ce qui est d'ailleurs logique du point de vue écologique. A titre de transgressives, les espèces du *PEDICULARO - ASTERION ALPINII* les espèces du *PEDICULARO - ASTERION ALPINII* ont été rangées parmi les caractéristiques des *HYPERICO-THYMETALIA*. Toutefois les particularités floristiques du Keltepe évoquées ci-dessus permettent d'y définir une unité supérieure intermédiaire (sous-alliance) que nous caractérisons par les espèces suivantes :

Valeriana phu
Globularia cordifolia
Alchemilla sericata
Sideritis dichotoma
Dianthus leucophaeus subsp. *leucophaeus*

Cette sous-alliance, très certainement endémique du Keltepe apparaît donc entre 1600 m et les sommets ; elle s'installe sur des sols peu évolués, mais souvent épais et plus ou

moins lessivés en surface, notamment sous les touffes de *Juniperus nana*. Cette sous-alliance *GLOBULARIO CORDIFOLIAE-DIANTHENION LEUCOPHAEI* nov. comprend deux associations.

1) Association de lande subalpine : *GERANIO ASPHODELOIDIS - JUNIPERETUM NANAE* Nov. Ass. (Tableau n° 1)

Il s'agit ici d'une lande subalpine calcicole se développant entre 1750 et 1950 m. Elle constitue en général un paysage végétal uniforme, floristiquement riche où apparaissent de nombreuses espèces forestières : *Anthriscus nemorosa*, *Cardamine impatiens*, *Lamium gargaricum* subsp. *laevigatum*, *Polystichum setiferum* etc.

Nous n'avons pu y déceler qu'une seule association végétale, l'association à *Juniperus nana* et *Geranium asphodeloides* subsp. *asphodeloides*.

Du point de vue écologique, cette association se développe sur calcaire en exposition N, E, et SE. Le sol est moyennement profond (15-20 cm) et plus ou moins drainé. L'humidité édaphique paraît élevée. Il s'agit d'une lande basse de 30-40 cm de hauteur où domine presque exclusivement *Juniperus nana*. Le recouvrement de la végétation se situe entre 90 et 100 %. L'inclinaison est faible ou moyenne (5 à 35 %).

Comme sur l'Ilgaz dag, ces landes subalpines constituent une série de végétation climacique située au-dessus de la limite supérieure des forêts d'*Abies bornmuelleriana*.

Du point de vue phytosociologique, l'association est caractérisée par *Juniperus communis* subsp. *laevigatum*, *Senecio hypochionaeus* subsp. *hypochionaeus* et *Arenaria filicaulis*.

Soulignons tout de suite les grandes affinités existant entre ce groupement et celui que nous avons défini sur l'Ilgaz dag : *DAPHNO OLEOIDIS-JUNIPERETUM NANAE* qui végète dans des conditions écologiques très proches. Toutefois, les particularités floristiques sont suffisantes pour permettre de rapporter ces deux ensembles à des associations différentes qui appartiennent par ailleurs à deux sous-alliances distinctes. Remarquons en effet que *Daphne oleoides*, *Calamagrostis arundinacea*, *Milium effusum*, *Vaccinium myrtillus* et *Knautia involucrata* font défaut dans nos relevés de Keltepe.

Il est possible de distinguer deux sous-associations. L'une est caractérisée par la présence de *Heracleum sphondylium* subsp. *montanum*, *Alchemilla mollis*, *Daphne pontica*, *Hypericum bithynicum*, *Polystichum setiferum*, *Lonicera caucasica* (sous ass. *heracleetosum*) ; cantonnée sur le versant Est, elle est floristiquement très riche en espèces. L'autre ne possède en propre que deux espèces : *Anthriscus nemorosa* et *Cardamine impatiens* (sous ass. *Anthriscetosum*) et permet de définir une ambiance nettement plus forestière.

2) *SEMPERVIVO ARMENI - SAXIFRAGETUM PANICULATAE* nov. ass. (Tableau n° 2)

Cette association occupe d'assez vastes surfaces à partir de 1700 m et jusqu'à 2000 m.

L'inclinaison du substrat, en général faible, oscille entre 5 et 20 %. Elle colonise des roches calcaires situées à peu près à toutes les expositions. Le sol est peu profond (5-15 cm) et parfois érodé en surface. Le recouvrement est relativement élevé (60 et 70 %) et le cortège floristique pas très riche. Physionomiquement, il s'agit d'une pelouse écorchée typique.

Parmi les caractéristiques de l'association, il convient de citer *Saxifraga paniculata* subsp. *paniculata*, *Sideritis amasiaca* et *Tripleurospermum rosellum* subsp. *album*.

Cette association, qui occupe la majeure partie de la zone culminale du Keltepe et cela à elle seule, ne trouve pas de vicariant précis sur l'Ilgaz dag. Nous avons toutefois défini sur ce massif un *SEMPERVIVO ARMENI-FESTUCETUM VARIAE* (AKMAN et all., 1987) qui peut à la rigueur être mise en parallèle, au moins écologique, avec l'unité définie ici ; mais les convergences floristiques sont faibles.

Il est possible de distinguer deux sous-associations :

sous-association *ANTHEMISSETOSUM PONTICAE*

sous-association *ALYSSETOSUM STENOPHYLLI*

La première sous-association est caractérisée surtout par des espèces forestières comme *Anthemis cretica* subsp. *pontica* et *Chamaecytisus hirsutus*.

La seconde sous-association est localisée sur le versant Sud et sur des sols plus ou moins érodés. Elle est floristiquement pauvre en espèces et caractérisée par *Alyssum repens subsp. stenophyllum* et *Jurinea pontica*.

4. CONCLUSION

Le massif du Keltepe qui se situe du point de vue bioclimatique dans une région de transition, accuse déjà un climat de tendance océanique, car l'été y présente des précipitations de 337,1 mm, soit environ 20 % des précipitations totales, et des brouillards fréquents.

L'étude de la végétation des hauts sommets calcaires de ce massif pose encore quelques problèmes, car, sur le plan phytosociologique, il conviendra de préciser l'aire de répartition exacte des unités définies ici car, après l'étude du Keltepe et de l'Ilgaz, il reste à explorer la végétation orophile de la région de Bolu.

Dans ce travail nous avons essayé de proposer une interprétation de l'ensemble des groupements de la zone asylvatique culminale Keltepe.

En raison de l'isolement de ce massif et de sa surface relativement faible, nous avons été amenées à créer une sous-alliance nouvelle : *GLOBULARIO CORDIFOLIAE-DIANTHENION LEUCOPHAE* qui peut se rattacher aux *ASTRAGALO-BROMETEA*, aux *HYPERICO-THYMETALIA SKORPILII* et aux *SILENO-ASTRAGALION DENSIFOLII*. Ces deux dernières unités déjà décrites sur les massifs d'Ilgaz dag.

La sous-alliance *GLOBULARIO - DIANTHENION LEUCOPHAE* contient deux associations. L'une caractérise des landes de type subalpin dominées par *Juniperus communis subsp. nana* : *GERANIO - JUNIPERETUM NANAE*, avec deux sous-associations riches en espèces forestières. L'autre, floristiquement plus pauvre, installée sur des sols de faible épaisseur : le *SEMPERVIVO-SAXIFRAGETUM PANICULATAE*, également avec deux sous-associations, qui constitue un paysage typique de pelouse écorchée.

R E F E R E N C E S

- AKMAN Y. (1976). Etude phytosociologique du massif d'Isik.
Commun. Fac. Sci. Ank. Ser C, Tome 20.
- AKMAN Y. (1982). Climats et bioclimats méditerranéens en Turquie.
Ecologia Mediterranea. Tome VIII, Fasc. 1/2.
- AKMAN Y., DAGET P. (1971). Quelques aspects synoptiques des climats de la Turquie.
Bull. Soc. Languedoc. Géog., 5 (3).
- AKMAN Y., KETENOGLU O. (1978). The phytosociological investigation of Köroglu mountain.
Commun. Fac. Sci. Ank. Ser C, Tome 22.
- BARBERO M., QUEZEL P. (1975). Les pelouses écorchées des montagnes circum-méditerranéennes.
Phytocoenologia, 1 (4).
- QUEZEL P. (1973). Contribution à l'étude phytosociologique du massif du Taurus.
Phytocoenologia, (152), 22-131.
- QUEZEL P., PAMUKCUOGLU A. (1970). Végétation des hautes montagnes d'Anatolie nord-occidentale.
Israël J. of Botany, 19.
- ZOHARY M. (1973). Geobotanical foundations of the Middle East.
Geobotanica selecta. III. Gustav Fischer Verlag. Stuttgart, 739 pp.

Tableau 1

	5	6	7	8	13	14	15	16	17	18	19	20	28	29	Présence (%)
Número du relevé ...	1750	1750	1750	1750	1770	1770	1770	1770	1800	1800	1800	1800	1950	1950	
Altitude(m).....	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	
Surface(m²).....	N	N	N	N	E	E	E	E	SE	SE	SE	SE	S	S	
Exposition	30	35	30	35	10	10	10	10	10	10	10	10	20	20	
Inclinaison(%)	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	
Substrat	95	90	90	90	90	90	85	90	90	95	90	90	90	90	
Recouvrement(%)															
Caractéristiques des Associations															
Geranio-Juniperetum nanae															
Juniperus communis ssp. nana	44	44	44	44	44	44	34	44	44	34	44	44	34	44	14
Geranium asphodeloides ssp. asphodeloides	++	++	+1	+1	+1	+1	+1	+1	.	++	+1	+1	.	+1	12
Lactium garganicum ssp. laevigatum .....	.	++	++	.	++	++	.	+1	.	.	+1	.	++	++	8
Senecio hypochionaeus ssp. hypochionaeus .....	.	.	.	+1	.	++	++	.	++	++	.	+1	.	++	7
Arenaria filicaulis	+1	.	+1	.	.	++	.	.	++	.	.	++	.	++	6
Caractéristiques des sous-associations															
Heracleetosum															
Heracleum sphondylium ssp. montanum .....	.	.	.	.	++	++	++	++	.	.	.	.	.	.	4
Alchemilla mollis .....	.	.	.	.	++	++	++	++	.	.	.	.	.	.	4
Daphne pontica .....	.	.	.	.	++	++	++	++	.	.	.	.	.	.	4
Hypericum bithynicum .....	.	.	.	.	++	++	++	++	.	.	.	.	.	.	4
Polystichum setiferum .....	.	.	.	.	++	++	++	++	.	.	.	.	.	.	4
Lonicera caucasica .....	.	.	.	.	++	++	++	++	.	.	.	.	.	.	4
Anthericetosum															
Anthriscus nemorosa .....	.	.	.	.	.	.	.	.	++	++	++	++	.	.	4
Cardamine impatiens .....	.	.	.	.	.	.	.	.	++	++	++	++	.	.	4
Caractéristiques des sous-alliances															
CLAMMARIO-QUINQUEFLOREUM LEUCOPHAEA															
Dianthus leucophaeus ssp. leucophaeus	++	++	++	++	.	.	.	++	.	.	++	.	++	++	8
Ficifertis dichotoma	++	++	.	.	.	++	.	.	++	.	++	++	++	++	8
Globularia corifolia .....	++	++	++	++	.	.	.	.	.	.	.	.	++	++	6
Valeriana sp. ....	.	.	++	++	.	.	.	.	++	++	++	++	.	.	6
Alchemilla sericata .....	.	.	.	.	.	++	.	.	++	.	.	.	++	++	4
Caractéristiques des alliances															
SILENO-ASTRAGALION DEBISFOLII															
Hepeta nuda ssp. albiflora .....	.	.	.	++	++	.	.	.	.	.	.	.	+1	+1	4
Erysimum pulchellum .....	++	++	++	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	++	4
Anthemis tinctoria ssp. pallida .....	.	++	.	.	.	++	.	.	.	.	.	.	.	++	3
Silene olympica .....	.	.	.	++	.	.	.	.	.	.	.	.	++	++	3
Onobrychis montana ssp. cadmea .....	.	.	++	.	.	.	.	.	++	.	.	.	.	.	2
Caractéristiques des ordre															
HYPERICO-TUETALIA SKORPILII															
Secleria alba	11	11	11	11	11	11	11	11	11	++	.	.	35	33	12
Myosotis alpestris .....	.	.	.	.	++	++	++	++	+1	+1	+1	+1	+1	+1	10
Pedicularis conosa ssp. sibthorpii .....	.	.	.	.	.	++	++	++	++	++	++	++	++	++	8
Galium album ssp. prusense .....	.	+1	+1	+1	.	+1	.	.	++	++	++	++	.	.	8
Campanula olympica .....	.	.	++	++	++	++	++	++	.	.	++	++	++	++	8
Thymus praecox ssp. skorpilii	11	11	11	11	.	11	.	.	.	.	.	.	22	22	7
Scorzonera pygmaea ssp. nutans	++	++	++	++	.	++	.	.	++	.	.	.	++	++	6
Hypericum linarioides .....	.	.	.	.	++	.	.	.	.	++	.	.	++	++	4
Veronica gentianoides .....	.	.	.	++	.	.	.	.	.	.	+1	+1	.	-1	4
Caractéristiques des ASTRAGALO-EPHEDRA:															
Centaurea reuteriana var. phrygia	+1	+1	+1	++	++	++	.	.	.	.	.	.	+1	+1	8
Helianthemum nummularium .....	.	+1	+1	+1	.	.	+1	+1	+1	+1	+1	+1	.	.	8
Stachys cretica ssp. anatolica .....	.	.	.	.	++	++	++	++	++	++	++	++	.	.	8
Potentilla recta .....	.	.	.	.	.	++	++	++	++	++	++	++	++	++	7
Anthyllis vulneraria ssp. variegata .....	++	++	++	++	.	.	.	.	.	.	.	.	++	++	6
Erosma tomentellus .....	.	.	.	.	.	.	+1	+1	+1	+1	.	.	.	.	4
Onosma borrmuellieri .....	.	.	.	+1	.	.	+1	.	.	.	.	.	-1	-1	4
Veronica multifida	+1	+1	+1	+1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4
Anthemis tinctoria var. tinctoria .....	.	.	.	.	.	.	.	++	++	++	++	++	.	.	4
Helichrysum plicatum .....	.	.	.	.	.	.	.	++	++	++	++	++	.	.	4
Talium coronatum .....	++	++	++	++	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4
Asyneura limonifolium ssp. pestalozzae .....	++	++	++	++	.	.	.	.	.	.	.	.	++	++	3
Minuartia anatolica ssp. anatolica .....	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	-1	-1	3
Polygala anatolica .....	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	-1	-1	3
Poa alpina ssp. fallax .....	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	-1	-1	2
Helianthemum carum .....	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	++	++	2
Koeleria cristata .....	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	++	++	2
Hypericum origanifolium .....	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	++	++	2
Comragnes:															
Pumex acetosella .....	.	.	.	.	.	++	++	++	++	++	++	++	++	++	8
Lactuca serriola .....	.	++	++	++	.	.	.	++	++	++	++	++	.	+1	7
Lathyrus tukrensis .....	.	.	.	.	.	+1	+1	+1	.	++	.	.	++	++	6
Geranium pyreniacum .....	.	.	.	.	.	++	++	++	.	.	++	++	++	++	5
Thlaspi arvense ssp. grandiflorum .....	.	.	.	.	.	++	++	++	.	.	.	.	.	.	4
Senecetum poterifolium .....	++	++	++	++	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4
Silene alba ssp. divaricata .....	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+1	+1	+1	+1	4
Charaectis pygmaeus .....	.	.	.	.	.	.	.	.	+1	-1	.	.	.	.	2

Tableau 2

Numéro du relevé...	1	2	3	4	9	10	11	12	21	22	27	28	29	30	33	34	83	84	104	105	Présence
Altitude (m).....	700	1700	1700	1700	1750	1750	1750	1800	1800	1900	1900	1900	1900	1900	1975	1975	2000	2000	1850	1850	
Surface (m²).....	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	
Exposition.....	N	N	N	N	S	S	S	S	S	E	E	E	E	E	SE	SE	W	W	E	E	
Inclinaison(°).....	20	20	20	20	5	5	5	5	10	10	10	10	10	10	10	15	15	15	15	15	
Substrat.....	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	
Recouvrement(%)....	80	50	85	80	85	85	85	80	80	80	85	85	80	90	90	90	85	85	90	90	
Caractéristiques de l'association:																					
Sempervivo-Saxifragetum paniculatae																					
Sempervivum arvense ssp. arvense.....	++	++	++	++	.	.	++	++	++	++	++	++	++	++	++	.	.	.	.	.	12
Saxifraga paniculata ssp. paniculata.....	++	++	++	++	.	.	.	.	.	.	+1	+1	+1	+1	.	.	.	++	+1	+1	11
Sideritis anasiaca.....	++	++	++	++	++	++	++	++	++	.	.	.	.	++	++	.	.	.	.	.	11
Tripleurospermum rostellum var. album.....	.	.	.	.	.	.	.	.	+1	.	.	++	.	++	.	.	++	++	++	++	7
Caractéristiques des sous-associations:																					
Anthemisetosum ponticae																					
Anthemis cretica ssp. pontica.....	.	.	.	.	++	++	++	++	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4
Charaocyctis hirsutus.....	.	.	.	.	++	++	++	++	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4
Alysetosum stenophyllum																					
Alyssum repens var. stenophyllum.....	++	++	++	++	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4
Jurinea pontica.....	++	++	++	++	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4
Caractéristiques des sous-alliance																					
GLORIALIUM-MANTHETION LEUCOPHAEA:																					
Dianthus leucophaeus ssp. leucophaeus....	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	20
Globularia cordifolia.....	++	++	++	++	.	.	.	.	.	.	++	++	++	++	.	.	.	.	.	.	11
Valeriana phu.....	++	++	++	++	++	++	++	++	.	.	.	.	++	.	.	.	.	.	.	.	10
Sideritis dichotoma.....	++	++	++	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	++	.	.	.	.	.	.	6
Alchemilla scoricata.....	++	++	++	++	.	.	.	.	++	.	.	.	.	.	.	.	.	.	++	.	6
Caractéristiques de l'alliance																					
SILENE-ASTRAGALION DENSIFOLIUM:																					
Anthemis tinctoria ssp. pellida.....	.	++	.	++	.	.	.	.	.	++	++	++	++	++	++	++	22	22	.	.	10
Lysimachia pulchellum.....	.	.	.	++	++	++	++	++	++	++	.	.	++	++	++	++	.	.	+1	+1	10
Onobrychis montana ssp. crotcha.....	++	++	++	++	.	.	.	.	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	10
Silene olympica.....	.	.	.	++	++	++	++	++	.	.	.	.	++	++	++	++	.	.	.	++	8
Draba brunifolia ssp. brunifolia.....	.	+1	.	.	.	.	+1	.	+1	.	.	.	.	.	.	+1	+1	.	.	.	5
Pimpinella tragioides ssp. lithophila.....	.	.	.	.	.	.	.	.	+1	+1	.	.	++	.	.	.	.	.	++	++	5
Nepeta nuda ssp. albiflora.....	.	.	.	.	+1	.	.	+1	+1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3
Astragalus densifolius.....	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+1	+1	.	+1	.	.	3
Caractéristiques des																					
LYPERICO-PHYRANALIA STORPILLI:																					
Thymus praecox ssp. storpilli.....	23	23	23	23	22	22	22	22	22	22	22	+1	+1	+1	+1	+1	22	23	23	23	20
Thymus alba.....	12	12	12	12	22	22	22	22	22	22	22	22	+1	+1	+1	+1	+1	+1	.	+1	19
Galium album ssp. prusense.....	++	++	++	++	.	.	.	.	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	12
Myosotis alpestris.....	++	++	++	++	.	.	.	.	.	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	.	+1	+1	10
Hypericum linarioides.....	.	.	.	.	+1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10
Campanula olympica.....	.	.	+1	.	+1	.	.	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	.	++	++	5
Scorzonera pygmaea ssp. nutans.....	.	.	++	.	++	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+1	.	.	+1	5
Pedicularis corozoa ssp. sibthorpii.....	.	.	.	.	++	.	++	++	.	.	.	.	.	.	++	++	.	.	.	.	5
Veronica gentianoides.....	.	.	.	+1	-1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+1	+1	.	.	.	4
Caractéristiques des ASTRAGALO-BRONETEA:																					
Poa alpina ssp. fallax.....	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	11	11	11	11	11	+1	+1	12	12	22	22	20
Astragalus angustifolius.....	+1	+1	+1	+1	11	11	11	11	22	22	22	22	22	22	+1	+1	34	44	34	34	20
Gentiana reuteriana ssp. phrygia.....	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	+1	+1	19
Minuartia anatolica ssp. anatolica.....	.	.	.	.	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	16
Anthyllis vulneraria ssp. variegata.....	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	.	.	.	.	++	++	++	12	12	.	.	16
Xoeraria cristata.....	++	++	11	+1	+1	+1	+1	+1	++	.	.	.	.	++	++	.	.	.	.	++	13
Raynium limonifolium ssp. pestalozzae.....	++	++	++	++	++	++	++	++	++	.	.	.	+1	.	.	.	.	.	.	++	12
Hellianthemum canum.....	++	++	++	++	++	++	++	++	++	.	.	.	.	++	++	++	++	++	++	++	10
Promis tomentellus.....	.	.	.	.	+1	+1	+1	+1	.	++	++	++	++	++	.	.	.	.	22	22	9
Tourelum chamaedryx.....	.	.	.	.	+1	+1	+1	+1	.	+1	+1	+1	+1	.	.	.	.	.	.	.	8
Onosma bornmuelleri.....	.	-1	.	.	-1	.	.	+1	+1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	7
Anthemis tinctoria ssp. tinctoria.....	.	.	.	.	++	++	++	++	.	.	.	.	.	.	+1	+1	.	.	+1	+1	6
Polygala anatolica.....	+1	+1	+1	+1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5
Potentilla recta.....	.	.	.	.	.	.	++	++	.	.	.	.	.	++	++	++	++	++	++	++	5
Stachys cretica ssp. anatolica.....	.	.	.	.	.	.	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	5
Stipa holosericea.....	+1	+1	+1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+1	.	.	.	.	.	.	.	4
Papaver apocynaceum.....	.	.	+1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+1	.	.	.	+1	+1	4
Helichrysum plicatum.....	.	+1	.	.	.	.	.	+1	+1	.	+1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4
Callium coronatum.....	.	.	.	.	+1	.	.	.	.	+1	.	.	.	.	+1	+1	.	.	.	.	4
Leontodon asperimus.....	++	++	++	++	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4
Hypericum origanifolium.....	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+1	+1	.	.	.	.	3
Comaracnes:																					
Rhinanthus angustifolius ssp. grandiflorus	.	.	.	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	.	.	.	.	9
Chamaecytisus pygmaeus.....	+1	+1	+1	+1	.	.	.	.	.	++	++	++	++	++	++	++	+1	+1	.	.	9
Tanacetum poterifolium.....	+1	+1	+1	+1	+1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	++	.	.	++	+1	8
Galium fissurense.....	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	8
Silene caryophylloides ssp. subulata.....	.	.	.	.	.	.	.	.	.	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	5
Geranium pyrenaicum.....	.	.	.	++	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4
Lathyrus suttonis.....	.	.	.	.	.	.	.	+1	+1	.	+1	+1	.	.	.	.	.	.	.	.	4
Lectuca serriola.....	.	.	.	++	++	++	++	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4
Euphorbia herniariafolia.....	.	.	.	.	.	.	.	.	.	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	4
Euphorbia aysinities.....	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	++	++	.	.	.	.	2

Le problème des divisions bioclimatiques et floristiques au Sahara.
Note IX: entre Sahel et Sahara: le Tagant.
Biogéographie et géomorphologie.

J.P. BARRY*
X. JAOUEN**
J. MUSSO***
J. RISER****

RESUME - Le massif du Tagant assure la transition entre pays sahariens et pays sahéliens. Sa faible altitude ainsi que son éloignement de l'Océan Atlantique (500-600 km.) n'amènent, à l'inverse de l'Adrar Tmar, aucune modification dans la distribution des pluies.

Du point de vue phytogéographique cette transition est masquée par les nombreux aklés qui l'environnent, le Tagant ne devient sahélien qu'au sud de sa partie méridienne (18° latitude nord). L'affirmation de l'Acacio-Aristidion et de la brousse à *Commiphora africana* en témoignent. Du point de vue de son histoire géologique récente, on observe, comme partout ailleurs en ces régions, la période humide holocène (9 630 ± 150 BP.), la mise en place de formations éolienne vers 6 000 BP. suivies, au néolithique, d'une période humide qui est marquée par une notable reprise d'érosion créatrice de tamourts, refuges de végétaux et d'animaux à distribution biogéographique beaucoup plus méridionale.

SUMMARY - The Tagant massif makes transition between Saharian lands and Sahelian ones. Its low height as its remoteness from the Atlantic Ocean (500-600 km) do not modify anything in the rains supply, contrary to the Adrar Tmar.

From the phytogeographical point of view this transition is hidden by the numerous aklés which surround it. The Tagant becomes Sahelian only in the South of its meridian part (latitude 18° North). The assertion of the Acacio-Aristidion and of the *Commiphora africana* bush attests it. In regard to its recent geological history, we notice, as anywhere else in these regions, the wet Holocene period (9 630 ± 150 BP.), the setting of aeolian formations around 6 000 BP., followed, during the Neolithic, by a wet period marked by a notable erosion renewal building up tamourt, refuges for some plants and animals concerned by a much more meridional biogeographical distribution.

MOTS CLES - Afrique - Sahara - Mauritanie - Régions arides - Phytogéographie - Phytosociologie - Phytoécologie - Biogéographie - Climatologie -

Pour ce qui concerne la biologie, le Tagant est *Terra incognita*. Monod y est passé (1939), Rossetti (1962) l'a effleuré, Toupet (1958, 1966, 1971) l'a analysé en référence avec l'Assaba. Rares sont aussi les publications concernant les pays alentours : Boudet et Duvrger (1961) pour le Hodh, Rossetti (1962) pour le Dhar de Tichit et le Dhar d'Oualata qui prolongent, vers l'est, le Tagant et quelques cartes synthétiques (A.E.T.F.E.A.T. 1959, U.N.E.S.C.O. 1963, 1973). Il n'en est pas de même pour les sciences de la Terre (Trompette 1973, Gouzes 1962, Deynoux 1978) et pour les populations nomades (Toupet 1963).

A l'inverse sa climatologie (Dubief 1959, 1963, 1968, 1971) est un peu mieux connue, ce qui autorise des synthèses climatique, bioclimatique, mais comme toutes synthèses, si elles ont le mérite d'exister et paraissent pertinentes, faut-il encore les utiliser avec circonspection.

*Laboratoire d'Ecologie des régions arides, Université de Nice, 06034 Nice-Cedex.
 **Institut Supérieur des Sciences, Nouakchott (R.I. de Mauritanie).
 ***Centre Interuniversitaire de Calcul, Avenue de l'Université, 83130 La Garde.
 ****U.F.R. Géographie, rue Violette, 84000 Avignon.

Rappelons que pour Adam (1962) on peut approximativement limiter par des isohyètes, les climats : Saharien moins de 100 mm, Saharo-sahélien de 100 à 150 mm, Sahélo-saharien de 150 à 200 mm, Sahélien de 200 à 500 mm, Sahélo-soudanien de 500 à 600 mm par an.

Pour ce qui concerne le Tagant, deux stations (fig.1) :

- Tidjikja (latitude 18°33, longitude 11°26 W, 399 m alt.).
- Moudjeria (latitude 17°56, longitude 12°21 W, 87 m alt.) qu'il faut comparer:
 - au Nord avec Chinguetti (latitude 20°27, longitude 12°22 W, 500 m alt.).
 - Au Sud-Ouest avec Aleg (latitude 17°03, longitude 13°54 W, 32 m alt.), au Sud-Est avec Kiffa (latitude 16°38, longitude 11°22, 122 m alt.) (fig. 2 et 3).

Tidjikja avec 154,5 mm est à la limite méridionale du désert ; il pleut 16 jours par an, de maigres pluies hivernales et automnales relayent les pluies estivales qui surviennent de juillet à septembre. Les perturbations atmosphériques hivernales sont d'origine boréale ou soudano-saharienne. *La relation entre fréquence des précipitations journalières durant la période 1953-1962 est qu'à Tidjikja un tiers des pluies journalières ont une hauteur inférieure à 1 mm. On reconnaît là, à la fois l'influence des pluies d'hiver (30%) et de la latitude élevée qui diminue sensiblement le volume des averses estivales. Tandis que les pluies de moussons diminuent régulièrement du Sud vers le Nord, les pluies d'hiver diminuent du Nord vers le Sud : de décembre à mars inclus, Tidjikja reçoit 7,9 mm. L'ampleur du phénomène est minime et le régime des précipitations est sous la dominance essentielle des pluies de mousson (Toupet 1962 p.46-47).*

En comparant le rythme saisonnier des pluies et des températures, on constate que la saison des pluies est propre aux jours longs et chauds ce qui est fondamentalement sahélien *la zone érémiqne tropicale qu'individualise un achem, est liée à une pluviosité faible mais à constance annuelle (150 mm/an) (Barry 1982 p.106).*

L'examen des diagrammes ombrothermiques (Bagnouls et Gausson 1957) (fig. 4) fait ressortir, si nous simplifions à l'extrême les critères d'Aubréville (1949), que le Tagant se situe pour sa partie méridionale en zone climatique sahélo-saharienne entre 200-400 mm/an et pour sa partie septentrionale située en-deçà de l'isohyète 200 mm/an, en zone climatique saharienne. *Le fait notable en ces régions érémiqnes est, à l'évidence, bioclimatique (Barry et al. 1986 p.187).*

Comme il existe une relation entre la distribution aréale de la flore et l'aspect de la végétation et qu'elle ne pouvait être ignorée au Sahel ces phénomènes de transition se traduisant localement et régionalement par de faibles variantes dans le cortège floristique, affectant des espèces de valeur indicatrice très instable parce que se trouvant en limite de distribution, ils sont notables dans l'agencement des paysages végétaux, dans leur stratification et dans leur mode de distribution (Rossetti 1962 p.30).

Selon Toupet (1963 p.69) adossée au Tropique du Cancer, limite ultime des pluies tropicales d'été et soumise aux alizés desséchants, la Mauritanie sahélienne peut être limitée par l'isohyète 150 mm ... et au Sud par l'isohyète 500 mm qui correspond, grosso modo, à la frontière mauritano-soudanienne où apparaissent brusquement les beaux champs de mil en culture sèche. Dans le Hodh ou le Tagant, certaines années, la saison sèche se prolonge jusqu'au 15 août... Le paysage dominant est la steppe de Graminées à acacias. Elle se dégrade vers le Nord, en touffes isolées de Had (*Cornulaca monacantha*) et de sbât (*Aristida pungens*) et s'enrichit vers le Sud de nombreuses espèces soudano-déccaniennes pour former un tapis continu de hautes herbes d'où émergent les acacias, les Combrétacées, les Asclépiadacées, les Capparidacées le techôt (*Balanites aegyptiaca*) et même le baobab et le dambu (*Sclerocarya birrea*) annonceurs des savanes soudaniennes.

Dans l'ensemble de la région interviennent de façon plus ou moins marquée des facteurs biotiques (feux, mise en culture dans le Sud, pâturages dans le Nord) qui se traduisent souvent, non par des modifications importantes de la composition floristique globale des

groupements, mais par l'altération de ses caractéristiques quantitatives (masse de végétation présente, dominance de certains types biologiques) de groupements déterminés (Rossetti 1962 p.31). Dans la partie septentrionale de la région saharo-sahélienne si le sable domine -le Sahara de sable- on commence à trouver dans les prairies éphémères sous forme d'individus isolés, puis de peuplements en tâches, des Graminées vivaces telles que *Aristida pallida*, *Panicum turgidum* formant des tapis ouverts avec des plages de sable plus ou moins dénudées entre les touffes de ces Graminées cespiteuses. La strate herbacée ainsi formée a été appelée strate steppique... Sur l'itinéraire Aioum-Tichit et sur le plateau du Dahr de Oualata, les limites de ces peuplements steppiques continus se situent entre 17°17' correspondant à des pluviosités de 220 et 140 mm. Sur leur limite méridionale de distribution ces steppes sont toujours arbusitives ou buissonnantes-arbusitives. Nous y trouvons du *Balanites*, du *Maerua*, encore du *Commiphora* (qui ne s'étend guère au Nord toutefois) parfois de l'*Euphorbia balsamifera*, du *Leptadenia*. L'élément le plus répandu est l'*Acacia raddiana*. En progressant vers le Nord, on observe clairement une défection progressive de certaines espèces herbacées (*Aristida pallida*, *Aristida stipoides*, *Cenchrus biflorus*, *Sesameum alatum*, *Aristida mutabilis*, etc) ... et au contraire l'apparition (ou l'augmentation de la fréquence) d'autres espèces telles que : *Aristida acutiflora*, *Requiena obcordata*, *Euphorbia scordifolia*, *Indigofera argentea*, *Neurada procumbens*, *Heliotropium* sp.. L'apparition de *Crotalaria saharae*, *Chascanum marrubifolium*, *Moltkia ciliata*.

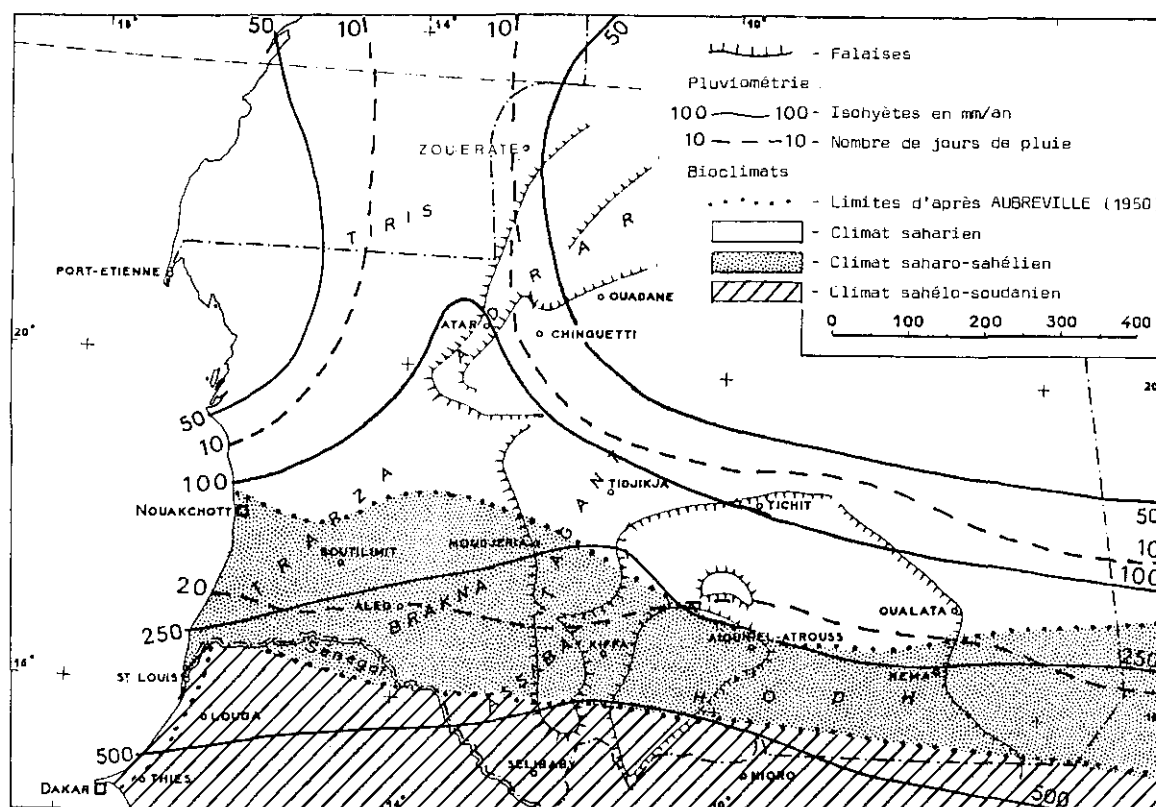


Fig. 1 - Carte de la pluviométrie et des bioclimats.
(d'après Ch. Toupet (1963), J. Dubief (1963), C. Rosetti 1962).

Vers 17°40', entre Aioum et Tichit, correspondant à une pluviométrie de 150 à 100 mm se situe la limite méridionale de l'*Aristida pungens* qui est liée, lorsque la pluviométrie tombe au-dessous de 150 mm, à la présence de sable. Dans ces vastes zones de parcours, l'influence humaine sur la composition et la densité de la végétation semble peu marquée, en dehors des abords immédiats des puits où la strate steppique est totalement éliminée. Pour le Sahara de cailloux, à l'inverse des régions uniformément ensablées où l'on peut observer dans l'agence-

ment de la végétation, le jeu de la zonalité climatique, ceci n'est plus possible, là où se manifestent des perturbations orographiques... importantes dans notre dition : l'Haceira, les Dahrs de Tidjikja, Tichit et Oualata... Dans la région étudiée, ces influences orographiques sur le climat local nous paraissent toutefois d'importances moindres pour la distribution de la végétation que la présence, dans ces massifs, d'une grande diversité de stations inégalement alimentées en eau ... et présentant une gamme très étendue de substrats très divers (Rossetti 1962 p. 39, 41, 42).

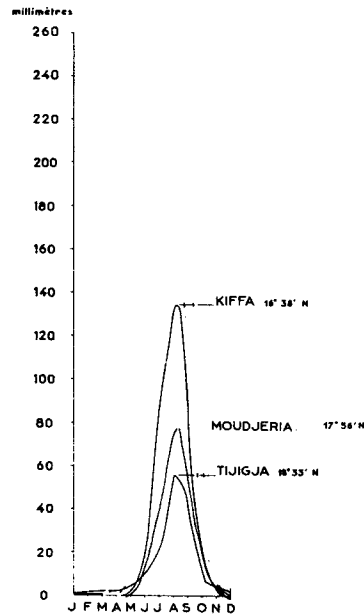


Fig. 2 - Régime pluviométrique de Kiffa, Moudjeria, Tidjikja. (d'après Ch. Toupet 1966)

		J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	Année
Tidjikja ...	H	1,6	3,3	1,5	0,3	3,6	9,7	23,1	57,7	39	8,2	5	1,5	154,5
	N	0,3	0,3	0,2	0,1	0,6	1,1	2,9	5,2	3,2	1,1	0,6	0,6	16,4
Moudjeria .	H	0,2	1,4	0,3	0,3	2,5	13,2	45,2	81,9	64,7	12,5	4,5	0,3	227
	N	0,1	0,2	0,1	0,1	0,4	1,5	3,2	6	4,5	1,4	0,4	0,1	18
Aleg	H	1	0,9	0,2	0,1	4,7	12,9	60	104	59,5	17	3	0,6	264
	N	0,3	0,1	0	0,1	0,3	1,6	3,7	6,1	5,1	1,5	0,4	0,3	19,5
Kiffa	H	1	0,7	0,1	0,9	4,1	24,3	87,7	136,5	85,7	16,7	2,4	1,8	362
	N	0,3	0,3	0	0,1	0,7	3	6	8,3	6,2	1,6	0,5	0,2	27,2

		J	F	m	A	M	j	J	A	S	O	N	D	MY
ATAR	H	1,9	1,2	1,3	0,2	1,6	6,8	7,8	31,7	36,9	11,0	7,9	4,6	112,9
	N	0,4	0,1	0,4	0,1	0,6	0,9	1,4	5,0	3,8	1,0	0,8	0,7	15,2
CHINGUETTI	H	1,6	1,8	1,8	0,0	2,1	0,9	4,5	20,7	12,3	10,5	4,5	5,3	66,0
	N	0,3	0,2	0,4	0,2	0,4	0,5	0,9	1,8	1,3	0,4	0,6	0,4	7,4

Fig. 3 - Les valeurs pluviométriques mensuelles (1931-1960) de Tidjikja, Aleg, Kiffa (Ch. Toupet 1966), Atar, Chinguetti (J. Dubief 1963). (H = hauteur moyenne ; N = nombre de jours moyen)

Un autre fait doit être souligné, la particularité de la "dynamique saisonnière" dans la région saharienne qui est liée aux pluies saisonnières de la mousson mais de façon moins étroite. Après la fin de la saison des pluies, tandis que les prairies éphémères de la région sahélo-saharienne se métamorphosent en paillasons plus ou moins inflammables, on continue de trouver dans les strates herbacées sahariennes des éléments en activité végétative... Une explication peut être recherchée dans l'avènement plus tardif des pluies qui provoquent un certain décalage de la saison de croissance. L'extension de la période de croissance après

l'arrêt des pluies semble toutefois caractéristique de certaines stations sahariennes... dans le cours de certains oueds : massif de Mottani, Oued el Abiod, pied des Dahrs, Tidjikja, Foun Ajar... La plupart des espèces en activité observées sont vivaces : Aristida pungens, Panicum turgidum, Eremopogon foveolatus, Psoralea plicata, Launaea arborescens, Crotalaria saharae, Linaria aegyptiaca, Linaria monodiana, Leptadenia pyrotechnica, Pergularia tomentosa; quelques rares annuelles : Euphorbia calyptata, Centaurea sp., Lotus sp., Echinops sp., etc. ont également été relevées (Rossetti 1962 p.46).

Ces analyses floristiques et climatiques permirent à divers auteurs de proposer des subdivisions phytogéographiques : Murat (1944), Monod (1938, 1944, 1957), Roberty (1940), Zolotarevsky et Murat (1938, 1939), Duong Huu Thoi (1947) que Rossetti (1962 p. 47) a réunies en une synthèse cartographique.

A l'évidence, le Tagant, massif qui nous intéresse, est du secteur sahélo-saharien du domaine sahélien et de ce fait complémentaire de la partie méridionale de l'Adrar qu'il prolonge vers le Sud ; le Khatt qui l'en sépare sur sa partie nord-occidentale, ne présente guère de particularité en soi : domaine d'une steppe arborée de l'Acacio-Aristidion, il est beaucoup plus une frontière morphologique que biogéographique. Au Nord et au Nord-Est il vient buter sur des aklés annonciateurs de l'Ouarane, erg puissant qui s'étend vers l'Est, le séparant des Dhars de Chinguetti et de Ouadane, du Guelb er Richat, pays nettement sahariens avec moins de 100 mm/an de pluie (Chinguetti 66 mm). Atar sur le revers nord de l'Adrar ne reçoit que 112,9 mm/an. (fig. 3)

Une continuité certaine s'établit par l'intermédiaire du Tagant entre l'Adrar et l'Assaba nettement plus soudanien.

Nous avons déjà souligné (Barry et al. 1987) que la répartition des principales formations végétales de l'Adrar fait apparaître deux faits importants, la dépendance du climat et le rôle secondaire des reliefs et des conditions édaphiques locales et que la limite des formations sahariennes passe par Far'Aoun et Chinguetti ; les formations sahéliennes s'élevant jusqu'à Choum, mais s'excluant à l'Ouest de Ouadane.

Quatre-vingt-six relevés totalisant 181 espèces sont bien insuffisants pour une connaissance globale du Tagant mais, comparés avec ceux de l'Adrar (Barry et al. 1987) et ceux de Bou Nâga à l'Est du Tamkarkart (effectués en février 1985), contribuent à mieux suivre les sensibles mais réelles modifications de la distribution de la flore et, par cela même, de mieux identifier le passage vers le pays sahélien.

Ce qui frappe c'est le paysage minéral, très différent de celui de l'Adrar. Aux vastes Dahr limités par de puissants Baten, s'oppose un paysage de blocailles gréseuses entassées en d'étranges chaos. Peu de Batha, quelques uns encore en eau permanente abritent des crocodiles (Matmatta) ou de nombreux poissons (Tamourt N' Naaje). Ceinturés d'*Acacia nilotica*, ils s'opposent à d'autres plus secs comme l'oued Tidjikja s'écoulant vers le Khatt qui héberge de petites palmeraies. Le plus souvent ce sont de modestes oueds boisés, des Taïert.

PRESENTATION GEOLOGIQUE ET GEOMORPHOLOGIQUE.

Les plateaux du Tagant sont séparés de l'Adrar de Mauritanie par une vaste plaine sableuse, le Khatt, où le vent, actuellement très actif, modèle des formes dunaires variées et par une ligne de reliefs plissés de type appalachien Nord Nord-Ouest, Sud Sud-Est, le Tamga.

Les plateaux du Tagant peuvent être divisés, topographiquement, en deux parties de superficie inégale. A l'Ouest, dominant la plaine ensablée de Cangarafa et de l'oued Abiod, sur une frange de vingt-cinq kilomètres, le paysage est accidenté. La surface des plateaux est entaillée de ravins parallèles Nord-Sud délimitant des compartiments disloqués. Cette topogra-

phie s'atténue vers l'Est et le reste du plateau est une surface monotone qui s'abaisse faiblement vers le Nord-Est et se termine à l'Est et au Sud-Est par un escarpement puissant d'environ cent cinquante mètres entaillé par quelques courts ravins. Au Nord et Nord-Ouest, le Tagant domine la plaine du Khatt par un talus de soixante à soixante-dix mètres de commandement, discontinu, découpé par des ravins et incisé par les vallées de l'oued Tidjikja et du Tinden Khatt qui n'est autre qu'un fossé tectonique Nord-Sud.

1- Géologie: des séries sédimentaires plissées et faillées à dominance gréseuse.

Le plateau du Tagant est à la fois l'avant-pays oriental de la chaîne des Mauritanides déversée vers l'Est et la bordure du bassin de Taoudenni. Cette situation, au contact de cette chaîne, a entraîné la formation de plissements et de fractures subméridiennes, Nord Nord-Est-Sud Sud-Ouest les grès et quartzites de l'Ordovicien supérieur et du Siluro-Dévonien (Le Page et Naciri 1987). Les manifestations tectoniques sont échelonnées dans le temps. La discordance des grès, shales et grès argileux de l'Ordovicien supérieur sur les grès et quartzites indique les épisodes précoces de la structuration de la chaîne (Dia, Sougy, Trompette 1969 ; Le Page 1983, 1986 ; Le Page et Naciri 1987). Ensuite, des failles ont affecté le plateau du Tagant. Les fractures Ouest Sud-Ouest, Est Nord-Est, Sud-Ouest Nord-Est sont nombreuses à l'Est du plateau, elles sont anciennes et propres au Craton ouest africain. Elles auraient joué sous l'effet des contraintes consécutives à la formation des Mauritanides. En revanche, les fractures Nord-Sud, Nord Nord-Est, Sud Sud-Ouest et Nord Nord-Ouest, Sud Sud-Est orientant les vallées et délimitant les massifs, horsts et grabens de l'Ouest du Tagant sont plus directement dépendantes de la formation des Mauritanides toutes proches. Ces failles, en particulier celles de direction Nord-Sud, jouèrent certainement sous l'effet des contraintes qui ont affecté le continent africain du Secondaire à l'époque actuelle (Le Page et Campredon 1982 ; Benkhehl et Guiraud 1984 ; Y. Bellion 1987).

Le Khatt est un couloir Sud-Ouest Nord-Est de trente kilomètres de large, couvert de dunes vives et dont le substratum est constitué des mêmes formations que le plateau du Tagant. En effet, sur le rebord Nord-Ouest du Tagant, les séries du Siluro-Dévonien plongent avec un pendage Nord-Ouest d'environ 20 %. Le couloir du Khatt est une zone synclinale complexe où affleure le Dévonien.

Au contact des Mauritanides, des accidents Nord-Ouest Sud-Est reprennent les sédiments dévoniens du Khatt dans une structure plissée à larges synclinaux et anticlinaux aigus, de style éjectif, constituant les reliefs du Tanga.

Les jalons de l'histoire post-paléozoïque sont peu nombreux dans ces régions et il faut atteindre l'Holocène pour retrouver des indices variés de l'évolution paléogéographique et paléoclimatique.

2- Formations et modelés pré-quaternaires récents.

Ils se situent essentiellement dans le Tagant et sont représentés par des cuirasses et des modelés de versant.

Les cuirasses sont rares mais l'une d'elles recouvre des superficies étendues. Elle se situe à trois cent soixante-dix mètres d'altitude et jalonne une ancienne topographie dominant de six à quinze mètres le fond des talwegs actuels. En bordure de l'oued Erchemouj, elle tranche le flanc d'un crêt Ouest-Est dont le pendage est d'environ 20 %. Elle mesure deux mètres d'épaisseur. Son aspect est par endroit noduleux avec des vacuoles de deux à trois centimètres ourlées de pisolithes. Dans ces vacuoles, se concentre parfois un sable jaune vif à veines rougeâtres. Cette cuirasse serait-elle du Continental terminal ou du Quaternaire ancien?

De nombreux inselbergs s'élèvent au-dessus de cette surface cuirassée. Leurs flancs ont été souvent le siège d'éboulements cyclopéens à réseaux de diaclases Nord-Sud, Ouest Sud-Ouest, Est Nord-Est. Les blocs glissent par gravité sur les séries grés-argileuses et les shales (Hassei Nouejhenna 12°10 W, 18°05 N).

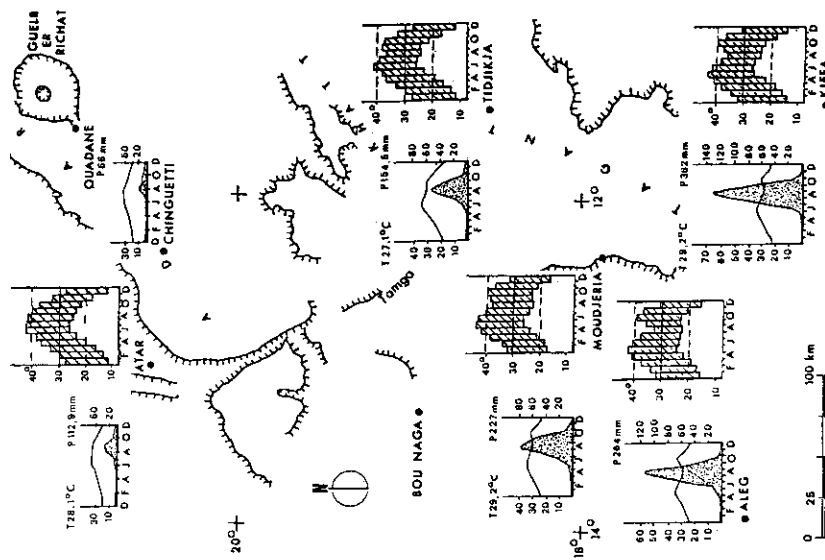


Fig. 4 -

Diagrammes ombrothermiques et des températures maxima et minima de l'Adrar et du Tagant (Ch. Toupet 1966 et J.-P. Barry 1987).

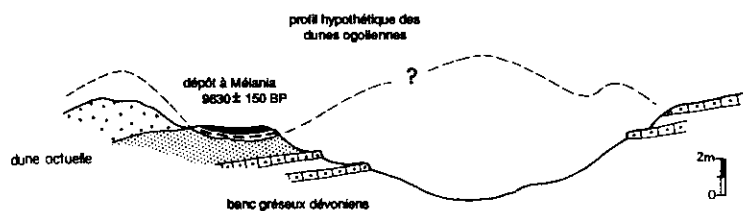


Fig. 5 - Vallée de l'oued Tidjikja : situation des dépôts Holocène.

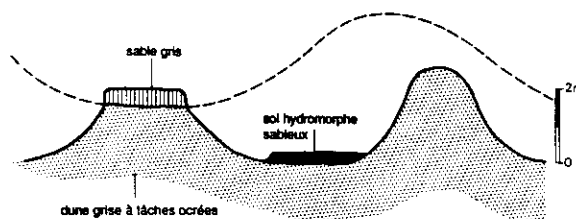


Fig. 6 - Coupe des dépôts Holocène de Moudjeria.

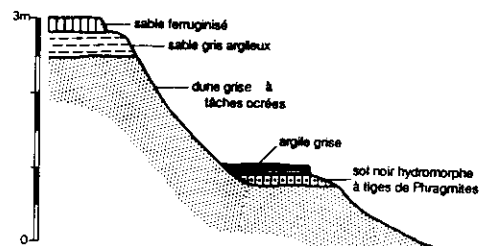


Fig. 7 -

Coupe de l'Holocène du Khatt.

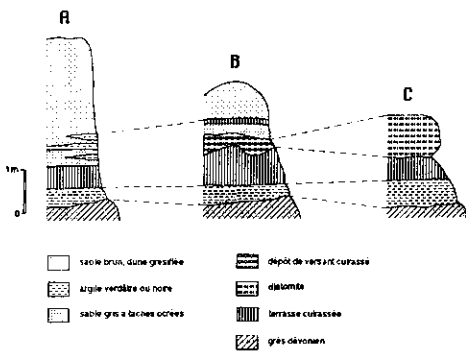


Fig. 8 -

Coupe le long de la vallée de l'oued El Abid.

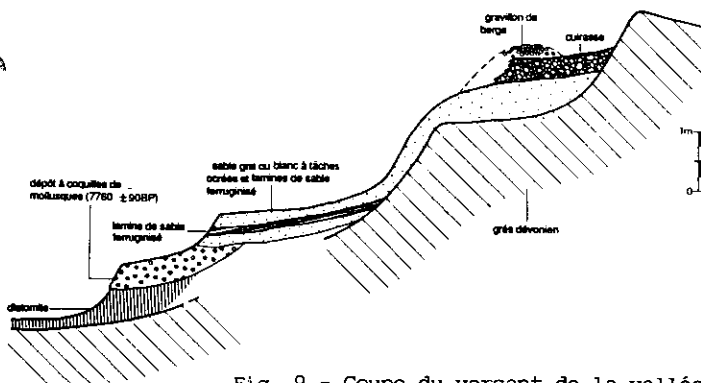


Fig. 9 - Coupe du versant de la vallée de l'oued El Abid.

En aval du village de Rachid ($11^{\circ}40' W$, $18^{\circ}47' N$), une coupe, sur la rive droite de l'oued Tidjikja permet d'observer une véritable coulée boueuse fossile ayant entraîné des pans entiers du versant. La taille des matériaux de ces éboulements dépend évidemment du maillage des diaclases mais ils sont un des modelés constants sur tous les versants du Tagant (Daveau 1967). Leur âge est difficile à déterminer. Certains blocs de ces éboulements sont scellés par la cuirasse lorsqu'elle s'étend jusqu'au pied des inselbergs. Une cuirasse secondaire dérivée de la première, peut aussi emprisonner la base des blocs éboulés sur les versants. Dans le fond des talwegs, cette cuirasse secondaire devient plus épaisse et elle peut, dans ce cas aussi, sceller des blocs encombrant le lit des ravins (oued Erchemouj $11^{\circ}30' W$, $18^{\circ}30' N$ - guelta de Taoujafet $11^{\circ}50' W$, $18^{\circ}53' N$).

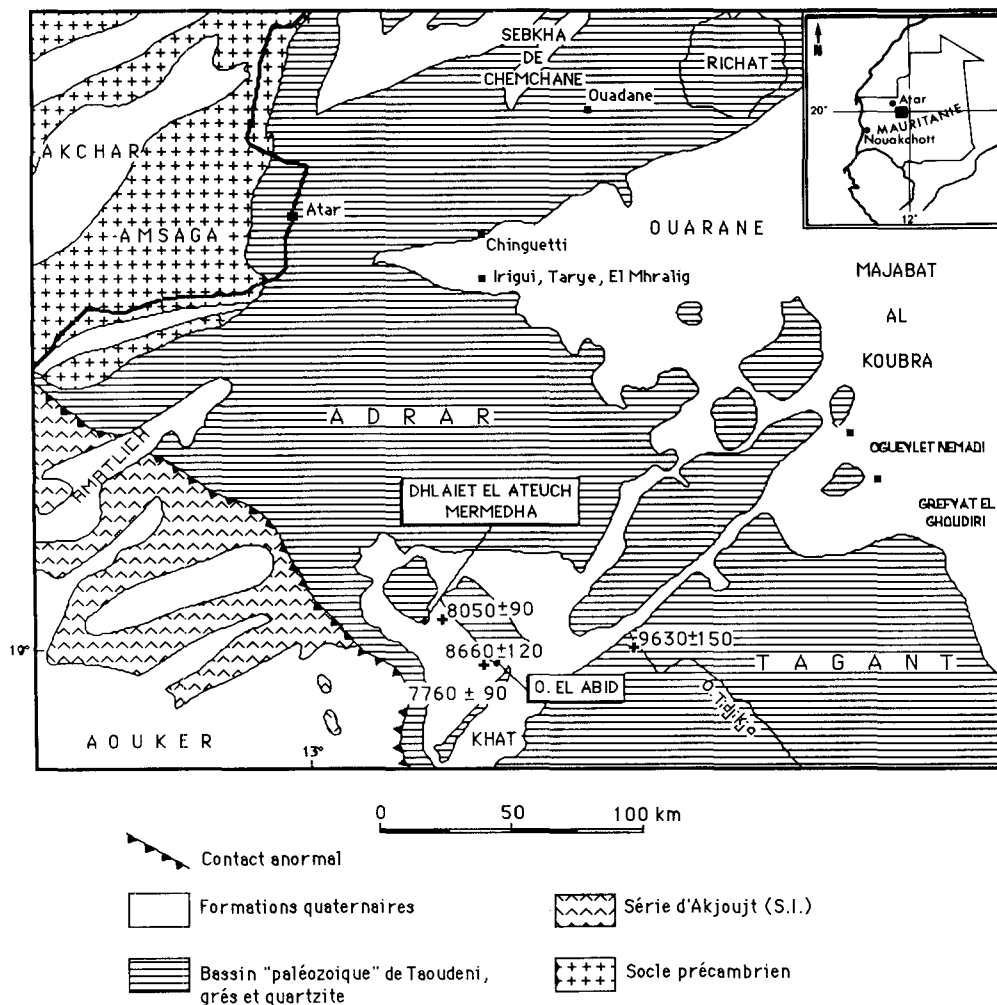


Fig.10: Esquisse géologique de la bordure occidentale du bassin de Taoudeni et localisation des principaux gisements (d'après R. Trompette, E. Manguin 1968).

3 - Quaternaire récent et Holocène.

Toujours dans la vallée de l'oued Tidjikja, à Hassi el Gara a été découvert sur un lambeau sableux dominant l'oued d'environ dix mètres, un dépôt argileux à *Melania tuberculata* daté de 9 630 plus ou moins 150 BP. Vers l'aval, d'autres dépôts reposant sur des sables blancs jalonnent, dans la même position, la rive gauche de l'oued (fig. 5). A partir de cette datation et compte tenu du contexte topographique, la première remarque qui vient à l'esprit, est l'apparente vitesse de creusement de la vallée (environ un mètre par millénaire), dans des grès à bancs métriques très résistants. En fait, à partir des observations entreprises sur l'ensemble du Tagant et dans la vallée de l'oued Tidjikja, la succession des phénomènes peut-être la suivante :

- Début des éboulements antérieurs à la cuirasse de trois cent soixante dix mètres ;
- Formation de cette cuirasse ;
- Creusement des vallées ;
- Reprise des éboulements et des glissements de terrain ;
- Développement de la cuirasse scellant les blocs éboulés ;
- Colmatage complet à cuirasse scellant des blocs éboulés ;
- Colmatage complet de la vallée de l'oued Tidjikja par des amas dunaires contemporains de la période aride ogolienne grâce aux réserves de sable du Khatt voisin ;
- Réinstallation, dans les creux interdunaires, d'écoulements sporadiques et des mares vers 10 000 BP, puis l'humidité s'intensifiant, le ruissellement dégage les dunes qui obstruaient la vallée.

Des lambeaux de dépôts lacustres, en marge du chenal principal, restent actuellement les témoins du début de la période humide holocène. Celle-ci perdure pendant le Néolithique comme le confirme la découverte, sur un replat, dans la même position que les dépôts à *Melania* d'un site néolithique de deux hectares avec poteries, meules et molettes, os et même mâchefer.

Dans la plaine du Khatt, les dépôts quaternaires sont rares ou complètement masqués par des dunes actuelles. Les observations portent sur quelques affleurements discrets. Dans certains creux interdunaires affleurent des argiles grises qui, parfois, se retrouvent en inversion de relief, comme dans d'autres secteurs sahariens (Petit-Maire et Riser 1983). Ces dépôts argileux gris sans fossiles passent latéralement à des cuirasses ferrugineuses à tiges de plantes ferruginisées. Cuirasses et argiles grises reposent sur des sables gris à jaunâtres à tâches ocrées, consolidés, rappelant ceux du Sahara malien (Petit-Maire et Riser 1983) et de la région de Chinguetti.

Deux coupes, l'une dans le Khatt et l'autre au Nord de Moudjeria permettent de préciser la chronologie relative des événements à l'Holocène, compte tenu des corrélations et des comparaisons possibles avec d'autres régions du Sahara méridional.

A Moudjeria (fig. 6) un dépôt lacustre gréseux repose sur une dune jaunâtre dont il reste quelques moignons témoins. En contrebas de ce premier ensemble de dépôts et après une phase discrète de creusement (un mètre environ), un sol hydromorphe très noir vient occuper la zone de déflation, à l'emplacement des anciennes dunes. Aurions-nous là le témoignage d'une première phase humide holocène puis d'une période d'ablation probable par le vent contemporaine d'un léger assèchement et enfin d'un retour de l'humidité à la fin de l'Holocène ? Une coupe du même type s'observe aussi dans le Khatt (fig. 7). Comme d'ailleurs dans le Sahara méridional, ces dépôts argileux sont jonchés d'industrie néolithiques.

Dans le Tamga, les dépôts holocènes sont beaucoup plus variés et mieux connus (Trompette et Manquin 1968). L'occasion nous a permis d'en reprendre l'étude mais, si les secteurs d'Hassei el Argoûb et d'Acouinet el Hammân ont été réétudiés, il n'en est pas de même de la haute vallée de l'oued el Abid que nos prédécesseurs n'avaient pas, semble-t-il, parcourue.

Les trois formations les plus intéressantes sont les dépôts interdunaires, les tufs à troncs d'arbres et les diatomites en relation avec les formations alluviales de l'oued el Abid et de ses affluents.

a) Les creux interdunaires.

Contrairement à Moudjéria et dans le Khatt, des creux interdunaires sont ici occupés, non par des dépôts lacustres ou pédologiques, mais par une cuirasse à gros concrétionnements ferrugineux verticaux (hauteur cinquante centimètres) plantés dans un sable gris ou

blanc. Parfois, ces concrétionnements font place à des limons fins, sableux, bruns, dans la même position. Ces deux faciès rappellent, par leur situation, ceux de la bordure de l'erg Sakhane (Mali) dans la région du puits d'Ichourad (Petit-Maire et Riser 1983). A l'amont de la cluse d'Hassi en Nemra, les dépôts lacustres apparaissent plus étendus et très riches en faune. Au niveau du foum s'était donc installé un lac bordé de dunes blanches. Une datation de la formation littorale interdunaire a donné $8\ 050 \pm 90$ BP.

b) Les tufs à troncs d'arbres.

Le deuxième type d'affleurement s'observe au contact des petits crêts du Dévonien qui bordent la plaine d'Achâmîn couverte par l'erg. A cet endroit, s'étendent des tufs contenant des brindilles, des branches, des racines et surtout des troncs d'arbres encore debout avec leur système racinaire apparent. Le diamètre des troncs varie entre six et quinze centimètres. La hauteur de ceux-ci, au-dessus du sol, n'excède pas vingt centimètres. La situation de ces tufs à restes végétaux est comparable à celle des cuirasses à gros concrétionnement, des limons interdunaires et des dépôts à *Melania* de Hassi en Nemra datés de $8\ 050 \pm 90$ BP.

c) Rapports des dépôts lacustres avec les formations torrentielles.

A l'aval de l'oued Aouinet el Hamman, il est possible de situer les dépôts précédents par rapport aux formations alluviales de ruissellement. Le large cône de déjection aux galets patinés d'Aouinet el Hamman est antérieur au dépôt à *Melania* holocène puisque celui-ci est transgressif sur le cône et les galets de ce dernier sont enserrés dans les argiles à Mollusques. Le cône de déjection est antérieur aux dépôts à *Melania* mais représente-t-il une phase humide anté-ogolienne ou est-il seulement la marque de crues brutales et sporadiques pendant cette phase aride ?

d) Le calcaire lacustre à Mollusques.

L'entaille actuelle de l'oued ravine à la fois le cône et les dépôts à *Melania*. A l'aval du cône de déjection, s'observe un calcaire lacustre en grandes miches, sous-jacent aux argiles à Mollusques. Une datation en cours permettra d'en fixer peut-être l'âge. Des blocs de ce même calcaire ont été trouvés dans le lit de l'oued, en amont, ce qui montre que l'extension de cet affleurement est très vaste. L'observation actuelle ne porte donc que sur une portion de son étendue véritable.

e) Les formations quaternaires de la vallée de l'oued el Abid.

Deux séries de coupes ont été observées dans la vallée de l'oued el Abid, en amont des profils principaux décrits par R. Trompette et E. Manguin (1968). Une étude détaillée des diatomites est en cours. Elle fera l'objet d'une publication complémentaire. La vallée de l'oued el Abid se présente comme une série de biefs occupés, à l'Holocène, par des lacs à diatomées bordés de dépôts de versant variés où les formations lacustres, alluviales, colluviales et pédologiques s'imbriquaient au gré des variations climatiques et des modifications topographiques du cours de l'oued.

Deux types de profils ont des points communs entre eux ; ils occupent la partie amont du bassin versant (fig. n° 4-5). Ces coupes peuvent s'interpréter de la manière suivante de bas en haut. Dans le lit de l'oued, creusé dans les grès de Dévonien, s'installe un épisode lacustre qui débute par des sables vaseux ou des vases noirâtres sans fossile visible. Cette phase se poursuit par des diatomites grisâtres ou d'une blancheur éclatante. Cette formation extrêmement bien représentée comporte des coquilles de planorbes, bulins, *Melania* en quantité limitée. Elle est ravinée par un dépôt, soit de terrasse soit de versant. La terrasse est constituée de galets de taille homogène (quatre à cinq centimètres de diamètre) et de graviers. Le dépôt de versant présente, au contraire, une forte hétérogénéité. Des blocailles de toutes

tailles sont amalgamées dans une matrice terreuse. L'ensemble évoque parfois des formations mises en place par solifluxion. Dans un cas comme dans l'autre, une ferruginisation prononcée consolide l'ensemble. Le ciment de la matrice prend souvent l'aspect d'une véritable cuirasse bréchique rouille ou presque noire.

La partie supérieure des coupes est plus sableuse. Elle comporte d'abord des sables à lits argileux et des sables à taches ocrées qui avaient d'ailleurs été observés aussi par Trompette et Manguin (1968) (fig. 8 coupe A et B). Ces auteurs décrivent ces sables comme éoliens, remaniés dans l'eau (action de courants) hypothèse qui paraît tout à fait pertinente. Il faut toutefois remarquer qu'une tendance à l'aridification apparaît à ce moment là. Celle-ci se confirme avec la présence des sables bruns supérieurs, légèrement grésifiés à passées de graviers parfois interstratifiés, indiquant encore quelques ruissellements sporadiques descendus des versants. La dynamique de l'oued, depuis le dépôt des sables bruns a permis l'entaille de l'ensemble de ces formations et un alluvionnement lenticulaire comprenant surtout des grès dévoniens et des blocs de cuirasse bréchique.

Une datation effectuée par Trompette et Manguin (1968) donnait $8\ 660 \pm 120$ BP. pour des *Melania* de la diatomite blanche (fig. 10).

Ainsi la phase humide de l'Holocène se termine par une lente aridification marquée par les sables gris à lits argileux et à lits de diatomite et par les sables bruns. La recrudescence de l'activité torrentielle ayant pu reprendre avec l'humidité relative de la période de l'Holocène supérieur (Néolithique) responsable de l'entaille et du dépôt des lentilles alluviales grossières. Cette succession de phénomènes se retrouve dans les dépôts de versant, à l'aval des vallées.

Vers l'aval, cinq kilomètres avant d'atteindre le maader Achâmin, la vallée s'élargit. Le fond est toujours occupé par des lambeaux de la diatomite blanche, mais les formations holocènes sont plaquées contre le crêt d'environ dix à quinze mètres de commandement qui délimite la combe annulaire drainée par l'oued el Abid.

La coupe (fig. 9) présente plusieurs ensembles en partie oblitérés les uns par les autres. A la base, les diatomites blanches et le dépôt à mollusques constituent les épisodes lacustres qui sont datés ici sur *Melania* de $7\ 760 \pm 90$ BP. Cet ensemble est raviné par des sables gris ou blancs, à taches ocrées observés dans les coupes précédentes (fig. 8 A). Le sommet est couronné par une cuirasse de cinquante centimètres de puissance, emboîtée dans des lits gravillonnaires qui pourraient être les jalons de la berge contemporaine de la sédimentation lacustre.

Ainsi l'oued el Abid se présente comme une série de biefs calmes et profonds séparés par des seuils matérialisés actuellement par des secteurs du cours où les grès dévoniens affleurent et où les diatomites seules sont représentées en lambeaux dispersés.

LES PAYSAGES VEGETAUX.

Le paysage végétal est, dans son ensemble, une steppe arborée voire arbustive mais ayant le même aspect, la même densité. Cette monotonie physionomique masque sa variété floristique qui varie notablement entre Moudjeria et la région du Tamga et de Bou Saifiya. Une seule particularité : au Nord du Khatt, on observe clairement ce que Capot-Rey (1953) appelle *l'amenuisement du tapis végétal*. La végétation contractée s'organise.

La partie septentrionale du Tagant et le massif de Tamga.

A part l'erg et les aklés qui n'excluent pas pour autant l'*Acacio-Aristidion*, il faut souligner la rare mais significative présence du had (*Cornulaca monacantha*) (relevés 86 112104, 86112201, 86112206) et du *Calligonum comosum* saharo-sindiennes remarquables. (relevés 861119 à 86112002) (Tableau 1)

La diversité floristique du Tagant n'est pas, à première vue évidente aussi avons-nous retenu comme critères essentiels la présence ou l'absence d'espèces significatives (Barry et al. 1982, 1986) du passage du pays saharien aux pays sahélien ou soudanien.

Afin de s'assurer si aucune solution de continuité ne se manifeste entre l'Adrar et le Tagant, nous mettons en parallèle les relevés effectués auparavant sur le Dhar de Chinguetti, la région de Far' Aoun, au sud de l'Adrar, et de Bou Nâga sur le revers ouest du Tamkarkart (Barry et al. 1987), ainsi que d'autres aux alentours de l'Assaba.

Une première certitude : le Tagant septentrional qui se raccorde à l'Adrar par l'intermédiaire du Tamga et de l'Azizeka, est essentiellement du domaine saharo-sahélien. Il en est de même des vastes ergs qui sont de modèle saharien avec le très remarquable *Calligonum comosum* et *Malcolmia aegyptiaca*, espèces saharo-sindiennes. Il n'y a pas d'affirmation sahélienne absolue, l'*Aervo-Fagonion* et l'*Acacio-Panicion* étant encore parfaitement individualisés. Ce n'est que la continuité de ce qui fut observé plus au Nord. Le Tagant septentrional est identique - ou presque - à l'Adrar Tmart.

Le tableau 1 présente 15 relevés propres aux steppes à *Acacia* et 13 aux ergs qui le bordent au nord du Khatt. Les ergs, essentiellement constitués d'aklés, sont de vastes étendues qui abritent plus d'espèces de l'*Acacio-Panicion* que de l'*Acacio-Aristidion*. Cela ne tient pas qu'au seul fait climatique mais au modelé du paysage. Terrain plus perméable que ceux des alentours mais captant mieux les condensations occultes, il favorise plus précisément d'autres espèces que celles spécifiques à ce biotope, à l'inverse des autres biotopes qui, bien que gréseux, sont enrichis en limon, rappelant ainsi ceux de l'Adrar. Aussi abritent-ils, ces ergs, une steppe arborée saharo-sahélienne où les deux ensembles *Acacio-Panicion* et *Acacio-Aristidion* sont entremêlés ; chacune des phytocoénoses abritant conjointement leurs représentants. Il s'agit bien d'ensembles très semblables à ceux décrits auparavant (Barry et al. 1987) et, afin de s'en persuader, nous regroupons trois ensembles de relevés (tab. 2) :

- vingt-deux relevés de la région de Bou Nâga (fig n° 11).
- treize des environs de Chinguetti. (fig. n° 8, Barry et al. 1987)
- seize des environs de Far' Aoun. (fig. n° 8, Barry et al. 1987)

Pour ce qui concerne les ergs, dont l'importance n'est certes pas négligeable, on constate que les espèces traditionnelles *Stipagrostis pungens* (5 relevés sur 51) et *Calligonum comosum* (2 relevés sur 51) sont absentes ; ce groupements des ergs sahariens atteint sa limite méridionale, à l'inverse, les steppes à *Acacia* sont inégalement représentées.

Si l'*Acacio-Panicion* est partout modeste, l'*Acacio-Aristidion* pratiquement inexistant à Bou Nâga, est présent dans l'Adrar ; il gagne, comme dans le Tagant, les aklés. Autre chose d'inéluctable, les groupements propres au Sahara ont pratiquement disparu, notamment l'*Asterico-Pergularietea* auquel se substitue insensiblement le *Boerhavia-Tephrosietea*.

Le Sahel s'organise mais, semble-t-il, sans préférence édaphique. La figure n° 12 souligne que cette progressive implantation est, pour l'essentiel, liée au fait climatique. Le caractère dominant de cette région - le Tagant - est d'ordre climatique : c'est la faiblesse et l'irrégularité des précipitations (Toupet 1958 p.68).

La partie méridienne du Tagant.

Cette partie est, du point de vue paysage, plus contrastée. Peu d'hamadas que de rares crêtes surplombent ; beaucoup de dalles de grès (Ordovicien) que des diaclases fragmentent en d'innombrables polygones ; de petits regs souvent recouverts d'un voile de sable ; seules quelques dunes plus ou moins vives barrent certaines Tamourts, vallées formées d'une succession de mares et peuplées d'*Acacia nilotica*.

Dans ce paysage ruiniforme, à patine noire, la végétation n'est pas rare. Sa richesse variétale étant bien évidemment plus grande dans les bathas et les taierts. Parfois la végétation se glisse le long des diaclases ou tapisse une mince pellicule de sable, et le plateau s'humanise (Toupet 1958 p.75).

Entre Tidjikja et le Khatt, c'est un Sahel timide. Celui qui lui succède vers le Sud est riche entre Tidjikja et le "golfe" saharien de l'Aouker. C'est une zone de transition pas tout à fait sahélo-soudanienne qui s'individualise plus au Sud vers le dhar de Nema (Monod 1938 p.371).

Le tableau 3 est tout à fait démonstratif à cet égard de la progressive installation du pays sahélien qui s'annonçait plus au Nord, organisation qui est, pour l'essentiel, dépendante du facteur ombrique. Les diagrammes (fig. 4) sont tout à fait significatifs : une courte mais réelle saison des pluies de jours longs, s'installe et augmente en se rapprochant du fleuve : Kayes (789 mm/an) sur le Sénégal, est de climat soudanien. Il est donc logique que le Tagant, marche entre Sahara et Sahel, soit du domaine de la steppe boisée subtropicale (Rossetti 1962 p.47) et s'identifie, dans cette partie méridienne, au domaine sahélien s'étendant entre les isohyètes 250 à 300 mm. et 500 à 550 mm. et la limite entre les secteurs sahélo-saharien et sahélo-soudanien, se trouvant vers l'isohyète 400 mm avec vingt-cinq jours de pluies par an (Boudet et Duverger 1961 p.16).

Les vingt-trois premiers relevés (tableau 3, 86111301 à 86111811) présentent le *Mischgebiet* habituel où l'*Acacio-Panicion* et l'*Acacio-Aristidion* sont également représentés ; rien ne permet de dire que l'un de ces deux ensembles domine. Inversement, ce qui est tout à fait remarquable, c'est l'installation rapide et nette de la steppe à *Commiphora africana* et Combrétacées (relevés 86111405 à 86111806 essentiellement à *Combretum*, relevés 86112302 à 86111608 avec en plus *Commiphora africana*). Ce qui est aussi à souligner c'est la rapide mise en place d'espèces de liaison sahélo-soudano-zambézienne: *Piliostigma rufescens*, *Acacia laeta* et *Adenium obesum* considérées par Monod (1938) comme représentatives du Sahel mauritano-soudanais, ainsi qu'*Adansonia digitata*.

Si nous comparons ce tableau avec le tableau 4, il est incontestable que nous atteignons au sud du pays, le Sahel. *Dalbergia melanoxylon*, *Myragyna inermis* sont là pour le prouver, ainsi que la modeste représentativité de l'*Acacio-Panicion* et l'affirmation (relevés 85021502 à 85020803) de la steppe à *Commiphora africana* qui confirme ce passage.

CONCLUSION.

Du point de vue géomorphologique, cette première approche de l'étude de la région Tagant, Khatt, Tanga doit être complétée par une analyse fine des diatomites, de la microfaune et des pollens des sédiments lacustres de l'Oued El Abid qui sont les plus variés.

Quatre remarques peuvent être formulées :

- Dans le Tagant, la haute cuirasse et les glissements de terrain sont les jalons de périodes humides quaternaires anciennes, difficiles à localiser dans le temps.

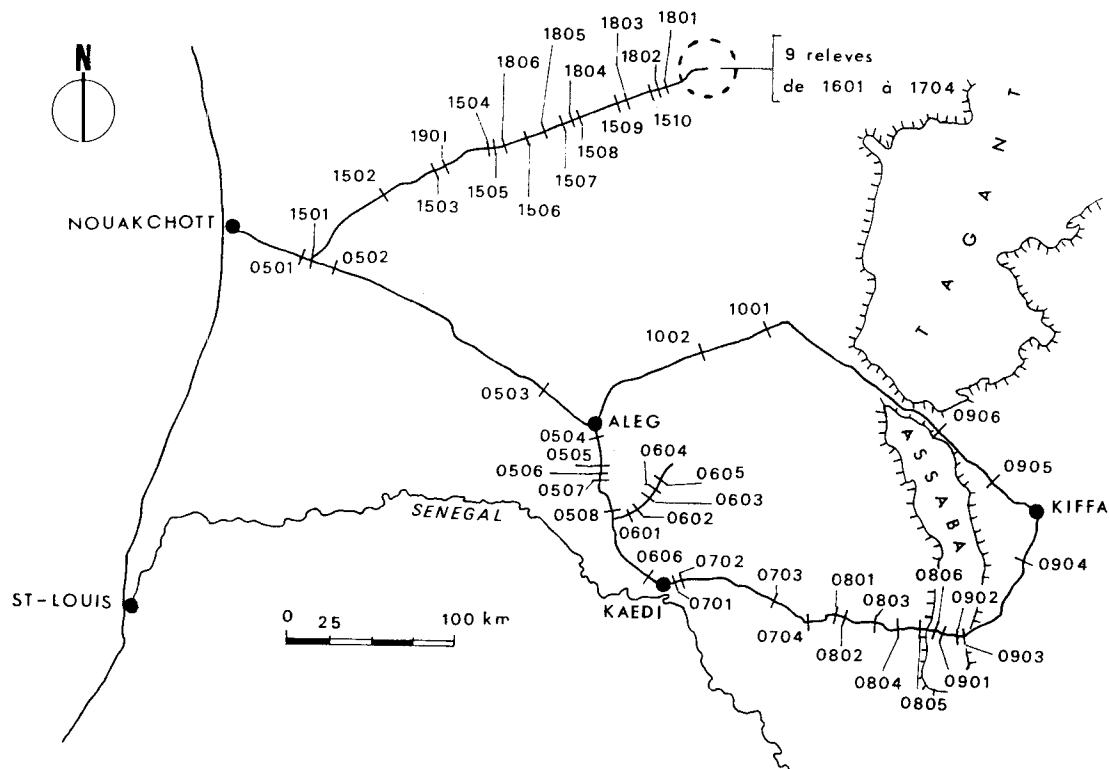
- Comme partout ailleurs dans le sud du Sahara, s'observent ici aussi les jalons de la période humide holocène, avec cependant une datation à 9 630 ans \pm 150 BP dans l'Oued Tidjikja qui est l'une des plus ancienne marquant le début de l'Holocène (9 320 \pm 2360 BP à l'erg Sakhane, N. Petit-Maire et J. Riser 1983).

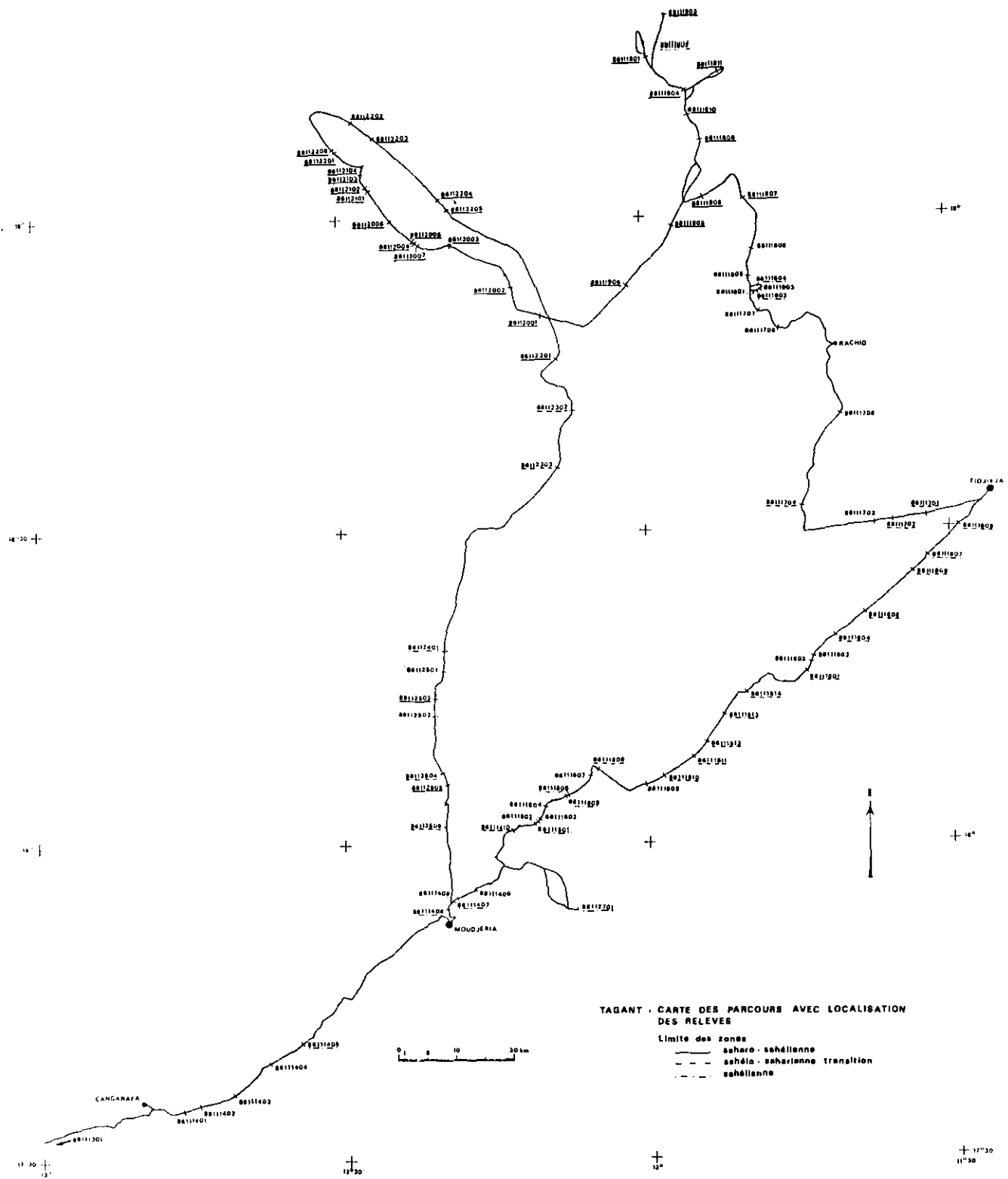
- A la fin de la période lacustre holocène, les formations éoliennes se mettent rapidement en place, probablement vers 6 000 BP.

- Enfin, la période humide de l'Holocène récent (Néolithique) postérieure au début de l'aridification, semble marquée ici, non par des formations sédimentaires, mais par une reprise d'érosion nette indiquant, dans un milieu montagneux il est vrai, les manifestations d'averses brutales.

Du point de vue phytogéographique, Le Tagant assure bien la transition entre Sahara et Sahel, transition que masquent les nombreux akès qui l'entourent. C'est dans sa partie méridienne que le Sahel devient indiscutable et, ce qui est tout à fait remarquable, c'est que cette limite n'a guère variée depuis ces dernières décades. Là aussi les facteurs climatiques sont déterminants, les autres ne sont pas essentiels sauf lorsque l'édaphisme est déterminant comme dans le "Sahara de sable". Dans son ensemble sa flore fût plus soudanienne à la fin de l'Holocène et seules quelques Tamourts peuvent en témoigner.

Fig. 11 - Position des relevés en dehors du Tagant.
(pour assurer la concordance avec les relevés des tableaux 2 et 4, il faut faire précéder les numéros par 8502).





BIBLIOGRAPHIE

- ADAM J.-G. (1962). Itinéraires botaniques en Afrique occidentale. Flore et végétation d'hiver de la Mauritanie occidentale.
Journ. d'Agriculture tropicale et de Botanique appliquée, IX, 3-6, 236p., XVIII pl..
- A.E.T.F.A.T. (Association pour l'étude taxonomique de l'Afrique tropicale) (1959). Carte de la végétation de l'Afrique au sud du Tropique du Cancer.
Londres 1959.
- AUBREVILLE A. (1949). Climats, forêts et désertification de l'Afrique tropicale.
Soc. éd. Géogr. maritime et coloniale, Paris, 1 vol., 351 p.
- BAGNOULS F., GAUSSEN H. (1957). Les climats biologiques et leur classification.
Ann. Géogr., Fr., 355 : 193-220.
- BARRY J.-P. (1982). La frontière méridionale du Sahara entre l'Adrar des Iforas et Tombouctou.
Ecologia medit., VIII, (3) : 99-124.
- BARRY J.-P., CELLES J.-C., MUSSO J. (1986). Le problème des divisions bioclimatiques et floristiques au Sahara. Note V. Du Sahara au Sahel. Un essai de définition de cette marche africaine aux alentours de l'Adrar des Iforas.
Ecologia medit., XII, (1-2) : 187-235.
- BARRY J.-P., JAOUEN X., MUSSO J., RISER J. (1987). Le problème des divisions bioclimatiques et floristiques au Sahara. Note VI : entre Sahara et Sahel : L'Adrar mauritanien.
Ecologia medit., XIII, (1-2) : 131-181.
- BELLION Y., BENKHELIL J., GUIRAUD R. (1984). Mise en évidence de déformations d'origine compressive dans le Continental intercalaire de la partie méridionale du bassin de Taoudenni (Hodh oriental, confins mauritano-maliens).
Bull. Soc. Géol. Fr., (7), XXVI : 1137-1147.
- BELLION Y. (1987). Histoire géodynamique post-paléozoïque de l'Afrique de l'Ouest après l'étude de quelques bassins sédimentaires.
Thèse Univ. Avignon, 296 p. multigr.
- BOUDET G., DUVERGER E. (1961). Etude de pâturages naturels sahéliens : le Hodh. (Mauritanie).
I.E.M.V.T. et Centre fédéral de recherches zootechniques (Sotuba, Bamako). éd. Vigot frères, Paris, 156 p.
- CAPOT-REY R. (1953). Le Sahara français.
éd. Presses Universitaires de France, Paris, 1 vol., 564 p.
- DAVEAU S. (1966). Le relief du Baten d'Atar (Adrar mauritanien).
Centre nation. Rech. sci., Mém. et doc., 2 : 7-100, 26 fig.
- DEYNOUX M. (1978). Les formations glaciaires du Précambrien terminal et de l'Ordovicien en Afrique de l'Ouest.
Thèse Sci. Univ. Aix-Marseille, Trav. Lab. Sci. de la Terre, St Jérôme, B, n° 17
- DIA O., SOUGY J., TROMPETTE R. (1969). Discordances de ravinement et discordances angulaires dans le Cambro-Ordovicien de la région de Mejeria (Tagant occidental, Mauritanie).
Bull. Soc. Géol. Fr., (7), XI, : 207-221, 9 fig.

- DUBIEF J. (1959-1963). Le climat du Sahara.
Inst. Rech. Sahar., Mém., Algérie, 1959, I : 312 p. -1963, II (1): 275 p.
- DUBIEF J. (1968). Les subdivisions climatiques du Sahara.
*Intern. biological programme, Conservation Section, Tech. Meeting Hamamet Tunisie
24-31 March 1968, Ronéoté : 133-142.*
- DUBIEF J. (1971). Die Sahara, ein Klima-Wüste.
*edit. Weltforum Verlag, München, H. Schiffers ed., Die Sahara und ihre Rand-
gebiete, I : 327-348.*
- DUONG HUU THOI (1947). Introduction à l'étude de la végétation du Soudan français.
2° Conférence Internationale des Africanistes de l'Ouest : 9-51, 1 carte.
- GOUZES R. (1962). Etude hydrogéologique des sources du Tagant et de l'Assaba.
Dakar, B.R.G.M., rapport ronéoté, (Dak. 62 A 34), 56 p., 9 fig., 4 pl. H.T.
- LE PAGE A., NACIRI T. (1987). Les relations entre un domaine orogénique et la fracturation de son avant-pays d'après les données des images Landsat : l'exemple des Mauritanides.
Bull. Soc. Géol. Fr. (8), III, (à paraître).
- LE PAGE A. (1983). Les grandes unités des mauritanides, aux confins du Sénégal et de la Mauritanie. L'évolution structurale de la chaîne du Précambrien supérieur au Dévonien;
Thèse Univ. Marseille, 518 p., multigr.
- LE PAGE A. (1986). La lithostratigraphie des grandes zones structurales des Mauritanides, entre le 14 et le 16 ème parallèles nord (Sénégal nord et République islamique de Mauritanie). Essai d'interprétation géodynamique.
Jour. Afric. Earth. Sc. 5, 2 : 119-134.
- LE PAGE A., CAMPREDON R. (1982). Le traitement d'une image Landsat par la technique des gradients horizontaux : applications à l'analyse structurale d'un secteur du Sénégal oriental.
Bull. Soc. Géol. Fr. (7), XXIV : 131-137.
- LE ROUX M. (1983). Le climat de l'Afrique tropicale.
Ed. Champion, 1 vol. 633 p., 349 fig.; 1 atlas, 250 pl.
- MONOD Th. (1938). Notes botaniques sur le Sahara occidental et ses confins sahéliens. La vie dans la région désertique nord-tropicale de l'Ancien Monde.
Mém. Soc. biogéogr., VI : 351-374.
- MONOD Th. (1939). Contributions à l'étude du Sahara occidental. 2 - Phanérogames.
Pub. Comité d'ét. histori. et scientifiques de l'A.O.F., série B, n°5 : 55-211.
- MONOD Th. (1957). Les grandes divisions chorologiques de l'Afrique (rapport présenté à la réunion de spécialistes sur la phytogéographie). Yangambi 29 juillet-8 août 1956.
Cons. scient. Afr. Nord, Sahara, 24, 147 p., C.S.A Londres.
- MURAT M., MONOD Th., RUNGIS Ch., SAUVAGE Ch. (1944). Esquisse phytogéographique du Sahara occidental.
Mém. office national antiacridien n°1, 31 p.

- PETIT-MAIRE N., RISER J. (1982). Sahara ou Sahel ?
Ed. Centre nation. Rech. sci. 473 p., 85 fig., 58 tabl. LIX pl. phot.
- ROBERTY G. (1940). Contribution à l'étude phytogéographique de l'Afrique occidentale française
Candollea, Suisse, VIII : 83-135.
- ROSETTI C. (1962). Prospection écologique. Etudes en Afrique occidentale. Observations sur la
végétation : Conclusions sur les travaux entrepris de 1959 à 1961.
UNESCO/FAO, UNST/DL/ES/ 5, 71 P. ronéo.
- TOUPET C. (1958). La vallée de la Tamourt en Naaj. Tagant. Problèmes d'aménagement.
Bull. IFAN, série B, 1-2, 20 : 68-110, 6 fig., 3 cartes H.T.
- TOUPET C. (1963). L'évolution de la nomadisation en Mauritanie sahélienne.
U.N.E.S.C.O, Recherches sur la zone aride, XIX, Nomades et nomadisme au Sahara :
67-69.
- TOUPET C. (1966). Etude du milieu physique du massif de l'Assaba (Mauritanie).
Ed. I.F.A.N. Dakar, *Initiations et études africaines, XX, 152 p., 18 phot., 1 H.T*
- TOUPET C. (1971). Les variations interannuelles des précipitations en Mauritanie centrale.
C.R. Soc. Biogéogr., 420 : 39-47.
- TROMPETTE R., MANGUIN E. (1968). Nouvelles observations sur le Quaternaire lacustre de l'
extrémité sud-est de l'Adrar de Mauritanie (Sahara occidental).
Ann. Fac. Sci. Dakar : 151-162, 4 fig., 2 tabl., 1 pl. phot.
- U.N.E.S.C.O.-F.A.O. (1963). Carte bioclimatique de la zone méditerranéenne.
Ed. UNESCO. Paris, *Coll : Recherches sur la zone aride, 21, 60 p., 5 cartes H.T.*
- U.N.E.S.C.O.-F.A.O. (1973). Classification internationale et cartographie de la végétation.
Ed. UNESCO. Paris, *coll : Ecologie et conservation, 6* : 93 p.
- ZOLOTAREVSKY B., MURAT M. (1938). Rapport scientifique sur les recherches de la mission d'étu-
des de la biologie des Acridiens en Mauritanie (A.O.F.). (Première mission :
Octobre 1936-Mars 1937).
Bull. Soc. Hist. nat. Afr. N., XXIX, (1-2) : 28-104.
- ZOLOTAREVSKY B., MURAT M. (1938). Divisions naturelles du Sahara et sa limite méridionale.
Mém. Soc. Biogéogr. Fr., 6 : 335-350.

LES ESPECES DES MILIEUX HUMIDES SAHELO-SOUDANIENS.

Sporobolus spicatus (Vahl) Kunth 3 I + 2.9

LES FORMATIONS ANTHROPIQUES.

Les formations des cultures et des stades post-cultureaux.

Association à *Gisekia pharmaceoides* et
Dactyloctenium aegyptiacum.

Mollugo cerviana (L.) Ser. 8 II + 7.8
Gisekia pharmaceoides L. 3 I + 2.9
 Mollugo nudicaulis Lam. 2 I + 2.0
 Sesamum indicum L. (culture) 1 I + 1.0

LES ELEMENTS BIOGEOGRAPHIQUES.

SAHARO-SINDIENNE.

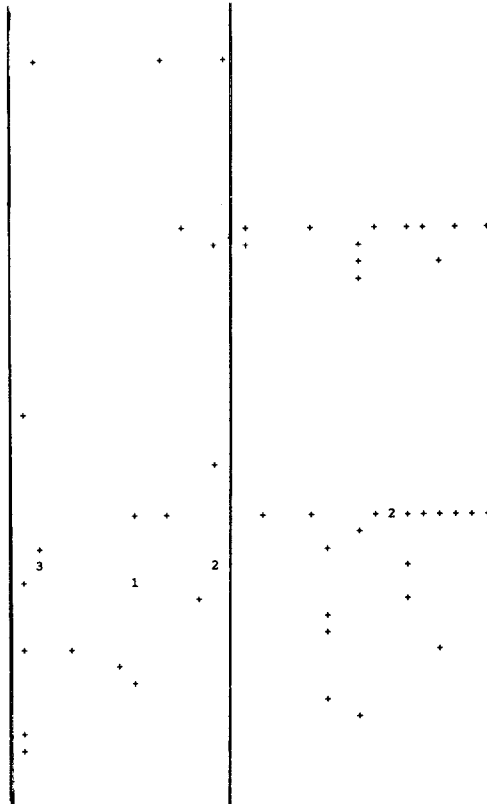
Setzenia africana R.Br. 5 I + 4.9 + + + + +
 Saharo-Sindienne méditerranéenne.
Cistanche phelypaea (L.) Coutinho 2 I + 2.0 +

PLURIREGIONALE.

Cynodon dactylon (L.) Pers. 1 I + 1.0 +

Sahara occidental (Mauritanie)

Fagonia latifolia Delile 12 II + 45.1 + + + 2 + + + + +
Boerhavia vulvariifolia Poiret 1 I + 1.0 +
Eragrostis cilianensis (All.) Lut. 2 I + 2.0 +
Ipomoea asarifolia (Desr.) Roemer & Schultes 3 I + 108.8 + 3
Seddera latifolia Hochst. & Steudel 2 I + 10.8 + 1 2
Eragrostis sp. 2 I + 2.0 +
Reseda sp. 1 I + 1.0 +
Caylusea hexagyna (Forsk.) Maire 1 I + 1.0 +
Tephrosia sp. 3 I + 2.9 + +
Sporobolus sp. 1 I + 1.0 +
Pennisetum sp. 1 I + 1.0 +
Vahlia dichotoma (Murray) O. Kuntze 1 I + 1.0 +
Tephrosia obtordata (Lam. ex Poir.) Baker 1 I + 1.0 +
Ephedra rollandii Maire 1 I + 1.0 +
Cocculus pendulus (J.R. Forster) Diels 1 I + 1.0 +



Complexe Sindo-angolan (Holarctis et Palearctica).													
Omni-Sahara.													
Acacia tortilis (Forsk.) Hayne subsp. raddiana (Savi) Brenan	25	III	1	479.3	2	1	1 3 1	+	1 3	3 2 1++ 1+ 3	1 1 1 2	+ 2 1 1	+
Acacia ehrenbergiana Hayne	26	III	+	271.6		4 +	1	+	1	+ 1 + + + 2 1 2	++ 1 1 + + +	1	2 +
Panicum turgidum Forskal	29	III	1	558.6	+++					3 + 4 4 3 1 1 3 1 + 1	+++ + 1	1 2 1	
Cymbopogon schoenanthus (L.) Sprengel	27	III	1	325.9			3 2 1 4 1			1 + + + + + 1 + + + + + + +	++ 3	1 +	
Pennisetum divisum (Forsk. ex Gmel.) Henri Transition Saharo-Sahélienne.	1	I	+	0.9									
Maerua crassifolia Forskal	40	IV	+	104.3		+	+	+	+	+ 1 1 1 + 1 + + + + + +	+ 1 + + + +	+	1 + + + + +
Balanites aegyptiaca (L.) Delile	29	III	+	192.2	+ 2 + +	+	+	+	+	+ 2 1 2 3 + + + + +	+ + + + + + + + + + +		
Euphorbia granulata Forskal	26	III	+	22.4		+	+	+	+	+ + + + + + + + + + +	+ + + + + + + + + + +		
Calotropis procera Willd.	20	II	+	62.1	1					2 1 + + + + + + + + +	+ + + + + + + + + + +		
Leptadenia pyrotechnica (Forsk.) Decne	13	II	+	106.9	2 + 1					+ + + + + + + + + + +	+ + + + + + + + + + +		
Tephrosia purpurea (L.) Pers.	8	I	+	6.9						+ + + + + + + + + + +			
Tephrosia purpurea subsp. leptostachya (DC.) Brumitt	1	I	+	0.9									
Cassia italica (Miller) Lam. ex F.W. Andrews	8	I	+	6.9									
Chrozophora brocchiana (Vis.) Schweinf.	6	I	+	5.2									
Atractylis aristata Batt.	4	I	+	3.4									
Grewia tenax (Forsk.) Fiori	5	I	+	12.1									1 +

LES STEPPES ARBOREES SAHELIENNES ET SAHELO-SOUDANIENNES.

Classe: Boerhavia-Tephrosiacea purpureae.

Complexe Sahélo-Soudanien.

Enneapogon desvauxii Beauv.	29	III	+	128.4			2 + 1 +	2 +		+ + + + + 1 + + + + + + + + +	+ + + + +	+ 2 +	
Boerhavia coccinea L. subsp. viscosa (Lag. & Rodr.) R.M. Mosc.	21	III	+	18.1	++					+ + + + + + + + + + +	+ + + + +		
Trianthema pentandra L.	13	II	+	11.2						+ + + + + + + + + + +	+ + + + +		
Rhynchosia minima (L.) DC. var. memnonia (Delile) Cooke	13	II	+	82.8						+ + + 3 1 + + + + + + +	+ + + + +		
Indigofera hochstetteri Baker	20	II	+	216.4		+	3 3 3			+ + + + + + + + + + +	+ + + + +		
Leptochloa senegalense (Kunth) W.D. Clayton	9	II	+	7.8						+ + + + + + + + + + +	+ + + + +		
Boerhavia repens L.	5	I	+	41.4	2	1				+ + + + + + + + + + +	+ + + + +		
Tephrosia uniflora Pers.	5	I	+	4.3						+ + + + + + + + + + +	+ + + + +		
Pennisetum violaceum (Lam.) L.C.M. Richard	3	I	+	2.6						+ + + + + + + + + + +	+ + + + +		
Geigeria alata (DC.) Olivier & Hieron.	3	I	+	2.6						+ + + + + + + + + + +	+ + + + +		
Eragrostis namaquensis Nees var. diplachnoides (Steudel) W.D. Clayton	2	I	+	1.7						+ + + + + + + + + + +	+ + + + +		
Brachiaria orthostachys (Mez) W.D. Clayton	1	I	+	0.9						+ + + + + + + + + + +	+ + + + +		
Indigofera disjuncta Gillett	2	I	+	65.5				3		+ + + + + + + + + + +	+ + + + +		
Tephrosia quartiniiana Cupodontis	4	I	+	3.4						+ + + + + + + + + + +	+ + + + +		
Echinochloa colona (L.) Link	2	I	+	1.7						+ + + + + + + + + + +	+ + + + +		
Corchorus depressus (L.) Stocks	7	I	+	6.0	+++					+ + + + + + + + + + +	+ + + + +		

LES STEPPES ARBOREES SAHELIENNES.

GROUPE de l'Acacia-Aristida pl.sp.

Alliance: Acacio-Aristidion mutabilae.

Complexe Saharo-Sahélien.													
Aristida mutabilis Trin. & Rupr.	49	IV	1	586.2	+++		+ 2 3 +	1 + + + + 4 + 2 + + + + +		+ + + + + 1 + 3 + + + + 2 3 +	+ + 1 1 + + 1 2 +	1 1 1 1	1 + 2 2
Boscia senegalensis (Pers.) Lam. ex Poiret	46	IV	+	263.8	+ + 1 1 +		+	+	+	1 2 + + + 1 + + + 1 + 1 +	+ + + 1 + 1 + + + + + + +	2 + 1 + +	
Cenchrus biflorus Roxb.	36	III	+	46.6	+++					+ + + + + + + + + + +	+ + + + + + + + + + +		
Tragus racemosus (L.) All.	21	III	+	18.1						+ + + + + + + + + + +	+ + + + + + + + + + +		
Eragrostis pilosa (L.) Beauv.	21	III	+	175.9		5	+			+ + + + + + + + + + +	+ + + + + + + + + + +		1 +
Aristida funiculata Trin. & Rupr.	15	II	+	127.6						+ + + 1 + + + + + + +	+ + + + + + + + + + +		
Amaranthus graecizans L.	11	II	+	9.5						+ + + + + + + + + + +	+ + + + + + + + + + +		
Cleome scaposa DC.	17	II	+	22.4						+ + + + + + + + + + +	+ + + + + + + + + + +		
Corchorus tridens L.	16	II	+	13.8	++	+++				+ + + + + + + + + + +	+ + + + + + + + + + +		
Indigofera sessiliflora DC.	13	II	+	11.2	++					+ + + + + + + + + + +	+ + + + + + + + + + +		
Schoenefeldia gracilis Kunth	18	II	+	44.8		+++	+++			+ + + + + + + + + + +	+ + + + + + + + + + +		
Ziziphus mauritiana Lam.	17	II	+	102.6						+ 2 + 2 + + 2	+ + + + + + + + + + +		
Cassia tora L.	9	II	+	7.8						+ + + + + + + + + + +	+ + + + + + + + + + +		
Enneapogon scaber Lehm.	1	I	+	0.9						+ + + + + + + + + + +	+ + + + + + + + + + +		
Dichanthium foveolatum (Del.) Roberty	4	I	+	3.4						+ + + + + + + + + + +	+ + + + + + + + + + +		
Blepharis linariifolia Pers.	2	I	+	1.7						+ + + + + + + + + + +	+ + + + + + + + + + +		
Eragrostis tremula Hochst. ex Steudel	6	I	+	5.2						+ + + + + + + + + + +	+ + + + + + + + + + +		
Enteropogon priefurii (Kunth) W.D. Clayton	1	I	+	0.9						+ + + + + + + + + + +	+ + + + + + + + + + +		
Chascanum marrubifolium Fenzl ex Walpers	3	I	+	2.6						+ + + + + + + + + + +	+ + + + + + + + + + +		
Tephrosia nubica (Boiss.) Baker	2	I	+	1.7						+ + + + + + + + + + +	+ + + + + + + + + + +		
Panicum laetum Kunth	5	I	+	12.1					1	+ + + + + + + + + + +	+ + + + + + + + + + +		

Modifications de la végétation dans la région de Tombouctou depuis dix siècles.

A.M. CATELLA*

RESUME - La sécheresse qui dure depuis plus de vingt ans dans la région de Tombouctou a perturbé profondément le milieu végétal. Les conditions hydro-climatiques actuelles ne permettent plus le développement et le maintien d'une végétation qui par le passé était plus riche et diversifiée. Cependant, la forte mouance des conditions hydro-climatiques sahéliennes ne permet aucunement de conclure sur le caractère d'irréversibilité des processus actuels de dégradation du milieu.

SUMMARY - The drought which has been going on for twenty years around Timbuktu has deeply disturbed the vegetable environment. The now prevailing hydroclimatic conditions no longer enable the vegetation, which was richer and more diversified in the past, to spread out or even to remain the same. Yet the deep and permanent changes of the hydroclimatic conditions in Sahel lead in no way to the conclusion that the now prevailing process of degradation of the environment is irreversible.

MOTS CLES : végétation, sécheresse, Sahel

INTRODUCTION

La végétation actuelle de la région saharo-sahélienne et saharienne de Tombouctou apparaît pauvre et peu diversifiée. Les missions de terrain effectuées en 1983, 1984, 1986 et 1987 ont permis d'observer une végétation fortement affectée par la sécheresse : la végétation herbacée était rare ou en mauvais état, de nombreux arbres morts sur pied. Ces constatations ont donc conduit à orienter cette étude du milieu vers une analyse des documents susceptibles de donner des informations sur la mise en place de la végétation et de ses modifications. Les observations sur la végétation actuelle ne permettent qu'une description ponctuelle de l'état du milieu : en effet, après plusieurs années de sécheresse prononcée, il est alors difficile d'en évaluer les potentialités.

I - ANALYSE DES DOCUMENTS ANCIENS

Les documents anciens sur la région de Tombouctou sont nombreux : carrefour des grandes voies caravanières, elle fut de tout temps une ville de contact et d'échanges entre les produits du Maghreb et du Bilâd-as-Sûdân, "Pays des Noirs". La traversée du désert était alors plus facile, les points d'eau et de fourrage plus nombreux permettaient alors aux hommes et à leur monture d'effectuer la transsaharienne. Mais dans les chroniques anciennes les auteurs s'attardent peu à la description du milieu végétal ; lorsqu'ils l'évoquent ce n'est qu'un support à leurs récits et la description est succincte et peu précise. L'analyse des documents anciens apporte cependant des informations aussi bien sur les facteurs principaux responsables de la différenciation de la végétation que sur la végétation elle-même. Ainsi, quel que soit le type de document analysé et l'époque considérée, la variabilité hydro-climatique de la région est un élément majeur dans l'installation et le développement de la végétation. Périodes

* Laboratoire de Botanique et Ecologie méditerranéenne. Université de droit, d'économie et des sciences d'Aix-Marseille. Faculté des sciences et techniques de St Jérôme. Rue Henri-Poincaré. 13397 Marseille Cedex 4.

de pluviométrie excédentaires et déficitaires, phases d'extension et de régression de la zone d'inondation du Niger se succèdent depuis le XI^{ème} siècle (sources les plus anciennes) entraînant des modifications de la végétation, des fluctuations des populations humaines et de leurs principales activités, avec une pression plus ou moins forte de l'homme sur le milieu : la mouvance est le caractère essentiel de la marge sahélienne (A-M. CATELLA, 1988). Il apparaît aussi que les principales orientations économiques liées aux diverses périodes d'occupation historique sont aussi essentielles à la compréhension du milieu. La végétation a ainsi subi des modifications en liaison avec les dominations successives ; cependant, l'influence de l'homme sur le milieu ne demeure dans cette région que très ponctuelle et localisée aussi bien dans le temps que dans l'espace.

Lors de la création de la ville, vers le XI^{ème} siècle (TS ⁽¹⁾) le milieu est suffisamment riche et diversifié pour être choisi par les nomades et leurs troupeaux. La forêt entoure la ville et borde la zone d'inondation du Niger : palmiers Doums et dattiers mais aussi des acacias s'y rencontrent. Une partie de la forêt d'acacias est coupée lors de la construction du quartier de Bissaoutjiré, " à côté des biscaous " (*Acacia tortilis*), par les songhai en 1569 (Lieutenant Péfontan, 1922). De même, la forêt composée essentiellement de palmiers dattiers, qui entoure la ville est détruite par les marocains en 1591 pour construire des flottilles (TS, TF). S'il y a eu des destructions du milieu végétal, elles ne sont que ponctuelles, et l'ensemble des écrits anciens consultés s'accordent pour mentionner l'existence de la forêt jusqu'à l'orée du XIX^{ème} siècle (TS, TF, TN).

Le XIX^{ème} siècle, siècle des grandes explorations dans cette région, permet d'appréhender avec plus de précision la composition et la physionomie du milieu végétal, mais aussi la limite septentrionale des formations arborées dans l'Azaouad. Cependant, les récits sont sujets à caution. En 1828 (R. CAILLIE), l'état de la végétation arborée apparaît plus dégradé qu'actuellement ; sur le parcours de Tombouctou à Araouane, la limite septentrionale d'*Acacia tortilis* et de *Salvadora persica* est à environ une cinquantaine de kilomètres en deçà des limites actuelles. Par contre, les premiers *Salvadora* apparaissent à une trentaine de kilomètres plus au sud qu'en 1983 et 1984. Les habitants actuels de la région évoquent une longue période de sécheresse avant l'arrivée de R. CAILLIE, assez forte pour qu'elle fasse partie de la mémoire orale. Cependant si la pauvreté de la végétation herbacée est peut-être seulement due à la saison de son passage (fin de la saison sèche), la rareté des arbres semble liée à des observations très partielles de R. CAILLIE. En effet, à peine cinquante ans plus tard, O. LENZ mentionne l'existence de la forêt de l'Azaouad que R. CAILLIE a totalement ignorée : elle est très étendue et parvient jusqu'à une quarantaine de kilomètres d'Araouane. Le seul point commun entre les descriptions de R. CAILLIE et de O. LENZ est la zone désertique qui précède Araouane. Les tamaris sont alors présents dans le milieu ; ils ont actuellement disparu suite à la baisse de la nappe phréatique ; par contre, *Acacia tortilis*, *Balanites aegyptiaca*, *Stipagrostis pungens* et *Cenchrus biflorus* ont toujours caractérisé le milieu, les deux dernières espèces étant respectivement présentes en zone saharienne pour la première et sahélienne pour la seconde.

La forêt de l'Azaouad est mentionnée aussi dans les documents de la période coloniale. La limite septentrionale et la densité de cette formation varient selon les descriptions, variations en partie dues à la subjectivité des écrits et pas seulement à une oscillation véritable. Si l'on considère la limite la plus septentrionale au début du siècle, la forêt s'arrête alors non loin d'Araouane ; la plus méridionale par contre est à peine à une vingtaine de kilomètres de Tombouctou. Il semble y avoir dans ces rapports une confusion entre la notion de forêt et la présence d'arbres (MIc 1894 ; Commt LARTIGUE, 1897 ; MI.1900 ; MI.1901 ; MI.1903-1,2 ; Lieut. CORTIER, 1906). Vraisemblablement, les derniers arbres remontent jusqu'à Taganet Keyna, limite encore actuelle des formations arborées (MI.1957).

Au début du siècle, le botaniste A. CHEVALIER (1900) parcourt la région de Tombouctou. Il cite les essences ligneuses présentes aux abords de la ville et leur fréquence. Il en est de même de O. HAGERUP en 1930 ; certaines espèces citées auparavant par A. CHEVALIER sont cependant absentes de l'inventaire de O. HAGERUP comme *Boscia senegalensis*, *Capparis tomentosa*, *Commiphora africana* ou *Maerua crassifolia*. Cela est peut-être dû au fait que ce dernier n'ait prospecté que dans un rayon de trois kilomètres autour de la ville. Par contre les espèces introduites comme *Phoenix dactylifera* et *Sclerocarya birrea* ont disparu entre 1899 et 1927. L'inventaire des espèces ligneuses présentes avant 1940, (A. CHEVALIER, 1900 ; O. HAGERUP, 1930 ; Mgr HACQUART, 1900) comparé avec l'actuel montre la disparition d'un nombre important d'espèces (Tab.1). Ces espèces végétales ont été classées (Tab.2) suivant leurs aires préférentielles de répartition : saharienne, sahélienne, soudanienne et même guinéenne pour une espèce, d'après les données de C. GEERLING (1982).

Le caractère de régression ou de stabilité a été attribué en fonction de leur fréquence, passé et actuelle. *Phoenix dactylifera*, espèce introduite est citée ici, car elle est mentionnée aussi bien dans les documents anciens que par les habitants de Tombouctou. D'après ce tableau, on constate que ce sont surtout les espèces qui occupent à la fois la zone sahélienne, la zone de transition sahélo-soudanienne et la zone soudanienne qui ont disparu ; les espèces purement sahéliennes, soit ont régressé, soit se sont maintenues. Cette évolution du couvert arboré, identique pour les abords du lac Faguibine qui se situe à la même latitude, illustre un glissement des zones bioclimatiques vers le sud.

(1) TS : Ta'rikh es Sūdān, TF : Ta'rikh el Fettash, TN : Tadhkirat al-Nisyan sont des ouvrages écrits en langue arabe qui décrivent la région de Tombouctou.

Espèces arborées	Avant 1940	Actuel
<i>Acacia nilotica ssp. tomentosa</i>	+	
<i>Acacia senegal</i>	+	
<i>Acacia tortilis ssp. raddiana</i>	+	+
<i>Balanites aegyptiaca</i>	+	+
<i>Bauhinia rufescens</i>	+	
<i>Boscia senegalensis</i>	+	+
<i>Cadaba farinosa</i>	+	
<i>Calotropis procera</i>	+	+
<i>Capparis tomentosa</i>	+	
<i>Combretum aculeatum</i>	+	
<i>Commiphora africana</i>	+	
<i>Diospyros mespiliformis</i>	+	
<i>Faidherbia albida</i>	+	+
<i>Hyphaene thebaica</i>	+	+
<i>Leptadenia pyrotechnica</i>	+	+
<i>Maerua crassifolia</i>	+	+
<i>Maytenus senegalensis</i>	+	
<i>Phoenix dactylifera</i>	+	
<i>Salvadora persica</i>	+	+
<i>Sclerocarya birrea</i>	+	
<i>Ziziphus mauritania</i>	+	+

Les espèces en caractères gras sont constantes dans le milieu

Tab.1. Evolution de la végétation ligneuse à Tombouctou et ses environs immédiats

		Sah	Ssah	Sahel	Ssoud	Soud	Sguin	Guin
<i>Phoenix dactylifera</i>	Disparition							
<i>Maerua crassifolia</i>	Régression	+	+	+				
<i>Acacia tortilis ssp raddiana</i>	Stabilité	+	+	+	+			
<i>Leptadenia pyrotechnica</i>	Stabilité			+				
<i>Calotropis procera</i>	Régression			+				
<i>Salvadora persica</i>	Régression			+				
<i>Balanites aegyptiaca</i>	Stabilité			+	+			
<i>Commiphora africana</i>	Disparition			+	+			
<i>Combretum aculeatum</i>	Disparition			+	+			
<i>Bauhinia rufescens</i>	Disparition			+	+			
<i>Acacia senegal</i>	Régression			+	+			
<i>Hyphaene thebaica</i>	Régression			+	+			
<i>Acacia nilotica ssp. tomentosa</i>	Disparition			+	+	+		
<i>Cadaba farinosa</i>	Disparition			+	+	+		
<i>Capparis tomentosa</i>	Disparition			+	+	+		
<i>Diospyros mespiliformis</i>	Disparition			+	+	+		
<i>Sclerocarya birrea</i>	Disparition			+	+	+		
<i>Ziziphus mauritania</i>	Régression				+	+		
<i>Boscia senegalensis</i>	Disparition				+	+		
<i>Faidherbia albida</i>	Régression				+	+		
<i>Maytenus senegalensis</i>	Disparition					+	+	+

Tab.2. Evolution de la végétation ligneuse en fonction de son aire de répartition

En fin de période coloniale, les descriptions de la végétation arborée sont peu fréquentes et il est difficile d'en apprécier les modifications durant cette période. Seule la régression d'*Hyphaene thebaica* est citée : une des causes principales serait d'origine anthropique (coupe abusive du bois pour assurer les besoins de la navigation).

En effet, au début de la période coloniale, un des objectifs majeurs était l'installation des voies de communication ; le réseau fluvial s'est développé grâce à la navigation à vapeur et a été la cause de la consommation d'une quantité croissante de bois pour alimenter les machines. Le Doum, abondant à cette époque sur les rives du Niger a été coupé massivement.

Dès 1899, A. CHEVALIER (1900) constate après quelques années d'occupation, la régression dans certains secteurs et notamment à Tombouctou de cette essence. La coupe de ces arbres, décrite dans un secteur localisé s'étendait en réalité aux berges du Niger pour alimenter les "vapeurs" qui assurent le transport des hommes et des marchandises de Koulikouro à

Gao. Ainsi, G. de GIRONCOURT (1912), ingénieur agronome, remarque l'impact considérable de ces coupes sur les rives du fleuve. Durant la même période, GIFFART (1950) remarque que les coupes locales et de l'administration sont négligeables et incriminent les Messageries Africaines de l'action la plus néfaste avec l'abattage et l'ébranchage des arbres : consommation de plus de 30 000 stères par an entre le lac Débo et Gao qui est passée à 8 000 stères avec l'utilisation du moteur diesel en fin de période coloniale : " Les peuplements situés au delà de Tombouctou étant totalement épuisés, il est interdit aux Messageries Africaines d'y prélever du bois. "

Actuellement, les *Hyphaene thebaica* sont rares : la reconstitution de cette essence est d'autant plus difficile que les conditions hydrologiques et climatiques de ces dernières années ne favorisent pas son développement. Cet exemple a été cité car actuellement, les populations locales et surtout les chevriers sont considérés comme les principaux responsables de la désertification ; on ne peut négliger en effet, les interférences de la conquête française sur la dynamique d'un milieu où les agressions anthropiques étaient relativement constantes depuis des siècles.

Par contre, les documents relatifs à la végétation herbacée sont nombreux : les rapports militaires (tournées de protection des azalaïs) se réfèrent aux zones de pâture de leurs troupes et donc à la qualité et à l'abondance de ces pâturages. Les inventaires sont souvent peu précis, et les noms vernaculaires pas toujours identifiables ; il est néanmoins possible de dresser un inventaire des espèces végétales de l'époque et de préciser leur localisation. Seuls les endroits les plus repérables ont été conservés, et uniquement sur le parcours Tombouctou-Araouane. On peut constater une variation spatio-temporelle élevée, même si les espèces dominantes sont identiques aux actuelles et permettent de mettre en évidence une zonation analogue : une zone sahélienne dominée par *Cenchrus biflorus* et *Panicum turgidum* jusqu'à Dayet-en-Naharât, une zone de transition avec *Cyperus conglomeratus*, *Indigofera argentea*, *Stipagrostis acutiflora*, enfin une zone saharienne dominée par *Stipagrostis vulnerans*, *Stipagrostis acutiflora* et *Cornulaca monacantha* qui débute aux environs d'Araouane (A-M. CATELLA, 1988).

Parallèlement à ces variations spatio-temporelles, on remarque que certaines années offrent des pâturages insuffisants sur l'ensemble de la région : 1908 (MI. 1909-1), 1921 (MI. 1922), 1926 (MI. 1926, MI. 1927-1,2,3) ou satisfaisants : 1920 (MI. 1921), 1930 (MI. 1930), 1933 (MI. 1934), 1957 (MI. 1957, MI. 1958). En dehors de ces années caractérisées par une certaine homogénéité dans la distribution spatiale des pâturages, abondants ou rares, la végétation est donc caractérisée par une forte variabilité dans sa localisation, sa diversité et son abondance. En conséquence l'éleveur se déplace avec ses troupeaux, essayant d'exploiter au mieux les ressources du milieu et ne fréquentent donc pas toujours, d'une année à l'autre, les mêmes endroits.

Les inventaires de la végétation herbacée des débuts du siècle sont beaucoup plus riches et diversifiés qu'actuellement ; ceci s'explique par l'impact prononcé de la sécheresse actuelle. Il est bien évident que la végétation liée à la zone d'inondation du Niger et au remplissage des mares a disparu avec la régression des crues. Cependant, les modifications actuelles de la végétation ne semblent pas irréversibles : elles apparaissent périodiquement dans le milieu en se calquant sur les oscillations hydroclimatiques de la région. Le lac Faguibine et ses pourtours est un bon exemple de ces fluctuations. Il est caractérisé par des cycles de crue, qui conduisent soit au remplissage, soit à l'assèchement du lac.

En périodes de crues déficitaires, la végétation arborée, dynamisée par l'humidité des zones exondées envahit la cuvette lacustre du Faguibine, de Gouber et Kamango. Lors des années de crues excédentaires, les arbres sont submergés et disparaissent à nouveau ; seule la bordure du lac reste alors plus dense en arbres. Ainsi extension et réduction de la couverture arborée se calquent sur les variations interannuelles du niveau lacustre.

Aux variations pluriannuelles, il faut ajouter les variations saisonnières liées au retrait progressif de la crue. La ceinture sableuse est couverte d'une végétation dense composée essentiellement de *Cenchrus biflorus*. La zone plus basse où l'humidité est plus élevée est envahie par des cyperacées. Lors des années exceptionnelles de remplissage complet du lac comme en 1956, les conséquences sont catastrophiques pour le cheptel qui ne peut plus s'y nourrir.

L'abondance du bourgou (*Echinochloa stagnina*) a varié pendant certaines périodes : A. CHEVALIER constate que le bourgou est rare au Faguibine mais abondant dans le lac Télé et les Daounas en 1899 ; R. CHUDEAU (1909), quelques années plus tard, fait la même remarque ; en 1941, P. VIGUIER mentionne son absence de même que G. DUPEYRON en 1957. Actuellement, il est absent.

II- IMAGERIE SATELLITAIRE ET PHOTOGRAPHIES AERIENNES

L'étude des images de la région du lac Faguibine à plusieurs dates (décembre 1972, janvier 1974, mars 1982) en saison sèche, permet de visualiser la régression de la végétation arborée. Cette régression est surtout marquée au nord de Ras-

el-Mâ où la végétation se contracte dans les creux interdunaires suite à l'abaissement de la nappe phréatique et à l'assèchement du lac Faguibine.

Les modifications de certains secteurs ont été analysées sur les photographies aériennes de 1956 et 1975 : on constate le maintien, la croissance et le développement de secteurs restreints, les plus arborés (>50%) en 1956, mais aussi la rarefaction et la disparition de la végétation sur les rivages inondés entre 1956 et 1975 de même que dans les zones à faible couverture végétale (<10%). Pour exemple les phénomènes majeurs observés dans le secteur de Ras-el-Mâ sont cités ci-dessous ainsi que les causes supposées (Fig.1):

- contraction de la végétation dans les creux interdunaires : cause climatique
- disparition de la végétation autour du village avec remise à vif des crêts dunaires : causes climatique et anthropique
- développement de la végétation dans l'ancienne zone de culture du lac : causes anthropique et hydrologique
- maintien des zones les plus denses avec vieillissement de la forêt : cause hydrologique

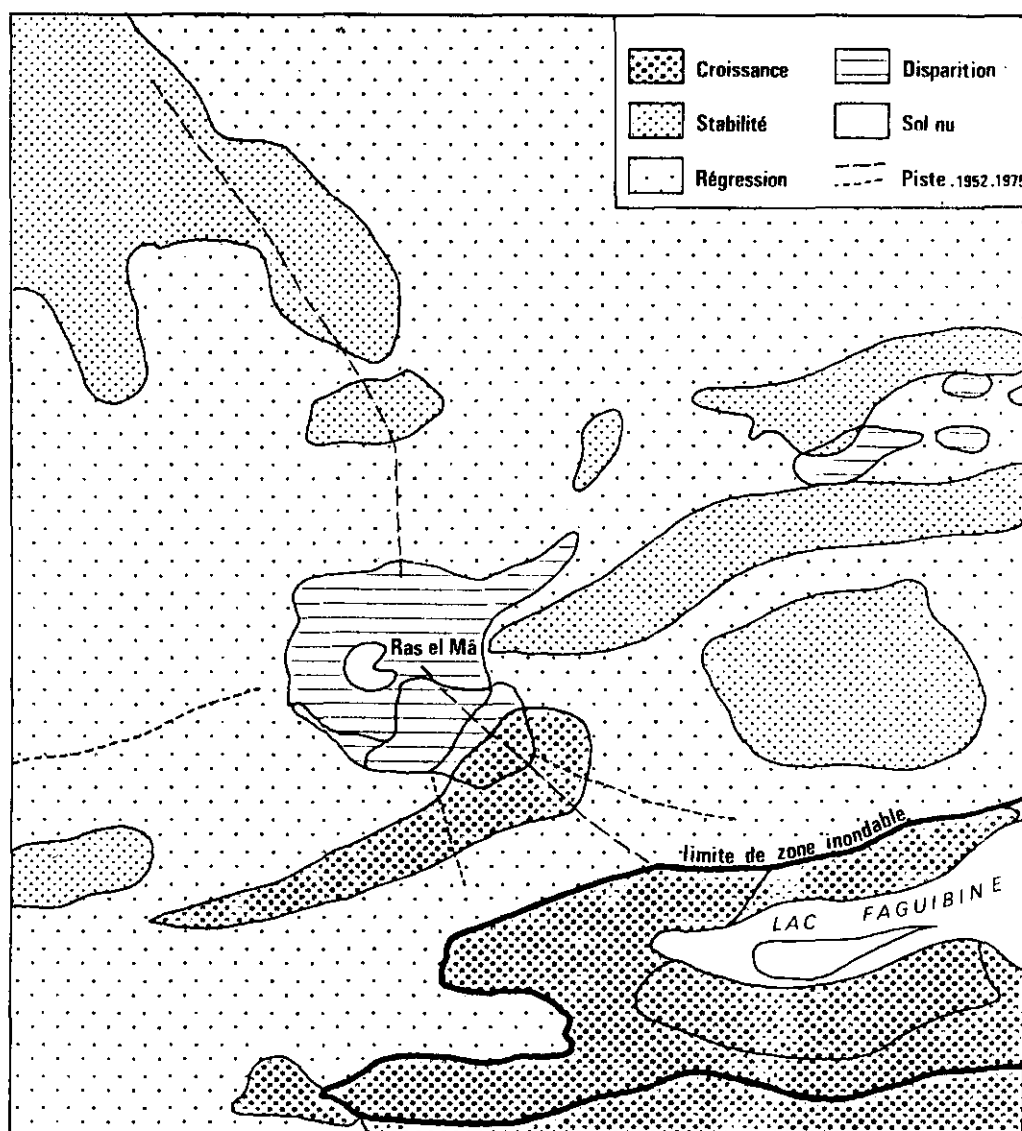


Fig.1. Modifications du couvert arboré dans le secteur de Ras-el-Mâ :
 Comparaison des états de végétation de 1956 et 1975
 (d'après les photographies aériennes I.G.N.)

De même, la comparaison de la végétation des pourtours de la ville de Tombouctou (1952, 1975) montre la disparition de la végétation sur une ceinture plus large, conséquence de l'extension de la ville mais aussi dans un secteur plus lointain en liaison avec l'assèchement depuis plusieurs années de la zone d'inondation, à l'ouest et à l'est de la ville, et avec l'abaissement de la nappe phréatique. On peut remarquer cependant un fort dynamisme de la végétation qui a recolonisé les champs qui ne sont plus cultivés, aux abords de l'ancienne zone d'inondation. Actuellement dans les pourtours immédiats de la ville, la végétation est rare et clairsemée.

III- ANALYSE DE LA VEGETATION ACTUELLE

Le but de cette analyse est de classer les relevés de végétation en un certain nombre d'ensembles en fonction de leur cortège floristique, et de rechercher ainsi les gradients écologiques majeurs responsables de leur différenciation.

L'analyse factorielle des correspondances a été définie par J-P. BENZECRI (1964) puis par B. CORDIER (1965). Elle est utilisée par de nombreux auteurs pour étudier la végétation de manière objective et rationnelle car elle n'introduit pas une sélection a priori des divers relevés effectués. Les logiciels d'A.F.C. permettent d'obtenir des projections des nuages des points-relevés et points-espèces traités, projections visualisant les proximités existant entre les taxons pris en compte ; les points-relevés sont d'autant plus proches qu'ils présentent un nombre élevé d'espèces en commun. Ainsi peut-on discriminer des ensembles homogènes par leur cortège floristique.

L'interprétation de ces ensembles doit être nuancée par la prise en compte de la fréquence effective des espèces et pas uniquement de leurs coordonnées sur les axes.

L'utilisation d'une classification ascendante hiérarchique, prenant en compte les coordonnées des points-relevés ou des points-espèces, conduit à une meilleure définition des limites des ensembles homogènes.

1-Détermination de la signification écologique des axes

Cette analyse concerne 250 relevés de végétation et 120 espèces, d'où une diversité faible si l'on considère l'extension de la zone. 30 relevés ont été effectués par J-P. BARRY (Fig.2).

La valeur propre d'un axe (inertie du nuage le long de l'axe) est d'autant plus élevée que le nuage est mieux structuré suivant cet axe. Les trois premiers axes factoriels ont été retenus ; ils ont respectivement les valeurs de : 0,62 ; 0,57 ; 0,51.

Le taux d'inertie (rapport de l'inertie du nuage le long de l'axe sur l'inertie totale du nuage) est respectivement de 5,74 ; 5,08 ; 4,08.

A. Axe 1

Les relevés de fortes contributions relatives, responsables de l'étirement de l'axe du côté négatif sont des relevés effectués en zone saharienne, sur la partie nord du transect Tombouctou-Araouane (nord du 18°10N). Du côté positif de l'axe, les relevés de fortes contributions relatives sont ceux effectués aux abords du lac Faguibine ou dans la cuvette lacustre, en zone sahélienne.

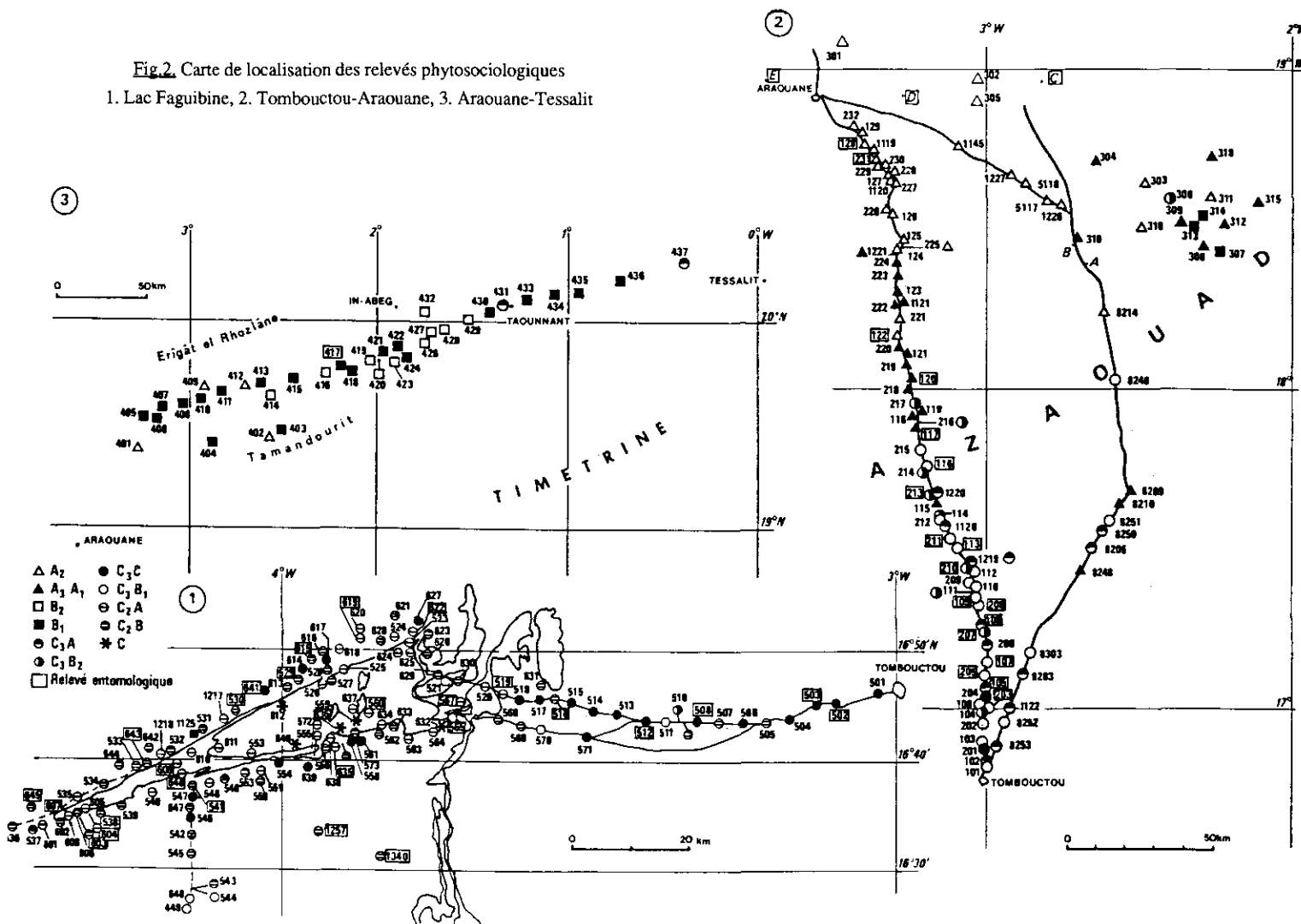
Les espèces ayant des contributions relatives élevées expliquent l'étirement de l'axe 1 du côté négatif ⁽¹⁾:

	COR	Présence
<i>Stipagrostis vulnerans</i>	302	44
<i>Stipagrostis acutiflora</i>	286	40
<i>Fagonia olivieri</i>	267	33
<i>Acacia ehrenbergiana</i>	215	32
<i>Panicum turgidum</i>	214	130
<i>Cyperus conglomeratus</i>	160	94
<i>Asthenatherum forskalii</i>	148	31
<i>Pergularia tomentosa</i>	116	(9)
<i>Indigofera argentea</i>	102	24

Ces espèces sont localisées principalement en zone saharienne, certaines à large amplitude écologique se trouvent aussi dans le nord du Sahel.

(1) Les valeurs mentionnées entre parenthèses correspondent à une présence absolue inférieure à 5 %.

Fig.2. Carte de localisation des relevés phytosociologiques
 1. Lac Faguibine, 2. Tombouctou-Araouane, 3. Araouane-Tessalit



Du côté positif :

	COR	Présence
<i>Acacia tortilis</i> spp <i>raddiana</i>	215	141
<i>Cenchrus biflorus</i>	182	92
<i>Balanites aegyptiaca</i>	160	115
<i>Calotropis procera</i>	148	48
<i>Euphorbia scordifolia</i>	120	46
<i>Corchorus tridens</i>	114	27
<i>Colocynthis vulgaris</i>	102	55

Ce groupe d'espèces réunit des taxons de la zone sahéenne comme le caractéristique *Cenchrus biflorus* ou *Euphorbia scordifolia*, ainsi que des taxons à large amplitude écologique fréquents dans la zone nord sahéenne.

Ainsi, d'après ces deux groupes d'espèces et de relevés, l'axe 1 apparaît avoir une signification bioclimatique opposant ensemble saharien et sahéen, se traduisant par une localisation des relevés et espèces sahariens du côté négatif de l'axe, des relevés et espèces sahéens du côté positif de l'axe ; l'espace entre les deux étant occupé par un ensemble de transition où sont associés les relevés riches à la fois en espèces sahariennes et sahéennes.

B. Axe 2

Les fortes contributions relatives des relevés situés sur les dunes fixées de la zone saharienne expliquent l'étiement du côté négatif de l'axe 2 ; du côté positif, se situent les relevés de la même zone, effectués dans des zones d'infé-flux importants ou de collecte des eaux de ruissellement. Cet axe met en évidence le rôle majeur des " phénomènes hydrologiques de surface " sur les variations du couvert végétal (J-P. BARRY et al. ,1980).

Quant aux espèces, on distingue du côté négatif, par leur forte contribution relative :

	COR	Présence
<i>Cyperus conglomeratus</i>	339	94
<i>Stipagrostis vulnerans</i>	322	44
<i>Aerva javanica</i>	286	44
<i>Asthenatherum forskalii</i>	248	31
<i>Stipagrostis plumosa</i>	171	(10)
<i>ssp lanuginosa</i>		
<i>Stipagrostis sahelica</i>	156	(11)
<i>Stipagrostis acutiflora</i>	121	40

Du côté positif :

	COR	Présence
<i>Fagonia olivieri</i>	332	33
<i>Acacia ehrenbergiana</i>	306	32
<i>Cymbopogon schoenanthus</i>	253	(11)
<i>Aristida mutabilis</i>	240	27
<i>Cassia italica</i>	208	(6)
<i>Pennisetum divisum</i>	140	(6)
<i>Pergularia tomentosa</i>	134	(9)

Ces deux groupes d'espèces différenciés par l'axe 2 étaient en fait regroupés sur l'axe 1 ; l'axe 2 permet ainsi une meilleure compréhension des relevés de l'ensemble saharien et de sa diversité : le caractère édaphique de cet axe est confirmé par l'opposition qui existent entre les espèces liées aux milieux sableux (valeurs fortes du côté négatif de l'axe) et celles des milieux à écoulement temporaire (valeurs fortes du côté positif de l'axe), caractérisés par un épandage argilo-sableux.

Ainsi, l'axe 2 a une signification édaphique : il oppose les milieux sableux aux regs où la végétation ne peut se développer qu'à la faveur des sols sableux à argilo-sableux des dépressions, rigoles d'écoulement, oueds.

C. Axe 3

Seuls quelques relevés ont de fortes contributions relatives : ils se situent dans la cuvette lacustre du Faguibine qui, malgré son assèchement temporaire, présente une humidité plus élevée que les sables dunaires environnants, grâce à des sols argilo-limoneux et riches en diatomées. Ils sont responsables de l'étiement de l'axe du côté négatif. Les relevés qui s'y opposent sont les relevés effectués par J-P. BARRY dans les sables ocres aux abords de Goundam, relevés qui sont les plus méridionaux de l'ensemble étudié.

Les espèces responsables de l'éirement de l'axe 3 du côté négatif ont une faible présence absolue ; par contre elles ont une présence relative élevée dans les relevés de la cuvette lacustre ce qui permet de les retenir pour interpréter la signification de cet axe :

	COR	Présence
<i>Heliotropium indicum</i>	587	(2)
<i>Sesuvium sesuvioides</i>	587	(2)
<i>Cyperus imbricans</i>	587	(2)
<i>Ipomoea asarifolia</i>	365	(3)
<i>Glinus lotoides</i>	345	(1)
<i>Sesbania sericea</i>	324	(7)
<i>Echinochloa colona</i>	280	(2)
<i>Coldenia procumbens</i>	239	(1)
<i>Cynodon dactylon</i>	194	(9)
<i>Althernanthera nodifolia</i>	191	(2)
<i>Zaleya pentandra</i>	163	15

Ces espèces sont caractérisées par la forte prédominance d'annuelles ; elles se développent sur des stations humides, à sol temporairement inondable pour certaines d'entre elles. Par contre, *Sesuvium sesuvioides* pousse sur sol aride ; son cycle très court en fait un bon indicateur des pluies (B. PEYRES DE FABREGUES et J-P. LEBRUN, 1976).

L'éirement de l'axe 3, moindre du côté positif, s'explique par des contributions relatives faibles qui s'accompagnent dans l'ensemble d'une présence absolue également faible, mais relative élevée dans les stations les plus méridionales :

	COR	Présence
<i>Commiphora africana</i>	90	(2)
<i>Panicum laetum</i>	90	(2)
<i>Cenchrus biflorus</i>	86	92
<i>Aristida adscensionis</i>	68	62
<i>Boscia senegalensis</i>	67	(9)
<i>Schoenefeldia gracilis</i>	65	(9)
<i>Grewia tenax</i>	51	(3)

Ce groupe est marqué par la présence de *Commiphora africana* et *Panicum laetum* uniquement présents dans les deux relevés les plus méridionaux, effectués sur les sables ocres. Les autres espèces forment un groupe hétérogène où n'apparaît aucun caractère écologique majeur commun.

L'axe 3 semble donc lié au gradient d'humidité, opposant les milieux hydromorphes argilo-sableux (côté négatif), aux milieux sableux secs (côté positif). Cet axe, comme l'axe 2, a donc une valeur essentiellement édaphique mais discriminante uniquement sur les milieux sahéliens.

2. Détermination des ensembles homogènes

A. Cartes factorielles 1-2 et 1-3 (Fig.3,4)

a) Relevés

La signification bioclimatique de l'axe 1 induit la différenciation de deux grands ensembles de relevés, sahariens et sahéliens. Elle permet aussi de distinguer des subdivisions internes et d'identifier dans le groupe saharien le sous-groupe A3 qui se rapproche de l'ensemble sahélien tandis que les autres relevés restent regroupés ; dans le groupe sahélien, C3 présente lui aussi un caractère de transition, C2 constitue le noyau sahélien, C1 les relevés de la cuvette lacustre. Dans C3, C3A2 apparaît proche du milieu saharien, C3C proche du milieu sahélien, C3A1 et C3B sont intermédiaires.

L'axe 2 permet essentiellement d'affiner la perception de l'ensemble saharien avec deux groupes nettement différenciés qui s'opposent par leur caractère édaphique :

- milieux sableux : A qui se subdivise en milieux sableux stricts (A2, A3) et mixtes (A1)
- milieux argilo-sableux : B avec un groupe lié aux oueds et placages sur reg (B1), un groupe lié aux dépressions et rigoles d'écoulement (B2).

Dans l'ensemble sahélien, on distingue dans le groupe de transition C3, C3A proche du groupe B, par son caractère édaphique, C3B et C3C proches des milieux sableux (A3).

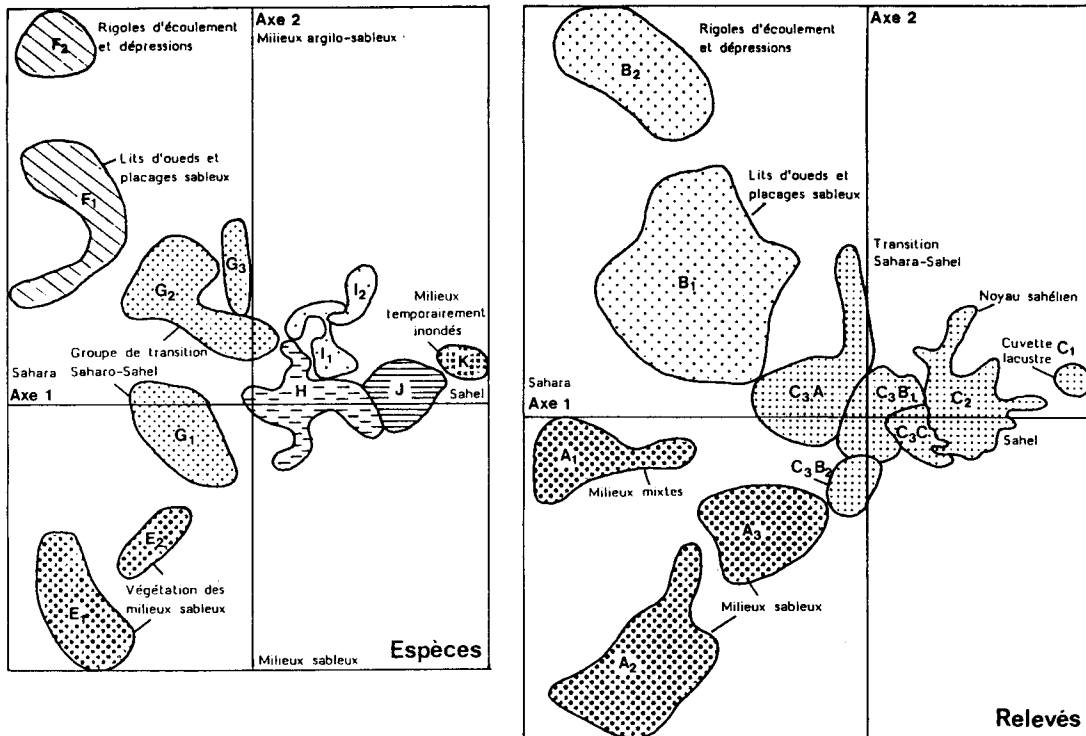


Fig.3. Carte factorielle des axes1-2 : relevés, espèces

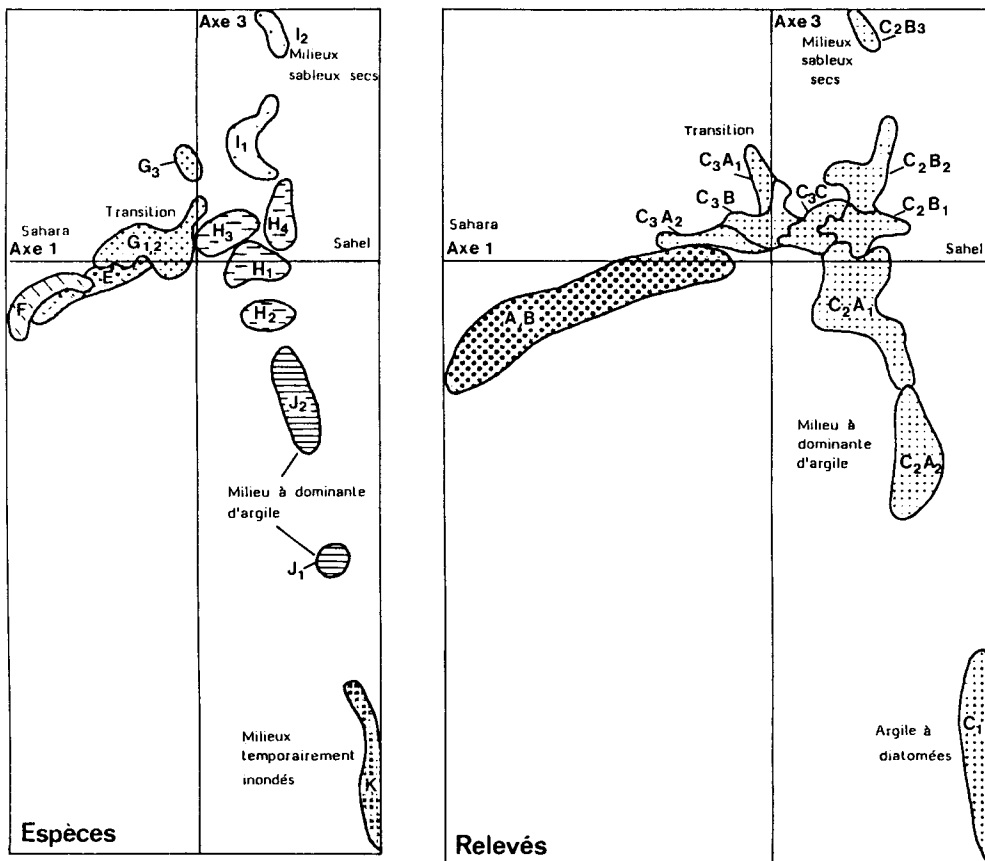


Fig.4. Carte factorielle des axes1-3 : relevés, espèces

b) Espèces

La signification de l'axe 1 oppose les espèces ⁽¹⁾ affines de la zone saharienne, à celles affines de la zone sahélienne.

A l'intérieur de ces ensembles apparaissent des subdivisions, importantes surtout dans l'ensemble sahélien où se différencient :

- un groupe de transition G, caractérisé par des espèces de plasticité écologique suffisante pour survivre dans les deux zones bioclimatiques distinguées auparavant

- un groupe sahélien (H, I, J)

- un groupe d'espèces liés à la cuvette lacustre par son humidité (K).

On peut remarquer que l'ensemble saharien (E, F) est caractérisé par la prédominance d'hémicryptophytes (39%) et de chaméphytes (33%) alors que les thérophytes ne représentent que 22% et les phanérophytes 5% ; par contre le milieu de transition (G), se distingue par un nombre important de thérophytes (65%) et un nombre croissant de phanérophytes (13%) ; le milieu sahélien proprement dit (H, I, J, K) est composé de 56% de thérophytes et de 25% de phanérophytes.

Dans l'ensemble saharien, le groupe E2 apparaît proche de l'ensemble de transition G3, par la présence d'espèces à large amplitude écologique.

L'axe 2 oppose les espèces des milieux sableux sahariens E aux regs F où la végétation se concentre dans les lits d'oueds et sur les placages sableux (F1), ou encore dans les rigoles d'écoulement et les dépressions (F2).

Le groupe G apparaît en partie lié au sable (G1), mais aussi à un substrat plus indifférencié (G2 et G3).

B. Carte factorielle 2-3 (Fig.5)

a) Relevés

La signification complémentaire des axes 2 et 3 est mise en évidence par un effet Gutmann prononcé.

Si l'axe 2 permet d'individualiser des groupes essentiellement dans l'ensemble saharien, l'axe 3, par contre, subdivise le noyau sahélien C2 en fonction du gradient d'humidité qui le rapproche du groupe C1 responsable de l'étirement de cet axe du côté négatif, par son caractère d'humidité lié à la présence d'argiles et de diatomites dans la cuvette lacustre: milieu le plus sec sur sable dunaire ocre (C2B3), puis avec une humidité et une teneur en argile croissante, C2B2, C2A1 (argilo-sableux), C2A2 (argile).

b) Espèces

La carte factorielle des axes 2-3 permet la discrimination dans le milieu sahélien d'un gradient d'humidité lié à la teneur en argile ; ainsi, avec une humidité croissante on distingue :

- milieux sableux I2, I1 et G3, H1, H4, H3,

- milieux à dominante argileuse H2, J2, J1, K (temporairement inondé)

C. Conclusion

L'analyse factorielle des correspondances met en évidence l'interpénétration des facteurs bioclimatiques et édaphiques dans la distribution des espèces végétales de cette zone. Le facteur écologique majeur semble être climatique avec une distribution zonale de la végétation ; cependant le facteur édaphique devient primordial à l'intérieur de ces zones.

Sur le transect Tombouctou-Araouane caractérisé par son unité géomorphologique et édaphique (sables dunaires fixés, faibles variations topographiques), le gradient latitudinal explique à lui seul les variations de la végétation.

Par contre, dans le milieu saharien, notamment d'Araouane aux abords de Tessalit, les facteurs édaphiques et topographiques sont les facteurs majeurs de différenciation de la végétation : le cortège floristique est plus riche et diversifié dans les dépressions, les oueds et les rigoles d'écoulement.

Dans la partie sahélienne de l'étude, caractérisée globalement par les abords du Faguibine et la partie méridionale du transect Tombouctou- Araouane , le facteur de différenciation majeur demeure encore le fait édaphique : les secteurs argilo-sableux ont une humidité supérieure aux sables dunaires et permettent la mise en place d'une végétation, normalement plus fréquente à une latitude plus méridionale. Ainsi, à la même latitude, Tombouctou et ses environs présentent un caractère sahélien appauvri jusqu'aux abords des reliefs gréseux de Farach tandis que la région du Faguibine a un caractère sahélien plus affirmé lié à la présence d'une nappe phréatique peu profonde et des dépressions argilo-sableuses à diatomées.

Sur la carte de localisation des relevés, un signe distinctif accompagne chaque relevé selon son appartenance aux divers groupes définies par des caractères stationnels communs et un même type de végétation (Fig.2). Ainsi, au vu des divers groupes écologiques, qui ont essentiellement une distribution latitudinale, on peut remarquer que la végétation sahélienne est dominante jusqu'au 18°N, une zone de transition ou de balancement lui fait suite, enfin aux environs du 18°30N la végétation à caractère saharien s'installe.

(1) Les divers groupes d'espèces sont cités en annexe.

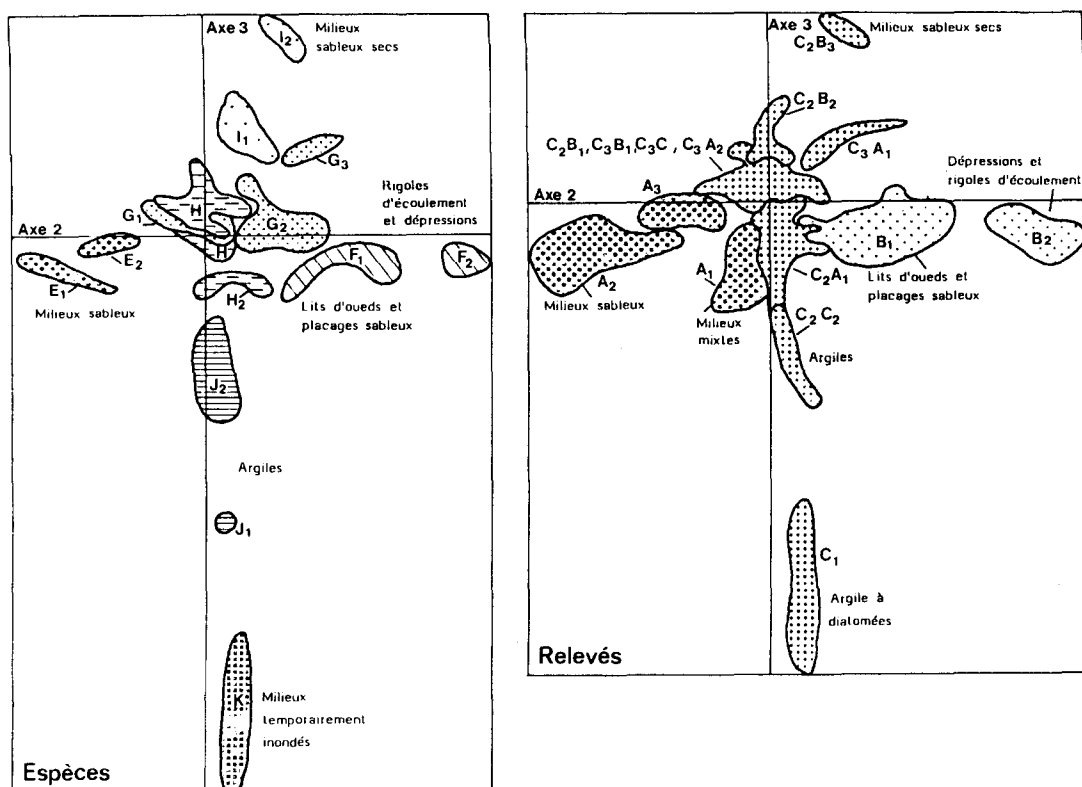


Fig.5. Carte factorielle des axes 2-3 : relevés, espèces

CONCLUSION

La végétation de Tombouctou et de ses environs s'est modifiée à la suite des invasions et prises de pouvoir successives : à l'arrivée des Songhai (XV^{ème} siècle), les acacias sont exploités pour créer le quartier de Bissautjiré ; lors de la conquête marocaine (XVI^{ème} siècle), les palmiers-dattiers qui entourent la ville sont coupés ainsi que les Doums qui bordaient sûrement la zone d'inondation du Niger ; la colonisation française (fin XIX^{ème} siècle) développe la navigation à vapeur et les Doums qui bordent le Niger dans la zone saharo-sahélienne notamment, sont surexploités. La végétation est jusqu'à la moitié du XX^{ème} siècle le reflet des grandes phases historiques. Cependant, l'action de l'homme sur le milieu demeure localisée et ponctuelle aussi bien dans le temps que dans l'espace. L'ensemble des données historiques met en évidence un passé avec des conditions hydro-climatiques plus favorables au développement de la végétation qui apparaît alors plus abondante.

Dès les années 1970, la régression de la zone d'inondation, la pluviométrie déficitaire et la baisse conséquente des nappes phréatiques entraînent des modifications dans la composition de la végétation et l'extension septentrionale de la couverture arborée, qui a d'ailleurs toujours fluctué dans cette zone. La sécheresse qui dure depuis bientôt 20 ans, laisse des traces profondes dans le milieu végétal ; les cimetières d'arbres morts sont fréquents surtout dans certains secteurs de la région du lac Faguibine. Cependant la modification de la végétation herbacée ne semble pas pour l'instant irréversible. Il est vraisemblable qu'une suite d'années de pluviométrie abondante et bien répartie permettrait la réinstallation de plantes absentes ces dernières années. Par contre, une reprise des inondations du Niger et la réinstallation des espèces des milieux temporairement inondés semblent plus aléatoires : l'eau n'atteint plus Tombouctou depuis plus de dix ans et le Faguibine est à peine inondé depuis 1983. Mais les oscillations de la limite de la zone d'inondation du Faguibine semblent aussi anciennes que le lac lui-même ; la végétation suit fidèlement ses modifications : l'assèchement permet la croissance des arbres dans la cuvette lacustre, la reprise de l'inondation les noie et cause leur disparition.

Que ce soit à Tombouctou ou dans la région du lac Faguibine, les essences ligneuses les plus sahéennes ou sahélo-soudaniennes, présentes au début du siècle, ont disparu : ce fait illustre le glissement récent des zones bioclimatiques vers le sud. Cependant, la variabilité hydro-climatique de la région, caractéristique majeure du climat sahéen ne permet aucunement de conclure sur l'avenir proche ou lointain de cette région et sur la persistance des phénomènes actuels d'assèchement et de dégradation du milieu.

Bibliographie

Références des documents militaires :

- MIc 1894 : Rapport politique et militaire de la région de Tombouctou depuis le 13 février jusqu'au 10 juillet 1894.
- MI. 1900 : Reconnaissance exécutée sur Araouane pendant la période du 24 septembre au 17 octobre 1900. Lieutenant PICHON.
- MI. 1901 : Rapport sur la reconnaissance au puits d'El Hadjou. 6, 7, 8 juillet 1901. Maréchal des logis Iorgemol de BOSTQUE NARD.
- MI. 1903-1 : Carte de la région parcourue par la reconnaissance de Mr le Capitaine AGUTTES les 19, 20, 21 octobre 1903.
- MI. 1903-2 : Rapport du Lieutenant MATBIESSEN sur la mission qui lui a été confiée dans le but d'amener à Tombouctou les notables des six tribus récalcitrantes. Tombouctou le 28 septembre 1903.
- MI. 1909 : Rapport du capitaine GROS DEMANGE. Rapport au sujet de la protection de l'azalaï Berabich devant se rendre aux mines de sel de Taodenni. Bou Djébéha le 10 février 1909.
- MI. 1921 : Araouane le 7 avril 1921. Lieutenant GIRAUD. Rapport azalaï été 1921.
- MI. 1922 : 1er mai 1922. Ebbagba. Lieutenant BOLLE. Objet : nomadisation du 1er P.M
- MI. 1926 : Rapport. 19 novembre 1926.
- MI. 1927-1 : Rapport télégraphique mensuel. 21 février 1927. Cercle de Tombouctou.
- MI. 1927-2 : Rapport télégraphique mensuel. Avril 1927.
- MI. 1927-3 : Rapport télégraphique mensuel. Mai 1927.
- MI. 1930 : Lettre du gouverneur du Soudan au commandant de cercle de Tombouctou. 5 septembre 1930.
- MI. 1934 : Bulletin de renseignements. Novembre-décembre 1934. Cercle de Tombouctou.
- MI. 1958 : Rapport campagne saharienne 1957-58.
- MI. 1959 : Relevé d'itinéraire. Reconnaissance du 28 au 1er juillet 1959. Région des lacs de Goundam.

Autres références bibliographiques :

- BARTH H. (1860). Voyage et découverte dans l'Afrique septentrionale et centrale. 4 Vol. Trad. P. Ithier. Bruxelles.
- CATELLA A-M. (1988). Approche de l'évolution du milieu dans la région de Tombouctou depuis dix siècles. Thèse de doctorat. Marseille.
- CAILLIE R. (1830). Journal d'un voyage à Tombouctou et à Jenné dans l'Afrique centrale. Paris.
- CHEVALIER A. (1900). La végétation de la région de Tombouctou. *C.R. Congrès bot. (Exp. Universelle) I* : 248-275. Paris.
- CHUDEAU R. (1909). Le Sahara soudanais. In : Missions au Sahara par E-F. GAUTIER et R. CHUDEAU. T II Paris. A. Colin.
- CORTIER Lieut. (1906). De Tombouctou à Taodeni. Relation du raid accompli par la Compagnie méhariste du 2^e sénégalais commandé par le capitaine Cauvin. *La géographie XIV* n°6 : 317-341.
- DUPEYRON G. (1957). Bintagoungou, village du Faguibine. Deux aspects humains de la crise du lac. Service de l'hydraulique de l'A.O.F. M.E.A.N. Etudes de géographie humaine. Bamako.
- GEERLING C. (1982). Guide de terrain des ligneux sahéliens et soudanoguinéens. H. Veenman et Zonen B.V. Wageningen.
- GIFFARD (1950). Rapport sur la production de bois de chauffage en bordure du fleuve dans la boucle du Niger. Eaux et Forêts. Tombouctou.
- GIRONCOURT G. de (1912) Documents et résultats de la mission de G. de GIRONCOURT. *La Géographie XXV* .
- GIRONCOURT G. de (1920) Documents scientifiques. Missions de G. de GIRONCOURT en A.O.F. 1908-1909-1911-1912. Paris. Société de Géographie.
- HACQUART Mgr. (1900). Monographie de Tombouctou. Soc. Et. Col. et Mar. de Paris.
- HAGERUP O. Etude des types biologiques de Raunkiaer autour de Tombouctou. Det. K. Danske Videnskaberne. *Selskab. Biologiske Meddelelser XIX* n°4 :116 p.

- KATI Ben El-Hâdj El Motaouakkel Kâti M. (1981). *Tarikh el Fettach* ou chronique du chercheur. Trad. O. HOUDAS et M. DE-LAFOSSÉ. Coll. U.N.E.S.C.O. sér. Afr. Documents arabes relatifs à l'histoire du Soudan. Publ. Ecoles langues orientales vivantes V^{ème} série, X.
- LARTIGUE Comm. de (1897). Notice sur les Maures du Sahel et du Soudan. *Suppl. Bull. Com. Af. Franç.* n°3 : 41-73
- LENZ O. (1887). *Timbouctou*. Trad. P. Lehautcourt. Paris.
- MUHAMMAD AL-MUKHTAR AL-SUSI (1899) *Tadhkirat al-Nisyan fi Akhbar Muluk al-Sudan*, texte arabe acc. trad. franç. de O. HOUDAS. publ. de l'école des langues orientales vivantes. IV^{ème}série, Vol. XIX. Paris. A. Maisonneuve.
- PEFONTAN Lieut. (1922). Histoire de Tombouctou, de sa fondation à la conquête française. *Bull. Com. Et. Scient. A.O.F.* : 83-113.
- PEYRE DE FABREGUES B. et LEBRUN J-P. (1976). Catalogue des plantes vasculaires du Niger. Etude botanique n° 3. Maisons-Alfort : I.E.M.V.T., Lab. d'élevage : Niamey.
- SA'DI Abderrahman ben Abdallah Ben 'Imran Ben 'Amir (1980) *Tarikh es-Sudan*. Trad. O. HOUDAS. Coll. UNESCO sér. Afr. Documents arabes relatifs à l'histoire du Soudan. Publ. Ecoles langues orientales vivantes IV^{ème} série, XIII.
- VIGUIER P. (1941). Lac Faguibine. Rapport des services de l'agriculture. M'Pesoba. 79 p.

Annexe

Groupes d'espèces différenciés par la C.A.H.

Groupe d'espèces G2	
Aristida mutabilis	Aristida funiculata
Chrozophora brocchiana	Borreria filifolia
Stipagrostis plumosa	Cucumis ficifolius
Aristida coerulescens	Tragus berteronianus
Morettia canescens	Corchorus depressus
Maerua crassifolia	
Groupe d'espèces G3	
Aristida hordacea	Chrozophora plicata
GROUPE E	
Groupe d'espèces E1	
Stipagrostis vulnerans	Stipagrostis sahelica
Stipagrostis acutiflora	Stipagrostis plumosa ssp lanuginosa
Groupe d'espèces E2	
Cyperus conglomeratus	Indigofera argentea
Asthenatherum forskalii	
GROUPE J	
Groupe d'espèces J1	
Sesbania sericea	Althernanthera nodifolia
Groupe d'espèces J2	
Abutilon pannosum	Acacia nilotica ssp tomentosa
Zaleya pentandra	Cynodon dactylon
GROUPE I	
Groupe d'espèces I1	
Grewia tenax	Boscia senegalensis
Schoenefeldia gracilis	Abutilon albidum ssp fruticosum
Enteropogon prieurii	
Groupe d'espèces I2	
Boscia salicifolia	Psoralea plicata
Pulicaria undulata var. alveolosa	Guiera senegalensis
Geigeria alata	Commiphora africana
	Panicum lactum
GROUPE F	
Groupe d'espèces F1	
Fagonia olivieri	Atractylis aristata
Pennisetum divisum	Fagonia brughieri
Pergularia tomentosa	Cornulaca monacantha
Acacia ehrenbergiana	
Groupe d'espèces F2	
Crotalaria saharac	Cassia italica
Cymbopogon schoenanthus	Blepharis linariifolia
GROUPE K	
Eclipta prostrata	Heliotropium indicum
Coldenia procumbens	Sesuvium sesuvioides
Ipomoea asarifolia	Cyperus imbricatus
Glinus lotoides	Echinocloa colona

GROUPE H	
Groupe d'espèces H1	
Acacia tortilis ssp raddiana	Boerhavia repens ssp.viscosa
Balanites aegyptiaca	Euphorbia scordifolia
Leptadenia pyrotechnica	Ziziphus mauritania
Requienia obcordata	Corchorus tridens
Leptadenia hastata	Chloris virgata
Colocynthis vulgaris	
Groupe d'espèces H2	
Aeluropus littoralis	Faidherbia albida
Andrachne telephoides	Zygophyllum simplex
Calotropis procera	
Groupe d'espèces H3	
Brachiaria xantholeuca	Tephrosia vicioides
Tribulus terrestris	Schouwia purpurea
Salvadora persica	Cyperus rotundus
Stipagrostis ciliata	Cenchrus biflorus
Cenchrus ciliaris	Dipcadi viride
Heliotropium bacciferum	Acacia senegal
Gisekia pharnacioides	Eragrostis tremula
Boerhavia repens	Euphorbia balsamifera
Tephrosia uniflora	Aristida adscensionis
Tragus racemosus	Alysicarpus ovalifolius
Aristida sieberiana	Euphorbia granulata
Tephrosia leptostachya	Ziziphus lotus ssp saharac
Groupe d'espèces H4	
Polygala erioptera	Ipomoea koschiana
Bauhinia rufescens	Dactyloctenium aegyptium
Limeum vicosum	Cleome gynandra
Tephrosia purpurea	Eragrostis pilosa
Crotalaria arenaria	Boerhavia cf. erecta
Amaranthus graecizans	Sesamum alatum
Indigofera aspera	
GROUPE G	
Groupe d'espèces G1	
Panicum turgidum	Euphorbia aegyptiaca
Farsetia stylosa	Tribulus euchrolocus
Neurada procumbens	Mollugo nudicaulis
Boerhavia coccinea	Spermacoce radiata
Cleome arabica	Aerva javanica

Analyse d'ouvrage

LES EDIFICES TRAVERTINEUX ET L'HISTOIRE DE L'ENVIRONNEMENT DANS LE MIDI DE LA FRANCE

ED. J. VAUDOUR

RAPPORT DES TRAVAUX 1988 - N XVII*

L'ouvrage sur les édifices travertineux est un ensemble de 26 publications présentant les résultats obtenus lors des travaux réalisés dans le cadre de l'Unité associée 903 du CNRS et de l'ATP-PIREN : "Histoire de l'environnement et des phénomènes naturels" sur les travertins du Midi de la France.

L'équipe de chercheurs impliquée dans ce programme se proposait d'éclairer l'histoire de l'environnement et des phénomènes naturels du Néolithique à nos jours, ainsi que l'impact humain sur le milieu naturel dans le midi de la France à partir des édifices travertineux holocènes considérés comme des indicateurs géochimiques, géoécologiques et géochronologiques.

Ces édifices travertineux apparaissent comme de précieux témoins du passage des géosystèmes naturels aux géosystèmes anthropisés.

Le rapport est divisé en trois parties. La première est consacrée aux monographies des sites à travertins. Elles portent sur les vallées de l'Huveaune, de la Durance à proximité de la Ste Victoire, de l'Argens, en Provence et en Languedoc, sur les zones de St-Guilhem le Désert, Gabian. La seconde partie traite plus particulièrement des aspects hydrochimiques. Enfin, la troisième partie constitue un essai de synthèse.

Ce panorama très complet répond aux objectifs que s'étaient fixés les auteurs. De nombreux édifices travertineux ont été découverts. En Provence, les sites de la vallée de l'Huveaune ont été restitués avec leur richesse exceptionnelle. Ils ont ainsi permis une reconstitution de la succession d'environnements lacustres et palustres sur près de 50 000 ans, reconstitution qui précise la composition des paysages tels qu'ils se présentaient quand l'agriculture céréalière a commencé à se développer.

Ces sites apportent des informations intéressantes sur l'histoire de la végétation dans le midi de la France et contribuent à une meilleure connaissance des flores grâce aux nombreux restes retrouvés et datés.

L'étude des malacofaunes qui sont de bons indicateurs environnementaux éclaire aussi de manière remarquable l'histoire écologique de ces lieux.

Ce rapport constitue donc un ouvrage important pour ceux qui s'intéressent à l'histoire de l'environnement en région méditerranéenne française.

G. BONIN

* Pour se procurer ce document contacter :

Monsieur le Professeur M. VAUDOUR
 UA 903 Labo Géographie physique
 29 av. R. Schuman
 13621 AIX EN PROVENCE

INDEX

Afrique	155
Alpin	143
Andalousie	65
Bilans hydriques	17
Bioclimat	143, 77
Biogéographie	155
Camargue	17, 5
Canopée	33
Cartographie	123
Chaîne Pontique	143
Climat	65
Climatologie	155
Communauté des arthropodes	33
Composition ionique	5
Débroussaillage	33
Drainage	17
Dynamique végétation	41, 123
Ecologie	41
Ecosystèmes végétaux	123
Espagne	65
Evaporation	17
Evapotranspiration	17
Hyperico-Thymetalia	149
Interface eau-sédiment	5
Irrigation	17
Languedoc	41
Liban	123
Maroc	77
Matorral	77
Mauritanie	155
Nord Anatolie	149
Nutriments	5
Pin de Salzmann	41
Phytoécologie	155
Phytogéographie	155
Phytosociologie	41, 149, 155
Pré-forêts	77
Production primaire	5
Régions arides	155
Rif	77
Rizières	17, 5
Sahara	155
Sahel	185
Sécheresse	185
Séries de végétation	77
Sub-Alpin	143
Syntaxinomie	143, 149, 77
Turquie	143
Végétation	143, 185, 77
Zonation altitudinale	41, 123
Zonation bioclimatique	123

Imprimé au C.R.D.P. de Marseille en avril 1989

Dépôt légal : 2ème trimestre 1989

INSTRUCTIONS AUX AUTEURS

Les articles proposés doivent être envoyés, dactylographiés, au Secrétariat général de la Revue. Ils seront soumis à l'un des membres du comité de lecture ou du comité de rédaction avant confirmation de leur acceptation.

Ils devront être dactylographiés alors, pour le tirage offset, suivant les normes de la Revue. Celles-ci seront précisées aux auteurs par le Secrétariat lors de la confirmation de l'acceptation du manuscrit.

Tous les schémas et graphiques devront être réduits au format 21 x 29,7. Dans le cas contraire, cette réduction sera faite aux frais des auteurs. Les articles ne pourront dépasser 20 pages dactylographiées à titre gracieux. Les pages supplémentaires seront aux frais des auteurs.

Les abonnés peuvent publier dans *Ecologia Mediterranea* des travaux originaux et des mises au point sur des sujets se rapportant à l'écologie générale terrestre et limnique en région méditerranéenne et à l'écologie appliquée. Ceux-ci peuvent être publiés en langue française de préférence mais aussi en langue anglaise, italienne ou espagnole. La présence du titre en langue anglaise et du résumé en langue anglaise ou espagnole est indispensable.

T A R I F

Tomes I, II, VII (2)	50 F
Tomes III, IV, V, VI, VII (1), VIII (1/2), VIII (3), VIII (4), IX (1), IX (2), IX (3/4), X (1/2), X (3/4), XI (2/3), XI (4)	70 F
Tomes VIII (1/2), XI (1)	120 F

Abonnement 1986 (Tome XII)	France : 300 F
	Etranger : 350 F

Collection ECOLOGIA

. Tome I à VII (2) inclus	250 F
. Tome I à VIII (4) inclus	350 F
. Tome I à IX (3/4) inclus	500 F
. Tome I à X (3/4) inclus	650 F
. Tome I à XI (4) inclus	800 F

Abonnement 1987 (Tome XIII) }	France : 330 F
Abonnement 1988 (Tome XIV) }	Etranger : 380 F

Toutes les commandes doivent être faites auprès du Secrétariat de la Revue accompagnées du paiement par chèque ou mandat, libellé au nom de :

Régisseur d'Avances de l'Université AIX-MARSEILLE
Centre St-Jérôme, CCP n° 9404.68 M MARSEILLE

SOMMAIRE

A. VAQUER, D. PONT. — Influence des producteurs primaires sur la régulation ionique de l'eau de submersion des rizières de Camargue	5
P. HEURTEAUX. — L'eau et la riziculture en Camargue. Bilans hydriques des rizières et phénomènes souterrains induits par la riziculture, conséquences écologiques et agronomiques. Première partie : bilans hydriques des rizières	17
L. BIGOT, M. KABAKIBI, R. LOISEL. — Effets différés du débroussaillage sur le peuplement frondicole des arthropodes du Chêne liège des Maures (Var)	33
P. QUEZEL, M. BARBERO. — Signification phytoécologique et phytosociologique des peuplements naturels de Pin de Salzmann en France	41
J. MERCE. — Bioclimats du Sud de l'Espagne (Andalousie)	65
P. QUEZEL, M. BARBERO, A. BENABID, R. LOISEL, S. RIVAS-MARTINEZ. — Contribution à l'étude des groupements pré-forestiers et des matorrals rifains	77
B. ABI-SALEH, S. SAFI. — Carte de la végétation du Liban	123
A. DUZENLI. — Nouveaux syntaxons phytosociologiques pour la végétation de Turquie	143
Y. AKMAN, P. QUEZEL, M. BARBERO, M. AYDOGDU, M. DEMIRORS, T. EKIM. — La végétation du Keltepe (région de Karabuk)	149
J.-P. BARRY, X. JAOUEN, J. MUSSO, J. RISER. — Le problème des divisions bioclimatiques et floristiques au Sahara. Note IX : entre Sahel et Sahara : le Tagant. Biogéographie et géomorphologie	155
A.-M. CATELLA. — Modifications de la végétation dans la région de Tombouctou depuis dix siècles	185
Analyse d'ouvrage	201
Index	202



CNDRP MARSEILLE

CENTRE NATIONAL DE DOCUMENTATION PÉDAGOGIQUE

CENTRE REGIONAL DE DOCUMENTATION PÉDAGOGIQUE

Édition - Impression - 31, Bd d'Athènes 13232 Marseille Cédex 01 D.L. 2ème trim. 1989