ISSN : 0153-8756

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

ecologia mediterranea

revue d'écologie terrestre et limnique

TOME XII 1986

Fascicule 1/2

Faculté des Sciences et Techniques de St Jérôme. Rue H. Poincaré 13397 Marseille cedex 13

Directeur de la publication :

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

Secrétariat général :

G. BONIN, Maître-Assistant 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
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 EGYPTE.
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.
LEMÉE, 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.
LOSSAINT, P. CNRS CEPE Louis Emberger, B. P. 5051, 34033 MONTPELLIER.
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.

ecologia mediterranea

revue d'écologie terrestre et limnique

Les peuplements d'invertébrés benthiques de la Moyenne-Durance. Composition et structure des communautés.

R. PREVOT ★
G. PREVOT ★
J.J. MUSSO ★

RESUME - Les peuplements d'invertébrés benthiques de la Moyenne-Durance. Composition et structure des communautés.

Les peuplements d'invertébrés benthiques ont été étudiés dans 5 stations de Moyenne-Durance. Ces stations sont localisées sur le cours principal, régulé, de la rivière, sur deux bras latéraux et sur deux affluents. Le premier affluent, l'Asse, à fort débit, est de type torrentiel, le second Négréoux, est un ruisseau alimenté exclusivemment par la nappe phréatique.

Dans le cours principal de la Moyenne-Durance; les espèces les plus abondantes sont des formes à large valence écologique se retrouvant communément dans les biocénoses potamiques. Dans les chenaux latéraux, les vastes zones lénitiques font prédominer les espèces limnophiles; l'habitat lotique présente de grandes affinités avec le cours axial de la rivière.

L'Asse héberge une biocénose torrenticole avec principalement des espèces sténo-oxybiontes à tendance sténotherme pouvant se maintenir dans la Durance en aval de la confluence de l'Asse.

Le ruisseau de Négréoux, comporte un grand nombre d'espèces originales dont certaines sont mentionnées pour la première fois en France.

SUMMARY - Benthic invertebrates populations in the middle reach of the Durance river. Composition and structure of the communities.

Benthic invertebrates populations have been studied from five stations in the middle reach of the Durance river. One station is situated on the main channel, two others on lateral ones and the last two ones on tributaries. The first tributary, with a torrential regime, is the river Asse, the second one, Négréoux, a small stream fed by aquifer.

In the main channel of the Durance river, the most abundant species are eurytopic and widely distributed in potamic biocenoses. Limnophilous species are prevaling in the lateral channels; the lotic habitat offers great affinities with the main channel.

In the Asse river, the dominant species are mostly steno-oxybiontic and stenothermous. These species can extend as far as the down stream part of the confluence of the Asse river with the Durance river. The tributary of Négréoux contains a great number of original species, some of them recorded in France for the first time.

MOTS CLES : Hydrobiologie, Durance, Invertébrés benthiques, communautés.

INTRODUCTION

Longtemps délaissée, l'étude des grandes rivières françaises est une entreprise assez récente. Depuis 1976, un programme de recherches sur la structure et le fonctionnement des écosystèmes du Haut-Rhône français a été mis en oeuvre : JUGET et coll. (1976), AMOROS (1980), BOURNAUD et coll. (1982), RICHARDOT-COULET et coll. (1983). Les rivières du Sud-Ouest de la France, et le Lot en particulier, ont

★Laboratoire de Biologie animale (Ecologie), Faculté des Sciences et Techniques de Saint-Jérôme, rue Henri Poincaré, 13397 Marseille Cedex 13.

fait l'objet d'une étude écologique similaire : BERTHELEMY (1966), DECAMPS (1967), DECAMPS et coll. (1980), THOMAS (1981), GIANI (1983). Un autre travail : "L'écologie et l'aménagement de la Loire" a été publié par la Fédération Régionale des Associations de Protection de l'Environnement du Centre (1981).

Récemment (1982), un programme de recherche a été engagé sur une grande rivière du Sud-Est issue du Massif-Alpin, la Durance et ses principaux affluents (Buech, Verdon). La présente étude porte sur les peuplements d'invertébrés benthiques de la Moyenne-Durance dans le secteur qui correspond au début de la plaine alluviale.

La Durance, dans son cours moyen et inférieur, a été profondément modifiée depuis le début du siècle à la suite des grands aménagements hydrauliques. La rivière subit en de nombreux points les agressions d'activités humaines, particulièrement dans le secteur étudié l'impact des rejets d'une importante usine chimique à Saint-Auban.

La Moyenne-Durance actuelle est réduite à un chenal principal d'écoulement de part et d'autre duquel subsistent quelques bras latéraux. Dans la partie considérée, les barrages suppriment les effets du régime nivo-pluvial et créent des conditions nouvelles déterminées par les caractéristiques du bassin de drainage de Moyenne-Durance.

Cette étude, effectuée au cours de l'année 1982, a porté sur l'examen du peuplement d'invertébrés. Elle servira à faire le point sur son état actuel, d'une relative complexité due à l'hétérogénéité de l'hydrosystème avec son cours principal et ses biotopes annexes (bras latéraux, émergence des eaux phréatiques).

I - SITUATION ET CARACTERISTIQUES DES STATIONS (fig.1)

Avant les grands aménagements, le secteur d'étude n'a pas fait l'objet d'une prospection hydrobiologique qui aurait permis d'évaluer l'importance des changements dans les peuplements. Pour cette raison, l'une des stations a été choisie sur le cours inférieur d'un affluent important : l'Asse, grande rivière encore naturelle, issue des reliefs préalpins et offrant vraisemblablement un certain nombre de similitudes avec la Durance originelle.

Parmi les cinq stations principales prospectées, deux sont situées respectivement sur le cours principal de l'Asse et de la Durance, deux autres sur des bras latéraux de la Durance, la cinquième sur un petit affluent formé par la mise au jour des eaux phréatiques. Deux autres stations (A1 et A2) n'ont fait l'objet que d'une étude partielle (fig.1).

I.1. Stations de la zone confluence Durance-Asse

I.1.1. Station I

Elle se situe à 340 m d'altitude dans la portion terminale du cours de l'Asse, à 80 km de sa source et à 2 km de sa confluence avec la Durance. A ce niveau, le lit, d'une centaine de mètres de largeur, se localise dans une vaste plaine alluviale. La majeure partie de l'année les eaux ne l'occupent que partiellement et suivent un tracé faiblement inscrit dans les alluvions et se modifiant d'une crue à l'autre.

Pendant une grande partie de l'année, les hauteurs des eaux de surface sont faibles, de quelques centimètres à un mètre, selon la topographie et les saisons. Le substrat assez uniforme est grossier, formé essentiellement de galets lisses de différentes tailles dépourvus de couverture végétale.

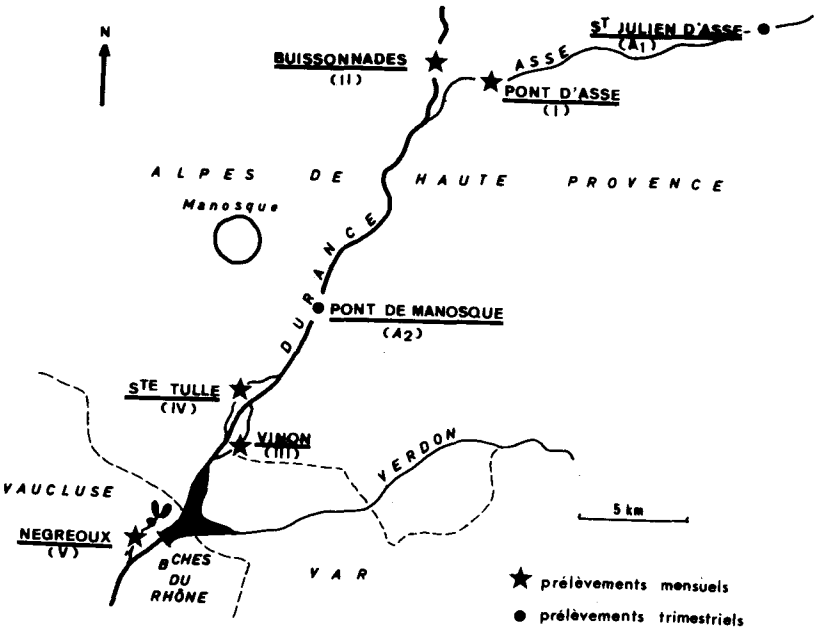


Fig.1 - Emplacement des stations.

I.1.2. Station II

Elle a été choisie sur le cours principal de la Durance, en amont de sa jonction avec l'Asse, près du lieu-dit "Buissonnade", à 328 m d'altitude. Le chenal principal, large d'une soixantaine de mètres, serpente au milieu du lit majeur (plus de 500 m de large).

Le substrat est constitué de gros galets dont les interstices sont colmatés par de la vase. Ils sont recouverts sur la face supérieure par un feutrage d'algues dont l'indice de recouvrement atteint 80 à 100%.

I.2. Stations des bras latéraux

En Durance, l'état de régression généralisée de l'ensemble du réseau des bras latéraux a limité le choix de ces derniers. Les deux points de prospection retenus se trouvent peu éloignés l'un de l'autre et respectivement en bordure de chacune des deux rives entre Ste-Tulle et Vinon.

En position de bordure, les chenaux secondaires sont alimentés par le sous-écoulement et les eaux superficielles de la rivière.

I.2.1. Station III

Au nord de Vinon, à l'altitude de 265 m, elle se localise sur un bras vif communiquant, 1 km en amont, avec le cours axial de la Durance. Les eaux coulent au milieu d'une saulaie.

Ce bras (3 à 6 m de large) présente quelques seuils qui constituent les seuls habitats lotiques.

I.2.2. Station IV

Près de Sainte-Tulle à l'altitude de 270 m. Son emplacement sur un bras vif lui confère des similitudes avec la station III. Elle est située non loin de la jonction aval avec le cours principal; le chenal est à ce niveau assez élargi, sa pente faible engendre un courant ralenti découvrant au centre du lit un substrat de galets exempt de végétation, tandis que les zones rivulaires limoneuses sont

colonisées par des groupements d'hélophytes.

I.3. Station V

Elle se situe sur un ruisseau, le Négréoux (alt. 240 m), de 1,5 km, coulant parallèlement à la rive droite de la Durance, à proximité du barrage de Cadarache.

Le ruisseau sert de déversoir aux marais et étangs de Beaumont, tous en inter-communication. Ces derniers occupent l'emplacement d'anciennes zones d'extraction de granulats et sont alimentés par les eaux de la nappe alluviale. La confluence avec la Durance se fait par un dénivelé de quelques mètres.

Le ruisseau a l'aspect d'un chenal, de 3 à 5 mètres de large et de 10 à 50 cm de profondeur, s'élargissant par endroits en junçaies et en scirpaies. Etant alimenté par la nappe alluviale, l'eau est toujours claire, le débit constant (150 l/s). L'environnement floristique est riche et diversifié ripisilve importante, peuplements de végétaux aquatiques caractérisés par une grande diversité spécifique), le Castor (*Castor fiber*) vit le long de son cours.

I.4. Stations accessoires

I.4.1. Station A_1 "Saint-Julien-d'Asse"

A 16 km en amont de la station I et 440 m d'altitude, la rivière dont le lit avoisine 300 m de large, présente plusieurs bras, modifiés à la suite des crues successives.

Ce lit, constitué d'une grande épaisseur d'alluvions, présente les mêmes caractéristiques qu'à la station I. Le substrat est instable et formé de galets très lisses laissant entre eux des interstices importants.

I.4.2. Station A_2 "Pont de Manosque"

A 290 m d'altitude sur le cours principal de la Durance, cette station présente des ressemblances avec la station II; le débit de la rivière est cependant supérieur car augmenté par les apports de l'Asse et du Largue.

Le substrat, constitué de blocs et de galets, est le plus souvent colmaté en partie par du sable et de la vase et recouvert d'un périphyton très dense.

II - TECHNIQUES D'ECHANTILLONNAGE ET METHODES D'ETUDE

Deux méthodes différentes d'échantillonnage ont été retenues et utilisées pour chaque prospection avec une fréquence mensuelle sur un cycle annuel.

- Prélèvements benthiques quantitatifs :

Les stations I, II et V ont fait l'objet de ce type de prélèvement à raison de 6 stations et pour chacune des 12 séries mensuelles. L'échantillonneur utilisé est le filet surber dont le vide de maille est de 0,3 mm. Les 6 prélèvements recouvrent 0,6 m2 de substrat.

- Prélèvements semi-quantitatifs :

Ils concernent les stations III et IV, chenaux secondaires de la Durance. En raison du réseau végétal parfois très dense par endroit, l'emploi du filet Surber était mal adapté. Toute une portion du cours d'eau comprenant les différents types d'habitats est échantillonnée au filet troubleau en un temps déterminé qui a été fixé à une demi-heure. Ces deux types de prélèvements ont été complétés par des chasses de jour (récolte au filet des imagos aériennes) et de nuit (lampe mixte ultra-violet). Les stations accessoires A_1 et A_2 ont été prospectées quatre fois dans l'année, uniquement du point de vue qualitatif.

III - INVENTAIRE FAUNISTIQUE ET CONSIDERATIONS BIOGEOGRAPHIQUES

L'inventaire faunistique de toutes les stations comprend 207 taxons (cf. annexe), la plupart déterminés au niveau de l'espèce. Dans certains cas, l'identification n'a pu être conduite au delà du genre ou de la sous-famille (cas des Diptères *Chironomidae* séparés en sous-familles).

Le peuplement comporte un grand nombre d'espèces au caractère ubiquiste dans l'espace européen (*Potamopyrgus jenkinsi, Erpobdella octoculata, Baetis rhodani, Haliplus lineaticollis, Limnius intermedius, Hydroptila vectis, Psychomyia pusilla...*).

Il comporte aussi des espèces caractéristiques des régions méridionales et se rencontrant communément dans les rivières et ruisseaux de Provence (GIUDICELLI et coll. 1980) : *Sericostoma galeatum, Agapetus cravensis, Dryops algiricus, Tetisimulium bezzii, Wilhelmia mediterranea* et aussi certains éléments non signalés dans la région 13 de la limnofauna europea (ILLIES, 1978), éléments appartenant aux Ephéméroptères *Heptageniidae* (*Ecdyonurus ruffii*) et aux Plécoptères (*Dictyogenus ventralis, Chloroperla tripunctata, Perla bipunctata, Perla marginata*). Ces espèces dont la distribution comprend les moyennes montagnes de l'Europe centrale, la région des Balkans, la région méditerranéenne occidentale, sont présentes dans les Alpes, sauf *Dictyogenus ventralis*.

Cet inventaire révèle en outre 3 espèces rares et peut être en limite d'aire.

Il s'agit de :

- *Baetis atrebatinus* : Signalée de la péninsule ibérique, de la région ouest européenne de basse altitude, d'Angleterre,d'Irlande et de l'Ouest de la France aussi : Niort.
- *Baetis pentaphlebodes* : Trouvée en Hongrie et en Europe centrale à basse altitude.
- *Chelocnetha latigonia* : sa répartition s'étend à l'Italie, la péninsule ibérique, l'Est des Balkans, les montagnes de l'Europe Centrale, l'Angleterre, le Nord de la Russie.

Il nous a paru intéressant de comparer, pour les groupes faunistiques déterminés au niveau spécifique, le peuplement de la Moyenne-Durance avec celui du Rhône dans la région de Lyon dans le secteur de Jons.

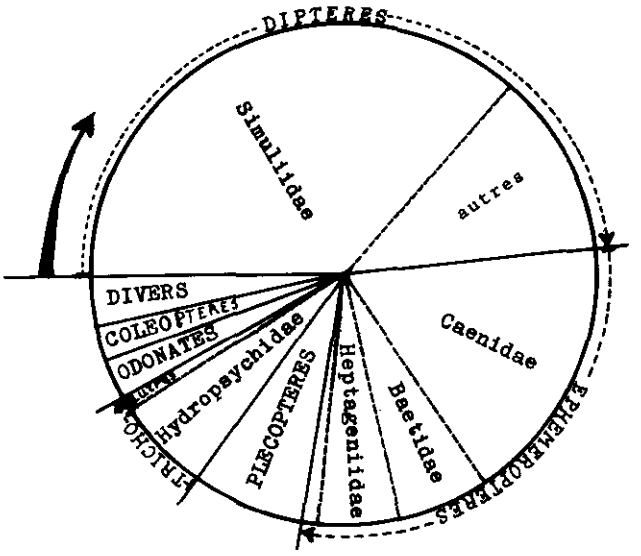
Pour les Ephéméroptères nous nous référons à l'inventaire présenté par USSEGLIO - PALATERA (1985), inventaire établi d'après les résultats de piégeages lumineux depuis 1959. Dans toutes les familles, sauf chez les *Baetidae*, le peuplement rhodanien est plus riche (30 espèces contre 23 en Durance). La Moyenne-Durance a pour originalité sa richesse en *Baetidae* (9 espèces contre 2 à Lyon), ceci est probablement en rapport avec la nature plus torrentueuse de la Durance.

Pour les Trichoptères nous nous référons aux résultats des piégeages lumineux réalisés en amont de Lyon dans le secteur de Jons (ROJAS, 1985) ; ce secteur du Rhône étant remarquable par la grande diversité des habitats aquatiques (eupotamon, parapotamon, paléopotamon). Sur les 27 espèces de la Durance, 21 se retrouvent dans le Rhône où 84 espèces ont été capturées. La différence entre les deux rivières apparait surtout dans deux familles, les *Leptoceridae* (19 espèces contre 2) et les *Hydroptilidae* (19 espèces contre 5) ; la richesse du Rhône étant surtout liée à l'importance des écosystèmes à écoulement ralenti qui constituent les annexes du chenal principal.

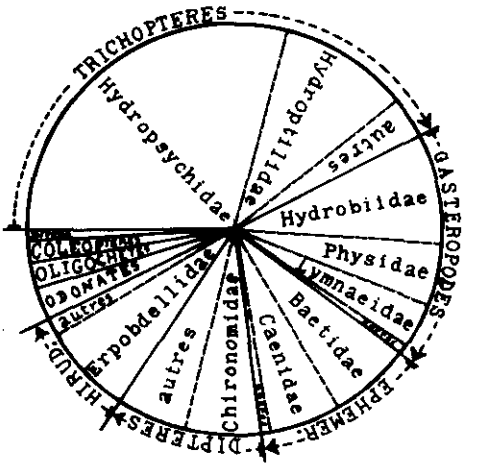
IV - COMPOSITION BIOTIQUE STATIONNELLE ET STRUCTURE DES PEUPLEMENTS

IV.1. Abondances des groupes faunistiques et des familles dominantes.

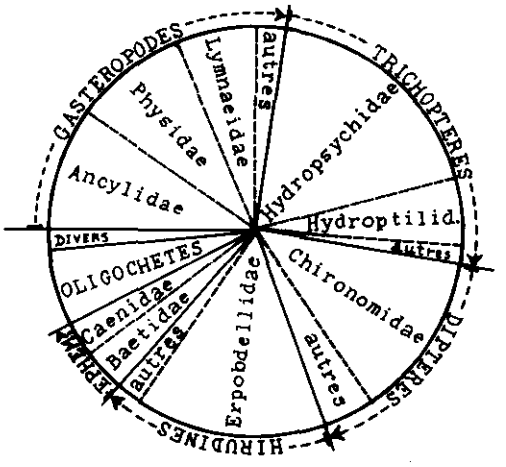
Les abondances relatives, sont visualisées sous forme de spectres zoologiques (fig.2).



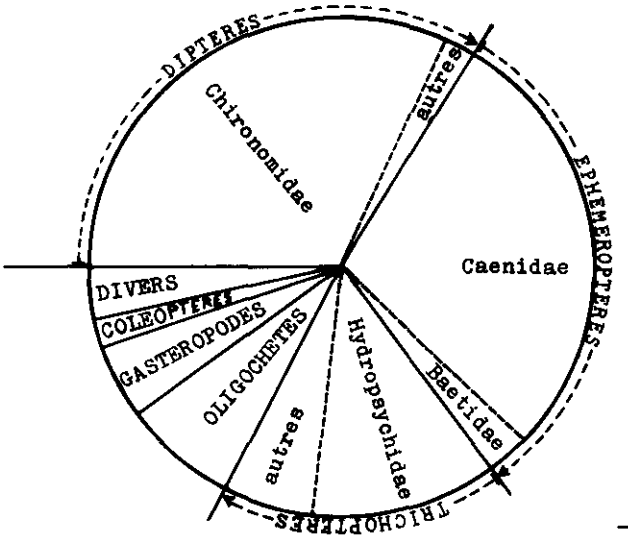
Station 1 : ASSE



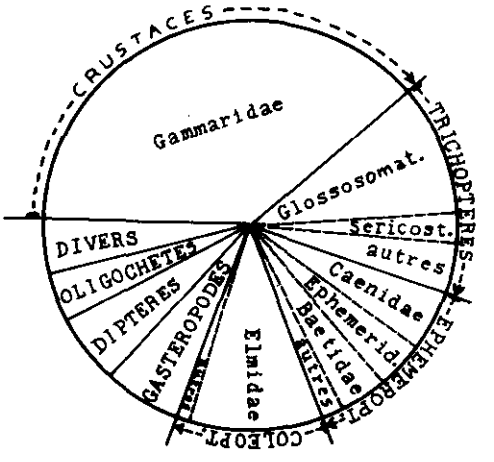
Station III : VINON



Station IV : Ste TULLE



Station II : BUISSONNADES



Station V : NEGREOUX

Fig.2. - Spectre des abondances relatives des groupes faunistiques et familles dominants.

- Stations des cours principaux de l'Asse et de la Durance (I et II)

Dans les deux peuplements les Diptères dominent mais avec des groupes totalement différents. Les *Simuliidae* prolifèrent dans l'Asse, au substrat constitué de galets lisses dépourvus de périphyton , tandis que les *Chironomidae* prédominent dans la Durance sur les galets recouverts ici d'une abondante couverture algale. Dans ces deux stations, le grand développement des *Caenidae* est à noter, compte tenu de l'écoulement très vif des eaux, alors que ces larves sont considérées comme des organismes d'eau calme.

La station II héberge des Oligochètes et des Gastéropodes (respectivement 5,46% et 4,94%) qui ne figurent pas dans l'Asse mais qui ont une forte représentation dans les autres stations de la Durance (bras latéraux).

Les Plécoptères prennent de l'importance uniquement à la station I (7,31%). Tout aussi remarquable est le peuplement des *Heptageniidae* qui ne s'observe dans aucune autre station. La représentation des *Simuliidae*, des Plécoptères, des *Heptageniidae*, et la présence d'*Ecdyonurus ruffii*, espèce alpine, montre que le caractère torrentiel et montagnard de l'Asse, se manifeste jusque dans la partie terminale.

- Stations des chenaux latéraux (III et IV)

Quantitativement plus de la moitié du peuplement est constituée par les Gastéropodes et les Trichoptères où dominent largement les *Hydropsychidae*. Le groupe des Hirudinées est bien représenté surtout par les *Erpobdellidae*.

Chez les Gastéropodes, la dominance est assurée par deux groupes différents :

- *Hydrobiidae* (*Potamopyrgus jenkinsi*) : 9,25% pour la station III et *Ancylidae* (*Ancylus fluviatilis*) : 9,95% pour la station IV.

La prolifération de *Potamopyrgus jenkinsi* à Vinon s'explique peut-être par la présence d'importantes colonies d'Oiseaux d'eau liées au barrage proche de Cadarache; il est bien connu que cette espèce étend son aire géographique par ornithochorie (BERNER 1959 in CROZET, PEDROLI et VAUCHER, 1980).

- Station du ruisseau de Négréoux (V)

Cette station apparait la plus originale. Le peuplement s'individualise par l'abondance des *Gammaridae* et une distribution particulière entre familles de Trichoptères comprenant pour une part importante les *Glossosomatidae* et *Sericostomatidae*. Parmi les Ephéméroptères et les Coléoptères, les *Ephemeridae* (*Ephemera danica*) et les *Elmidae* acquièrent ici une grande importance.

IV.2. Richesses comparées

IV.2.1. Richesses spécifiques stationnelles.

Stations	I	II	III	IV	V	A_1	A_2
Nombre d'espèces	93	89	94	106	118	**60**	76

Les richesses les plus élevées sont celles du ruisseau de Négréoux (V) et des chenaux (III et IV). Ces biotopes, en situation de bordure par rapport au cours axial de la Durance, présentent une grande stabilité de substrats et de meilleures possibilités d'installation pour les espèces lénitophiles ou faiblement rhéophiles.

A la station I, la richesse se trouve limitée par les conditions hydrologiques changeantes et l'uniformité du substrat.

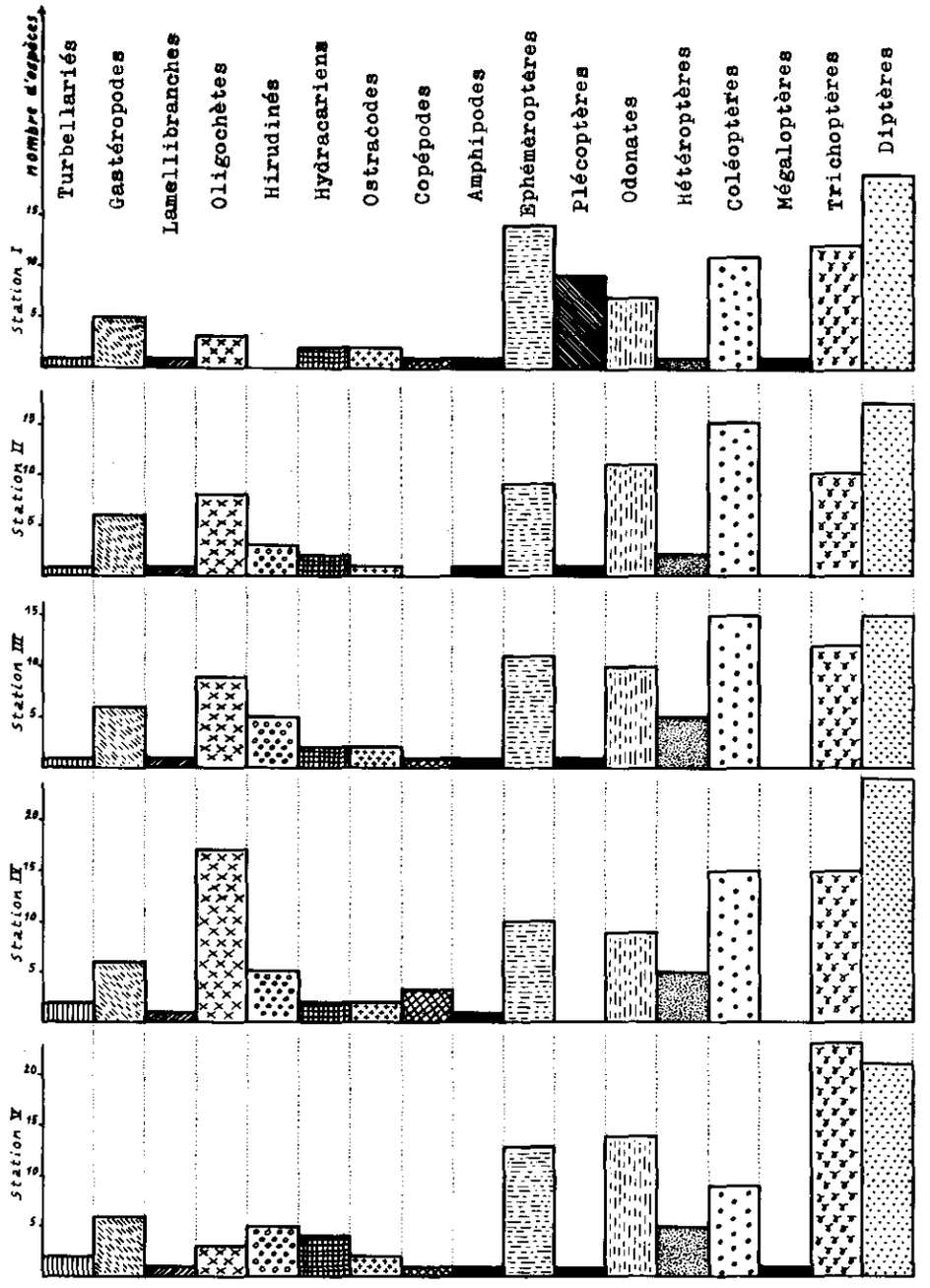


Fig.3 - Histogramme des richesses spécifiques des groupes zoologiques étudiés.

IV.2.2. Richesses relatives des groupes zoologiques.

Les histogrammes (fig.3) donnant la richesse de chaque groupe faunistique dans les 5 stations étudiées font ressortir une certaine similitude dans la diversification de la plupart des groupes.

Les différences les plus marquées apparaissent tout d'abord :

- chez les Plécoptères, très bien représentés dans l'Asse (I) avec 9 espèces dont 5 exclusives (*Protonemura* sp. *Dictyogenus ventralis*, *Isoperla grammatica*, *Perla marginata*, *Chloroperla tripunctata*).

- chez les Trichoptères, qui dominent à Négréoux (V) avec 24 espèces, dont 8 exclusives de ce ruisseau (*Ithytrichia lamellaris, Hydroptila sparsa, Wormaldia occipitalis, Chimarra marginata, Tinodes maculicornis, Silo nigricornis, Mystacydes azurea, Oecetis testacea*).

- les Hirudinées ne comportent aucun représentant dans la station I, vraisemblablement en raison du courant trop fort (MINELLI, 1977) et de la rareté des organismes aquatiques exerçant avec les sangsues des coactions réglant leur répartition (JARRY, 1959).

- les Oligochètes sont peu diversifiés dans l'Asse et le ruisseau de Négréoux. Ils comportent le plus grand nombre d'espèces dans la Durance (cours principal et surtout bras latéraux) avec une richesse prépondérante pour les *Tubificidae*.

- les Coléoptères de l'Asse et de Négréoux appartiennent essentiellement aux deux familles *Dryopidae* et *Elmidae*, liées aux eaux vives. Pour la Durance (I et III-IV), les espèces se répartissent en proportions égales entre *Haliplidae - Dytiscidae* d'une part et *Dryopidae - Elmidae* d'autre part.

- les Ephéméroptères de l'Asse montrent une richesse légèrement supérieure par la présence de *Oligoneuriella rhenana* et de 3 *Heptageniidae* (*Rhithrogena* sp., *Ecdyonurus lateralis, Ecdyonurus ruffii*).

IV.3. Densité des peuplements.

Dans les deux stations des chenaux latéraux (III et IV) où le mode de prélèvement semi-quantitatif a été retenu, l'abondance absolue, déterminée pendant un temps constant d'une demi-heure, ne permet qu'une comparaison entre ces deux stations. Les valeurs moyennes annuelles sont très proches (241 individus/ demi-heure pour la station III et 277 pour la station IV).

Pour les stations I, II, V, (échantillonnées au filet Surber) les densités moyennes sont respectivement de 780, 3.140 et 4.130 ind/m2.

La densité est faible à la station I où les fortes variations de débit et l'assèchement estival du cours épigé, sont préjudiciables au développement des populations. Les hautes eaux, en bouleversant les substrats, engendrent des pertes considérables de faune. La réduction du débit estival associée aux températures élevées entraîne une diminution de l'oxygénation de l'eau qui devient alors le facteur limitant pour la faune oxybionte de cette rivière (Plécoptères, *Heptageniidae*). La participation des *Simuliidae* est prépondérante ici (284 ind/m2). Secondairement, et avec des valeurs comprises entre 150 et 40 ind/m2, les *Caenidae, Chironomidae, Hydropsychidae, Baetidae, Heptageniidae, Chloroperlidae*, correspondent aux familles les mieux représentées.

La station II du cours axial de la Durance comprend quatre fois plus d'individus. Le débit régularisé est ici favorable au développement des populations benthiques. Les *Chironomidae* (905 ind/m2), les *Caenidae* (878 ind/m2) et les *Hydropsychidae* (345 ind/m2) représentent les 2/3 de la densité.

La station V, milieu stable, présentant des possibilités alimentaires étendues, des habitats variés, réunit les conditions favorables à une bonne diversité et au développement de la communauté.

La population de *Gammarus pulex* domine avec 1550 ind/m2. Très diversifié, le peuplement de Trichoptères a une densité de 672 ind/m2, avec dominance d'*Agapetus cravensis* (415 ind/m2). Parmi les groupes présentant une grande densité, citons les Ephéméroptères (550 ind/m2) répartis de manière égale entre les *Baetidae Caenidae, Ephemeridae*, et les Coléoptères, essentiellement *Elmidae*, atteignant 443 ind/m2. Par opposition aux deux autres stations considérées précédemment, les *Hydropsychidae* ne sont représentés que par 25 ind/m2. Ainsi, ce biotope apparait nettement plus favorable aux brouteurs (*Agapetus, Baetis, Elmidae*) qu'aux collecteurs (*Hydropsyche*).

IV.4. Diversité spécifique globale.

Pour analyser la structure des biocénoses, nous avons utilisé les indices de SHANNON (Ish), de diversité maximale (Imax) et l'équitabilité (Eq). Le tableau suivant indique les indices de diversité moyens annuels.

	I	II	III	IV	V	
					avec Gammares	sans Gammares
Ish (bits)	3,637	3,346	4,194	3,820	3,749	4,713
I_{max} (bits)	6,248	6,045	5,977	5,701	6,426	6,410
Eq (%)	58,21	55,35	70,16	67,01	58,33	73,53

Pour la station V qui comprend une population permanente de *Gammarus pulex* dominante (38,6% de la communauté, 1550 ind/m2), un deuxième calcul a été effectué sans prendre en considération cette espèce. Les indices structuraux atteignent alors les valeurs les plus élevées des stations étudiées témoignant d'une bonne stabilité du peuplement.

Les stations des chenaux latéraux avec des valeurs d'équitabilité légèrement inférieures présentent encore une répartition assez homogène des individus entre les espèces.

Les stations Asse et Buissonnades accusent les valeurs les plus faibles de l'indice de SHANNON et le plus grand écart avec la diversité maximale. Les raisons d'une moins bonne organisation des communautés sont différentes pour chacune des stations. Dans l'Asse, les conditions d'instabilité hydrologique limitent la diversité et entravent l'équilibre de la communauté, tandis que pour la station des Buissonnades, la prolifération de certaines espèces (*Caenis macrura, Caenis luctuosa, Hydropsyche dissimulata, H. exocellata, Hydroptila vectis, Potamopyrgus jenkinsi*) crée une structure moins équilibrée.

IV.5. Conclusion.

Les résultats précédents ont permis de différencier trois types de biocénoses définis par le milieu.

- Peuplement du cours inférieur de l'Asse :

La rivière de type torrentiel est marquée par des états hydrologiques extrêmes : crues et étiages sévères. Cette instabilité limite la fixation des macrophytes aquatiques, l'installation d'une microflore épilithe, la formation d'habitats lénitiques, et réduit ainsi la diversification intrabiotopique des synusies. La structure, la densité et la richesse, sont de la sorte affectées par une telle situation.

Sur le substrat, uniformément constitué de petits galets, dominent les organismes pétricoles et rhéobiontes. Les groupes les plus représentatifs de ce biotope (*Simuliidae, Heptageniidae*, Plécoptères *Setipalpia*) trouvent dans ces eaux vives, bien oxygénées, limpides et exemptes de pollution, des conditions répondant à leurs exigences écologiques.

- Peuplement de la Durance :

Le débit régulé de cette rivière favorise la stabilité du milieu , la présence d'une mosaïque d'habitats et un grand développement du périphyton. La densité et la complexité du peuplement sont en conséquence plus élevées que celles de l'Asse.

Le cours axial et les bras latéraux se distinguent par la dominance des formes rhéophiles dans le premier, des formes lénitophiles dans les seconds. *Chironomidae, Hydropsychidae, Caenidae,* prépondérants dans le cours principal, diminuent d'importance dans les dérivations latérales de la rivière au profit des Gastéropodes et des Hirudinées.

- Peuplement du ruisseau de Négréoux :

Il est nettement dominé par une forte population de *Gammarus pulex,* situation que l'on retrouve dans un complexe de sources de Crau où la même espèce constitue plus de 50% du peuplement (SEGUIER, 1981). Sa prospérité n'exclut pas une bonne diversification et le développement d'espèces caractérisant ce milieu. La richesse et l'abondance des Trichoptères, l'importance particulière des *Elmidae,* le développement de la population d'*Ephemera danica* sont représentatifs de ce biotope. Alimenté par les eaux de la nappe phréatique et situé à l'exutoire de plusieurs étangs, ce milieu se singularise par une grande stabilité hydrologique et par la diversité des sources trophiques : phytoplancton, herbiers de macrophytes, débris végétaux en décomposition, matériel en dérive provenant des étangs supérieurs. Tous ces facteurs confèrent à la station une grande richesse, une densité élevée, une bonne organisation du peuplement faisant ressortir l'originalité du milieu.

V - COMPARAISON DES PEUPLEMENTS

Les affinités coenotiques entre les différents milieux ont été établies à l'aide du coefficient de corrélation de rangs de KENDALL, lequel permet des comparaisons entre des prélèvements quantitatifs, semi-quantitatifs, et surtout entre des prélèvements quantitatifs et semi-quantitatifs.

La méthode de calcul utilisée est exposée par CANCELA DA FONSECA (1968). Cette analyse considère, d'une part, la présence-absence des espèces dans les secteurs étudiés, et, d'autre part, tient compte du nombre relatif d'individus de chaque espèce présente.

Pour chacune des stations on établit une liste d'espèces en fonction des valeurs décroissantes de l'abondance. L'affinité est maximale entre deux stations si elles présentent les mêmes espèces rangées dans un même ordre, et il n'y aura aucune affinité si les séries sont dans un ordre opposé. CANCELA DA FONSECA souligne que dans cette méthode, la présence des mêmes espèces dans deux biotopes ne signifie pas nécessairement que ces derniers sont identiques; pour celà il faudrait que les mêmes espèces y maintiennent des positions relatives semblables.

Les résultats révèlent des tests de signification différents selon les stations confrontées. La matrice de similitude (fig.4) met en évidence un coefficient non significatif entre la station I et les quatre suivantes, et entre la station V et les quatre précédentes, et une gradation de signification entre les stations II et IV, puis II et III et enfin III et IV.

Le peuplement de l'Asse s'individualise par sa situation de cours d'eau exempt de perturbations d'origine urbaine et industrielle. Le régime des eaux, marqué par des crues et un assèchement presque total en été, s'oppose à la mise en place d'une couverture biologique et à l'établissement d'habitats lénitiques stables. Ses eaux claires et bien oxygénées sont favorables à l'installation d'espèces oxybiontes comme les Plécoptères et les *Heptageniidae* bien représentés dans cette seule stations. Elle s'éloigne des conditions de la station de la Durance qui n'héberge pas les espèces polluo-sensibles, probablement en raison de l'action nocive des effluents industriels de St-Auban; ce fait est confirmé par l'apparition de ces espèces en aval de la confluence de l'Asse.

A.

	Pt d'A. I	Buiss. II	Vinon III	Ste T. IV	Négr. V
Pt d'A. I		0,05	0,07	0,01	0,05
Buiss. II	o		0,25	0,20	0,09
Vinon III	o	+++		0,38	0,06
Ste T. IV	o	+	++++		0,02
Négr. V	o	o	o	o	

o ..... coefficient non significatif
+ — coefficient significatif au seuil de sécurité de 5 %
+++ — " " " " de 1 ‰
++++ — " " " " de 1 ‰

B.

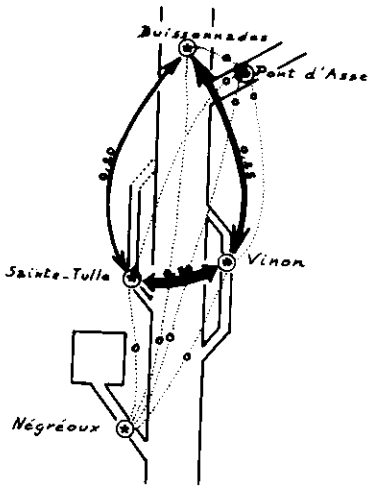


Fig.4 - A. Matrice de similitude établie à partir du coefficient de corrélations de rang de KENDALL. B. Représentation schématique du degré de signification de la similitude entre les cinq stations.

La dissemblance entre les deux rivières se trouve encore accentuée par la régulation du débit de la Durance.

Pour la station V, les tests de signification des coefficients utilisés ne font apparaître aucune affinité écologique avec les autres stations, faisant ainsi ressortir l'originalité de cette communauté qui comporte un nombre important d'espèces caractéristiques et où la grande richesse en Trichoptères n'a pas son équivalent ailleurs dans le secteur étudié.

Les seules valeurs significatives d'affinité apparaissent entre le chenal principal et les bras latéraux de la Durance. Les *Hydropsychidae* (*Hydropsyche dissimulata*, *Hydropsyche exocellata*) dominent à la fois dans le cours axial et dans les zones les plus vives des chenaux latéraux. Les peuplements à tendance lénitique deviennent prédominants dans les bras latéraux et induisent les plus fortes affinités biocénotiques entre les stations III et IV.

VI - DYNAMIQUE TEMPORELLE

VI.1. Evolution annuelle de la densité (fig.5 et 6)

- Station de l'Asse :

Les valeurs des densités pour les deux premiers mois de l'année sont élevées et très éloignées des densités mensuelles du reste de l'année. Elles sont nettement influencées par les effectifs de la population de *Tetisimulium bezzii* (632 ind/m2 en janvier, 2082 ind/m2 en février) qui baissent brusquement en mars, période d'émergence de cette espèce au développement préimaginal bref. Le mois suivant, l'apparition précoce des adultes de *Chloroperla tripunctata* fait encore diminuer les effectifs benthiques. Une crue survenue fin avril appauvrit les populations restantes. En juillet une remontée apparaît, liée à l'augmentation numérique de *Caenis macrura* et *C. luctuosa*, *Hydropsyche exocellata*, *H.dissimulata*, *Baetis fuscatus*, *Ecdyonurus ruffii*.

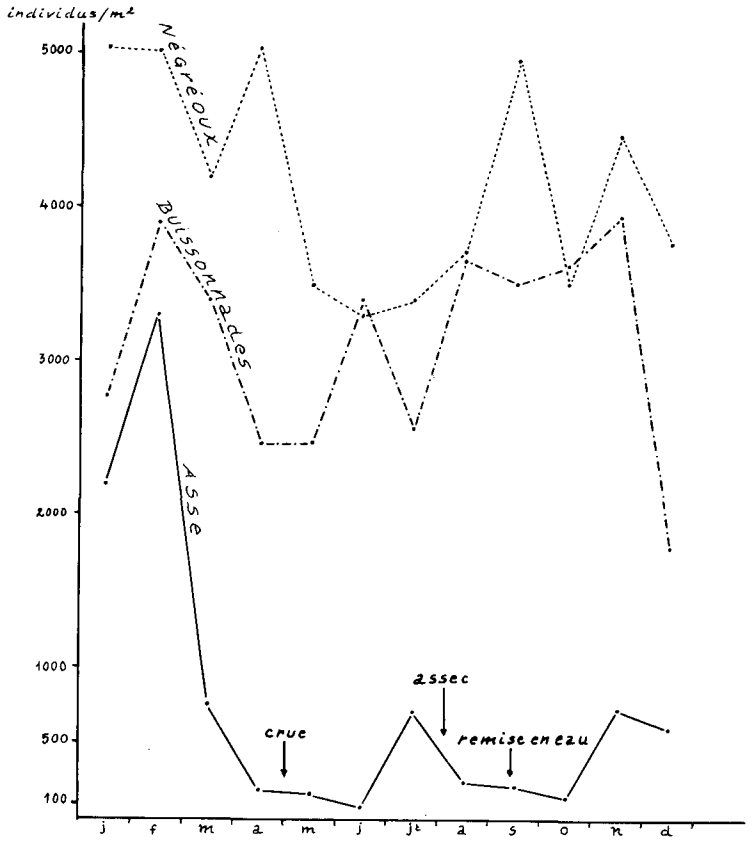


Fig.5 - Evolution annuelle des densités (ind./m2) dans les stations I, II, V.

Une deuxième perturbation intervient avec la réduction progressive de l'écoulement de surface : la structure de la communauté est de nouveau affectée. Il faudra attendre deux mois après la remise en eau pour que la densité s'élève à une valeur moyenne pour la station.

- Station de la Durance :

Pour la station du cours axial les densités les plus basses se situent en décembre-janvier et en avril-mai. En hiver, le peuplement est dominé par les *Hydropsychidae* (*H.dissimulata* et *H.exocellata*), les Caenidae *C. macrura* et *C.luctuosa*) et secondairement par *Polycentropus flavomaculatus*, *Tetisimulium bezzii*,

Fig.6 - Fluctuation des effectifs des prélèvements mensuels pour une durée d'une demi-heure (station III, IV).

Baetis lutheri. Au printemps, une période pluvieuse à l'origine de débits importants a entrainé la disparition d'une partie des individus de la communauté : les populations d'*Hydropsychidae* (*Hydropsyche exocellata* surtout) accusent une baisse d'effectifs, alors qu'elles se maintiennent dans les bras latéraux. *Hydroptila vectis*, *Psychomyia pusilla*, *Polycentropus flavomaculatus*, les *Chironomidae*, les Ostracodes voient leurs effectifs diminuer passagèrement puisqu'une remontée a lieu dès le mois de juin. Pendant cette période, on note une abondance plus élevée pour *Caenis macrura* et *C. luctuosa* et pour les Oligochètes. Les mois suivants, le maintien des débits par restitution des eaux de stockage des barrages permet la stabilisation de la communauté à un taux de densité assez élevé (voisin de 3500 ind/m2) par rapport à la station de l'Asse défavorisée par l'exondation.

Dans les bras latéraux, le mode d'échantillonnage semi-quantitatif ne permet qu'une comparaison basée sur les fluctuations d'abondance. Le peuplement est dominé dans les 2 stations par les *Hydropsychidae*, Gastéropodes et Hirudinées. L'effectif des populations d'*Hydropsychidae* n'est pas diminué par la montée des eaux du mois de mai. Il baisse aux mois de juin, juillet au moment des émergences. Les variations quantitatives de la communauté sont essentiellement soumises à la croissance des populations de *Potamopyrgus jenkinsi* et *Erpobdella octoculata*.

- Station de Négréoux :

Les densités, fluctuant entre 5052 et 3326 ind./m2, accusent un minimum de mai à août. Cette période est surtout marquée par la baisse de l'effectif des Trichoptères à la suite de l'émergence d'une fraction importante des populations, principalement la population dominante (*Agapetus cravensis*) qui passe d'une moyenne de 760 ind./m2 à 76 ind./m2.

VI.2. Evolution annuelle de la richesse (fig.7)

Le dénombrement mensuel des espèces recensées accuse les plus grandes fluctuations pour l'Asse; la diversité de son peuplement est affectée par la montée des eaux au printemps (débit de crue au mois de mai) et par l'assèchement du cours épigé de la rivière en août. Durant la période printanière la richesse décroît et cet appauvrissement de la biocénose est ressenti jusqu'au mois de juin.

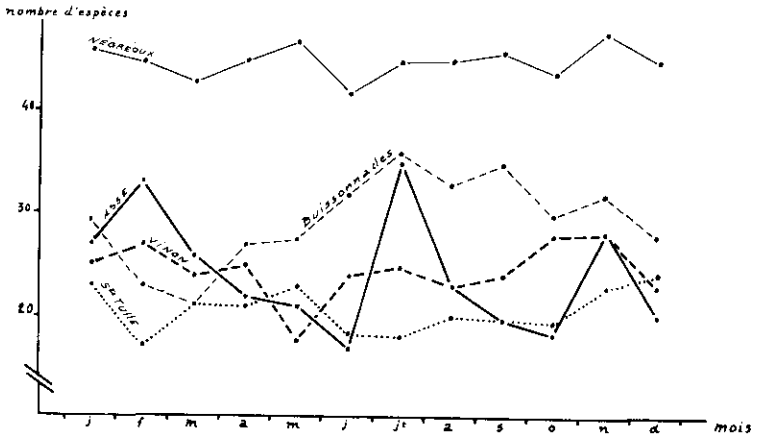


Fig.7 - Evolution annuelle des richesses spécifiques stationnelles.

En Durance (II), la richesse s'accroît dès le mois de juin. L'impact des hautes eaux a été différent puisqu'elles n'ont pas perturbé ici la richesse spécifique. Le cours principal présente pour l'ensemble des prélèvements des richesses supérieures à celles des chenaux et comporte pour l'année des valeurs plus

élevées à partir du mois de juin. Les fluctuations dans les bras latéraux sont moins accentuées que celles des cours principaux de la Durance et surtout de l'Asse, et ceci en relation avec un régime plus stable des eaux.

La station la plus remarquable est incontestablement celle de Négréoux, le peuplement est très diversifié et les richesses mensuelles élevées et relativement stables.

VI.3. Diversité cyclique

- Station de l'Asse. (fig.8)

Mis à part le mois de février où on observe une valeur particulièrement basse de l'équitabilité due à la prolifération des *Simuliidae* (2/3 de l'effectif), l'équitabilité des populations est supérieure à 60% pour le reste de l'année, elle dépasse même 80% dans cinq prélèvements mensuels.

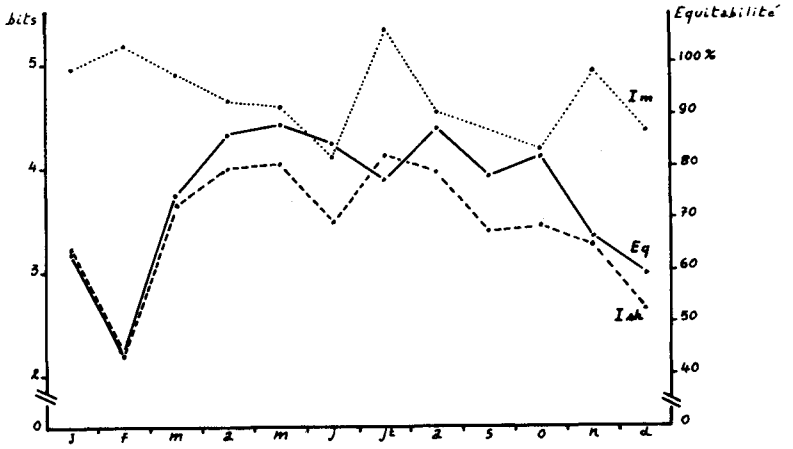


Fig.8 - Evolution annuelle des indices de structure dans la station I (Pont d'Asse). (Ish = indice de diversité de SHANNON, Eq = équitabilité, Im = indice maximum).

Malgré l'instabilité des conditions hydrologiques, l'équitabilité n'accuse pas de grandes variations. Par contre, la densité et la richesse sont plus nettement affectées par les différences de niveau. Il n'y a pas de dominance notoire et la diversité réelle est toujours assez voisine de la richesse maximale.

- Station du cours principal de la Durance. (fig.9)

Les écarts entre la diversité réelle et la diversité théorique sont

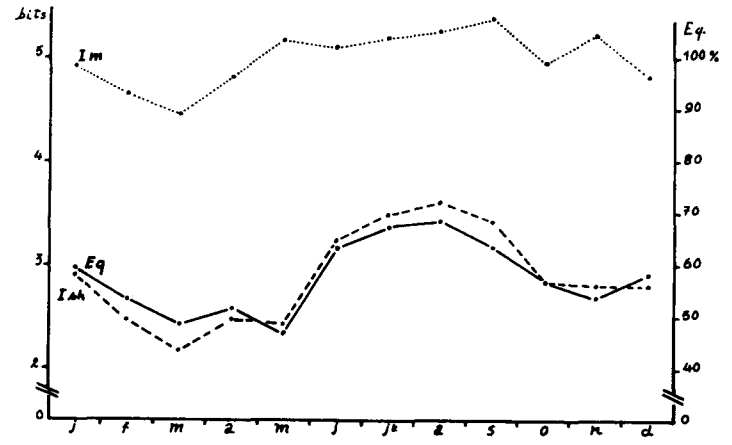


Fig.9 - Evolution annuelle des indices de structure dans la station II (Buissonnades).

dans l'ensemble plus importants que ceux de la station I et les valeurs de la diversité maximale restent plus constantes (entre 4,46 et 5,39 bits).

Le profil de la courbe des équitabilités reflète au printemps, avec des valeurs inférieures à 50%, un peuplement mal structuré qui acquiert un degré d'organisation plus élevé à partir du mois de juin. Il se maintient avec des valeurs de l'équitabilité supérieures à 60% pendant toute la saison estivale durant laquelle le débit est soutenu par suite de l'apport constant provenant du barrage de Château-Arnoux.

- Stations des bras latéraux.(fig. 10 et 11)

La plupart des valeurs de l'équitabilité se situent au-dessus de 70%. Pour les espèces présentes, la répartition des individus est assez uniforme. Les communautés, constituées essentiellement de formes lénitophiles, sont bien structurées dans ces deux biotopes de bordure.

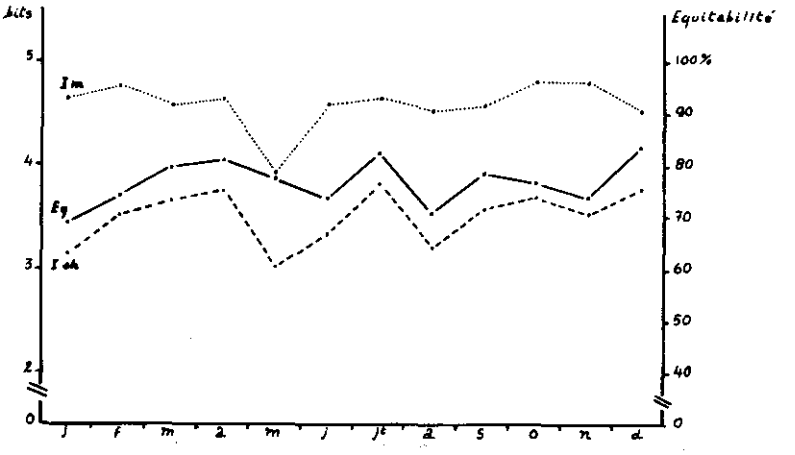


Fig.10 - Evolution annuelle des indices de structure dans la station III (Vinon).

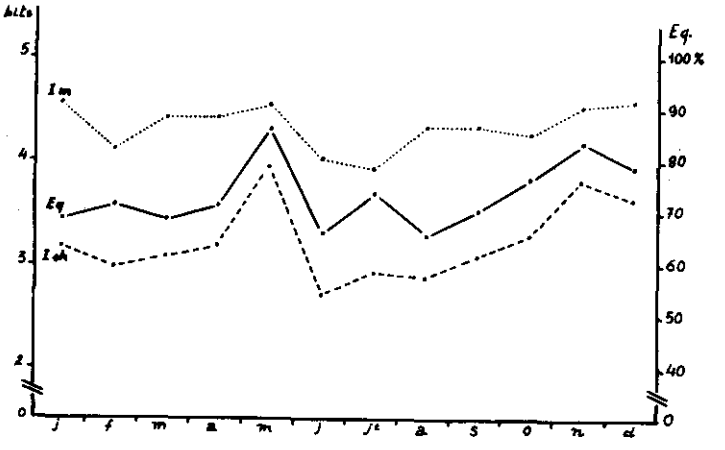


Fig.11 - Evolution annuelle des indices de structure dans la station IV (Sainte-Tulle).

Cette organisation évolue peu au cours de l'année à l'exception du mois de mai où l'on constate une baisse simultanée des richesses théorique et réelle de la station III et au contraire une augmentation à la station IV.

- Station de Négréoux (fig. 12 et 13)

L'effectif considérable de *Gammarus pulex* fait chuter l'équitabilité dont les valeurs fluctuent entre 50 et 75%. En faisant abstraction de cette population, les valeurs de l'équitabilité remontent et avec plus de constance oscillent autour de 80%.

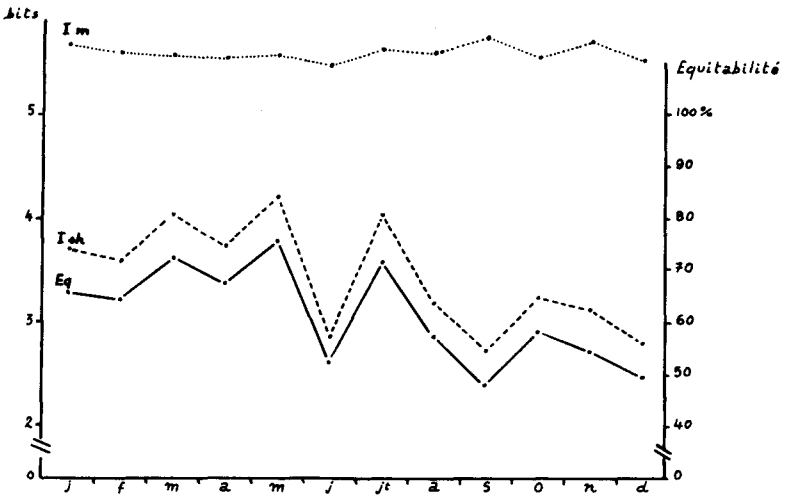


Fig.12 - Evolution annuelle des indices de structure dans la station V (Négréoux).

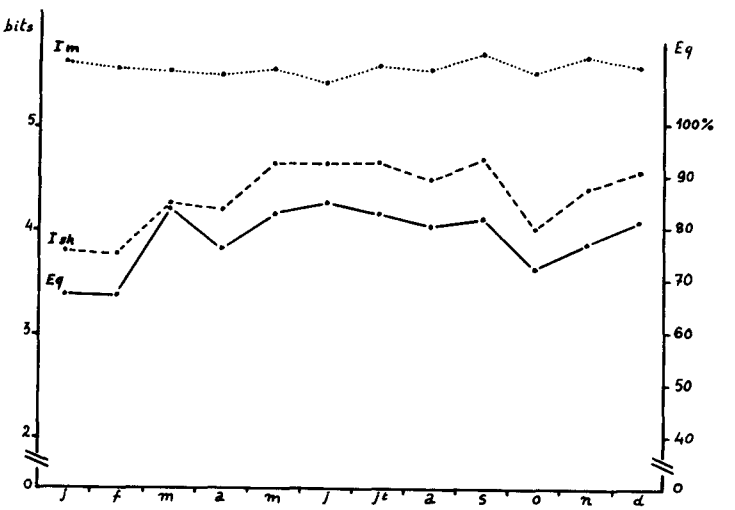


Fig.13 - Evolution annuelle des indices de structure dans la station V (Négréoux), sans les Gammares.

Dans les deux cas, l'indice de diversité maximale reste voisin de 5,5 bits tout au long de l'année traduisant la stabilité faunistique du peuplement.

VI.4. Conclusion.

La communauté de Négréoux est la plus diversifiée; elle présente des richesses mensuelles constantes, une densité élevée dont les variations ne sont liées qu'aux biocycles des espèces, une structure équilibrée tout au long de l'année. Les conditions hydrologiques stables, le débit suffisant pour maintenir la diversité des habitats lotiques, permettent la réalisation dans ce ruisseau de nombreuses niches écologiques.

Les chenaux latéraux renferment essentiellement des habitats lénitiques auxquels correspondent des peuplements présentant des valeurs mensuelles de richesse plus faible. Les valeurs de l'équitabilité traduisant cependant une bonne structure, les variations y sont de faible amplitude. A l'abri des crues, les biocénoses maintiennent leur équilibre.

Les plus grandes fluctuations des coefficients de structure sont observées pour le cours principal de la Durance et de l'Asse; en bouleversant les substrats, les hautes eaux perturbent les biocénoses, ce qui se traduit par un appauvrissement de la communauté en nombre d'espèces et en densité. L'impact semble inégal sur les populations présentes. Les effets de la crue sont plus intenses pour l'Asse et persistent pendant un temps plus long, la communauté se reconstituant plus rapidement dans le cours axial de la Durance.

CONCLUSION GENERALE

En Durance, les barrages, éléments majeurs du changement de physionomie de la rivière, ont imposé des conditions écologiques nouvelles dans le secteur étudié. Par leur rôle régulateur ils ont supprimé l'influence alpine, laissant prédominer les conditions méditerranéennes et faisant obstacle aux apports d'invertébrés rhéophiles depuis l'amont, par dérive.

L'environnement en chacun des points considérés, résultante des facteurs naturels et anthropiques, offre des milieux de vie différents pour la faune, conditionnant ainsi la répartition des organismes aquatiques des stations.

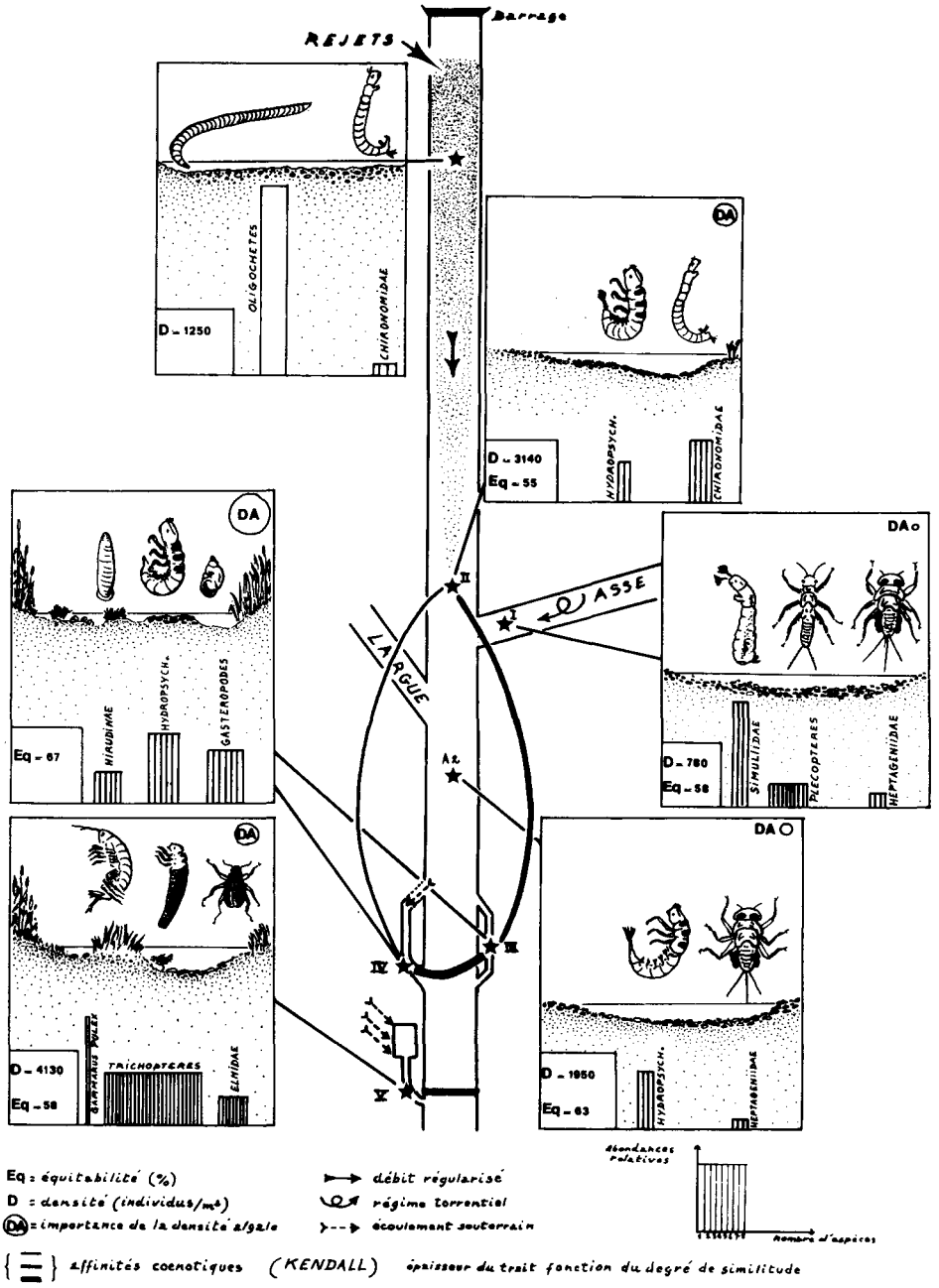
Le peuplement est composite. Les représentants le plus souvent rencontrés ont un caractère ubiquiste dans l'espace européen. Les espèces rares du secteur se cantonnent aux biotopes de l'Asse et surtout de Négréoux qui en compte trois dans sa communauté : *Baetis atrebatinus* dont la présence douteuse jusqu'ici sur la liste de la faune de France se trouve confirmée et 2 espèces mentionnées pour la première fois en France : *Baetis pentaphlebodes* (THOMAS et all. 1986) et *Chelocnetha latigonia*.

La plupart des organismes récoltés présentent des capacités adaptives étendues et couvrent plusieurs unités de la zonation longitudinale des eaux courantes. Les espèces sténotopes sont surtout des formes potamophiles caractérisant plus présisément l'épipotamon ; moins nombreuses sont celles qui appartiennent aux secteurs du crénal-rhitral ; elles se localisent ici dans deux stations, Pont d'Asse et Négréoux, mais avec une distribution différente.

Dans la Durance les espèces les plus abondantes sont des formes à large valence écologique, tolérantes à la pollution organique, eurythermes, et se retrouvant communément dans les biocénoses potamiques (en particulier dans le Rhône). Des différences qualitatives et quantitatives séparent les peuplements, d'une part, le long du cours de la rivière et d'autre part, selon un transect transversal : cours axial et bras latéraux.

Au niveau de Pont-des Mées, dans un secteur soumis aux impacts des rejets de l'usine chimique de St Auban, la communauté est constituée d'Oligochètes et de quelques *Chironomidae*. Elle est remplacée 20 km en aval par un peuplement dominé par les *Hydropsychidae, Caenidae, Chironomidae*. C'est seulement après les apports des affluents, Largue et Asse, qu'apparaissent dans la Durance des éléments polluosensibles appartenant aux *Heptageniidae*, accompagnés de quelques rares Plécoptères. Ces deux groupes sont bien représentés dans la biocénose torrenticole de l'Asse. Cet affluent héberge principalement des espèces sténo-oxybiontes, à tendance sténotherme et exigentes vis-à-vis de la qualité de l'eau et pourrait être en quelque sorte le témoin d'une situation voisine de l'état initial des communautés de la Durance.

PRINCIPALES CARACTERISTIQUES ET SIMILITUDES ENTRE LES STATIONS



Dans la Moyenne-Durance, la disparition des éléments fragiles de la faune peut être imputée aux différentes activités humaines. Ici le facteur de perturbation majeur est incontestablement la charge polluante provenant de l'usine de Saint-Auban dont le retentissement sur la vie aquatique se fait sentir avec une intensité fonction de la dilution de l'effluent.

Les débits réduits des bras latéraux déterminent des caractères physiographiques particuliers. Les vastes zones lénitiques diversifiées font prédominer dans la communauté des bras les espèces limnophiles; l'habitat lotique présente de grande affinités avec le cours axial de la rivière.

Les chenaux latéraux présentent un intérêt en tant que réserves de faune du fait de leur peuplement diversifié par la présence des deux entités lotique

et lénitique. Ils ne pourront continuer à jouer ce rôle que si leur alimentation est suffisante, le processus d'atterrissement naturel auquel ils sont soumis étant accéléré par l'apport de nutriements depuis les terres agricoles environnantes.

Un des biotopes de bordure, "Négréoux", se singularise de l'ensemble des stations : bien que se trouvant très proches du cours de la Durance, ses eaux sont coupées de l'alimentation de la rivière et proviennent exclusivement de la nappe phréatique lui conférant ses caractéristiques. Les formes du potamal des bras latéraux y font place aux formes sténothermes d'eau froide et oligosaprobes du crénal et du rhitral. Cet habitat marginal, bien que de formation relativement récente (1960), comporte un grand nombre d'espèces originales qui prospèrent grâce aux ressources trophiques étendues et en font un site de grand intérêt écologique.

B I B L I O G R A P H I E

AMOROS (C), 1980. - Structure et fonctionnement des écosystèmes du Haut-Rhône français. XV. Structure des peuplements de Cladocères et Copépodes de deux anciens méandres d'âge différents. *Acta Oecologica*, Oecol. Gener. 2 : 193-208.

BERTHELEMY (C.), 1966. - Recherches écologiques et biogéographiques sur les Coléoptères d'eau courante (*Hydraena* et *Elminthidae*) des Pyrénées. *Annls Limn.*, 2 (2) : 227-458.

BOURNAUD (M.), TACHET (H.) et PERRIN (J.F.), 1982. - Les *Hydropsychidae* (*Trichoptera*) du Haut-Rhône entre Genève et Lyon. *Annls Limnol.* 18 : 61-80.

CANCELA DA FONSECA (J.P.), 1968. - L'outil statistique en biologie du sol. IV - Corrélation de rang et affinités écologiques. *Rev. Ecol. Biol. Sol.*, 5 : 41-54.

CROZET (B.), PEDROLI (J.C.) et VAUCHER (C.), 1980. - Premières observations de *Potamopyrgus jenkinsi* (Smith) (*Mollusca, Hydrobiidae*) en Suisse romande. Revue suisse Zool., 87,3 : 807-811.

DECAMPS (H.), 1967. - Recherches écologiques sur les Trichoptères des Pyrénées. *Annls. Limn.* 3(1) : 101-176. 3 (3) : 399-577.

DECAMPS (H.), CAPBLANC (J.), CASANOVA (H.), DAUTA (A.), LAVILLE (H.), TOURENQ (J.N.), 1980. - Ecologie des rivières et développement : l'expérience d'aménagement de la vallée du Lot. Ministère de l'environnement. INRA. Ed. du CNRS.

ECOLOGIE ET AMENAGEMENT DE LA LOIRE, 1981. - Fédération Régionale de l'Association de Protection de l'Environnement du Centre. Ministère de l'environnement. Mission des Etudes et Recherches.

GIANI (N.), 1983. - Le Riou Mort, affluent du Lot, pollué par métaux lourds. III. Etude faunistique générale. *Annls Limnol.* 19 (1) : 29-43.

GIUDICELLI (J.), DIA (A.) et LEGIER (P.), 1980. - Etude hydrobiologique d'une rivière de région méditerranéenne l'Argens (Var, France). Habitats, hydrochimie, distribution de la faune benthique. *Bijdragen tot de Dierkunde* 50 : 303-341.

ILLIES (J.) et all., 1978. - *Limnofauna Europaea.* 2ème édition. Gustav Fischer Verlag. Stuttgart. 532 p.

JARRY (D.), 1959. - La place des Hirudinées dans quelques biocénoses dulçaquicoles de la région de Montpellier. *Vie et milieu,* 10 (2) : 147-159.

JUGET (J.), AMOROS (C.), GAMULIN (D.), REYGROBELLET (J.L.), RICHADUT (M.), RICHOUX (PH.) et ROUX (C.), 1976. - Structure et fonctionnement des écosystèmes du Haut-Rhône français. II. Etude hydrologique et écologique de quelques bras morts. Premiers résultats. *Bull. Ecol.* 7 (4) : 479-492.

MINELLI (A.), 1977. - Irudinei (*Hirudinae*). *Guide riconosc. Specie anim. acq. int. Ital.* Ed. CNR Italie, Verona, 44 p.

RICHARDOT-COULET (M.), RICHOUX (P.) et ROUX (C.), 1983. - Structure et fonctionnement des écosystèmes du Haut-Rhône français. 29. Structure des peuplements de macroinvertébrés benthiques d'un ancien méandre. *Arch. Hydrobiol.* 96 : 363-383.

ROJAS-CAMOUSSEIGHT (F.), 1985. - Etudes préliminaires sur l'utilisation des Trichoptères adultes comme descripteurs écologiques. Thèse Université Lyon I.

SEGUIER (J.), 1981. - Etude des relations entre les écosystèmes de sources, de ruisseaux et de marais dans un complexe limnique du nord de la Crau (B.d.R.). *Thèse de 3e cycle.* Aix-Marseille.

THOMAS (A.), 1981. - Travaux sur la taxonomie, la biologie et l'écologie d'insectes torrenticoles du sud-ouest de la France (Ephéméroptères et Diptères : *Dixidae, Cecidomyiidae, Rhagionidae et Athericidae)* avec quelques exemples de perturbations par l'homme. *Thèse d'Etat.*Université de Toulouse.

THOMAS (A.), PREVOT (R.) et VINCON (G.) 1986. - Deux Ephéméroptères nouveaux pour la faune de France : *Baetis pentaphlebodes* Ujhelyi 1966 (*Baetidae*)et *Caenis beskidensis* Sowa, 1973 (*Caenidae*). *Bull. Soc. Hist. nat. Toulouse,* 122 (sous presse).

USSEGLIO-PALATERA (P.), 1985. - Evolution des peuplements de Trichoptères et d'Ephéméroptères du Rhône à Lyon (1959-1982). Thèse, Université Lyon I.

INVENTAIRE FAUNISTIQUE

	Stations						
	I	II	III	IV	V	A1	A2
VERS							
TURBELLARIES							
PLANARIIDAE							
Polycelis tenuis Ijima		+	+	+	+		
DENDROCOELIDAE							
Dendrocoelum lacteum (Müller)	+			+	+		+
NEMERTIENS							
TETRASTEMMATIDAE							
Prostoma sp.	+	+			+		+
OLIGOCHETES							
LUMBRICULIDAE							
Stylodrilus brachystylus Hr.				+			
Stylodrilus heringianus Clap.		+		+	+		
Lumbriculus variegatus (Müll.)				+			
Lumbriculidae			+				
TUBIFICIDAE							
Tubifex tubifex (Müll.)				+			
Limnodrilus claparedeanus Rat.				+			
Limnodrilus hoffmeisteri Clap.		+		+			
Limnodrilus sp.	+					+	
Potamothrix bavaricus (Osch.)		+		+			
Branchiura sowerbyi Bedd.				+			
Aulodrilus pluriseta (Pig.)		+		+	+		
Tubificidae			+				+
NAIDIDAE							
Ophidonais serpentina (Müll.)				+			
Nais bretscheri Mich.				+			
Nais elinguis Müll.				+			
Nais pardalis Pig.				+			
Nais pseudobtusa Pig.				+			
Slavina appendiculata (Od.)	+					+	
Stylaria lacustris (Limn.)		+	+	+			+
Naididae			+				
ENCHYTRAEIDAE							
Marionina sp.				+			
Enchytraeidae		+					
LUMBRICIDAE							
Eiseniella tetraedra (Savigny)	+	+	+	+	+	+	+
HIRUDINEES							
GLOSSIPHONIIDAE							
Glossiphonia complanata (Linné)			+	+	+		
Helobdella stagnalis (Linné)		+	+	+			
Theromyzon tessulatum (O.F. Müller)					+		
Hemiclepsis marginata (O.F. Müller)		+	+	+	+		
PISCICOLIDAE							
Piscicola geometra (Linné)			+	+	+		
ERPOBDELLIDAE							
Erpobdella octoculata (Linné)		+	+	+	+		+
MOLLUSQUES							
GASTEROPODES							
HYDROBIIDAE							
Potamopyrgus jenkinsi Smith.	+	+	+	+	+	+	+
PHYSIDAE							
Physa acuta Draparnaud	+	+	+	+	+		+

	I	II	III	IV	V	A1	A2
LYMNAEIDAE							
Lymnaea ovata peregra Müller	+	+	+	+	+		+
PLANORBIDAE							
Gyraulus albus Müller	+	+	+	+	+	+	+
ANCYLIIDAE							
Ancylus fluviatilis Müller	+	+	+	+	+		
SUCCINEIDAE							
Succinea elegans Risso		+	+	+	+		
LAMELLIBRANCHES							
SPHAERIIDAE							
Pisidium subtruncatum Malm.	+	+	+	+	+	+	+
HYDRACARIENS							
SPERCHONIDAE							
Sperchon setiger Thor					+		
LEBERTIIDAE							
Lebertia pulchella Viets	+	+	+	+	+	+	+
HYGROBATIDAE							
Hygrobates fluviatilis (Ström)	+					+	
Hygrobates trigonicus Koen.		+	+	+			
Atractides nodipalpis fonticola Viets					+		
KRENDOWSKIIDAE							
Krendowskia latissima Piers					+		
CRUSTACES							
OSTRACODES							
CYPRIDIDAE							
Eucypris zenkeri (Chyser)	+		+	+	+	+	
Herpetocypris brevicaudata Kaufm		+					
Herpetocypris chevreuxi (Sars)	+		+	+	+	+	
COPEPODES							
CYCLOPIDAE							
Acanthocyclops robustus (Sars)			+	+			
Diacyclops languidoides S.L.	+						
Macrocyclops albidus (Jur.)				+	+		
Eucyclops serrulatus (Fisch.)				+			
AMPHIPODES							
GAMMARIDAE							
Gammarus pulex Linné	+	+	+	+	+	+	+
INSECTES							
COLLEMBOLES							
Podura aquatica L.	+		+	+	+		
EPHEMEROPTERES							
BAETIDAE							
Baetis alpinus (Pictet)					+		
Baetis atrebatinus Eaton					+		
Baetis buceratus Eaton			+	+	+		+
Baetis fuscatus (Linné)	+	+	+	+		+	+
Baetis rhodani (Pictet)	+	+	+	+	+	+	+
Baetis sinaïcus Bog.	+		+	+		+	+
Baetis lutheri Müller Liebenau	+	+	+	+	+	+	+
Baetis pavidus Grandi				+			
Baetis pentaphlebodes Ujhelyi					+		
Cloeon simile Etn.		+	+				
Centroptilum pennulatum Eaton	+	+	+	+	+		+
OLIGONEURIIDAE							
Oligoneuriella rhenana Imhoff	+					+	+

	I	II	III	IV	V	A1	A2
HEPTAGENIIDAE							
Rhithrogena sp.	+					+	+
Ecdyonurus lateralis (Curtis)	+			+		+	+
Ecdyonurus ruffii Grandi	+	+	+		+	+	+
EPHEMERELLIDAE							
Ephemerella ignita Poda	+				+	+	
CAENIDAE							
Caenis macrura Steph.	+	+	+	+	+	+	+
Caenis luctuosa Burm.	+	+	+	+	+	+	+
LEPTOPHLEBIIDAE							
Choroterpes picteti (Eaton)		+	+				+
Paraleptophlebia sp.	+	+			+	+	
Habrophlebia sp.				+			
EPHEMERIDAE							
Ephemera danica Müller	+		+	+	+		
POTAMANTHIDAE							
Potamanthus luteus Linné							+
PLECOPTERES							
NEMOURIDAE							
Protonemura sp.	+					+	
LEUCTRIDAE							
Leuctra sp.	+	+				+	+
Leuctra hippopus Kmp.					+		
PERLODIDAE							
Dictyogenus ventralis Pict.	+					+	
Isoperla grammatica Poda	+					+	
Isoperla obscura griseipennis Pictet	+					+	+
PERLIDAE							
Dinocras cephalotes Curt.	+		+			+	
Perla bipunctata Pict.	+					+	+
Perla marginata Panzer	+					+	
CHLOROPERLIDAE							
Chloroperla tripunctata Scop.	+					+	
ODONATES							
CALOPTERYGIDAE							
Calopteryx haemorrhoïdalis (Linden)	+		+		+		
Calopteryx splendens (Harris)	+	+	+	+	+	+	+
LESTIDAE							
Sympecma fusca (Linden)		+					
Lestes sp.					+		
PLATYCNEMIDIDAE							
Platycnemis latipes Rambur	+	+	+	+	+		+
COENAGRIONIDAE							
Pyrrhosoma nymphula (Sulzer)					+		
Coenagrion mercuriale (Charp.)	+	+	+	+	+		+
Ischnura elegans (Linden)		+	+	+	+		
Ischnura pumilio (Charp.)		+					
AESHNIDAE							
Boyeria irene (Fonsc.)					+		
Aeshena sp.	+	+					
Anax imperator Leach					+		
GOMPHIDAE							
Gomphus pulchellus Selys					+		
Onychogomphus forcipatus (L.)	+	+	+	+		+	+
Onychogomphus uncatus (Charp.)	+				+		
CORDULEGASTERIDAE							
Cordulegaster boltoni (Donovan)					+		

	I	II	III	IV	V	A1	A2
LIBELLULIDAE							
Orthetrum coerulescens (Fabricius)		+	+	+	+		+
Orthetrum brunneum (Fonsc.)		+	+	+			+
Crocothemis erythraea Brullé		+	+	+			+
Sympetrum vulgatum (L.)			+	+	+		
HETEROPTERES							
CORIXIDAE							
Hesperocorixa linnei (Fieb.)			+	+			
Sigara semistriata (Fieb.)					+		
Micronecta meridionalis Costa	+	+	+	+	+	+	+
NEPIDAE							
Nepa cinerea Linné			+	+	+		
GERRIDAE							
Gerris sp.		+			+		
HYDROMETRIDAE							
Hydrometra stagnorum L.			+	+	+		
VELIIDAE							
Velia caprai Tamanini			+	+	+		
COLEOPTERES							
GYRINIDAE							
Gyrinus sp.	+				+		
Orectochilus villosus Müller							+
HALIPLIDAE							
Peltodytes caesus (Duftschmidt)		+	+	+			
Haliplus lineatocollis Marsham.		+	+	+			+
LACCOPHILIDAE							
Laccophilus hyalinus (De Geer)		+	+	+			
HYDROPORIDAE							
Bidessus minutissimus (G.)		+	+	+			+
Yola bicarinata (Latr.)							+
Stictotarsus duodecimpustulatus (Fabr.)	+	+					+
HYDRAENIDAE							
Hydraena regularis Rey		+					
HELOPHORIDAE							
Helophorus sp.							+
HYDROPHILIDAE							
Laccobius alternus Motsch.	+	+	+	+			+
Laccobius minutus (L.)			+	+			
Laccobius scutellaris Motsch.	+	+	+	+			+
Enochrus melanocephalus Oliv.			+	+			
DRYOPIDAE							
Dryops algiricus Lucas	+					+	
Dryops luridus Erichson					+		
Dryops lutulentus Erichson		+	+	+			
Dryops sulcipennis Costa			+	+			
Helichus substriatus Ph. Müller	+	+	+	+	+	+	+
ELMIDAE							
Elmis aenea Ph Müller	+	+	+	+	+	+	+
Elmis maugetii Latreille	+	+	+	+	+	+	+
Esolus parallelepipedus Müll.					+		
Esolus pymaeus Ph Müll.	+	+	+	+	+		
Limnius intermedius Fairmaire	+	+	+	+	+		+
Limnius volkmari Panzer					+		
Oulimnius major Rey					+		
Riolus subviolaceus Ph. Müller	+	+	+	+	+	+	+
MEGALOPTERES							
Sialis lutaria	+				+		

	I	II	III	IV	V	A1	A2
TRICHOPTERES							
RHYACOPHILIDAE							
Rhyacophila dorsalis Curtis	+	+	+	+	+	+	+
GLOSSOSOMATIDAE							
Agapetus cravensis Giudicelli	+	+			+		
HYDROPTILIDAE							
Ithytrichia lamellaris Eaton					+		
Oxyethira simplex Riss		+	+	+	+		
Hydroptila sparsa Curtis					+		
Hydroptila vectis Curtis	+	+	+	+	+	+	+
Agraylea sexmaculata Curtis		+		+	+		
PHILOPOTAMIDAE							
Wormaldia occipitalis Pictet					+		
Chimarra marginata Linné					+		
HYDROPSYCHIDAE							
Hydropsyche angustipennis Curtis				+	+		
Hydropsyche dissimulata Kum et Bots.	+	+	+	+		+	+
Hydropsyche exocellata Dufour	+	+	+	+	+	+	+
Hydropsyche pellucidula Curtis	+		+	+	+	+	+
Hydropsyche siltalai Döhler	+	+	+	+	+		
Hydropsyche sp.	+		+		+		
POLYCENTROPODIDAE							
Polycentropus flavomaculatus Pictet	+	+	+	+	+	+	+
Cyrnus trimaculatus Curtis			+	+	+		
PSYCHOMYIDAE							
Psychomyia pusilla Fabricius	+	+	+	+		+	+
Metalype fragilis Pictet				+	+		
Tinodes maculicornis Pictet					+		
Tinodes waeneri Linné				+			
LIMNEPHILIDAE							
Limnephilus sp.		+	+	+	+		
GOERIDAE							
Silo nigricornis Pictet					+		
LEPTOCERIDAE							
Mystacydes azurea L.					+		
Oecetis testacea Curtis					+		
SERICOSTOMATIDAE							
Sericostoma galeatum Rambur	+				+		
ODONTOCERIDAE							
Odontocerum albicorne Scop.					+		
DIPTERES							
TIPULIDAE							
Tipula lateralis Mg.	+	+	+	+			+
Tipula vittata Mg.		+		+			
Nephrotoma flavitarsis	+						
LIMNIIDAE							
Antocha vitripennis Meig.	+	+			+	+	+
Dicranota sp.				+	+		
Eloeophila sp.	+					+	
Eriocera sp.	+		+		+		
Hexatoma bicolor Meig.							+
Eriopterinae	+						+
PSYCHODIDAE							
Satchelliella sp.			+				
Psychoda sp.				+			
PTYCHOPTERIDAE							
Ptychoptera sp1				+			+
Ptychoptera sp2				+			

	I	II	III	IV	V	A1	A2
DIXIDAE							
Dixa sp.					+		+
CULICIDAE							
Culicidae							+
SIMULIIDAE							
Eusimulium rubzovianum Serban	+	+	+	+	+	+	+
Wilhelmia mediterranea (Puri)					+		
Odagmia nitidifrons (Edw.)	+		+	+	+	+	
Tetisimulium bezzii (Corti)	+	+	+	+	+	+	+
Chelocnetha latigonia (Rubzov)					+		
CHIRONOMIDAE							
Tanypodinae	+	+	+	+	+	+	+
Orthocladiinae - Diamesinae	+	+	+	+	+	+	+
Chironominae							
Chironomini	+	+	+	+	+	+	+
Tanytarsini	+	+	+	+	+	+	+
CERATOPOGONIDAE							
Bezzia sp.	+	+	+	+	+	+	+
Dasyhelea sp.	+	+	+	+	+	+	+
STRATIOMYIDAE							
Hermione formosa Meig.					+		
Hermione meigeni Staeg.					+		
Hermione pardalina Meig.		+					
autres Stratiomyidae.							+
EMPIDIDAE							
Hemerodromia sp.	+	+			+	+	+
Wiedemannia sp.	+	+	+	+	+	+	+
DOLICHOPODIDAE							
Dolichopodidae sp1	+			+	+		
Dolichopodidae sp2				+			
TABANIDAE							
Tabanidae		+			+		
ATHERICIDAE							
Atherix ibis F.	+	+					+
Atrichops crassipes (Meigen)	+			+	+		
RHAGIONIDAE							
Chrysopilus auratus (F.)				+			
Chrysopilus torrentium Thomas				+			
SYRPHIDAE		+					
EPHYDRIDAE							
Hydrellia sp.	+	+	+	+	+		
Ephydra sp.			+				
SCIOMYZIDAE				+			
ANTHOMYIDAE							
Limnophora (Calliophrys) sp		+	+	+	+		

Impact d'une perturbation polluante d'origine organique sur les populations et les communautés d'invértébrés benthiques et en dérive d'une rivière méditerranéenne, le Tavignano(Corse).

J. GIUDICELLI★
P. LEGIER★
J.J. MUSSO★
G. PREVOT★

RESUME - L'impact d'une perturbation d'origine organique sur une rivière méditerranéenne a été étudié principalement à travers les modifications subies par les peuplements d'invertébrés. L'étude est basée sur l'analyse des prélèvements benthiques et des prélèvements de dérive.
Les effets de la pollution sur les communautés sont peu différents de ceux observés dans d'autres cours d'eau.
Dans le secteur le plus perturbé de ce cours d'eau rapide et bien oxygéné, les taxons saprophiles (Oligochètes, Gastéropodes, larves de Chironomides) ont une densité plus élevée mais ne forment pas de populations très abondantes; les taxons polluo-sensibles se maintiennent avec de faibles effectifs.
Les communautés des habitats lénitiques sont plus affectées par la pollution organique que les communautés des habitats lotiques de la rivière.
L'échantillon de dérive traduit bien les modifications du peuplement aquatique de macroinvertébrés dans la zone la plus perturbée: diminution de la diversité et de la densité de dérive, augmentation des densités de dérive des émergents, disparition totale des taxons polluo-sensibles.
La méthode des indices biotiques, appliquée à l'échantillon benthique, ne convient pas pour traduire l'impact biologique de la pollution dans ce type de cours d'eau. Par contre, les résultats sont satisfaisants avec l'échantillon de dérive.

SUMMARY - This paper deals with effects of a perturbation due to organic pollution on macroinvertebrates communities in a mediterranean river of central Corsica. The study was based chiefly on consideration of benthic and drift samples.
The effects of an heavy pollution were much the same as described for other streams, but reactions of several taxa seemed to be less marked. In the most polluted area of this speedy well oxygenated river, oligochetae, molluscs, chironomid larvae showed a marked increase in density but never occurred in enormous numbers. In this corsican river, the communities of the lentic habitats were more affected by the organic pollution than the lotic ones.
Drift samples showed clear reactions to organic pollution : decreasing drift diversity and density of aquatic organisms, increasing drift density of emerging fauna, disappearing oligotrophic species. Drift communities were more closely related to benthic lotic communities than to lentic ones.
We suggest that in this river type, the biotic index method applied on benthic samples cannot detect biological consequences of severe organic pollution, although it gives good results with drift samples which will be considered as indicators of river quality.

---

(1) Travail réalisé avec le soutien financier du Ministère de l'Environnement (Comité Eau), Contrat n°78-128.

★Laboratoire de Biologie Animale-Ecologie. Faculté des Sciences de Saint-Jérôme, rue H. Poincaré, 13397 Marseille Cedex 13, France.

I - INTRODUCTION

On retient généralement quatre changements principaux dans les biocénoses aquatiques subissant l'impact de la pollution organique :

1 - réduction des effectifs ou élimination d'espèces à faible amplitude écologique, en particulier celles dont les besoins en oxygène sont élevés,

2 - augmentation des effectifs et du nombre d'espèces à large valence écologique, en particulier celles tolérantes aux larges fluctuations des teneurs en oxygène,

3 - installation d'espèces lénitophiles et détritiphages,

4 - acquisition d'une nouvelle structure biocénotique caractérisée par un nombre plus petit d'espèces présentes dont quelques-unes avec un grand nombre d'individus et par l'établissement d'un réseau trophique plus simple.

La méthode des indices biotiques a été mise au point par WOODIWISS (1964) et utilisée par le Trent River Board en Grande Bretagne. Elle a été adaptée aux cours d'eau français par TUFFERY et VERNEAUX (1968) à partir de données et d'expériences régionales concernant principalement des cours d'eau d'altitude moyenne tels ceux du bassin du Doubs. Cette méthode est utilisée par les différents organismes chargés de la surveillance des cours d'eau et son application est actuellement étendue à l'ensemble du territoire national. Or, plusieurs études ont montré l'inaptitude de la méthode des indices biotiques à traduire la réalité hydrobiologique de certaines situations altitudinales et régionales : valeurs faibles des indices dans les cours d'eau de montagne non pollués, valeurs élevées dans les secteurs pollués de certains cours d'eau.

Au cours de la dernière décennie, l'impact de la pollution organique sur les écosystèmes lotiques a été étudié dans plusieurs cours d'eau français :

- la Lladure, rivière de montagne des Pyrénées (PUJOL, 1975)
- la Couze Pavin, rivière du Massif Central (ECHAUBARD et NEVEU, 1975)
- le Mornantet, cours d'eau de la région lyonnaise (CHAVANON, 1979)
- le Méaudret, cours d'eau alpin (PEGAZ-MAUCET, 1980).

Nous avons conduit des recherches similaires en région méditerranéenne sur une grande rivière de la Corse centrale, le Tavignano, issue d'un réseau hydrographique montagnard (sources entre 1700 et 2000 mètres d'altitude) et recevant une forte charge organique dans son secteur de piedmont.

Nous avons analysé l'impact de cette pollution sur la communauté des invertébrés aquatiques en utilisant deux types d'échantillons :

- Les prélèvements benthiques. Jusqu'à présent ils servent à établir les valeurs des indices biotiques.
- Les prélèvements de dérive. BOURNAUD et all. (1984) ont montré que le peuplement de dérive traduit bien les perturbations causées à la biocénose benthique par la pollution organique ; l'échantillon de dérive, obtenu par un prélèvement de 4 heures fractionné en 2 séries de 2 heures, l'une diurne l'autre nocturne, donne une représentation fiable de l'ensemble du peuplement d'invertébrés benthiques d'une station.

Le but de notre étude est de dégager les variations des principaux paramètres du benthos et de la dérive sous l'influence d'une pollution d'origine organique. Nous nous proposons aussi de tester, en région méditerranéenne, la validité de la méthode des indices biotiques dans sa formulation mise en oeuvre par VERNEAUX et all. (1977) avec l'utilisation de l'indice de qualité biologique globale (IQBG) et de préciser l'intérêt des prélèvements de dérive pour analyser l'impact d'une perturbation polluante.

II - PRESENTATION DU CAS

Les principales villes de Corse (Ajaccio, Bastia, Calvi, Porto-Vecchio) sont situées au bord de la mer. Elles rejettent leurs eaux usées en créant des pollutions dans les milieux portuaires et littoraux (ex : développement d'algues en été sur le littoral au sud de Bastia).

La ville de Corté, principal centre urbain de l'intérieur de l'île, est située à la confluence de deux belles rivières de montagne, le Tavignano et la Restonica.

La population permanente a été évaluée à 6000 personnes au recensement de 1975.

L'afflux des estivants amène le doublement de la population, principalement en juillet-août.

Les rejets urbains sont essentiellement d'origine domestique puisque l'activité industrielle est pratiquement inexistante dans cette région de la Corse.

Le milieu récepteur est la rivière Tavignano qui, du point de vue de la qualité de l'eau, est classée 1A, c'est-à-dire en qualité maximum.

Les points de rejets sont multiples. Plusieurs se situent sur la rive gauche du Tavignano (au niveau du pont sur la R.N. 193) et sur des petits affluents de cette rive (ruisseaux d'Orta et de Badello) qui reçoivent des déversements d'eau usée au cours de la traversée de la ville.

Le collecteur le plus important en débit et en charge débouche dans le Tavignano à l'aval immédiat de la ville.

Les mesures de débit et de charge des effluents réalisées en octobre 1977 par le C.E.T.E.[(1)] d'Aix-en-Provence ont donné les résultats suivants :

Pollution urbaine totale :

Volume : 856 m^3/j

DBO_5 : 145,6 Kg/j - 170 mg/l

DCO : 376 Kg/j - 440 mg/l

MST : 132,8 Kg/j - 155 mg/l.

Pollution au niveau du rejet principal (rive droite)

Volume : 495 m^3/j

DBO_5 : 106 Kg/j - 214 mg/l

DCO : 280 Kg/j - 566 mg/l

MST : 91 Kg/j - 183 mg/l.

Au niveau du rejet principal la pollution est massive : l'eau, limpide en amont, devient grise sur plus de 200 mètres après le rejet.

III - DESCRIPTION DES STATIONS

3.1. Emplacement des stations (Fig.1)

---

(1) Centre d'Etudes Techniques de l'Equipement.

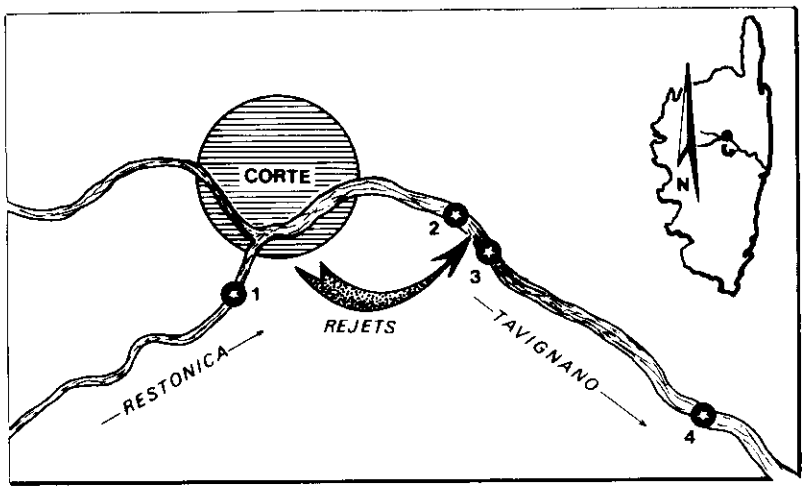


Fig.1 : Emplacement des stations.

Pour l'étude du profil benthique et du profil de dérive, 4 stations ont été retenues sur une section de rivière dont la pente moyenne est de 12‰

Les deux stations extrêmes sont distantes de 8,5 km; elles sont exemptes de toute pollution.

La station supérieure (station 1) est située sur la Restonica, à un kilomètre en amont de sa confluence avec le Tavignano à 430 m d'altitude.

Largeur moyenne : 7 m. Vitesse maximum d'écoulement : 200 cm/sec.

Les autres stations sont situées sur le Tavignano à l'aval de Corté (alt. 350 m), dans un secteur où la rivière a une largeur de 8 à 10 mètres et un écoulement rapide (vitesse maximale : 200 cm/s).

+ La station 2 est à environ 200 m en amont du rejet principal. Elle concerne la portion du Tavignano qui a reçu des petits rejets échelonnés sur la rive gauche; c'est un secteur de pollution faible et diffuse.
+ La station 3 est la plus fortement polluée. Les prélèvements benthiques y ont été réalisés dans un secteur compris entre 20 et 50 mètres en aval du rejet, les prélèvements de dérive à 75 m en aval du rejet.
+ La station 4 est située à 1,8 km en aval du rejet.

Dans toutes les stations les habitats lotiques constituent la majeure partie de l'écosystème (environ 70% du radier). Les habitats lénitiques sont limités aux zones rivulaires ou aux mouilles. A une centaine de mètres en aval du rejet, s'établit un bief étroit et profond qui fonctionne comme un bassin de décantation naturel.

3.2. Substrat

Au niveau de Corté se fait le passage entre la Corse cristalline et la Corse sédimentaire ou métamorphique.

Le fond de la rivière est constitué d'éléments grossiers (blocs, cailloux, galets, graviers). Au niveau de Corté ces éléments charriés (granites) recouvrent la roche mère (schistes) qui affleure au niveau des ruptures de pente, constituant des seuils à écoulement rapide.

Dans quelques zones rivulaires à écoulement ralenti s'installent des substrats meubles et instables formés de sables et de graviers auxquels sont associés des débris végétaux provenant de la ripisylve.

3.3. Caractéristiques physiques et chimiques des eaux.

3.3.1. Débit

Le débit est sous l'étroite dépendance de la pluviosité. La période des basses eaux correspond au minimum pluviométrique d'été, les débits les plus importants ont lieu de janvier à mai. En 1979, le minimum (0,250 m^3/ sec) a été enregistré en septembre et un deuxième étiage (0,700 m^3/ sec) s'est produit en décembre; le maximum (8,100 m^3/sec) se situe en mars.

Des crues très violentes se produisent chaque année au moment des pluies d'automne et de printemps. Pour la période 1959-1972 on a noté :

- débit de crue maximum journalier : 66 m^3/sec le 19.2.72
- débit maximum instantané : 105 m^3/sec le 20.11.72.

Ces crues, par leur puissant effet de chasse, ont un rôle important dans l'épuration de la rivière car elles renouvellent complètement le substrat du secteur pollué.

3.3.2. Température

Les eaux sont plus froides dans la Restonica que dans le Tavignano.

A la station 1 (Restonica), le minimum thermique (3°C) se situe en janvier; le maximum (20,2°C) en août; la moyenne des maxima journaliers des 3 mois d'été est de 17°C.

Dans le Tavignano (mesures à la station 2), le minimum thermique (4,4°C) s'est situé en mars pour 1979; le maximum (23,5°C) en août.

3.3.3. Composition chimique

Les eaux de Corse sont remarquables par leur très faible minéralisation car elles coulent sur des substrats cristallins peu solubles qui constituent la plus grande partie des bassins versants.

Les eaux les moins minéralisées sont celles de la Restonica qui coulent sur des roches granitiques; la conductivité à la station 1 est comprise entre 25 et 35 µS.

Les eaux du Tavignano coulent sur des roches plus solubles; la teneur en électrolytes est supérieure. En 1979 la conductivité est comprise entre 28 µS (mai) et 125 µS (septembre). Elle passe de 91 µS à la station 2,à 102µS à la station 3 (mesures du 29.9.79).

La dureté totale varie de 8 à 10 mg/l dans la station 1(Restonica) et de 10 à 20 mg/l dans les stations du Tavignano.

Le pH oscille entre 6,8 et 7,6. Les teneurs en sulfates sont de l'ordre de 1 à 2 mg dans toutes les stations.

Paramètres hydrochimiques indicateurs de pollution (fig.2).

Les paramètres pris en compte pour déceler une perturbation de type organique sont la teneur en oxygène dissous, en sels d'azote et de phosphore, la DBO_5.

L'oxygénation correspond à une saturation ou à une sursaturation dans les stations 1, 2, 4. Au niveau des rejets (station 3) les teneurs oscillent, au cours de l'année, entre 8 et 12,7 mg/l avec un taux de saturation entre 95% et 105%. Ainsi,les rejets organiques n'amènent pas de baisse notable ou significative de l'oxygène dissous. Le débit important, l'écoulement rapide avec un intense brassage de l'eau maintiennent l'oxygénation à niveau très élevé.

En règle générale on observe une diminution de l'oxygénation au voisinage de rejets organiques, au moins en été : le taux de saturation tombe à 20% en août dans la station la plus polluée du Méaudret (PEGAZ- MAUCET, 1980).

La DBO_5 montre des variations sur le profil en long : la valeur la plus faible (0,8 mg/l) est mesurée dans la station supérieure, le maximum (5,5 mg/l) aux stations 3 et 4; on est loin ici des valeurs maximales (21 et 36 mg/l) mesurées en août dans le Méaudret.

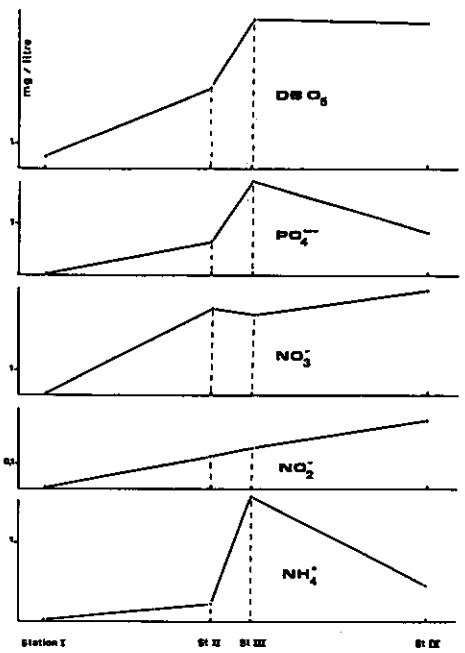


Fig.2 - Paramètres chimiques indicateurs de pollution (fin août).

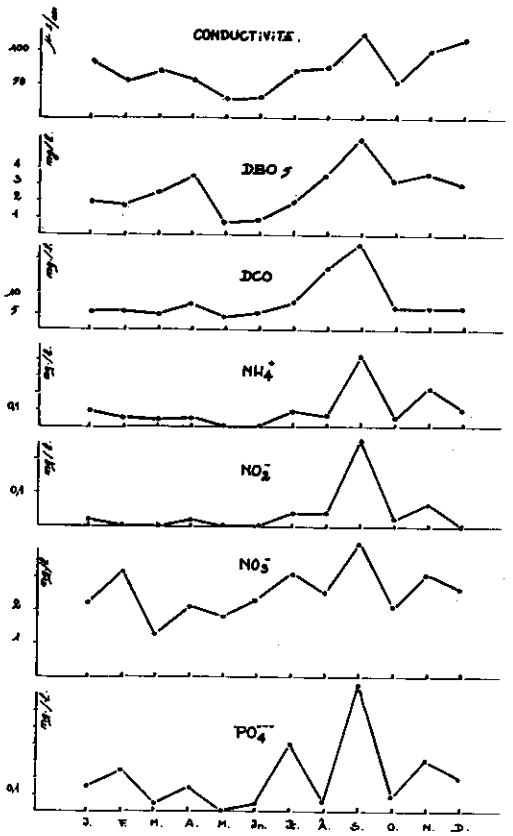


Fig.3 - Evolution des paramètres chimiques indicateurs de pollution en 1979 à la station 3.

Les substances azotées sont présentes sous forme de nitrates, de nitrites, d'ammoniaque.

Dans la station 1, exempte de pollution, les nitrites et l'ammoniaque sont absents, les nitrates ont des teneurs très faibles (inférieures à 1 mg/l).

Une augmentation des teneurs en nitrates et la présence de nitrites et d'ammoniaque se manifeste dans les 3 stations les plus proches des rejets.

Pour les nitrites, dont la présence indique un état de pollution organique (NISBET et VERNEAUX, 1970), les teneurs se situent au dessus du seuil acceptable :

0,12 mg/l à la station 2
0,15 mg/l " " 3
0,26 mg/l " " 4

Les teneurs en ammoniaque sont fortes avec un maximum (1,60 mg/l) à la station 3; on dépasse ici le seuil de pollution critique, supérieur à 1 mg/l (NISBET et VERNEAUX, 1970).

Les nitrates sont à des concentrations comprises entre 2,95 mg/l et 4 mg/l. On se trouve, dans cette partie du Tavignano, au niveau ou au delà du seuil critique de pollution ($\geqslant 3$ mg/l).

La présence de phosphates et de détergents anioniques dans les 3 stations proches de la ville témoigne d'une pollution par les eaux domestiques. La concentration maximum en phosphates (1,8 mg/l) se mesure à la station 3. On estime, pour les eaux courantes, que des valeurs supérieures à 0,3 mg/l caractérisent des

eaux eutrophisées ou polluées par des eaux vannes (NISBET et VERNEAUX, 1970). Les concentrations en phosphates mesurées aux stations 2, 3 et 4 placent les eaux de cette portion du Tavignano dans la classe supérieure du degré de trophie établi par NISBET et VERNEAUX (= "eaux nettement polluées, ex : Seine en aval de Paris").

Le S.R.A.E. de Bastia effectue, à une fréquence mensuelle, des analyses de l'eau du Tavignano dans le secteur pollué ; le point de prélèvement se situe entre nos stations 3 et 4. Le graphique de la figure 3 traduit l'évolution, au cours de l'année 1979, des principaux paramètres indicateurs de la pollution. Les pics correspondent aux mois d'août et de septembre, à l'époque où le volume des rejets est le plus grand (augmentation de la population par l'afflux des estivants) et où la dilution est la plus faible (étiage).

3.4. Conclusion

L'étude hydrochimique montre bien une perturbation du Tavignano en aval de Corté par les eaux vannes ou domestiques.

La teneur globale en électrolytes augmente dans les 3 stations les plus proches de Corté et en particulier dans celle directement influencée par le rejet principal. L'apparition de sels d'azote (surtout nitrites et ammoniaque) et de phosphore dans ces stations, alors qu'ils sont pratiquement inexistants dans la station supérieure, est significative. Les concentrations relativement faibles de ces sels dans la zone perturbée, comparativement aux valeurs mesurées dans d'autres cours d'eau pollués de la France continentale, et surtout la saturation en oxygène dissous des eaux de la station la plus polluée, méritent d'être soulignées. Cette situation résulte du fort débit de la rivière et surtout de l'écoulement rapide et turbulent qui assure par brassage une rapide oxygénation de l'eau. L'auto-épuration est ici très efficace, activée par le bassin de décantation naturel situé peu après les rejets.

IV - ECHANTILLONNAGE DES INVERTEBRES

Les prélèvements ont été réalisés en 1979 et en 1983 dans 4 stations à deux périodes du cycle annuel très différentes tant au plan hydrologique que biologique : en mars à la période des hautes eaux avec un peuplement appauvri, à la fin août à la période d'étiage avec un peuplement ayant acquis une densité et une diversité maximales.

1. Echantillons benthiques

Compte tenu de notre objectif général nous avons adopté le protocole d'échantillonnage différentiel proposé par VERNEAUX, FAESSEL et MALESIEUX (1977) pour l'établissement des Indices de Qualité Biologique Globale.

A chaque campagne, pour chaque station, nous avons effectué 6 prélèvements au filet Surber (vide de maille : 250 µm - cadre horizontal : 33 x 33 cm) correspondant à une surface échantillonnée de 0,6 m^2. Les 6 prélèvements recouvrent la diversité des habitats présents dans la station, chaque habitat étant défini par le couple substrat-courant.

2. Echantillons de dérive

Nous avons exactement suivi le protocole décrit par BOURNAUD et al (1984).

Dans chaque station deux prélèvements sont réalisés :

- le premier s'effectue pendant les 2 heures précédant le coucher du soleil,
- le second s'effectue pendant les 2 heures suivant le coucher du soleil.

Pour chaque prélèvement on place côte à côte deux filets de dérive à ouverture quadrangulaire (25 x 20 cm) munis d'une poche de 60 cm de long. Les filets sont disposés dans les secteurs de courant moyen ($50 \leqslant v \leqslant 70$ cm/sec); chaque filet est maintenu en place face au courant grâce à deux piquets en fer fixés sur le cadre, enfoncés dans le substrat et attachés par une corde aux arbres de la ripisylve. Le cadre est immergé de 18 cm de façon à laisser un espace au dessus de la surface pour recueillir les émergeants; le bord inférieur du cadre est à environ 10-15 cm au dessus du fond.

D'après CHAVANON (1979), "l'utilisation de ce protocole... permet de mettre en évidence des variations de la dérive en fonction de la pollution et donc de recueillir des échantillons suffisamment structurés pour rendre compte des altérations du milieu".

V - IMPACT DES REJETS ORGANIQUES SUR LES COMMUNAUTES BENTHIQUES

L'évolution du peuplement a été analysée sur le transect comprenant les 4 stations. Au niveau de Corté la confluence des deux rivières marque le passage entre le rhithron et le potamon (GIUDICELLI, 1970). Ainsi le peuplement du tronçon de cours d'eau étudié subit deux types de modifications ; un changement biocénotique naturel entre les stations 1 et 2 au passage entre 2 biozones, un changement provoqué par l'impact des rejets organiques sur la composition et la structure des communautés benthiques.

5.1. Données globales

L'effectif du peuplement de la station 1 (Restonica) est réduit presque de moitié par rapport à celui des stations du potamal. Cette plus faible densité n'est pas due à l'absence de certains taxons; elle porte sur tous les groupes d'Invertébrés vivant à la station 1. Les eaux de la Restonica, plus faiblement minéralisées que celles du Tavignano, ont naturellement une production benthique moindre.

Les 3 stations du Tavignano, influencées à des degrés divers par les rejets organiques, ont un peuplement benthique de forte densité (7180 à 8880 ind/m2). En fait, l'eutrophisation de ce secteur se traduit principalement par une augmentation de la densité des communautés des habitats lénitiques où se dépose la matière organique.

Les habitats d'eau calme hébergent :
- 32% de l'effectif total à la station 2,
- 40% " " 3,
- 65% " " 4.

dans la station 1, ces habitats n'hébergent que 20% de l'effectif.

A la station 3 l'augmentation de la densité d'invertébrés dans les secteurs lénitiques a pour cause la prolifération des groupes les plus liés à la pollution (Oligochètes et Chironomides).
Dans les stations 2 et 4, où l'impact de la pollution est faible, la forte densité du peuplement des habitats d'eau calme provient du développement des populations d'*Agapetus* et d'*Habrophlebia*. Les larves d'*Agapetus*, qui sont des organismes pétricoles racleurs de substrat, sont très nombreuses en eau calme, aux stations 2 (2850 ind/m2) et 4 (4450 ind./m2), sur la face supérieure des cailloux. Ici leur abondance est liée à la présence d'un important peuplement de Diatomées épilithiques (153000 cellules/cm2 à la station 4, d'après CAZAUBON et LOUDIKI 1985). Les larves d'*Habrophlebia* forment de grandes populations dans les zones rivulaires de la station 4, sur des substrats riches en débris végétaux.

La richesse totale est élevée dans les 4 stations (entre 43 et 58 taxons). Paradoxalement, le peuplement de la station non polluée est faunistiquement plus pauvre que celui des 3 autres stations.

La richesse faunistique plus grande des communautés subissant l'impact des rejets est en rapport avec l'apparition et la diversification de groupes polluo-résistants dont la présence est liée à la matière organique du substrat. Il s'agit principalement des Oligochètes représentés par :

6 taxons à la station 2,
12 " " 3,
6 " " 4.

5.2. Etude par groupe faunistique.

5.2.1. Planaires - *Dugesia benazzii* est représentée dans presque tous les prélèvements des stations peu polluées ou pas polluées (entre 45 et 80 ind./m2). A la station 3 ces organismes deviennent rares (8 individus/m2).

5.2.2. Oligochètes - Ils sont surtout représentés dans les 3 stations du Tavignano les plus proches des pollutions.

Au niveau du rejet principal leur densité (710 ind/m2) est multipliée par 10 par rapport à la station 2.

Plus à l'aval du rejet, le peuplement de la station 4 devient plus pauvre en espèces et en individus et assez voisin de celui de l'autre station faiblement polluée.

Dans la station la plus polluée, les Tubificides sont peu abondants, contrairement à ce qu'on observe généralement en aval de rejets organiques. Par contre, les Naïdidés constituent 90% de l'effectif des Oligochètes; ces petits vers rhéophiles prolifèrent dans les rivières de montagne au niveau des rejets organiques. PUJOL (1975) a aussi noté le développement et la dominance des Naïdidés dans un torrent pyrénéen, la Lladure en aval d'un effluent organique.
En hiver les Oligochètes ne figurent que dans les 3 stations en aval de Corté, avec un effectif maximum au niveau des rejets (190 ind./m2).

De nombreux auteurs ont mis en évidence la prolifération des Oligochètes dans les cours d'eau pollués. Certains ont établi des méthodes d'évaluation de la pollution organique basées sur le pourcentage d'Oligochètes dans la communauté benthique. Pour GOODNIGHT et WHITLEY (1960), une densité d'Oligochètes supérieure à 80% de la faune totale de macroinvertébrés est l'indice d'une forte pollution organique; une densité comprise entre 60 et 80% traduit des conditions douteuses. GROSS (1975) a repris cette méthode en la modifiant. Cependant, les seuils de densité proposés dans ces méthodes ne sont pas valables pour le Tavignano où l'abondance des Oligochètes n'atteint que 10% dans le secteur le plus pollué[1]. Ici, il est probable que l'écoulement rapide des eaux et surtout les crues qui décapent les substrats sont peu favorables au développement d'un peuplement dominant d'Oligochètes.

5.2.3. Mollusques. - Les eaux continentales de Corse, à cause de leur faible minéralisation, sont pauvres en Mollusques. *Ancylus* vit dans la plupart des cours d'eau au dessous de 1000 mètres d'altitude. *Potamopyrgus jenkinsi* est apparu depuis quelques années dans le cours inférieur du Tavignano; l'introduction de l'espèce en Corse par les Oiseaux serait récente (LEGER N. et LEGER P., 1974).

---

(1) Densité d'Oligochètes dans la station la plus polluée : 770 individus/m2 dans le Tavignano, environ 300 individus/m2 dans la Lladure (PUJOL), plus de 400.000 individus/m2 dans la Couze Pavin (ECHAUBARD et NEVEU, 1975).

La faible pollution organique dans les stations 2 et 4, par son effet eutrophisant sur la couverture biologique des pierres, provoque une augmentation de la densité des *Ancylus*, organismes pétricoles et racleurs de substrat. La pollution massive de la station 3 devient un facteur limitant pour ce Gastéropode car elle amène une modification considérable de la couverture biologique des pierres, par la prolifération des algues filamenteuses (Chlorophycées) et la réduction du peuplement de Diatomées (LOUDIKI, 1985).

5.2.4. Ephéméroptères (fig.4). L'effectif total est important dans toutes les stations (entre 730 et 3.220 individus/m2). Cependant, l'effet eutrophisant d'une charge organique modérée apparait évident aux stations 2 et 4.

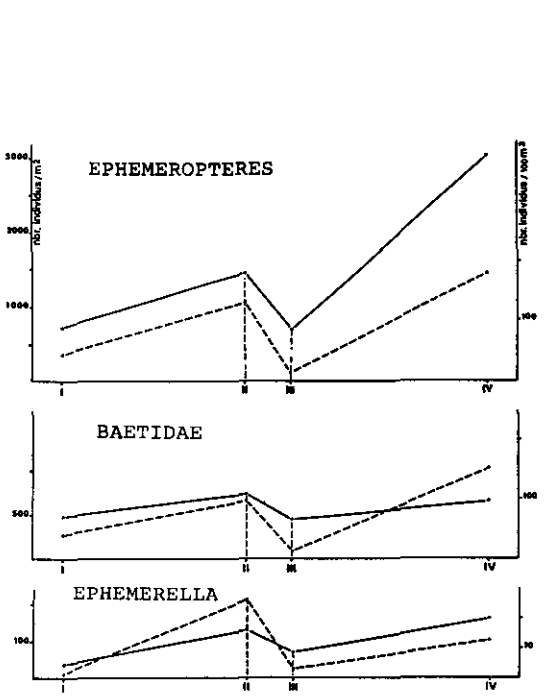


Fig.4 - Variations de la densité des Ephéméroptères suivant les stations, en été.

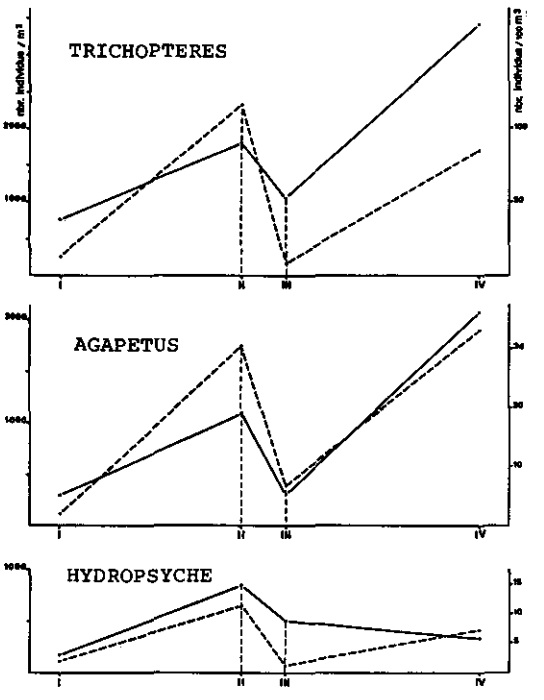


Fig.5 - Variations de la densité des Trichoptères suivant les stations, en été.

(Benthos : trait plein - dérive : trait interrompu).

En particulier les populations de *Centroptilum* et d'*Habrophlebia* de ces deux stations se développent considérablement dans les habitats lénitiques où se déposent des débris organiques.

Par rapport aux deux autres stations qui l'encadrent, la station fortement polluée est plus pauvre en individus et en espèces d'Ephéméroptères : en août 6 espèces contre 11 et 9, en février 1 espèce contre 4 et 4. Cet appauvrissement est net chez les Baetidés et chez les Heptageniidés :

- *Baetis alpinus* et *B. muticus* , présents en amont, disparaissent à la station 3 où *B. rhodani* se maintient en été avec une densité assez élevée. SOWA (1975) a noté le caractère eurytope de ce *Baetis* ; VERNEAUX (1973) a souligné aussi sa résistance à la pollution, précisant que les dépôts organiques fins à la base des mousses ou des algues favorisent le développement de ses populations. PUJOL a remarqué aussi dans la Lladure que les rejets organiques créent des conditions favorables pour l'espèce,

- des 3 genres d'Heptageniidés présents dans les stations non polluées ou peu polluées, seul *Ecdyonurus* persiste dans le benthos de la station 3 où seulement 5 individus larvaires ont été récoltés en été. Cependant on ne peut affirmer que ces organismes vivent en permanence dans cette station car ils y sont peut être arrivés par dérive.

Au niveau du rejet principal on note aussi la diminution des effectifs d'*Ephemerella ignita* , espèce bien représentée dans toutes les autres stations, en particulier aux stations 2 et 4. Les larves, qui vivent généralement sur des substrats détritiques (débris végétaux), sont des organismes plutôt saprobiontes ; elles semblent mal tolérer de fortes charges en particules organiques qui risquent d'altérer leur appareil branchial non protégé. VERNEAUX place cette espèce au même rang que *Baetis rhodani* : formes eurytopes à l'échelle d'un réseau hydrographique et polluo-résistantes; nos observations confirment ce point de vue tout en faisant apparaître une résistance supérieure à la pollution pour B. *rhodani*.

5.2.5. Plécoptères. Ils ne sont jamais abondants dans les 4 stations. Les *Protonemura* disparaissent au niveau de la forte pollution tandis que les *Leuctra* (surtout *L. geniculata*) s'y maintiennent bien (en été) dans les habitats lénitiques.

5.2.6. Trichoptères. (fig.5) Les stations 2 et 4 sont encore les plus productives, surtout en raison du grand développement des populations d'*Agapetus* et d'*Hydropsyche*.

A la station 3 l'effectif est réduit des 2/3 par rapport aux stations amont et aval moins polluées. Cette réduction de densité affecte principalement le peuplement des habitats d'eau calme ; ceci est très net pour les *Agapetus*. Les *Micrasema*, qui sont représentés dans tous les habitats en amont et en aval de la station 3, ne se maintiennent que dans les habitats d'eau rapide de cette station ; la même remarque vaut pour *Silonella*.

Il apparait donc que les espèces qui normalement vivent dans une gamme assez large de vitesses de courant se cantonnent dans les zones lotiques en secteur pollué, échappant ainsi à certaines transformations de leur habitat telle que le colmatage du substrat par les dépôts organiques dans les portions où l'écoulement est ralenti. Dans le même ordre d'idée, on note le maintien , avec des effectifs à peu près semblables, des formes rhéophiles comme *Rhyacophila* et *Hydropsyche*, dans les 3 stations soumises à la pollution.

Dans notre rivière, parmi les Trichoptères, seuls les *Hydropsyche* sont favorisés par les rejets organiques : entre 400 et 800 ind./m2 en été et avec des effectifs encore supérieurs les années de fort étiage (960 ind./m2 à la station 4 en 1982). Dans la Lladure (PUJOL, 1975) la pollution organique provoque la prolifération d'un Limnephilide (*Allogamus auricollis*) avec des densités de l'ordre de 3000 ind./m2.

Les fortes perturbations du milieu à la station 3 entrainent la disparition de *Polycentropus*, *Philopotamus*, taxons que ZELINKA et MARVAN (1971) placent parmi les oligosaprobies.

5.2.7. Coléoptères (fig.6). Ils sont surtout représentés par les Elmidés ; ceux-ci ont une importance numérique faible (au maximum 3% du nombre total des invertébrés). Ils sont plus abondants dans les cours d'eau des régions calcaires : dans l'Argens, rivière de la Provence calcaire, ils réunissent 16% de l'effectif. Quatre espèces figurent dans nos prélèvements. Dans la station de la Restonica l'effectif est réduit même en été ; par contre, dans le secteur non pollué du Tavignano en amont de Corté, les Elmidés sont bien représentés (190 ind./m2 dans les prélèvements de juin 1983).

Dans la station 2 ils atteignent leur abondance maximum (240 ind./m2 en été). La pollution massive de la station 3 a une influence néfaste sur les Coléoptères et surtout les Elmidés (25 ind./m2 en été, disparition en hiver). Nos observations sont

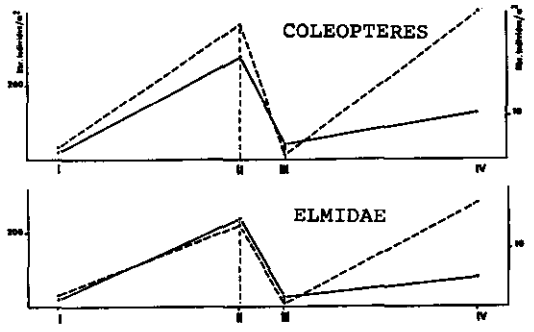


Fig.6 - Variations de la densité des Coléoptères suivant les stations, en été.

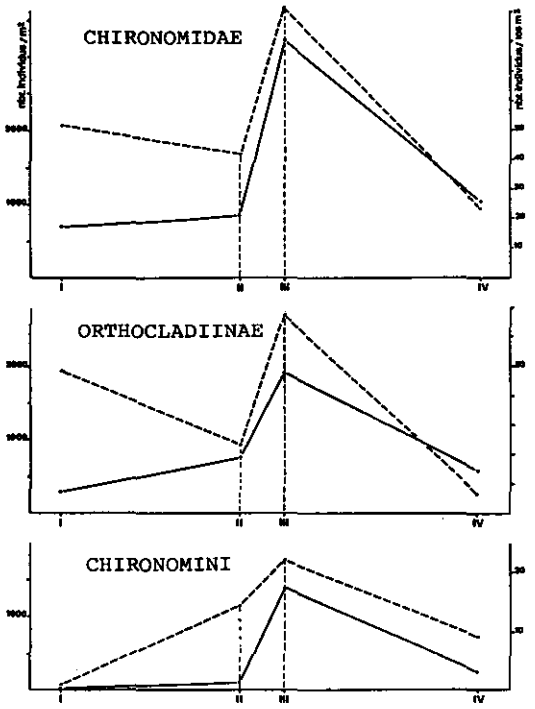


Fig.7 - Variations de la densité des Diptères suivant les stations, en été.

(Benthos : trait plein - dérive : trait interrompu).

en accord avec les données de la littérature qui établissent la grande sensibilité des Elmidés aux pollutions organiques (SINCLAIR 1964, ECHAUBARD et NEVEU 1975, PEGAZ-MAUCET 1980).

5.2.8. Diptères (Fig.7). Ils sont abondants dans la plupart des stations et peuvent représenter plus de la moitié de la faune. Ils dominent en été dans la station non polluée et dans la station la plus polluée :

- 2490 ind./m2 et 59,5% de la faune à la station 1
- 4495 " " et 62,6% " " 3

Cette dominance est encore accentuée en hiver où ils représentent dans les stations du Tavignano entre 70 et 85% de l'effectif.

Cependant des groupes différents assurent la dominance dans ces deux types de stations ; ainsi, en été

- les Simuliides représentent 31,1% de l'effectif de la station 1
- " " 4,7% " " 3
- les Blépharicérides représentent 12,4% " " 1
- " sont absents " " 3
- les Chironomides représentent 14% " " 1
- " " 50,3% " " 3

Les Blépharicérides semblent très sensibles à la pollution puisqu'ils disparaissent des stations exposées aux rejets, même si la pollution est faible. Ils réapparaissent dans le cours inférieur du Tavignano, bien en aval de Corté dans le secteur où la rivière a retrouvé sa qualité biologique. Les stades aquatiques de Simuliides sont abondants dans les stations d'eau pure (station 1) ou peu polluée (station 2) ; leur densité en faciès lotique y est comprise entre 2640 et 4500 ind./m2. La densité des populations diminue dans la zone la plus polluée (entre 135

et 670 ind./m2) où persiste *Simulium variegatum*. La situation est ici différente de celle de nombreux cours d'eau d'altitude moyenne et basse en Europe où on a noté, dans les portions polluées organiquement, la prolifération des larves de *Simulium* du groupe *ornatum* et celle du genre *Wilhelmia* (RIVOSECCHI, 1978).

Les Chironomides forment le groupe dominant à la station 3 ; en été la densité y atteint 3615 individus /m2 alors qu'elle ne dépasse pas 1000 individus/m2 dans les stations 2 et 4 moins polluées. L'augmentation massive des populations des Chironomides dans les eaux riches en matières organiques a été souvent mentionnée (HYNES 1960, ECHAUBARD et NEVEU 1975, TOURENQ 1975...).

Dans la station la plus polluée l'augmentation des Chironomides a pour cause le grand développement des *Orthocladiinae* en faciès lotique et des *Chironomini* en faciès lénitique. En été, comme en hiver, les *Chironomini* ne sont représentés que dans les 3 stations soumises à la pollution, avec un effectif maximum à la station 3 ; on sait qu'ils développent d'importantes populations sur les substrats riches en dépôts de matière organique. En été, leur densité dans leur habitat d'élection (faciès lénitique) est de 45 ind./m2 (station 2), 2800 (station 3), 930 (station 4). En hiver leur densité stationnelle est fortement réduite sous l'effet des hautes eaux (15 ind./m2 à la station 2, 140 ind./m2 à la station 3).

Les larves d'*Atherix* (Rhagionides) sont des prédateurs d'eau courante. Dans la station non polluée elles sont rares et deviennent abondantes dans les 3 stations polluées mais avec un effectif moindre au niveau du rejet principal :

200 ind./m2 à la station 2,
65 ind./m2 " 3
255 ind./m2 " 4.

Les larves d'*Antocha* (Limoniides) sont présentes dans tous les habitats des 5 stations. Peu nombreuses (30 ind./m2) dans les 2 stations d'eau pure, leur densité augmente dans les stations polluées pour atteindre un maximum (330 ind./m2) à la station 3.

Les Psychodides sont cantonnés à l'aval immédiat du rejet principal. Leurs larves, qui ont une grande affinité pour la matière organique, vivent sur tous les substrats de la station 3 (90 ind./m2 en été, 70 ind./m2 en hiver).

5.3. Structure des communautés benthiques.

Les histogrammes font apparaître l'importance relative des effectifs des différents groupes constituant les communautés stationnelles (fig.8).

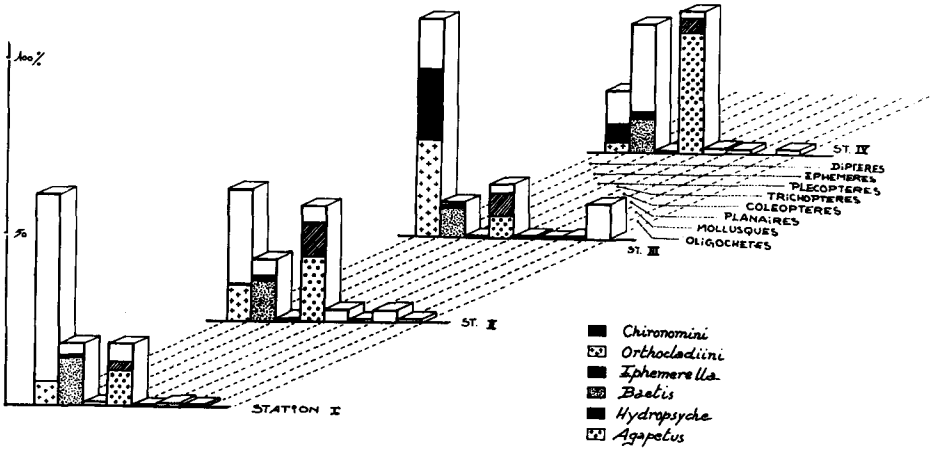


Fig.8 - Structure faunistique des communautés benthiques des 4 stations.

Toutes les communautés ont une structure déséquilibrée par la dominance d'un ou deux groupes taxonomiques.

Dans les stations 1 et 3 les Diptères constituent le groupe le plus important par l'effectif, mais au sein même de ce groupe, l'élément dominant diffère selon les stations : ce sont des taxons rhéobiontes et d'eau pure (*Liponeura, Simulium*) dans les stations non polluées, des taxons plutôt lénitophiles dont la densité s'accroît en fonction de la charge en matières organiques (Chironomides et surtout *Chironomini*) à la station 3.

Les Ephéméroptères et les Trichoptères sont bien représentés quantitativement, surtout à la station 4 mais leur importance diminue au niveau du rejet principal.

Les indices de diversité varient peu et ne traduisent pas un changement des structures biocénotiques dans la zone polluée (fig.9).

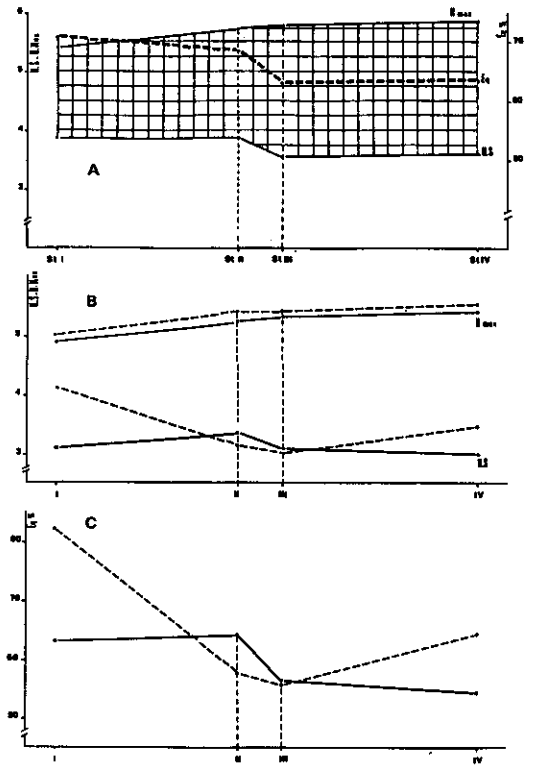


Fig.9 - A : variations de la diversité suivant les stations pour l'ensemble de la communauté benthique.

B : variations de Hs et Hmax suivant les stations pour la communauté du faciès lotique (trait plein) et pour la communauté du faciès lénitique (trait interrompu)

C : variations de l'Equitabilité (Eq) en faciès lotique (trait plein) et en faciès lénitique (trait interrompu)

(août-septembre 1979)

Ceci s'explique par le fait que dans chaque communauté stationnelle 3 ou 4 taxons dominent nettement sans être les mêmes d'une station à l'autre :

- *Baetis alpinus, Simulium variegatum, Liponeura*	dominent à la station	1
- *Baetis rhodani, Agapetus, Hydropsyche, Simulium variegatum*	" "	2
- *Naïdidés, Orthocladiini, Chironomini*	" "	3
- *Habrophlebia, Centroptilum, Agapetus*	" "	4

Les valeurs relativement élevées et peu différentes des indices de diversité sur notre transect expriment en fait la diversité structurale du biotope dans cette section du Tavignano. L'écoulement rapide, la largeur de la rivière, sa faible profondeur, l'hétérogénéité en taille et en nature des éléments constituant le radier créent une mosaïque variée d'habitats benthiques et une bonne diversification des niches écologiques. Cette diversité du biotope existe aussi en aval des rejets ; ici la matière organique ne colmate pas l'ensemble des substrats : elle se dispose dans les secteurs d'eau calme près des rives.

A l'opposé, on conçoit que dans un cours d'eau à écoulement plus lent et à substrat plus homogène (type : ruisseau ou rivière de plaine) l'augmentation de la matière organique à l'aval de rejets et sa répartition régulière sur l'ensemble du lit induise la prolifération de quelques taxons (Oligochètes, Chironomides...) adaptés à cette ressource trophique et à ce nouveau type de substrat, avec pour conséquence une réduction de la diversité structurale de la communauté.

Nous avons aussi calculé, pour chaque station, les indices sur les résultats des 3 prélèvements en faciès lotique et des 3 prélèvements en faciès lénitique . Sur le transect, les variations de la diversité des peuplements des habitats lénitiques sont les plus significatives : les valeurs de l'indice de diversité (Hs) et de l'indice d'équitabilité (Eq) diminuent sensiblement au niveau des 3 stations proches de Corté et surtout à la station 3. En effet, les modifications de substrat en aval des rejets organiques concernent principalement les habitats d'eau calme de sorte que les perturbations du benthos sont surtout apparentes à ce niveau. Cette constatation est probablement valable pour les secteurs pollués des rivières de montagne et de piedmont.

5.4. Comparaison des peuplements benthiques.

Les relevés d'août ont été traités par l'analyse factorielle des correspondances. Tous les prélèvements ont été pris en compte, c'est-à-dire, pour chaque station, les trois échantillons en faciès lotique et les trois échantillons en faciès lénitique . Les trois premiers axes factoriels réunissent 51% de l'inertie totale.

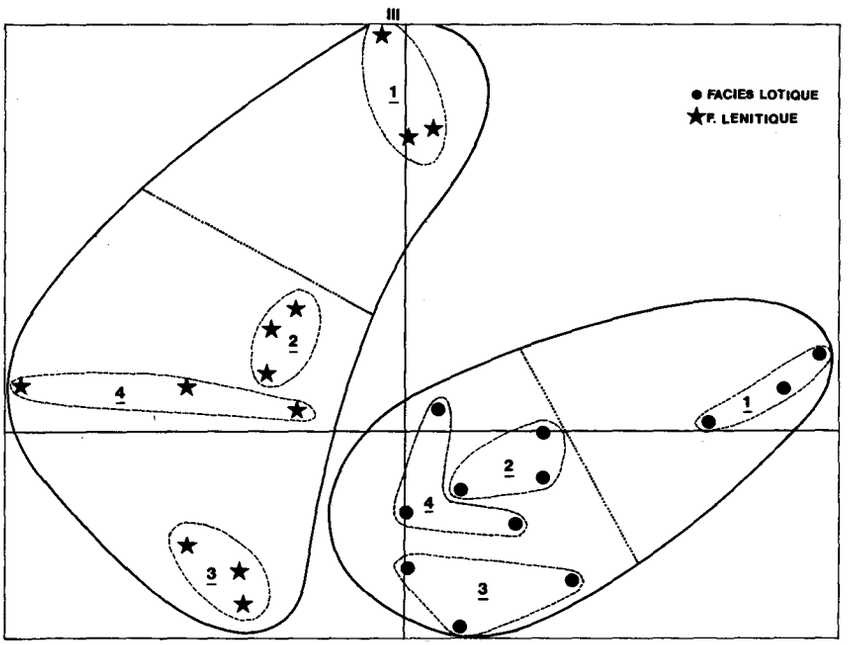


Fig.10 - Carte factorielle (axe 1-3) des échantillons de benthos dans les quatre stations. Part de l'inertie des deux axes : 36,69%

La projection des coordonnées factorielles des relevés des stations sur le plan F1-F3 met bien en évidence les affinités coenotiques (fig.10). L'axe 1 sépare à l'intérieur des faciès lotiques et lénitiques, les relevés de la station 1 des 3 autres stations. L'axe 3 isole bien, par faciès, les relevés en faciès lénitique alors que les 9 relevés du Tavignano en faciès lotique sont plus groupés. Les différences faunistiques observées entre faciès apparaissent donc plus importantes que les perturbations apportées par les eaux usées de Corté.

VI - IMPACT DES REJETS ORGANIQUES SUR LA DERIVE DES INVERTEBRES

Nous n'avons pris en compte que la dérive des organismes aquatiques ; nous n'avons pas considéré la dérive terrestre et aérienne.

6.1. Données quantitatives et qualitatives globales.

La densité de dérive est une mesure qui permet de ramener la quantité d'animaux contenus dans un échantillon de dérive à un volume d'eau constant. Nous considèrerons le nombre d'individus par 100 m3 d'eau filtrée.

La densité minimum de dérive (157 ind./100 m3) est mesurée en été dans la station la plus polluée ; cette valeur représente la moitié de la densité de dérive des stations en amont de cette station 3. La valeur maximum (317 ind./100 m3) est atteinte à la station 2.

En hiver la densité de dérive est très faible, réduite au dixième des valeurs d'été. Les stations polluées présentent encore les valeurs les plus basses avec 7 et 5 individus aux stations 3 et 4, 14 et 22 individus aux stations 1 et 2.

Les auteurs mentionnent, pour la plupart, une forte augmentation de la dérive dans les secteurs pollués Les densités maximum qu'ils ont mesurées sont bien supérieures aux nôtres : plus de 3000 ind./100 m3 dans le Méaudret PEGAZ-MAUCET, 1980).

Dans la station 1 non polluée, la valeur d'été (161 ind./100 m3) est très proche de celles relevées par HYNES (1975), CHAVANON (1979), LEGIER (1979) dans des ruisseaux indemnes de pollution. PEGAZ-MAUCET (1980) note des valeurs plus élevées (496 ind./100 m3) dans la station supérieure non polluée du Méaudret.

Il faut noter l'importance en été de la dérive d'émergence (imagos en éclosion et nymphes mûres). La proportion d'émergents par rapport à la dérive aquatique totale augmente en fonction du niveau de pollution :
elle est minimum à la station 1 non polluée(17% et 18 ind./100 m3), augmente dans la zone perturbée où elle atteint le maximum en pourcentage à la station 3 (79,6%) et le maximum en densité à la station 2 (224 ind./100 m3).

Ces constatations sont en accord avec celles de PEGAZ-MAUCET (1980) qui a noté que sur le Méaudret la dérive émergente est faible dans les stations non polluées (entre 32 et 64 ind./100 m3) forte ou très forte (entre 645 et 2000 ind./100 m3) dans les stations soumises aux rejets organiques.

Tous les taxons présents dans le benthos se retrouvent dans la dérive, à l'exception des Oligochètes (2 individus en dérive) et des Gastéropodes (3 individus).

Le nombre de taxons présents dans la dérive est élevé dans les trois stations non polluées ou peu polluées : en été la richesse varie de 36 à 49 taxons, de 18 à 21 taxons en hiver. Par contre, la communauté dérivante de la station fortement polluée est très appauvrie : 22 taxons en été, 6 taxons à la période des hautes eaux (février et mars). Ces différences de richesse faunistique entre cette station et les autres moins perturbées portent sur certains groupes taxonomiques. Ainsi, en août, entre les stations 2 et 3 (de part et d'autre des rejets), la richesse passe

de 6 à 3 taxons pour les Ephéméroptères
" 3 à 1 " " Plécoptères
" 14 à 4 " " Trichoptères
" 13 à 2 " " l'ensemble des Coléoptères
" 5 à 1 " " Coléoptères Elmidés.

La diminution de la richesse de la station 3 relève de trois causes :
- l'absence de plusieurs formes polluo-sensibles dans le benthos de cette station : *Heptagenia*, *Rhithrogena*, *Baetis alpinus*, *B. muticus*, les Trichoptères *Philopotamus*, *Polycentropus*, *Setodes*, l'ensemble des Elmidés sauf *Elmis* dont certains individus

peuvent persister en zone polluée.
- la très faible possibilité d'occurrence dans la dérive pour des taxons faiblement représentés dans le benthos de cette station : *Ecdyonurus, Allotrichia, Beraeodina, Athripsodes.*

Contrairement aux groupes taxonomiques précédents, la communauté des Diptères est au moins aussi diversifiée (10 taxons) à la station 3 que dans les autres stations. Un groupe de taxons (Chironomides, *Simulium, Antocha*) est commun à toutes les stations ; les Blépharicérides disparaissent aux stations 3 et 4, mais 2 nouveaux taxons inféodés aux eaux riches en matière organique (*Psychoda,* Culicinés) apparaissent au voisinage immédiat des rejets.

6.2. Etude par groupe faunistique

Nous retiendrons les résultats des prélèvements d'été 1979, ceux d'hiver étant peu significatifs en raison de la très faible densité du peuplement dérivant.

6.2.1. Ephéméroptères. La courbe d'évolution de la densité de dérive à la même allure que celle décrivant l'évolution de la densité benthique. Les populations d'Ephéméroptères sont très denses dans les stations 2 et 4 moyennement perturbées, alors que les rejets massifs de la station 3 ont une influence néfaste puisque la densité de dérive tombe à 1/10 par rapport à la valeur à la station 2 (fig.4).

Ils constituent la part dominante de la dérive totale (entre 36% et 62%) dans la station 1 non polluée et dans les 2 stations peu polluées du Tavignano. Dans la station 3, ils ne représentent que 8% de la dérive totale, les Chironomidés prenant ici la première place. La rareté, voire l'absence, des Ephéméroptères dans la dérive des secteurs pollués a été soulignée par LARIMORE (1974) et PEGAZ-MAUCET (1980).

Le genre *Baetis* est dominant dans la dérive de toutes les stations, sauf à la station 3 où sa densité est réduite au 1/10 par rapport à la station précédente (fig.4). Les *Baetis* en dérive, surtout représentés par *B. rhodani* espèce assez ubiquiste, constituent

- à la station 1, 91,4% des Ephéméroptères et 32,7% de l'effectif total
- à la station 2, 76,3% " 32,4% " "
- à la station 3, 78,9% " 6,6% " "
- à la station 4, 86,9% " 53,7% " "

Les Heptageniidés sont quantitativement peu représentés dans la dérive : 1,2% de l'effectif total à la station 1; 0,3% à la station 2, 1,6% à la station 4. Ils sont totalement absents de la station 3, bien qu'ils figurent dans le benthos.

Nos observations confirment celle de NEVEU et ECHAUBARD (1975) sur la dérive de la Couze Pavin où "les larves les plus nombreuses appartiennent aux genres *Baetis* et *Ephemerella*. Les autres genres : *Ecdyonurus* et *Rhithrogena* sont rares".

6.2.2. Plécoptères. Ils sont rares. Ils ne constituent que 1,50% de la dérive totale à la station 1, moins de 1% dans les stations 2 et 4 et disparaissent à la station 3 (un seul individu).

6.2.3. Trichoptères. (fig.5). Dans toutes les stations leur abondance relative dans la dérive est toujours inférieure à celle qu'ils ont dans le benthos. Ceci a été mentionné aussi par PEGAZ-MAUCET. Cette abondance est maximale dans les stations 2 et 4 (18% et 15%), minimale dans le secteur le plus pollué (5% à la station 3).

La densité de dérive est bien plus importante dans le Tavignano que dans le Méaudret et surtout que dans la Couze Pavin où elle n'atteint pas 2 ind./100 m3. Dans notre rivière, elle atteint 10 ind./100 m3 dans la station la plus pure ; des valeurs supérieures sont obtenues aux stations 2 et 4 (58 et 43

ind./100 m3). Une nette diminution de la densité s'observe à la station 3 (8 ind./100 m3).

Les émergents dominent dans toutes les stations ; ils représentent :

64,7% des Trichoptères en dérive à la station 1
75,3% " " " 2
88,8% " " " 3
77,2% " " " 4

L'essentiel de la dérive des Trichoptères est constitué par les *Agapetus* qui figurent presque exclusivement dans les prélèvements sous forme de nymphes mûres et d'imagos (98% de la dérive des *Agepetus*) ; les larves avec leur étui minéral paraissent inaptes à la dérive.

A la station 1, malgré une forte densité benthique (425 ind./m2), la densité de dérive des *Agapetus* est la plus faible (1,23 ind./100 m3). Dans cette région de la Restonica, la population n'a pas encore atteint la période d'émergence en raison de la température de l'eau qui est plus froide que dans la Tavignano :

- température moyenne pour les 3 mois d'été : 17° à la station 1.
  " " " " : 23° à la station 4.

En aval de Corté la densité de dérive des *Agapetus* est de l'ordre de 30 individus/100 m3 dans les stations 2 et 4 ; dans la station fortement polluée elle tombe à 5 ind./100 m3, bien que la densité benthique de ce Trichoptère y soit élevée (440 ind./m2).

Les *Hydropsyche* viennent après les *Agapetus* par ordre d'importance, avec un maximum d'abondance (11 ind./100 m3, 3,50% de la dérive) à la station 2 et un minimum (0,9 ind./100 m3, 0,55%) à la station 3. En hiver, ils ne sont vraiment représentés que dans la dérive de la station supérieure (1,3 ind./100 m3) ; dans la zone polluée, où leur densité benthique est alors très faible un seul individu a été récolté en dérive.

Un fait général se dégage, qui confirme les constatations de LARIMORE (1974) et de PEGAZ-MAUCET (1980) : il se produit une forte diminution de la densité de dérive des Trichoptères lorsque la qualité de l'eau est altérée par une pollution d'origine organique ; ceci va de pair avec une réduction de la densité benthique.

6.2.4. Coléoptères (fig.6). Ils sont présents dans toutes les stations sauf pratiquement à la station 3 où l'on a recueilli que 2 imagos.

Dans les 2 stations les moins polluées du Tavignano, les densités de dérive ne sont pas négligeables :
- à la station 2 : 16 ind./100 m3 (7 Elmidés, 2 Dryopidés, 7 Hydrocanthares),
- à la station 4 : 17 ind./100 m3 (9 Elmidés, 3 Dryopidés, 5 Hydrocanthares).

Dans la Restonica la densité n'est que de 2,5 ind./100 m3.
Les Elmidés, à dérive surtout nocturne (ELLIOTT, 1967, NEVEU et ECHAUBARD, 1975), ont cependant dans nos stations une densité bien inférieure à celle mesurée dans la Couze-Pavin (plus de 100 ind./100 m3 pendant la nuit) par ces auteurs.

Il est remarquable que les Coléoptères en dérive, et surtout les Elmidés, réagissent d'une façon encore plus nette que dans le benthos à l'impact d'une perturbation polluante. Dans le Méaudret, PEGAZ-MAUCET (1980), avait noté que les Elmidés disparaissent presque totalement dans les 2 stations les plus polluées où ne subsistent que quelques rares individus d'*Elmis*.

Les Hydrocanthares récoltés en dérive uniquement dans les stations 2 et 4 sont beaucoup mieux représentés, en espèces et en individus, dans la dérive que dans le benthos où ils sont assez rares. Ces Coléoptères, dont les imagos sont des formes nageuses localisées dans les habitats d'eau calme, sont très aptes à la dérive.

En définitive, la communauté dérivante de Coléoptères est beaucoup plus dense et plus riche que la communauté benthique, comme le montre le tableau.

paramètres \ Stations		Station 1	Station 2	Station 3	Station 4
Richesse (Nb.espèces)	Benthos	4	8	4	8
	Dérive	5	13	2	13
Abondance (%)	Benthos	0,32	0,57	0,58	1,61
	Dérive	2,13	4,80	0,22	5,89

Il est probable que l'activité importante de ces organismes provoque une plus grande dérive dans ce groupe.

Nous avons trouvé des individus de *Macronychus quadrituberculatus* dans la dérive alors que l'espèce n'a jamais été récoltée dans le benthos malgré de très nombreux prélèvements réalisés dans cette zone par GIUDICELLI. Cet Elmidé a été rarement mentionné en Corse (SAINTE CLAIRE DEVILLE, 1914).

6.2.5. Diptères (fig.7). Leur densité de dérive est toujours importante. Le maximum est atteint à la station 3 (134 ind./100 m3) ; le groupe réunit 86% de la dérive de cette station.

Dans le Méaudret l'effectif des Diptères est plus important dans les stations polluées (en moyenne 1376 ind./100 m3) et représente en Août 98% de la communauté dérivante.

Dans les stations non polluées ou peu polluées, le pourcentage de Diptères est plus faible dans la communauté dérivante que dans la communauté benthique; le rapport s'inverse dans la station polluée (86% contre 62%).

Dans trois stations (1, 3, 4) les Chironomides dominent dans le groupe; à la station 2 les Simuliides prennent la première place (53% des Diptères).

La plus forte densité de Chironomides s'observe dans la station la plus polluée : 105 ind./100 m3, soit 67% de la dérive totale ; ces valeurs sont de 42 ind. et 13% à la station 2, 24 ind. et 8 % à la station 4.

Les *Orthocladiini* constituent presque tout l'effectif des Chironomides en dérive à la station 1; ils dominent encore dans la station polluée (55% des Chironomides contre 40% pour les *Chironomini* dans cette station).

Dans les stations 1 et 3 l'abondance relative des *Orthocladiini* est plus grande dans la dérive que dans le benthos ; ces organismes cantonnés dans les habitats à écoulement rapide sont facilement entrainés par le courant dans la dérive. Par contre, les *Chironomini*, qui ont leur plus grande abondance benthique dans la station 3 (20,3% du benthos) et dans la station 4 (5,3% du benthos) sont quantitativement moins bien représentés dans la dérive : 13,9% de la dérive à la station 3 et 3,1 à la station 4. Cantonnés dans les habitats lénitiques près des rives, ils n'ont pas la même possibilité que les *Orthocladiini* de passer dans la dérive.

La dérive d'émergents est encore largement dominante dans les trois stations du Tavignano ; elle constitue :

88,1% de la dérive totale des Chironomides à la station 2
90,7% " " " " 3
66,3% " " " " 4.

A la station 1, exempte de pollution, la dérive d'émergents est plus réduite (23,9%).

Ainsi, il apparait que chez les Chironomides les variations quantitatives du benthos, de la dérive totale et de la dérive d'émergents sont positivement corrélées avec l'augmentation de la pollution organique.

La présence de Psychodidés dans la dérive est une caractéristique exclusive de la station la plus polluée où ces Diptères représentent 16% de la dérive totale.

Enfin on doit remarquer que les Diptères sont le seul groupe qui reste aussi diversifié, d'une part, dans le benthos et la dérive et, d'autre part, dans les 4 stations du transect. La richesse moyenne est d'environ 10 taxons.

VII - RELATIONS ENTRE LES COMMUNAUTES BENTHIQUES ET LES COMMUNAUTES DERIVANTES

L'étude comparative des communautés du benthos et de la dérive a été réalisée par l'analyse factorielle des correspondances en utilisant les prélèvements d'été. Sur le plan factoriel 1-2 (fig.11) les prélèvements de dérive apparaissent regroupés alors que les prélèvements benthiques sont plus dispersés.

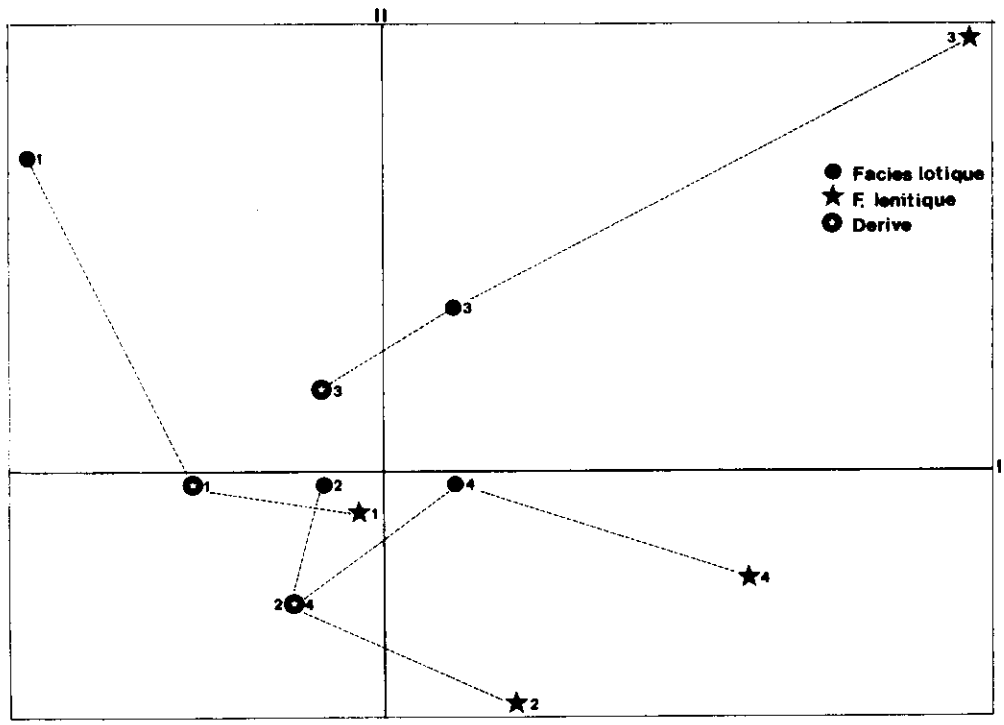


Fig.11 - Carte factorielle (axe 1-2) des échantillons de benthos et de dérive dans les quatre stations.
Part de l'inertie des deux axes : 38,80%.

Ceci traduit une plus grande homogénéité biocénotique des peuplements dérivants. La dérive des stations 2, 3 et 4 est proche du benthos lotique correspondant ; cette disposition est nette sur l'axe 1 qui répartit les espèces selon un gradient de rhéophilie. A la station 1 l'échantillon de dérive se situe à peu près à égale distance entre les deux échantillons de benthos. Dans cette station, du fait du caractère plus torrentiel de la rivière, les communautés des habitats d'eau calme comportent moins de taxons vraiment lénitophiles que dans les stations du Tavignano. A la station 1 la dérive intègre beaucoup mieux l'ensemble du peuplement benthique.

Dans les stations les plus soumises à l'impact de la pollution (st. 3 et 4) la distance entre l'échantillon de dérive et l'échantillon du benthos d'eau calme est plus grande ; ici la dérive est surtout l'émanation du benthos pétricole et rhéophile (*Baetis rhodani, Ephemerella, Orthocladiini, Antocha, Simulium variegatum*). Les organismes saprophiles et les plus caractéristiques de la communauté du secteur pollué (Oligochètes, Gastéropodes, *Chironomini*) n'apparaissent pas dans la dérive.

Un fait remarquable est l'absence d'Oligochètes dans la dérive alors que ces organismes sont bien représentés dans le benthos des stations 2, 3, 4 qui reçoivent les rejets urbains.

On a très souvent mentionné l'importance des Oligochètes dans la communauté dérivante au niveau des secteurs perturbés. Ainsi, les Oligochètes forment 95% de la dérive et 76% du benthos de la station la plus polluée du Méaudret (PEGAZ-MAUCET, 1980).

Dans le Tavignano, la population benthique des Oligochètes a un effectif modeste (environ 750 individus/m2 dans la station la plus polluée) comparativement aux densités benthiques mesurées dans d'autres rivières polluées (jusqu'à 400000 individus/m2 de Tubificidés dans la Couze-Pavin, d'après ECHAUBARD et NEVEU, 1975). Dans le Tavignano, on doit admettre que pour une aussi faible densité benthique le comportement de dérive des Oligochètes ne se déclenche pas. WATERS (1977), WATERS et HOKENSTROM (1980) ont montré que la dérive est souvent une réponse à la surpopulation ; LEGIER (1985) pense aussi que l'effectif des individus entrainés dans la dérive est fonction de la densité de la population et de la structure de la communauté benthique auxquelles ils appartiennent.

Les organismes benthiques qui vivent dans des eaux calmes ou faiblement courantes sont absents ou rares dans la dérive ; citons en exemple les Ephémères *Centroptilum, Caenis, Habrophlebia*. Ainsi *Habrophlebia*, qui a une forte densité dans les habitats lénitiques rivulaires de la station 4, ici n'a été capturé qu'à 4 exemplaires (0,48 ind./100 m3) dans la dérive.

Par contre, les formes nageuses, en particulier les Coléoptères Hydrocanthares, vivant dans ces habitats, sont beaucoup mieux représentés en espèces et en individus dans la dérive que dans le benthos.

Les organismes à poids spécifique élevé tels que les Gastéropodes et surtout les Trichoptères à fourreau minéral qui figurent avec une fréquence élevée et une densité moyenne dans les prélèvements benthiques sont très peu ou pas représentés dans la dérive. Les Trichoptères de ce type (*Silonella, Setodes, Mystacides, Athri psodes, Baereodina, Thremma, Sericostoma*) ont pour "handicap" supplémentaire de vivre dans les habitats d'eau calme ou peu rapide et sont ainsi peu exposés à l'entrainement par le courant. Ces Trichoptères, en fait, ont été presque exclusivement recueillis en dérive sous forme d'émergents (nymphes mûres ou imagos aux ailes non encore déployées). Le cas des *Agapetus* est significatif. Les larves, enfermées dans un étui minéral, vivent en grande abondance sur les pierres exposées à des courants de vitesses variées. Les *Agapetus* sont abondants dans la dérive (44% de la dérive totale des 4 stations) mais ils sont presque entièrement représentés par des individus émergents (99,81% des *Agapetus* en dérive). En dehors de la période d'émergence, on ne trouve pratiquement pas d'*Agapetus* dans la dérive.

Les Trichoptères à fourreau minéral sont plus rares dans le benthos de la station la plus polluée (3 individus de *Baereodina*, 5 d'*Athripsodes*, 3 de *Silonella*, 7 de *Thremma*, 9 de *Sericostoma*, dans les 6 prélèvements benthiques de la station 3) que dans celui des 2 autres stations du Tavignano. Dans la dérive des stations 2 et 4 ils sont représentés par quelques individus mais sont absents de celle de la station 3. Cette absence s'explique si l'on considère qu'en règle générale la proportion de faune en dérive est très faible par rapport au stock benthique (NEVEU et ECHAUBARD 1975, LEGIER, 1979) ; comme la densité de ces organismes est très faible dans le benthos de la station 3 il y a très peu de chance de les retrouver dans la communauté dérivante de cette station.

Pour l'ensemble des 4 stations les écarts entre les effectifs des espèces rares et ceux des espèces abondantes sont plus grands dans la dérive que dans le benthos. La dérive concerne surtout des taxons abondants occupant une grande variété d'habitats lotiques tels que *Baetis, Ephemerella, Agapetus, Hydropsyche,* les Diptères Chironomides et Simuliides. Les taxons à faible valence écologique, i.e. ceux qui sont franchement lénitophiles et cantonnés aux habitats de bordure (la plupart des Trichoptères à fourreau), et ceux franchement rhéophiles et cantonnés aux zones de courant très rapide (*Baetis alpinus*, Diptères Blépharicérides) s'intègrent très rarement à la communauté dérivante.

Dans la station la plus polluée, la forte charge organique a pour effet de réduire l'effectif de la plupart des taxons de la communauté benthique, à l'exception des Oligochètes, des Chironomidés, des Psychodidés. Ici, la dérive amplifie cette tendance à l'appauvrissement faunistique et à la réduction de la diversité puisque les taxons devenus rares (peu abondants) dans le benthos, du fait de la pollution, ont peu de chance d'apparaître dans la communauté dérivante.

Au plan quantitatif l'impact de la pollution sur la relation dérive-benthos peut être aussi analysé en suivant l'évolution spatiale du rapport D/B (densité de dérive/1000 m3 sur densité benthique/m2) déjà utilisé par PEGAZ-MAUCET.

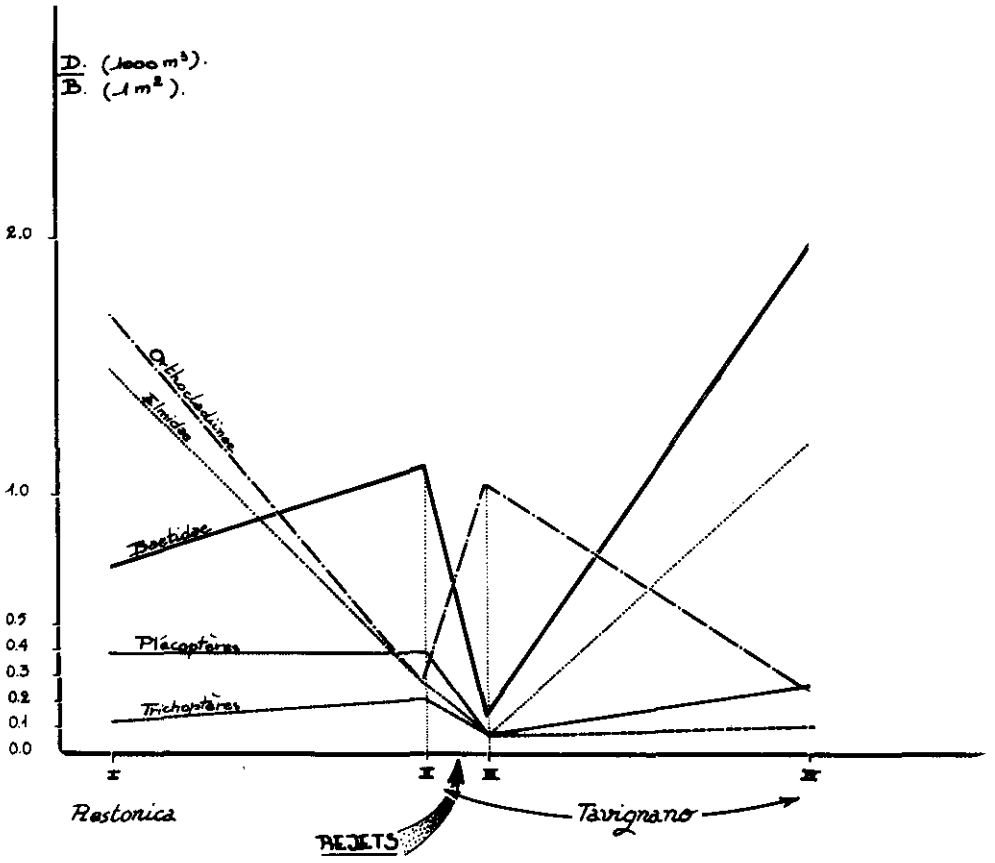


Fig.12 - Evolution du rapport $\frac{D}{B}$ suivant les stations pour les principaux groupes taxonomiques.

Le graphique (fig.12) montre que la forte charge organique de la station 3 inhibe en partie la dérive, sauf pour les *Orthocladiini*.

VIII - UTILISATION DE LA METHODE DE L'INDICE DE QUALITE BIOLOGIQUE GLOBALE. COMMENTAIRES SUR LES RESULTATS OBTENUS.

Nous avons appliqué la méthode de l'IQBG à nos prélèvements benthiques du benthos et de dérive en suivant exactement le protocole mis au point par ses auteurs (VERNEAUX et all., 1977).

Pour le benthos, les valeurs de l'indice sont fortes pour toutes les stations et ne montrent pratiquement aucune variation sur le transect (fig.13). Les stations pas ou peu polluées ont la note 18, tandis qu'à la station fortement polluée l'IQBG ne descend que d'un point. Donc l'indice ne traduit pas les importants changements constatés dans l'écosystème en aval des rejets.

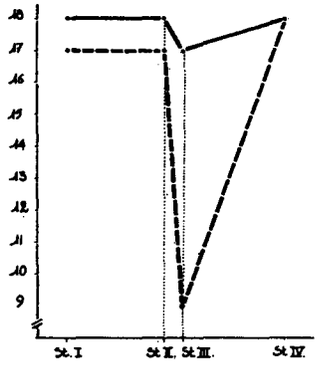


Fig.13 - Variations de l'IQBG suivant les stations :
(trait plein : communautés benthiques),
(trait interrompu : communautés dérivantes).

La valeur élevée de l'indice à la station 3 est due à la persistance de quelques individus (5) d'*Ecdyonurus*. Ce taxon ayant une densité bien supérieure dans les autres stations, on peut raisonnablement supposer que les individus récoltés à la station 3 sont arrivés par dérive depuis la station 2 où leur densité est forte (240 ind./m2), d'autant que le substrat de la station polluée ne convient guère à ces organismes pétricoles et racleurs de périphyton. D'ailleurs, CHAVANON (1979) a noté la présence d'*Ecdyonurus* (1 ou 2 individus) dans les stations les plus polluées du Mornantet. Si l'on faisait abstraction de cet Heptageniide à la station 3, l'indice descendrait à 15.

Nous avons exactement appliqué la méthode des I Q B G aux échantillons de dérive. Pour chaque station le traitement a été fait sur l'ensemble de la faune recueillie dans les 2 séries de prélèvements (avant et après le coucher du soleil). Nous avons tenu compte uniquement des unités systématiques représentées par plus d'un individu.

Dans les stations 1, 2 et 4 les valeurs de l'indice (17, 17, 18)sont aussi élevées que celles obtenues à partir des 6 prélèvements de faune benthique. A la station 3, l'indice tombe à 9, valeur qui traduit bien l'impact de la pollution sur la biocénose, alors que l'indice benthique (=17) ne traduisait pas les modifications du peuplement benthique de cette station.

CONCLUSIONS GENERALES

Les modifications des peuplements d'invertébrés benthiques en aval des rejets présentent certaines caractéristiques générales que l'on retrouve le plus souvent dans les cours d'eau subissant une perturbation d'origine organique.

Il faut d'abord considérer les modifications des biocénoses benthiques en fonction de l'intensité de la pollution.

1 - Effet d'une pollution organique forte (à la station 3).

- Au niveau des populations :
  + Augmentation de la densité des taxons polluo-résistants et saprobiontes. (Oligochètes et Chironomides).
  + Apparition de taxons strictement inféodés à la matière organique des zones polluées. Dans cette catégories on ne peut mentionner que les Psychodides.
  + Les taxons reconnus comme "polluo-sensibles", soit disparaissent complètement (ex : *Protonemura, Chloroperla, Perla, Baetis alpinus, Rhithrogena, Philopotamus,* Blépharicérides), soit ont leur effectif considérablement réduit (*Ecdyonurus,* l'ensemble des Elmidés).
  + Les organismes pétricoles racleurs de substrats (*Silo, Thremma, Agapetus,* Heptageniides, Blépharicérides) qui se nourrissent surtout de Diatomées benthiques disparaissent ou deviennent rares dans les secteurs pollués par suite du changement de la nature de la couverture biologique des pierres (développement d'algues filamenteuses, de bactéries et de champignons).

- Au niveau des communautés :
  + Augmentation de la densité du peuplement des habitats lénitiques tandis que, dans les stations non polluées, les habitats lotiques hébergent les peuplement les plus abondants.
  Dans les secteurs soumis à la pollution, les particules organiques se concentrent dans les zones à écoulement ralenti où s'établissent d'excellentes conditions pour le développement de communautés d'organismes saprophiles.
  C'est donc au niveau de ces habitats que s'observent les changements biocénotiques les plus nets induits par la pollution organique.
  + La diversité s'accroît pour certaines taxocénoses (Oligochètes, Diptères) tandis qu'elle se réduit pour d'autres (Ephéméroptères, Plécoptères, Trichoptères et Coléoptères).

2 - Une pollution organique modérée ou insidieuse, lorsque le volume des rejets est faible (station 2) ou lorsque l'autoépuration a éliminé une partie des déchets (station 4), a un effet eutrophisant sur le peuplement benthique.

Il se manifeste par l'accroissement de densité de taxons saprophiles (*Baetis rhodani, Habrophlebia, Ephemerella*) et de racleurs de substrat (*Ancylus, Agapetus*) qui profitent du développement d'un périphyton à dominance de diatomées. Les communautés de ces secteurs légèrement enrichis en matière organiques et en sels nourriciers, présentent une densité et une diversité maximales. Ainsi, les indices de diversité et de qualité biologique atteignent des valeurs élevées.

L'étude de la dérive nous a apporté les résultats les plus nets et les plus concordants avec les constatations faites par les auteurs.

La dérive traduit bien les modifications du peuplement aquatique dans les secteurs pollués.

La pollution organique modifie la structure des communautés dérivantes :

- la diversité faunistique est fortement réduite,
- les taxons dominants sont différents de ceux de la dérive des secteurs non perturbés,
- les groupes polluo-sensibles disparaissent complètement, alors qu'ils sont encore représentés dans le benthos par quelques individus, tandis que les taxons polluo-résistants ou saprophiles deviennent très abondants.

La pollution organique modifie aussi la densité totale de dérive ; selon la saison celle-ci augmente ou diminue par rapport à celle des stations non polluées. Ces différences saisonnières sont probablement en rapport avec les cycles biologiques des organismes ; ainsi, les maximum de densité correspondent à une forte augmentation des émergents dans la dérive. La dérive d'émergence est toujours forte dans les zones polluées (BOURNAUD et all. 1984). Enfin, certains taxons polluo-tolérants ne sont présents dans la dérive que si leur population benthique est suffisamment importante, ceci a été constaté pour les Oligochètes. Dans ce cas, la dérive constitue un mécanisme régulateur de la densité des populations quand la capacité de charge est atteinte.

La méthode des IQBG, appliquée aux échantillons de faune benthique, n'est pas apte à rendre compte de la pollution du Tavignano.

Néanmoins, la détermination des indices à partir des prélèvements de dérive a apporté des résultats satisfaisants pour le Tavignano où la pollution amène une diminution significative de l'IQBG de la dérive, contrairement à ce qui a été constaté pour l'IQBG benthique. En fait, la dérive intègre rarement les taxons dont la densité benthique est faible ; ainsi, les organismes assez polluo-sensibles, qui parviennent à se maintenir par quelques individus dans le benthos de la station très polluée et qui confèrent une valeur élevée à l'IQBG benthique, ne se retrouvent pas dans la dérive qui alors exprime mieux l'impact de la perturbation.

L'indice accorde une grande importance - probablement exagérée - à la présence ou à l'absence des Plécoptères Sétipalpes et de certains Heptageniides (*Ecdyonurus, Rhithrogena, Epeorus*). De ce fait, la présence dans la station la plus polluée du Tavignano de quelques individus d'*Ecdyonurus*, associée à une trentaine d'unités systématiques, donne une forte valeur de l'indice qui occulte l'impact de la perturbation polluante.

En région méditerranéenne apparait un autre inconvénient : la pauvreté de la faune en Plécoptères Sétipalpes (2 genres en Corse, 3 en Provence) ne permet pas d'obtenir la valeur maximum de l'indice.

La méthode des IQBG considère la présence-absence de "groupes faunistiques" dont les limites de détermination ne descendent pas au-dessous du genre. Lorsqu'il s'agit de groupes bien diversifiés, on a généralement une perte considérable d'information en rassemblant toutes les espèces du groupe dans une même unité systématique. Ainsi nous avons vu au cours de l'étude, que les 2 espèces de *Baetis* sont des indicateurs biologiques bien différents dans leur signification : *B. Alpinus* est très sensible à la pollution, *B. rhodani* est tolérant. De même, toutes les Simulies sont réunies dans la même unité systématique ; or, il est possible d'établir des listes d'espèces de ce groupe caractéristiques de chaque zone du système des saprobies.

Enfin, l'indice ne tient compte que du critère présence-absence et fait abstraction de la densité des taxons présents. Cette étude nous a montré que l'impact de la pollution se traduisait rarement par l'élimination des formes polluo-sensibles mais le plus souvent par des changements de densité au niveau des groupes faunistiques et des populations spécifiques.

De ce point de vue, les Coléoptères Elmidés nous paraissent très intéressants pour tester l'impact de pollutions organiques. Dans le tableau standard de détermination des IQBG, leur poids est faible puisqu'il ne figurent qu'au groupe V. La pollution, même importante, ne les élimine pas , mais leur densité évolue suivant un gradient de pollution.

En définitive la méthode des IQBG par son souci de grande simplification en arrive à altérer ou à caricaturer la réalité. Une méthode, comme le système des saprobie de ZELINKA et MARVAN 1961, qui tient compte à la fois de la polluo-sensibilité des espèces et de leur densité est certainement plus logique et plus exaate.

Il conviendrait, pour pouvoir l'appliquer en France, d'établir la polluo-sensibilité des espèces vivant dans les principales régions naturelles du pays.

BIBLIOGRAPHIE

BOURNAUD M., CHAVANON G. (1977). Dérive et qualité des eaux. *Univ. Lyon, Ministère de l'Environnement, rapport ronéo*, 22 p.

BOURNAUD M., MAUCET D. et CHAVANON G. (1984). Méthode pratique de mesure de la dérive des macroinvertébrés dans un cours d'eau. Application à la détection de perturbations du milieu. *Bull. Ecol.*, 15 : 199-209.

CHAVANON G. (1979). Dérive des invertébrés dans les eaux courantes : méthode de récolte, relations avec le benthos et effets de quelques perturbations polluantes. *Thèse spécialité. Lyon*, 182 p.

ECHAUBARD M., NEVEU A. (1975). Perturbations qualitatives et quantitatives de la faune benthique d'un ruisseau à truites, la Couze Pavin (Puy de Dôme) dues aux pollutions agricoles et urbaines. *Ann. Stat. biol. Besse en Chandesse*, 9, 1-24.

ELLIOTT J.M. (1967). Invertebrates drift in a Dartmoor stream. *Arch. Hydrobiol.*, 63, 202-237.

GIUDICELLI J. (1970). Les biocénoses zonales d'un réseau hydrographique. *Ann. Fac. Sc. Marseille*, 43, 107-125.

GROSS F. (1976). Les communautés d'Oligochètes d'un ruisseau de plaine. Leur utilisation comme indicateurs de pollution organique. *Annls. Limnol.*, 12 (1), 75-87.

HYNES H.B.N. (1960). The biology of polluted waters. *Liverpool Univ. Press. Ed.*, 202 p.

HYNES H.B.N. (1975). Downstream drift of invertebrates in a river in southern Ghana. *Freshwat. Biol.*, 5, 515-532.

LARIMORE R.W. (1974). Stream drift as an indicator of water quality. *Trans. amer. Fish Soc.*, 103, 507-517.

LEGER N. et LEGER P. (1974). L'extension de *Potamopyrgus jenkinsi* (SMITH, 1889) en Corse (Juillet 1973). *Ann. Parasit. Hum. Comp.*, 49 : 343-347.

LEGIER P. (1979). Recherches sur l'écologie des ruisseaux temporaires. *Thèse doctorat d'Etat. Aix-Marseille*, 320 p.

LEGIER P., BOUZIDI A. et CAZAUBON A. (1984). Les cours d'eau temporaires du massif des Maures. Hydrologie, hydrochimie, communautés algales et animales. *Ecologia mediterranea*, 10 : 93-119.

LOUDIKI M. (1985). Contribution à l'étude des peuplements d'algues des rivières de montagnes de Corse. *Thèse 3è cycle, Université Aix-Marseille III*, 180 p.

NEVEU A., ECHAUBARD M. (1975). La dérive estivale des invertébrés aquatiques et terrestres dans un ruisseau du Massif Central : la Couze Pavin. *Annls. Hydrobiol.* 6 (1), 1-21.

NISBET M., VERNEAUX J. (1970). Composantes chimiques des eaux courantes. Discussion et proposition de classes en tant que bases d'interprétation des analyses chimiques. *Annls. Limnol.*, 6 (2), 161-190.

PEGAZ-MAUCET, D. (1980). Impact d'une perturbation d'origine organique sur la dérive des macro-invertébrés d'un cours d'eau. Comparaison avec le benthos. *Thèse spécialité - Lyon*, 130 p.

PUJOL J.Y. (1975). Quelques aspects de la Biologie des *Drusinae* (Trichoptères) et influences humaines sur un cours de montagne. *Thèse spécialité*. Toulouse, 133 p.

RIVOSECCHI L. (1978). Fauna d'Italia. Diptere *Simuliidae*. *Ed. Caldezini*, Bologna.

SAINTE CLAIRE DEVILLE J. (1914). Catalogue critique des Coléoptères de la Corse. *Caen*.

SINCLAIR R.M. (1964). Water quality requirements of family Elmidae (Coleoptera). *Tennessee Stream Poll. Control*, 14 p.

SOWA R. (1975). Ecology and biogeography of mayflies (Ephemeroptera) of running waters in the Polish part of the Carpathians. I - Distribution and quantitative analysis. *Acta Hydrobiol.*, 17 (3), 223-297.

TOURENQ J.N. (1975). Recherches écologiques sur les Chironomides (*Diptera*) de Camargue. *Thèse doctorat d'Etat, Toulouse*, 1-424.

TUFFERY G., VERNEAUX J. (1968). Méthodes de détermination de la qualité biologique des eaux courantes. C.E.R.A.F.E.R. Paris, 21 p.

VERNEAUX J. (1973). Recherches écologiques sur le réseau hydrographique du Doubs. Essai de biotypologie. *Thèse doctorat d'Etat, Besançon*, 1-260.

VERNEAUX J., FAESSEL B., MALESIEUX G. (1977). Note préliminaire à la proposition de nouvelles méthodes de détermination de la qualité des eaux courantes. *Centre Hydrobiol. Univ. Besançon et Lab. Hydroécol. note ronéo*, 8 p.

WATERS T.F. (1977). Secondary production in inland waters. *Adv. Ecol. Res.*, 10 : 91-164.

WATERS T.F. et HOKENSTROM J.C. (1980). Annual production and drift of the stream amphipod, *Gammarus pseudolimnaeus* in Valley Creek, Minnesota. *Limnol. Oceanogr.*, 25 : 700-710.

WOODIWISS F.S. (1964). The Biologycal System of stream classification used by the Trent River Board. *Chemi. Ind.*, 443-447.

ZELINKA M., MARVAN P. (1961). Zur Präzisierung der biologischen Klassification des Reinheit flissender Gewasser. *Arch. Hydrobiol.*, 57, 389-407.

Stations	1		2		3		4	
	R	L	R	L	R	L	R	L
PLANAIRES								
Dugesia benazzii	7	20	33	16	2	3	12	22
HIRUDINEES								
Helobdella stagnalis	.	.	.	.	.	3	.	6
OLIGOCHETES								
Haplotaxis gordioides	.	.	3	.	.	.	.	.
Lumbriculus variegatus	.	.	.	.	.	9	2	10
Trichodrilus allobrogum	.	.	3	9	.	.	.	.
Trichodrilus strandi	.	.	.	.	.	9	.	.
Chaetogaster diaphanus.....	.	.	.	.	1	.	.	.
Nais barbata	.	.	1	1	42	72	.	.
Nais communis	.	.	4	4	161	101	5	4
Pristina foreli	.	.	1	1	.	.	.	.
Pristina longiseta	.	.	.	.	.	1	.	.
Pristina menoni	.	.	.	.	5	2	.	.
Tubifex tubifex	.	.	.	.	.	3	.	.
Limnodrilus hoffmeisteri ..	.	.	.	.	.	.	.	7
Limnodrilus udekemianus	.	.	.	.	.	1	.	.
Lumbriculus rivalis	.	.	.	.	1	.	.	.
Eiseniella tetraedra	.	.	11	6	12	8	8	5
MOLLUSQUES								
Ancylus fluviatilis	1	4	106	80	11	7	45	12
Potamopyrgus jenkinsi	.	.	.	.	.	2	.	1
Planorbis brondeli	.	.	.	.	2	1	1	1
Pisidium	.	.	.	.	.	.	1	.
EPHEMEROPTERES								
Baetis rhodani	137	13	423	35	355	9	478	11
Baetis alpinus	156	.	26	.	.	.	.	.
Baetis muticus	7	21	27	36	.	.	10	2
Baetis fuscatus	.	.	.	6	.	.	.	.
Procloeon bifidum	.	11	.	76	.	17	8	382
Caenis moesta	.	1	.	4	3	4	.	31
Habrophlebia budtzi	.	9	1	49	.	3	8	723
Habroleptoides modesta	1	18	.	.	.	.	.	.
Ephemerella ignita	8	11	29	47	27	16	43	58
Rhithrogena eatoni	32	.	10	.	.	.	26	.
Ecdyonurus corsicus	2	10	72	.	4	1	122	.
Heptagenia lateralis	.	5	.	48	.	.	.	29
PLECOPTERES								
Chloroperla apicalis	.	3	.	.	.	.	.	.
Protonemura buccolica	7	.	30	.	1	.	2	.
Leuctra geniculata	.	.	2	6	6	10	2	13
Leuctra sp.	9	8	7	.	7	.	3	2
TRICHOPTERES								
Rhyacophila pallida	16	.	43	8	23	1	21	2
Agapetus cyrnensis	115	140	57	856	63	202	468	1336
Hydropsyche fumata	14	.	1	.	3	.	10	.
H. cyrnotica	26	32	470	21	258	28	192	32
Philopotamus corsicanus	3	.	.	.	.	.	.	.
Polycentropus corsicus	1	4	4	11	1	.	.	1

Stations	1		2		3		4	
	R	L	R	L	R	L	R	L
P. divergens	.	.	.	1	.	.	.	.
Chimarra marginata	.	.	.	.	.	.	.	1
Tinodes agaricinus	.	.	.	6	.	3	3	1
Hydroptila vectis	.	31	.	.	1	.	.	.
Allotrichia pallicornis	14	5	.	.	11	.	.	.
Beraeodina palpalis	4	14	1	1	2	1	.	.
Athripsodes genei	.	.	.	2	.	5	.	26
Mystacides azurea	.	.	.	.	.	.	.	1
Setodes argentipunctellus ..	.	20	.	12	.	.	3	.
Silonella aurata	.	.	.	6	3	.	9	10
Micrasema cinereum	3	2	128	29	41	.	24	2
Sericostoma clypeatum	.	.	.	4	1	8	4	8
Thremma sardoum	.	5	.	8	.	7	.	.
COLEOPTERES								
Deronectes moestus	.	.	.	.	.	1	.	7
Potamonectes martini	.	.	.	28	.	9	4	16
Stictonectes optatus	.	.	.	.	.	.	.	9
Laccobius sinuatus	.	.	.	.	.	.	3	.
Hydraena	.	.	4	1	.	.	2	.
Helichus substriatus	.	.	.	2	.	.	.	.
Dryops costae	.	6	.	4	.	.	.	.
Elmis maugetii	3	2	64	11	11	2	26	6
Limnius intermedius	3	.	64	5	1	1	10	1
Stelnelmis canaliculata ...	.	.	.	1	.	.	.	.
Esolus brevis	.	.	.	.	.	.	1	.
Normandia nitens	.	.	1	2	.	.	.	.
DIPTERES								
Orthocladiini	151	16	480	8	1075	119	113	23
Tanytarsini	105	38	2	7	2	42	2	19
Tanypodini	.	56	9	41	6	52	16	180
Chironomini	.	.	.	14	36	838	.	279
Simulium variegatum	742	.	1038	.	199	3	41	.
Obuchovia galloprovincialis.	50	.	.	.	.	.	.	.
Liponeura edwardsiana	316	.	1	.	.	.	.	.
Atherix marginata	.	2	62	59	19	21	69	84
Antocha vitripennis	1	18	130	52	155	59	62	14
Eriocera	.	.	4	.	1	.	1	1
Dicranota	.	.	.	.	6	.	3	6
Wiedemannia.....	.	.	.	.	.	.	2	.
Limnobiidae	.	.	6	3	.	.	.	.
Eristalis	.	.	.	.	2	.	.	.
Psychoda	.	.	.	.	35	19	.	.
Tabanidae	.	.	.	.	.	.	.	13
HETEROPTERES								
Micronecta leucocephala	.	.	.	.	.	.	.	2
HYDRACARIENS	13	42	11	.	5	.	4	.

Tableau I - Taxons récoltés en Août (prélèvements benthiques) sur le transect Restonica Tavignano, avec leurs effectifs en faciès lotique (R) et en faciès lénitique (L)

Surface prospectée en faciès lotique : 0,3 m²
Surface prospectée en faciès lénitique : 0,3 m²

Stations	1		2		3		4	
	a	b	a	b	a	b	a	b
PLANAIRES								
Dugesia benazzii	.	.	2	2	.	.	.	3
OLIGOCHETES								
Eiseniella tetraedra	.	.	.	1	.	.	1	.
MOLLUSQUES								
Ancylus fluviatilis	.	.	1	.	.	.	2	.
EPHEMEROPTERES								
Baetis rhodani	115	254	50	189	13	14	5	586
	5		*580*	*33*	*28*	*5*		
Baetis alpinus	25	17					*201*	*248*
Baetis muticus	4	8	.	35	.	.	.	.
Procleon bifidum	.	.	.	.	.	.	30	.
Caenis moesta	.	.	.	.	.	.	3	.
Habrophlebia budtzi	1	6		24	2	.	4	4
	13	*2*	*5*	*3*	*2*			
Habroleptoides modesta	.	2	.	.	.	.	266	.
Ephemerella ignita	.	.	6	22	3	3	8	40
			177	*24*	*6*		*53*	*12*
Rhithrogena eatoni	1	5	.	.	.	.	6	6
Ecdyonurus corsicus	4	6		6	.	.	6	20
			2					*1*
Heptagenia lateralis	.	.		.	.	.	2	.
			6				*2*	
PLECOPTERES								
Protonemura buccolica	.	2	1	4	.	.	2	1
Leuctra geniculata	.	.	3	16	.	.	.	5
Leuctra sp.	1	14	1	2	1		.	.
		2				*1*		
TRICHOPTERES								
Rhyacophila pallida	1	2	.	.	.	.	1	2
	8	*4*		*2*				
Agapetus cyrnensis	2	4					5	3
	5	*2*	*220*	*45*	*12*	*23*	*70*	*200*
Hydropsyche fumata				17	1			
				46				
H. cyrnotica	3	12	22	13	2	3	26	30
	2	*1*						*7*
Philopotamus corsicanus	.	3	.	.	.	.	.	.
		7		*13*				
Polycentropus corsicus	*12*	*5*	*2*	*36*	.	.	.	*3*
Chimarra marginata	.	*2*	.	.	.	.		
Tinodes agaricinus	.	.	.	.	.	.	1	
			1	*2*				*1*
Hydroptila vectis	*12*	*15*	*2*	.	.	*1*	.	.
Allotrichia pallicornis	*2*	*1*	*3*	1	.	.	.	.
Beraeodina palpalis	3	.	.	1	.	.	.	.
Mystacides azurea	.	.	.	.	.	*4*	.	.
Setodes argentipunctellus...	.	.	*7*	*1*	.	.	.	.
Micrasema cinereum	3	2	2	19	.	.	2	12
Sericostoma clypeatum	.	.	.	*2*	.	.	.	.
Thremma sardoum	.	*2*	.	.	.	.	.	.

Stations	1		2		3		4	
	a	b	a	b	a	b	a	b
COLEOPTERES								
Haliplus lineatocollis	.	.	15	23	.	.	7	20
Deronectes moestus	.	.	.	1	.	.	.	.
Potamonectes martini	.	.	1	13	.	.	4	6
Stictonectes optatus	.	.	.	1	.	.	.	.
Orectochillus villosus	3	2	.	1	.	.	1	.
Laccobius sinuatus	.	.	.	.	.	1	.	1
Hydraena	.	1	.	1	.	.	.	1
Helichus substriatus	.	.	1	4	.	.	1	9
Dryops costae	.	.	8	5	.	.	12	7
Elmis maugetii	5	10	2	13	.	1	1	16
Limnius intermedius	1	4	3	30	.	.	4	45
Stenelmis canaliculata	.	1	.	6	.	.	.	1
Macronychus 4-tuberculatus.	.	.	.	1	.	.	.	1
Esolus brevis	.	.	.	.	.	.	.	1
Normandia nitens	1	.	.	5	.	.	.	5
DIPTERES								
Orthocladiini	217 *110*	165 *10*	11 *145*	13 *26*	27 *324*	6 *32*	6 *12*	8 *22*
Tanytarsini	.	2	. *12*	. *9*	4 *28*	.	.	.
Tanypodini	20 *11*	10	5 *5*	5 *34*	8 *14*	. *31*	4 *26*	42 *6*
Chironomini	.	2	6 *65*	8 *40*	7 *8*	. *110*	8	. *68*
Odagmia variegata	34	52	34 *155*	136 *187*	4 *9*	. *4*	11 *45*	10 *18*
Obuchovia galloprovincialis	.	.	.	.	1	.	.	.
Atherix marginata	.	1	2	3	1	.	2	1
Antocha vitripennis	2	.	2 *7*	. *56*	2	1 *6*	3	6 *113*
Psychoda	.	.	. *1*	.	34 *57*	31 *14*	.	.
Dixa	2	9	.	.	.	.	.	.
Culicinae	.	.	.	.	5 *3*	.	.	.
HETEROPTERES								
Hydrometra stagnorum	.	.	.	1	.	.	.	.
Gerris najas	.	.	1	.	.	.	.	2
HYDRACARIENS	.	.	4	.	.	.	.	6

Tableau II - Taxons récoltés en août (prélèvements de dérive) avec leurs effectifs.

a/ prélèvements 2 heures avant la tombée de la nuit
b/ prélèvements 2 heures après la tombée de la nuit

(les chiffres en italique concernent les individus émergeants).

ECOLOGIA MEDITERRANEA Tome XII (fascicule 1-2) 1986

Méthode pour la carte des faciès paysagers du Parc National du Mercantour.

- Description cartographique à moyenne échelle des biotopes de la faune vertébrée de montagne.

J.L. LAURENT★

RESUME - Une cartographie des biotopes de la faune vertébrée en montagne a été réalisée à grande échelle (1/25.000) sur le territoire du Parc National du Mercantour. Le thème cartographique a été défini par la prise en compte simultanée de la structure de la végétation, de la nature des essences forestières dominantes et de la nature du matériau minéral affleurant (rocher, blocs, pierres...). Pour permettre une grande souplesse d'utilisation, les six descripteurs de base ont été notés de façon indépendante selon le principe d'une classification ouverte.

Cette carte des faciès paysagers doit servir d'outil pour divers protocoles d'inventaire, de suivi et de gestion de la faune vertébrée. Les premiers résultats concernant la caractérisation des biotopes de peuplements de passériformes et de galliformes sont exposés. Ils illustrent les possibilités d'utilisation des descripteurs de base, mais aussi de descripteurs synthétiques.

SUMMARY - Biotops of vertebrate animal species have been mapped in the National Park of Mercantour (scale 1/25.000). The classification of biotops was based on the vegetation structure, the tree species, and the kind of mineral material (rock, blocks, pebbles, ...) when it outcrops. An open classification of the descriptive parameters has been adopted to allow an easier utilization.

*The map of **faciès paysagers** may be used for various studies like census and management of vertebrate animal species. First analysises of passeriforms and galliforms habitat use are given. Possibilities of utilization from basic descriptive parameters, and also from calculated synthetic parameters are showed.*

MOTS CLES : Mercantour, cartographie descriptive, classification des biotopes, outil d'aménagement, suivi faune flore.

INTRODUCTION

Etant donné la mission d'un Parc National pour la conservation et la protection du patrimoine naturel, dont la faune vertébrée est un élément appréciable, l'interface "végétation-communautés animales" apparaît comme un important thème d'étude, la végétation constituant non seulement le point de départ des chaînes trophiques, mais aussi le "cadre" au sein duquel évoluent les communautés de vertébrés terrestres. De très nombreux travaux portant sur les reptiles (LIVET 1982), sur les oiseaux comme les passereaux et espèces apparentées (BLONDEL 1979, PRODON et LEBRETON 1981), les galliformes (BERNARD 1981) et les rapaces (LHERITIER 1975, SPITZER 1983), sur les mammifères comme les rongeurs (LELOUARN et al. 1970, LELOUARN et SPITZ 1974, JANEAU 1980), les carnivores (MOUCHES 1981), et les ongulés (CROMBRUGGHE de 1975, LUNAIS et LARIGAUDERIE 1980, AUVRAY 1983) ont souligné l'importance de la physionomie végétale dans la description des biotopes.

★Chargé d'études - Parc National du Mercantour, 23 rue d'Italie, 06000 NICE.

D'autre part une relation entre la superficie d'un biotope, son isolement, mesurables sur une carte, et sa richesse spécifique a été mise en évidence (DIAMOND 1975, PICTON 1979, BLONDEL 1979, 1980, TEMPLE 1981, MARTIN 1983). Sa prise en compte est fondamentale dans le cadre d'une politique de gestion de la faune sauvage. Une description et une typologie des biotopes qui puissent permettre la mise en place de protocoles d'inventaire, d'observation et d'échantillonnage pour l'étude de l'habitat des espèces apparaît alors comme une première étape indispensable pour la gestion d'un territoire comme celui du Parc National du Mercantour. En raison de la spécificité de l'information apportée par une cartographie, information à la fois localisée et exhaustive (CARTAN 1975), synthétique au niveau de perception choisi (LONG 1974), permettant d'appréhender la superficie et l'agencement des motifs élémentaires, ce type de document peut constituer un outil de base pour l'étude de la faune. Une telle cartographie de la physionomie végétale a d'ailleurs été déjà réalisée dans le Parc National des Cévennes (DEBUSSCHE 1972, GODRON et col. 1974) pour servir, conjointement avec d'autres documents, au découpage du territoire du parc en unités écologiques (PILLET 1981). Mais ce n'est qu'a posteriori qu'elle a été utilisée pour l'étude de l'avifaune, rapaces (LHERITIER 1975) et passereaux (BLONDEL et al. 1979), cette dernière étude ayant alors nécessité une description plus fine de la structure de la végétation. Dans ce sens, il nous a alors paru intéressant de tenter de définir, à la lumière des nombreuses études déjà réalisées, un thème cartographique à grande échelle le plus pertinent possible par rapport à l'avifaune et d'une manière plus générale à la faune vertébrée.

Après avoir décrit le thème cartographique, les premiers résultats de l'utilisation de cette cartographie par rapport à l'avifaune seront exposés.

I. LE THÈME CARTOGRAPHIQUE : CHOIX DE DESCRIPTEURS A PRIORI PERTINENTS

1.1 Elaboration

Compte tenu des besoins des responsables du Parc National du Mercantour, mais aussi de la disponibilité en moyens et en temps, l'échelle du 1/25.000 a été choisie. Lors de la conception du thème cartographique notre principal souci a été de fournir une information cartographique à la fois concrète, facilement utilisable et manipulable. Pour cela nous avons choisi des descripteurs qualitatifs et quantitatifs qui puissent être appréhendés le plus directement possible sur le terrain. Puis nous avons défini le thème cartographique selon une classification ouverte (GODRON 1975) ; **l'indice de faciès** est ainsi **constitué** par une liste **de descripteurs observés indépendamment** les uns des autres. Ceci permet d'éviter l'élimination a priori de certains cas de figure que l'on n'avait pas prévu. L'autre grand avantage de ce type de classification réside dans le fait qu'il est toujours possible de ne considérer qu'une partie des descripteurs ou éventuellement d'en rajouter de nouveaux puisque ceux-ci ne sont pas hiérarchisés.

Le thème cartographique que nous avons retenu utilise en premier lieu **la notion de formation végétale** : "ensemble des végétaux qui peuvent appartenir à des espèces différentes, mais qui présentent pour la plupart des caractères convergents dans leurs formes, et parfois dans leurs comportements. La typologie de ces formations est basée sur la répartition spatiale des individus végétaux de la station ou structure". (GODRON et al. 1968).

Dans les milieux de haute montagne que nous avons à cartographier ici, la végétation n'a souvent qu'un faible recouvrement au sol et laisse apparaître le matériau minéral qui par sa présence et sa nature (éboulis, blocs, rochers...) joue aussi un grand rôle dans la caractérisation de la physionomie et, corrélativement dans la détermination de l'habitat de nombreuses espèces animales. Conjointement au type de formation végétale, et pour chaque unité cartographique, nous noterons donc, s'il y a lieu, **le type granulométrique dominant du matériau minéral affleurant**. Enfin, lorsque le cas se présente, **la ou les espèces arborées dominantes** seront également enregistrées. Ces **trois descripteurs** définissent ainsi ce que nous appellerons **les "faciès paysagers"**, en nous inspirant de la notion de faciès de végétation définie par GODRON et LEPART (1973) comme la combinaison des descripteurs de formation végétale et d'espèce dominante.

1.2. La structure de la végétation

La structure de la végétation ou "arrangement dans l'espace des composants de la végétation" (FOSBERG 1967) est un très bon révélateur de la communauté animale associée, et en particulier de l'avifaune dont la nature, la richesse et la diversité spécifique évoluent avec le développement de la végétation (FERRY et FROCHOT 1970, BLONDEL et al. 1973 1979, PRODON et LEBRETON 1981). **La structure de chaque unité sera définie par sa stratification, ou développement vertical, ainsi que par le recouvrement de chaque strate.** Contrairement à certaines classifications des formations végétales privilégiant la présence de la strate arborée (GODRON et al. 1968, p.36), nous n'avons pas voulu opérer de hiérarchie a priori entre les strates. Pour la cartographie de ces descripteurs structuraux, strates et recouvrements, tout le problème réside dans le choix des seuils.

Choix des strates :

A l'échelle du 1/25.000, nous devions avoir un nombre suffisamment réduit de strates pour faciliter la lecture de la carte ; aussi nous sommes-nous limité à un découpage **en trois strates principales**. Celles-ci ont été choisies de façon à refléter au mieux les discontinuités dans la distribution verticale de la biomasse végétale des formations du massif du Mercantour.

La première strate de hauteur inférieure à 1 mètre a été subdivisée en deux sous-strates selon la présence et la dominance des **herbacées (H)** ou des **ligneux très bas (LTB)**. Pour la sous-strate herbacée la dominance d'espèces de hauteur inférieure ou supérieure à 0,25 m a en outre été précisée. Cette strate s'individualise très nettement dans la plupart des formations végétales du Mercantour. En effet les herbacées et les principaux buissons existant (*Calluna vulgaris,(1), Genista cinerea, Juniperus nana, Rhododendron ferrugineum, Vaccinium myrtillus, Vaccinium uliginosum, etc.*) sont toujours de hauteur inférieure à 1 mètre ; seul le buis, *Buxus sempervirens* , peut parfois présenter des peuplements de hauteur nettement supérieure. Cette première strate joue en particulier un rôle très important par le couvert qu'elle offre pour les espèces nichant au sol comme par exemple le tétras lyre, *Lyrurus tetrix* (BERNARD 1981). En hiver la végétation de hauteur inférieure à 1 mètre est généralement recouverte par la neige (sauf en des positions topographiques particulières : crêtes ventées, vires rocheuses d'adret ...) et de la sorte soustraite à la faune pour son alimentation.

La deuxième strate ou strate ligneuse basse d'une hauteur de 1 à 4 mètres (LB) correspond à la strate arbustive constituée le plus souvent par de jeunes arbres en régénération (*Larix decidua, Picea excelsa, Pinus silvestris, etc.*) mais aussi par des essences arbustives de certains sous-bois (*Corylus avellana, Laburnum sp., sorbus sp.pl,etc.*). En hiver elle surmonte le manteau neigeux et des espèces comme le tétras lyre, le lièvre variable, *Lepus timidus*, et le chamois, *Rupicapra rupicapra*, s'y alimentent.

La strate ligneuse haute de hauteur supérieure à 4 mètres (LH) ou strate arborée, permet de distinguer les véritables arbres.

Choix des seuils de recouvrement :

Trois seuils ont été retenus. Contrairement au choix d'un premier seuil de 25 % (GODRON et al. 1968, BLONDEL et al. 1979) nous avons adopté le choix fait par BERNARD (1981) d'un seuil d'une valeur **inférieure ou égale à 10%.** Car comme le souligne cet auteur pour le tétras lyre, "une strate arborée ou arbustive même très ouverte, est importante à noter : en hiver il se nourrit à la limite supérieure de la forêt sur de petits mélézeins (2) dispersés. La prise en compte des arbrisseaux nains, même avec un recouvrement faible, est aussi importante dans la mesure où ceux-ci peuvent constituer par exemple, des sites de nidification potentiels". Pour justifier ce choix, nous pouvons également citer FERRY et FROCHOT (1970) qui ont mis en évidence, en Bourgogne, que quelques vieux arbres conservés dans une parcelle en régénération suffisent au maintien de l'avifaune caractéristique de la futaie de chênes pédonculés, à laquelle d'ailleurs peuvent alors s'ajouter des espèces des milieux ouverts. Un deuxième seuil de recouvrement, **égal à 40 %**, permet de distinguer les strates très ouvertes et ouvertes. Enfin un troisième seuil, **égal à 80 %**, permet de caractériser les strates dont la végétation est fermée.

L'indice de structure :

Il est représenté par un nombre à quatre chiffres (fig. 1) corespondant respectivement et de droite à gauche à :

- la sous-strate, inférieure à 1 m, herbacée (H)
- la sous-strate, inférieure à 1 m, ligneuse très basse (LTB)
- la strate ligneuse basse comprise entre 1 m et 4 m (LB)
- la strate ligneuse haute supérieure à 4 m (LH).

---

(1) Pour les espèces végétales, la nomenclature adoptée est celle de la Flore de Fournier, 2ème éd., PARIS, 1977.

(2) Bois dominé par *Larix decidua*

Le chiffre affecté à chaque strate (0, 1, 2 ou 3) indique selon sa valeur la classe de recouvrement (0-10 %, 10-40 %, 40-80 %, 80-100 %) de cette strate dans l'unité cartographique considérée. Dans le cas de la sous-strate herbacée (H) les chiffres affectés seront en fait (0, 1, 3, 5) si les herbacées ont une hauteur inférieure à 25 cm, et (0, 2, 4, 6) s'ils ont une hauteur supérieure à 25 cm. Lorsque, dans la strate inférieure à 1m, les herbacées et les ligneux très bas sont présents ensemble, le nombre à deux chiffres qui représente cette strate varie en fonction du recouvrement global de la strate (H+LTB) et du type physionomique dominant (fig.1).

Indice de structure = (LH) + (LB) + (LTB+H).

La description beaucoup plus détaillée de la partie basse de la végétation et la prise en compte d'un seuil de recouvrement très faible (10 %) répond à notre souci de différencier au mieux les biotopes. Elle est de ce fait en accord avec une loi de type allométrique entre végétation et avifaune selon laquelle le changement de l'avifaune ralentit avec le développement en biomasse et en hauteur de la végétation (BLONDEL 1976, PRODON et LEBRETON 1981).

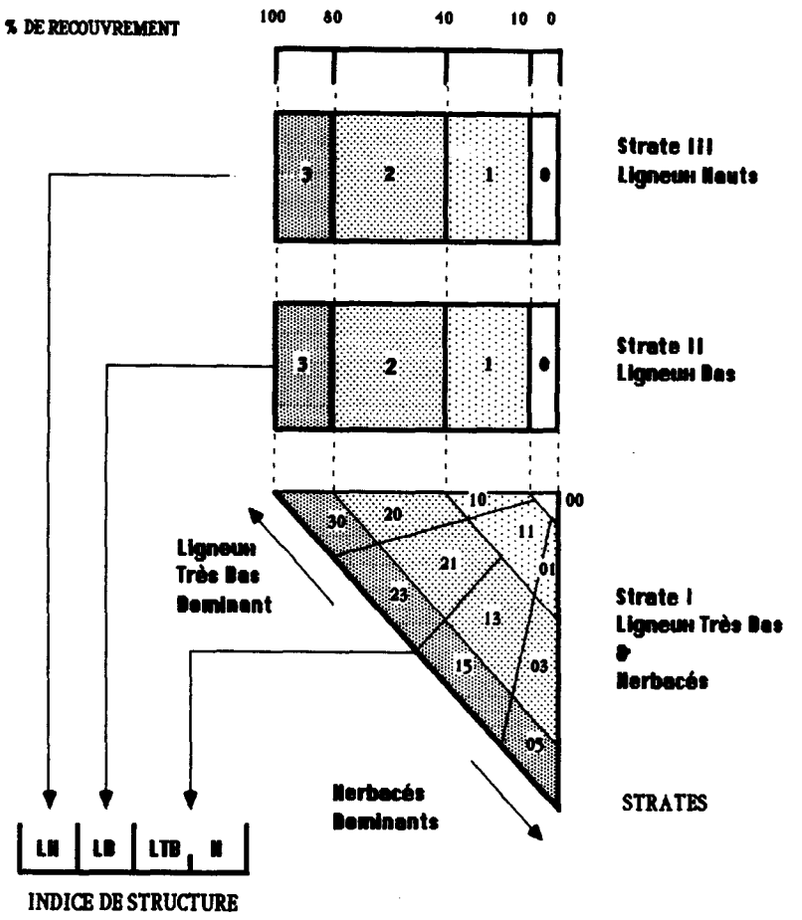


Fig. 1 :L'indice de structure

1.3 La ou les espèces arborées dominantes

Leur connaissance apporte une importante information complémentaire dans la distinction physionomique des milieux. En effet le couvert des arbres pourra être plus ou moins dense selon l'espèce, en été (épaisseur du feuillage) ou en hiver (caducifoliée/sempervirente). C'est ainsi que la faible densité du couvert d'un mélézein peut permettre le développement en sous-bois d'une pelouse, et par suite, la présence d'espèces des milieux découverts comme le campagnol des champs, *Microtus arvalis* (LELOUARN et al. 1970). De même on trouvera des nichées de tétras lyre, *Lyrurus tetrix* , sous un mélézein fermé, alors que sous une pessière (3) dense le peu de végétation du sous-bois ne permet pas à celles ci d'y trouver une protection et une nourriture suffisantes au niveau du sol (BERNARD 1981). Certaines espèces animales peuvent être aussi plus ou moins inféodées à la présence d'une essence forestière particulière comme c'est le cas du cassenoix moucheté, *Nucifraga caryocatactes* , avec l'arolle, *Pinus cembra* (CROCQ 1978) et de certains passereaux forestiers comme cela a été montré pour les forêts montagnardes de Tarentaise (LEBRETON et al. 1976, TOURNIER et al. 1979, LEBRETON 1981) et du Giffre (DESMET 1982). Lorsqu'il a lieu, la ou les espèces arborées dominantes seront notées par deux lettres majuscules (**LA** : *Larix decidua*, **PE** : *Picea excelsa*, **PS** : *Pinus silvestris* ...).

1.4 Le matériau minéral affleurant

Dans nos régions de basse altitude, la végétation, c'est-à-dire "l'ensemble architectural résultant de l'agencement dans l'espace des types de végétaux présents sur une portion quelconque de territoire" (LONG 1974), joue avec la topographie un rôle prépondérant dans la description des paysages. Mais lorsqu'on s'élève vers les plus hauts sommets des massifs montagneux, comme le Mercantour, le manteau végétal se fait de plus en plus discret pour céder la place au pierrier et au rocher. **Ainsi, en montagne, la végétation et le matériau minéral affleurant** apparaissent non seulement complémentaires dans la description physionomique des milieux, mais surtout **indissociables** puisque suivant les milieux ils pourront se substituer l'un à l'autre comme élément architectural majeur.

De nombreuses espèces animales alpines ont d'ailleurs leur habitat caractérisé, au moins en partie, par la présence et la nature d'un substrat affleurant. Ainsi, parmi les micromammifères de l'étage alpin, le campagnol des neiges, *Microtus nivalis,* est inféodé aux éboulis et zones rocheuses peu colonisées par la végétation, alors que le campagnol des champs, *Microtus arvalis,* occupe les pelouses (JANEAU 1980). Chez les oiseaux, le tichodrome échelette, *Tichodroma muraria,* est un habitant estival des parois rocheuses (GEROUDET 1974) ; le biotope de la perdrix bartavelle, *Alectoris graeca saxatilis,* décrit en Suisse, se compose d'une mosaique de sol nu, de rocaille et pierraille, de touffes de végétation herbacée et ligneuse basse, ainsi que de zones buissonnantes et boisées claires à ouvertes (LUPS et HEYNEN 1978). Pour notre cartographie, il nous semble donc important de prendre en considération la présence éventuelle de matériau minéral affleurant ; plusieurs catégories granulométriques seront distinguées.

---

(3) Bois dominé par *Picea excelsa*

Pour ne pas trop compliquer **la légende** et la clé de cartographie, nous nous limiterons à quatre catégories (**R** : matériau rocheux compact, **C** : gros blocs de diamètre supérieur à 80 cm, **E** : petits blocs de diamètre inférieur à 80 cm, **P** : pierrailles) (4). Sous la même rubrique pourront en outre être notés divers éléments remarquables du paysage tels qu'une surface en eau (**A**), ou encore une surface occupée par un glacier (**G**).

1.5. Récapitulatif : l'indice de faciès paysager

Indice de faciès = (indice de structure) + (matériau minéral affleurant) + (espèces arborées dominantes).

exemples : 13 E = lande ouverte dominée par les herbacées sur éboulis

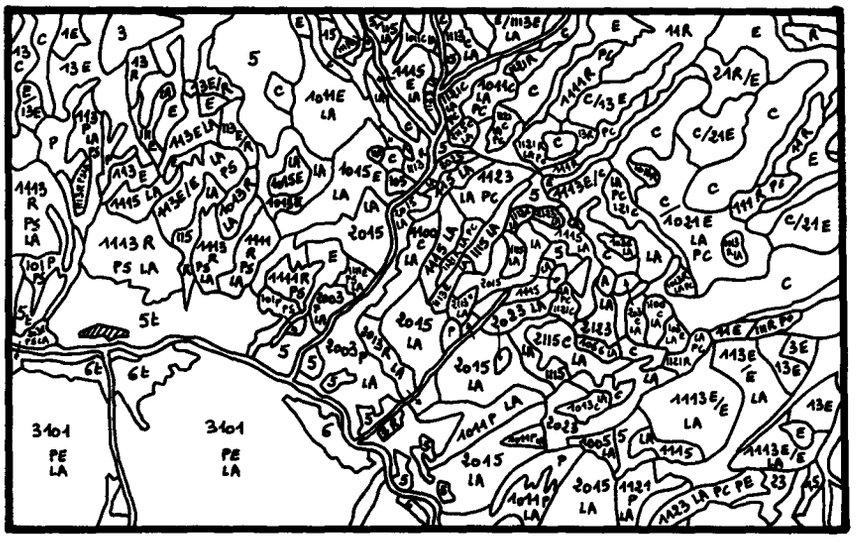
111R PC = régénération très claire d'arolles dans une lande très ouverte, sur roche compacte

1121C LA PC = mélézein très clair, sur lande, avec blocs rocheux, arolle en régénération.

II. L'UTILISATION DE THÈMES SIMPLIFIÉS POUR METTRE EN ÉVIDENCE QUELQUES DESCRIPTEURS DU CHOIX DES BIOTOPES PAR L'AVIFAUNE

2.1. L'obtention de thèmes simplifiés

Le document cartographique de base se présente sous la forme d'un contrecalque du fond topographique au 1/25.000 de l'I.G.N. sur lequel les unités cartographiques sont délimitées (carte 1).



Carte 1 : La carte des faciès paysagers (extrait Mollières)

---

(4) Le choix des catégories a été fait selon la classification adoptée pour une carte géomorphologique réalisée sur le Parc National du Mercantour.

Chaque unité est caractérisée par son indice de faciès. L'information contenue dans cet indice étant relativement importante, la carte des faciès paysagers est un document assez complexe qui ne peut guère être directement saisi dans sa globalité, mais qui, par contre, se prête très facilement à de nombreuses simplifications selon les objectifs. En effet les descripteurs cartographiques étant indépendants les uns des autres, des thèmes simplifiés plus spécifiques peuvent être très facilement obtenus par :

* diminution du nombre de descripteurs pris en compte
* regroupement de plusieurs modalités d'un même descripteur cartographique, éventuellement de façon conditionnelle en fonction de la modalité d'un autre descripteur.

Ceci donne à cette cartographie une très grande souplesse d'utilisation face aux problèmes variés auxquels se trouvent confrontés les gestionnnaires d'un parc national.

Afin d'illustrer notre propos, quelques exemples de l'étude de la fréquentation relative des biotopes par l'avifaune vont être maintenant développés. Si, pour les petites espèces de passereaux inféodées aux biotopes élémentaires tels qu'ils sont définis par la carte des faciès paysagers, cette cartographie sert avant tout à définir et à échantillonner les milieux, pour les plus grandes espèces (galliformes, rapaces...) l'étude de leurs habitats nécessite en outre de connaître les superficies relatives des divers biotopes existants, dans la mesure où l'échantillonnage doit être systématique et répété.

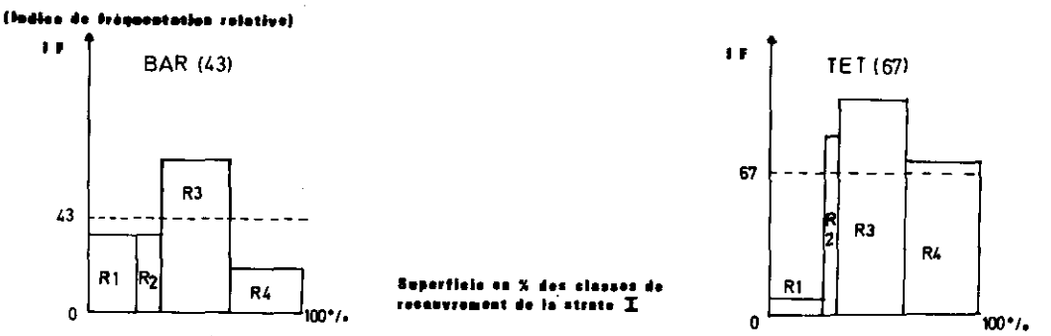
2.2 Carte de la strate "ligneux très bas + herbacées"

Cette carte (carte 2) permet une visualisation de la nature et du recouvrement de la strate inférieure de la végétation indépendamment de la présence ou non des strates ligneuses supérieures.

Carte 2. Carte de la strate des "ligneux très bas + herbacés" (extrait Mollières)

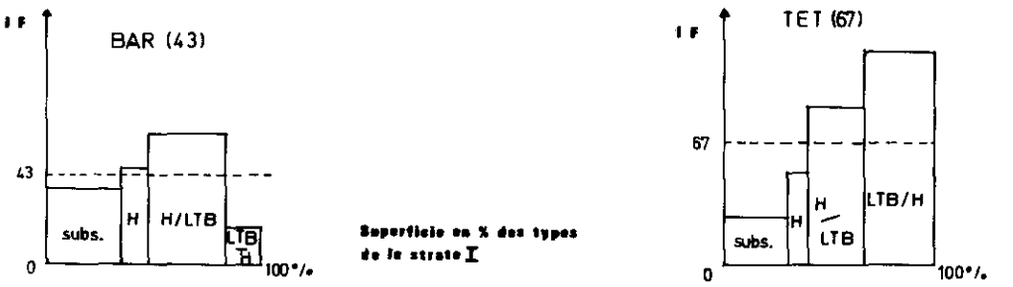
Sur un secteur du Parc National du Mercantour (Mollières, Salèse) étaient disponibles de nombreuses observations de perdrix bartavelle et de tétras lyre réalisées par les personnels de l'Office National de la Chasse et du Parc National du Mercantour au printemps et en été. La carte de la strate "LTB+H" nous a permis de calculer les superficies relatives des différentes modalités de cette strate à l'intérieur de l'habitat propre à chacune de ces deux espèces et défini comme l'enveloppe de toutes les observations (ELLISON 1979). A l'intérieur de cet habitat nous considérerons, en première approximation, que toutes les observations ont été faites selon un protocole d'échantillonnage systématique. Car, si cela est vrai pour la perdrix bartavelle (cf. BERNARD-LAURENT et LAURENT 1984), une partie des observations de tétras lyre ont été faites par hasard lors de sorties. En divisant le nombre d'observations faites dans chaque modalité par sa superficie relative, un indice de fréquentation (I.F.) est obtenu (BERNARD 1981). La comparaison de l'I.F. observé par modalité au nombre total d'observations (I.F. attendu en l'absence de sélection) permet de voir si l'espèce opère un choix pour le descripteur considéré.

La perdrix bartavelle et le tétras lyre montrent tous les deux (fig.2) une préférence pour un recouvrement au sol de la végétation compris entre 40 et 80 %, les tétras lyre utilisant aussi les milieux fermés (R > 80 %) évités par les bartavelles. Pour la nature de la strate une nette différence apparaît entre les deux espèces, la perdrix bartavelle fréquentant plutôt les landes à dominance herbacée (13,15), le tétras lyre les landes dominées par les ligneux très bas (21, 23). Les formations herbacées constituées ici surtout par des pelouses rases à fétuque (*Festuca sp. pl.*) ne conviennent pas au tétras lyre qui exige une strate de 25 à 50 cm de hauteur en particulier pour l'élevage des jeunes (BERNARD 1981).



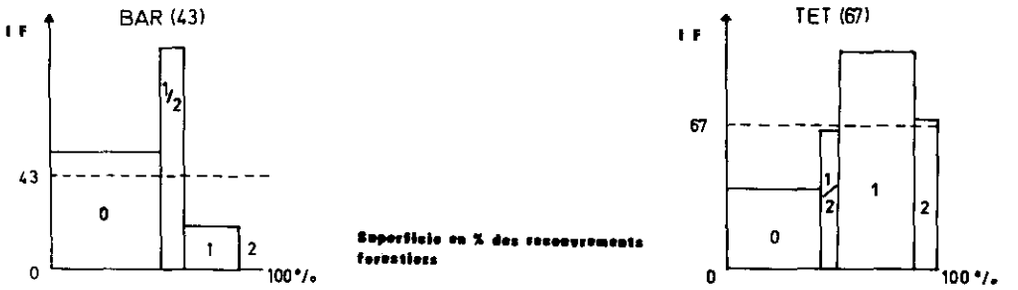
Fréquentation de la Bartavelle (BAR) et du Tetras lyre (TET) en fonction du recouvrement de la strate I.

(R_1 = 0 - 10 °/., R_2 = 10 - 40 °/., R_3 = 40 - 80 °/., R_4 = 80 - 100 °/.)



Fréquentation de la Bartavelle et du Tetras lyre en fonction de la nature de la strate I.

(subs. = substrat , H = herbacés , H/LTB = lande ouverte , LTB/H = lande fermée.)



Fréquentation de la Bartavelle et du Tetras lyre en fonction du recouvrement forestier.

(0 = hauteur > 1 m, R = 0 - 10°/. ; 1/2 = hauteur < 4 m , R > 10°/. ;

1 = hauteur > 4 m, R = 10 - 40°/. ; 2 = hauteur > 4 m , R = 40 - 80°/.)

Fig. 2 : Fréquentation de la Bartavelle et du Tétras Lyre en fonction de trois descripteurs.

2.3. Carte des essences forestières et de leur recouvrement

Sur une carte peuvent être combinés la nature des essences forestières constituant les différents boisements et leurs recouvrements en reprenant les quatres modalités de recouvrement de la strate ligneuse haute (LH) (0 : asylvatique, 1 : bois très clair, 2 : bois clair, 3 : bois dense) auxquelles il est intéressant d'ajouter une cinquième modalité regroupant les jeunes boisements de hauteur inférieure à 4 mètres (1/2) (carte 3).

Carte 3. Carte des essences forestières et de leurs recouvrements (extrait Mollières)

Cette carte permet entre autres une première caractérisation des biotopes par rapport aux passereaux forestiers. En effet, à partir de 147 relevés d'avifaune du type E.F.P (cf.BLONDEL 1975) que nous avons réalisés en 1982 et 1983 dans le Parc National du Mercantour, l'influence des deux descripteurs (essences forestières et recouvrement) sur la présence et la fréquence relative des espèces a pu être précisée. Certaines espèces comme par exemple le pipit des arbres (*Anthus trivialis*) et la mésange boréale (*Parus montanus*) sont caractéristiques des mélézeins, la mésange huppée (*Parus cristatus*) a sa plus grande fréquence dans les pinèdes (5), les roitelets (*Regulus regulus et Regulus ignicapillus*) dans la pessière-sapinière (fig.3). A l'intérieur des mélézeins, la fauvette babillarde (*Sylvia curruca*) fréquente essentiellement les jeunes boisements ; inversement, la mésange huppée utilise plus particulièrement les mélézeins les plus denses. La mésange boréale, quant à elle, est ubiquiste dans le mélézein (fig. 3).

Le recouvrement forestier contribue aussi à la distinction des habitats de la perdrix bartavelle et du tétras lyre. Le calcul des indices de fréquentation dans les vallons de Salèse et de Mollières montre que le tétras lyre est une espèce des boisements clairs alors que la perdrix bartavelle est un oiseau des milieux asylvatiques ou à régénération forestière (fig.2).

---

(5) Bois dominé par les pins et en particulier *Pinus silvestris*

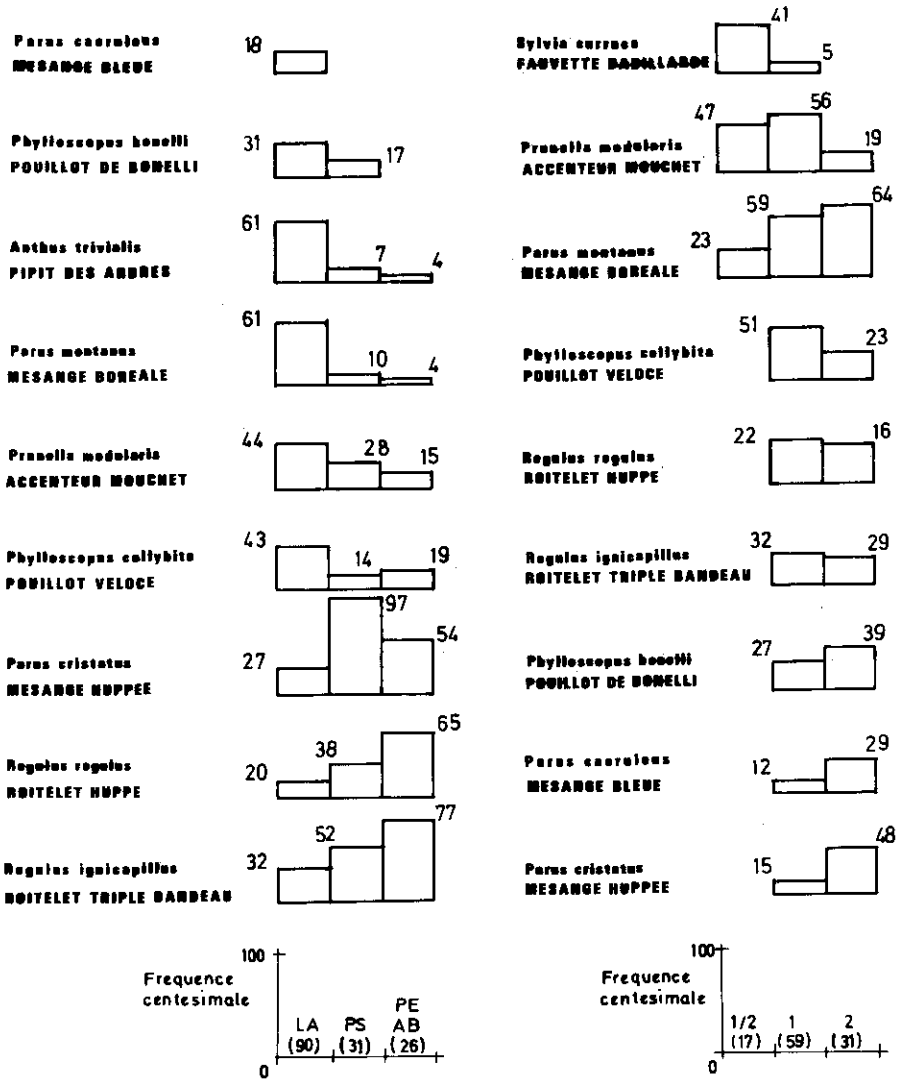


Fig. 3 : Profils des fréquences relatives de quelques passereaux forestiers selon la nature des essences forestières et le recouvrement forestier dans les mélézeins (147 EFP)

III. Quelques exemples de thèmes dérivés : leur pertinence par rapport à l'avifaune

D'autres thèmes peuvent encore être obtenus à partir de la carte des faciès paysagers, à savoir des thèmes dérivés qui utilisent de nouveaux descripteurs formés après un traitement de l'information de base comme, par exemple, la complexité structurale de la végétation et la complexité physionomique.

3.1. Carte de la complexité structurale de la végétation

Une évaluation de la complexité structurale de la végétation a souvent été utilisée pour décrire les biotopes de l'avifaune (BLONDEL et al. 1979, BERNARD 1981), celle-ci nécessitant une analyse fine de la structure de la végétation dans les plans vertical et horizontal. Bien que beaucoup plus simple, la description de la structure de la végétation réalisée à l'échelle de notre cartographie a été utilisée pour calculer un indice de sa complexité structurale (**ICS**).

Carte 4. Carte de la complexité structurale (extrait Mollières)

Pour la strate inférieure, on compte de 1 à 4 selon la présence simultanée ou non des herbacées et des ligneux très bas et le recouvrement global de la strate :

1 pour les indices de structure 1, 10
2 " " 3, 20, 11
3 " " 5, 13, 21, 30
4 " " 15, 23.

Pour les strates (**LB**) et (**LH**), on compte 1, 2 ou 3 par strate en fonction du recouvrement de celle-ci.

Pour obtenir l'indice (ICS) de chaque unité cartographique, on fait la somme des indices pour chaque strate. Exemples :

Indice de structure	ICS
3	2
5	3
15	4
115	5
1115	6
3101	5

Une corrélation positive ($P < 0.001$) a pu, en particulier, être mise en évidence entre cet indice de complexité structurale et la richesse totale de l'avifaune nicheuse des milieux considérés (fig.4). Ceci correspond à une relation souvent démontrée et selon laquelle le développement vertical de la végétation génère un habitat diversifié permettant à de plus nombreuses espèces de cohabiter (BLONDEL et al. 1973 1979, PAGES 1982).

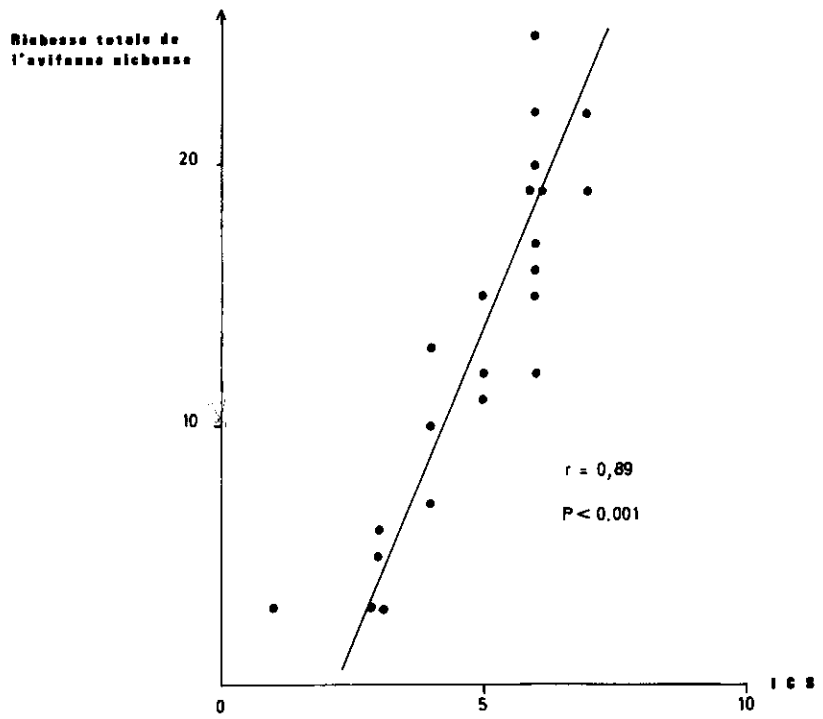


Fig. 4 : Richesse totale de l'avifaune nicheuse en fonction de l'indice de complexité structurale (ICS)

3.2. Carte de la complexité physionomique

Afin de traduire la complexité paysagère de chaque unité cartographique, un indice de complexité physionomique (ICP) peut être calculé en prenant en compte le nombre de strates (**H, LTB, LB, LH**), la présence éventuelle de matériau minéral affleurant, ainsi que celle de la seconde espèce arborée dominante (la première espèce étant déjà prise en compte avec la strate **LH**). Exemples :

Indice de facies paysager	ICP
E	1
3E	2
13E	3
113E LA PC	5

Carte 5 . Carte de la complexité physionomique (extrait Mollières)

Cette carte (carte 5) permet de différencier les milieux au sein des deux grandes catégories que sont les formations hautes (h > 4 m) et les formations basses (h < 4 m) selon la complexité de leur composition qualitative. Chez la perdrix bartavelle, oiseau des formations basses (cf. supra), le calcul d'un indice de fréquentation pour chaque ICP dans les vallons de Mollières et de Salèse met en évidence sa préférence pour les milieux bas les plus complexes (fig.5). Ce résultat correspond tout à fait, sous une expression synthétique, aux diverses descriptions de l'habitat de la perdrix bartavelle comme celle donnée plus haut (cf 1.4) par LUPS et HEYNEN (1978).

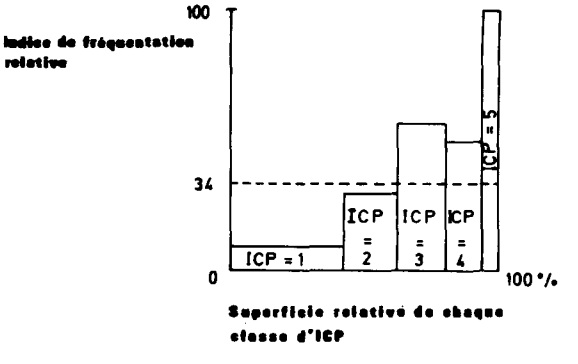


fig. 5 : Sélection des biotopes selon leur indice de complexité physionomique (ICP) par la perdrix barvatelle

CONCLUSION

Combinant une description appropriée de la physionomie végétale avec la présence, fréquente en montagne, de matériau minéral affleurant, l'indice de faciès paysager fournit une première caractérisation à grande échelle des biotopes pour la faune vertébrée. Pour tester cet outil nous avons choisi deux types de peuplements aviens distincts, les petits passereaux et les galliformes. La classification adoptée pour l'établissement de la typologie de base des biotopes nous a permis de considérer les descripteurs de façon indépendante les uns des autres. Nous avons ainsi pu vérifier le rôle de divers descripteurs cartographiés dans la caractérisation de l'habitat des espèces appartenant à ces deux types de peuplements. D'autre part, à partir de l'indice de faciès affecté à chaque unité cartographique, nous avons pu calculer deux indices synthétiques d'habitat, dont l'un (ICS) est corrélé avec la richesse du peuplement des petits passereaux, et dont l'autre (ICP) contribue à caractériser l'habitat de la perdrix bartavelle. Ce type de cartographie semble donc bien adapté à une première approche des relations "faune vertébrée-biotope". Elle devrait en particulier pouvoir servir de référence pour la description des biotopes lors des campagnes d'inventaire et d'observation de la faune réalisées par les gardes moniteurs du Parc National du Mercantour, en fournissant une description homogène pour l'ensemble des observations.

Mais une cartographie se caractérise aussi par toute une information relative à la superficie et à la répartition de ces biotopes élémentaires que sont les unités cartographiques. A une échelle plus petite peuvent alors être définies des unités paysagères caractérisées par de nouveaux descripteurs (superficie forestière, longueur des lisières, diversité paysagère...) dont les valeurs peuvent facilement être obtenues à partir de la carte, d'autant plus d'ailleurs que cette cartographie se prête au traitement informatique (GIRAUD et al. 1983). Ces unités paysagères et leurs descripteurs pourront être mis en relation avec les communautés animales comme l'avifaune pour laquelle l'intérêt et la complémentarité des problèmes posés à différents niveaux de perception ont été soulignés par BLONDEL (1979) et PAGES (1982).

D'autre part la présence et l'abondance d'espèces à grand domaine vital comme les ongulés chez les mammifères ou comme les rapaces chez les oiseaux sont grandement conditionnées par les superficies et les dispositions relatives des biotopes élémentaires qui leur sont nécessaires pour chacune de leurs activités (alimentation, reproduction...). Ainsi par exemple SPITZER (1983) montre que l'abondance et la répartition de la buse variable (*Buteo buteo*) est fonction de la répartition des zones boisées dans le paysage. Dans les milieux peu boisés les sites de nidification sont limitants alors que dans les contrées forestières, l'abondance de la buse est limitée par l'extension et la disposition des terrains de chasse ouverts. C'est dans le cadre de ce type d'études faune-paysages qu'une cartographie telle que la carte des faciès paysagers devrait se révéler particulièrement intéressante en fournissant des descripteurs synthétiques du paysage.

BIBLIOGRAPHIE

AUVRAY F. (1983). Recherches sur l'éco-éthologie du mouflon (*Ovis ammon musimon* Schreber 1782) dans le massif du Caroux-espinousse (Hérault) en vue de définir de nouveaux sites d'accueil. *Thèse, USTL Montpellier,* 177 p.

BERNARD A. (1981). Biologie du Tétras lyre (*Lyrurus tetrix*) dans les Alpes Françaises : la sélection de l'habitat de reproduction par les poules. *Thèse, USTL Montpellier*, 220 p.

BERNARD-LAURENT A., LAURENT J.L. (1984). Méthode de recensement des perdrix bartavelles (*Alectories graeca saxatilis* Bechstein 1805) au printemps ; applications dans les Alpes-Maritimes. *Gibier Faune Sauvage, 4* , 69-85.

BLONDEL J. (1975). L'analyse des peuplements d'oiseaux, éléments d'un diagnostic écologique. I. La méthode des échantillonnages fréquentiels progressifs (E.F.P.). *Terre et Vie, 29* , 533-589.

BLONDEL J. (1976). Stratégies démographiques et successions écologiques. *Bull. Soc. Zool. France,101,4,* 695-718.

BLONDEL J. (1979). Biogéographie et écologie. *Coll. d'écologie, Masson Paris éd.,* 173 p.

BLONDEL J., (1980). L'influence du morcellement des paysages sur la structure des communautés. *Acta Oecologica, Oecol. gener., 1, 1*, 91-100.

BLONDEL J., FERRY C., FROCHOT B. (1973). Avifaune et végétation, essai d'analyse de la diversité. *Alauda,41* , 63-84.

BLONDEL J., BIBER O., DEBUSSCHE M., DAVID P., LEPART J., ROMANE F. (1979). Structure et dynamique des peuplements d'oiseaux dans un secteur de moyenne altitude du Parc National des Cévennes : le versant nord-ouest de l'Aigoual. *Annales Parc Nat.Cévennes, 1*, 59-83.

CARTAN M. (1975). Analyse quantitative d'indicateurs cartographiques : essai critique sur les relations végétation-milieu en Sologne. *CEPE-CNRS, doc. n°77,* 167 p.

CROCQ C. (1978). Ecologie du cassenoix dans les Alpes Françaises du Sud. Ses relations avec l'arolle. *Thèse univ. sciences st Jérôme, Marseille,* 190 p.

CROMBRUGGHE de S. (1975). Dynamique des populations et gestion des grands mammifères dans l'Hertogenwald. *Compte rendu coll.univ. Liège à la st. scientif. des Hautes Fagnes. Mont Rigi : 15-18 oct.75, 3, 9,* 167-195.

DEBUSSCHE M. (1972). Vallées de la Jonte, de la Brèze et du Béthuzon. Cartes des formations végétales et des espèces dominantes au 1/25.000. *CEPE-CNRS, Montpellier*, 2 cartes.

DESMET J.F. (1982). Les vertébrés de la haute vallée du Giffre (Haute Savoie, France). Contribution à la connaissance de l'écologie du peuplement d'oiseaux. *Thèse univ.scient. et médic. Grenoble* , 171 p.

DIAMOND J.M. (1975). The island dilemna : lessons of modern biogeographic studies for the design of natural reserves. *Biol.conserv. 7* , 129-146.

ELLISON L.N. (1979). Caractéristiques d'une population de tétras lyre dans une zone chassée et dans plusieurs zones non chassées des Alpes-Françaises. *Bull. mens. Off.Nation.Chasse n° Sp. Scien. Tech. Déc. 79* , 145-160.

FERRY C., FROCHOT B. (1970). L'avifaune nidificatrice d'une forêt de chênes pédonculés en Bourgogne : étude de deux successions écologiques. *Terre et Vie, 24*, 153-250.

FOSBERG F. (1967). Classification of vegetation for general purposes. *Pages 74-85 in Guide to the check sheet for IPB areas, IPb Handbook n° 4.*

GEROUDET P.(1974). Les passereaux d'Europe, II des mésanges aux fauvettes. *Delachaux et Niestlé éd., Neuchatel*, 320 p.

GIRAUD A., MANIERE R., MONGET J.M. (1983). Un système informatique d'aide à la décision appliqué à la gestion des milieux naturels : mise en place et fonctionnement d'une banque de données cartographiques de l'environnement (projet Molières). *Ecol. Medit.,9, 1* , 101-137.

GODRON M. (1975). Préservation, classification et évolution des milieux. *Biologica contemporanea, 2, 1*, 6-14.

GODRON M., DAGET PH., EMBERGER L., LONG G., LE FLOC'H E., POISSONET J., SAUVAGE C., WACQUANT J.P.(1968). Code pour le relevé méthodique de la végétation et du milieu. (Principes et transcription sur cartes perforées). *CNRS Paris* , 292 p.

GODRON M., LEPART J. (1973). Sur la représentation de la dynamique de la végétation au moyen de matrices de succession. *Comm. 16° symp. de l'ass . Intern. Phytosoc., Rinteln, Weser, Cramer, Vaduz* , 269-287.

GODRON et col. (1974). Cartes des formations végétales et des espèces dominantes ligneuses du Parc National des Cévennes au 1/50.000. *CEPE/PNC/ DGRST* .

JANEAU G. (1980). Répartition écologique des micromammifères dans l'étage alpin de la région de Briançon. *Mammalia, 44, 1* , 1-25.

LEBRETON P. (1981). Etude de l'avifaune du Parc National de la Vanoise. VIII. Analyse complémentaire de l'avifaune des pinèdes de Haute Maurienne. *Trav. Scient. Parc Nat.Vanoise, 11* , 181-200.

LEBRETON P., TOURNIER H., LEBRETON J.D. (1976). Etude de l'avifaune du Parc National de la Vanoise. VI. Etude d'ordre quantitatif sur les oiseaux forestiers de la Vanoise. *Trav. Scient. Parc Nat. Vanoise, 6* ,163-243.

LELOUARN H., SPITZ F., DASSONVILLE B. (1970). Répartition écologique des rongeurs dans les forêts de la région de Briançon (Hautes Alpes). Ann. *Zool. Ecol. Anim., 2,3* , 427-432.

LELOUARN H., SPITZ F. (1974). Biologie et écologie du Lérot 1. dans les Hautes Alpes.*Terre et Vie, 28* , 544-563.

LHERITIER J.N. (1975). Les rapaces diurnes du Parc National des Cévennes. Répartition géographique et habitat. *Mém. Trav. E.P.H.E. Inst. Montpellier, 2* , 143p.

LIVET F. (1982). Le peuplement herpétologique d'un massif du Haut-Languedoc. II. Influence de quelques facteurs sur la répartition des reptiles. *Terre et Vie, 36, 4*, 603-620.

LONG G. (1974). Diagnostic phyto-écologique et aménagement du territoire. Tome I, principes généraux et méthodes. *Masson et Cie, Paris*, 252 p.

LUNAIS B., LARIGAUDERIE F. (1980). Le cerf en Sologne de l'ouest. *Les Naturalistes Orléanais, 3, 31*, 37-66.

LUPS P., HEYNEN W. (1978). Verteilungsmuster und Lebensraum des Steinhuhns Alectoris graeca an einem Sudhang des Lotschbergs (Rhonetal, Scheizer Alpen). *Naturhist. Museum Bern, Jahrbuch 1975-1977, 6*, 143-170.

MARTIN J.L. (1983). Impoverishment of island bird communities in a Finnish archipelago.*Orn. Scand., 14* , 66-77.

MOUCHES A. (1981). Eco-éthologie du blaireau européen : stratégies d'utilisation de l'habitat et des ressources alimentaires. *Thèse, univ. Rennes I*, 130p.

PAGES J.M. (1982). Diagnostic écologique des peuplements d'oiseaux palustres méditerranéens à quatre niveaux de perception. *Thèse USTL Montpellier*, 121p.

PICTON H.D. (1979). The application of insular biogeographic theory to the conservation of large mammals in the northern rocky mountains. *Biol. conserv.*, 15, 73-79.

PILLET P. (1981). Organisation et évolution des unités écologiques du Parc National des Cévennes. Application à l'aménagement et à la gestion du territoire du mont Lozère Bougès nord. *Bull. Ecol., 12*, 2/3, 187-224.

PRODON R., LEBRETON J.D., (1981). Breeding avifauna of a mediterranean succession : the holm oak and cork oak series in the eastern Pyrenées, 1. Analysis and modelling of the structure gradient. *Oikos, 37* 21-38.

SPITZER G. (1983). Zum Verteilungsbild des Mausebussards (Buteo buteo) in der Landschaft. *Verh. Zool. Bot. Ges. Osterreich, 121*, 95-102.

TEMPLE S.A. (1981). Applied island biogeography and the conservation of endangered island birds in the indian ocean. *Biol.conserv.* , 20, 147-161.

TOURNIER H., LEBRETON P., MAGNALOUX D., BETHMONT M. (1979). Etude de l'avifaune du Parc National de la Vanoise. VII. L'avifaune des pessières savoyardes. *Trav. Scient. Parc Nat. Vanoise, 10*, 83-109.

La vegetación acuatica y palustre valenciana.

M. COSTA★
H. BOIRA★★
J.B. PERIS★
G. STÜBING★

RESUME - L'on étudie les communautés aquatiques et palustres de l'ovale valencien (Lemnetea minoris, Ruppietea, Potametea, Utricularietea intermedio-minoris, Phragmitetea et Artemisietea vulgaris) et proposons trois nouvelles associations (Myriophyllo verticillati-Potametum pectinati, Typho angustifoliae-Phragmitetum maximi et Ipomoeo sagittatae-Cynanchietum acuti). De même, on y ajonte - des données analytiques qui renforcent le comporttement écologique observé dans les diverses communautés. Cela est completé par une étude phytogeographique.

SUMMARY - The acuatiq and marsh communities of the Valentian oval are studied (Lemnetea minoris, Ruppietea, Potametea, Utricularietea intermedio-minoris, Phragmitetea and Artemisietea vulgaris) and three new associations are proposed (Myriophyllo verticillati-Potametum pectinati, Typho angustifoliae-Phragmitetum maximi and Ipomoeo sagittatae-Cynanchietum acuti). Analytic data are presented in order to verify the ecologic behaviour observed for the various communities. A phytotopographic study complements the work.

KEY-WORDS : Phytosociology, Syntaxonomy, Synecology, Acuatiq-marsh ecosystem, East Spain.

INTRODUCCION

En este trabajo se aborda el estudio de las comunidades vegetales propias de los ecosistemas palustres del óvalo valenciano (Fig. 1). Se trata de un conjunto de zonas pantanosas postlitorales que hasta mediados del siglo XIX constituían una franja continua, interrumpida unicamente por las estribaciones de la Sierra de Hirta (Alcalá de Xivert, Alcossebre, Peñiscola) y la Sierra de Oropesa (roca dels Canons). Hacia el sur, destaca la Sierra de Cullera, que quedaba como un islote rodeado por las marjales y el mar.

Admitiendo los fenómenos de subsidencia como causa general de estas depresiones postlitorales (ROSSELLO, 1969), la mayoría de las albuferas, marismas o ("aiguamolls"), y charcas, tienen su origen al quedar separadas ciertas zonas de mar por restingas de origen fluvial o por cordones dunares depositados en dirección paralela a la costa como consecuencia de las corrientes marinas y del régimen general de tormentas del primer cuadrante.

El nivel freático de estas zonas húmedas, está regulado tanto por aportes superficiales de los rios, torrentes y escorrentías, como por el acuíferos subterráneos o "ullals", que constituyen la salida lateral de las distintas unidades hidrogeológicas. Este aporte de agua dulce hace que la salinidad de los niveles freáticos sea en general baja, exceptuando las zonas próximas a las golas (canales de comunicación con el mar, en su mayor parte regulados artificialmente por el hombre) en las que se deja sentir la influencia del agua marina.

La extensión primitiva de estas zonas húmedas se ha visto reducida drásticamente, como consecuencia fundamentalmente de la recuperación de terrenos para la agricultura, y mas recientemente por el anárquico hiperdesarrollo turístico que soporta nuestro litoral. Estas acciones conllevan

---

★Departamento de Botánica. Facultad de Farmacia. Universidad de Valencia.
★★Catedra de Botánica. E.T.S. de Ingenieros Agrónomos. Universidad Politécnica de Valencia.

no sólo la destrucción de extensas zonas, sino que también infieren gravísimas alteraciones en el dinamismo funcional de estos complejos ecosistemas, ya que entre otras cosas, la excesiva demanda de agua trae como consecuencia el descenso y la salinización de los niveles freáticos. A todo ello hay que añadir los problemas derivados de la contaminación y vertido de residuos a las aguas con alarmantes problemas de eutrofización, alteraciones en la flora y fatales consecuencias para la fauna.

LAS COMUNIDADES VEGETALES

Para el estudio de las comunidades vegetales se ha seguido el método fitosociológico de la escuela sigmatista de Braun-Blanquet, conocida también como de Zürich-Montpellier, siguiendo para ello las directrices marcadas por GEHU & RIVAS-MARTÍNEZ (1981). En cuanto a la nomenclatura fitosociológica se ha procurado seguir fielmente las indicaciones del Código Internacional de Nomenclatura Fitosociológica (BARKMAN & al. 1976).

En el trabajo se abordan todas aquellas comunidades vegetales relacionadas con los ecosistemas acuáticos y palustres del área estudiada, con excepción de las comunidades vegetales ligadas a los saladares, que ya han sido estudiadas por alguno de nosotros (COSTA & BOIRA 1981).

El esquema sintaxonómico de las comunidades vegetales reconocidas en este trabajo, ordenadas según un criterio sucesionista es el siguiente:

I. *LEMNETEA MINORIS* W. Koch & R. tx. in R. Tx. 1955
- *Lemnetalia minoris* W. Koch & R. Tx. in R. Tx. 1955
  - *Lemnion gibbae* R. Tx. & Schwabe in R. Tx. 1974
    - *-Lemnetum gibbae* (W. Koch 1954) Miyawaki & J. Tx. 1960
  - *Riccio fluitantis-Lemnion trisulcae* (R. Tx. & Schwabe in R. Tx. 1974) Schwabe & R. Tx. 1981
    - *-Lemnetum trisulcae* (Kelhofer 1915) Knapp & Stoffers 1962
    - *-Ricciocarpetum natantis* Segal 1956 em. R. tx. 1974

II. *RUPPIETEA* R. Tx. 1960
- *Ruppietalia* R. Tx. 1960
  - *Ruppion maritimae* Br.-Bl. 1931 em. Den Hartog & Segal 1964
    - *-Ruppietum dreparensis* Brullo & Furnari 1960

III. *POTAMETEA* R. Tx. & Preising 1942
- *Magnopotametalia* (W. Koch 1926) Den Hartog & Segal 1964
  - *Magnopotamion* (W. Koch 1926) Den Hartog & Segal 1964
    - *-Potametum denso-nodosi* O. Bolós 1957
    - *-Myriophyllo verticillati-Potametum pectinati* as. nova
- *Parvopotametalia* Den Hartog & Segal 1964
  - *Callitricho-Batrachion* (Neuhäusl 1959) Den hartog & Segal 1964
    - *-Ranunculetum baudotii* Br.-Bl. 1952

IV. *UTRICULARIETEA INTERMEDIO-MINORIS* Den Hartog & Segal 1964 em. Pietsch 1965
- *Utricularietalia intermedio-minoris* Pietsch 1965
  - *Sphagno-Utricularion* Th. Müller & Görs 1960
    - -Comunidad de *Utricularia vulgaris*

V. *PHRAGMITETEA* R. Tx. & Preising 1942
- *Phragmitetalia* W. Koch 1926
  - *Phragmition* W. Koch 1926
    - *-Typho-Scirpetum tabernaemontani* Br.-Bl. & O. Bolós 1957
    - *-Typho angustifoliae-Phragmitetum maximi* as. nova
  - *Magnocaricion* W. Koch 1926
    - *-Hydrocotylo vulgaris-Cladietum marisci* Rivas Goday & Mansanet 1958
    - *-Caricetum elatae* W. Koch 1926
  - *Glycero-Sparganion* Br.-Bl. & Sissingh in Boer 1942
    - *-Helosciadietum nodiflori* Br.-Bl. 1931
    - - Comunidad de *Sparganium erectum* subsp. *neglectum*
- *Scirpetalia compacti* Hejny in Holub., Hejny, Moravec & Neuhäusl 1967 em. nom. Rivas-Martínez & al. 1980
  - *Scirpion compacto-littoralis* Rivas-Martínez 1980
    - *-Scirpetum compacto-littoralis* Br.-Bl. 1931 em. Rivas-Martínez & al. 1980

VI. *ARTEMISIETEA VULGARIS* Lohmeyer, Preising & R. tx. 1950 em Lohmeyer & al. 1962
- *Calystegietalia sepii* R. Tx. 1950
  - *Cynancho acuti-Calystegion sepii* Rivas Goday & Rivas-Martínez 1963
    - *-Ipomoeo sagittatae-Cynanchietum acuti* as. nova

I. *LEMNETEA MINORIS* W. Koch & R. Tx. 1955

Clase de distribución cosmopolita que reune a la vegetación cormofítica y briofítica - flotante (lémnidos, riciélidos, etc....). Siguiendo el criterio de RIVAS-MARTÍNEZ (1982: 152) reconocemos para el territorio estudiado las alianzas *Lemnion gibbae*, propia de aguas eutrofizadas, y *Riccio fluitantis-Lemnion trisulcae* , propia de aguas meso-oligótrofas u oligótrofas.

Lemnetum gibbae (W. Koch 1954) Miyawaki & R. Tx. 1960

Comunidad monoestrata de acropleustófitos que viven formando el epipleón de aguas permanentes, tranquilas, más o menos eutrofizadas y soleadas. Su tolerancia a la contaminación y salinidad hace que se presenten en los canales artificiales y campos inundados del territorio, espectaculares poblaciones monoespecíficas de *Lemna gibba*(TABLA 1, invs. 1 al 4) que en la lengua local reciben el nombre de "pa de granota" (pan de rana). En el CUADRO 1 se observa como esta comunidad se desarrolla en aguas con altos valores de salinidad (1.9-2.7 g/l), tolerando cifras de alcalinidad bastante elevadas (R.A.S.: 0.9-8.4).

Ocasionalmente, cuando la eutrofización del agua disminuye, por aporte de aguas oligotrofas, como ocurre en las proximidades de manantiales y "ullals", la comunidad se enriquece con *Lemna minor* (TABLA 1, inv. 4).

Hay que resaltar el importante papel que juega esta comunidad como bioindicador de la alarmante eutrofización de las aguas.

Lemnetum trisulcae (Kelhofer 1915) Knapp & Stoffers 1962

Comunidad cormofítica biestrata de pleustófitos, que viven formando parte del heteropleón de aguas meso-eutrofas poco contaminadas y con salinidad no muy elevada (0.55-0.97 g/l -CUADRO 1-). Se trata de poblaciones practicamente monoespecíficas de *Lemna trisulca* (TABLA 2, invs. 1 al 3), lémnido que forma densos entramados capaces de anclarse a hidrófitos radicantes y helófitos, pudiendo soportar asi una ligera reofilia.

La eutrofización y contaminación que afecta a las aguas del territorio, hace que esta comunidad se presente escasa y muy localizada en la proximidad de manantiales y "ullals" enriqueciendose progresivamente con *Lemna gibba* a medida que las aguas se eutrofizan (TABLA 2, inv. 3).

Ricciocarpetum natantis Segal 1956 em. R. Tx. 1974

Comunidad briofítica de acropleustófitos esciófilos propia de aguas tranquilas y permanentes, dístrofas u oligótrofas y poco o nada contaminadas. Se trata de poblaciones monoespecíficas de *Ricciocarpon natans* (TABLA 3, invs. 1 y 2) que pueden enriquecerse con *Lemna gibba* cuando hay - eutrofización de las aguas (TABLA 3, inv. 2).

Hasta el momento la hemos reconocido de las marjales de Xeresa y Gandia, donde se presenta de forma local y fragmentaria. Posiblemente, y en base a las citas de BELTRAN (1920) de la Albufera de Valencia, *Ricciocarpetum natantis* debió de tener una mayor área, habiendo sido actualmente sustituida por el *Lemnetum gibbae* , debido a los fenomenos de eutrofización ya comentados.

En el CUADRO 1 se observa que tanto esta comunidad como la anterior se desarrollan en aguas oligo-mesotrofas (salinidad = 0.55-0.97 g/l).

II. *RUPPIETEA* R. Tx. 1960

En ocasiones, como ocurre en Almenara (Castellón) y Xeresa (Valencia), se presentan - charcas salobres de origen marino y escasa superficie (2-5 m. cuadrados), en las que se desarrollan poblaciones de *Ruppia cirrhosa* (*Ruppia maritima* subsp. *drepanensis*) que en nuestra opinión representan fragmentos del *Rupietum drepanensis* Brullo & Furnari 1970, comunidad de hidrófitos halófilos que ha sido denunciada en el área de Doñana por RIVAS-MARTINEZ & al. (1980) donde tiene una buena - representación.

III. *POTAMETEA* R. Tx. & Preising 1942

Clase de distribución al menos holártica que reune a la vegetación cormofítica dulceacuícola de elodéidos, ninféidos, miriofílidos, batrachidos, etc... En nuestro territorio distinguimos los ordenes *Magnopotametalia* de aguas profundas, representado por la alianza *Magnopotamion* y *Parvopotametalia* de aguas someras que se llegan a desecar en el estío, representado por la alianza - *Callitricho-Batrachion.*

Potametum denso-nodosi O. Bolós 1957

Esta asociación se extiende por la zona litoral comprendida entre las comarcas del Barcelonés y La Safor. Hay que señalar que su independencia respecto del *Myriophyllo-Nupharetum* W. Koch 1962 resulta problemática ya que comparando las tablas de inventarios se ve efectivamente, que tanto en Cataluña como en Valencia, hay un claro empobrecimiento por ausencia de algunos elementos, mientras que por el contrario no aparecen otros que puedan considerarse claramente diferenciales.

La comunidad alcanza su óptimo en aguas relativamente poco profundas y con ligera reofilia, estando bien representada en las acequias, azarbes, azagadoras y otros cursos de agua de las marjales y cultivos del territorio. Hay que destacar la ausencia en nuestros inventarios de *Groenlandia densa (Potamogeton densus)* y la presencia casi constante de *Myriophyllum verticillatum* (TABLA 4, invs. 1 al 3). Cuando las aguas se enturbian, *Ceratophyllum demersum* se hace dominante, pudiendo actuar como filtro al retener en sus hojas mucilaginosas las particulas en suspensión facilitando de este modo la recuperación de la comunidad.

En el CUADRO 1 se observa que la comunidad prefiere aguas meso-eutrofas (salinidad=983 mgr/l) con indices de absorcion de sodio generalmente bajos (R.A.S. : 0.5).

Myriophyllo verticillatii-Potametum pectinati as. nova

Esta asociación, muy frecuente en el territorio, guarda estrechas relaciones con el - complejo *Myriophyllo-Nupharetum* W. Koch 1926, quedando caracterizada por *Myriophyllum verticillatum* y *Potamogeton pectinatus* (TABLA 5, invs. 1 al 4; *typus nominis* inv. 1).

Cuando las aguas son tranquilas y profundas se desarrolla una variante con *Nymphaea alba* (TABLA 5, invs. 3 y 4). En el CUADRO 1 se observa que tolera una mayor salinidad (1096 mgr/l) y riqueza en carbonatos que la anterior.

Ranunculetum baudotii Br.-Bl. 1952

Comunidad terofítica de óptimo invernal y primaveral en la que son dominantes *Ranunculus baudotii* y *Ranunculus trichophyllus* que de forma natural se desarrollan en cursos y pozas de - aguas someras que llegan a desecarse totalmente (TABLA 6, invs. 1 al 4).

En el territorio la comunidad alcanza gran desarrollo, especialmente en las marjales - de Puerto de Sagunto, Pinedo-Saler y Sueca-Cullera. Este desarrollo se debe en gran medida a los periodos de inundación artificial a que se someten los campos de arroz, encaminados fundamentalmente a combatir la plaga del "cucat de l' arrós" (*Chilo supressalis*) y a favorecer el establecimiento de - aves acuáticas con fines cinegéticos.

En el CUADRO 1 se observan los altos valores de salinidad (1905 mgr/l) y de R.A.S. que presentan las aguas donde se desarrolla la comunidad.

IV. *UTRICULARIETEA INTERMEDIO-MINORIS* Den Hartog & Segal 1964 em. Pietsch 1965

Clase de dispersión holártica que reune a las comunidades de mesopleustófitos provistos de utrículos o vesículas (*Utricularia, Aldrovanda*) con los que atrapan pequeños animales acuáticos que digieren obteniendo así su principal fuente de nitrogeno. Se desarrollan en charcas, canales y cursos de aguas dulces, limpias, profundas y tranquilas que pueden llegar a desecarse ocasionalmente durante breves periodos.

De óptimo eurosiberiano, alcanza de forma disyunta y fragmentaria la región Mediterránea.

Comunidad de *Utricularia vulgaris*

En nuestro territorio hemos localizado algunos fragmentos de este tipo de comunidades (TABLA 7, invs. 1 al 4), concretamente en las marjales de Xeresa y Nules. Allí se refugian en los canales profundos próximos a los "ullals", conviviendo con la variante de *Nymphae alba* del *Myriophyllo verticillati-Potametum pectinati*. Aparece unicamente en los periodos de sequía, cuando el nivel del agua disminuye (generalmente por debajo de los 50 cm). Se trata de formaciones de *Utricularia vulgaris* muy próximas al *Potameto-Utricularietum* Br.-Bl. 1951 del Languedoc ya que igual que éste se desarrollan en aguas ricas en carbonatos, soportando valores de salinidad algo mas altos que el *Ricciocarpetum natantis* (CUADRO 1).

V. *PHRAGMITETEA* R. Tx. & Preising 1942

Clase de distribución cosmopolita que reune a las comunidades de grandes helófitos propias de zonas pantanosas, bordes de cursos de agua, lagunas, lodos húmedos la mayor parte del año y otras estaciones hidrófilas permanentes. En el territorio estan representados dos ordenes, *Phragmitetalia* propio de aguas dulces y *Scirpetalia compacti* de aguas salobres. Para el primero reconocemos tres alianzas: *Phragmition* que reune a la vegetación helofítica (eneas y carrizos principalmente) de altura considerable, *Magnocaricion* que incluye a las comunidades hemicriptofíticas dominadas por carices y *Glycero-Sparganion* en la que se reunen los herbazales enraizados propios de cauces poco profundos.

Typho-Scirpetum tabernaemontani Br.-Bl. & O. Bolós 1957

Comunidad de juncos y eneas pobre en especies, que ocupa las cubetas (aiguamolls) de las llanuras marjalosas o palustres. Requiere aguas dulces, aunque tolera una ligera salinidad. Se desarrolla sobre suelos turbosos de espesor variable según la edad y las alteraciones antrópicas. En el CUADRO 2 se observa que en general presentan altas proporciones de carbonatos (30 - 40 %) con indices de R.A.S. bajos o moderados (1-2.5).

La asociación queda caracterizada (TABLA 8, invs. 1 al 4) por *Scirpus lacustris* subsp. *tabernaemontani*, elemento ausente tanto en el *Scirpo lacustris-Phragmitetum mediterraneum* R. Tx. & Preising 1942, como en el *Typho angustifoliae-Phragmitetum maximi*.

Se trata de una comunidad muy bien representada en todo el territorio, y aún a pesar de las continuas agresiones que sufren estos medios (quema, siega, aterramiento, desecación, etc..) pueden encontrase magníficos ejemplos en el área.

Typho angustifoliae-Phragmitetum maximi as. nova

Comunidad helofítica de gran talla (2.5 - 3 m) dominada por *Phragmites maximus* y *Typha angustifolia* (TABLA 9, invs. 1 al 6; *typus nominis* inv. 1) propia de los islotes turbosos y zonas sometidas a periodos de encharcamiento, que contacta catenalmente con el *Typho-Scirpetum tabernaemontani* mas exigente en humedad. Los suelos como se puede apreciar en el CUADRO 2, son bien de naturaleza turbosa (textura franco-arcillosa y contenido en materia orgánica superior al 10 %) como ocurre en las marjales de La Safor e islotes de la Albufera, ó bien de naturaleza arenosa (textura arenosa y bajo contenido en materia orgánica - 0.3 - 0.5 %-) como sucede en los carrizales recientes de Cabanes y Torreblanca.

La comunidad queda bien definida por *Phragmites maximus* siendo también frecuente en las zonas algo alteradas y nitrificadas el neófito iranð-turaniano *Kosteletzkya pentacarpos* cuya presencia en la península está limitada precisamente a las marjales levantinas. Asi mismo destaca la ausencia tanto del *Scirpus lacustris* subsp. *lacustris* como de *Scirpus lacustris* subsp. *tabernaemontani*, lo que nos aleja del *Phragmitetum mediterraneum* y del *Typho-Scirpetum tabernaemontani*.

Esta asociación representa la etapa madura de los islotes turbosos del lago de la Albufera, conduciendo su degradación al *Hydrocotylo-Cladietum marisci*. Tradicionalmente, estos carrizales se han sometido a quemas y siegas periódicas encaminadas a favorecer el desarrollo de los mansiegares (formaciones de *Cladium mariscus*), mucho mas propicias para la nidificación. Actualmente la limitación de dichas actividades ha permitido una activa recuperación de estas formaciones.

Respecto a *Phragmites maximus* hemos seguido el criterio de LöVE & KJELLVUIST (1973) reconociendo para las zonas húmedas valencianas dos carrizos, uno de gran talla conocido popularmente

como "senilló", que se corresponde con *Phragmites maximus* (Forskal) Ciov., y otro mas pequeño denominado "senill" que se corresponde con *Phragmites australis* (Cav.) Trin.

Hydrocotylo vulgaris-Cladietum Rivas Goday & Mansanet 1958

Comunidad helofítica dominada fisionómicamente por la "mansiega" (*Cladium mariscus*), cuya densa macolla actua como principal componente formador de los islotes turbosos o "mates de fang" del lago de la Albufera. Representa en general la etapa serial de los carrizales del *Phragmition* estando bien representada en las marjales de Gandia (entre la partida de les Galerasses y la partida de la Creu), Xeresa, Albufera (Tancat de Sacarés) y Cullera (Bassa de Sant Llorenç).

La asociación queda bien definida por la presencia de *Hydrocotyle vulgaris* (TABLA 10, invs. 1 al 9), elemento ausente en el resto de comunidades de *Magnocaricion*.

La descripción original de la asociación (RIVAS GODAY & MANSANET 1958) se realiza en base a una tabla compleja en la que se recogen inventarios de *Phragmition* y *Magnocaricion*, de hecho ya señalan sus autores que la asociación presenta características intermedias entre ambas alianzas. Precisamente para estas situaciones, reconocemos la subasociación *phragmitetosum maximi* (TABLA 10, invs. 7, 8 y 9; *typus nominis* inv. 8) definida por *Phragmites maximus* y por los elementos propios del *Ipomoeo sagittatae-Cynanchietum acuti* que emplean al carrizo como soporte.

La complejidad de la tabla original, obliga a fijar como neosintipo de la asociación al inventario 2 de la tabla 10.

Caricetum elatae W. Koch 1926

En la proximidad de los "ullals" de la marjal de Xeresa se desarrollan fragmentos de una comunidad dominada por *Carex elata* (TABLA 11, invs. 1 y 2), denunciada anteriormente por BOIRA (1983), que a nuestro juicio esta relacionada con el *Caricetum elatae* eurosiberiano, y mas concretamente con la subasociación *oenanthetosum lacheralii* descrita por BRAUN-BLANQUET (1951: 98) para el sur de Francia. Los suelos en los que se desarrolla esta comunidad son turbosos, con valores (CUADRO 2) relativamente bajos de caliza activa (6.4 %) y carbonatos (12.4 %). Así mismo, la salinidad (0.1 mgr/l) y el R.A.S. (0.9) también son bajos.

Hay que destacar el alto valor ecológico de esta comunidad, ya que se trata de una singularidad en regresión, como consecuencia no sólo de la mala gestión medioambiental de nuestras zonas húmedas, sino también de la fragilidad ecológica de esta formación en el mundo mediterráneo. Al respecto hay que señalar que se trata de una comunidad exigente en nivel freático y muy sensible a la salinidad, de modo que la elevación del terreno que provoca la propia macolla de *Cladium mariscus* favorece la entrada de los juncales del *Molinio-Holoschoenion* que además son favorecidos por el hombre ya que los juncos se emplean en labores agrícolas. Por otra parte, cuando la salinidad aumenta, el *Caricetum elatae* es desplazado por el *Hydrocotylo-Cladietum marisci*. Todo ello conduce a la desaparición de esta interesante comunidad.

Helosciadietum nodiflori Br.-Bl. 1931

Comunidad de hierbas jugosas y siempre verdes, dominada por *Apium nodiflorum* propia de aguas poco profundas, corrientes y eutrofizadas. Se presenta frecuente en los canales de desagüe y vertidos de drenaje del territorio, alcanzando au óptimo en aguas enriquecidas en compuestos nítricos y amniacales procedentes tanto de los abonos como de los excrementos de los animales que van a abrevar. Es precisamente en estas situaciones donde *Nasturtium officinale* alcanza su óptimo (TABLA 12, invs. 1 y 2).

Comunidad de *Sparganium neglectum*

En las orillas de los canales y acequias del territorio (Cabanes, Devesa de la Albufera, Xeresa, Pego, etc...) se presentan fragmentos de una comunidad dominada fisionómicamente por *Sparganium erectum* subsp. *neglectum* que se situa formando una banda entre las comunidades acuáticas enraizadas de *Potametea* y las formaciones anfibias de *Phragmitetea* (TABLA 13, invs. 1 al 4).

Al no darse en el territorio unas condiciones de encharcamiento adecuadas, estas comunidades, así como las de *Utricularietea intermedio-minoris*, se presentan fragmentarias y muy empobrecidas en especies características lo que dificulta, en ocasiones, un correcto encuadre

sintaxonómico de las mismas. De ahí, que aunque las relaciones florísticas y ecológicas con el *Phragmition* son evidentes, la dominancia de *Sparganium erectum* obliga a su inclusión por el momento en el *Glycerio-Sparganion*.

Scirpetum compacto-littoralis Br.-Bl. 1931 em. Rivas-Martínez & al. 1980

Comunidad helofítica halófila, capaz de soportar periodos de sequia siempre que se mantenga cierta húmedad edáfica, en la que dominan *Scirpus maritimus* var. *compactus* , *Scirpus littoralis* y *Phragmites maximus* (TABLA 14, invs. 1 al 4).

Tiene su óptimo en las zonas litorales mediterráneo occidentales, estando bien representada en la mitad septentrional de nuestro territorio. Hay que resaltar que ocasionalmente penetra hacia zonas interiores, como ocurre en las zonas de margas trásicas que aportan sulfatos a las aguas.

La comunidad se presenta en las proximidades de las golas, donde la influencia del agua marina se hace notar. en el CUADRO 2 se observan los altos valores de salinidad (1.8 mg/l) y R.A.S. (22.4) detectados.

ARTEMISIETEA VULGARIS Lohmeyer, Preising & R. Tx. 1950 em. Lohmeyer & al 1962

Clase de óptimo eurosiberiano que reune a las comunidades nitrófilas de hemicriptófitos de gran talla, propias de ecótopos con suelos profundos, húmedos y nitrificados. En el territorrio se presentan comunidades de plantas trepadoras del orden *Calystegietalia sepii*, concretamente de la alianza mediterránea *Cynancho acuti-Calystegion sepii*.

Ipomoeo sagittatae-Cynanchietum acuti as. nova

Comunidad rica en neófitos integrada fundamentalmente por elementos trepadores volubles (*Ipomoea sagittata, Cynanchum acutum* y *Calystegia sepium*) que utilizan a los carrizos, juncos y eneas como soporte. Ocasionalmente pueden desarrollarse también sobre muros y vallas de óptimo termomediterráneo, requiere suelos profundos, húmedos y algo nitrificados, soportando cierta halofilia.

Por el momento la conocemos de la subprovincia Valenciana (COSTA & al. 1984), estando bien representada en las marjales de Pego, Moncofar, Cullera y L'Albufera de Valencia.

Florísticamente queda bien definida por *Ipomoea sagittata* (TABLA 14, invs. 1 al 7); *typus nominis* inv. 1) elemento que la independiza del *Arundini-Calystegietum sepii*, menos resistente a la halofilia.

En ocasiones, cuando la salinidad de la capa freática aumenta, la comunidad se empobrece, haciendose rara *Calystegia sepium* (TABLA 14, invs. 4 y 7).

FITOTOPOGRAFIA

Adjuntamos tres transectos esquemáticos (figs. 1, 2 y 3) en los que queda reflejada la disposición catenal de las comunidades estudiadas.

APENDICE FLORISTICO

Relación de taxones abreviados en las tablas fitosociológicas o para los que se sigue un criterio distinto a *Flora Europaea*.

Centaurium tenuiflorum (Hoffmans. & Link) Fritsch subsp. *acutiflorum* (Schott) Zeltner
Juniperus macrocarpa Sitbh.
Molinia caerulea Moench subsp. *arundinacea* (Schrank) H. Paul
Phragmites maximus (Forskal) Ciov.
Potamogeton fluitans Roth.
Scirpus lacustris L. subsp. *tabernaemontani* (C.C. Gmelin) Syme
Scirpus maritimus L. var.*compactus* (Hoffm.) Meyer
Sonchus maritimus L. subsp. *aquatilis* (Pourret) Nyman
Sparganium erectum L. subsp. *neglectum* (Beeby) Schinz & Thell.

APENDICE SINTAXONOMICO

Relación de sintaxones citados en el texto que no se consideran en el esquema sintaxonomico.

Arthrocnemo-Juncetum subulati Brullo & Furnari 1976
Carici extensae-Juncetum maritimi Rivas-Martínez & Costa inéd.
Hypochoeridi-Glaucietum flavi Rivas Goday & Rivas-Martínez 1958
Irido-Polygonetum salicifolii O. Bolós 1967
Limonion galloprovincialis Br.-Bl. 1931
Molinio-Holoschoenion Br.-Bl. (1931) 1947
Phillyreo-Rhamnetum angustifoliae Costa & Mansanet 1981
Puccinelio festuciformis-Arthrocnemetum fruticosi Br.-Bl. 1931 em. nom. J. M. Gehu 1976
Rosmarino-Ericion Br.-Bl. 1931
Schoeno-Plantaginetum crassifoliae Br.-Bl. 1931

BIBLIOGRAFIA

BARKMAN, J.J., MORAVEC, J. & RAUSCHERT, S. (1976). Code of Phytosociological Nomenclature. *Vegetatio*, 32 (3): 131-185.

BELTRAN, F. (1920). Una nueva hepática para la Península Ibérica. *Bol. R. Soc. Esp. de Hist. Nat.*, - 20: 310-312.

BOIRA, H. (1983). Aportaciones a la flora valenciana. *Collect. Bot.*, 14: 85-87.

BRAUN-BLANQUET, J. & col., ROUSSINE, N. & NEGRE, R. (1952). *Les Groupements Végétaux de la France - Mediterranéenne.* Centre Nat. Recherche Sc., Service de la Carte des Groupements Végétaux. Montpellier.

COSTA, M. & BOIRA, H. (1981). La vegetación costera valenciana: Los saladares. *Anales Jard. Bot. Madrid*, 38, (1): 233-244.

COSTA, M., PERIS, J.B. & STüBING, G. (1984). *La vegetació del País Valenciá.* Acció Cultural del País Valenciá. Valencia.

GEHU, J.M. & RIVAS-MARTÍNEZ, S. (1981). Notions fondamentales de Phytosociologie. *Syntaxonomie*. J. - Cramer. Vaduz.

LOVE, A. & KJELLQVIST, E. (1973). Cytotaxonomie of Spanish plants. II Monocotyledons. *Lagascalia*, 3 (2): 147-182.

RIVAS GODAY, S. (1984). *Vegetación y Florúla de la Cuenca Extremeña del Guadiana (Vegetación y Florúla de la provincia de Badajoz).* Publicaciones de la Excma. Diputación Provincial de Badajoz.

RIVAS GODAY, S. & MANSANET, J. (1958). Fitosociología de la *Kosteletzkya (Hibiscus) pentacarpa* (L.) Ledb. en los fangales de la Albufera de Valencia. *Anales Jard. Bot. Madrid*, 16: 511-517.

RIVAS-MARTÍNEZ, S. (1982). *Vegetatio Matritensis*, I. Datos sobre la vegetación flotante dulceacuícola de la clase *Lemnetea minoris*. *Lazaroa*, 4: 149-154.

RIVAS-MARTÍNEZ, S., COSTA, M., CASTROVIEJO, S. & VALDES, E. (1980). Vegetación de Doñana (Huelva). *Lazaroa*, 2: 5-189.

ROSSELLO, V.M. (1969). *El litoral valenciá.* L'Estell. Valencia.

Trabajo financiado por el Proyecto de Investigación Específica nº 2348 de la Comisión Asesora de - Investigación Científica y Técnica (C.A.I.C.Y.T.).

TABLA 1

Lemnetum gibbae (W. Koch 1954) Miyawaki & R. Tx. 1960
(Lemnion gibbae, Lemnetalia minoris, Lemnetea minoris)

Area m. cuadrados	3	4	4	2
Nº orden	1	2	3	4
Características de asociación y unidades superiores:				
Lemna gibba	5.5	5.5	5.5	5.5
Lemna minor	.	.	.	1.1

Localidades: 1 y 4 Nules (Castellón); 2 Devesa de la Albufera (Valencia); 3 Sollana (Valencia).

TABLA 2

Lemnetum trisulcae (Kelhofer 1915) Knapp & Stoffers 1962
(Riccio fluitantis-Lemnion trisulcae, Lemnetalia minoris, Lemnetea minoris)

Area m. cuadrados	2	3	2
Nº orden	1	2	3
Características de asociación y unidades superiores:			
Lemna trisulca	3.4	4.4	3.3
Lemna gibba	.	.	+.1

Localidades: 1 Cabanes (Castellón); 2 Moncofar (Castellón); 3 Alboraia (Valencia).

TABLA 3

Ricciocarpetum natantis Segal 1956 em. R. Tx. 1974
(Riccio-Lemnion trisulcae, Lemnetalia minoris, Lemnetea minoris)

Area m. cuadrados	2	3
Nº orden	1	2
Características de asociación y unidades superiores:		
Ricciocarpon natans	4.4	4.4
Lemna gibba	.	1.1

Localidades: 1 y 2 Xeresa (Valencia).

TABLA 4

Potametum denso-nodosi O. Bolós 1957
(Magnopotamion, Magnopotametalia, Potametea)

Area m. cuadrados	2	3	4
Nº orden	1	2	3
Características de asociación y unidades superiores:			
Potamogeton fluitans	4.5	4.4	3.4
Myriophyllum verticillatum	1.2	.	2.3
Ceratophyllum demersum	.	3.4	1.2

Localidades: 1 Nules (Castellón). 2 Xeresa (Valencia). 3 Gandia (Valencia).

TABLA 5

Myriophyllo verticilati-Potametum pectinati as. nova
(Magnopotamion, Magnopotametalia, Potametea)

Area m. cuadrados	5	5	4	5
Nº orden	1	2	3	4
Características de asociación y unidades superiores:				
Potamogeton pectinatus	4.5	3.3	1.2	1.2
Myriophyllum verticillatum	1.2	3.3	2.2	+.2
Potamogeton crispus	1.1	.	.	.
Nymphaea alba	.	.	2.3	4.4

Localidades: 1 y 3 Nules (Castellón); 2 Almenara (Castellón); 4 Xeresa (Valencia).

TABLA 6

Ranunculetum baudotii Br.-Bl. 1952
(Callitricho-Batrachion, Parvopotametalia, Potametea)

Area m. cuadrados	10	10	5	10
Nº orden	1	2	3	4
Características de asociación y unidades superiores:				
Ranunculus baudotii	5.5	4.4	4.4	4.4
Ranunculus trychophyllus	1.2	.	.	.

Localidades: 1 y 2 Devesa de la Albufera (Valencia); 3 Cullera (Valencia); 4 Puerto de Sagunto (Valencia).

TABLA 7

Comunidad de *Utricularia vulgaris*
(Sphagno-Utricularion, Utricularietalia intermedio-minoris, Utricularietea intermedio-minoris)

Area m. cuadrados				
Nº orden				
Características de asociación y unidades superiores:				
Utricularia vulgaris	2.3	2.3	4.4	2.2
Compañeras:				
Myriophyllum verticillatum	2.2	2.2	.	1.1
Potamogeton pectinatus	1.2	1.2	.	.

Localidades: 1 y 2 Nules (Castellón); 3 y 4 Xeresa (Valencia).

TABLA 8

Typho-Scirpetum tabernaemontani Br.-Bl. &b O. Bolós 1957
(Phragmition. Phragmitetalia, Phragmitetea)

Cobertura (%)	80	70	80	80
Area m. cuadrados	10	15	15	15
Nº orden	1	2	3	4
Características de asociación y alianza:				
Scirpus tabernaemontani	2.3	1.2	2.2	4.5
Typha latifolia	3.3	3.3	.	1.1
Typha angustifolia	1.2	.	3.4	.
Características de orden y clase:				
Lythrum salicaria	+.2	.	.	1.2
Kosteletzkya pentacarpos	.	.	.	1.1
Compañeras:				
Sonchus aquatilis	1.1	.	+.2	+.2

Además: Características de orden y clase: *Alisma plantago-aquatica* - en 2, 2.2; *Galium palustre* en 3, 1.1; *Lycopus europaeus* en 3, 1.1; *Iris pseudacorus* en 2, +.2 y *Phragmites australis* en 3, 1.2. Compañeras: *Samolus valerandi* en 2, 1.1; *Juncus articulatus* en 1, +.2 e *Ipomoea sagittata* en 3, 2.2.

Localidades: 1 y 3 Xeresa (Valencia); 2 Nules (Castellón); 4 L'Albufera (Valencia).

TABLA 9

Typho angustifoliae-Phragmitetum maximi as. nova
(Phragmition, Phragmitetalia, Phragmitetea)

Cobertura (%)						
Area m. cuadrados						
Nº orden						
Características de asociación y alianza:						
Phragmites maximus	4.4	4.4	1.1	4.4	4.4	2.2
Typha angustifolia	1.2	2.2	2.3	1.2	1.2	+.2
Epilobium hirsutum	+.1	.	2.2	+.2	1.2	+.1
Características de orden y clase:						
Kosteletzkya pentacarpos	1.2	2.2	1.2	1.2	1.2	4.4
Lythrum salicaria	+.1	.	1.1	1.2	1.2	2.2
Lycopus europaeus	1.2	.	.	1.2	.	.
Phragmites australis	+.2	.	.	+.2	.	.
Compañeras:						
Polygonum persicaria	1.2	.	1.1	1.2	.	+.2
Polygonum salicifolium	1.2	+.1	.	1.2	.	.
Calystegia sepium	1.2	.	.	1.2	.	.

Además: Compañeras: *Atriplex hastata* en 10, +.2; *Samolus valerandi* en 10, +.2; *Sonchus aquatilis* en 9, +.2; *Scutellaria galericulata* en 3, +.2.

Localidades: 1 al 6 L' Albufera (Valencia).

TABLA 10

Hydrocotylo vulgaris-Cladietum marisci Rivas Goday & Mansanet 1958
(Magnocaricion, Phragmitetalia, Phragmitetea)

Cobertura (%)	80	70	70	70	70	70	90	90	90
Area m. cuadrados	10	15	10	20	10	15	20	15	10
Nº orden	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Características de asociación y alianza:									
Cladium mariscus	3.4	2.2	2.2	1.1	1.1	+.2	4.4	4.4	4.4
Hydrocotyle vulgaris	1.2	2.3	.	1.1	1.1	1.2	1.1	+.2	+.2
Diferenciales de subas. :									
Phragmites maximus	.	.	.	.	.	.	2.2	1.1	+.2
Cynanchum acutum	.	.	.	.	.	.	.	1.2	2.3
Linum maritimum	.	.	.	.	.	.	.	1.1	1.2
Ipomoea sagittata	.	.	.	.	.	.	.	.	2.2
Características de orden y clase:									
Kosteletzkya pentacarpos	.	3.3	4.4	1.2	4.4	1.1	.	.	.
Lythrum salicaria	.	.	1.1	2.2	+.2	+.2	1.1	.	.
Galium palustre	.	1.2	1.1	.	.	.	3.3	.	1.1
Typha angustifolia	.	.	.	+.2	+.2	2.3	.	.	.
Lycopus europaeus	.	+.2	.	.	.	.	+.2	.	.
Compañeras:									
Scutellaria galericulata	.	1.1	.	1.1	2.2	1.1	.	.	.
Sonchus aquatilis	.	.	.	.	.	.	+.2	1.1	.

Además: Características de orden y clase: *Iris pseudacorus* en 8, 1.1. Compañeras: *Polygonum persicaria* en 4, 1.1; *Oenanthe lachenalii* en 7, 1.1; *Atriplex hastata* en 3, 1.2; *Teucrium scordium* en 7, 1.1; *Juncus maritimus* en 1, +.2; *Scirpus holoschoenus* en 9,+.2; *Lippia nodiflora* en 7, +.2; *Mentha aquatica* en 7, +.2 y *Pulicaria dysenterica* en 7, +.2.

Localidades: 1, 8 y 9 Cullera (Valencia); 2, 3, 4, 5 y 6 L 'Albufera (Valencia); 7 Xeresa (Valencia).

TABLA 11

Caricetum elatae W. Koch 1925
(Magnocaricion, Phragmitetalia, Phragmitetea)

Cobertura (%)	80	70
Area m. cuadrados	10	10
Nº orden	1	2
Características de asociación y alianza:		
Carex elata	2.3	3.4
Lycopus europaeus	+.1	.
Características de orden y unidades superiores:		
Phragmites australis	2.2	1.2
Lythrum salicaria	.	1.1

Compañeras: *Molinia arundinacea* en 1, +.2 y en 2, +.2; *Oenanthe lachenalii* en 1, 2.2 y en 2, 1.2; *Galium palustre* en 1, 1.1 y en 2, 1.1; *Calystegia sepium* en 2, 1.1; *Teucrium scordium* en 1, +.1; *Linum maritimum* en 1, +.1 y *Sonchus aquatilis* en 1, +.1.

Localidades: 1 y 2 Xeresa (Valencia).

TABLA 12

Helosciadietum nodiflori Br.-Bl. 1931
(Glycerio-Sparganion, Phragmitetalia, Phragmitetea)

Cobertura (%)	70	60
Area m. cuadrados	5	4
Nº orden	1	2
Características de asociación y unidades superiores:		
Apium nodiflorum	3.3	2.3
Nasturtium officinale	.	2.3
Compañeras:		
Sonchus aquatilis	+.1	.

Localidades: 1 Nules (Castellón); 2 L'Albufera (Valencia).

TABLA 13

Comunidad de *Sparganium neglectum*
(Glycerio-Sparganion, Phragmitetalia, Phragmitetea)

Cobertura (%)	70	70	60	70
Area m. cuadrados	10	5	10	10
Nº orden	1	2	3	4
Características de la comunidad y de alianza:				
Sparganium neglectum	2.3	3.3	3.4	4.4
Características de orden y clase:				
Typha angustifolia	3.3	1.2	.	.
Phragmites maximus	1.2	.	.	.
Scirpus tabernaemontani	.	2.3	.	.
Alisma lanceolatum	.	.	.	1.2
Iris pseudacorus	.	.	1.1	.
Lycopus europaeus	.	.	.	1.1
Lythrum salicaria	.	+.1	.	.
Compañeras:				
Sonchus aquatilis	.	.	.	+.2
Juncus articulatus	.	+.1	.	.

Localidades: 1, 2 y 3 Xeresa (Valencia); 4 L'Albufera (Valencia)

TABLA 14

Scirpetum compacto-littoralis Br.-Bl. em Rivas-Martínez & al 1980
(Scirpion compacto-littoralis, Scirpetalia compacti, Phragmitetea)

Cobertura (%)	70	70	70	70
Area m. cuadrados	20	15	10	10
Nº orden	1	2	3	4
Características de asociación y unidades superiores:				
Scirpus compactus	2.3	2.3	2.2	2.3
Typha angustifolia	3.3	1.2	.	.
Phragmites maximus	1.2	2.2	.	1.1
Scirpus littoralis	.	4.4	.	1.2
Compañeras:				
Samolus valerandi	1.1	+.2	.	.
Ipomoea sagittata	1.1	1.1	.	.
Juncus subulatus	.	1.1	.	.
Centaurium tenuiflorum	.	.	.	+.2

Localidades: 1, 2 y 4 Cabanes (Castellón); 3 L'Albufera (Valencia).

TABLA 15

Ipomoeo sagittatae-Cynanchietum acuti as. nova
(Cynancho acuti-Calystegion sepii, Calystegietalia sepii, Artemisietea)

Cobertura (%)	80	80	80	80	70	80	70
Area m. cuadrados	10	15	10	15	10	10	15
Orden	1	2	3	4	5	6	7
Características de asociación y unidades superiores:							
Ipomoea sagittata	2.2	1.2	2.2	2.2	2.2	3.3	4.4
Cynanchum acutum	+.2	1.2	1.2	2.3	3.3	4.4	3.3
Calystegia sepium	1.2	1.2	1.2	.	.	.	.
Compañeras:							
Phragmites australis	4.5	4.5	4.4	4.4	2.3	4.5	5.5
Lythrum salicaria	1.2	.	.	.	+.2	.	.
Linum maritimum	.	.	.	+.1	2.2	.	.
Sonchus aquatilis	.	.	1.2	1.2	.	.	.
Convolvulus arvensis	.	1.2	.	.	.	.	1.1
Aster squamatus	.	+.2	1.2	.	.	.	.

Además: Compañeras: *Schoenus nigricans* en 5, 2.2; *Lycopus europaeus* en 1, 1.2; *Atriplex hastata* en 2, +.2; *Dittrichia viscosa* en 4, +.1.

Localidades: 1, 6 y 7 L' Albufera (Valencia).
2 y 3 Moncofar (Valencia).
4 y 5 Cullera (Valencia).

	pH	Conduc. mmhos/cm	Salinidad mgr/l	Cl^-	$SO_4^=$	CO_3H^- meq/l	Na^+	Ca^{++}	Mg^{++}	R.A.S.	Nº. muestras
Lemnetum gibbae (5)	7.6	4.1	2736	23.8	8.7	9.9	25.0	12.3	5.1	8.4	15
(4)	7.7	2.8	1881	6.1	5.8	14.8	8.5	8.8	9.4	2.8	2
(2)	7.7	3.0	1963	2.1	13.7	12.2	3.2	14.8	10.0	0.9	6
Lemnetum trisulcae (5)	7.4	1.3	813	0.2	2.8	8.2	0.4	4.2	6.6	0.2	3
(2)	7.3	1.5	971	1.4	5.8	6.5	1.5	8.2	4.0	0.6	1
Ricciocarpetum natantis (5)	7.2	1.1	659	0.6	3.9	4.8	0.8	3.5	4.9	0.4	6
Potametum denso-nodosi (2)	7.2	1.5	983	2.0	8.3	4.2	1.3	8.7	4.5	0.5	5
Myriophyllo-Potametum (5)	7.3	1.7	1096	1.6	7.9	6.3	1.5	8.6	5.8	0.6	7
Ranunculetum baudotii (6)	7.8	2.9	1905	5.8	4.3	16.5	6.2	12.3	8.1	3.5	6
Potameto-Utricularietum (5)	7.5	0.9	775	0.8	0.9	6.0	0.7	4.2	2.8	0.4	10

CUADRO 1: Valores medios de las características químicas de las aguas donde se desarrollan las comunidades acuáticas (Lemnetea, Potametea y Utricularietea) según los Métodos Oficiales de Análisis de Suelos y Aguas del Ministerio de Agricultura (Madrid, 1977).

Localidades: 2. Nules-Burriana (Castellón); 4. Cullera (Valencia); 5. Xeresa-Gandia (Valencia). Saler-Sueca (Valencia).

	Textura	pH (H_2O) 1:2.5	CO_3Ca %	Cal activa %	Yeso $SO_4Ca.2H_2O$ %	M.O. %	Conduc. mmhos/cm	Salinidad mgr/l	Ca^{++}+Mg^{++} meq/l	Na^+ meq/l	Cl^- meq/l	R.A.S.	Nº muestras
Typho-Scirpetum (5)	Franca	7.7	39.1	9.4	0.2	8.9	2.9	0.2	53.7	5.8	9.1	1.1	9
(2)	Fr.-Ac.	7.6	30.9	15.2	0.1	6.1	3.7	0.2	91.0	13.1	15.3	2.3	4
Typho-Phragimtetum maximi (3)	Fr.-Ac.	7.6	23.2	10.2	- -	10.6	1.6	0.1	37.9	7.1	8.0	1.6	9
(1)	Arena	7.9	30.9	0.1	0.1	0.3	5.2	0.1	25.3	25.0	31.5	7.0	8
Hydrocotylo-Cladietum (3)	Fr.-Ac.	7.5	32.1	19.0	0.1	16.6	3.8	0.2	93.2	26.0	28.2	3.8	7
(5)	Franca	7.8	19.6	10.4	0.2	12.1	4.3	0.2	101.6	37.2	38.3	5.2	5
(4)	Fr.-Ar.	7.6	55.8	14.0	0.1	11.7	10.7	0.7	195.0	110.3	201.0	11.2	6
Caricetum elatae (5)	Fr.Ac.Ar.	7.6	12.4	6.4	- -	10.2	1.9	0.1	17.0	2.5	4.1	0.9	7
Helosciadietum nodiflori (5)	Fr.-Ac.	8.0	34.5	14.3	0.1	10.3	3.8	0.2	22.0	8.6	15.6	2.6	6
Scirpetum compacto-littoralis (1)	Franca	8.2	42.9	15.2	0.5	10.3	25.5	1.8	134.3	200.0	207.0	24.4	12

CUADRO 2: Datos edafológicos para las comunidades de helófitos (Phragmitetea). Valores medios para las determinaciones de cada localidad, según los Métodos Oficiales deAnálisis de Suelos y Aguas del Ministerio de Agricultura (Madrid 1977).

✱.- Porcentajes sobre peso de suelo secado a estufa (105 ºC).

✱✱- Valores referidos a extracto de saturación de suelo.

Localidades:1. Cabanes (Castellón); 2. Nules (Castellón); 3. Lago de la Albufera (Valencia). 4. Cullera (Valencia); 5. Xeresa-Gandia (Valencia).

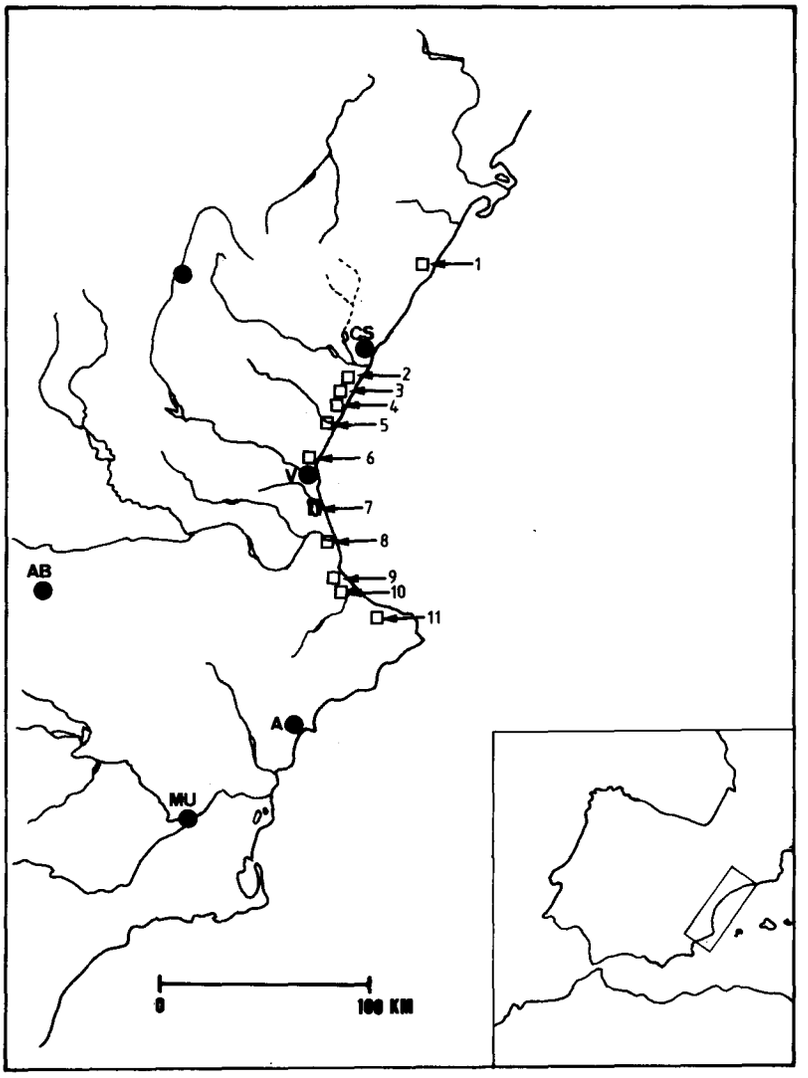


Fig. 1 - Situación del territorio y localidades estudiadas: 1. Cabanes (Castellón). 2. Nules (Castellón). 3. Moncofar (Castellón). 4. Almenara (Castellón). 5. Sagunto (Valencia). 6. Alboraia (Valencia). 7. L' Albufera (Valencia). 8. - Cullera (Valencia). 9. Xeresa (Valencia). 10. Gandia (Valencia). 11. Pego (Alicante).

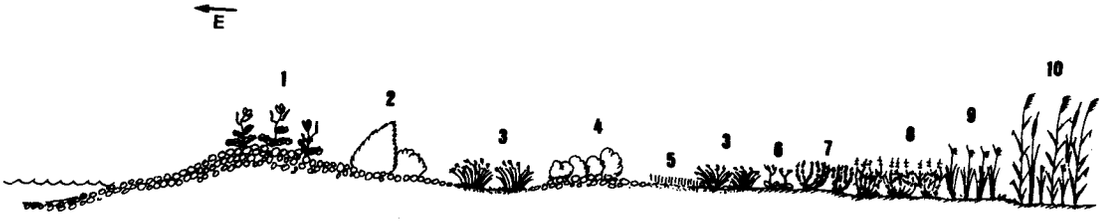


Fig. 2 - Cabanes (Castellón). 1. *Hypochoeridi-Glaucietum flavi*. 2. Fragmentos de *Rosmarino-Ericion* con *Juniperus macrocarpa*. 3. *Schoeno-Plantaginetum crassifoliae*. 4. Fragmentos de *Rosmarino-Ericion*. 5. Pastizal terofítico de *Parapholis filiformis*. 6. Fragmentos de *Limonion galloprovincialis*. 7. *Arthrocnemo-Juncetum subulati*. 8. *Puccinelio festuciformis-Arthrocnemetum fruticosi*. 9. *Carici extensae-Juncetum maritimi*. 10. *Scirpetum compacto-littoralis*.

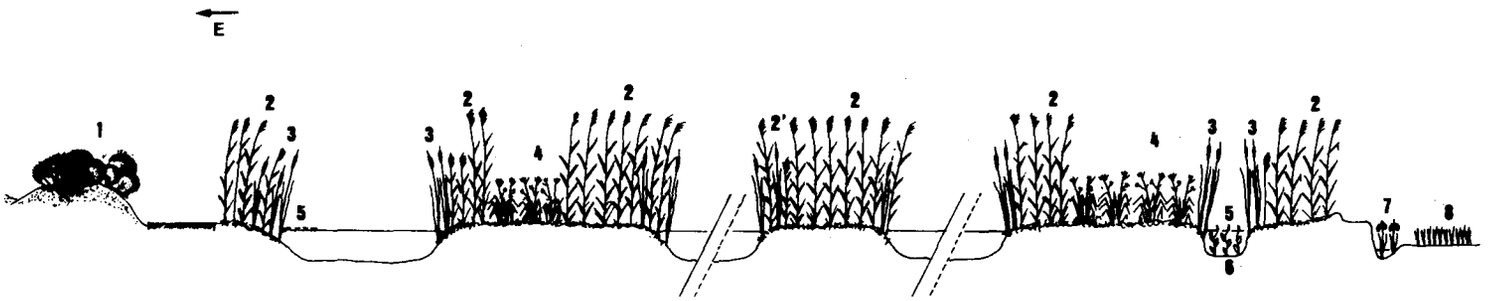


Fig. 3 - Lago de L'Albufera (Valencia). 1. *Phillyreo-Rhamnetum angustifoliae.* 2. *Typho angustifoliae-Phragmitetum maximi.* 2'.*Typho angustifoliae-Phragmitetum maximi* + *Phragmites australis.* 3. *Typho-Scirpetum tabernaemontani.* 4. *Hydrocotylo-Cladietum marisci.* 5. *Lemnetum gibbae.* 6. *Potametum denso-nodosi.* 7. *Irido-Polygonetum salicifolii.* 8. Arrozales.

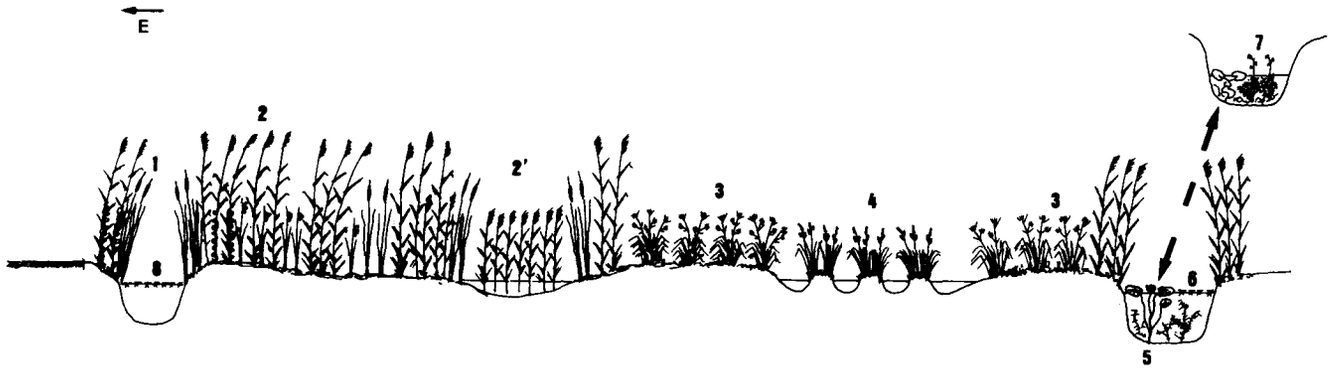


Fig. 4 - Xeresa (Valencia). 1. *Typho-Scirpetum tabernaemontani.* 2. *Typho angustifoliae-Phragmitetum maximi.* 3. *Typho angustifoliae-Phragmitetum maximi* + *Phragmites australis.* 4. *Hydrocotylo-Cladietum marisci.* 5. *Caricetum elatae.* 6.*Myriophyllo verticillati-Potametum pectinati.* 7. *Lemnetum gibbae.* 8. *Potameto-Utricularietum.* 9. *Ricciocarpetum natantis.*

Bioclimatologie et floristique d'Andalousie.

C. BOUCHER★

Résumé-L'auteur,après avoir abordé quelques aspects géologiques et géomorphologiques enrapport avec la végétation,étudie les principaux paramètres climatiques de 153 stations andalouses.Il dégage ainsi de grandes différences régionales.Il aborde ensuite une étude générale du peuplement floristique en relation avec les aspects régionaux.Il inventorie enfin les différentes séries de végétation,au regard de la sectorisation précédemment mise au clair.

Summary-The author,after dealing with some geologicat and geomorphological aspects related to vegetation,is studying the main climatic parameters of 153 stations in Andalucia.He's thus able to put in exidence great regional differences.He then goes into a general study of the flora peopling in connexion with the regional aspects.He finally inventories the differents series of vegetation with reference to the previously shown sectorization.

Resumen-Después de enfocar algunos aspectos geologicos y geomorfologicos en relación con la vegetación, el autor estudia los principales parametros climaticos de 153 estaciones andaluzas.Asi,pues,pone de manifesto grandes diferencias regionales.A continuación,empieza un estudio general de la flora en comparación con los aspectos regionales.Por fin,hace inventario de las diversas series de vegetacion, respecto a los sectores analizados antes.

Mots clés:Végétation-Andalousie-Climat-Etages bioclimatiques-Séries.

INTRODUCTION.

Il est malaisé de définir sans ambigüité le territoire andalou au sens biogéographique du terme.En effet,au sens habituel du terme,cette région correspond à la moitié sud de l'ancienne Province Bétique des Romains,c'est à dire aux provinces administratives suivantes:Sevilla,Cadiz,Malaga,Jaén,Granada et Almeria.Ces coupures,comme souvent,ne correspondent ni à une définition géologique,ni climatique ni floristique.

Ce travail a pour but d'affiner le découpage régional au sein de l'Andalousie du point de vue climatique et floristique.D'une part nous nous aidons d'indices climatiques divers,d'autre part nous étudions les taux d'endémisme et les affinités de la flore.Enfin nous abordons le problème de la répartition des grands ensembles(séries sensu lato)de la végétation.

I-ASPECTS GEOGRAPHIQUES.

L'Andalousie,au sens où nous la définissons,entre dans un rectangle de 300 sur 200 km.La structure géologique et la tectonique de cette province ont été bien étudiées par FOUCAUD(1972).En outre,l'IGME a publié un important travail récent(JULIVERT et Co, 1974).

★Laboratoire de Botanique et d'écologie méditerranéenne,Faculté des Sciences et des Techniques St-Jérôme,rue Henri Poincaré.13397 Marseille cédex 13-F.

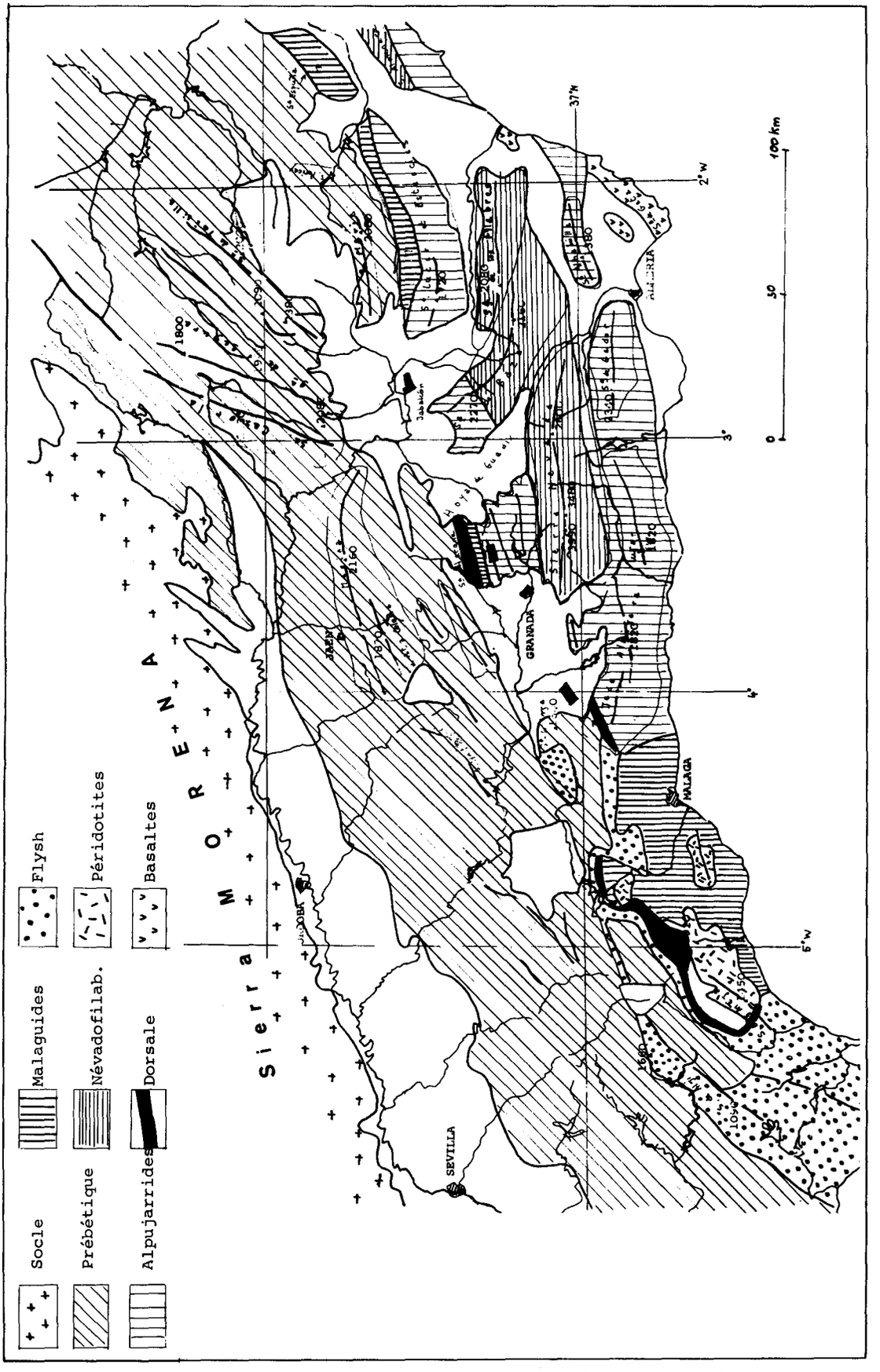


Fig 1-GEOLOGIE(d'après Foucaud,1974).Remarquez l'orientation des structures.

Par ailleurs,l'observation des documents satellite LANDSAT nous a fourni des renseignements précieux.

A-STRUCTURE GÉOLOGIQUE DE L'ANDALOUSIE(Fig 1).

Les structures qui correspondent à l'arc bétique dépassent largement la limite de la province andalouse au sens habituel du terme.En effet,les chaînes dites "bétiques",s'étendent depuis les iles Baléares jusqu'à Gibraltar,mais les mêmes structures se retrouvent dans le Rif,au Maroc.Il est d'ailleurs intéressant de noter,qu'outre la géologie,ce massif nord-africain présente d'étonnantes similitudes avec l'Andalousie,tant du point de vue climatique que botanique(BARBERO et QUEZEL,1981).

Les structures les plus méridionales sont à peu près parallèles à la côte et ont une orientation ENE-WSW,puis,vers l'ouest,s'incurvent selon une direction N-S avant de franchir le détroit de Gibraltar et de se prolonger symétriquement en Afrique du Nord.

Par contre,les Sierras du nord(Alcaraz,Cazorla,Pozo etc...)présentent une direction NE-SW(voir fig 2).

Les structures reconnues sont les suivantes:

a)Le socle paléozoïque comprend les sierras Morena et Marianica.Il sort du cadre de l'Andalousie au sens biogéographique du terme.

b)Le bassin du Guadalquivir qui pénètre en coin jusqu'à Beas de Segura.Il correspond pour partie,au secteur Hispalense,défini par RIVAS-MARTINEZ,(1973).

c)Les chaînes du système bétique qui comprennent:

§§Des zones externes:Prébétique et Subbétique(terme à ne pas confondre avec Subbetico,qui a un sens chorologique et qui est plus restreint,territorialement).Ce sont les structures les plus septentrionales,elles comprennent des séries allant du méso au cénozoïque,affectées par une tectonique tertiaire.Il s'agit surtout d'écailles subautochtones ou légèrement charriées,écailles qui présentent un style typiquement jurassien,en particulier dans les sierras de Cazorla,Pozo,où l'on peut reconnaître 8 faisceaux orientés NNE-SSW.Ce style tectonique inattendu dans ces régions confère un mésoclimat particulier(voir plus loin) et sert de refuge à des végétaux reliques (exemple:*Hutera sp*).

Les structures appartenant à ce que les géologues nomment Prébétique sont caractérisées par des calcaires compacts du Jurassique supérieur et du Crétacé inférieur, affectés par des anticlinaux bourrés de gypse et chevauchants.Ces déformations,en particulier dans le NE de l'Andalousie,déterminent des falaises abruptes qui abritent des communautés rupicoles riches en endémiques(*Pinguicula vallisneriifolia* , *Ptilotrichum* div sp.).Ces faisceaux culminent vers 1800-2100 m(Cabañas) et sont traversés par des cluses semblables à celles des Alpes-Maritimes(Tranco de Beas,Pontones...).

Alors que le Prébétique s'étend jusqu'à Hellin-Cieza,de la province de Murcia, le Subbétique est plus méridional ,il est formé de marnes et de marnocalcaires.Il culmine à la Sagra(2380 m),mais les chaînes qui appartiennent à cet ensemble(de Cadiz à Caravaca),ont une altitude moyenne de 1500-1800 m(Sierra de Margarita,de Horconera, Magina,Maria).Le relief du Subbétique est plus ouvert,moins karstifié que celui du prébétique.

§§Les zones internes correspondent à différentes nappes de charriage qui ont joué dans le sens sud vers nord.On y observe du NE vers le SW:

§ Les Névadofilabrides qui forment l'essentiel de la Sierra Nevada,la partie est de la Sierra de Baza et la totalité de la Sierra de los Filabres.Il s'agit de lourdes masses de schistes et de micaschistes acides,qui culminent à 3480 m,au Mulhacén.

§ Les Alpujarrides qui correspondent essentiellement aux chaînes littorales de Tejeda,Almijara et Gador-Alhamilla.Il s'agit de flysch à micaschistes,marbres et dolomies.Ce sont des formes lourdes avec quelques bancs durs,entaillées de profonds ravins (Rio Almanchoras à Tejeda,par exemple).Ces croupes culminent vers 2236 m(Gador).Les parties calcaires des sierras Nevada et de Baza appartiennent à ces structures.

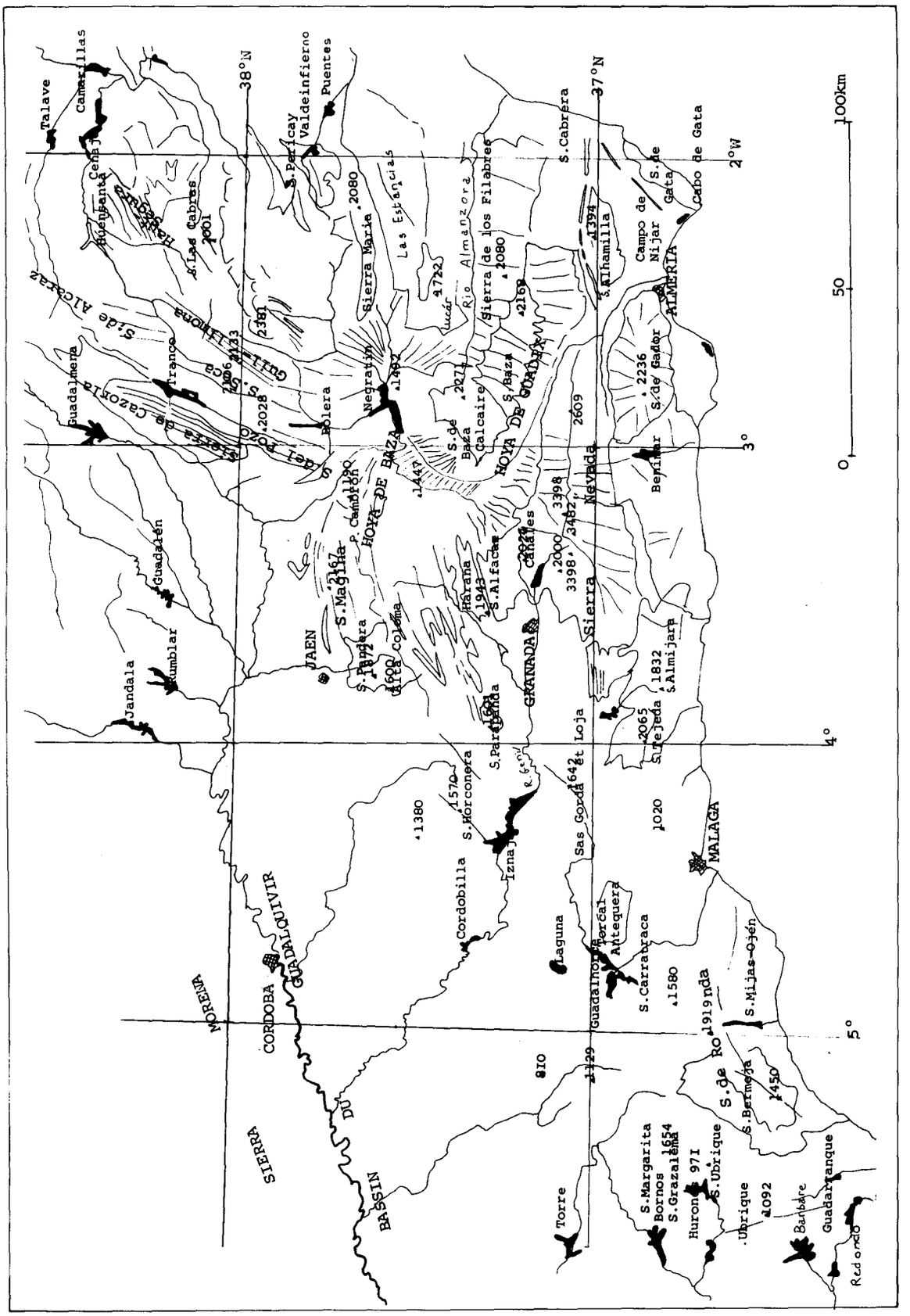


Fig 2.Orographie et hydrographie telles qu'elles apparaissent sur les documents Landsat.Le secteur subbétique se distingue par les structures orientées différemment de celles du littoral.

§ Les Malaguides qui comprennent des schistes,des calcaires et des marnocalcaires culminent à 1020 m(Montes de Malaga).

En outre,existe une dorsale de calcaire dur,dite Dorsale Bétique,à comparer à la zone Briançonnaise des Alpes franco-italiennes.Cette dorsale se poursuit dans le Rif. Cette structure est dien connue sous le nom de Sierra de Ronda(1919 m),mais elle culmine à la Sierra Harana,à 1943 m.Cette dorsale détermine des falaises exposées surtout au nord,hébergeant des espèces relictuelles(*Rothmaleria*).

Mais d'autres structures doivent ètre signalées.

§ Dans le Campo de Gibraltar surtout,la zone des Flyschs(Grès,calcaires)qui comprend,par exemple,la Sierra de Algibe(1092 m).

§ Des massifs de roches vertes(péridotites)à flore et végétation très particulières étudiées par RIVAS GODAY,1969(Sierras de Mijas,Bermeja).

§ Des coulées basaltiques récentes(Cabo de Gata,Vera...).

§ Enfin,d'importants bassins post-orogéniques à marnes,grès et surtout gypse ou sel.Ces bassins disséqués par l'érosion portnet le nom de Hoyas(de Baza,de Guadix).

B-RELIEF ET VÉGÉTATION.

L'étude des documents de télédetection LANDSAT fournit des renseignements précieux(scènes 215-34,215-33 et 214-33);Ces images mettent surtout en évidence la structure du relief et l'hydrographie.Mais comme ces deux données sont directement liées à la nature des roches et au climat(par l'érosion),l'observation de ces documents aide grandement à l'interprétation de la végétation.En outre,les forêts et les matorrals les moins dégradés absorbent les rayonnements rouges,ce qui détermine un gris sombre sur les images.

Si nous utilisons les coupures biogéographiques adoptées par RIVAS-MARTINEZ, 1975(fig 11),nous pouvons préciser ceci:

=La Sierra Morena apparait comme un plateau sans structure de relief.

=Le secteur Hispalense correspond à peu près au bassin du Guadalquivir qui apparaît très clair sur les images(cultures).

=Le secteur Subbetico comprend essentiellement des sierras du NE(Cazorla à haut Segura),boisées,à relief en faisceau.Ce secteur comprend également la partie W de la Hoya de Guadix(non gypseuse).

=Le secteur Guadiciano-Bacense englobe la partie Est de la Hoya de Guadix et la Hoya de Baza(Les gypses et les marnes confèrent aux images Landsat un aspect chevelu très caractéristique dû à l'intense érosion).Ce secteur englobe également la partie calcaire de la Sierra de Baza(plus clair que la partie siliceuse).Les sierras de Orce-Maria et de las Estancias font égalément partie de ce secteur(Gris).

=Le secteur Nevadense est très caractérisé sur les images Landsat:l'érosion dans les schistes et les phyllades donne l'aspect d'un peigne double.

=Le secteur Almijaro-Tejedense et le secteur Alpujarro-Gadorense montrent un relief extrèmement confus,parcouru par d'innombrables vallons.

Les images Landsat montrent nettement une opposition entre le sud,au relief confus et lourd et le Nord-Est aux lignes de crêtes structurées.Pour une interprétation plus poussée de la végétation à partir des documents Landsat,nour renvoyons à BOUCHER,1982 a.

II-LE CLIMAT DE L'ANDALOUSIE.

Nos sources chiffrées proviennent essentiellement du recueil de données climatiques réunies par ELIAS CASTILLO et RUIZ BELTRAN,1977.D'autres valeurs proviennent de PRIETO,1975.Notre étude statistique porte sur 153 stations météorologiques.La période d'observation est en moyenne de 20 ans et les stations sont assez régulièrement distribuées dans l'espace,toutefois:

1-Nous manquons de renseignements pour les altitudes supérieurs à 2000 m(à part

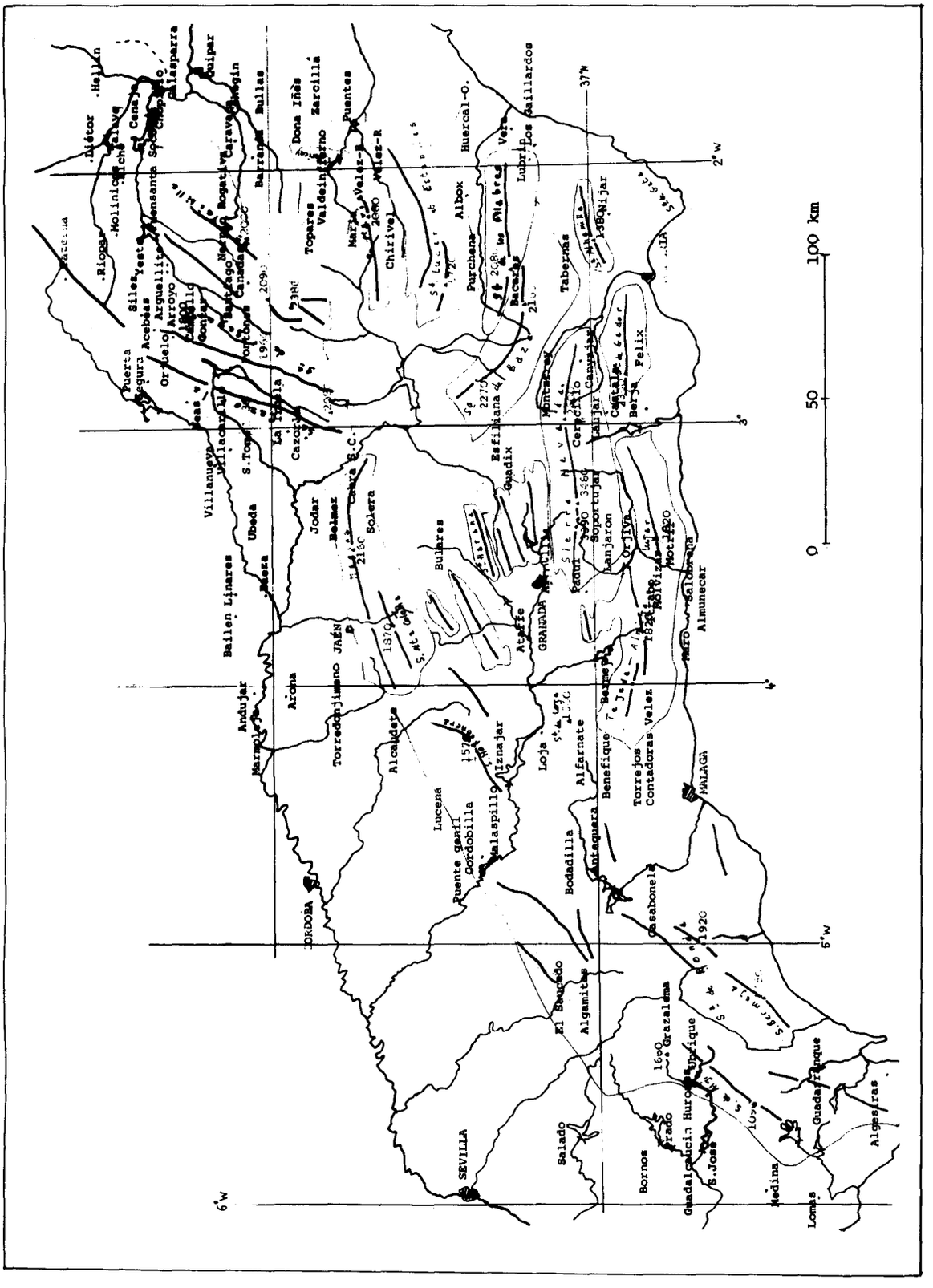


Fig 3.Localisation des postes météorologiques.

Fig 4-DONNÉES CLIMATIQUES(1).

	JAEN	A	T	T_o	M	m	P	∝	Q	Pe/M	SS
463	Acebeas	1320	12.2	19.46	29.3	1.4	1133	43.5	132.2	2.55	68
464	Alcaudete	676	20.4	23.00	39.1	8.1	555	50.6		1.07	167
465	Andujar	212	18.4	19.6	36.9	4.0	564			0.86	165
466	Arjona	440	17.2	19.6	36.0	3.7	585	36.9	45.6	1.02	147
467	Arjonilla	360	17.2	19.1	34.3	4.9	621			1.42	149
468	Arroyo Canales	1240	10.1	16.9	30.0	-1.6	1166	46.7	129.3	2.50	58
469	Baeza	769	15.1	19.2	32.1	3.4	601	51.9	59.4	1.25	121
470	Bailen	343	17.2	19.0	37.0	3.9	596			1.00	145
471	Beas deSegura	577	17.6	20.7	35.6	4.9	700	56.3	56.3	1.62	119
472	Belmez Moraleda	887	15.8	20.6	35.7	1.7	576	57.0	45.3	1.32	116
473	Cabras S Cristo	938	14.4	19.5	31.9	2.3	431	65.3	42.5	1.38	115
474	Cazorla	886	15.7	20.5	33.4	1.7	772	48.9	69.4	1.54	110
476	El Campillo	1410	11.0	18.7	29.0	-0.1	965	55.6	114.7	2.58	58
478	El Hornico	1010	13.8	19.4	34.4	1.7	788	52.3	69.6	1.61	88
479	El Ojuelo	820	11.4	15.9	30.6	-4.1	788	46.1	85.7	1.96	64
483	Jaén	578	17.0	20.3	34.4	4.7	601	43.8		1.11	147
484	Jodar	627	17.3	20.8	36.5	4.5	463	53.5	53.5	0.94	164
485	La Bolera	940	14.7	19.0	35.8	2.4	589	57.9	46.0	1.40	102
486	La Iruela	922	15.0	20.9	32.0	2.2	883	46.2	85.4	1.81	97
487	Linares	419	17.7	19.1	36.1	3.6	541	37.7	41.9	0.94	158
488	Marmolejo	245	18.8	20.4	38.7	3.5	603			0.93	157
489	Pontones	1350	11.0	18.8	29.6	-2.4	835	58.2	95.4	2.40	60
490	Puerta Segura	584	16.6	19.6	36.4	2.1	639	62.7	48.3	1.52	117
492	Santiago Espada	1328	12.3	19.1	30.5	0.1	685	62.7	73.6	2.27	65
493	S Tome	458	16.6	19.2	35.5	3.7	471	44.2	37.8	1.00	151
494	Siles	825	14.7	19.7	33.7	1.9	837	44.5	73.9	2.18	89
495	Solera	1084	13.8	19.5	30.7	1.4	536	63.6	56.9	1.80	96
496	Tranco de Beas	540	15.5	18.5	34.1	2.5	829	33.0	74.7	1.61	105
497	Torredonjimeno	589	18.0	21.1	32.2	6.9	629	43.1	63.6	1.34	143
498	Ubeda	748	16.0	20.0	32.2	3.7	584	52.0	57.1		123
499	Villacarillo	794	15.6	19.9	34.1	3.8	505	57.5	43.9		143
501	Villanueva-Arzob.	680	15.3	19.0	34.8	1.3	697	44.3	58.0		131
	MALAGA										
652	Alfarnate	924	14.4	19.4	29.8	3.2	1005	42.6	114.4	1.44	105
653	Algarrobo	80	18.7	19.1	29.0	10.5	665			1.00	153
654	Antequera	477	15.4	17.9	33.7	3.0	551	40.8	48.9	1.30	125
655	Benefique	780	12.5	16.7	28.4	0.6	746	46.2	93.0	2.21	94
656	Bodadilla	384	16.5	18.5	34.7	4.0	445			0.70	161
657	Botivario	500	15.6	18.3	28.9	5.2	613	39.2	75.8	1.35	124
658	Capaicin	700	16.4	20.2	28.3	7.4	671	46.2	89.9	1.83	111
659	Casarabonela	494	18.0	20.7	33.2	7.3	923	28.5	87.9	1.81	106
661	el Rompezido	12	18.2	18.2	30.5	7.7	507			1.50	151
662	Gaucin	626	14.3	17.7	27.1	6.2	1214	27.3	174.4	1.37	113
663	Gobantes	400	16.7	18.9	32.8	5.5	614	33.0	58.6	1.46	129
664	Guadalhorce	400	17.2	19.4	31.5	5.8	576	34.7	60.0	1.00	159
665	Malaga	8	18.5	18.5	29.7	8.5	469	21.7		1.10	174
666	Marbella	20	18.6	18.7	28.0	11.1	648	17.0		0.92	173
667	Maro	122	20.0	20.6	32.1	11.2	534	21.0		0.96	180
668	Nerja	49	19.8	19.9	31.8	8.3	424	23.5	44.9	1.00	186
669	Bermeja	491	18.0	20.6	30.3	8.0	1068	24.6	125.0	1.26	148
670	Tolox	315	17.1	18.8	33.0	5.8	1032	16.9	97/7	1.21	122
672	Velez Malaga	60	18.7	19.0	32.0	9.1	537			1.12	169
671	Torrijos	780	13.8		29.6	1.7	788			0.75	121
	MURCIA										
683	Barranda	838	15.0	19.5	32.8	2.3	739	48.7	69.0	3.75	61
686	Bullas	645	15.3	18.8	29.2	4.5	362	60.6	43.4	1.50	116
687	Calasparra	341	16.2	18.0	33.9	0.8	4P6			1.79	103
688	Caravaca	625	16.0	19.4	32.2	3.0	367	59.5	35	1.43	116
692	Dona Ines	786	14.1	18.3	34.6	0.2	329	67.3	27.5	1.35	117
694	El Chopillo	420	15.9	18.2	32.6	2.6	361	49.3	34.2	1.63	113
695	Escobar	572	16.4	19.5	31.9	4.1	317	61.0	31.6	1.06	127
701	Lorca	335	18.1	19.9	33.6	5.6	261			0.84	168
705	Puentes	954	17.8	23.0	35.0	4.2	265	74.4	21.0	0.85	165
707	Quipar	320	16.3	18.0	33.1	2.6	301			1.18	123
709	Rogativa	1273	11.5	18.5	29.5	-1.6	663	62.4	76.5	4.31	23
714	Valdeinfierno	690	13.5	17.2	29.6	1.0	291	67.1	33.2	1.00	121
718	Zarcilla	652	16.1	19.6	35.3	1.4	550	49.8	44.2	1.74	97
719	Zarzadilla	861	17.7	22.4	33.4	5.6	359	67.4	33.1	0.95	154
	SEVILLA										
879	Algamitas	423	17.3	19.6	35.8	3.7	890	25.4	70.2	1.16	140
884	El Saucejo	531	16.7	19.6	32.3	4.8	632	40.0	61.9	1.13	140
886	Juan Gomez	10	19.5	19.6	36.3	5.8	492	1.2	38.3	0.36	202
898	El Salado	75	17.9	18.3	36.1	4.7	687	--	53.6	0.75	155
	CORDOBA										
282	Cordobilla	180	17,9	18,9	38,0	2.0	487	20.3	33.8	1.10	170
295	Iznajar	320	16,5	18,26	35,1	2.7	413	37.7	33.0	0.75	157
296	Lucena	483	16,3	18,93	35,2	2.8	702	34.5	57.0	1.37	121
297	Malpasillo	220	16,7	17,91	36,1	1.5	493	24.0	37.8	1.37	144
304	Puente Genil	304	17,1	18,03	35,4	2.8	497	18.9	39.9	1.17	138

Fig 4-DONNEES CLIMATIQUES(2).

	ALBACETE	A	T	To	M	m	P	∝	Q	Pe/M	SS.
6	Arguellite	1100	16,1	22,1	32,1	4.2	915	.50.24	90	1.96	85
8	Camarillas	397	17,0	19,2	26,4	2.6	306	52.3	44	1.80	131
11	Cenajo	360	15,7	19,7	32,7	2.2	331	47.4	31	1.81	105
13	Elche Sierra	630	16,3	19;7	33,3	2.9	331	60.0	32	1.42	110
15	Gontar	914	14,1	19,12	32,9	0.8	479	62.3	44.3	1.53	105
16	Hellin	566	15,2	18,3	33,0	2.6	303	61.8	27.9	1.60	110
19	Canadas de Nerpio	1482	12,1	20,2	27,2	-0.1	548	61.8	74	2.74	40
20	Lletor	641	17,4	20,9	32,8	6.0	330	62.7	31.7	1.50	146
21	Los Luisos	700	15,0	18,8	31,7	2.1	430	58.4			
23	Minadeta	530	14,9	17,8	33,1	1.5	225	66.0	20.5	1.15	136
24	Los Molinicos	823	14,6	19,1	32,9	2.0	443	61.0	41	1.68	95
26	Nerpio	1082	13,5	19,44	32,7	0.0	465	66.7	43.5	2.18	74
28	Paterna de Madera	1133	12,1	18,33	31,4	0.0	755	56.3	76.5	2.12	72
29	Riopar	1000	12,5	18,0	28,3	1.5	685	55.5	85.7	2.40	68
30	Socovos	750	13,9	18,0	31,3	1.9	409	61.3	41.9	1.74	99
31	Talave	550	16,8	19,8	33,7	4.4	277	63.2	24.8	1.36	147
33	Yeste	877	12,9	17,7	31,5	1.4	488	60.9	49.3	1.64	79
	ALMERIA										
65	Albox	424	18,9	21,2	32,5	6.6	282	56.0	27.8	1.28	169
66	Almeria	18	17,9	18,0	29,0	7.9	231		29.6	0.72	211
67	Bacares	1213	12,5	19,1	28,I	1.6	396	71.0	50.3	1.10	118
68	Berja	331	18,3	20,1	33,5	5.5	415		38.0	0.75	178
69	Canjayar	605	17,7	21,0	34,0	4.9	360	59.0	31.8	0.82	163
70	Castala	740	16,2	20,2	30,0	6.7	439	59.0	51.3	0.56	158
71	Cerecillo	1780	10,3	20,1	24,3	-0.I	708	68.0	119.9	1.95	73
72	Chirivel	1038	12,7	18,3	28,8	-0.6	423	67.0	51.7	1.46	91
73	Felix	812	19,1	23,5	31,6	10.6	414	62.9	46.7	1.00	179
74	Huercal Overa	230	16,9	18,2	32,8	2.5	263	59.0		0.68	153
75	Laujar/Andarax	92I	14,4	19,4	28,6	4.1	539	59.0	67.2	1.35	120
76	Los Gaillardos	120	20,5	21,2	33,8	10.1	237		22.7	0.50	231
77	Lubrin	509	16,9	19,6	31,6	6.3	339	56.3	35.3	0.83	171
78	Maria	1200	11,4	18,0	29,0	0.0	391	71.9	46.5	1.10	89
79	Monterrey	1222	13,2	19,9	27,8	2.3	605	63.5	77.0	1.40	108
80	Nijar	356	17,3	20,8	32,2	4.5	308		30.3	0.53	171
8I	Purchena	555	17,8	20,8	33,8	8.7	293		26.5	0.75	172
82	Tabernas	500	18,0	20,7	33,4	6.I	245			1.00	185
83	Topares	1192	12,5	19,0	30,8	2.1	408	71?1	43.2	1.50	84
84	Velez Blanco	1080	14,0	20,0	31,7	1.1	399	69.7	39.7	1.61	94
85	Velez Rubio	878	13,5	18,8	30,4	2.1	39I	64.9	42.5	1.80	77
86	Vera	100	17,9	18,4	30,8	6.2	268			0.93	181
	CADIX										
228	Algesiras	5	17,0	17,0	27,6	8.2	873		125.6	0.88	152
229	Arcos	80	17,6	18,0	34,2	5.1	709		61.9	0.91	126
230	Cadix	10	18,0	18,0	27,9	9.6	590		85.9	0.77	165
231	Campano	27	16,9	17,0	30,2	6.1	738			0.76	141
232	Guadalcaucin	60	18,0	18,3	33,6	6.1	674		61.8	0.87	151
233	Guadarranque	140	15,4	16,7	29,3	6.8	1065		131.I	0.34	154
234	Grazalema	823	16,6	21,1	30,8	6.4	2000	22.3	220.3	2.10	94
235	Hurones	160	16,7	17,6	33,3	5.3	1212		133.3	1.42	83
236	Jerez	56	17,3	17?6	32,6	5.3	626			0.84	155
237	Las Lomas	40	19,3	19,5	32,5	8.7	676			0.65	168
238	Medina Sidonia	300	18,0	19,6	31,6	7.6	876	18.9	93.1	0.70	149
239	Prado DEl Rey	421	16,2	18,5	32,5	5.2	889	25.3	86.3	1.53	108
240	Purto S Maria	5	16,7	16,8	31,3	5.4	546			0.70	156
241	S Fernando	20	18,0	18,1	29,6	7.8	575			1.10	154
242	S Jose	157	17,3	18,1	32,4	6.5	916			1.18	136
243	San Lucar	30	16,9	17,0	32,0	5.4	479			0.56	163
244	Tarifa	20	17,2	17,3	26,9	10.5	794		129	1.10	136
245	Ubrique	337	16,5	18,3	32,6	5.1	1209	15.5	116.6	1.50	107
	GRANADA										
350	Albergue univers.	2000	4,7	16,7	20,0	-10	650	71.4	195	2.00	40
355	Almunecar	38	17,6	17,3	34,0	8?0	474			0.86	157
356	Armilla	664	15,3	18,9	36,0	1.2	401	58.8	34.7	0.85	147
357	Atarfe	598	15,9	19,2	36,0	0.8	449	53.0	34.6	1.2	130
358	Bermejales	800	14,4	18,8	33,2	2.1	422	62.0	38.4	0.9	131
359	Esfiliana	993	15,1	20,6	35,8	0.1	313	72.5	24.5	0.8	148
360	El Zaidin	685	15,6	19,3	33,3	3.2	448	56.8		0.87	124
361	Guadix	915	14,6	19,6	33,6	-0.3	337	69.7	28.8	1.21	119
362	Itrabo	390	18,6	20,7	30;0	8.2	584	33.7	70.1	0.83	176
363	La CArtuja	695	15,5	19,4	34,3	2.1	462	56.3	39.4	1.44	146
364	Lanjaron	720	15,0	19,0	29,1	4.2	536	53.3	64.6	0.93	128
365	Loja	487	16,9	19,5	34,2	3.2	524	42.9	45.2	0.88	149
366	Los Bulanes	850	12,9	17,5	29,9	1.2	577	55.8	64.6	1.26	104
367	Molvizar	241	18,4	19,72	30,7	8.8	513		59.3	0.76	169
368	Motril	40	18,0	18,22	29.3	8.2	455		58.8	0.86	158
369	Orgiva	456	16,8	21,4	29.7	5.2	500	42.3	58.5	1.00	150
370	Padul	760	16,0	20,1	32.4	3.7	474	58.0	45.7	1.00	134
371	Salobrena	25	16,9	17,0	28.7	7.0	530			0.85	144
372	Soportujar	1400	13,0	20,7	27.8	1.5	740	62.1	93.3	1.10	115

l'Albergue universitario de la Sierra Nevada).

2-Les observations de certaines stations portent sur une période de 6 ans.

3-Nous ne possédons pas de renseignements pour les bassins de Guadix ni de Baza et celà est dommage du fait des particularités xériques de ces régions.

La carte 3 donne les localisations des postes météo et les tableaux (fig 5)en donnent les principaux paramètres que nous allons étudier plus en détail.

A-LES TEMPERATURES.

Nous avons retenu cinq paramètres thermiques:

-La moyenne annuelle ordinaire des températures(T).
-Cette moyenne ramenée à l'altitude zéro(T°)
-La moyenne des maximas du mois le plus chaud(M)
-La moyenne des minimas de Janvier(m)
-Enfin,l'amplitude thermique M-m.

Une remarque préalable concerne le gradient thermique altitudinal.Il n'est pas égal à 0,55°C/100 m car nos observations donnent une valeur légèrement supérieure: 0,60°C/100 m(0,66 pour m et 0,55 pour M ce qui fait que l'amplitude thermique augmente avec l'altitude).

§§ Les maximas pour T sont observés dans la région de Sevilla(19,5°C) et Malaga (19,8°C).La plaine du bas Guadalquivir joue le rôle de cuvette accumulatrice de chaleur.Mais ce paramètre T n'a guère d'intérêt car il reflète avant tout l'altitude.

§§ Par contre,les valeurs de T°(figure 5),sont beaucoup plus indicatrices.En Andalousie,ces valeurs sont comprises entre 16,5 et 21°C.Quelques valeurs supérieures correspondent à des postes météo où la période d'observation est trop courte.La différence de latitude entre le Nord et le Sud de l'aire étudiée(36,30 degré à 38,30 degré) soit 2 degrés,ne permet pas d'observer un décalage thermique ,comme,par exemple,pour l'ensemble des Alpes(OZENDA,1985:19).

Les lignes isothermes pour T° sont présentées sur la carte fig.5.Dans le Nord, l'isotherme 19°C suit à peu près la bordure méridionale du plateau de la Meseta(Sierra Morena).Cet isotherme contourne les Sierras de Alcaraz et atteint le Cabo Cope. Les températures(T)°)semblent augmenter vers 19,5°C-20°C selon une double ride:

=Bas bassin du Guadalquivir-Sierras de Magina/Cazorla,d'une part.

=S.Est andalou d'autre part.

Nous avions d'ailleurs déjà signalé(BOUCHER.,1982 a:17),le rôle de pôle de chaleur joué par les massifs montagneux du nord de la province.Nous avions évoqué un phénomène d'accumulation de rayonnement par les reliefs.En outre,l'existence de chaînes parallèles diminue les effets des vents froids du N-W(valable pour les sierras de Cazorla... dont nous avons étudié plus haut la structure géologique).

Par contre,l'extrême SW de l'Andalousie(provinces de Cadiz et de Malaga)constituent un net pôle de fraîcheur (T° inférieure à 18°C et même égale à 17°).Ce phénomène est sans doute à relier à l'influence de l'Océan.Ce pôle négatif se prolonge sans doute dans le Rif.

Notons également un pôle thermique négatif secondaire dans le secteur des Sierras de los Gigantes,peut-être dû à la présence de nombreuses retenues de barrages (Valdeinfierno,Fuensanta,Puentes).

Comme il a souvent été signalé dans la littérature(DELVOSALLE et DUVIGNEAUD, 1962),le Sud-Est andalou détient un des records de xéricité en Europe,en particulier la Sierra de Gador.

Ces remarques expliquent pour partie les décalages observés en ce qui concerne les limites altitudinales des étages de végétation.N'oublions pas qu'il existe aussi des différences locales pour la valeur du gradient altitudinal de décroissance de la température.En Andalousie il existe même des phénomènes d'inversion de températures.

§§ La moyenne des minimas du mois le plus froid,qui est d'ailleurs le mois de Janvier pour toutes les stations andalouses,permet de délimiter les étages altitudinaux

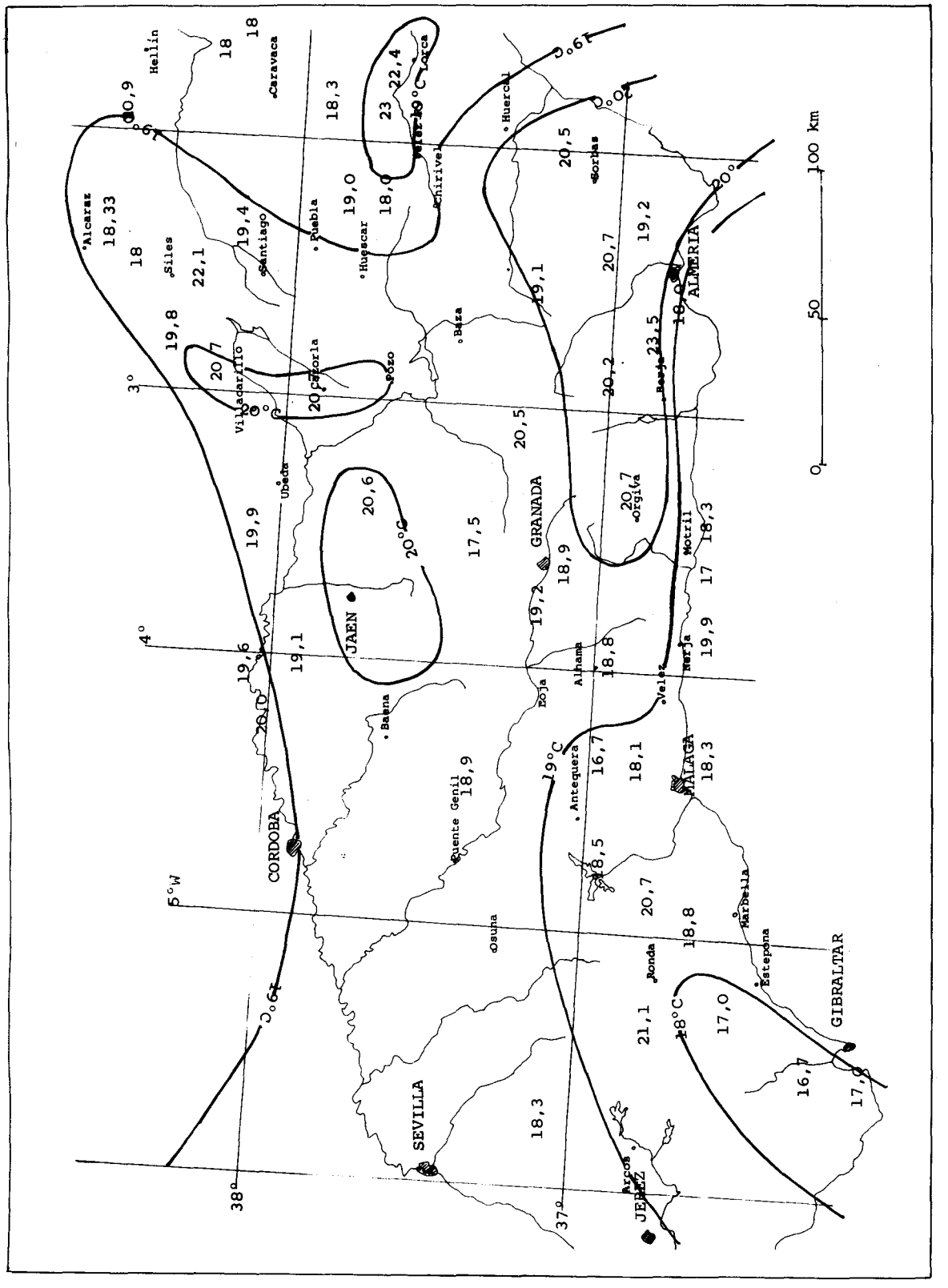


Fig 5.Températures annuelles moyennes ramenées au niveau de la mer(T°).Isothermes et indications de quelques valeurs stationnelles.

Soient les coupures suivantes:

Thermoméditerranéen:m $>$ +3°C ex:Malaga.

Mésoméditerranéen: 0° $<$ m $<$ +3°C ex Guadix.

Supraméditerranéen: -3 $<$ m $<$ 0°C ex:Arroyo-Cañales

Oroméditerranéen: -7 $<$ m $<$ -3°C ex: El Ojuelo.

Altimediterranéen: m $<$ -7°C ex Albergue Universitario.

Ces valeurs apparaissent assez théoriques.En effet,les observation faites sur le terrain,nous conduisent à revoir légèrement ces coupures,en particulier la limite entre Thermo et Mésoméditerranéen.

Nous préférons conserver le terme Altiméditerranéen introduit par OZENDA(1975:10), d'une part pour des raisons d'antériorité et d'autre part pour utilisation possible dans tout le Bassin méditerranéen.Le terme Crioroméditerranéen est,nous semble-t-il inutile. Nous discuterons plus loin de la validité de cet étage.

§§ L'amplitude thermique (M-m) présente dans l'ensemble,les plus fortes valeurs en montagne:30°C(voir tableaux 4).Cependant les extrêmes s'observent dans la basse vallée du Guadalquivir(35°C).L'amplitude est également forte dans les bassins de Baza-Guadix et de Lorca-Caravaca.Par contre,les Sierras du Haut Segura sont moins continentales qu'on pourrait s'y attendre.

Les amplitudes les plus faibles se rencontrent logiquement sur le littoral(21°C)à Almeria).Le secteur de Gibraltar est le plus maritime(17°C).

Il apparait donc un gradient de continentalité d'ouest vers l'est,en dehors du bassin du Guadalquivir,très chaud en été.Ce gradient sera confirmé par l'étude des précipitations.

B-LES PRÉCIPITATIONS.

Dans un travail antérieur(BOUCHER,1982:22),nous avions donné les isohyètes de l'Andalousie orientale.Mais cette information présente les mêmes défauts que la carte des isothermes moyennes dans la mesure où elles calquent nettement le relief.

Notons toutefois que les précipitations sont plus abondantes vers l'ouest,où elles atteignent annuellement 1000 et même 2000 mm à Grazalema.Le gradient W-E de xéricité nous amène inversement à des valeurs extrêmes de l'ordre de 230 mm vers Almeria.

En dehors de la région Sud-Est,un second secteur très xérique,domaine du *Rhamno - coccifierion* ,correspond aux dépressions molassiques de Guadix-Baza avec des valeurs de P de 300 mm(certains auteurs affirment qu'elles sont inférieures).

Nous avons utilisé deux paramètres plus fins pour étudier les différences régionales afférentes aux précipitations annuelles,indépendamment de l'altitude.

= D'abord l'indice de continentalité de GAMS(arctg A/P)(A=altitude du lieu,en mètres,P=précipitations annuelles en mm).Certes,cet indice est théoriquement inutilisable en région méditerranéenne et réservé aux montagnes eurosibériennes,mais il est malgré tout remarquable que(fig 6):

-Jusque dans l'intérieur,le SE andalou apparait xérique($\alpha > 60°$),en particulier les secteurs de Guadix-Baza-Los Filabres-Velez-Rubio.Toutefois la vallée du Rio Almanzora est moins sèche.

-Il existe un pôle très humide dans le secteur de Ubrique-Ronda-Aljibe ($\alpha < 25°$).

-Une opposition apparait à l'intérieur des massifs de Magina,de Cazorla, de la Sierra Nevada:une ligne peut être tracée qui sépare chacune de ces chaînes(voir la figure 6).Chaque ligne délimite une face NW ou NNW peu continentale($\alpha < 50°$) et une face SE ou SSE plus xérique ou plus continentale($\alpha > 50°$).Celà vaut pour les 2 premiers massifs,par contre,pour la Sierra Nevada,c'est le contraire:Nord xérique et sud océanique.

=L'indication de la saison la plus pluvieuse n'a pas été cartographiée.Bien entendu la saison la plus sèche est de partout l'été.Par contre,la saison la plus humi-

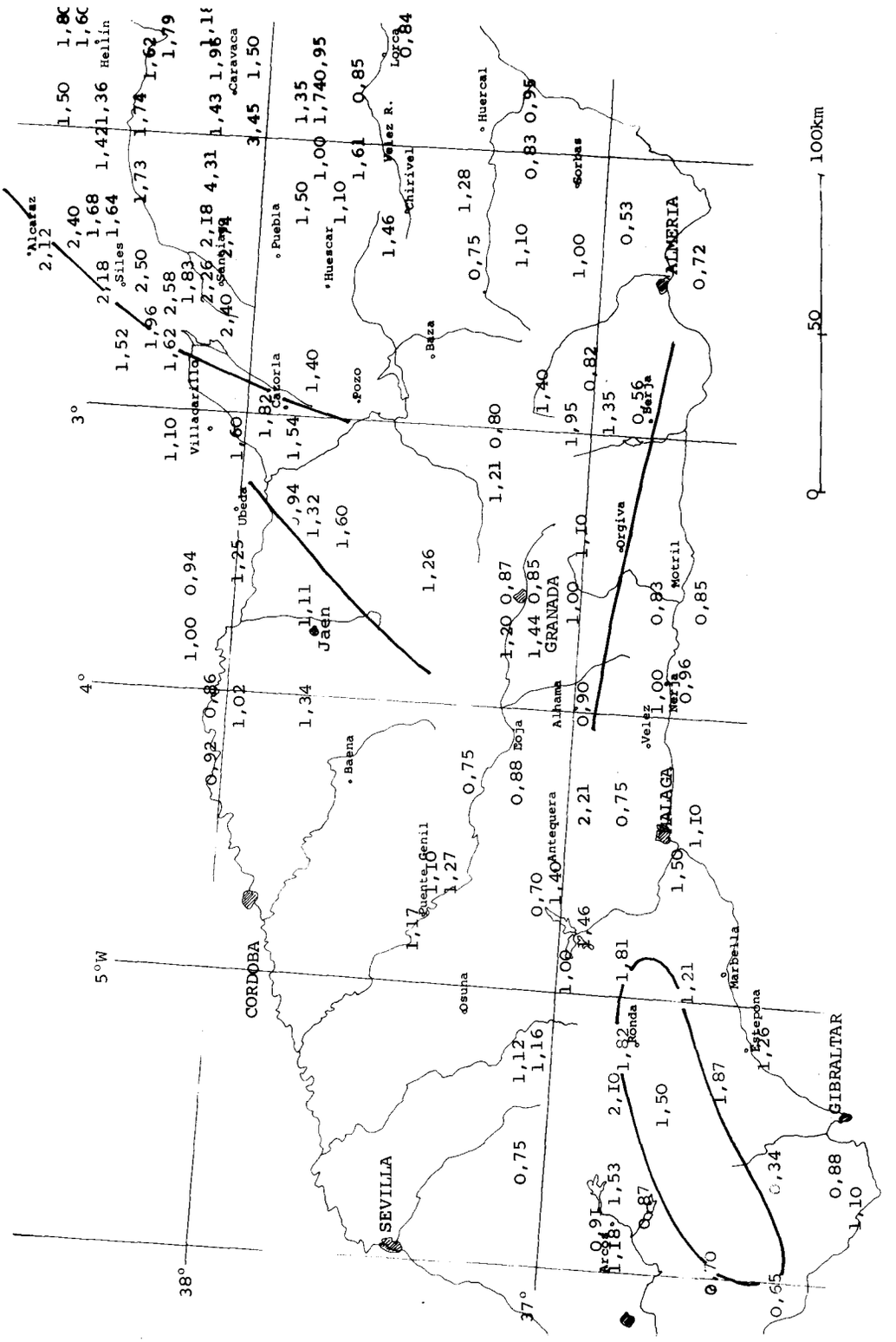


Fig 6.Valeurs de l'indice de continentalité Pe/M.Les traits en surcharge concernent l'indice de Gams.Notez les valeurs les moins continentales dans le SW en particulier. Explications dans le texte.

de est l'automne pour la plus grande partie des stations,mais=

-C'est l'hiver sur le littoral compris entre Motril et Malaga,ainsi qu'une bonne partie des Sierras du NE de la province(Cazorla,Seca,Pozo).

-C'est le printemps dans le secteur des sierras de Taibilla-Maria-Los Gigantes. Cette région,d'autres paramètres le confirment,est la plus continentale de la Province. C'est le domaine du *Paeonio-Quercetum rotundifoliae astragaletosum/*

=La figure 6 renseigne sur la valeur de l'indice,introduit par Emberger:I=Pe/M (Pe=précipitations estivales:juin,juillet,aout;M=moyenne des températures des maximas de juillet).Cet indice est plus discriminant en région méditerranéenne,que l'angle de continentalité de Gams.Il accuse des différences allant du simple au quadruple.Cest indice confirme que le secteur le plus continental de l'Andalousie,est formé par le triangle Puebla de Don Fadrique-Alcaraz-Nerpio,avec des valeurs de 2 à 4.Par contre,le bassin du Guadalquivir est peu continental.Comme on pouvait s'y attendre,les valeurs les plus faibles sont observées dans le Sud-Est(Cabo de Gata).

Par conséquent,les sierras du NE de l'Andalousie ont un climat de type méditerranéen atténué,ce qui est confirmé par l'étude de la végétation et par les paramètres plus synthétiques dont nous allons aborder à présent les variations.

C-LA XÉRICITÉ.

Nous envisagerons successivement le coefficient d'Emberger(Q) puis la valeur de la saison sèche en Andalousie.

§§ L'indice classique d'Emberger est calculé sur la formule suivante: $Q=100P/M^2-m^2$.Les températures y sont en degrés Celsius(et non Kelvin qui atténue les différences indiciaires).Les valeurs de ce paramètre sont portées sur la figure 7. Cet indice permet de délimiter les étages bioclimatiques(qui en réalité ne sont pas des étages mais des coupures hydriques).Ces "étages sont inégalement représentés en Andalousie.

-Le peraride($Q < 10$) n'est pas représenté dans notre province.

-Le bioclimat aride($10 < Q < 30$)est bien représenté et correspond essentiellement au Sud-Est(Secteurs Murciano,Almeriense,Guadiciano-Bacense).Il existe une importante dépression(au sens géographique et hydrique) autour du nouvel embalse de Negratin.

-C'est dans le semi-aride($30 < Q < 60$) que nous possédons la plus grande densité des postes météorologiques.Du point de vue botanique,eet étage est le plus diversifié et est représenté par au moins 4 séries de végétation(voir supra).C'est également le plus important en superficie de la végétation correspondante,pour la province.

-Le bioclimat subhumide correspond essentiellement aux revers W,NW et SW des sierras où la végétation est diversifiée.Il est également représenté dans la partie occidentale du secteur Rondeño,à l'étage thermoméditerranéen($60 < Q < 100$).

-Le bioclimat humide est représenté en altitude et sans les secteurs Rondeño et Gaditano($100 < Q < 150$).

-Enfin,pour les valeurs de Q supérieures à 150,on entre dans l'étage perhumide, peu représenté,uniquement à très haute altitude(Altiméditerranéen) et également dans une petite partie du Sud-Ouest andalou:sierra de Grazalema.

§§Le deuxième paramètre envisagé est l'intensité de la saison sèshe(SS).Nous avons adopté la formule suivante:$SS=\sum 2Ti-Pi.i$ indexant chaque mois pour lequel $2T \quad pi$(T=température moyenne de chaque mois concerné;p=précipitations de ce mois).

Dans l'ensemble,la période sèche dure 4 à 5 mois.Les valeurs ce SS sont consignées sur la carte 9,celles-ci sont comprises entre 25 et 200.Cest indice est donc très discriminant,davantage que l'indice d'Emberger(ce dernier,selon OZENDA et STEWART, devrait ètre abandonné).

La valeur de la saison sèche montre que le Sud-ouest de l'Andalousie n'est plus la partie la plus humide de la province,même si c'est le secteur le plus arrosé:les

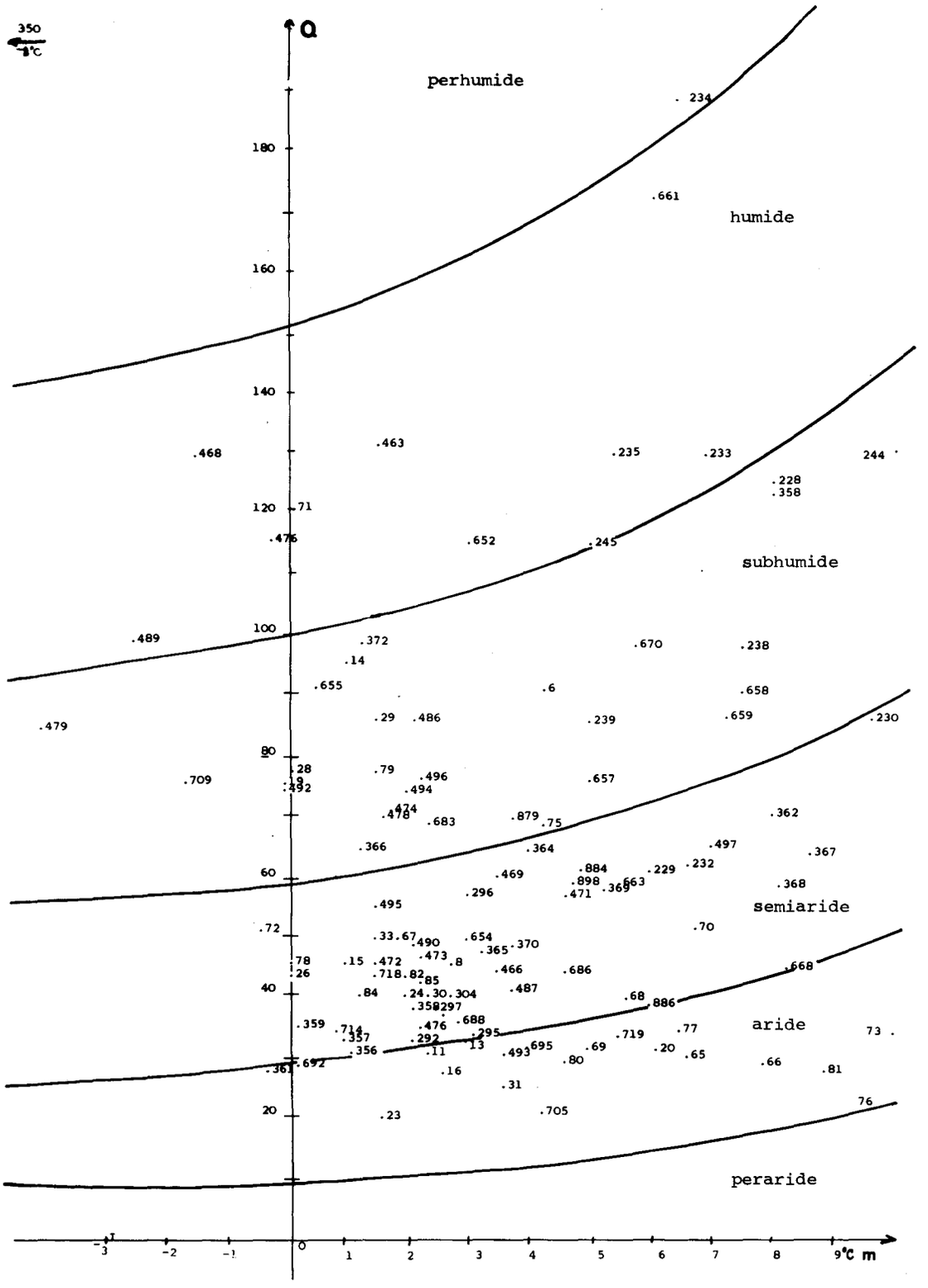


Fig 7 -Positionnement des stations météorologiques sur le diagramme ombro-thermique d'Emberger.Notez la concentration des localités dans l'étage semi-aride,étage qui est le plus diversifié du point de vue botanique.

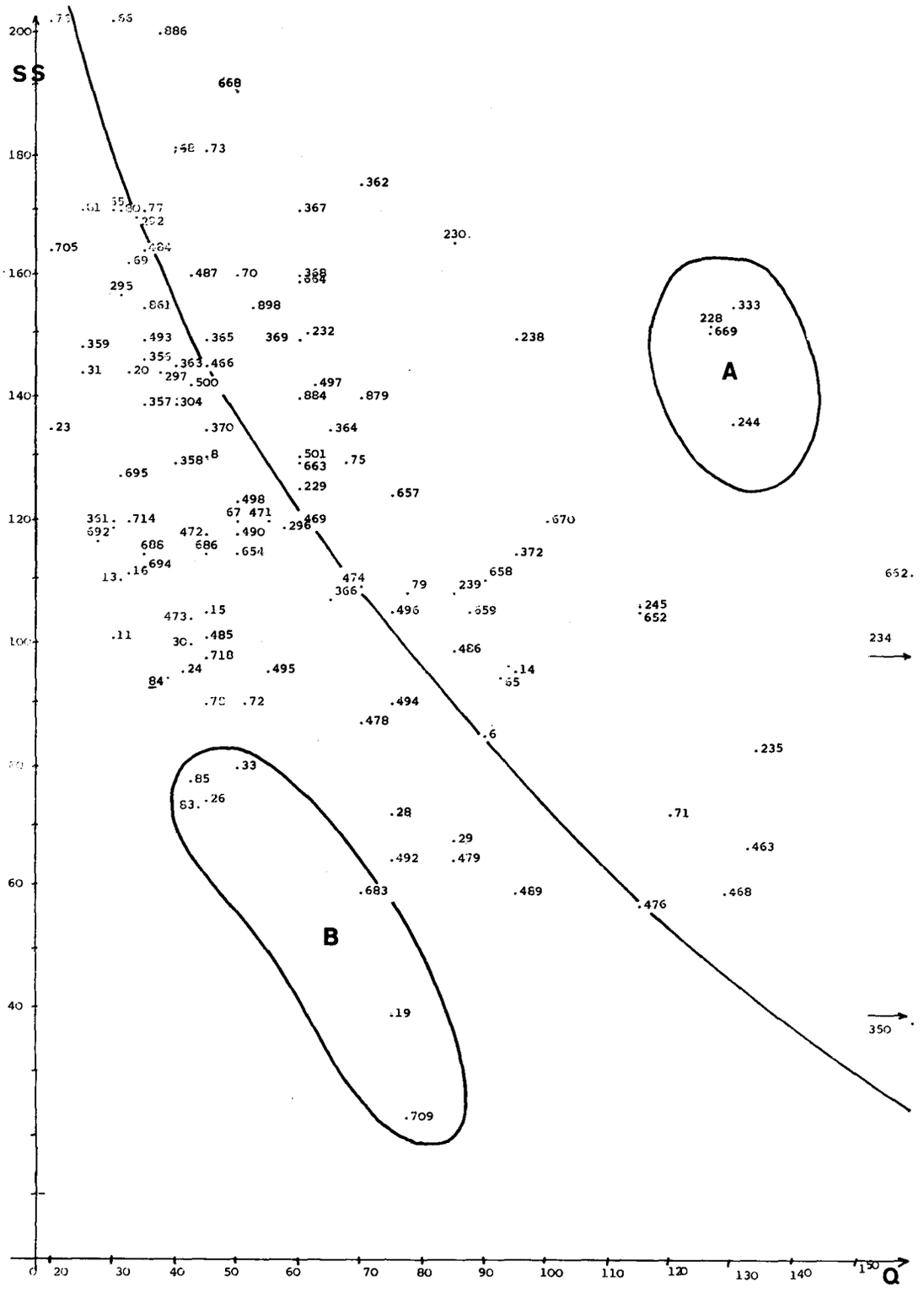


Fig .8 -Relation entre le coefficient d'Emberger(Q) et la valeur de la saison sèche(SS).Notez les deux groupes de localités A et B qui sortent de manière caractéristique de la ligne moyenne.

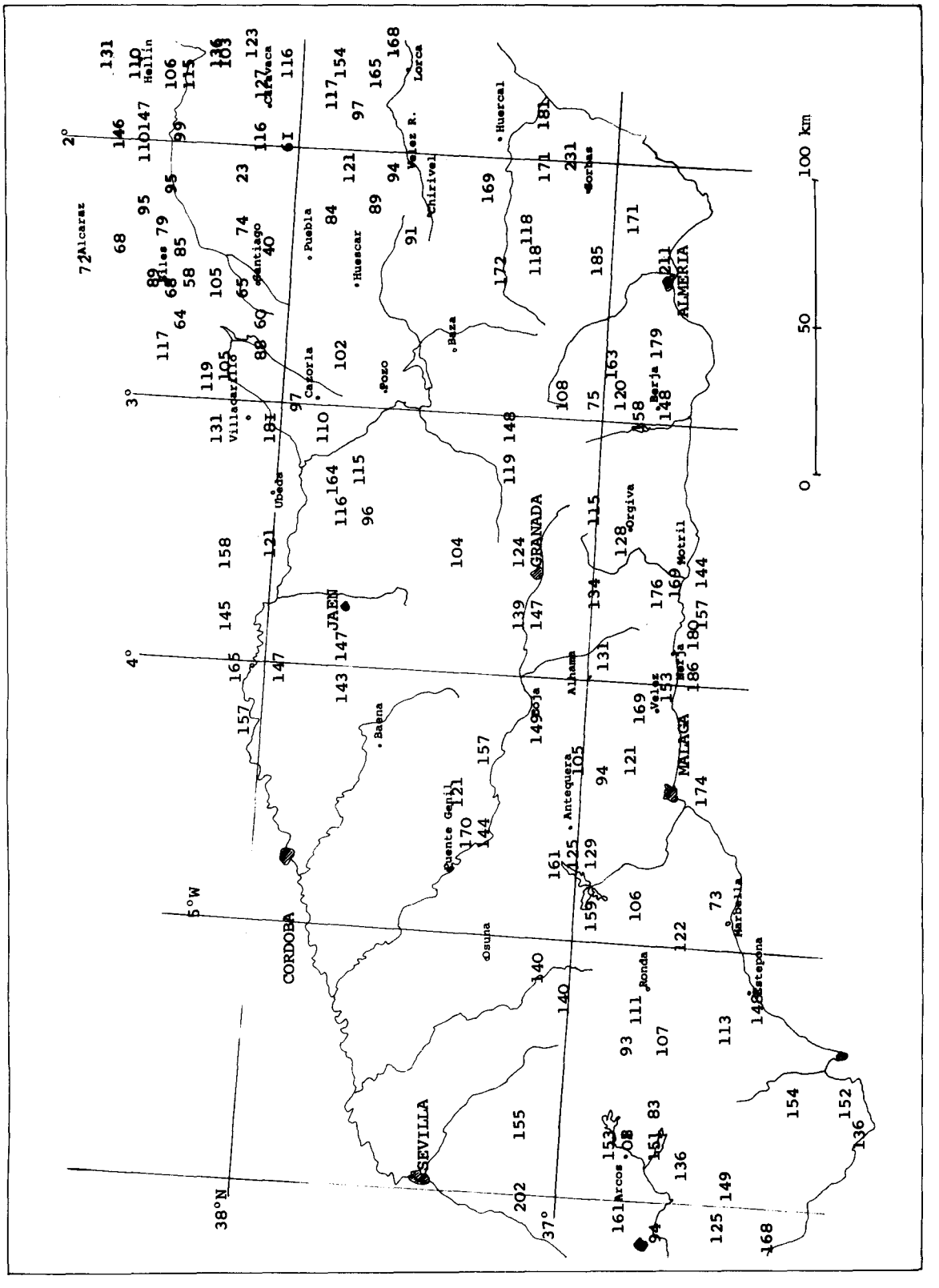


Fig 9-Intensité de la saison sèche.Calculs dans le texte.Cet indice donne des résultats sensiblement différents de celui d'Emberger.

valeurs de la saison sèche y sont de l'ordre de 100-140.Par contre,les sierras les moins sèches sont celles du Nord-Est(Cazorla,Pozo etc...)avec des valeurs de l'ordre de 70-80,et surtout la Sierra de Taibilla qui présente à Rogativa,une saison sèche de 23. Comme nous l'avons remarqué plus haut,c'est le secteur le plus continental de notre province.Cette région de l'extrême NE de la Province,possède un climat qui s'éloigne nettement du type méditerranéen andalou moyen.C'est la patrie des formes xériques du *Besrberido-Quercetum*(BOUCHER,1984:297),de l'étage semi-aride.

Le paramètre "saison sèche" donne au secteur du Cabo de Gata,le record de xéricité (valeurs de plus de 200).

Le bassin du Guadalquivir,dans sa partie inférieurs,est également très xérique.Par conséquent,l'Andalousie présente une grande différenciation hydrique,mais il n'existe pas de véritable ensemble de vallées internes continentales à l'intérieur de l'arc montagneux comme celà a été mis en évidence dans les Alpes et les Pyrénées centrales (GRUBER,1982:57).Ce caractère négatif pouvait se prévoir du fait de la disposition très différente du relief andalou par rapport à celui des Alpes par exemple.En effet, les montagnes andalouses manquent d'épaisseur(maximum 80 km).

Il est très intéressant de noter la corrélation entre la valeur de la saison sèche et l'indice d'Emberger.Cette relation est donnée dur la figure 8.La relation mathématique entre ces deux variables semble assimilable à une hyperbole en dehors de laquelle deux groupes de points-stations se détachent nettement:

-Un groupe(A) avec Guadarranque,Bermeja,Tarifa.C'est un ensemble hyper-humide et sec en été:il héberge les groupements végétaux du *Rusco-Quercetum canariensis* (relictuel)

-Le groupe(B),avec Maria,Velez-Rubio,Nerpio,Rogativa,correspond au secteur continental déjà précisé.La végétation correspondante,au Mésoméditerranéen supérieur est le *Paeonio-Quercetum rotundifoliae astragaletosum* RIVAS G. y R.MARTINEZ,1971.

A présent,nous pouvons donner un début de justification aux coupures biogéographiques présentées sur la carte 11.

=Le secteur Hispalense est chaud($T_o > 19°C$),il présente de fortes amplitudes thermiques($M-m > 30$) et une forte xéricité($Q > 60$).

=Le secteur Rondeño contient les stations les plus humides($Q > 80$; $\alpha < 20$).C'est aussi le moins continental($M-m < 20$).

=Le secteur Nevadense présente une faible continentalité,suf en altitude,c'est, nous l'avons vu,un pôle ce chaleur.

=Le secteur Subbetico est peu xérique($Q > 80$) et les précipitations y sont les plus abondantes en hiver(sous forme de neige).Il s'agit également d'un pôle de chaleur.

=Le secteur Guadiciano-Bacense est xérique($Q < 40$),avec une saison sèche supérieure à 100,celà vaut dans les bassins molassiques,mais,les hauts plateaux et les montagnes de l'Est présentent la continentalité la plus forte de la Province.

=Le secteur Alpujarro-Gadorense se caractérise par sa xéricité qui se traduit par les valeurs de l'angle de Gams(supérieur à 50),l'indice d'Emberger souvent inférieur à 40 et la saison sèche qui atteint des records avec 200.

=Enfin,le secteur Almijaro-Tejedense est peu continental,sec en été et présente,sur son littoral,des pluies hivernales.

Il ressort de ces définitions bioclimatiques,que le secteur Subbetico n'est pas homogène:la partie Est est plus affine du secteur Guadiciano-Bacense.D'ailleurs,c cette façon de voir est confirmée par l'étude de la végétation potentielle(en particulier aux étages supra et oroméditerranéen).

S'il est clair qu'aux étages thermo,méso et supraméditerranéen,le climat appartient au type méditerranéen avec toutes ses variantes hydriques,il reste à étudier systématiquement la valeur de la saison sèche pour les stations de plus de 1500 m d'altitude.

Ces études sont rendues difficiles parm manque de postes météo et du fait de l'extrême dégradation des forêts au-dessus de 1700 m,c'est à dire,à partir de l'Oroméditerranéensupérieur.

III-LA FLORE DE L'ANDALOUSIE , SES PARTICULARITÉS.

Ce travail est essentiellement établi à partir de deux sources: Nous avons pointé à l'aide de Flora Europaea(TUTIN et Coll.,1964-80),la totalité des espèces et sous-espèces de plantes vasculaires capables de croître spontanément en Andalousie telle que nous l'avons définie plus haut.

Nous avons compté les taxons notés "Hs",sans indication contraire qui les exclurait de l'Andalousie et sans autre précision.Nous avons également dénombré tous les taxons indiqués S Hs, SE Hs, C et S Hs, C et SE Hs,Sud Péninsule ibérique.Par contre, nous avons exclu les taxons "SW Hs" ou SW péninsule ibérique.Enfin nous avons inclu tous les taxons endémiques bétiques au sens large(Provinces de Cadiz à Murcia et Albacete).

La deuxième source a consisté à répertorier la totalité des taxons récoltés par nous-même en 600 relevés phytosociologiques,et la totalité des relevés effectués par les auteurs dont nous donnons la liste,dans le cadre des provinces de Cadiz,Malaga, Granada,Jaén,Murcia,Albacete,Almeria,à l'exclusion des Sierras Morena,de Alcoy et du Delta du Guadalquivir.

Les auteurs consultés sont les suivants:

ASENSI et RIVAS MARTINEZ 1976,BLANCA LOPEZ 1981,BLANCA et VALLE 1981,BORJA 1955, CHARPIN et FERNANDEZ 1981,CHATER 1973,ESTEVE 1973,FERNANDES CASAS 1974,GOMEZ-CAMPO 1978,GUARDIA 1982,GARCIA LOPEZ 1981,HEYWOOD 1961,IZCO 1977,KUPFER 1974,LAZA 1946 et 1956,LEAL 1979,LOSA QUINTANA 1983,MARTINEZ et ESTEVE 1978,MOLERO et MARTINEZ 1983, MORALES et FERNANDEZ 1974,MORALES et SANCHEZ 1983,PRIETO 1971,QUEZEL 1953,RIVAS GODAY 1953,1955,1961,1969,et 1973,RIVAS GODAY et ESTEVE 1965,1972,RIVAS GODAY et MAYOR 1966, RIVAS GODAY et RIVAS MARTINEZ 1967,RIVAS MARTINEZ 1969,SANCHEZ et coll.1983,SOCORRO et PEREZ 1981,VALLE 1980,1981,1985, VALLE et BLANCA 1982,VALLE et MORALES 1980,1982.

A-RESULTATS GLOBAUX SUR LA FLORE VASCULAIRE.

Les calculs sur la flora potentielle donnent un nombre de 3640 espèces et sous-espèces,ce qui peut sembler considérable.N'oublions pas que la flore des Alpes-Maritimes comprend 2700 taxons(POIRION et BARBERO 1967) et que la surface de la province bétique au sens biogéographique équivaut à 52000 km^2,c'est à dire 12 fois plus que le département français(les Pyrénées-Orientales ont une richesse aréale encore plus grande).

Si l'on prend en compte les taxons pointés par nous-mème et les récoltants cités,on arrive à 1900.Ce nombre semble faible,en réalité la plupart des auteurs se sont intéressés à la végétation la plus spécifiquement sud-ibérique et ont délaissé la flore et la végétation les plus euryèces et les plus cosmopolites.En outre,parmi les récoltes effectuées par les auteurs,on trouve des taxons que nous n'avions pas inclus dans les 3640,car ils sont indiqués "SW" ou C Hs ou "SW péninsule ibérique" par Flora Europaea.

Par conséquent la flore vasculaire de l'Andalousie,entre Cadiz et Almeria ,compte 3200 à 3300 taxons,ce qui n'a rien d'étonnant vu la complexité géologique,climatique et historique de cette province.

Quand on s"intéresse plus particulièrement aux famille principales,il est remarquable d'observer la richesse considérable des Composées(438 taxons dont 251 observés et 33 *Centaurea L.*).Viennent ensuite les Légumineuses avec 209 taxons observés dont 21 *Genista L.* .Notons aussi la grande diversité des Caryophyllaeae(tableau-fig 9 bis).

B-L'ENDEMISME.

Il est considérable en Andalousie.En effet,nous avons répertorié 351 espèces et ssp.endémiques bétiques au sens large(Sud-Est,Sud ou Centre-Sud Espagne, ou dont la localité exacte est connue).Notons que ce nombre est à comparer à celui des endémiques alpines:340(PAWLOSKI,1970:185).

Famille Taxons	Total	Pointés	Endémiques	%	Ibéro-NAf.	%	Andal-Pyr.
Cryptogames vasculaires	89	32	0	0	0	0	1
Gymnospermes	18	17	1	5%	0	0	0
Caryophyllaceae	200	117	25	15%	7	6%	5
Ranunculaceae	76	39	2	4%	0	0	2
Cruciferae	210	130	35	20%	9	7%	2
Saxifragaceae	24	16	11	50%	3	15%	0
Rosaceae	87	40	2	3%	4	10%	2
Legumineusae	375	209	34	12%	25	12%	5
(dont Genista)		21	8				
Cistaceae	62	53	10	16%	4	8%	0
Umbelliferae	160	73	12	8%	9	13%	4
Plumbaginaceae	37	19	13	40%	1	0	0
Borraginaceae	66	40	7	14%	2	5%	1
Scrophulariaceae	142	78	38	25%	5	6%	4
(dont Linaria)		31	20				
Rubiaceae	60	34	9	18%	5	14%	2
Campanulaceae	30	19	6	24%	1		0
Composae	438	251	67	15%	32	13%	5
(dont Centaurea)		33	25				
Graminaceae	330	28	13	6%	3	2%	4
Cyperaceae	82	33	1	2%	0	0	0
Orchidaceae	57	19	0	0	0	0	0
Labiataceae	180	121	29	18%	18	15%	4
Total	3600	1900	351	12%		8%	57

Fig 9 bis-Floristique de l'Andalousie.Explications dans le texte.

Ce sont évidemment les Composées qui ont le nombre de taxons endémiques le plus élevé.Mais en % le record revient aux Saxifragaceae(50%),suivi par les Plumbaginaceae (40%) avec des *Limonium* .Par contre,notons l'absence d'Orchidée endémique.

Finalement,le taux global d'endémiques est de 12% sur la base de 3000 taxons,pourcentage plus faible que pour la Grèce(15%,d'après POLUNIN,1980),mais davantage que pour l'Algérie(QUEZEL,1964°).Ces taux,par famille,sont consignés sur le tableau 9 bis. Il n'existe aucune famille endémique andalouse,cependant quelques genres endémiques bétiques au sens le plus large sont à noter:

-*Euzomodendron*
-*Hutera*
-*Guiaroa*
-*Rothmaleria*
-*Cyanopsis*

Il faudrait ajouter à cette liste des subdivisions du genre,andémiques,comme la section *Acrocentroïdes* parmi le genre *Centaurea* .De même,parmi les *Helianthemum* ,la section *Macularia* est ou était représentée par H.*petiolatum* Tib,mais cette espèce de la région d'Almeria,proche de H. *lunulatum* des Alpes maritimes,n'a pas été revue(voir BARBERO,1966:388).

Si l'on considère les endémiques par secteur chorologique,les résultats sont les suivants:

-Endémiques d'un seul secteur:
  -Hispalense:1(0,5%) : *Saxifraga reuterana*
  -Rondeño :29(8%) ex: *Abies pinsapo,Arenaria retusa,Papaver rupifragum.*
  -Almijarense:6(2%) ex:*Teucrium gracile,Salvia candelabrum,Scabiosa grossii.*
  -Nevadense:61(17%) ex:*Sempervivum nevadense.*
  -Alpujarro-Gadorense:8(2,5%) ex:*Biscutella variegata,Astragalus grossii.*
  -Subbetico:43(12%) ex:*Arenaria lithops,Aquilegia cazorlensis.*
  -Guadiciano-Bacense:6(2%) ex:*Ptilotricum cadevallianum,Helianthemum guadicianum*
-En dehors de la Province bétique s.str.:
  -Almeriense:17(5%)
  -Murciano:10(10%)
  -Gaditano:8(2,5%)

-Des endémiques plurisectorielles:

-Ouest bétiques:13(3,5%)

-Nord-Est bétiques:18(5%)

-Sud-Est bétiques:18(5%)

-Des endémiques bétiques au sens large:115.

-Enfin des endémiques présentes à la fois dans l'ouest et l'est de la Province mais absentes ailleurs:6(2%).

Une remarque:les % ont un total supérieur à 100 du fait d'espèces comptées plusieurs fois,difficiles à classer.

Ces nombres montrent que c'est la Sierra Nevada qui est la plus riche en taxons endémiques(encore que nous n'ayons pas inventorié les variétés).Celà est d'autant remarquable que ce secteur est petit(400 km^2),mais l'endémisme n'y est pas générique, il s'agit essentiellement de néoendémisme,de taxons isolés à partir d'espèces d'origine eurosibérienne,par exemple *Gentiana boryi* affine de *G.pyrenaïca* ou *Sempervivum nevadense* affine de *S.tectorum*.

Notons particulièrement la richesse du secteur Subbetico,avec 43 taxons particuliers,avec des espèces comme *Aquilegia cazorlensis*,*Geranium cazorlense* .Il s'agit en moyenne de taxons de souche plus ancienne que pour la Sierra Nevada.Les reliques y sont présentes comme,par exemple,*Viola cazorlensis* Gand.

Remarquons enfin que deux groupes d'endémiques apparaissent,ce qui différencie nettement l'est et l'ouest de la Province,car il esiste peu d'espèces communes seulement aux deux extrémités.

Notons enfin la richesse de la famille des Legumineuses en endémiques,non par le % total(10 à 12 %),mais par le nombre d'endémiques de certains genres:8 *Genista* sur 21.Ces taux s'expliquent par le fait que l'Andalousie est le centre de différenciation d'espèces(il en est de mème pour le genre *Linaria.L*;20 endémiques sur 31;et pour *Centaurea L.* avec 25 endémiques sur 48).

C-LES AFFINITÉS DE LA FLORE ANDALOUSE.

1-Une des liaisons les plus intéressantes est celle qui existe entre l'Afrique du Nord et le sud de la péninsule ibérique.

Le taux moyen des espèces ibéro-nordafricaines est de 8 % par rapport à la flore vasculaire totale(157 taxons).

Ce qui est remarquable,ce sont les différences,à ce sujet,d'une famille à l'autre/ Par exemple,les Composées,avec 13 %,sont remarquablement liées à l'Afrique.D'ailleurs, il est certain,qu'une partie au moins des taxons de cette famille soit d'origine Algéro-marocaine.

Le taux maximum d'ibéro-nordafricaines revient aux Labiées,mais remarquons également un fort taux pour les Ombellifères,les Légumineuses et les Rubiacées.

Notons enfin l'absence de relations africaines pour les Orchidées et les Ranunculaceae.

Dans cet ordre d'idées,il serait également intéressant d'analyser les liaisons entre le SE bétique et le Moyen-Orient,avec,en particulier des espèces des Chénopodiacées,genres:.*Microcnemum* ,*Anabasis* , *Bassia*.

2-La deuxième liaison à envisager est matérialisée par les taxons bético-pyrénéens.Cette liaison est fort complexe.Elle a été grandement abordée par KUPFER,1974,dans sa thèse.Il est vrai que les prélèvements caryologiques de ce auteur en Andalousie,concernent les Sierras de Cazorla et Nevada.

Il existe toute une hiérarchie dans les types de répartition des taxons communs aux Pyrénées et à la Province bétique.Il s'agit surtout de taxons orophiles.

= Les espèces strictement localisées aux sierras bétiques et aux Pyrénées sont rares(moins d'une dizaine)par exemple *Astragalus sempervirens* Lmk ssp *nevadensis* (Boiss) P.Mont,découverte dans les Pyr-Orientales à l'Altiméditerranéen par BAUDIERE(1970).

= Un lot limité de taxons est représenté par des sous-espèces vicariantes,dans une même espèce,par ex.*Cardus carlinoïdes* Gouan ssp c.des Pyrénées et ssp *hispanicus* (Kazoumi)Franco de la Sierra Nevada.Il en est de même pour .*Ranunculus pyrenaïcus* L.ssp p. et de R.p.ssp*alismoïdes* (Bory)Font Quer et Bolos de la Sierra Nevada.

= Un autre type de liaison est représenté par des formes diploïdes ou tétraploides de taxons à vaste répartition,par exemple *Helictotrichon sedenense* (DC) Holub, dans sa race diploïde,ou encore *Koeleria vallesiana* (Honck)Gaud dans ses formes tétraploïdes.

=La plupart des taxons dont il est question ici,sont des orophytes ibériques et pyrénéens,par ex.:*Onopordon acaule* DC.;*Nepeta latifolia* DC.,*Salvia lavandulaefolia* Vah.

= Un autre cas est représenté par des couples d'espèces très affines,par exemple .*Veronica nummularia* Gouan,des Pyrénées et V.*repens* Clairon de Corse et de la Sierra Nevada.Il en est de mème pour *Senecio leucophyllus* DC.et S.*boissieri* DC.bétique.

= Enfin,un important contingent d'espèces à,en réalité,une aire de répartition plus vaste.Parmi ces taxons:

-Des ibéro-provençales,présentes dans les Pyrénées et en Andalousie (*Potentilla cinerea* Chaix ssp c.).

-Des orophytes sud-européens(*Potentilla caulescens* L.).

-Des orophytes sud-ouest méditerranéens(*Erinacea anthyllis* Link).

-Des méditerranéeo-atlantiques(*Hyacinthoides hispanicus* Chouard).

Au total,nous avons dénombré 57 bético-pyrénéennes au sens large,mais excluant les taxons dont l'aire déborde les Pyrénées vers le Nord et les nord-africaines.

Une liaison,un peu anacdotique,mais intéressante,est illustrée par les espèces macaronésiennes,peu nombreuses,mais présentes en Andalousie:

- *Culcita macrocarpa*
- *Thelypteris pozoi*
- *Beta patellaris*
- *Hedera canariensis*
- *Wahlenbergia nutabunda*
- *Gennaria diphylla*

Notons aussi que l'endémique *Sideritis stachyoïdes* est affine des . *Sideritis* canariens(*macrostachys* , *dendrochahorra*....).

Cette liaison ajoute au caractère ancestral(tertiaire) d'une partie de la flore andalouse(surtout occidentale).Ce fait est renforcé par l'existence de quelque affinité entre la flore andalouse et la Rand-Flora africaine(QUEZEL 1983):*Lafuentea* (1 espèce bétique,une autre au Tibesti et une troisième en Australie).Il en est de mème pour le genre *Cheilanthes* ,en particulier C.*marantae* (L)Dom qui atteint le Yémen.

IV-LA VÉGÉTATION POTENTIELLE ET LA SECTORISATION DE L'ANDALOUSIE.

Dans un travail antérieur(BOUCHER,1984:297),nous donnions la valeur bioclimatique des différents états de la végétation potentielle dans le NE de l'Andalousie calcaire mais il reste à généraliser ce travail.

A la suite des travaux initiaux de GAUSSEN(1948),sur la notion de série,de ceux de OZENDA(1975,1984),puis de ceux de QUEZEL(1982) et enfin de ceux de RIVAS-MARTINEZ((1982),il apparait que la distribution géographique des grands types de végétation potentielle est conditionnée par 5 facteurs hiérarchisés:

1-Le climat régional

2-L'étagement altitudinal.

3-Le zonage hydrique.

4-La nature du substrat

5-La situation géographique par rapport à l'histoire du peuplement

En Andalousie,par définition,on mettra de côté le 1 er facteur puisqu'on est totalement en climat méditerranéen,mème à 2000 m,et que,même à une altitude supérieu-

re,la saison sèche existe en été.Nous avons remarqué le peu de différence entre le nord et le sud de la Province,en ce qui concerne les isothermes ramenés au niveau de la mer(19 à 21°C sauf cas extrèmes).

A-Les étages altitudinaux sont définis par le paramètre "m"(voir plus haut).Ils sont au nombre de cinq dans la Province.

Nous avons déjà objecté la valeur du terme "Crioroméditerranéen" créé par RIVAS-MARTINEZ(1975).La figure IO présente l'idée dont nous nous faisons des limites de ces étages.D'ailleurs,ces 5 étages sont associés à des variations graduelles d'autres paramètres climatiques:

=L'indice d'Emberger,Q,augmente pour deux raisons:la diminution des températures décroissance valable tant pour M que m(les gradients ont été définis au début de cet exposé).L'autre raison est l'augmentation des précipitations,phénomène assez régulier au moins entre le littoral et 1500-1800 m.La corrélation altitude/coefficient Q n'est pas modélisable mais,en faisant abstraction des variations régionales,les coupures sont les suivantes:

-Thermoméditerranéen:Q entre 20et 50.
-Mésoméditerranéen: Q de 40 à 80.
-Supraméditerranéen: Q de 60 à 130.
-Oroméditerranéen;et étage suivant:Q toujours supérieur à 100.

Notons que pour les valeurs de Q supérieures à 200,on quitte théoriquement le climat méditerranéen.Ces valeurs ne sont atteintes qu'au-dessus de 2000 m(Q=210 à l'Albergue Universitario,Sierra Nevada).

=On observe également une diminution progressive du paramètre "saison sèche" avec l'altitude.Il s'agit d'un excellent critère de méditerranéité car,même au-dessus de 2000 m,la saison sèche existe(SS=40 à l'Albergue Univ.).

Ces observations suggèrent qu'il est temps d'unifier la notion d'étage altitudinal de végétation pour la région Eurosibérienne et Méditerranéenne du Vieux Monde.OZENDA (1975),précise que l'étagement dépend directement et presque exclusivement du facteur thermique,idée qui s'est répandue mais qui n'est pas encore évidente pour certains auteurs.Ces derniers font principalement appel à des critères biotiques(présence de Conifères ou de Feuillus,caractère caduc ou pérenne du feuillage).Pour nous,les trinômes collinéen-montagnard-subalpin et supraméditerranéen-oro-altiméditerranéen sont,du point de vue thermique,équivalents.Les deux terminologies se justifient d'après des critères de xéricité(saison sèche) d'abord,et de physionomie de la végétation ensuite.

A ce propos nous voulons faire les remarques suivantes:OZENDA(1981:214) décrit,pour des fruticées et des pinèdes de Pin sylvestre situées vers 1700-1900 m dans les Alpes de Haute-Provence,un étage Altiméditerranéen.Comme cet étage se situe,dans ces régions, au-dessus d'un Montagnard,il y a un problème de définition.En effet,il est peu probable(quoique à vérifier) que la xéricité soit plus forte à 1800 m qu'à 1500.Soit qu'il faille désigner "oroméditerranéen" l'étage situé en-dessous de 1700 m,qui supporte des hêtraies ou des pinèdes de Sylvestre;soit(ce que nous estimons),qu'il soit préférable d'utiliser le terme "Altiméditerranéen" pour un étage où l'indice Q est inférieur à 230 et où la saison sèche dépasse l'indice 10,ce qui n'est sans doute pas le cas en Haute-Provence,vers 2000 m,région où les orages estivaux sont très fréquents.Il s'agit donc,en Provence de Subalpin,même si du point de vue physionomique et phytosociologique,les fruticées dont il est question sont d'affinité méditerranéenne(Ononido-Rosmarinetea et Brometalia).

Nous estimons que le terme Altiméditerranéen doit être réservé aux montagnes situées entre les 30 ème et 40 ème parallèles(de sorte que les étages supérieurs des volcans canariens:le Teide)posent un problème de classement.Ces remarques ne sont pas contradictoire avec le fait qu'il existe une zone de transition,située entre 43 et 39 degrés de latitude Nord,zône où coexistent les deux types d'étagement,à la faveur

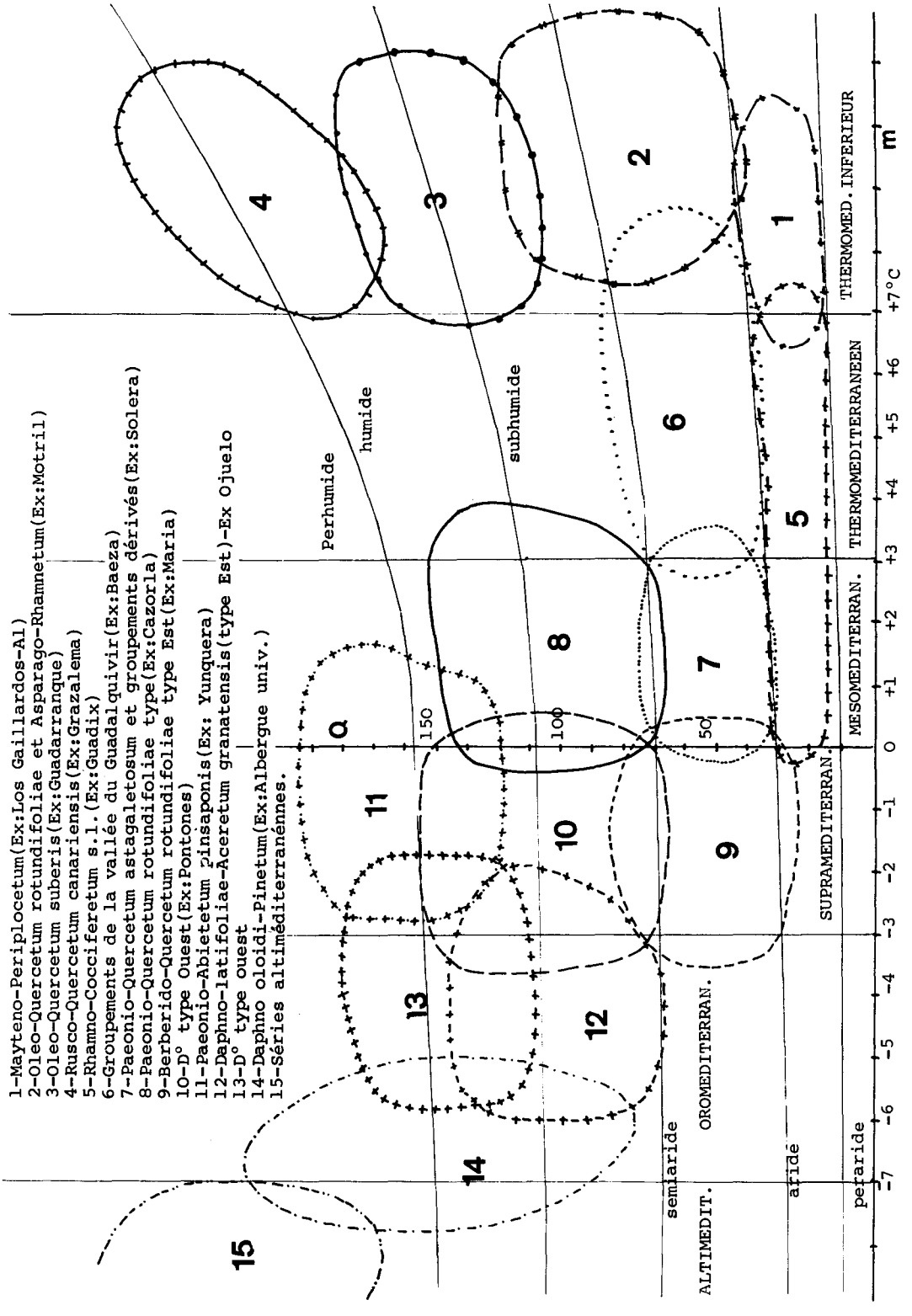


Fig 10-Position des grandes séries andalouses de végétation sur le diagramme d'Emberger.Remarquez que la mésophilie des groupements augmente avec l'altitude,ce qui n'est pas vrai pour l'Afrique du Nord.

de conditions locales de climat,Ce fait a été étudiés en particulier par GAMISANS(1975), en Corse.Le même phénomène doit se retrouver dans les Monts Ibériques.

B-Nous avons déjà traité le problème des étages bioclimatiques,qui sont au nombre de 5 en Andalousie.Le terme "étage"est impropre puisqu'il s'agit en réalité de coupures hydriques.

La définition du paramètre "saison sèche" est un peu différente,en effet,deux stations à même profil thermique(M,m et Température annuelle moyenne égaux) et mêmes précipitations annuelles,peuvent avoir des indices de saison sèche variant du simple au double(ce fait est bien visible sur la figure 8).Ce phénomène est déterminant pour les végétaux qui n'ont pas à subir les mêmes effets.

C-Nous avons longuement présenté la nature des substrats rencontrés en Andalousie.Nous pouvons distinguer trois régions:

-Substrat Carbonaté pour les secteurs Subbetico,Guadiciano-Bacense,Hispalense, Tejedense et Gadorense.

-Acide pour le secteur Nevadense.

-Mixte,avec des roches ultrabasiques pour les secteurs Rondeño et Gaditano.

D-L'étude objective(donc non spéculative) de l'histoire du peuplement végétal de l'Andalousie est basée pour l'instant sur la pollenanalyse(la paléoanthracologie n'a pas encore été employée dans nos régions).Les tourbières sont rares dans les montagnes bétiques.Nous avons déjà publié(BOUCHER,1982),la découverte de pozzines et de petites tourbières dans les sierras du Nord-Est de la Province,mais aucun carottage n'y a été effectué à notre connaissance.Par contre,la tourbière de Padul,à 15 km au sud de Granada, à une altitude de 900m,dans le semi-aride,a livré une partie de ses pollens sur 15 mètres de profondeur.PONS et REILLE(1984°) et WIJMSTRA(1971) établissent des coupes qui remontent probablement à 100 000 ans BP.(Le plus ancien niveau daté au 14 C donne 63500 BP.).Pour l'instant,le résultat le plus remarquable est l'existence d'une coupure traduisant une brusque varaition climatique,vers 54000 BP.Avant cette date, les *Quercus* du groupe *ilex* dominent(probablement *Q.rotundifolia*)les Chênes caducifoliés sont abondants.Inversement,la partie supérieure des coupe montre l'abondance des Pinaceae(du groupe*nigra* :communication orale de DE BEAULIEU),en particulier entre 54000 et 48000 BP.Il s'agit à la fois d'un assèchement et d'un refroidissement du climat.

Il est plus immédiat d'aborder lepeuplement historique de notre région sous l'angle des courants migratoires des végétaux dont l'origine est diverse.

-D'origine pyrénéenne.Ils ont pénétré par la voie NE(Montes Universales,Aitana...).Ceci vaut pour le secteur Subbetico mais surtout la Sierra Nevada(15 taxons sur 57,voir plus haut).

-D'origine eurosibérienne,cental-européenne avec,par exemple des espèces telles *Gentiana alpina* ,de la Sierra Nevada. Ces espèces ont dû,elles-aussi,pénétrer par la voie NE.

-D'origine occidentale(Atlantique)comme,par ex.*Erica terminalis* du secteur Almijaro-Tejedense et E.*erigena* trouvée dans le secteur Rondeño.

C'est en prenant comme exemple le Genre *Saxifraga* que RIVAS MARTINEZ,1973:78,montre les relations et les pénétrations pyrénéo-cantabriques en Andalousie(*Saxifraga camposii*).Quant à S.*rigoi* ,endémique latébétique,proche de S.*continentali*,montre des affinités nord-méditerranéennes.Notons,à ce propos,l'absence,en Andalousie,de Saxifrages du groupe *longifolia* ,taxon présent aux Pyrénées,au Levante,qui se retrouve en Afrique du Nord.

-Celà nous amène d'ailleurs à envisager le courant de peuplement Sud vers Nord.Nous avons déjà signalé le taux élevé d'ibéro-nordafricaines dans notre province(8 %).Il faut augmenter ce taux si l'on ajoute les taxons andalous affines de taxons de souche maurétanienne.Ex.*Campanula mollis L.* ibéro-nordafricaine,issue d'un groupe d'espèces nord-africaines de la section *medium* (C.*embergeri* ,C. *filicaulis*)QUEZEL,1953.D'ailleurs,

au sujet des relations péninsule ibérique-Afrique du Nord,nous renvoyons le lecteur à ce dernier auteur(1957).Ce travail déjà ancien,mais toujours indispensable,montre davantage les possibilités de peuplement dans le sens Nord-Sud,de l'Afrique du Nord,mais montre également l'existence de vicariants écologiques entre les deux rives de la Méditerranée,vicariants appartenant à des sections différentes(*Astragalus ibrahimianus* et A.*nevadensis Lk*).

E-RESULTATS.

Pour tirer des conclusions biogéographiques indiscutables,il faudrait reprendre,pour chaque secteur,le travail floristique réalisé pour toute la province. Or,celà ne sera possible que lorsque des listes systématiques seront publiées et que nous pourrons dresser la cartographie fine des principales espèces.Pour ce qui nous concerne,nous avons récolté effectivement 1700 espèces,ce qui est insuffisant car ces récoltes ne portent que sur les secteurs Subbetico et Guadiciano-Bacense.

La fig.12 présente les possibilités de climax et de quelques groupements dérivés à large distribution.Ce tableau est présenté en fonction des étages altitudinaux et des différents secteurs chorologiques.

Du point de vue de la systématisation phytosociologique,en respectant les travaux de RIVAS MARTINEZ,1982:283 et en les affinant(BOUCHER,1984),nous décrivons dans la province Bétique:

1-Dans les Quercetea ilicis:

a)Pistacio-Rhamnetalia alaterni:Rhamno(oleoidi)-Quercetum cocciferae(à redéfinir pour la province bétique);Asparago-Rhamnetum oleoidis Rivas-Goday 1964;et Mayteno-Periplocetum Rivas-Goday et Esteve 1959.

b)Quercetalia ilicis:

-Rusco(hypophylli)-Quercetum canariensis Rivas-Martinez 1974.
-Oleo-Quercetum suberis Rivas-Goday,F.Galiano et Rivas M.1963.

2-Dans les Quercetea pubescentis:

-Paeonio-Quercetum rotundifoliae Rivas-Mart.emend Boucher 1984.
-Berberido-Quercetum rotundifoliae Rivas-Mart.emend Boucher 84.
-Paeonio-Abietetum pinsapi Asensi et Rivas-Mart 1976
-Daphno latifoliae-Aceretum granatensis Rivas-Mart.1964.

3-Dans les Querco-Fagetea:

-Adenocarpo-Quercetum rotundifoliae Rivas-Mart 1972.
-Quercetum pyrenaiceae penibeticum Rivas-Mart 1972.N.B.:ces deux associations névadiennes ont été regroupées en Adenocarpo-Quercetum pyrenaiceae Rivas-Martinez ined(Méso et Supra).

4-Dans les Pino-Juniperetea:

-Daphno(oleoïdi)-Pinetum(sylvestris/clusianae)Rivas-Mart 1964.
-Genisteto-Juniperetum hemisphaericeae Quézel,1953.

5-Dans les Ononido-Rosmarinetea:

-Astragalo-Velletum Quézel 1953.

6-Dans les Festucetea indigestae:

-Erigereto-Festucetum clementei Quézel 1953
-Festuceto(hackelianae)-Galietum pyrenaïceae Boucher,1982.

Dans tous les cas de figure,nous arrivons à 17-18 séries de végétation.Nous estimons qu'en réalité,à la suite de travaux plus fins,on devrait décrire 20 à 22 séries dans l'ensemble de la Province.

La figure 10 donne la position de 14 ensembles de groupements plus large que des climax.Le tableau les situe selon le schéma classique m/Q.Les séries silicicoles de la Sierra Nevada n'y figurent pas pour des raisons de clarté.Il est clair que,si,aux étages

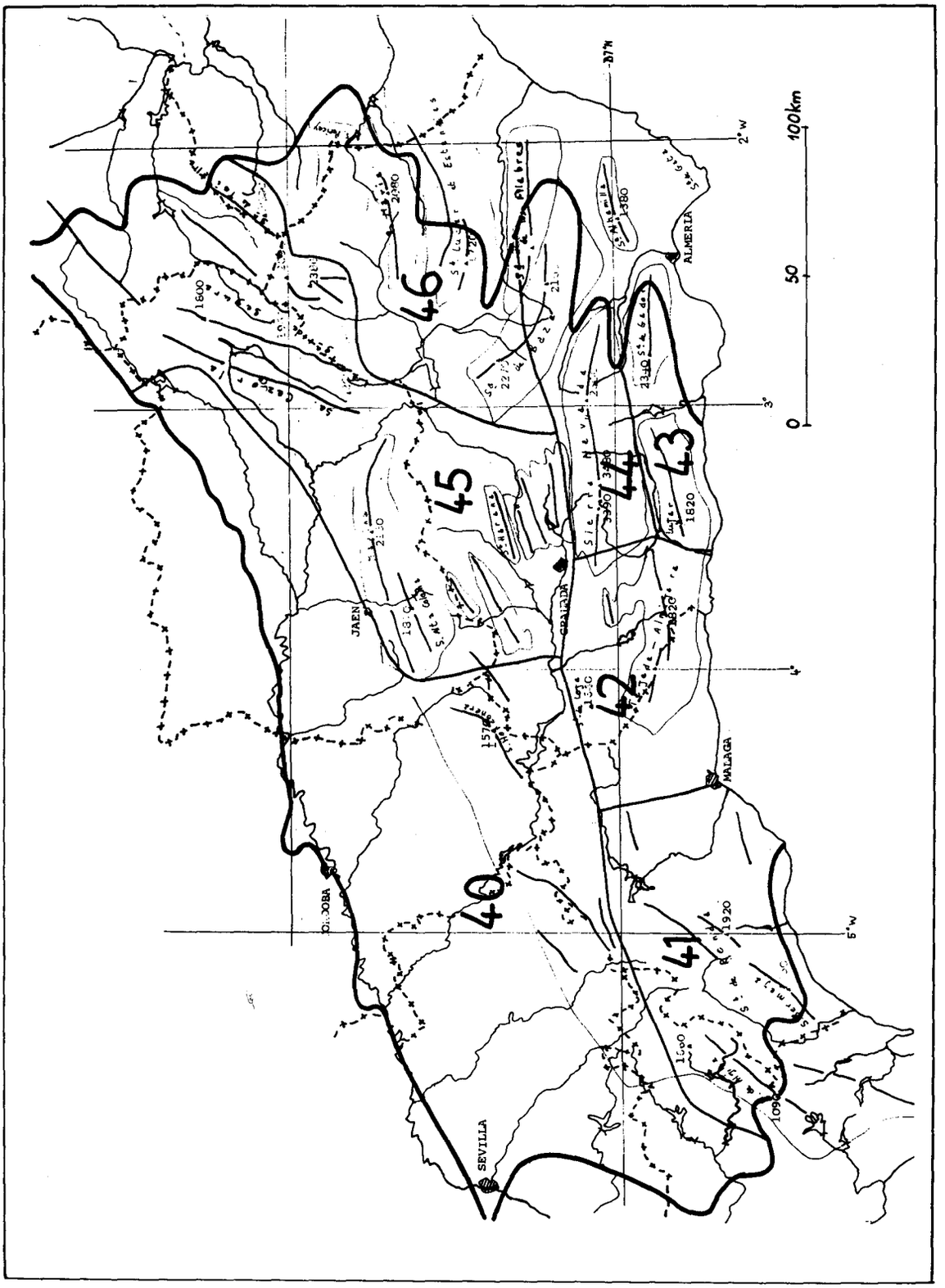


Fig 11-Définition de la Province botanique bétique et sa sectorisation selon le modèle proposé par RIVAS-MARTINEZ(1975) et discuté dans le texte.

40:secteur Hispalense.41:Rondeño .42:Almijaro-Tejedense.43:Alpujarro-Gadorense.44:Nevadense.45:subbetico.46:Guadiciano-Bacense.

Le présent travail sort légèrement des limites du trait épais,vers l'Ouest et l'Est.

<table>
<tr><td></td><td>RONDEÑO</td><td>ALMIJARO-T TEJEDENSE</td><td>ALPUJARRO-GADORENSE</td><td>NEVADENSE</td><td>GUADICIANO-BACENSE</td><td>SUBBETICO</td></tr>
<tr><td>ALTIMÉDITER.</td><td colspan="3"></td><td>Erigereto-Festucetum Genisto-Jun</td><td colspan="2"></td><td>Festuco-Galietum pyrenaiseae</td></tr>
<tr><td>OROMÉDITER.</td><td colspan="3">Astragalo-Velletum (climax détruit)</td><td colspan="4">Daphno oleoidi-Pinetum(dess.2000m) Daphno latifoliae Aceretum granatensis(inférieur)</td></tr>
<tr><td>SUPRAMÉDIT.</td><td>Paeonio-Abietetum (bunietosum)</td><td colspan="2">Berberido-Quercetum (type à préciser)</td><td>Silice: Quercetum pyrenaiceae Calcaire: Berberido-Quercetum</td><td colspan="2">Berberido-Quercetum rotundifoliae(sl) type E type W</td></tr>
<tr><td>MESOMÉDIT.</td><td>Paeonio-Abietetum (daphnetosum)</td><td colspan="2">Paeonio-Quercetum (à préciser)</td><td>Adenocarpo-Quercetum</td><td>Paeonio-Quercetum astragaletosum</td><td>Paeonio-Quercetum type</td></tr>
<tr><td></td><td>Oleo-Quercetum(à préciser)</td><td colspan="5">Rhamno-Quercetum cocciferae sensu lato</td></tr>
<tr><td>THERMOMÉDIT.</td><td>Oleo-Quercetum suberis Rusco-Quercetum</td><td>Oleo-Quercetum rotundifoliae</td><td>Mayteno-Periplocetum</td><td colspan="3">Oleo-Quercetum dégradé(Asparago-Rhamnetum sl etc...)</td></tr>
</table>

Fig 12 -Possibilités de climax et de séries principales suivant les étages et les différents secteurs chorologiques(voir le texte).

thermoméditerranéen inférieur,au méso et au supraméditerranéen,le maximum de diversification apparait,il n'y a aucune raison pour que le Mésoméditerranéen inférieur soit si mal représenté.Nous pensons que des travaux à venir devraient combler cette "lacune". Comme bien souvent le modèle précède l'observation sur le terrain.Celà doit être en particulier possible dans le Bassin du Guadalquivir(groupements n°6 de la fig.10).

D'ailleurs ce tableau(10) illustre aussi l'idée que la limite entre les étages thermo et mésoméditerranéen doit se situer pour des valeurs de m de l'ordre de 4°C.

CONCLUSION

A maints égards,mis à part les dimensions respectives des deux ensembles et leur position latitudinale,l'Andalousie est comparable aux Alpes.

Comparable,du point de vue géologique,avec des zones externes,internes,

Mais surtout par sa richesse floristique(3200 taxons),l'Andalousie se situe en bonne place parmi les grandes régions biogéographiques d'Europe.L'endémisme andalo-bétique(plus de 350 taxons) est à comparer à celui de l'Arc alpin(350 également).Cette richesse s'explique d'abord par la grande différenciation climatique de la province:gradient hydrique SW-NE,existence d'une différenciation thermique et continentale.Il faut ensuite considérer la complexité du peuplement végétal et le caractère d' "ile continentale" formé par chaque massif(ex.la Sierra de Gador).

Si le nombre total des séries est plus faible que dans les Alpes(33(OZENDA et WAGNER,1975),il n'en reste pas moins que le processus d'utilisation de l'espace est le mème.

On ne peut pas,malheuresement ,pour l'instant,faire la comparaison entre l'Andalousie et un grand massif d'Afrique du Nord.Le Rif est connu de par les travaux de BENABID,1982,mais cette chaîne est trop petite pour être comparable et son altitude trop faible.Quant au Haut-Atlas,l'étude de ses séries de végétation n'y est pas terminée.Pourtant les affinités entre l'Andalousie et l'Afrique du Nord sont plus importantes que toutes les autres.Nous avons esquissé une pertie de ces idées,précédemment(BOUCHER,1984).

La sectorisation chorologique de la Province proposée par RIVAS-MARTINEZ(1975) (fig.18)nous semble finalement correcte,quoique certains points aient été précisés ici: le secteur Guadiciano-Bacense présente un net caractère xérique et continental dans le NE,il inclue la partie calcaire de la Sierra de Baza.Le secteur Subbetico est le plus riche en endémiques calcicoles orophiles.A l'observation des lacunes qui apparaissent dans les diagrammes et du peu de travaux afférents,le secteur Hispalense apparaît

à la fois le plus monotone et le moins bien connu de la province.

Les apports des méthodes graphiques de synthèse climatique sont irréfutables et mettent en lumière des lacunes;mais c'est la cartographie végétale qui est le moyen le plus puissant dans ce domaine.C'est dire,qu'avec des affinités eurosibériennes mais surtout maghrébines,la végétation andalouse n'a pas livré tous ses secrets(1).

(1)Nous tenons à la disposition des lecteurs les pointages exacts des taxons,pointages qui nous ont permis de faire l'étude floristique de ce travail.

OUVRAGES CITES.

ASENSI A.et RIVAS MARTINEZ S.1976.Contribución al conocimiento de los pinsapares de la serrania de Ronda.Anal.inst.bot.Cavan.XXXIII:239-246.

BARBERO M.1966.A propos de 3 espèces rupicoles endémiques des Alpes Ligures.Bull.soc. bot.France.112(5-6).

BARBERO M.,RIVAS MARTINEZ S.et QUEZEL P.1981.Contribution à l'étude des groupements forestiers et préf.du Maroc.Phytocoenologia,9(3):311-412.

BAUDIERS A.1970.Documents réunis à l'occasion de la 98 éme session de la Soc.Bot.de F. Font-Romeu,139pp(polycopié).

BENABID A.1982.Etudes phytosoc.,écologiques,biogéogr.et dynam.des associations et séries du Rif occidental(Maroc)Thèse,Marseille.

BOUCHER C.1982.Contr.à l'étude de la végétation orophile d'Andalousie calcaire(Espagne) Ecologia méditerranéa,VIII(3):69-83.

BOUCHER C.1982b.La végétation des montagnes calcaires d'Andalousie orientale.Thèse de 3 éme cycle,Marseille,104pp.

BOUCHER C.1984.Contr.à l'étude de la végétation climacique et paraclim.de l'Andalousie. Ecologia médit.X(1-2):272-304.

BORJA C J.1955.Una excursion a la Sierra Sagra.Anal.inst.Bot.Cavanilles,13(1):55-68.

CHARPIN A et FERNANDES CASAS T.1981.Iter secundum austrohipanicum.Conservat.du jardin bot.de Genève.

CHATER A.O.1973.A new sepecies of Silene from south Spain.Bot.lab.Leiceister:Lagascalia,3(2):219-222.

DELVOSALLE L. et DUVIGNEAUD J.1962.Itinéraires botaniques en Espagne et au Portugal. Les natur.belges,43(2-3-4-5).

ELIAS CASTILLO et RUIZ BELTRAN 1977.Agrometeorologia de Espana.Ministerio de Agricultura de Espana.

ESTEVE CHUECA F.1973.Especies y comunidades vegetales de la Sierra Nevada caliza. Broteriana,XLVII,suppl.

FERNANDEZ CASAS J.1974.Contribucion al conc.de la flora betica.Broteriana,47:293-298.

FOUCAUD A.1972.Etude géologique des environs des sources du Guadalquivir(Jaén et Granada prov.)Thèse de doct.Paris.

GARCIA LOPEZ G.1981.Origen,evolucion y endelismo de la secccion Willkomminana G.Blanca (Gen.Centaurea)Anal.Inst.bot.Cavan.37(2):607-618.

GOMEZ CAMPO C.1978.Studies on Cruciferae:VI.Geographicaldistribution and conservation status of Boleum,Guiaroa and Euzomodendron.Anal.inst.bot.Cav.35:165-176.

GRUBER M.1982.Degré de continentalité de quelques vallées pyrénéennes:relations avec la végétation.Ecol.médit.VIII(3):57-68.

HEYWOOD V.H.1961.The flora of Sierra Cazorla(S E Esp.)Feddes REpert,64:27-72

IZCO J.1977.Resumen de la excursion de sociologia végetal.(V):Madrid-Granada.Univers. complutense,facult.de farmacia.

KUPFER P.1969.Recherches cytotax.sur la flore des montagnes de la Péninsule ibérique. Bull.soc.Neucatelloise des Sc.nat.92:31-48.

KUPFER P.1974.Recherches sur les liens de parenté entre les flores orophiles des Alpes et des Pyrénées.Boissieriana,23:1-332.

LAZA M.1946.Estudio sobre la flora y la vegetación de las sierras Tejeda y Almijara. Anal.inst.bot.Cavailles.6(2):217-370.

LAZA M.1956.Vegetación rupicola y formaciones frutescentes de altura de la provincia de Malaga.Anal.real.acad.farmacia,3:255-262.

LEAL J.1979.Algunas plantas de la siera de Guillimona.Anal.inst.bot.Cavanill.36:415-19.

LOSA QUINTANA J.M. et MOLERO MESA J.1983.Estudio de formaciones arboreas termofilo-continentales proxilas a la ciudad de Granada.Lazaroa,5:131-142.

MARTINEZ PARRAS J.M. and ESTEVE CHUECA F.1978.Nuevas comunidades vegetales del sul de la provincia de Granada.Anal.inst.bot.Cavanilles,35:199-218.

MOLERO MESA J. et PARRAS MARTINEZ J.1983.Plantas de Sierra Nevada.Anal.inst.bot. Cavanilles.,40(2):171-175.

MORALES TORRES M. et FERNANDEZ CASAS J.1974.Dos helechos de la sierra de Cazorla. Broteriana,47:299-311.

MORALES TORRES C. et SANCHEZ CASTILLO PM.1983.Notas floristicas y corologicas de Andalucia oriental.Lazaroa,5:215-219.

OZENDA P.1975.Sur les étages de végétation dans les montagnes du bassin méditerranéen Doc.cart.écol.16:1-32.

OZENDA P.1981.Végétation des Alpes sud-occidentales.Notice détaillée des feuilles Gap, Larche etc...au I/200 000 .CNRS.

OZENDA P.1985.La végétation de la chaine alpine dans l'espace montagnard européen. Masson édit,330 pp.

PAWLOSKI P.1970.Remarques sur l'endémisme de la flore des Alpes.Vegeatatio,21:181-243.

POIRION L. et BARBERO M.1967.Répartition des éléments biogéographiques au sein de la végétation des Alpes maritimes et ligures.Riviera Scient.4:53-82.

PRIETO P.1971.Vegetación de la Sierra Nevada.La cuenca del Monachil.Collec.Monogr. univ.Granada.11:218 pp.

PRIETO P.1975.Flora de la tundra de Sierra Nevada.Univ.de Granada,236 pp.

QUEZEL P.1953 a.Contribution à l'étude phytosoc.et géobot.de la Sierra Nevada.Broteriana,9:77-pp.

QUEZEL P.1953 b.Les Campanulacées d'Afrique du Nord.Feddes Repert.56:1-65.

QUEZEL P.1957.Le peuplement végétal des hautes montagnes d'Afrique du Nord.Lechevalier, Paris,464 pp.

QUEZEL P.1964.L'endémisme dans la flore de l'Algérie.C.R.acad.sc.18 juin 64.

QUEZEL P.1983.La flore et la vegetation actuelles de l'Afrique du Nord,leur signification.Bothalia,14(3-4):411-416.

QUEZEL P. et BARBERO M.1982.Definition and characterization of medit.type ecosystems. Ecologia medit.VIII(1-2):15-31(Colloque de St Maximin).

RIVAS GODAY S.1941.Contribucion al astudio de la flora y la veg.de la Provincia de Granada(Sierra de Baza y Zucar).Anal.real.acad.farm.7:58-129.

RIVAS GODAY S.1953.Algunas associationes de la Sierra de Callosa(Segura).Consid.acerca Potentilletalia mediterranea.Anal.inst.bot.Cav.XII:469-500.

RIVAS GODAY S.1955.Aportaciones phitos.hispanica(not.1),Anal.inst.bot.Cav.XIII:335-422.

RIVAS GODAY S. 1969.Flora serpentinicola de espana.Anal.real.acad.farm.35(3):297-304

RIVAS GODAY S.1973.Plantas serpentinicolas y dolomiticas de Espana.Broteriana,57:161-178 vol suppl.

RIVAS GODAY S.et ESTEVE CHUECA 1965.Nuevas comunidades de tomillars del sureste arido iberico.Anal.inst.bot.Cavanill.23:1-45.

RIVAS GODAY S. et coll.1966.Aspectos de la vegetacion del Reino de Granada.Anal.real. acad.farm.31:345-400.

RIVAS GODAY S. et RIVAS MART.S.1967.Matorrales y tomillares....Anal.inst.bot.Cavanill, 25:1-201.

RIVAS GODAY S. y RIVAS MART.S.1971.Vegetacion potenciál de la provincia de Granada. Trab.dep.bot.F; y Veg.Madrid.4:3-85.

RIVAS GODAY S. y ESTEVE F.1972.Flora serpentinicola espanola.Nuevos edafismos endemicos y sus respectivas associaciones del Reino de Granada.Anal.real.acad.farmacia 38(3):409-462.

RIVAS MARTINEZ S.1973.Avance sobre una sintesis corologica de la peninsula iberica,

Baleares y Canarias.Anal.inst.bot.CAvanilles,30:69-97.

RIVAS MARTINEZ S.1974.La vegetacion de la clase Quercetea ilicis en España y Portugal. Anal.inst.bot.Cavanilles,31(2):205-259.

RIVAS MARTINEZ S.1982.Etages bioclimatiques,secteurs chorologiques et séries de végétation en Espagne méditerranéenne.Ecol.médit.VIII(1-2):275-288(Colloque de St Maximin).

RIVAS MARTINEZ?S.,ARNAIZ C.,BARRENO E. y CRESPO A.1977.Apuntes sobre las provincias corologicas de la peninsula iberica,islas Baleares y Canarias.Opuscula botan. farmacia.Univ.Complutense,Madrid.48 pp.

SANCHEZ MATA D.,BELMONTE D.,CANTO P. y LAORGA S.1983.Comentarios sobre la flora y la vegetacion de la Sierra de Alcaraz.Lazaroa,5:237-341.

SOCORRO ABREU O. et PEREZ RAYA F.1981.Contribucion al conocimiento de la flora de Granada.Nota 1.Anal.inst.bot.Cavanilles;38(1):173-179.

TUTIN T.G. et coll.1964-80.Flora europaea.Cambridge univ.press.(5 vol.)

VALLE TENDERO F.1981.Aportaciones a la flora de Granada.Lagascalia,10(1):81-93.

VALLE TENDERO F.1981.Contribucion al estudio fitosoc.de las Sierras Alfacar y Huetor. Anal.inst.bot.Cavanilles,37(2):725-736.

VALLE TENDERO F. et BLANCA LOPEZ G.1982.Algunas plantas de la Provincia de Jaén.Inst. Giennense.109:43-52.

VALLE TENDERO F. et MORALES TORRES C.1980.Localisacion de algunas taxones interesantes de la provincia de Granada.Anal.inst.bot.Cavanilles,37(1):101-112.

VALLE TENDERO F. et P.MORALES TORRES 1982.Contribucion a la flora de la provincia de Granada:interes botanico de la "Alfaguara".Depaert.bot.facul.ciencias de Granada,7:35-46.

Plus trois travaux récents:

VALLE TENDERO F.1985 a.La vegetacion del macizo de Segura-Cazorla.Annuario del Adelantamiento de Cazorla.26-27:113-128.

VALLE TENDERO F.1985 b.Mapa de las serias de vegetacion de la Sierra Nevada.Ecologia Mediterranea,XI(2-3):184-198.

BLANCA LOPEZ G.y VALLE F.1985.Las plantas endemicas de Andaloucía oriental.I.Monogr. Fl.veget.Betica.I:1-53.

Plant species richness and canopy effect in the savanna-like "dehesa" of S.W. Spain*

M. MARAÑON**

SUMMARY - Plant species richness has been recorded, at 4 m^2 scale, in different grassland communities in "dehesas" of S.W. Spain. The importance of the physical and biotic heterogeneity caused by the scattered oak trees on the (gamma) diversity of the savanna-like vegetation is discussed.

The herbaceous communities under the oak trees are less diverse than in the open grassland, but show a distinct species composition, thereby augmenting the total species richness for the "dehesa" landscape.

Most of the species registered in both contrasted habitats, oak understory and open grassland, exhibit therophyte life-form, and belong to one of the three dominant families: Gramineae, Leguminosae and Compositae. Within the grasses, Eu-Mediterranean species are the most numerous in both habitats.

RESUME - La richese spécifique a été mesurée, sur une aire de 4 m , dans différentes communautés herbacées de "dehesa" du sud-ouest de l'Espagne. On discutera dans cet article l'importance de l'hétérogèneité physique et biotique engendrée par la présence d'arbres (Chêne-vert) sur la diversité (gamma) de ce type de végétation savannoide.

La diversité des communautés herbacées est plus faible sous l'arbre qu'en dehors, mais leur composition spécifique est différente. Il en resulte une augmentation de la richesse spécifique totale du paysage de "dehesa".

La majorité des espéces rencontrées dans les deux situations contrastées, sous l'arbre et en dehors, sont des thérophytes et appartiennent à l'une des trois familles dominantes: Gramineae, Leguminosae and Compositae. Parmi les graminées, les espéces eu-méditerranéennes prédominent dans les deux cas.

KEYWORDS: Canopy effect, dehesa, Mediterranean grassland, species richness.

INTRODUCTION

Grazed Mediterranean pastures are considered to be one of the "richest temperature plant communities known" (Naveh & Whittaker, 1979). Several factors have promoted high plant species richness in the Mediterranean Basin:

1) A transitional biogeographical location. The Flora of the Mediterranean Basin have been enriched with at least six different genetic elements, namely: a) Indo-Malesian, b) Arcto-Tertiary, c) Turano-Anatolian, d) Austral-African, e) Sudanian, and f) Paleo-Saharan, besides its own derivatives, g) Eu-Mediterranean (Zohary, 1973).

2) Historical climatic fluctuations during the Quaternary. The advance and retreat of glaciations brought repeated expansion and contraction of species ranges, causing biotic concentration by accumulating derivatives (Raven, 1973; Whittaker, 1977).

3) Complexity of mountain relief. The altitudinal heterogeneity would facilitate the migration of plant population to and from mountain refugia during periods of environmental fluctuation.

4) Historical human disturbance. A long history of intense human impact on the Mediterranean lands has promoted plant (especially annual) diversification in a variety of forms adap-

*This paper is dedicated to the memory of J.L. Doncel who firmly defended the maintenance of the oak trees in the "dehesa" landscape.

**Departamento de Ecología, Universidad de Sevilla, Sevilla ap. 1095, Spain.

ted to drought, fire, grazing and cutting (Pignatti, 1978; Naveh & Whittaker, 1979).

5) Grazing by large herbivores. Defoliation as a proximate factor which tends to increase the diversity of a grassland community (Harper, 1969; Naveh & Whittaker, 1979).

In this ecologically rich scene, the savanna-like grassland known as the dehesa has developed in the West and Southwest of the Iberian Peninsula. The trees are remains of the original Mediterranean forest. The main species of trees are *Quercus rotundifolia** (encina) and *Quercus suber* (alcornoque) which is sometimes planted for cork production. The less abundant species are *Quercus faginea* (quejigo) in mesic sites and *Olea europaea* var. *sylvestris* (acebuche) and *Ceratonia siliqua* (algarrobo) in warmer (winter frost-absent) areas. The grassland is a rich and complex assemblage dominated by annual species, mainly grasses, legumes and composites, which persist through the dry summer in the form of seeds. Most of these grassland communities are included in the phytosociological class *Helianthemetea annua* (Rivas Goday & Rivas Martínez, 1963). Agro--sylvo-pastoral practices such as tree pruning, shrub eradication, grazing systems, and the eventual ploughing, fertilizing and seeding of cereals or pastures maintain a productive, two-storey (tree-grassland) system.

The purpose of this study was to examine the contribution of fine-scale spatial variability to the high species richness of the Mediterranean grasslands. The savanna-like dehesas offer a unique opportunity to study fine-scale spatial heterogeneity because, a) adjacent open grassland and oak-canopy understory communities provide a situation for comparing species diversity under a minimum of topographic and site variability, b) differences between the open grassland and canopy understory are results of long term environmental conditions, not short term disturbances, c) life forms of plants in the two community types are similar. Several studies have shown differences in species composition between the herbaceous communities found under the tree canopy and those found in the open grassland (e.g. González-Bernáldez *et al.*, 1969; Puerto *et al.*, 1980; Vacher *et al.*, 1986; Marañón, 1986). In the present study, it is hypothesized that the canopy effect increases the landscape's biotic richness by augmenting habitat heterogeneity, in contrast with open grassland. Specifically, it was expected that differences in species richness between the open grassland and canopy understory habitats could be attributed to taxonomic and floristic origins, as well as life history strategies.

METHODS

Floristic analysis was based on a regional survey (Marañón *et al.*, 1976), in which 41 trees selected. Around each tree, plant species were recorded in three 2 x 2 m. plots, arranged according to the three habitats: 1) The oak canopy understory, near the trunk (Understory), 2) the limit of the canopy projection (Canopy edge), and 3) the open grassland, more than 5 m. away from the canopy (Open grassland). The plots were in a straight line starting from the trunk and facing east.

Diversity is measured as species richness, i.e. number of species recorded inside each 4 m^2 plot. Differential diversity (DD) is calculated for each site (tree) as the rate between the total species richness of the 3 habitats sampled (pooling the 3 plots) and the average habitat species richness (average species richness per plot) (cf. Whittaker, 1977). This index will range from 1 to 3, in this case. Internal homogeneity (IH) of each habitat is the average similarity (using the Sorensen index) for each pair of inventories from that habitat.

Correspondence (or reciprocal averaging) analysis (Benzecri *et al.*, 1973) was used to show the structure of the grassland communities, by comparing the inventories from the open grassland and from the oak understory. Rare species (with frequency equal to or less than 3) were excluded (cf. Gauch, 1982). Classes of inventories based on species richness are represented in the ordination space.

The grass species recorded were classified according to their chorological types, following Pignatti (1982).

* Nomenclature follows Tutin *et al.* (1964-80).

RESULTS AND DISCUSSION

Species richness and canopy effect

The average species richness of the understory samples (16.5 spp/4 m^2) is significantly lower than in the open grassland (27.4 spp/4 m^2) or in the canopy edge (31.9 spp/4 m^2) samples (Table 1 and Figure 1). This result reinforces the observation of **less diversity under the tree canopy** made by other authors, but with limited sample sizes, e.g. González Bernáldez *et al.* (1969) (one tree), and Vacher *et al.* (1985) (four trees).

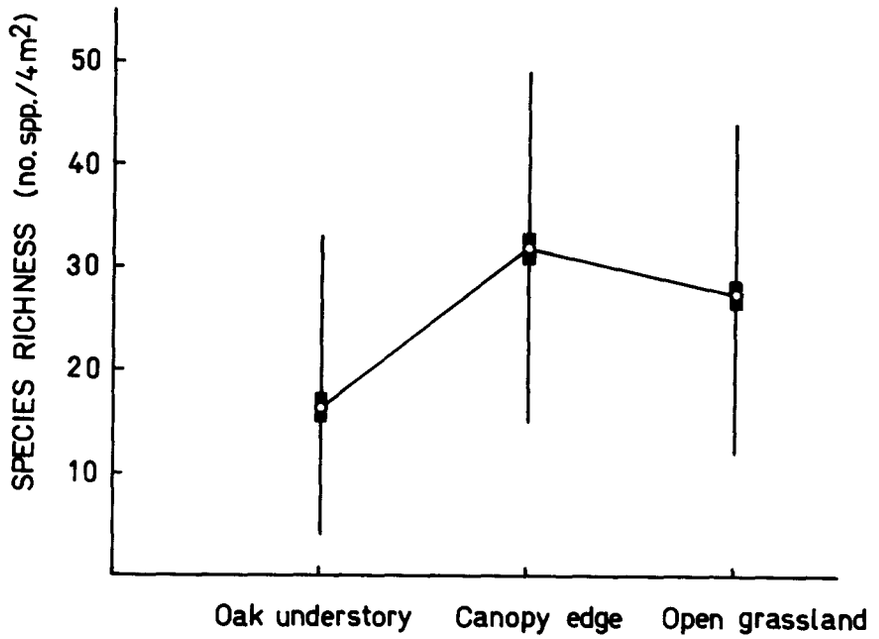


Figure 1. Average species richness (number of species in 4 m^2 plots) in the 3 habitats: oak understory, canopy edge and open grassland. Mean, S.E. and Range have been drawn.

Several hypotheses can be postulated to explain the lower diversity under oak canopies. 1) The canopy acts as a screen by blocking radiation, and decreasing the light resource underneath, thus limiting the number of "packed" species (cf. Whittaker, 1977). 2) Grime (1979) associates the canopy-effect in temperate forests with stress conditions, i.e. depletion of resources and physical impact of litter. Only a limited number of stress-tolerant species can survive these conditions. 3) Perennial grasses tend to form tussocks under the canopy and, in doing so outcompete annual plants (Vacher *et al.*, 1986). 4) The surface soil under the canopy is enriched in organic matter and minerals, which will favor the dominance by a few competitor species (Vacher *et al*, 1986). 5) The homeostatic effect of the canopy on the microclimate variability will reduce the range of "regeneration niches" (Marañón & Bartolome, 1986). 6) Allelopathy has been reported with oak litter in studies from North American temperate forests (Lohdi, 1978) and tropical Costa Rica (Gliessman, 1978). 7) Domestic animals overuse tree shade, often resulting in either severe disturbance through trampling or in a dense cover of a few nitrophilous and/or spiny species.

Detailed environmental measurements and experiments are needed in order to rule out some of these hypotheses, but the available evidence makes it possible to comment on their relative plausibility. The evergreen canopy of the oak reduces the radiation (more than 90 % of full sunlight) that reaches the herbaceous layer (Parker & Muller, 1982). Experiments have showed that

from a species mixture only a few species are able to survive and reproduce under a low level of radiation (Marañón & Bartolome, in prep.). However, the reduced light resource and the effect of the litter may not generate severe stress conditions, as shown in higher latitudes. In the Mediterranean climate, the tree canopy extends the length of moisture availability in the soil (Joffre, pers. comm.), favoring the perennial grasses that may form dense stand of low species diversity. The perennial grasses are also favored by the higher amount of nitrogen in the soil under the tree (González Bernáldez *et al.*, 1969; Montoya, 1982), as opposed to the surrounding grassland on acidic, low nutrient, soil. Fluctuation in the soil moisture during early autumn is thought to promote the coexistence of a broad spectrum of "regeneration guilds" (Marañón & Bartolome, 1986), which is reduced in the less fluctuant under story environment. The dense herbaceous cover and varied species composition under oak trees suggest that there is no generalized effect from the litter; it may however be restricted to certain species. Only particular trees are preferentially chosen by animals to rest under. From the existing evidence it can be suggested that the canopy effect involves complex of environmental factors, and the combined effect of these factors will result in the lower species density observed under the trees, in comparison with the open grassland.

If the understory and open grasslands are considered to be different, the limit of the canopy projection should be the "ecotone" and according to theory (e.g. Margalef, 1974) it should exhibit the greatest species richness. While this was found to be true by González Bernáldez *et al.* (1969), Vacher *et al.* (1985) recorded a lower number of species in the canopy edge than in the open grassland. In this study, despite the environmental variability of the sites sampled (Marañón *et al.*, 1977), the canopy edge samples show a significant tendency to be richer in species number than the samples from the open grassland (Table 1 and Figure 1).

	Oak understory	Canopy edge	Open grassland	Site	Differential diversity (DD)
SPECIES RICHNESS (no.spp/4 m^2)	16.5	31.9	27.4	45.2	1.8
Gramineae	6.6 (40.3)	9.4 (29.6)	7.8 (28.5)	13.7 (30.2)	1.7
Leguminosae	3.6 (21.8)	8.4 (26.5)	7.8 (28.4)	11.3 (25.0)	1.7
Compositae	2.9 (17.5)	6.6 (20.7)	5.6 (20.3)	8.7 (19.2)	1.7
HOMOGENEITY (IH)	0.30	0.33	0.32		

Table 1. Average species richness and broken down by family (*Gramineae*, *Leguminosae* and *Compositae*) in the three habitats: oak understory, canopy edge and open grassland, and for the site (pooling the three samples). Between brackets, the percentage of total species. Internal homogeneity (IH) of each habitat and differential diversity (DD) by site (see the text).

Structure of the communities and canopy effect

The correspondence analysis (Fig. 2) distinguishes the inventories recorded under the oak trees from those in the open grassland. The canopy effect is therefore a major factor in the structuring of the grassland communities, and is recognizable on a regional scale. In a previous study (Marañón *et al.*, 1977), six types of grassland were discriminated (with pH ranging from 4.8 to 7.5), based on data from the same sites (canopy edge samples). In spite of the site heterogeneity, the canopy effect appears as a principal trend in the structure of the species assemblages considered.

Species associated with the understory samples (at the positive end of the axis 1)

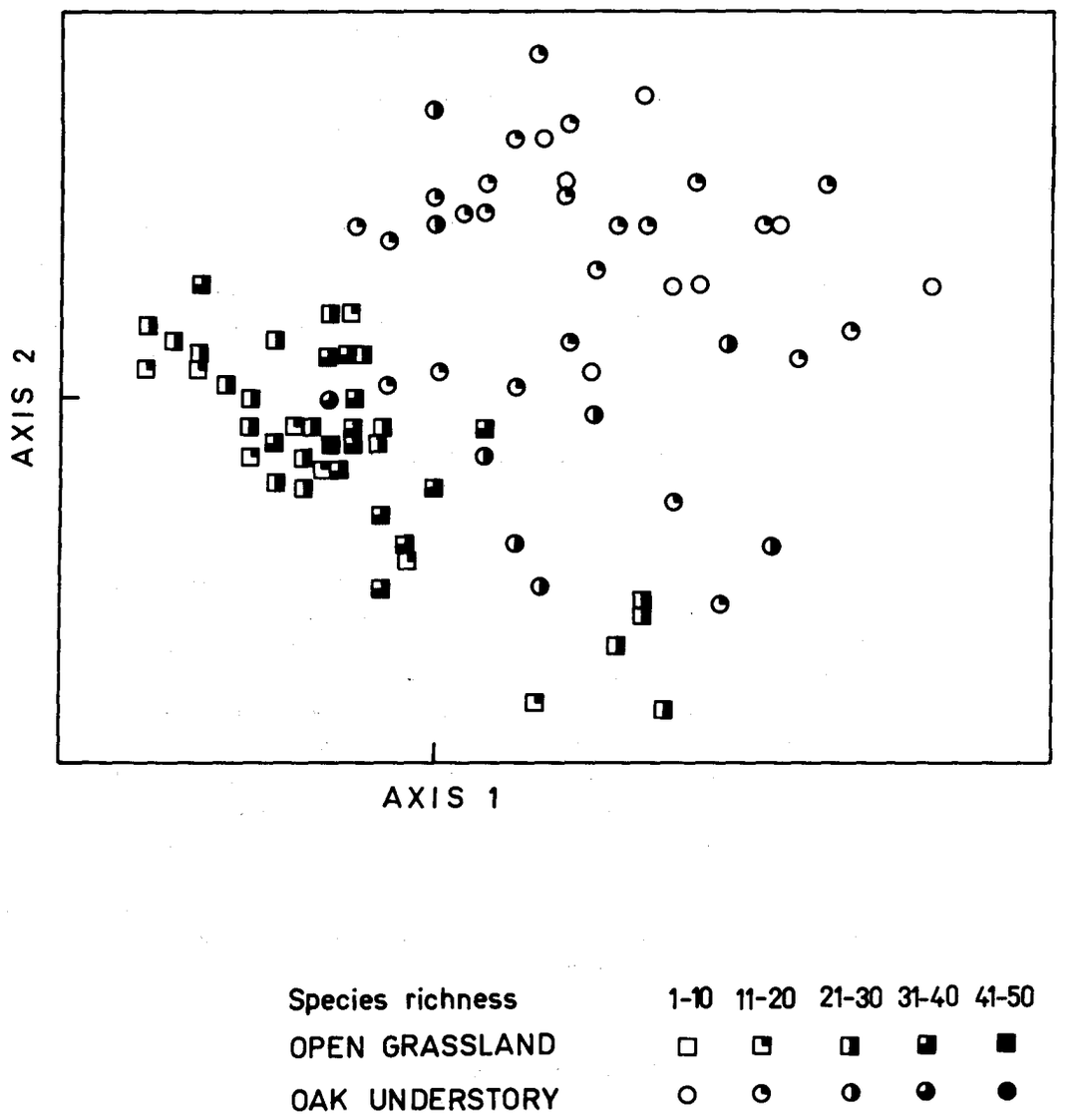


Figure 2. Correspondence analysis of the 82 inventories from the open grassland and oak understory. Species richness values are divided in classes and represented for each inventory.

are: *Hordeum murinum, Urospermun pycroides, Cynosurus echinatus, Dactylis glomerata hispanica,* etc. These species seem to be "refuged" under the trees where they found a soil richer (in nitrogen) than in the surrounding open grassland.

The open grassland samples are characterized (at the negative end of the axis 1) by a variety of species that "avoid" the canopy effect, e.g. *Agrostis pourretii, Psilurus incurvus, Trifolium arvense, Lotus parviflorus, Tuberaria guttata, Evax pygmaea, Aphanes microcarpa,* etc. Most of these species may be "stress tolerant" (sensu Grime, 1979), growing in soils poor in nutrients but exhibiting a low competitive ability in the richer soils under the trees. In addition, some of these species may require full sunlight, e.g. the tiny dicotyledones.

The discriminant species shown in the correspondence analysis seem to respond to differences in the content of nutrients (especially nitrogen) of soils, and in light requirements.

The understory samples are more widely scattered throughout the ordination space than the open grassland samples (Fig. 2). This pattern would suggest higher heterogeneity within the understory assemblage, but both groups of samples show similar values of internal homogeneity (IH = 0.30 and 0.32 respectively). However, at 0,1 Ha scale, Marañón (1985) found that the internal homogeneity was lower in the oak understory (IH = 0.56) than in the open grassland (IH = 0.66) (cf. also Vacher *et al.*, 1986).

The understory grassland shows a distinct species composition compared with the open grassland. The differential diversity (DD = 1.8) measured by site represents a considerable species turnover from the open grassland to the canopy edge and to the understory.

The species richness of the "dehesa" increases as a result of the habitat heterogeneity caused by the presence of isolated trees and their canopy effects on the herbaceous layer.

Family level species richness

Gramineae, Leguminosae and *Compositae* together represent more than 75 % of the species in samples from any one of the three habitats. These 3 families are also the most species rich in other Mediterranean grasslands, in California and Chile (Gulmon, 1977; Marañón, 1986). *Gramineae* species average 40 % of the total number found in the understory, and approximately 30 % in the canopy edge or open grassland. *Leguminosae* and *Compositae,* however, are less important, in absolute species number, under the canopy than at the edge or in the open grassland (Table 1).

The *Gramineae* family has apparently coevolved with large herbivores since the Tertiary (Stebbins, 1980) and now dominates most of the world's grassland. In the "dehesa", grass species are the most numerous under the trees as well as in the open grassland. Wide ecological niches and a high proportion of species suited to the understory conditions may explain the pattern observed.

On the other hand, legumes may find a competitive disadvantage in the nitrogen-rich understory environment (Montalvo *et al.*, 1980), and the rosette-form composites may be low competitive with reduced levels of radiation under the canopy.

Perennial vs. annual grasses

Only five (16 %) of the 32 recorded grass species have a perennial habit. *Dactylis glomerata hispanica* is more frequently found under the canopy, whereas *Poa bulbosa* and *Cynodon dactylon* are more abundant on the canopy edge and in the open grassland (Figure 3). Other perennial grasses are *Agrostis castellana* which has a distribution pattern similar to *Dactylis.*

Dactylis glomerata ssp. *hispanica* is a tussock-forming grass that responds to the higher nitrogen and longer soil-moisture period of the understory environment (Vacher *et al.*, 1986). It is probably a relict from ancestors adapted to forested ecosystems (Montserrat, 1961). *Poa bulbosa,* a low-stature grass, may benefit from open conditions. *Cynodon dactylon,* rhizomatous, with a C_4

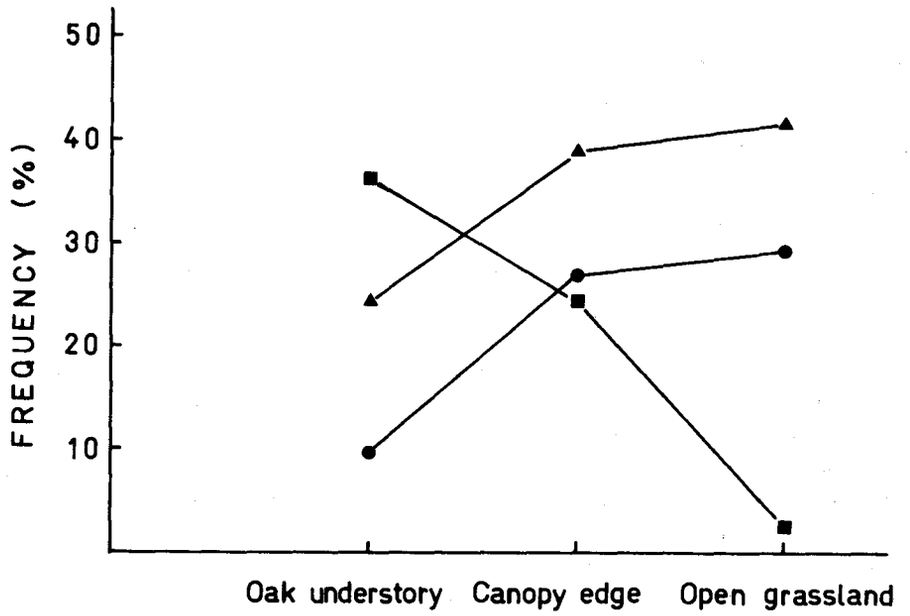


Figure 3. Frequency (percentage of sample sites where species were present) of the 3 most abundant perennial grasses: *Poa bulbosa* (▲), *Cynodon dactylon* (●) and *Dactylis glomerata hispanica* (■), in the 3 habitats.

photosynthetic pathway, could possibly find high levels of radiation and high temperatures advantageous.

The predominance of annual as opposed to perennial life-forms in herbaceous vegetation types in the Mediterranean environment has been discussed by several authors from different viewpoints: Raven (1973) states that "the (Mediterranean) environment favors the development and growth of annual plants". Pignatti (1977) postulates that annual herb species originated from perennial ancestors as the result of a long history of human disturbance. Whittaker (1977) and Naveh & Whittaker (1979) also stress the importance of the long history of disturbance in the Mediterranean Basin as a cause of the diversification of annual species. Stebbins (1979) describes the annual growth habit as an advanced state in the evolution of *Gramineae*, often associated with specialized reproductive parts that aid in seed dispersal. Taking an eco-physiological approach, Jackson & Roy (1986) indicate that annual grasses are better adapted to earlier, longer drought, than perennial seedlings. When annuals form dense stands, slower growing perennial seedlings may be unable to accumulate the reserves needed to survive the dry season.

Chorological types of grasses and habitat preferences

The floristic affinities of the 32 grasses recorded, according to Pignatti (1982), is shown in Table 2. The Mediterranean elements dominate (44 %), followed by the Mediterraneo-Turaniense (19 %) and the Paleotemperate (16 %) groups. The actual species distribution area can be related to its evolutionary origin and it may therefore be suggested that, at least for the *Gramineae*, the main group of species found in the dehesa is composed by those evolved in the Mediterranean Basin, whereas other important groups of species would derive from Irano-Turanian and Euro-Siberian stocks. Of the 13 (Steno/Euri) Mediterranean species, the three annuals *Vulpia geniculata*, *Agrostis pourretti* and *Aira cupaniana*, and the perennial *Agrostis castellana* are restricted to the West Mediterranean, and are probably from Iberian origin.

CHOROLOGICAL TYPES	N	%
Euri / Steno - Mediterranean	14	43.8
Mediterraneo - Turaniense	6	18.7
Paleotemperate / Medit. - Atlantico / Circumboreal	5	15.6
Paleosubtropical / Termocosmopolita	3	9.4
Sub / Cosmopolita	4	12.5

Table 2. Floristic affinities of the 32 grasses recorded, based in Pignatti (1982).

It might be assumed that the Mediterraneo-Turanian species would prefer open habitats, whereas the temperate species would be associated with the canopy influence. However, there is no clear correspondence between the geographical distribution of the species and their habitat preferences (Table 3). a) In the Mediterraneo-Turaniense group *Bromus rubens* and *Lamarckia aurea* are more frequent under the trees, whereas *Aegilops geniculata* and *Taeniatherum caput-medusae* tend to avoid them. *Avena barbata* and *Brachypodium dystachyon* are indifferent. b) *Hordeum murinum* is the only Euro-Siberian species with understory preferences. *Poa bulbosa, Vulpia bromoides, Gastridium ventricosum* and *Bromus squarrosus* are more frequently found in the open grassland. c) Within the numerous Mediterranean group, *Dactylis glomerata* ssp. *hispanica** and *Cynosurus echinatus* are strongly associated with the canopy. *Vulpia geniculata* and *Bromus madritensis* also show understory preferences although to a lesser extent. On the other hand, *Vulpia ciliata, Agrostis pourretii, Aira cupaniana, Stipa capensis, Gaudinia fragilis* and *Psilurus incurvus* tend to avoid the influence of the oak canopies.

* Considered as *Dactylis hispanica* by Pignatti (1982).

SPECIES	UNDERSTORY	CANOPY EDGE	OPEN GRASSLAND
Cynosurus echinatus	51.2	41.5	4.9
Bromus madritensis	26.8	29,3	9.8
Dactylis glomerata hispanica	36.6	24.4	2.4
Vulpia geniculata	31.7	14.6	21.9
Vulpia ciliata	14.6	73.2	68.3
Agrostis pourretii	0.0	24.4	34.1
Aira cupaniana	4.9	19.5	24.4
Stipa capensis	0.0	9.8	17.1
Desmazeria rigida	9.8	17,1	14.6
Gaudinia fragilis	29.3	61.0	63.4
Psilurus incurvus	0.0	4.9	14,6
Agrostis castellana	0.0	7,3	7,3
Holcus setiglumis	12.2	21.9	9.8
Aegilops triuncialis	7.3	9.8	12,2
Eu-Mediterranean (n = 14)	16.03	25,62	21.77
Bromus rubens	75.6	65.9	39.0
Lamarckia aurea	4.9	7,3	0.0
Taeniatherum caput-medusae	9.8	48.8	43,9
Aegilops geniculata	9.8	14,6	36.6
Brachypodium dystachyon	43.9	58,5	48,8
Avena barbata	36.5	36,6	34,1
Mediterraneo-Turaniense (n = 6)	30.08	38,62	33,73
Hordeum murinum	19.5	7,3	0.0
Vulpia bromoides	46.3	97,6	87,8
Poa bulbosa	24.4	39.0	41,5
Gastridium ventricosum	14.6	29,3	36,6
Bromus lanceolatus	2.4	12,2	17,1
Euro-Siberian (n = 5)	21.4	37,08	36,6

Table 3. Grass species frequency for the three canopy-related habitats and average for the three main chorological types.

CONCLUSIONS

Scattered trees in the dehesa represent nuclei of environmental heterogeneity for herbaceous plants. The canopy effect results in lower species richness underneath, probably caused by a complex environmental effect, among the main factors of which are: the reduced light resource, which limits small size species, and the nitrogen-rich soil favoring competitor species. On the canopy edge, a slightly higher diversity is found than in the grassland, as is to be expected from its ecotone situation.

The open grassland and oak understory samples can be differentiated, by ordination analysis, at a regional scale, although both groups of samples are heterogeneous assemblages of species.

Differential diversity due to the fine scale environmental heterogeneity caused by the canopy effect, added to the intra-community diversity of these Mediterranean grassland, results in a highly species rich vegetational landscape, the dehesa.

Gramineae, Leguminosae and *Compositae* families are dominant, in species richness, in the three habitats sampled: oak understory, canopy edge and open grassland, although *Leguminosae* and *Compositae* numbers decrease under the canopy.

Within the grasses, perennial species are scarce and their distribution patterns are contrasted: "canopy seekers" like *Dactylis glomerata hispanica* vs. "canopy avoiders" like *Poa bulbosa* or *Cynodon dactylon*. Annual grass is the richest combination of family and life form in every habitat. The pool of grass species found in the dehesa is composed of a main stock of Eumediterranean species together with stocks of Eurosiberian and Irano-Turanian origins. These biogeographical provenances are not correlated with preferences in the habitats associated to the tree canopy.

Historical human disturbances replaced once dominant closed forest and shrublands by an increasing extension of open habitats. Ever more frequent and extensive disturbance might have promoted an expansion and diversification of early successional species already existing in the naturally disturbed areas in the Mediterranean Basin. Furthermore, successive migrations of Eurosiberian and Irano-Turanian species would have occupied the new habitats, a number of them accompanying the movement of the human populations throughout the area. The result of the long process of evolution and migration is the rich and heterogeneus assemblage of herbaceous species found in the dehesa grassland. The environmental heterogeneity caused by the canopy effect in the savanna-like system contributes to the generation and maintenance of the high species richness of the dehesa landscape.

ACKNOWLEDGMENTS

The late J.L. Doncel and Dr. F. García Novo planned the survey, supported by the Diputación Provincial de Badajoz. Drs. H. Cota and M.E. Figueroa helped during the samplig. Dr. S. Talavera advised with the chorological literature. I am indebted to Dr. Jackson for her detailed comments and suggestions on an early version, and to M. Blumler, Drs. J. Malato, J.W. Bartolome, F. García Novo, R. Fernández Alés and an anonymous reviewer for their comments on the manuscript.

BIBLIOGRAPHY

BENZECRI, J.P. *et al.* (1973). *L'analyse des données. Vol. II: L'analyse des correspondances.* Dunod. Paris.

GLIESSMAN, S.R. (1978). Allelopathy as a potencial mechanism of dominance in the humid tropics. *Tropical Ecology*, 19, 200-208.

GONZALEZ BERNALDEZ, F. *et al.* (1969). Influences of *Quercus ilex rotundifolia* on the herb layer at the El Pardo forest (Madrid). *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. (Biol.)*, 67, 265-284.

GRIME, J.P. (1979). *Plant strategies and vegetation processes.* Wiley & Sons. Chichester.

GULMON, S.L. (1977). A comparative study of the grassland of California and Chile. *Flora*, 166, 261-278.

HARPER, J.L. (1969). The role of predation in vegetational diversity. *Brookhaven Symp. Biol.*, 22, 48-62.

JACKSON, L. *et al.* (1986). Growth patterns of annual and perennial grasses under simulated rainfall regimes of southern France and California. *J. Ecology* (submitted).

LOHDI, M.A.K. (1978). Allelopathic effects of decaying litter of dominant trees and their associated soil in a lowland forest community. *Amer. J. Bot.*, 65, 340-344.

MARAÑON, T. (1986). Diversidad florística y heterogeneidad ambiental en una dehesa de Sierra Morena. *Anal. Edaf. Agrobiol.* (in press).

MARAÑON, T. *et al.* (1977). Estudio ecológico de los pastizales de dehesa en la provincia de Badajoz. Tipificación preliminar de la vegetación empleando el análisis de correspondencias. *Pastos*, 7, 29-37.

MARAÑON, T. *et al.* (1986). Seed and seedling populations in two contrasted communities: open grass - land and oak *(Quercus agrifolia)* understory in California. *Ecology* (submitted).

MARGALEF, R. (1974). *Ecología.* Omega. Barcelona.

MONTALVO, M.I. *et al.* (1980). Influencia del arbolado sobre la composición química de la hierba. *Anal. Edaf. Agrobiol.*, 39, 1287-1305.

MONTOYA, J.M. (1982). Efectos del arbolado de las dehesas sobre los factores ecológicos que actúan al nivel del sotobosque. *Anal. INIA Ser. Forestal*, 5, 61-85.

MONTSERRAT, P. (1961). La sombra y sus efectos sobre el pasto. *II R. Cient. SEEP*, 12 pp.

NAVEH, Z. *et al.* (1979). Structural and floristic diversity of shrublands and woodlands in northern Israel and other Mediterranean areas. *Vegetatio*, 41, 171-190.

PARKER, V.T. *et al.* (1982). Vegetational and environmental changes beneath isolated live oak trees *(Quercus agrifolia)* in a California annual grassland. *Am. Midl. Nat.*, 107, 69-81.

PIGNATTI, S. (1978). Evolutionary trends in Mediterranean flora and vegetation. *Vegetatio*, 37, 175-185.

PIGNATTI, S. (1982). *Flora d'Italia.* Edagricole. Bologna.

PUERTO, A. *et al.* (1980). Efecto del arbolado sobre los estratos inferiores de vegetación en distin - tas comunidades de pastizal. *Anal. Edaf. Agrobiol.*, 34, 1321-1330.

RAVEN, P.H. (1973). The evolution of Mediterranean Floras. In: *Mediterranean type ecosystems. Origin and structure.* di Castri, F. & Mooney, H.F. Eds. Springer-Verlag. Berlin. 213-224.

RIVAS GODAY *et al.* (1963). *Estudio y clasificación de los pastizales españoles.* M. Agricultura. Madrid.

STEBBINS, G.L. (1980). Major trends of evolution in the *Poaceae* and their possible significance. In: *Grasses and grasslands. Systematics and ecology.* Estes, J.R. *et al.* Eds. Univ. Oklahoma Press. Norman. 3-36.

STEBBINS, G.L. (1981). Coevolution of grasses and herbivores. *Ann. Miss. Bot. Gard.*, 68, 75-86.

TUTIN, T.G. *et al.* (1964-80). *Flora Europaea Vols. I-V.* Cambridge Univ. Press. Cambridge.

VACHER, J.M. *et al.* (1986). Relaciones árbol pasto en la Sierra Norte de Sevilla I. Efecto del árbol sobre la organización espacial de las comunidades de pastizal. *Pastos* (in press).

WHITTAKER, R.H. (1977). Evolution of species diversity in land communities. *Evol. Biol.*, 10, 1-67.

ZOHARY, M. (1973). *Geobotanical foundations of the Middle East. Vol. 1.* Gustav Fischer Verlag. Stuttgart.

Production des diaspores et potentialités de germination chez quelques espèces à fruits charnus, ornithochores, dans le sud-est de la France.

S. PUECH★

RESUME - Les modalités de production des fruits et des semences ont été observées chez Hedera helix L., Jasminum fruticans L., Osyris alba L. et Hippophae rhamnoides L., espèces ornithochores, qui dans le sud-est de la France présentent des variations soit de l'architecture de l'infrutescence, soit de la structure et(ou) de la couleur des fruits. Les tests de germination indiquent que celle-ci est possible en l'absence de tout transit par l'intestin du vecteur et que chez ces espèces la maturité des semences précède celle des fruits. Alors que chez Hedera la germination est rapide et indifférente à la lumière, quel que soit le type d'infrutescence de l'individu, chez Jasminum et surtout Osyris les graines issues des fruits tardifs, peu charnus et donc adaptés aux gelées, ont un mode de germination particulier, de type différé.

SUMMARY - The effectiveness for fruiting displays and seeds dispersal of Hedera helix L., Jasminum fruticans L., Osyris alba L. and Hippophae rhamnoides L., bird-dispersed plants, were studied. In the french south-east area, these species producing fruits in winter, have heterogeneous infrutescences or fruits structures. The different tests of germination show that germination is possible without seeds passing through the avian gut. In the four species, seeds mature is earlier than the fruits one. While the germination of Hedera is quick, at day-light as in the dark for all individual infrutescence type, in Jasminum and specially in Osyris the seeds of fleshy fruits ripened late germinate very gradually during a long time span.

MOTS CLES : espèces ornithochores, production des diaspores, potentialités de germination, sud-est de la France, Hedera helix, Jasminum fruticans, Osyris alba, Hippophae rhamnoides.

INTRODUCTION

Les espèces buissonnantes à fruits charnus, ornithochores, constituent en zone tempérée une part importante des lisières forestières, des haies, des peuplements ouverts des éboulis et des escarpements rocheux.

L'étude des modalités de présentation des fruits charnus et de la dispersion de leurs graines par les oiseaux ont fait l'objet de nombreux travaux en région tropicale (JANZEN, 1969 ; SNOW, 1971 ; MORTON, 1973 ; Mc KEY, 1980) comme en régions tempérées (REGAL, 1977 ; FERRY et FROCHOT, 1980 ; STILES, 1980 ; DEBUSSCHE *et al.*, 1982 ; HERRERA, 1982) mettant en évidence l'importance des oiseaux en tant qu'agents disséminateurs.

L'observation d'espaces en cours de recolonisation révèle que la dispersion des diaspores est fonction de la structure initiale de la végétation. Tandis que les vergers abandonnés (OPPENHEIMER, 1961 ; DEBUSSCHE *et al.*, 1982 *l.c.*, 1985), les friches arborées s'enrichissent rapidement en espèces ornithochores, les espaces entièrement remaniés, dégagés de toute végétation, sont colonisés plus lentement. Ce phénomène est lié à la présence dans les deux premières situations d'espèces ligneuses hautes dont les couronnes servent d'appat, mais parfois seulement d'abris ou de perchoirs, pour les oiseaux. C'est au pied de ces couronnes, vivantes ou mortes, que vont se développer les plantules des espèces ornithochores présentes à proximité (DEBUSSCHE, 1985 *l.c.*). Ces espaces deviennent ainsi le point de départ de nouveaux centres de dissémination. Les oiseaux, en dispersant ainsi les graines des espèces dont ils consomment les fruits charnus, jouent un rôle considérable dans la recolonisation forestière (ESCARRE, 1979 ; DEBUSSCHE *et al.*, 1982 et 1985 *l.c.*).

★Laboratoire de Systématique et Ecologie méditerranéennes, Institut de Botanique, 163, rue Auguste Broussonet, 34000 MONTPELLIER

STILES (1980 *l.c.*), à la suite d'une étude des espèces ornithochores de la forêt caducifoliée de l'est des Etats-Unis, a proposé une classification de celles-ci en fonction de la période de dispersion et de la quantité nutritive de leurs fruits. Les quatre classes d'espèces sont les suivantes : parmi les espèces disséminées en été, d'une part celles à petites graines, d'autre part celles à grosses graines ; parmi celles disséminées à l'automne, d'un côté celles à haute valeur nutritive, de l'autre celles à faible valeur nutritive. Au sujet des espèces du quatrième groupe il écrivait : "This group which is characterized by presentation at the beginning or at the peak of fall bird migration and by containing relative low percentage dry weight lipids... These fruits become available when migrant frugivores are mowing south but the fruits are lower in nutrient reward and are less attractive to birds than the high-quality fruits." Une étude conduite dans le sud de l'Espagne permettait à HERRERA (1982) d'écrire : "Species ripenning fruits during the dry mediterranean summer, when water demand of dispersers are highest, have the most watery fruits. Species producing fruits in winter, when energy needs of avian frugivores are at the maximum, possess fruits with the highest lipid content."

D'autres auteurs se sont intéressés aux possibilités germinatives des espèces ornithochores. ADAMS dès 1927 mettait ainsi en évidence que certaines espèces des Etats-Unis étaient aptes à germer spontanément, indépendamment de tout vecteur.

A côté de ces diverses voies d'approche des espèces ornithochores, une me paraît encore peu exploitée. Il s'agit de l'étude des modalités d'optimisation de la présentation des diaspores, de leurs relations avec les aptitudes germinatives au niveau spécifique. Ainsi de nouvelles questions se posent encore au sujet de ces espèces :

1. La structure des inflorescences, puis des infrutescences intervient-elle dans la production des graines, l'attraction des oiseaux et le prélèvement des fruits ?
2. Les espèces à longue période de présentation ont-elles un type unique de fruit ?
3. La structure des fruits peut-elle être associée à leur période de présentation et aux aptitudes germinatives de leurs graines ?
4. Les aptitudes germinatives des graines restent-elles constantes tout au long de la période de présentation des fruits ?
5. Existe-t-il une différence importante entre les aptitudes germinatives spontanées et celles des graines ayant transité par l'intestin du vecteur ?
6. La concordance de maturité de la pulpe et des graines est-elle parfaite ?
7. La germination est-elle caractéristique d'espèces de lumière ?

Au cours de la recherche des aptitudes germinatives et de la période la plus favorable à la récolte des diaspores d'espèces du sud de la France, j'ai été amenée à observer et à tester quelques espèces ornithochores ligneuses (PUECH, 1982). Quatre espèces ont été retenues ici : *Hedera helix* L. et *Jasminum fruticans* L. parmi les espèces à baies noires, *Osyris alba* L. et *Hippophae rhamnoides* L. parmi celles à fruits rouge à orange, couleurs favorites des oiseaux (TURCEK, 1963). Elles ont en commun le fait d'avoir au moins une partie de leur période de présentation des fruits située en hiver et celui de présenter une hétérogénéité des structures fructifères (architecture des infrutescences, forme et(ou) couleur des fruits).

Les résultats obtenus permettent d'apporter quelques éléments de réponses aux questions posées.

MATERIEL ET METHODES

Les quatre espèces retenues ont été observées dans différents biotopes et testées en conditions contrôlées entre août 1976 et mars 1981.

I - MATERIEL

1 - Origine

Les populations des différentes espèces ayant servi de base à cette étude sont situées

dans le sud-est de la France : soit dans le Languedoc, en région méditerranéenne, soit dans les Alpes.

Pour *Hedera*, les observations et les récoltes d'infrutescences ont été effectuées d'une part au Mas de Lunes sur la montagne des Moures au nord-ouest de Montpellier, d'autre part à Anduze au sud des Cévennes du Gard.

Les échantillons de *Jasminum* proviennent de Cournonterral à l'ouest de Montpellier dans l'Hérault et de Castelbouc, dans les Gorges du Tarn en Lozère.

Osyris alba côtoie le jasmin dans la garrigue à arbousier du pli de Montpellier près de Cournonterral dans l'Hérault.

Pour *Hippophae rhamnoides*, l'étude phénologique et les récoltes ont été effectuées dans deux populations de l'Isère situées en bordure de la vallée du Drac, l'une à Monteynard, l'autre à Ponsonnas dans l'Isère.

Les caractéristiques essentielles du milieu et des "individus" fournisseurs de diaspores sont regroupées dans le tableau 1.

2 - Echantillonnage

Pour chacune des espèces et dans chacune des stations les individus observés ont été choisis en fonction de leur dégagement total, ceci afin d'éliminer toute influence des couronnes voisines dans la production et le libre accès aux diaspores.

Pour le lierre ont ainsi été échantillonnés, au Mas de Lunes, dix individus ; à Anduze, cinq seulement mais choisis en raison des caractéristiques suivantes : une individualité certaine, un âge important, un port dressé, des couronnes de volumes et de densité d'inflorescences comparables. Sur ces cinq individus poussant à proximité sont représentés trois types d'infrutescences, un type affectant l'ensemble d'un arbre.

Chez *Jasminum* comme chez *Osyris*, petits ligneux à appareils souterrains traçants, il n'est pas possible de préciser le nombre d'individus formant les plages d'axes dressés d'âge et de taille divers. Il s'agit sans doute à la fois de clones et de colonies. Pour *Jasminum*, j'ai ainsi retenu deux ensembles dans chaque station et pour *Osyris*, deux dans la station de Cournonterral.

Un problème un peu comparable s'est posé pour *Hippophae* ; toutefois j'ai considéré comme étant des individus indépendants dix arbustes de taille importante dans chacune des stations (Tabl. 1).

ESPECES	Localité (coordonnées)	Substrat	Altitude	Exposition	Diamètre "couronne"	Hauteur
Hedera helix L.	Montagne des Moures Mas du Lunes (Hlt) x=1,376 gr. y=48,39	calcaire	100 m	S	1,5 - 2 m	1,5 m
	Cévennes-Anduze(Gard) x=1,80 gr. y=48,955	granit	220 m	S	1,5 - 2 m	1,5 m
Jasminum fruticans L.	Pli de Montpellier Cournonterral (Hlt) x=1,476 gr. y=48,425	calcaire	260 m	SE	-	0,70 m
	Gorges du Tarn Castelbouc (Lozère) x=1,25 gr. y=49,27	calcaire	500 m	S	-	1 m
Osyris alba L.	Pli de Montpellier Cournonterral (Hlt) x=1,476 gr. y=48,425	calcaire	260 m	SE	-	0,5-1 m
Hippophae rhamnoides L.	Vallée du Drac Monteynard (Isère) x=3,75 gr. y=49,98	marnes	700 m	S	1 - 1,5 m	1-2 m
	Vallée du Drac Ponsonnas (Isère) x=3,84 gr. y=49,84	calcaire + marnes	650 m	S	1 - 1,5 m	1-1,5 m

Tabl. 1 - Caractéristiques des différentes stations de récolte pour chacune des espèces
x, y : coordonnées en grades, cartes IGN

II - METHODES

1 - Phénologie et production de diaspores

Pour chacune des espèces et des stations, la période de maturité des fruits, ainsi que la durée pendant laquelle ils sont disponibles, ont été notées. J'ai également suivi l'évolution de la couleur et de la consistance des fruits en relation avec leur consommation par les oiseaux. Dans les cas où l'espèce présente des inflorescences bien individualisées, leur évolution vers le stade infrutescence a été suivie et par la suite la structure de celles-ci, ainsi que leur productivité, ont été analysées.

Les récoltes ont eu lieu à des périodes différentes, fonction de la phénologie des espèces et des tests à effectuer.

Chez le lierre, elles ont été réalisées en janvier, puis en décembre 1981. Les baies de la première période étaient noires et alors en cours de consommation, tandis que celles de la seconde période étaient incomplètement noires et même vertes pour certaines. Chez cette espèce les infrutescences sont bien individualisées : quelle que soit la période et les types d'infrutescences, celles-ci ont été récoltées entières par prélèvement de l'extrémité de l'axe porteur. L'analyse de la disposition des fruits, leur décompte, ainsi que celui des graines, ont été réalisés au laboratoire, au plus tard dans la journée qui suit la récolte, par tri manuel.

Jasminum et *Osyris* ne présentent pas d'infrutescences aussi individualisées. Les extrémités d'axes ont néanmoins été prélevées afin de conserver la disposition relative des fruits avant analyse, le tri s'effectuant encore au cours de la journée de récolte ou au plus tard le lendemain. Pour le Jasmin, les récoltes ont été effectuées en automne (novembre 1981) et en hiver (janvier 1981), tandis que pour *Osyris* elles ont eu lieu en janvier 1981 seulement.

Pour *Hippophae*, espèce à infrutescences mal individualisées, la récolte des axes porteurs de fruits s'est située dans les deux stations des Alpes en octobre et en décembre 1976.

2 - Semences et tests de germination

Aussitôt effectuées les observations concernant le nombre et la forme des graines ou semences inclues dans la pulpe, celles-là, non rincées, sont semées au plus tard le lendemain de la récolte. Il a toujours été tenu compte du type de fruits d'origine ainsi que du type de diaspores dans la constitution des semis. Dans un cas particulier cependant, celui du faux fruit d'*Hippophae rhamnoides*, les tests de germination ont également été effectués à l'aide de "baies entières", ceci afin de simuler au mieux les conditions de germination dans le cas de fruits perdus par les vecteurs avant consommation.

Pour *Hedera* j'ai également disposé de graines, ingérées et rejetées, récoltées au sol en janvier 1981 dans la station d'Anduze. Afin d'être assurée du temps passé au sol par ces graines, l'espace situé sous le semencier a été débarrassé de toute déjection et de toute graine. Seules ont été récupérées celles trouvées au cours de la journée suivante encore associées aux déjections. Il s'agissait donc bien de graines ayant subi un transit intestinal. Prélevées rapidement, stockées dans un flacon, elles ont été semées dès le lendemain, alors que l'albumen et l'enveloppe tégumentaire étaient encore humides et souples.

Les tests de germination ont été effectués, par lots de 30 diaspores, soit en boîtes de Pétri, contenant du coton et du papier filtre régulièrement humidifiés, soit en terrines contenant de la terre du milieu d'origine.

Les boîtes de Pétri ont ensuite été placées soit à l'étuve obscure (24-25°C) soit à la lumière du jour et à une température de 20-22°C. En l'absence de germination ou en cas de pourcentage faible à l'obscurité, certains lots ont été transférés à la lumière, un mois après le semis, afin de vérifier le rôle activateur de celle-ci.

Dans le cas de fruits desséchés lors de la récolte, tels certains de ceux récoltés en janvier sur le Jasmin, l'action du trempage des graines a été essayée. De la même façon j'ai pratiqué la scarification sur certains des noyaux d'*Osyris* et sur les diaspores d'*Hippophae*, ceci afin de simuler le rôle abrasif joué par les lapiaz calcaires du milieu d'origine de la première espèce ou des pentes marneuses colonisées par la seconde.

Les semis en terrines ont été placés en salles de cultures, en lumière artificielle, avec jours de 16 heures et températures de 20°C. Pour *Hippophae* seuls les semis en terrines ont été réalisés.

Dans toutes les expérimentations effectuées en boîtes de Pétri les pointages journaliers ont été pratiqués. Les nouvelles germinations ont été régulièrement retirées afin d'éviter tout phénomène d'autotoxicité. En terrines les pointages sont hebdomadaires. Sauf en cas de germination brutale et totale les tests ont été poursuivis pendant douze et parfois dix-huit mois.

RESULTATS

I - *Hedera helix* L. - ARALIACEAE

1 - Différents types d'infrutescences et phénologie

Sur les cinq individus de la station d'Anduze trois types d'infrutescences sont représentés, chacun caractérisant l'ensemble d'un individu.

On observe ainsi en hiver :

- l'infrutescence réduite à l'ombelle terminale, à rayons nombreux et resserrés, donnant à l'ensemble un aspect sphérique rappelant une mûre : type m (Pl. 1, 2) ;
- l'infrutescence réduite à l'ombelle terminale, à rayons plus rares et lâches : type l (Pl. 1, 4) ;
- l'infrutescence composée comprenant, outre l'ombelle apicale lâche, des ombelles latérales lâches en nombre variable : type r (Pl. 2, 2).

Ces différences de structure se maintiennent d'une année à l'autre et sont donc bien caractéristiques des individus. Cependant lorsqu'on suit les individus à partir de la période de floraison, en septembre, on constate que les individus de type r et ceux de type l ont une inflorescence ramifiée (Pl. 2, 1 et Pl. 1, 3). Seul celui de type m a une inflorescence simple (Pl. 1, 1). Néanmoins l'inflorescence ramifiée des individus l est toujours grêle et par ailleurs les grappes axillaires avortent rapidement lui conférant ainsi sa structure simple et lâche. Début décembre les infrutescences ont leur structure définitive. A ce moment-là les baies sont encore vertes et n'ont pas toutes atteint leur volume définitif. Cela va se produire dans le courant de ce mois. En janvier la couleur noire se développe et la consommation par les oiseaux (merles et grives) devient plus active.

Les baies des ombelles simples (compactes ou lâches) ont une maturité quasi synchrone ; par contre on note un décalage net, chez les infrutescences ramifiées, entre la maturité des baies de l'ombelle principale terminale et celle, plus tardive, des baies des ombelles élémentaires inférieures (Pl. 2, 2). Le retard de développement, puis de maturation, des infrutescences latérales correspond au retard de floraison (trois semaines, Pl. 2, 1).

2 - La fertilité des infrutescences

Pour chacun des arbres testés, la production par inflorescence, en fruits et graines, a pu être établie et ceci en relation avec le type d'infrutescence (type m, l ou r). Les résultats obtenus avec les arbres d'une même station, afin d'éliminer au mieux les variations liées à l'écologie, sont regroupés dans le tableau 2.

A - La production des fruits

Bien que le nombre d'individus testés soit peu élevé (cinq seulement), il a été possible d'estimer les variations des productions de graines grâce au test U de Man-Whitney (SIEGEL, 1956), appliqué aux petits échantillons.

On constate que chez les types m et l les nombres de baies par infrutescences varient peu, aussi bien d'une année à l'autre pour un même individu (arbre 1, type m) que d'un individu à l'autre pour un même type (arbres 2 et 3, type l), les différences n'étant pas significatives. Pour le type r la variation de la production de fruits/infrutescence est importante, le nombre de fruits stériles, essentiellement localisés sur les ombelles latérales, étant parfois considérable (arbres 4 et 5, Tabl. 2). Par contre lorsqu'on compare les productions des individus m, l et r entre eux le test confirme bien leur indépendance : au risque de 1% entre individus m et l, au risque de 5% entre

individus m et r, comme entre l et r.

B - La production de graines

Chez les individus m comme chez les individus l, la production des graines est supérieure à celle des fruits, les baies à deux ou trois graines étant les plus fréquentes (Tabl. 2).

Les variations des productions de graines/infrutescences, appréciées à l'aide du test U, confirment des différences non significatives, au risque 5%, aussi bien pour un même individu d'une année à l'autre (arbre 1, type m) que pour plusieurs individus du même type (arbres 2 et 3, type l). Par contre les différences de production sont significatives au risque 1% entre individus m et l, au risque 5% entre individus l et r, mais restent non significatives au seuil 5% entre individus m et r (Tabl. 2).

En raison du nombre important de baies stériles, néanmoins consommées, la production de graines des individus de type r testés est inférieure à celle des fruits (individus 4-5, Tabl. 2).

Les observations réalisées au cours des hivers 1980-1981 et 1981-1982 ont permis de constater que la consommation commence sur les infrutescences des individus l, continue avec l'ombelle terminale des individus r et se poursuit avec l'ombelle fournie des individus m et les ombelles latérales tardives des individus r.

3 - La fertilité des graines et le type de germination

A - Les graines

Les poids de graines fraîches/infrutescences ne sont pas significativement différents (au seuil de 5%) d'un type d'infrutescence à l'autre. En effet le poids et les dimensions des graines varient indépendamment du nombre de graines contenues dans les baies et d'un individu à l'autre. Il en est de même pour les poids de pulpe fraîche (Tabl. 2).

B - Les aptitudes germinatives des graines

Les graines extraites des baies, mûres ou vertes, comme celles récoltées au sol après consommation par les oiseaux puis déjection et semées aussitôt ont encore l'albumen et l'enveloppe tégumentaire humides et tendres. Quelques traces de pulpes adhèrent encore aux graines extraites manuellement.

a) Les graines extraites des baies mûres, noires et juteuses

Récoltées en janvier 1981 en début de période de consommation active, les graines des individus l et r de la station du Mas de Lunes, comme celle des individus m et l de la station d'Andu-

	Inflorescences	Nombre de graines/baie					Nombre de baies/ inflorescence	Poids frais des baies/ inflorescence	Nombre de graines/ inflorescence	Poids frais des graines/ inflorescence	Poids frais de pulpe/ inflorescence
		0	1	2	3	4					
TYPE m											
ARBRE 1-janvier 1981	4										
valeurs moyennes		0	8,25	15,75	10	0,5	34,5		71,75		
écart type							8,18		20,14		
ARBRE 1-décembre 1981	2										
valeurs moyennes		0,5	1	7,5	21,5	3	33	6,036	92,5	3,766	2,270
écart type							0	0,667	14,85	0,729	0,063
poids unitaire								1 baie : 182 mg		1 graine : 40 mg	
TYPE l											
ARBRE 2-janvier 1981	5										
valeurs moyennes		0	3	2,6	3	0,6	9,2		19,6		
écart type							4,32		9,94		
ARBRE 3-décembre 1981	3										
valeurs moyennes		0	1	4,3	6,6	0,6	12,6	2,431	32,3	1,510	0,920
écart type							1,52	0,472	3,05	0,254	0,195
poids unitaire								1 baie 192 mg		1 graine:46 mg	
TYPE r											
ARBRE 4-décembre 1981	1										
ARBRE 5-décembre 1981	1										
valeurs moyennes		54,5	2,5	8,5	10	2	77,5	5,565	57,5	2,230	3,334
écart type							34,65	1,620	27,58	0,815	0,803
poids unitaire								1 baie 71 mg		1 graine : 38 mg	

Tabl. 2 - Productions comparées de fruits et de graines de différents individus d'*Hedera helix* L. de la population d'Anduze (Cévennes)

(poids frais en milligrammes)

ze, germent spontanément, à l'obscurité comme à la lumière, avec des pourcentages compris entre 56% (arbre 1, type m) et 92% (arbre 2, type l - Tabl. 3).

Le pourcentage moyen de germination des différents lots, toutes origines et traitements confondus, est de 74%. En boîte de Pétri, à l'obscurité, le support — papier filtre sur coton humide — est assez rapidement envahi par des myceliums se développant sur les restes de pulpe adhérant aux graines. En effet, afin d'éviter toute action de lessivage, les graines ne sont pas lavées entre l'extraction de la baie juteuse et le semis.

D'après les résultats présentés ici, les aptitudes germinatives des arbres 1 et 2 (même origine - types d'infrutescences différents) sont différentes, pour des conditions expérimentales identiques. L'arbre 1 (type m), à infrutescences riches en graines (Tabl. 2), aurait des graines à germination moins efficace. Il serait cependant nécessaire de vérifier la constance de cette réponse sur un plus grand nombre de tests de germination.

b) Les graines retirées des baies non mûres, vertes et non juteuses

Récoltées en décembre 1981 avant la période de consommation active, les graines extraites des baies encore vertes ont germé à 100% à la lumière, originaires de l'arbre 1 (type m) comme de l'arbre 3 (type l). D'après ces tests de contrôle il s'avère que les graines, chez le lierre, sont mûres et aptes à la germination avant que les baies soient noires et juteuses et alors activement consommées par les oiseaux.

c) Les graines ingérées puis rejetées par les oiseaux

Ces graines récoltées au sol sous le semencier au cours de la période active de consommation présentent des pourcentages de germination élevés, à l'obscurité comme à la lumière (entre 92% et 96% - Tabl. 3). Dans ce cas les boîtes de Pétri ne sont pas envahies par les champignons, quelles que soient les conditions d'éclairement.

Dans tous les cas il s'agit d'une germination de type brutal et massif, s'effectuant en moins de quinze jours, le maximum journalier se situant entre le 7e et le 11e jour après les semis (Tabl. 3).

STATIONS	ORIGINE DES GRAINES	BOITE PETRI ETUVE OBSCURE	BOITE PETRI LUMIERE	TERRE D'ORIGINE LUMIERE
	GRAINES NON INGEREES			
Mas de Lunes	mélange types l et r	72% en 21j.(10e j.)		76% en 15 j.
Anduze	Type m-ARBRE 1 - baies noires	56% en 15j. (7e j.)		
	- baies vertes		100% en 15j.(7e j.)	
	Type l-ARBRE 2 - baies noires	92% en 17j. (7e j.)		
	ARBRE 3 - baies vertes		100% en 12j.(7e j.)	
	GRAINES INGEREES-REJETEES			
Anduze	sous semencier/sol - 1er lot	92% en 18j. (7e j.)		
	- 2e lot	92% en 12j.(11e j.)		
	- 3e lot		96% en 13j.(7e j.)	

Tabl. 3 - Aptitudes germinatives des graines d'*Hedera helix* L.
j : nombre de jours de la période de germination ;
(7e j.) : jour où se situe le maximum des germinations

II - *Jasminum fruticans* L. - OLEACEAE

1 - Les fruits et les graines

On ne peut parler ici d'infrutescences : le plus souvent ne subsistent des grappes de cymes rudimentaires que des fruits isolés ou jumelés (Pl. 2, 3).

Des fruits noirs, luisants et juteux, sont offerts dès octobre et encore en janvier. Ils sont souvent associés par deux, très rapprochés mais alors de maturité et de volume différents. Cette disparité entre les baies, déjà nette à l'automne, s'accentue au cours de l'hiver. En effet, des fruits jumelés disponibles en janvier, le plus gros est déjà partiellement desséché alors que le moins volumineux est encore noir, charnu et juteux.

Lorsqu'on décortique les baies solitaires ou les plus volumineuses des groupes de deux on constate qu'elles contiennent deux graines hémisphériques, tandis que les plus petites n'en contiennent qu'une, plus petite, aux deux faces bombées (très exceptionnellement deux). Seules les graines du premier type sont décrites dans les clés (BROUWER et STAHLIN, 1955).

2 - La fertilité des graines et le type de germination

Les tests de germination ont été effectués seulement à partir des récoltes de fruits frais car il n'a pas été possible de récolter au sol des graines ayant transité dans l'intestin des vecteurs ni à Cournonterral, ni à Castelbouc (Tabl. 1).

Les résultats obtenus avec les tests effectués en automne, alors que les baies des deux types sont encore charnues et ceux effectués en janvier, alors qu'une est desséchée et l'autre charnue, sont regroupés dans le tableau 4.

Il ressort des différents tests que :

- les graines jumelles issues des fruits volumineux ou solitaires, comme les graines solitaires issues des petits fruits, ne germent pas à l'obscurité mais seulement à la lumière ;
- les graines jumelles germent mieux que les graines solitaires pourtant issues de fruits restant charnus et offerts plus longtemps en hiver. Leur aptitude germinative n'est pas atténuée par le dessèchement hivernal du gros fruit ;
- les graines solitaires, issues des petits fruits, sont aptes à la germination dès l'automne, et avec un pourcentage supérieur à celui des prélèvements effectués en hiver.

Dans le cas des graines jumelles extraites des fruits desséchés de janvier un trempage préalable favorise la levée, car il accélère la réhydratation de l'albumen.

Dans tous les cas la germination est étalée sur plusieurs mois, mais est stoppée dès le cinquième mois pour les semis d'automne, seulement au huitième mois pour les semis d'hiver (expérience de dix-huit mois), bien que les graines soient encore viables.

Espèces	Origine des graines et semences	Boîte Pétri Etuve obscure	Boîte Pétri Lumière	Terre d'origne Lumière
Jasminum fruticans L.	FRUITS D'AUTOMNE			
	Fruits volumineux, charnus			
	- graines jumelles	0 % → 50 % - 5 mois		
	- graines solitaires	0 % → 40 % - 5 mois		
	- graines jumelles		77 % - 3 mois	
	- graines solitaires		42 % - 3 mois	
	Fruits petits, charnus			
	- graines solitaires	0 % → 80 % - 5 mois		
	FRUITS D'HIVER			
	Fruits volumineux, secs			
	- graines jumelles			
	- intactes	0 % → 80 % - 8 mois		
	- trempées	0 % → 100 % - 8 mois		
	Fruits petits, charnus			
	- graines solitaires	0 % → 46 % - 7 mois		
Osyris alba L.	Baies rouges, charnues précoces	0 % → 100 % - 10 mois		
	Baies orangé, non charnues tardives	0 % → 80 % - 13 mois		
Hippophae rhamnoides L.	FRUITS D'AUTOMNE - akènes			90 % - 4 semaines
	FRUITS D'HIVER - akènes + arille			50 % - 7 semaines

Tabl. 4 - Aptitudes germinatives des graines de *Jasminum fruticans* L., des semences d'*Osyris alba* L., des akènes d'*Hippophae rhamnoides* L.

(la flèche indique que les lots ont été transférés de l'obscurité à la lumière)

III - *Osyris alba* L. - SANTALACEAE

1 - Les infrutescences, les fruits et les graines

Les infrutescences, qui dérivent de grappes définies composées, sont souvent très appauvries.

Les fruits sont de deux types : les drupes provenant des fleurs terminales des grappes sont rouges et charnues, tandis que celles issues des fleurs latérales restent orangé, coriaces et moins volumineuses. Alors que les premières sont mûres en décembre-janvier et consommées, les secondes ne le sont que plus tardivement au cours de l'hiver, sans jamais atteindre l'aspect charnu, vivement coloré, des premières.

Le volume du noyau, comme celui de la graine, sont proportionnés ici à celui du fruit.

2 - La fertilité des semences et le type de germination

Différents tests de germination ont été effectués à partir des noyaux issus des deux types de baies. La récolte a été effectuée, près de Cournonterral, en janvier alors que les deux types cohabitent. Cependant, tandis que les baies rouges sont en cours de consommation et se détachent par légère traction, les baies orangé, d'aspect non mûr, sont mieux fixées à l'axe porteur.

Il ressort des différentes expériences que :

- les graines des gros noyaux issus des drupes rouges germent à 100% en dix mois, que l'endocarpe, peu épais, ait été scarifié ou non ;
- les graines contenues dans les petits noyaux germent également avec un pourcentage élevé (80% en treize mois) ;
- la germination n'a lieu qu'à la lumière (Tabl. 4).

Dans les deux cas, les aptitudes germinatives spontanées des graines sont importantes, indépendamment du rôle éventuel joué par leur vecteur. Cependant les processus germinatifs s'effectuent lentement.

IV - *Hippophae rhamnoides* L. - ELEAGNACEAE

1 - Les infrutescences, les fruits

Il n'y a pas, chez cette espèce, individualisation de véritables inflorescences.

Les fruits sont insérés sur de petits rameaux courts ou dans la partie basale des rameaux longs épineux édifiés au cours de l'année écoulée (Pl. 2, 4). Il s'agit de pseudo-baies : la partie charnue, issue de la transformation du calice, entoure presque totalement un akène. Elles sont de forme et de volume comparables sur un individu et bien que présentes dès octobre ne sont consommées qu'en hiver. Leur couleur qui atteint l'orangé en fin d'automne pâlit au jaune après les gelées.

2 - La fertilité des semences et le type de germination

Différents tests de germination ont été effectués à partir de fruits récoltés dans les Alpes, à Ponsonnas et à Monteynard (Tabl. 1) dans l'Isère, soit en automne (octobre 1976), alors qu'aucune trace de consommation n'est visible, soit en hiver (décembre 1976), alors que la consommation se limite à la seule pulpe, l'akène restant attaché à l'axe.

Les semis, pour cette espèce, ont toujours été effectués en terrines. Les résultats sont les suivants :

- les akènes, dégagés de la pulpe des fruits d'automne, germent à 90% en quatre semaines. La scarification n'active pas la germination. Elle paraît au contraire être nuisible car on constate une chute rapide des effectifs de germinations viables due à une attaque précoce des plantules par les champignons du milieu ;
- les akènes, même non dégagés de la pulpe des fruits d'hiver, germent, à travers celle-ci, à 50% en sept semaines (Tabl. 4).

Il s'agit ici de pourcentages de germination importants, avec levée rapide, pouvant se produire dès l'automne, alors que le signal attractif ne s'est pas encore produit ou n'est pas exploité, et se maintenant en hiver.

DISCUSSION ET CONCLUSION

Chez *Hedera*, quel que soit l'individu et le type d'infrutescence, le volume et la forme des baies sont essentiellement fonction du nombre de graines qu'elles contiennent. On observe néanmoins une variation interindividuelle non négligeable du poids moyen des graines qui pourrait paraître en opposition avec le principe d'unité d'énergie constante attribué à la graine (HARPER *et al.*, 1970 ; BAKER, 1972). Il est possible que ces variations soient en partie liées au fait qu'il s'agit ici de poids frais et non secs.

Pour chacun des arbres retenus, l'efficacité de dispersion est fonction de "l'investissement graines", de l'investissement baies" et du nombre de baies fertiles. Dans la mesure où la fertilité de l'arbre est proportionnelle à celle de ses infrutescences, les nombres d'inflorescences des individus étant comparables, la capacité de production peut être représentée par l'indice suivant :

$$I_p = \frac{\text{poids graine}}{\text{poids pulpe}} \times \frac{\text{nombre graines/inflorescence}}{\text{nombre de baies/inflorescence}}$$

Ceci donne pour quatre des individus de la station cévenole :

1 (type m)	3 (type l)	4 (type r)	5 (type r)
4,645	4,206	0,428	0,542

La capacité de production, très proche et élevée pour les individus 1 et 3, est nettement inférieure pour les arbres à inflorescences ramifiées. Ce dernier type d'infrutescence ne paraît pas être le plus intéressant pour l'espèce car il se traduit par un investissement en pulpe perdue non négligeable.

Dans les conditions naturelles, d'après les observations effectuées sur les individus testés au cours des hivers 1980-81 et 1981-82, les baies sont ingérées essentiellement par les merles (*Turdus merula*) et les grives (*Turdus philomelos* et *Turdus viscivorus*), en groupes, au cours des mois de décembre et janvier. Les graines rejetées au sol, essentiellement avec les déjections, sont alors facilement repérables sous les couronnes en cours de consommation.

A l'inverse de ce qui a été observé chez les Muriers du Kansas par STAPANIAN (1980), chez le lierre la totalité des baies est consommée. On ne repère pas de fruits au sol comme chez les Moracées. Ici les baies sont de plus petite taille, riches en eau (70%) et en lipides (5,8% soit presque autant que chez l'olive, 6,12%) mais peu riches en protéines (0,92%, HERRERA, 1982b). Par ailleurs elles sont présentées en hiver alors que les insectes sont plus rares. Ces différents facteurs font qu'elles sont activement recherchées (BLONDEL, 1969) et les pertes sont donc faibles. De ce fait l'efficacité de dispersion peut bien être assimilée à la capacité de production.

Les tests de germination révèlent que la germination des graines est possible dès que celles-ci sont dégagées de leur enveloppe charnue si leur développement est suffisant. Ainsi les tests réalisés, s'ils ne permettent pas de préciser la nature du signal attractif, qu'il s'agisse de la couleur ou du goût apparaissant avec le jus coloré comme l'estiment DAVIDSON (1967), DUNCAN (1960) ou SHERBURNE (1972), montrent que contrairement aux arguments de CORNER (1964) les oiseaux peuvent, au moins dans une certaine mesure chez le lierre, consommer des fruits incomplètement mûrs sans dommage pour la dispersion de celui-ci. Ce phénomène de maturité précoce correspond à ce que LHOTSKA (1974) a appelé "post-maturation sur la plante mère".

Pour les graines consommées et rejetées par leur vecteur on n'assiste pas à une réelle augmentation des aptitudes germinatives. Cependant l'absence de moisissures dans les milieux de culture donne à penser que les sucs digestifs, qui ont éliminé toute trace de pulpe et enrobé la graine, ne sont pas totalement inactifs. S'ils n'activent pas directement la germination, ils paraissent être responsables du retard de l'invasion mycélienne lors de la mise en conditions de germination, rôle renforcé par la lumière. Ceci explique que dans la nature les germinations soient abondantes dès la fin de l'hiver, dans les zones à sol dégagé situées à proximité des semenciers, qu'elles soient ou non exposées à la lumière.

Chez *Jasminum fruticans* deux types de baies ont été observés. Les plus volumineuses, à pulpe importante riche en eau (70%, HERRERA, 1982b), sont mûres et offertes aux oiseaux dès l'automne puis se dessèchent alors que les secondes moins volumineuses et charnues sont présentées jusqu'en

hiver. La teneur en lipides (sans doute définie à partir des seuls fruits d'automne - A) n'est plus ici que de 1,22% et celle des protéines de 0,79% (HERRERA, 1982 *ℓ.c.*). La valeur nutritive est donc moindre pour les frugivores hivernants.

Les tests de germination ont révélé que les graines extraites des deux types de fruits sont aptes à la germination dès l'automne mais que celles issues des petits fruits d'hiver ont une germination plus lente. Dans la nature la germination des graines issues des baies volumineuses d'automne doit donc s'étaler sur l'hiver et le printemps. Par contre les graines issues de baies d'hiver, viables mais à germination lente, doivent pouvoir participer au stock de graines à germination différée qui constitue la banque de graines de l'espèce (HARPER, 1977).

Il est possible que l'ingestion par le vecteur permette l'augmentation des aptitudes germinatives de certaines des diaspores, cependant il n'en demeure pas moins qu'en son absence un pourcentage non négligeable des deux types de graines est apte à germer.

Osyris alba a présenté, dans la station étudiée, une période de fructification beaucoup plus tardive que celle signalée pour le sud de l'Espagne par HERRERA (1982a, b). Tandis que cet auteur la considère comme espèce à fructification estivale (S), j'ai pu observer celle-ci en automne et en hiver. Deux types de fruits se succèdent au cours de ces deux périodes : les fruits rouges, à pulpe charnue, en automne, les fruits orange, à pulpe peu hydratée, en hiver. La différence entre ces deux types de fruits ne paraît en aucun cas être due aux gelées, mais il est évident que les drupes non hydratées sont mieux aptes à supporter celles-ci, d'où une persistance accrue.

Pour les biotopes de la vallée du Guadalquivir et de la Sierra de Cazola, HERRERA (*ℓ.c.*) a obtenu pour la pulpe des pourcentages de 60,1% pour l'eau, 0,29% pour les lipides et 1,06% pour les protéines. Il serait intéressant de vérifier que ces pourcentages se maintiennent dans la région de Montpellier et sur quel type de fruit, car dans ce cas *Osyris* serait une des espèces à fructification hivernale à taux en lipides faible, mais à taux en protéines relativement élevé.

Les tests de germination révèlent que les graines issues des deux types de fruits germent, à la lumière, avec des pourcentages élevés mais sur une période étalée sur environ une année.

Chez *Hippophae rhamnoides* la période de présentation des fruits s'étend sur l'automne et l'hiver.

La consommation tardive serait due au fait que le signal attractif n'est déclenché que sur des fruits mûrs — fruits qui, auparavant, seraient toxiques pour les oiseaux (BIALE, 1954 ; CORNER, 1964). Par ailleurs, je n'ai pas trouvé en bibliographie de renseignements concernant la composition en eau, lipides et protéines de l'enveloppe charnue.

Chez cette espèce la germination des graines est rapide et importante, que les graines aient été ou non extraites de la pulpe. Je n'ai rencontré aucun phénomène de dormance nécessitant la mise en oeuvre d'activateurs de germinations tels que les préconisent BORODINE (1970) ou HEIT (1976). Sans doute l'inhibition ne se développe-t-elle que plus tard, après la période normale de consommation par les frugivores ou seulement dans certaines conditions écologiques.

Les observations réalisées sur les quatre espèces ornithochores dont les fruits sont présentés tard, en fin d'automne et en hiver, révèlent que l'investissement pulpe est réduit. C'est plus particulièrement le cas pour le lierre et pour les fruits tardifs du jasmin et surtout d'*Osyris*. Dans ce dernier cas les fruits d'hiver ne sont même jamais hydratés. On assiste donc bien à une diminution de la teneur en eau de la pulpe des fruits chez les espèces fructifiant en automne et surtout en hiver. Ce phénomène est même sensible, chez une même espèce, entre les fruits mûris les premiers et ceux plus tardifs, présentés au cours d'une période où l'approvisionnement des oiseaux en eau ne pose pas de problème.

En compensation ces fruits d'hiver présentent généralement une pulpe riche en lipides et/ou en protéines : ceci est bien le cas pour le lierre mais de façon moins nette pour le jasmin, encore moins pour *Osyris*. Ces fruits moins coûteux, mais également moins attractifs, sont néanmoins consommés car ils constituent une des rares sources d'énergie exploitables par les oiseaux, notamment les frugivores hivernants, qui participent ainsi à la dispersion des espèces à fruits charnus (Mc ATEE, 1947 ; Mc KEY, 1980 ; JORDANO, 1982 ; DEBUSSCHE et ISENMANN, 1985a et b).

Chez les quatre espèces testées, la diaspore, qu'il s'agisse de graine à albumen ou de noyau à endocarpe fin et mou, est dépourvue d'enveloppes protectrices efficaces. Il est donc indispen-

sable que la mise en conditions de germination s'effectue rapidement après la disparition de la pulpe.

Il ressort de l'étude des aptitudes germinatives des espèces présentées que, semées immédiatement après leur extraction de la pulpe, ou même avec (cas d'*Hippophae*), les graines sont aptes à la germination spontanée, comme chez certaines des espèces à fruits charnus testées par ADAMS (1927).

Chez *Hedera*, à période de présentation de fruits "mûrs" courte, comme chez *Jasminum*, *Osyris* et *Hippophae* , à période de présentation étalée sur l'automne et une partie de l'hiver, la maturité des semences précède celle des fruits, de telle sorte que les graines contenues dans les fruits consommés avant maturité complète, par des vecteurs novices ou affamés, ne sont pas perdues.

Les tests de germination effectués, chez le lierre, sur des graines ingérées puis rejetées par des frugivores, ont montré que si le transit intestinal n'augmente pas les pourcentages de germination, il retarde l'invasion mycélienne, jouant ainsi un rôle positif lors des premières étapes de la germination. Il s'agit là d'un rôle sans doute moins important dans la germination des graines que celui qu'envisageaient KREFTING et ROE (1949), mais qui n'est pas, pour autant, négligeable.

Il est également intéressant de souligner la réponse à la lumière : tandis que le lierre est indifférent et présente une germination brutale et immédiate à l'obscurité comme à la lumière, les trois autres espèces ont besoin de lumière pour germer, mais leur germination reste progressive. Il s'agit de deux comportements distincts d'espèces pionnières.

La lente implantation des espèces ornithochores dans les milieux profondément remaniés, en voie de recolonisation, est donc moins liée aux bonnes aptitudes de pionnières qu'au mode de dispersion. La présence d'un seul semencier, parfois même d'un simple support permettant l'arrêt des vecteurs, suffit pour amorcer le phénomène d'introduction des diaspores et l'installation accélérée des plantules.

BIBLIOGRAPHIE

ADAMS J. (1927). The germination of the seeds of some plants with fleshy fruits.
Amer. Journ. Bot., 14 (8), 415-428.

BAKER H.G. (1972). Seed weight in relation to environmental conditions in California.
Ecology, 53, 997-1110.

BIALE J.B. (1954). The ripening of fruit.
Scientific American, may, 6 p.

BLONDEL J. (1969). Synécologie des passereaux résidents et migrateurs dans le midi méditerranéen français.
Centre Régional de Documentation Pédagogique, Marseille.

BORODINE N.A. (1970). Joint action of colchicine and biostimulators on seeds of *Hippophae rhamnoides* L.
Soviet. Genet, 6 (11), 1524-1525.

BROUWER W., STÄHLIN A. (1955). Handbuch der Samenkunde.
Verlag ed., Frankfurt, 656 p.

CORNER E.J.H. (1964). *The life of plants.*
Weidenfeld and Nicolson, London.

DAVIDSON V.E. (1967). *Attracting birds.*
Crowell Co, New York, 252 p.

DEBUSSCHE M., ESCARRE J., LEPART J. (1982). Ornithochory and plant succession in mediterranean abandoned orchards.
Vegetatio, 48, 255-266.

DEBUSSCHE M., LEPART J., MOLINA J. (1985). La dissémination des plantes à fruits charnus par les oiseaux : rôle de la structure de la végétation et impact sur la succession en région méditerranéenne.
Acta Oecologica, Oecol. Gener., 6 (1), 65-80.

DEBUSSCHE M., ISENMANN P. (1985a). Frugivory of transient and wintering European robins *Erithacus rubecula* in a mediterranean region and its relationship with ornithochory.
Holarctic Ecology, 8, 157-163.

DEBUSSCHE M., ISENMANN P. (1985b). Le régime alimentaire de la grive musicienne (*Turdus philomelos*) en automne et en hiver dans les garrigues de Montpellier (France méditerranéenne) et ses relations avec l'ornithochorie.
Rev. Ecol. (Terre et Vie), 40, 379-388.

DUNCAN C.J. (1960). The sense of toaste in birds.
Ann. Appl. Biol., 48, 409-414.

ESCARRE J. (1979). Etude de successions post-culturales dans les hautes garrigues du Montpelliérais. Thèse 3ème cycle, Ecologie générale et appliquée. Univ. Sci. et Tech. du Languedoc, Montpellier, 171 p.

FERRY C., FORCHOT B. (1980). Birds communities and the dissemination of forest plant.
In, *Bird census work and conservation*, Dachverbandes Deutcher Avigaunisten, 1, 136-140.

HARPER J.L., LOVELL P.H., MOORE K.G. (1970). The shapes and sizes of seeds.
Ann. Rev. Ecol. Syst., 1, 327-356.

HARPER J.L. (1977). *Population biology of plants.*
Academic Press, London, 892 p.

HEIT C.E. (1976). Laboratory germination testing of *Hippophae rhamnoides* (Common seaburckthorn).
The New Letter of Association of Official Seeds Analysts, 50 (3), 44-45.

HERRERA C.M. (1982a). Some comments on Stiles' paper on temperate bird-disseminated fruits.
Am. Nat., 120, 819-822.

HERRERA C.M. (1982b). Seasonal variation in the quality of fruits and diffuse coevolution between plants and avian dispersers.
Ecology, 63 (3), 773-785.

JANZEN D.H. (1962). Seed-eaters versus seed size, number, toxicity and dispersal.
Evolution, 23, 1-27.

JORDANO P. (1982). Migrant birds are the main seed dispersers of blackberries in Southern Spain.
Oikos, 38, 183-193.

KREFTING L.W., ROE E.I. (1949). The role of some birds and mammals in seed germination.
Ecol. Monogr., 19 (3), 269-286.

LHOTSKA M. (1974). The after-ripening of embryos on the mother plant.
Folia Geobot. Phyto-Taxon, 9 (3), 231-240.

Mc ATEE W.L. (1947). Distribution of seeds by birds.
Amer. Midl. Nat., 38, 214-223.

Mc KEY D. (1980). The ecology of coevolved seed dispersal systems.
In, GILBERT L.E., RAUEN P.H. (ed.), 2ème éd. *Coevolution of animals and plants,* pp. 159-191, Univ. Texas Press, Austin, London.

MORTON E. (1973). On the evolutionary advantages and disadvantages of fruit eating in tropical birds.
Am. Nat., 107, 8-22.

OPPENHEIMER H.R. (1961). Observations botaniques dans les orangeraies abandonnées.
Vegetatio, 3, 247-256.

PUECH S. (1982). Les caractéristiques germinatives des espèces végétales sauvages et leur utilisation pour la reconquête des espaces mis à nu.
Bull. Labo. Ponts et Chaussées, 121, 103-123.

REGAL P.J. (1977). Ecology and evolution of flowering plant dominance.
Science, 196, 622-629.

SHERBURNE J.A. (1972). Effects of seasonal changes in the abundance and chemistry of the fleshy fruits of northeastern woody shrubs on patterns of exploitation by frugivorous birds.
Ph. D. dissertation, Cornell University, 157 p.

SIEGEL S. (1956). *Nonparametric statistics for the behavioral sciences.*
Mac Graw Hill book comp., New York.

SNOW D.W. (1971). Evolutionary aspects of fruit-eating by birds.
Ibis, 113, 194-202.

STAPANIAN M.A. (1980). *Evolution of fruiting display and fruiting strategies among fleshy-fruited species of eastern Kansas.*
Doct. Phylosophy Biology, Manhattan, Kansas, 76 p.

STILES E.W. (1980). Patterns of fruit presentation and seed dispersal in bird-disseminated woody plants in the eastern deciduous forest.
Am. Nat., 116, 670-688.

TURCEK F. (1963). Color preference in fruit and seed eating birds.
Proceedings of the thirteenth International Ornithological Congress, 1, 285-292.

YARRANTON G.A., MORRISON R.G. (1974). Spatial dynamics of a primary succession nucleation.
J. Ecol., 62, 417-428.

LEGENDE DES PLANCHES HORS-TEXTE

Planche 1 - Inflorescences et infrutescences d'*Hedera helix* L.

1-2 - individu à infrutescence de type m : 1- inflorescence à ombelle terminale solitaire, en bouton ; 2- infrutescence simple à fruits serrés

3-4 - individu à infrutescence de type l : 3- inflorescence ramifiée, à ombelles terminale et secondaires laches. On notera le décallage de floraison.
4- infrutescence simple, seule l'ombelle terminale ayant subsisté.

Planche 2 - Inflorescences et infrutescences d'*Hedera helix* L. (1-2)
Axes frutifiés de *Jasminum fruticans* L. (3), d'*Hippophae rhamnoides* L. (4)

1-2 - individu à infrutescences de type r : 1- inflorescence ramifiée, à ombelle terminale en début de fructification et à ombelles secondaires en boutons ; 2- infrutescence ramifiée à ombelle terminale à fruits volumineux et à ombelles latérales à fruits en début de développement

3 - axes fructifiés de *Jasminum fruticans* L. : on notera la différence de volume entre les fruits

4 - axes fructifiés d'*Hippophae rhamnoides* L.

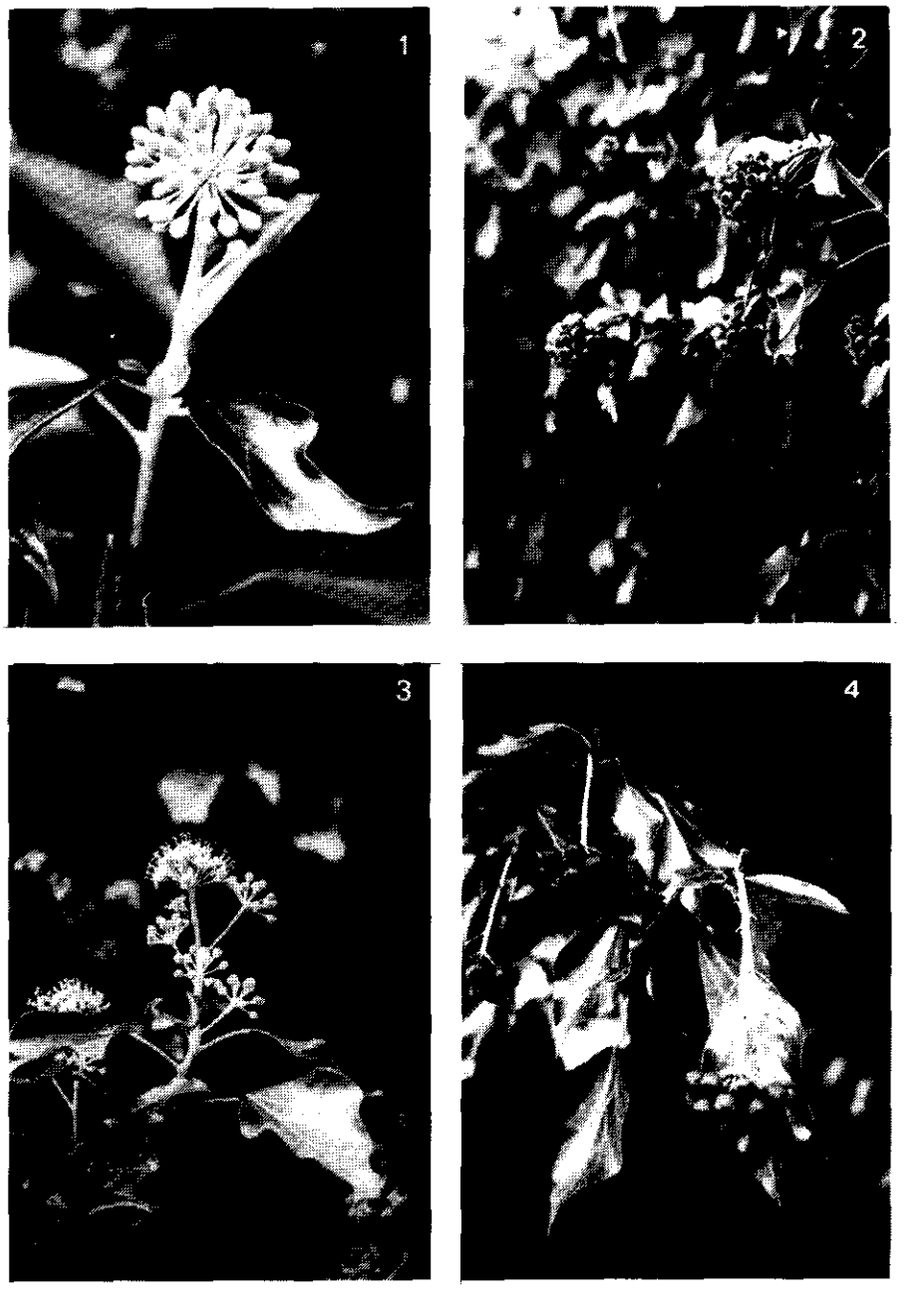


PLANCHE I

PLANCHE II

Cartographie de l'occupation des terres en zone aride méditerranéenne par télédétection spatiale.

Exemple d'application sur les Hauts-Plateaux sud oranais : Méchéria au 1/200000[0]★

R. MANIERE★★
C. CHAMIGNON★★

RESUME - Les zones arides sont l'objet de dégradations intenses et nécessitent de ce fait une gestion -pastorale ou agraire- prenant en compte l'ensemble des variables du milieu. Or, dans ces régions, les différentes unités liées à l'occupation du sol par la végétation sont souvent mal connues ou difficiles à appréhender tant pour ce qui concerne leurs distributions géographiques que leurs compositions floristiques et leurs liens avec les variables mésologiques. L'étude qui est ici présentée cherche à montrer, à partir d'un essai d'application sur une région test des Hauts Plateaux sud oranais, l'apport des données MSS de LANDSAT pour l'élaboration d'inventaires cartographiques à moyenne échelle susceptibles d'être appliqués à la connaissance, la gestion et l'aménagement des zones arides.

SUMMARY - Today, arid zones are more and more submitted to the influence of man with phenomena of increased desertisation. Its is necessary for these unfavored areas to provide land planning structures integrating all the eco-geographic factors of the environment through a precise knowledge of these areas.

This knowledge is accessible through pluri and interdisciplinary filed works but it is more difficult to get an overall view of these areas through national ecological investigations, due prohibiting costs and execution time. It is necessary to experiment with new techniques in order to fully understand past and present data but also to extend our knowledge to these areas where social pressure is high, with fast and inexpensive new methods.

For this purpose, remote sensing processed data are an adquate tool with its synoptic and diachronic functions. It could efficiently contribute to a complete inventory of human and natural resources and of potential resources, for the study of modifications during long or brief periods of time and to understand existing correlations between biotic and mesologic factors.

Two additional important factors are to be considered when dealing with arid countries :

- *first, that the surface area to map and analyze fits perfectly with the possibilities of LANDSAT MSS,*
- *second, that there excellent climatic conditions with a low interference with clouds permitting for a large choice among actually existing images.*

This study was focused on the south algerian which exactly represents typical habitats of steppic countries. The studied zone mesures 480 square kilometers, near the algerio-maroccan border.

The image processing, based on a supervised classification, was the following :

- *selection of LANDSAT spectral subset,*
- *geometric rectification,*
- *supervised of the tow most significant channels (5 and 7 channels) and combination of among those available, and coding (linear, isopopulation, etc.) in 16 levels,*
- *combination of the two coded channels into 8 bit image,*
- *input of digitized ground truth information in the form of a rasterised map, comparable to image on a pixel by pixel basis,*
- *computation of histograms for each ground truth category in the new feature space,*
- *classification of each pixel by comparing its signature to the histograms and applying maximum likelihood method,*
- *critical analyzis of the produced image according to the purpose of the work an by comparison with other data from the same areas,*
- *definition of new standards, if necessary,*
- *display maps with production of high resolution films for a definitive edition using VIZIR color.*

The map obtained by these image processing presents a land use map on the studied zone.Through this experimentation, numerical processing with supervised classification of MSS LANDSAT data appears a suitable method to produce land use maps in arid zone. The perception level obtained is very satisfactory with regard to the aims of the study. Furthermore, the most important point remains the demonstration of the existing correlation between vegetation and the morpho-pedologic features. Synthetic results obtained through professed remote sensing imagery permit for a clear distinction of any object and also help understand the monitoring ecological factors. The map clearly demonstrates that an overall view of complex systems and correlations between vegetal units and ecological factors are accessibles.

Today, with the Thematic Mapper of LANDSAT and SPOT system, with a higher resolution, will broaden the field of possible applications of satellite data to land use management. Thurthermore the utilisation of satellite imagery for mapping purposes and the inventory of natural resources is completed when a Geographic Information System is established.

★avec la collaboration de J. CLAUDIN et M. POISSON

★★Phytosociologie et Ecologie, Centre de Traitement en Télédétection, U.E.R. Institut Polytechnique Méditerranéen, Université de Nice, Parc Valrose, 06034 NICE.

INTRODUCTION

Les zones arides sont, à l'heure actuelle, soumises à des pressions antrhopozoïques importantes dont dépendent fortement les phénomènes, parfois irréversibles, de **désertisation.**

C'est, en effet, la marge de précipitations annuelles comprises entre 150 et 100 mm qui paraît la plus sensible aux déséquilibres provoqués par une demande économique et sociale en profond désaccord avec une offre écologique souvent réduite (LE HOUEROU, 1968, 1969, LE HOUEROU et HOSTE, 1977).

C'est donc une nécessité, tout particulièrement pour ces régions défavorisées, de disposer des schémas d'aménagement qui tiennent compte des différentes composantes éco-géographiques en présence grâce à une bonne connaissance des territoires concernés.

Cette connaissance peut être acquise par des études pluri et interdisciplinaires de terrain - comme le préconisent à juste titre certains auteurs à travers leurs expériences en matière d'aménagement du territoire (LONG, 1974) -, mais il est souvent illusoire d'espérer couvrir l'ensemble des régions intéressées en ayant recours aux seules méthodes d'investigations écologiques traditionnelles pour de simples raisons de coûts et de délais de réalisation.

Il importe donc d'expérimenter des techniques permettant de valoriser les résultats acquis lors d'études préexistantes et d'étendre cette connaissance à l'ensemble des territoires où la pression sociale nécessite une intervention rapide pour des coûts amoindris.

Dans cette optique, la télédétection spatiale, grâce à ses fonctions synoptiques et diachroniques, devrait trouver sa pleine application et apporter une contribution non négligeable à tout inventaire des milieux naturels et artificiels en place, à toute étude des évolutions à moyen et court terme, à la compréhension des inter-relations qui s'établissent entre les variables biotiques et mésologiques.

Deux facteurs importants s'ajoutent à cela tenant compte de la spécificité des zones arides :

- d'une part, la taille des objets à analyser et les superficies à couvrir qui entrent parfaitement dans les possibilités offertes par les données issues du MSS de LANDSAT,
- d'autre part, les conditions climatiques régnant sur ces régions marquées par une faible nébulosité annuelle qui permettent un choix étendu parmi les données télédétectées existantes.

OBJECTIFS

Cette étude tente :

- d'expliciter les champs d'applications de la télédétection spatiale, et tout particulièrement des données MSS de LANDSAT, pour tout inventaire lié à l'occupation des terres à moyenne échelle (1/250 000° à 1/125 000°),
- d'apprécier si les satellites d'observations de la Terre peuvent constituer un outil d'aide à la perception des liens existant entre les facteurs du milieu (morpho-pédo-climatiques notamment) et la végétation,
- d'évaluer l'intérêt d'un tel outil dans l'optique d'un aménagement des milieux étudiés.

LE MILIEU ET LA VÉGÉTATION

I - PRÉAMBULE

Notre attention s'est volontairement portée sur les Hauts Plateaux sud oranais, très précisément sur la daira (sous-préfecture) de Méchéria, qui est représentative des différents systèmes écologiques susceptibles d'être rencontrés en zone aride steppique (djebels, chotts, glacis, oueds et zones ensablées) et où par ailleurs ont été conduites diverses études phyto-écologiques dans le cadre de projets d'aménagements du territoire mettant en jeu diverses formes de cartographies "traditionnelles".

- Carte de la Végétation de la Wilaya de Saida au 1/500 000° (BOUZENOUNE, CELLES et MANIERE, 1977)
- Carte de l'occupation des terres au 1/200 000°, feuilles de Méchéria et El Kreider (ACHOUBI *et al.*, 1980, AIDOUD *et al.*, 1980)
- Carte pastorale au 1/200 000°, feuilles de Méchéria et El Kreider (AIDOUD *et al.*, 1980)
- Cartes géomorphologique, pédologique, phyto-écologique et d'aptitude à la mise en valeur, ZDIP El Biod, (BELOUAM *et al.*, 1977)

En fonction de leurs degrés de fiabilité, ces études ont servi de complément de vérité-terrain aux données *in situ* dont nous disposions pour avoir participé à la cartographie de la végétation de la Wilaya de Saida (pré-minutes au 1/100 000° et relevés phyto-écologiques effectués dans cette région).

II - LA ZONE D'ÉTUDE

1 - Données géographiques

La zone étudiée représente une aire d'environ 80 km de côtés (figure 1). Elle se situe entre le 34° et le 33° parallèle nord, dans la partie occidentale des Hauts Plateaux sud oranais, aux confins algéro-marocains.

Dans la partie septentrionale, la zone étudiée se présente sous la forme d'un vaste plateau d'une grande homogénéité topographique -les altitudes y sont comprises entre 1100 et 1000 mètres sur la plus grande partie du territoire- entourant les chotts El Rharbi à l'ouest et Ech Chergui au nord est, seuls les djebels Antar (1721 m) et Guettob el Amra (1580 m) interrompent cette monotonie.

Dans la partie méridionale, on passe insensiblement des Hauts Plateaux aux piémonts de l'Atlas saharien dominés par les djebels Morhad (2136 m) et Melah (1817 m) qui annoncent les Monts des Ksours précédés par la Sebkhet en Naama.

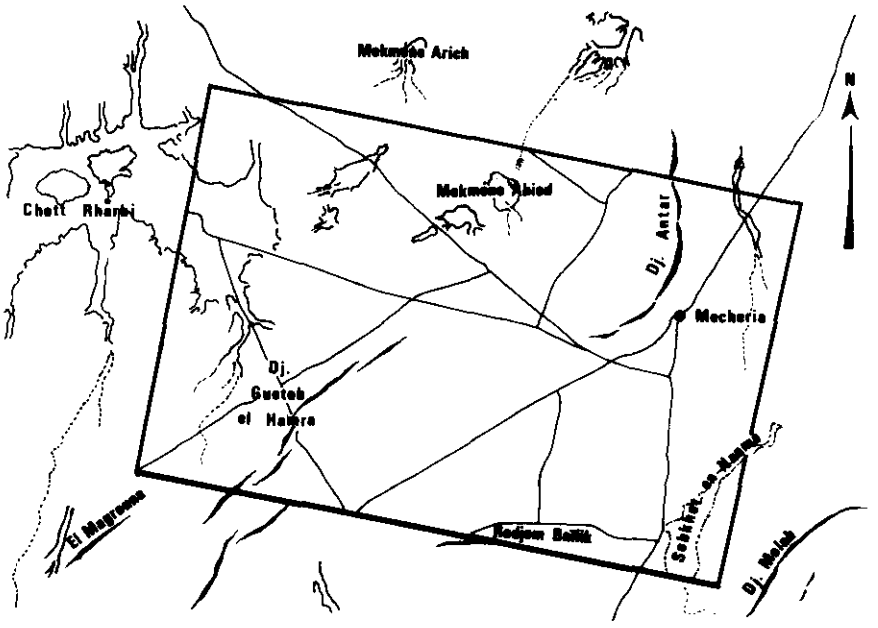


Fig. 1 - Localisation de la zone d'étude.

2 - Données écologiques

Traditionnellement, dans ces régions, il est convenu de considérer que les facteurs responsables des conditions du milieu sont :

- **à l'échelle régionale**, les contraintes climatiques et tout particulièrement la pluviosité, les températures et les vents,
- **à l'échelle des unités écologiques**, les variables géologiques et géomorpho-pédologiques,
- enfin, **à l'échelon stationnel**, les conditions de ruissellement et de drainage des eaux de surface qui modifient localement les contraintes climatiques (phénomène de compensation de facteur) et les actions de l'homme, essentiellement liées aux aménagements et usages pastoraux ou agricoles omniprésents et principales responsables de la dynamique régressive actuelle des milieux steppiques.

2.1. - Les contraintes climatiques

Les données recensées dans le tableau suivant (d'après SELTZER, 1946) donnent un aperçu des conditions climatiques prévalant dans la région étudiée :

Tableau 1 - Données pluviométriques des stations climatiques environnantes

Stations	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
Saida	45	46	50	45	39	22	4,5	12	22	45	44	49	423
El Kreider	13	13	21	25	20	13	5	6	16	17	19	15	185
Méchéria	23	24	32	32	24,5	17	6	6,5	37	30	36	31	300
Ain Sefra	13	13	20	15	14,5	19	6,2	7	16	25	25	19	194
El Bayadh	35	23	34	38	26	17	8	9	28	37	20,5	17	303
El Abiodh Sidi Cheikh	7,6	6,5	17	14,5	5,5	4,5	1,6	4	12	16	16,5	18	123

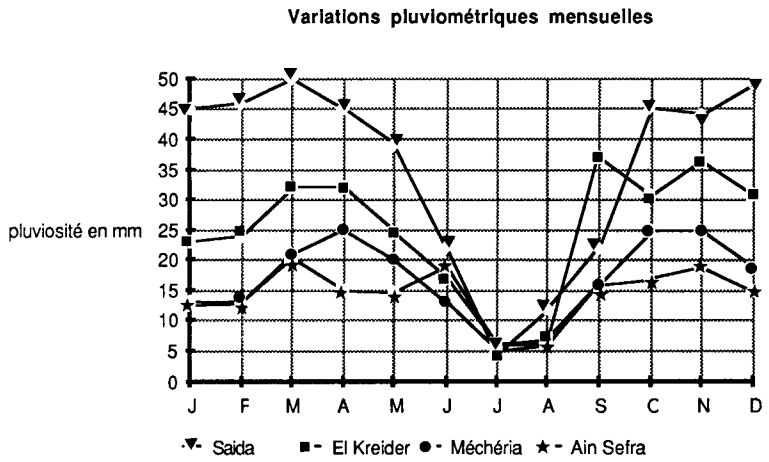


Fig. 2 - Variations pluviométriques latitudinales

Les traits majeurs du climat sont les suivants :

- une pluviosité annuelle de 350 mm à 175 mm, diminuant du nord au sud (figure 2), augmentant avec l'altitude et concentrée durant les saisons froides,
- une période de sécheresse estivale marquée pouvant s'étaler de 6 mois (Méchéria) à 11 mois (El Kreider),
- une température moyenne annuelle oscillant de 19°C au contact des chotts Ech Chergui et Rharbi, à 13°C au sud de la Sebkhet en Naama (DJELLOULI, 1981).

Le territoire étudié est donc soumis, dans son ensemble, à un climat méditerranéen contrasté dont les traits majeurs sont les suivants :

- des précipitations faibles (Méchéria : 300 mm, Ain Sefra : 194 mm) présentant une grande variété interannuelle et intermensuelle,
- des régimes thermiques relativement homogènes et nettement contrastés déterminant un climat de type continental.

De plus, il convient de souligner la rigueur du climat avec des températures basses (m oscille de -2°C à +1,4°C). L'ensemble du territoire s'inscrit dans le climat méditerranéen aride à semi-aride en présentant diverses variantes (hivers froids à frais) liées aux variations des minima du mois le plus froid (LE HOUEROU *et al.*, 1979, DJELLOULI, 1981).

2.2. - Les contraintes géomorphologiques

La structure d'ensemble de la région se présente comme un vaste synclinal dissymétrique orienté OSO-ENE dont l'axe se situe très au sud, à la bordure des premiers affleurements de l'Atlas saharien. L'axe de ce synclinal présente des points hauts au niveau des Monts de Méchéria (Djebel Antar, Khelida, Hafid, Guetob el Amra) et la partie basse de ce synclinal est remplie de dépôts détritiques et lacustres du Tertiaire Continental remodelés par l'érosion Quaternaire et actuelle.

Au sud ouest apparaissent les premières rides de l'Atlas saharien, vaste ensemble de plissements de type jurassien d'orientation générale est-ouest. Les plis ont ici peu de vigueur et lorsqu'ils ont été dégagés par l'érosion, les grès affleurent en barres sub-horizontales. Le plus souvent, ces plis sont recouverts par une couverture de sables et d'argiles gréseuses du Tertiaire Continental surmontée par une dalle ou une croûte calcaire.

L'érosion Quaternaire et actuelle a remodelé cette structure pour former des ensembles géomorphologiques dont les traits sont caractéristiques des zones arides d'Afrique du nord :

- reliefs abrupts enchassés dans de vastes surfaces sub-horizontales,
- surfaces planes façonnées en glacis plus ou moins encroûtés, l'accumulation calcaire étant d'autant plus importante que le niveau est plus ancien,
- glacis recoupés ou recouverts par des formations plus récentes (alluvions, colluvions, dépôts éoliens).

L'originalité géomorphologique de cette région réside essentiellement dans les conséquences des caractéristiques des roches en place, et dans le fonctionnement du ruissellement des eaux de surface.

Les unités géomorphologiques susceptibles d'être retenues sont les suivantes :

- les reliefs et par extension les formes liées aux affleurements du substratum,
- les surfaces d'érosion polygéniques sur les dépôts du Tertiaire Continental,
- les glacis d'érosion polygénique de versants,
- les cuvettes de décantations et les dayas,
- les chenaux d'oueds alluvionnés,
- les formations éoliennes,
- les chotts et sebkhas.

2.3. - Les conditions de ruissellement et de drainage des eaux de surface

Dans cet ensemble de paysages, en dehors des reliefs, les pentes sont le plus souvent inférieures à 5%. Le mode de ruissellement dominant est un mode diffus, appelé ruissellement en nappe, dont l'influence est extrême pour les groupements végétaux en place dans ces régions.

Suivant l'intensité de la pluie, l'état de surface et le degré de pente, la nappe d'eau qui voit très rapidement son débit solide augmenter va ruisseler plus ou moins loin, l'écoulement se faisant de proche en proche. Le drainage des eaux peut alors varier d'une type non hiérarchisé à un type nettement hiérarchisé (griffes d'érosions, oueds).

Le mode de ruissellement peut ainsi influencer de façon très nette les conditions de vie des espèces végétales en place.

Très schématiquement, on peut distinguer :

- les versants et les glacis de piémonts qui leurs sont directement rattachés qui sont bien drainés avec un début de hiérarchisation apparaissant avec les griffes d'érosion,
- au contact entre les glacis de piémont et les glacis d'érosion à encroûtements calcaires ou les surfaces d'érosion du lacustre, à la faveur d'une rupture de pente, s'installent des zones d'épandages largement étalées et parfois des chenaux d'oueds à

fonds plats plus ou moins structurés. Dans ces ensembles, l'apport en eau peut être conséquent,

- sur les vastes surfaces planes à encroûtements calcaires ou à calcaires lacustres la nappe d'eau circule de proche en proche s'écoulant des bosses vers les creux en remplissant les creux où l'eau stagne alors. Les surfaces anciennes criblées de dayas sont l'objet de ce type de ruissellement. Sur les surfaces plus récentes, les dayas sont moins nombreuses, souvent anastomosées. A la faveur d'une dépression de la croûte, on passe progressivement d'un chenal de ruissellement à un oued alluvionné qui ne fonctionne qu'au moment des fortes pluies,
- enfin, les chotts, vastes systèmes endoréiques, jouent le rôle de bassins d'épandage collectant l'ensemble des eaux de ruissellement issues des chenaux d'oueds alluvionnés.

3 - Occupation des terres

Les principales formations végétales (au sens de IONESCO et SAUVAGE, 1962) susceptibles d'être rencontrées dans la région appartiennent à deux grands types :

- **le matorral**, caractérisé par une végétation d'origine forestière ne subsistant qu'aux sommets des djebels,
- **la steppe**, qui peut être graminéenne (à *Stipa tenacissima, Lygeum spartum, Stipagrostis pungens*) ou chamaephytique (à *Artemisia herba-alba*, à salsolacées),
- à ces deux types, viennent s'ajouter les **jachères** (souvent marquées par *Peganum harmala*), la plupart du temps cantonnées dans les dépressions, les chenaux d'oueds alluvionnés et les dayas.

L'évolution, à tendance régressive très prononcée, de ces groupements végétaux peut, pour les hautes plaines algériennes, être schématisée de la façon suivant (d'après CLAUDIN *et al.*1975) :

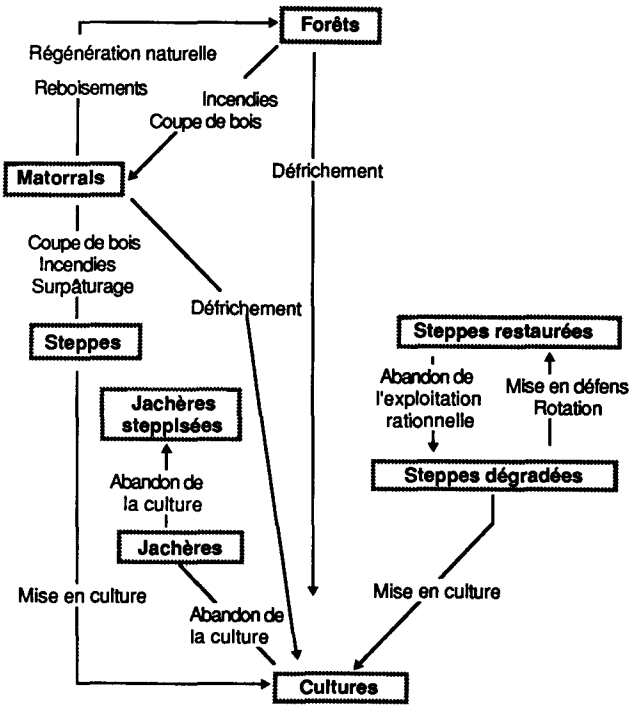


Fig. 3 - Evolution des paysages végétaux en zone aride algérienne

ANALYSES NUMÉRIQUES DES DONNÉES

I - GÉNÉRALITÉS

Pour cette étude, nous nous sommes fixés comme objectif la cartographie de l'occupation des terres à moyenne échelle (1/200 000°) à partir de l'analyse numérique des données MSS de LANDSAT.

L'apparition de la télédétection spatiale a entraîné le développement de nombreuses méthodes de traitement de l'information numérique fournie par les satellites actuellement disponibles. Toutes s'appliquent à identifier, puis à regrouper (on appelle cette démarche classification) différents thèmes d'après leurs signatures spectrales. Schématiquement, on peut distinguer deux grands types de classification suivant la volonté ou non de faire intervenir la connaissance a priori d'une vérité-terrain :

- les méthodes dites **supervisées** dans lesquelles on s'inspire d'un modèle déterministe. Il s'agit d'identifier et localiser des classes d'objets particuliers : matorrals arborés, dunes vives, steppes à *Stipa tenacissima*, etc. Dans ce cas, on fournit au calculateur la vérité terrain correspondant à cette nomenclature ainsi que l'indication de l'hypothèse statistique choisie qui permettra d'extrapoler à partir des seules vérités-terrain l'ensemble des valeurs censées représenter les phénomènes recherchés,
- les méthodes dites **non supervisées** qui, elles, ne font pas intervenir de vérité-terrain dans leurs algorithmes de traitements.

L'exemple de cartographie par traitements numériques des données MSS de LANDSAT qui est présentée ici repose sur une **classification supervisée** suivant le maximum de vraisemblance (méthode dite de Bayes) largement employée en télédétection spatiale et particulièrement bien décrite dans "Télédétection du Marais Poitevin et de ses marges" (FRALIT, 1981).

L'intervention du thématicien dans ce type de classification, appelée **assistance** dans le vocabulaire de la télédétection, peut se faire à différents niveaux du traitement et dans divers domaines (spectraux, taxonomiques et géographiques, VERGER, *in* FRALIT, 1977) :

- la **pré-assistance** qui est exercée avant la classification,
- la **post-assistance** qui est exercée après la classification,
- la **co-assistance** qui est exercée pendant la classification.

L'intervention de l'utilisateur intéressant différents domaines permet de différencier :

- l'**assistance spectrale** qui est fondée sur la connaissance des caractéristiques des signatures spectrales,
- l'**assistance taxonomique** qui repose sur la connaissance des objets susceptibles d'être discernés sur le terrain,
- l'**assistance géographique** qui s'appuie sur la connaissance de l'étendue géographique d'un phénomène connu.

Les traitements utilisés pour cette expérimentation relèvent d'une pré-assistance à la fois taxonomique et géographique qui s'appuient sur la méthode dite du maximum de vraisemblance (DUDA et HART, 1973, DUDA *et al.*, 1976). Ce type de classification consiste, après délimitation de parcelles de vérité-terrain, à reconnaître l'appartenance de chaque point de l'image étudiée à l'une des classes associée à ces parcelles. Pour cela, la combinaison de deux canaux est expérimentée en cherchant à mettre en évidence la meilleure délimitation des différents thèmes à cartographier. Cette combinaison suppose un découpage linéaire préalable des 256 valeurs possibles par canal en 16 niveaux afin de ramener le volume des informations à traiter à des dimensions compatibles avec le matériel utilisé. Les bornes de codage sont choisies pour ne s'intéresser qu'aux domaines spectraux offrant le plus d'intérêt pour les finalités poursuivies. Pour chaque parcelle d'entraînement, un histogramme croisé J1 = 16 et J2 = 16 est établi où chaque couple de codes S J1 J2 est associé au nombre d'occurrences simultanées de J1 et J2 dans la parcelle concernée. Afin d'affecter un spectre S dans une classe plutôt que dans une autre une règle de décision est appliquée. Il s'agit de la règle dite du maximum de vraisemblance qui utilise la probabilité conditionnelle d'appartenance d'un spectre S à une parcelle P.

Cette règle s'exprime de la façon suivante :

$S \in \Pi i \iff P(S/\Pi i)\ P(\Pi j) > P(S/\Pi j)\ P(\Pi j)$

$\forall\ i \neq j$

où $P(S/\Pi i)$ correspond aux probabilités conditionnelles d'appartenance d'un spectre à une parcelle i

$P(\Pi i)$ est la probabilité a priori des classes i

En faisant l'hypothèse que les différentes classes sont a priori équiprobables, on obtient :

$S \in \Pi i \iff P(S/\Pi i) > P(S/\Pi j)$

$j \neq i$

$j = 1,m$

Ainsi, seules les probabilités conditionnelles d'appartenance d'un spectre à une parcelle sont-elles utilisées pour affecter chacun des spectres de l'image à la classe i à laquelle il a le plus de chance d'appartenir.

Enfin, pour éviter toutes confusions de classification une classe de rejet est définie qui est capable de recueillir les pixels qu'il n'a pas été possible d'affecter à l'une des classes d'entraînement.

Pour cela, une borne inférieure à la probabilité conditionnelle d'appartenance d'un pixel à une classe est fixée arbitrairement par l'utilisateur au-delà de laquelle le pixel est placé dans une classe de rejet.

La relation précédente devient alors :

$S \in \Pi j \iff P(S/\Pi j)\ \ P(S/\Pi j)\ \ \forall j$ et $P(S/\Pi j) > R$

où R est le seuil de rejet exprimé en probabilité.

Cette méthode s'appuie donc sur 6 étapes fondamentales :

- seuillage et codage des données multispectrales,
- création de néocanaux à partir de croisements ou de combinaisons multispectrales,
- calcul d'un histogramme croisé 16x16 réduisant l'espace des mesures (figure 4),
- délimitation et intégration à la base de données numériques constituée des parcelles d'apprentissages (polygones tests),
- classification supervisée suivant le maximum de vraisemblance,
- synthèse cartographique assistée.

Les points fondamentaux de cette pratique sont donc les suivants :

- le codage sur 16 niveaux de l'information numérique contenue dans les scènes étudiées (seuillage et croisement multispectral),
- l'intégration d'une "vérité-terrain" permettant d'élaborer une classification supervisée sur des règles de décisions statistiques.

Dans ce type d'approche, l'attention du thématicien doit, en effet, se porter sur deux points essentiels :

- d'une part, le seuillage de l'information, très simplificateur de l'espace des mesures analysées, qui est déterminant. C'est sur lui que repose l'ensemble des classifications ultérieures. Il doit donc être mené avec beaucoup de soin, en tenant compte des finalités poursuivies, afin d'éviter toutes confusions thématiques,
- d'autre part, le choix des polygones d'apprentissages qui doit être conduit sous certaines conditions. Il dépend étroitement de la connaissance a priori du terrain. Cette connaissance étant soit acquise lors d'inventaires effectués *in situ*, soit déduite des données cartographiques, photographiques ou bibliographiques existantes recensées sur la zone étudiée. Par ailleurs, dans ce choix plusieurs paramètres interviennent. Les polygones d'apprentissages doivent être choisis selon un critère d'homogénéité et de séparabilité spectrale qui doit lui-même tenir compte des finalités poursuivies, des niveaux de perceptions ainsi que des échelles de restitutions cartographiques préalablement fixés. Afin d'être statistiquement représentatif, la taille minimum d'un polygone doit être au moins égale à 50 pixels.

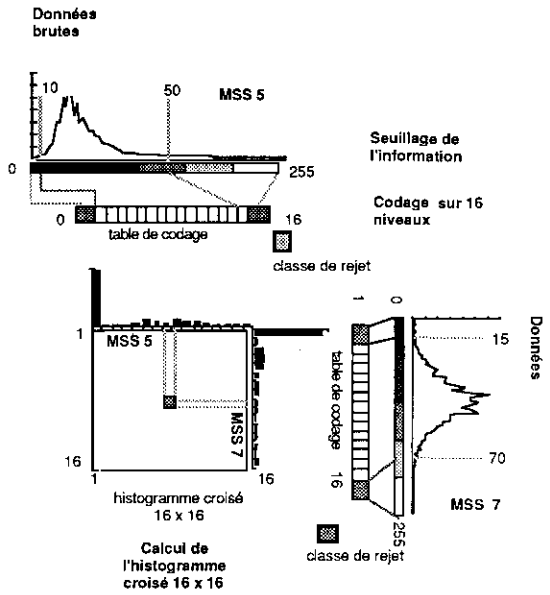


Fig. 4 - Schéma explicatif du croisement des canaux 5 et 7 de LANDSAT et élaboration de l'histogramme croisé 16x16 (à l'intersection d'une ligne et d'une colonne on trouve le nombre de pixels appartenant à une modalité i et j des deux canaux utilisés).

II - DONNÉES UTILISÉES

Les données MSS de LANDSAT 2 du 23 mars 1978, scène 213/27 (figure 5), ont été retenues pour l'absence de tout couvert nuageux, et pour une excellente délimitation des objets au sol notamment liée à la date de prise de vue.

Les données topographiques I.G.N. au 1/200 000° et au 1/100 000° existant sur la zone, les données thématiques déjà citées plus haut (pré-minutes au 1/100 000° de la cartographie de la Wilaya de Saida, et les différentes cartes produites au 1/100 000° par BELOUAM *et al.*, 1978) associées aux relevés ponctuels de terrain réalisés dans la région ont constitué la base thématique indispensable à cette approche.

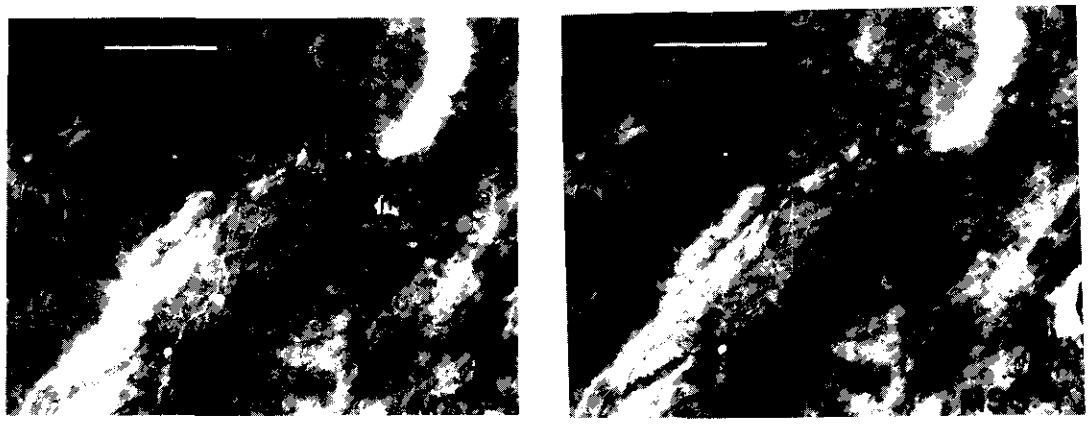


Fig. 5 - Fichier "Méchéria" (bandes spectrales 5 et 7) extrait de la scène LANDSAT 2 213/37 du 23 mars 1978.

III - TRAITEMENTS NUMÉRIQUES

Les traitements numériques pratiqués sur le fichier "Méchéria" comportant 768 lignes et 1021 colonnes, avec un pixel de 80 m de côté, font partie des processus numériques développés au Centre de Télédétection et d'Analyse des Milieux Naturels (C.T.A.M.N.-Sophia Antipolis) de l'ENS Mines de Paris qui sont désormais largement utilisés en télédétection spatiale (FRALIT, 1977, 1981, 1982).

L'approche utilisée, de type supervisée repose sur les étapes suivantes (figure 6) :

- prétraitements (sélection des zones d'étude, délignage et rectifications géométriques par convolution cubique),
- seuillage de l'information de base,
- digitalisation sur tablette coordinographe des parcelles d'apprentissages,
- croisement multispectral (bandes 5 et 7 du MSS de LANDSAT),
- classification suivant le maximum de vraisemblance,
- critique de l'image classée en fonction des finalités poursuivies et de la connaissance *in situ* de la zone étudiée,
- délimitation éventuelle de nouveaux seuils et/ou de nouveaux polygones tests,
- synthèse cartographique finale avec lissage thématique éventuel des tables de classifications obtenues,
- production de typons à haute résolution pour l'impression définitive à partir du système VIZIR Color.

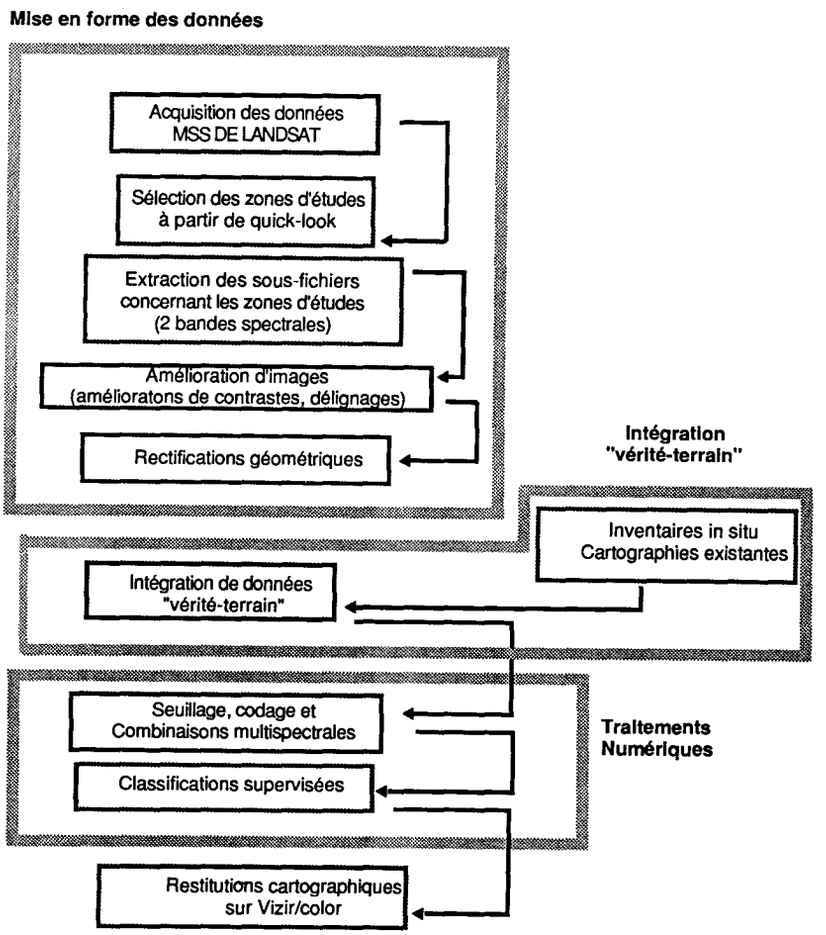


Fig. 6 - Mise en forme des données.

1 - Seuillage multispectral

La classification supervisée, qui a été réalisée au Centre de Traitement en Télédétection de l'Université de Nice, repose sur le croisement des données issues des bandes MSS 5 et MSS 7 de LANDSAT. Comme nous l'avons précisé précédemment, il est nécessaire de seuiller l'information -codée sur 256 niveaux- contenue dans les bandes magnétiques CCT fournies par le GDTA en définissant deux classes de rejet (bornes inférieures et supérieures du codage), ce codage s'effectue directement sur l'écran de visualisation en essayant d'optimiser l'apparition d'objets connus sur l'écran.

Du fait du codage sur 16 niveaux, il nous a paru indispensable de pratiquer trois seuillages permettant d'explorer l'ensemble des informations numériques susceptibles d'être traitées.

En fonction de leurs caractéristiques spectrales, les données ont ainsi été arbitrairement scindées en trois ensembles à traiter séparément :

- les **zones faiblement réflectantes**. Il s'agit essentiellement des djebels, et de l'eau libre présente au niveau du chott et des dayas,
- les **zones moyennement réflectantes** qui recouvrent l'ensemble des glacis et lits d'oueds,
- les **zones fortement réflectantes** qui regroupent les dunes, les groupements psammophiles et halophiles et les zones à faible recouvrement chlorophyllien soumis à la déflation éolienne et aux dégradations anthropozoïques.

Cette pratique permet de contourner les difficultés dues au codage trop simplificateur sur 16 niveaux dont 2 de rejet et de bien étaler l'espace des mesures à étudier.

Les bornes retenues pour les classifications sont les suivantes (figure 7, a et b).

- **zones faiblement réflectantes** :
  MSS 5 : 25, 89
  MSS 7 : 35, 86
- **zones moyennement réflectantes** :
  MSS 5 : 90, 123
  MSS 7 : 87, 128
- **zones fortement réflectantes** :
  MSS 5 : 124, 170
  MSS 7 : 129, 170

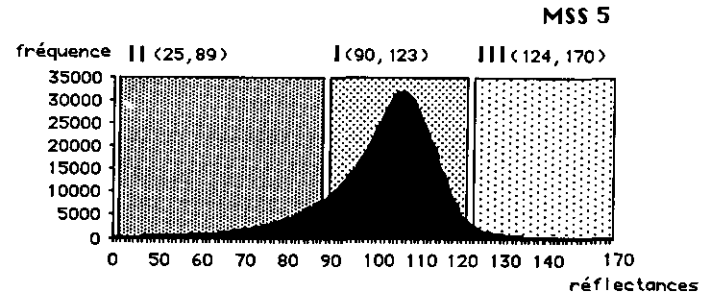


Fig. 7a - Seuillages différentiels des données MSS 5 de LANDSAT en trois sous-ensembles spectraux (I = zones moyennement réflectantes, II = zones faiblement réflectantes, III = zones fortement réflectantes).

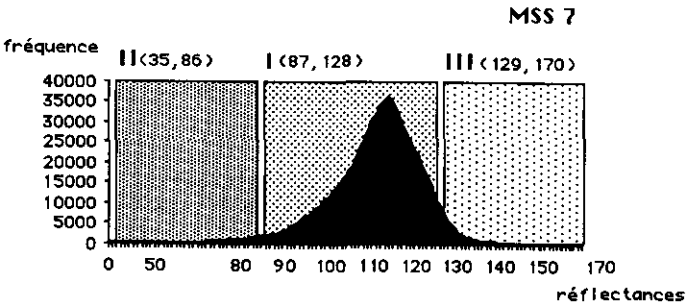


Fig. 7b - Seuillages différentiels des données MSS 7 de LANDSAT en trois sous-ensembles spectraux (I = zones moyennement réflectantes, II = zones faiblement réflectantes, III = zones fortement réflectantes).

2 - Délimitation des polygones d'apprentissages

Un nombre maximum de polygones d'apprentissages a été sélectionné en fonction de notre connaissance personnelle du terrain et des finalités que nous poursuivions.

Divers critères ont dicté notre choix :

- la composition floristique des groupements à cartographier caractérisés par une ou plusieurs espèces végétales physionomiquement dominantes,
- le degré de recouvrement général de la végétation qui peut varier dans la région étudiée de 70% à moins de 15%,
- les composantes éco-géographiques des peuplements (morpho-pédologiques notamment).

Zones d'apprentissages utilisées :

Thème géographique	Code numérique	Localisation	Surface en pixels
Urbain	1	Ville de Méchéria	52 pixels
Sables	2	Dunes vives Contrefort du Dj. Antar Sebkhet en Naama	1001 pixels
Versants de djebels	3	Contrefort du Dj. Antar Pente > 5% Groupements à *Stipa tenacissima* et *Launaea acanthoclada*	1557 pixels
Steppes à alfa sur grès	4	Robket el Harchaia Pente > 5% Groupements à *Stipa tenacissima*	1284 pixels
Matorral	5	Versant nord-nord ouest	1267 pixels
Arboré		Dj. Antar Pente > 5% Groupements à *Stipa tenacissima, Rosmarinus tournefortii, Juniperus phoenicea, Juniperus oxycedrus*	
Steppes à sparte	6	Dayas anastomosées Steppe "tigrée" Milieu très hétérogène à *Lygeum spartum, Salsola brevifolia, Atractylis serratuloides, Artemisia herba-alba*	2533 pixels
Steppes à Armoise blanche	7	Zones de dayas plus ou moins anastomosées Groupements à *Lygeum spartum* et *Artemisia herba-alba*, faciès à *Artemisia herba-alba*	1722 pixels
Oueds et dayas	8	Oueds et dayas Groupements à *Ziziphus lotus, Lygeum spartum* et *Peganum harmala*	2144 pixels
Steppes psammophiles	9	Placages sableux aux alentours de la Sebkhet en Naama Groupements à *Lygeum spartum, Thymelaea microphylla* et *Artemisia campestris*	2579 pixels
Steppes à sparte	10	Bas de versant du Dj. Antar Zone de contact entre glacis de piémont et calcaire lacustre Groupements à *Lygeum spartum* et *Peganum harmala*	4952 pixels
Steppes dégradées à sparte	11	Alentours de Méchéria Groupements à *Lygeum spartum, Salsola brevifolia, Atractylis serratuloides* et *Noaea mucronata*	2355 pixels
Steppes psammophiles	12	Abords de dunes versant ouest du Dj. Antar et Sebkhet en Naama Groupements à *Stipagrostis pungens, Thymelaea microphylla* et *Artemisia campestris*	466 pixels
Chotts et Sebkhas	13	Zone abiotique Sebkhet en Naama	153 pixels
Steppes à Armoise blanche	15	Bordure nord ouest du Chott Rharbi Groupements à *Artemisia herba-alba* et *Atractylis serratuloides*	172 pixels
Steppes dégradées à Armoise blanche	16	Bordure nord ouest du Chott Rharbi Groupements à *Artemisia herba-alba* et *Noaea mucronata*	159 pixels

Steppes mixtes à Armoise blanche et sparte	17	Glacis au nord de Mekmene Abiod Groupements à *Artemisia herba-alba* et *Lygeum spartum*	131 pixels
Steppes halophiles à sparte et salsolacées	18	Bas fond du Chott Rharbi Groupements à *Lygeum spartum* et *Salsola sieberi* var. *zygophylla*	316 pixels
Steppes à Armoise blanche	19	Bordure du Chott Rharbi Groupements à *Artemisia herba-alba* et *Stipa parviflora*	138 pixels

3 - Classifications supervisées

L'application de la règle du maximum de vraisemblance est ensuite appliquée aux données seuillées comme nous l'avons décrit plus haut.

3.1. - Zones moyennement réflectantes

S'appliquant à la majeure partie du territoire, les zones de moyennes réflectances ont été soumises les premières aux algorithmes de classification.

Les seuils retenus pour cette classification sont les suivants :

MSS 5 : 90, 123

MSS 7 : 87, 128

Un codage linéaire automatique est appliqué aux données définissant les modalités suivantes :

MSS 5

0 90 93 95 98 100 102 105 107 109 112 114 116 119 121 123 255

MSS 7

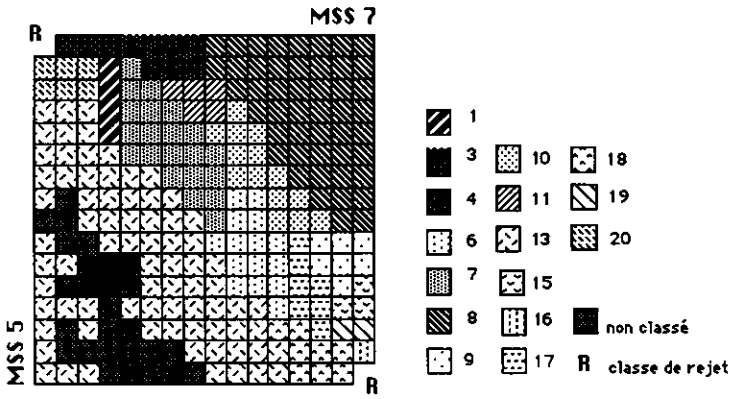
0 87 90 93 96 99 102 105 108 111 114 117 120 123 126 128 255

L'histogramme croisé 16x16 calculé est le suivant

Histogramme croisé 16 x 16

25343	8286	9127	13053	17553	17352	11656	6233	3024	1559	796	368	150	63	17	43
819	25	29	186	1421	5510	8934	6093	3145	1418	604	223	69	13	2	2
443	60	19	28	293	2052	6148	6655	4024	1959	784	253	74	22	4	2
357	238	43	36	158	1215	6385	13074	11787	6247	2536	764	207	41	3	7
49	218	88	31	50	229	1841	7612	11623	8199	3674	1183	251	75	11	5
7	96	140	41	34	75	645	4637	12301	13027	7208	2495	537	105	18	7
1	26	196	194	62	52	248	2454	12905	26183	21974	9567	2343	410	50	26
2	0	39	153	95	23	43	285	3344	14294	22268	14519	4486	790	84	41
0	0	1	77	129	36	16	64	902	7573	21211	21735	9429	2230	268	82
1	0	0	8	120	142	50	51	207	2932	16825	33174	25640	10445	1929	582
2	2	0	0	14	73	63	29	32	214	3059	12538	18107	13407	3651	1412
3	0	0	0	0	19	89	72	25	57	659	5404	12458	15152	6548	3637
4	4	1	0	1	7	37	125	99	66	145	1893	7974	14546	11030	11716
2	0	1	0	0	1	3	33	61	61	33	157	1422	4001	4416	10341
2	0	0	0	0	0	0	5	39	64	43	50	373	1652	1945	8313
13	1	1	0	0	0	0	0	6	60	100	156	221	894	134	26436

Une fois l'histogramme croisé la classification suivant le maximum de vraisemblance est appliqué sur chacune des parcelles test donnant leurs distributions dans l'espace bi-dimensionné des mesures. Après une assistance à la fois géographique et taxonomique, la table de classification suivante est obtenue :



La lecture de cette table appelle quelques commentaires :

- les deux classes de rejet sont respectivement occupées par les zones faiblement réflectantes (cases 0 : 25 349 pixels) et fortement réflectantes (case 255 : 27 204 pixels),
- par voie de conséquence, le matorral arboré (code 5), les steppes psammophiles à *Stipagrostis pungens* (code 12), les dunes vives (code 2) ne sont pas représentés dans ce tableau,
- les différentes unités se répartissent suivant la première diagonale allant des unités peu réflectantes (versants de djebels à *Stipa tenacissima* et *Launaea acanthoclada* (code 3) et à *Stipa tenacissima* (code 4) aux unités plus réfléctantes (steppes dégradées à *Lygeum spartum* (code 11), steppes dégradées à *Artemisia herba-alba* (code 16) et groupements halophiles et psammophiles (codes 9 et 18),
- une nouvelle unité (code 20) a dû être dégagée, mise en évidence par l'assistance géographique. Il s'agit des eaux libres non encore ressuyées et restant à la surface de la Sebkhet en Naama et dans quelques dayas,

3.2. - Zones faiblement réflectantes

Il s'agit essentiellement des versants de djebels, d'une partie des steppes à *Stipa tenacissima* et des eaux libres non encore ressuyées dans les dayas ou la Sebkhet en Naama.

Les données MSS de LANDSAT sont seuillées de la façon suivante :

MSS 5 : 25, 89

MSS 7 : 35, 86

Les modalités définies automatiquement en mode linéaire sont les suivantes :

MSS 5

25 30 35 44 48 53 57 62 67 71 76 80 85 89 255

MSS 7

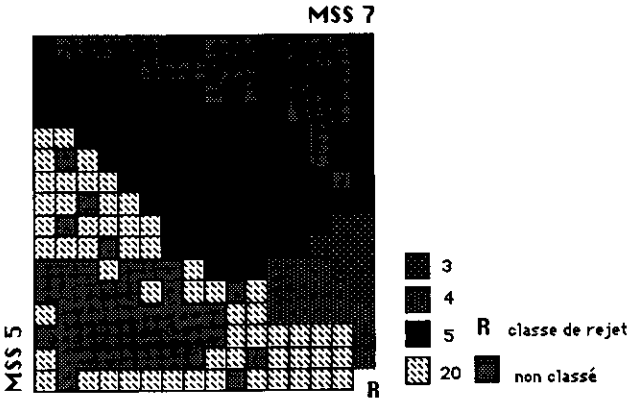
35 39 43 46 50 54 57 61 65 68 72 76 83 86 255

Un histogramme croisé est calculé tenant compte de ce codage sur lequel viennent s'appuyer les classifications supervisées.

Histogramme croisé 16 x 16

781954	19940	6555	1395	228	29	6	4	4	6	7	3	2	0	0	10
2134	2261	2247	1537	735	204	18	1	1	0	0	0	0	0	0	1
292	634	771	788	710	459	106	4	0	0	0	0	0	0	0	0
109	135	352	465	458	498	276	82	7	0	0	0	0	0	0	0
65	56	108	274	350	351	368	251	61	5	1	1	0	0	0	0
18	19	29	42	106	148	173	166	117	25	1	1	0	0	0	0
4	2	15	16	46	73	98	139	132	82	13	1	0	0	0	0
1	0	3	14	16	30	46	64	103	133	64	8	0	0	0	0
1	0	1	5	7	18	30	27	62	135	135	40	5	0	0	0
0	0	0	0	0	5	9	13	24	28	68	40	9	2	0	0
0	0	1	0	1	1	7	5	13	12	29	66	34	2	0	0
0	0	0	0	0	0	0	1	3	7	17	48	77	38	8	4
2	0	0	0	0	0	0	1	4	2	6	22	39	78	23	7
0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	5	15	38	52	38
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4	3	11	26	79
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	8	4873

Une table de classification est ensuite obtenue. Cette table ne laisse apparaître que les unités inféodées aux djebels (matorrals arborés, steppes à *Stipa tenacissima* et *Launaea acanthoclada*, steppes pures à *Stipa tenacissima*, respectivement codes 3, 4 et 5) et les eaux restées à la surface de la Sebkhet en Naama (code 20).



3.3. - Zones fortement réflectantes

Cette troisième classification porte sur les extrémités supérieures des histogrammes des données MSS 5 et 7 et de LANDSAT et affecte essentiellement les groupements psammophiles, les dunes vives et les unités à faible densité de végétation (steppes à *Artemisia herba-alba* et ses différents faciès qui sont soumises à une forte déflation éolienne et marquées par une pellicule de glaçage argileuse).

Les seuils retenus pour cette classification sont les suivants :

MSS 5 : 124, 170

MSS 7 : 129, 170

Le codage linéaire automatique délimite les modalités suivantes :

MSS 5

124 128 131 134 138 141 147 151 154 157 161 164 167 170 255

MSS 7

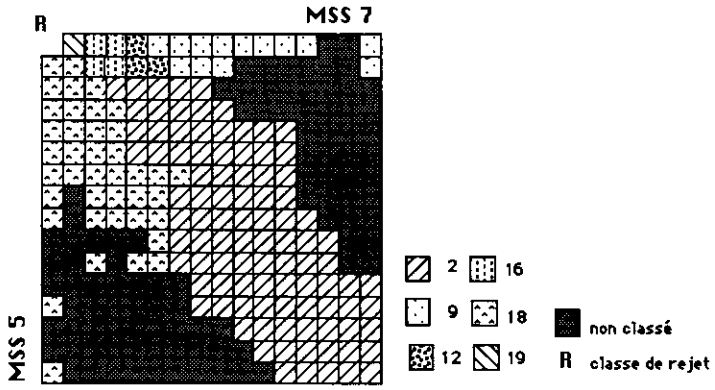
120 132 135 138 141 144 147 150 153 156 159 162 165 168 170 255

Comme pour les deux étapes précédentes, un histogramme croisé 16x16 est calculé :

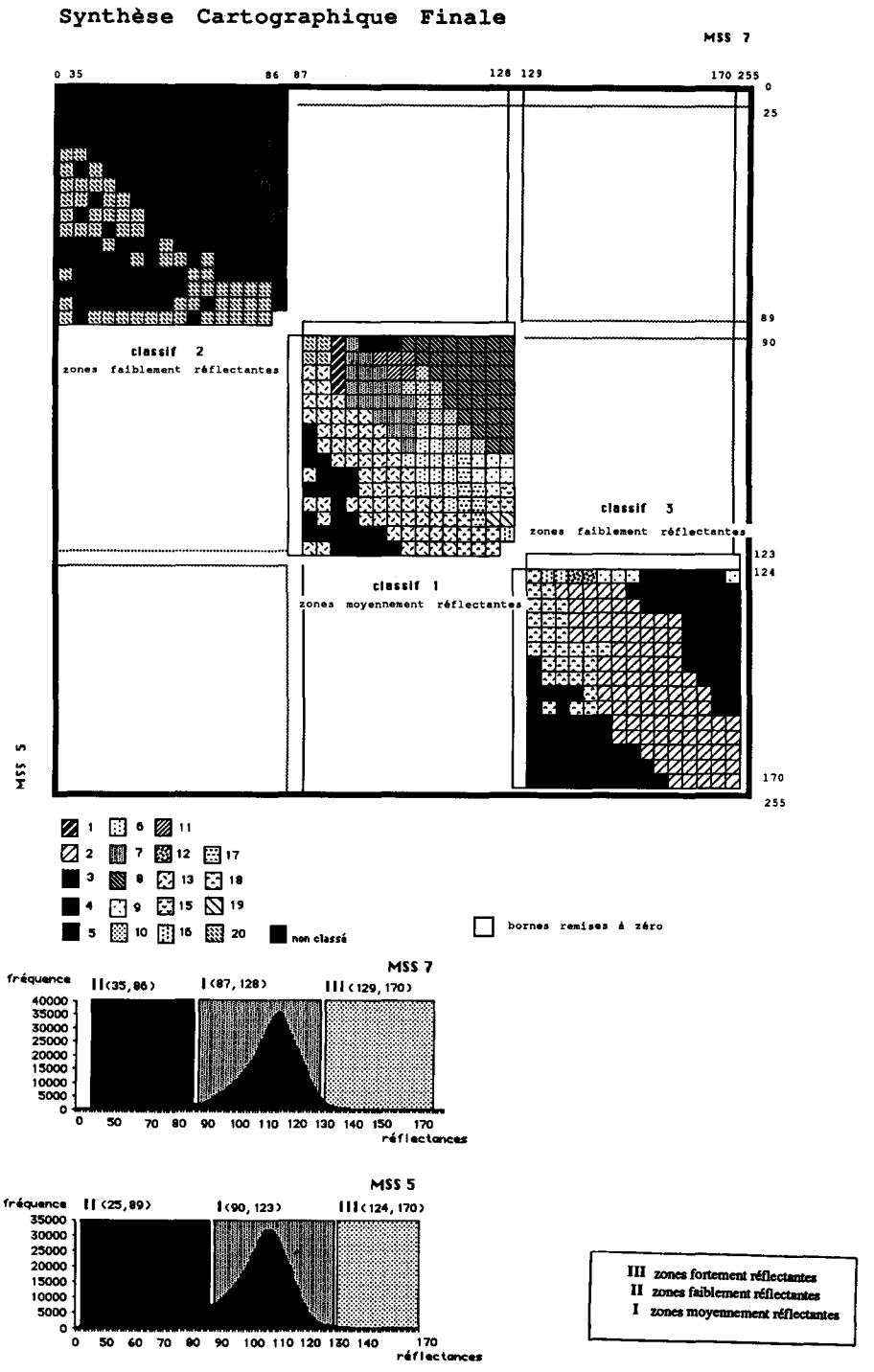
Histogramme croisé 16 x 16

1208	1	0	0	0	0	0	7	3	0	0	0	0	0	0	15
333	77	10	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
118	180	225	93	39	2	2	0	1	0	0	0	0	0	0	3
21	13	100	173	260	98	10	10	2	1	1	1	0	0	0	6
22	2	4	29	192	449	302	184	33	8	6	2	1	0	1	9
10	0	1	3	13	77	229	544	431	107	31	9	2	0	1	16
10	1	2	4	4	9	39	272	751	648	458	149	23	13	0	33
10	1	0	2	2	4	8	40	174	374	908	588	197	111	13	36
6	0	1	1	1	1	1	3	54	184	517	1224	1006	686	295	296
1	1	1	0	1	2	2	2	11	32	95	332	798	1728	943	1748
0	0	0	1	0	0	0	1	3	5	13	47	105	854	1488	4249
0	0	0	0	0	1	0	3	1	0	5	29	45	229	940	10508
1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4	13	14	51	253	12915
0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	19	81	63	65	23957
3	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	3	185	481	40	27182
14	0	1	1	1	2	2	1	7	0	4	1	23	692	927	R

Une table de classification est ensuite obtenue :



Cette table montre la répartition des unités les plus réflectantes dans la zone étudiée. On y retrouve les dunes vives (code 2), les groupements psammophiles (codes 9 et 12), et les steppes peu denses ou dégradées à *Artemisia herba-alba* (codes 16 et 19) et les steppes halophiles à *Lygeum spartum* et *Salsola sieberi* (code 18) avoisinant le Chott Rharbi.



3.4. - Synthèse cartographique

La dernière étape conduisant à l'élaboration finale de la carte de l'occupation du sol à partir des différents résultats obtenus précédemment est réalisée en juxtaposant les trois images classées en prenant soin de remettre à zéro les bornes des tables de classifications comme le montre le figure 8.

L'ensemble des traitements pratiqués est résumé dans la figure suivante :

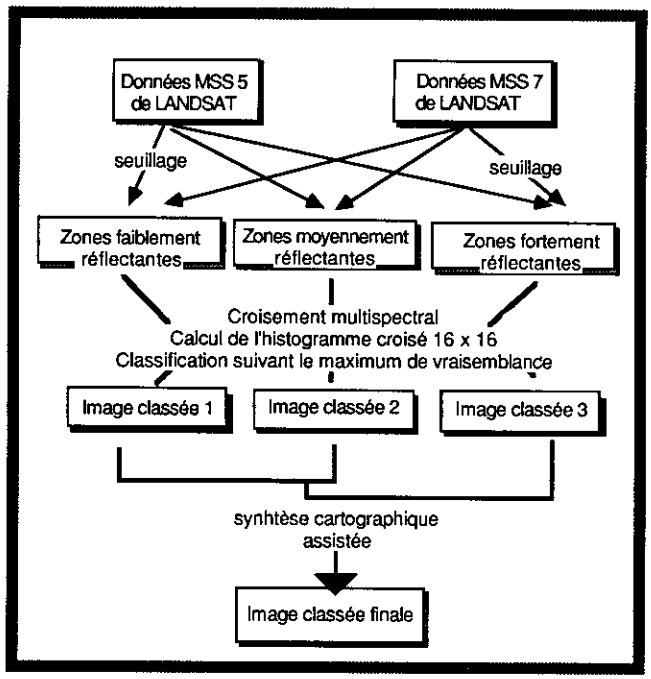


Fig. 9 - Schéma récapitulatif des traitements pratiqués.

RÉSULTATS

La carte obtenue grâce aux traitements qui viennent d'être décrits donne la répartition des unités d'occupation des terres dans la zone étudiée. La classification supervisée suivant le maximum de vraisemblance a ainsi permis de classer et regrouper les différents objets au sol en fonction des finalités que nous nous étions fixées au départ de ce travail. Une synthèse cartographique assistée par ordinateur permet, ensuite, l'élaboration proprement dite de la carte d'occupation des terres au 1/200 000° de cette région.

Pour le niveau de perception retenu et du fait de l'homogénéité bioclimatique relative du territoire étudié, ce sont les systèmes géomorphologiques qui président à l'élaboration du document définitif.

Les unités cartographiques se rattachent à 5 systèmes géomorphologiques distincts :

- les djebels (sommets, versants, glacis de piémont)
- les glacis d'érosion du Quaternaire,
- les zones de raccordement entre ces deux systèmes,
- les zones dépressionnaires (chotts, dayas, chenaux d'oueds),
- les zones d'accumulations éoliennes (dunes, placages sableux).

L'ensemble des relations milieu-végétation, perçu à l'échelle régionale, apparaît ainsi très fortement marqué par les variables pédo-morphologiques et tout particulièrement par l'action des eaux de ruissellement.

Ainsi, peut-on distinguer :

- **les versants de djebels et les affleurements de substrat** où les pentes sont généralement accentuées, montrant des surfaces bien drainées avec un ruissellement rapidement hiérarchisé empruntant les chenaux d'oueds (steppes à *Stipa tenacissima* et matorral arboré sur les versants de djebels, steppes à *Lygeum spartum* et *Artemisia herba-alba* dans les chenaux d'oueds),
- **les glacis et les surfaces polygéniques** où le ruissellement est diffus et qui sont marqués par des variations alors induites par la dureté du substrat. La présence ou l'absence d'une croûte calcaire y détermine la présence ou l'absence de dayas (pas d'apport de ruissellement : steppes à *Lygeum spartum, Salsola vermiculata, Atractylis serratuloides* et *Noaea mucronata*, avec apport de ruissellement : steppes à *Artemisia herba-alba* et ses différents faciès),
- **les formations éoliennes** (dunes, nebkas) qui se caractérisent par un ruissellement pratiquement nul marqué par la présence de psammophytes (steppes à *Stipagrostis pungens*, steppes à *Lygeum spartum* et *Thymaelaea microphylla*),
- **les zones dépressionnaires**, enfin, qui récoltent l'ensemble des eaux de ruissellement de surface et se caractérisent soit par la présence d'une nappe phréatique (chotts et sebkhas), soit par la stagnation des eaux de ruissellement favorisant souvent la présence d'espèces halo-gypsophiles (steppes à *Lygeum spartum* et salsolacées, steppes crassulescentes à salsolacées).

Les traitements numériques de données fournies par MSS de LANDSAT ont ainsi permis de préciser ces relations unissant les différentes formations végétales aux variables morpho-pédologiques. La carte obtenue montre ainsi clairement les positions éco-géographiques spécifiques des différentes unités cartographiées et peut en permettre, par voie de conséquence, l'approche de leur fonctionnement.

Si l'on excepte les groupements azonaux (végétation psammophile à *Stipagrostis pungens* ou végétation halophile), la végétation de la région étudiée peut se ramener à trois grands types de groupements caractéristiques des zones steppiques sud algériennes et sud tunisiennes :

- les groupements à *Stipa tenacissima,*
- les groupements à *Lygeum spartum,*
- les groupements à *Artemisia herba-alba*, l'alfa, le sparte et l'armoise blanche y montrant bon nombre des faciès qui leurs sont propres dans ces régions d'Afrique du nord.

• **Groupements à *Stipa tenacissima***

Les groupements à *Stipa tenacissima,* peu exigeants du point de vue édaphique, affectionnent les zones bien drainées car ne supportant pas les terrains facilement inondables. On les retrouve essentiellement sur les sommets et les versants des principaux reliefs (Dj. Antar, Guettob el Hamra, Dj. Melah) et sur les affleurements calco-gréseux (Robket el Harchaia).

Les groupements à alfa sont, de façon traditionnelle, séparés en deux complexes floristiques distincts :

- l'un dit **sub forestier**, essentiellement localisé sur les reliefs les plus hauts, qui est marqué par la présence d'espèces reliques forestières,
- l'autre, dit **de plaine**, qui semble préférer les glacis et se caractérise par un cortège floristique amoindri surtout constitué d'annuelles typiques des zones arides et semi-arides.

Les deux types cohabitent dans notre région et les différentes unités cartographiées inféodées à *Stipa tenacissima* sont les suivantes :

- Matorral arboré à genévriers et *Stipa tenacissima :*

  Les steppes arborées à Genévriers oxycèdre et de Phénicie se localisent exclusivement sur les sommets des djebels. S'inscrivant dans le climat semi-aride (variante à hivers froids) de la région, ces groupements végètent entre 1600 et 1800 mètres d'altitude.

Parmi les espèces les plus caractéristiques, on peut citer : *Juniperus oxycedrus, Juniperus phoenicaea*, pour la strate ligneuse haute, *Ferula cossoniana, Ferula communis, Ephedra fragilis, Asparagus horridus, Ormenis africana, Bupleurum spinosum*, pour la strate ligneuse basse, *Koeleria vallesiana, Dactylis glomerata, Scilla peruviana, Stipa tenacissima*, pour la strate herbacée.

- Steppes à *Stipa tenacissima* et *Launaea acanthoclada* :
  Ces steppes mixtes, marquées par la présence de *Launaea acanthoclada* occupent de façon élective les versants de djebels et les affleurements gréseux (Robket el Harchaia) caractérisés par une pente relativement forte et souvent recouverts par un matériau détritique en surface (cailloutis provenants de l'érosion des versants). Les conditions climatiques et anthropozoïques actuelles rendent ces groupements floristiquement très pauvres, les seules espèces vivaces restant l'alfa et *Launaea acanthoclada*.
- Steppes à *Stipa tenacissima* :
  Il s'agit des steppes pures à alfa (nappes alfatières) où *Stipa tenacissima* domine le paysage végétal. Fortement marqués par une proportion importante de thérophytes tels que *Lappula redowski, Sclerocaryopsis spinocarpos, Alyssum linifolium, Alyssum scutigerum, Androsace maxima, Ziziphora hispanica*, ces groupements préfèrent les glacis bien drainés (glacis de piémont des djebels Antar, Guettob el Hamra et Melah) et les affleurements calco-gréseux (Robket el Harchaia).

• **Groupements à *Lygeum spartum***

Le sparte, par sa grande amplitude écologique, se retrouve dans un grand nombre de situations très différentes telles que :

- des surfaces planes très homogènes,
- des micro-ravines et griffes d'érosion entaillant les glacis,
- des zones dépressionnaires (dayas) de quelques mètres carrés à plusieurs centaines de mètres carrés,
- des zones ensablées marquées par un voile sableux, parfois très important et mobile.

Les différents groupements végétaux susceptibles d'être rattachés aux steppes à *Lygeum spartum* sont les suivants :

- Steppes pures à *Lygeum spartum* :
  Les steppes pures à *Lygeum spartum* sont relativement rares dans la région étudiée et se localisent tout à fait spécifiquement dans les zones de raccordement entre glacis de piémont et surface lacustre comme le soulignent BELOUAM *et al.* (1977). Ce contact donne souvent lieu à une rupture de pente soulignée par des alignements de dayas (pied du versant ouest du Djebel Antar) alors occupées par une steppe à *Lygeum spartum* et *Peganum harmala*.
- Steppes à *Lygeum spartum, Salsola vermiculata, Atractylis serratuloides, Artemisia herba-alba* :
  Cette steppe mixte est bien représentée dans la région étudiée affectionnant les glacis de piémont des principaux reliefs. Elle est caractérisée par des sols à croûte ou encroûtement calcaire. La pente variant de 1 à 5%, ces groupements sont l'objet d'un écoulement en nappe des eaux de ruissellement favorisant l'alternance d'accumulations limono-sableuses amassées autour des touffes de végétation et de zones décapées où le substratum affleure. Cette hétérogénéité morphologique explique la caractérisation de cette unité par des espèces aux exigences écologiques très différentes telles que *Artemisia herba-alba* qui traduit l'apport d'eau de ruissellement dans les zones de rupture de pente et les zones dépressionnaires avec un horizon pédologique pénétrable par les racines, *Salsola vermiculata* et *Atractylis serratuloides* qui elles, sont fortement liées à la présence d'une croûte calcaire parfois accompagnées de *Noaea mucronata* et *Helianthemum hirtum* ssp. *ruficomum*.
- Steppes dégradées à *Lygeum spartum, Salsola vermiculata, Atractylis serratuloides* et *Noaea mucronata* :
  Ces groupements, très proches du précédent, traduisent une dégradation anthropozoïque

très forte induisant un recouvrement général faible (5 à 15%) et caractérisés par *Noaea mucronata, Atractylis humilis* var. *coespitosa, Astragalus armatus, Salsola sieberi.*

- Steppes à *Lygeum spartum* et *Thymaelaea microphylla* :
  Localisé dans les zones couvertes par un voile sableux d'origine éolienne, ce type de steppe est nettement individualisé par la présence de nombreuses espèces psammophiles comme *Thymaelaea microphylla, Stipagrostis pungens, Retama raetam, Saccocalyx saturecides, Echinops spinosus, Argyrolobium uniflorum, Artemisia campestris, Malcolmia aegyptica, Plantago albicans, Plantago ciliata.* Dans les zones de contacts avec les chotts (Sebkhet en Naama et Chott Rharbi), les groupements à *Lygeum spartum* et *Thymaelaea microphylla* s'enrichissent d'espèces à tendance halophiles telles que *Atriplex halimus, Frankenia thymifolia.*
- Oueds et dayas à *Lygeum spartum, Ziziphus lotus, Peganum harmala, Artemisia herba-alba:*
  Dans ce type de groupement, les caractéristiques édaphiques, bien que montrant de nombreux gradients, peuvent être ramenées à un nombre spécifique de phénomènes (POUGET, 1980) :
  . apports d'eau de ruissellement important,
  . apports de matériaux alluvio-colluviaux,
  . sols à texture limono-sableuse marquée.
  De nombreux faciès peuvent également apparaître en fonction du type de ruissellement des eaux de surface, du degré de salure et de la charge anthropique. On assiste alors à la prédominance d'espèces soit limonophiles (*Artemisia herba-alba* qui constitue des groupements souvent monospécifiques), halophiles (*Atriplex halimus, Salsola sieberi* var. *zygophylla, Lepidium subulatum,* mekmènes Abiod et Ben Amar), ou rudérales (*Peganum harmala, Atractylis humilis* var. *coespitosa*).

• **Groupements à *Artemisia herba-alba***

Alors qu'*Artemisia herba-alba* entre dans la composition de bon nombre de groupements rencontrés dans la zone d'étude, les groupements purs à armoise blanche, d'un grand intérêt pour le pastoralisme, y sont rares.

Surtout localisés aux alentours du Chott Rharbi, divers groupements, très proches les uns des autres du point de vue de leurs compositions floristiques, ont tout de même été individualisés suivant leur degré de dégradation anthropique (traduite par la prédominance d'espèces caractéristiques physionomiquement dominantes et un degré de recouvrement général de plus en plus faible) :

- steppes pures à *Artemisia herba-alba,*
- steppes à *Artemisia herba-alba* et *Lygeum spartum,*
- steppes à *Artemisia herba-alba* et *Stipa parviflora,*
- steppes à *Artemisia herba-alba* et *Atractylis serratuloides,*
- steppes à *Artemisia herba-alba* et *Noaea mucronata.*

Malgré leurs liens évidents, ces unités se retrouvent dans deux situations relativement bien tranchées :

- soit au pied des djebels, sur les glacis de piémont, dans des stations bénéficiant d'apports de ruissellement et de sols permettant la pénétration du système racinaire, contrastant avec les terrains où la présence d'un horizon d'accumulation calcaire interdit cette pénétration (les groupements à *Lygeum spartum, Salsola vermiculata* var. *brevifolia* prédominent alors),
- soit dans des zones planes où un ruissellement en nappe forme des alternance de zones de dépôts limono-sableux et de zones décapées avec une fine pellicule de glaçage. Ces zones sont caractérisées par des groupements à *Artemisia herba-alba* et *Stipa parviflora* ou *Artemisia herba-alba* et *Atractylis serratuloides* (à l'ouest du djebel Arar notamment), à *Artemisia herba-alba* et *Noaea mucronata* (au nord du Chott Rharbi-.

• **Groupements azonaux**

- Steppes psammophiles à *Stipagrostis pungens* :
  Ces groupements, liés à la présence d'un fort ensablement, sont relativement fréquents dans la zone d'étude, autour de la Sebkhet en Naama, plaqués contre le versant ouest du

Djebel Antar, sur le pourtour du Chott Rharbi. Leurs situations géographiques traduisent de façon explicite l'action des vents dominants d'orientations sud-ouest nord-ouest.

- Steppes halophiles à salsolacées :

Essentiellement localisées aux pourtours des zones abiotiques des sebkhas, elles sont caractérisées par *Halocnemum strobilaceum, Frankenia thymifolia, Atriplex glauca, Limonium delicatulatum, Sphenopus divaricatus, Aeluropus littoralis, Salsola sieberi.* La faible étendue géographique de ces groupements, insaisissables avec un pixel de 80 mètres de côté, nous a contraint à les regrouper avec les zones abiotiques des sebkhas.

La légende définitive de la carte obtenue est la suivante :

Système géomorphologique		**Type de groupement**	**Bioclimat**
a. djebels	sommets et versants	Matorral arboré à *Juniperus phoenicea, Juniperus oxycedrus, Rosmarinus tournefortii* et *Stipa tenacissima*	Semi-aride à aride supérieur variante à hivers froids
	versants	Steppes à *Stipa tenacissima* et *Launaea acanthoclada*	Aride moyen variante à hivers frais
	versants	Steppes à *Stipa tenacissima*	Aride moyen variante à hivers frais
	glacis de piémont	Steppes à *Lygeum spartum, Salsola vermiculata, Atractylis serratuloides, Artemisia herba-alba*	Aride moyen variante à hivers frais
b. Zones de raccordement entre glacis de piémont et surface lacustre		Steppes à *Lygeum spartum* et *Peganum harmala*	Aride moyen variante à hivers frais
c. Glacis d'érosion polygénique du Quaternaire		Steppes dégradées à *Lygeum spartum, Salsola vermiculata, Atractylis serratuloides, Noaea mucronata*	Aride moyen variante à hivers frais
		Steppes à *Artemisia herba-alba*	Aride moyen variante à hivers frais
		Steppes à *Artemisia herba-alba* et *Lygeum spartum*	Aride moyen variante à hivers frais
		Steppes à *Artemisia herba-alba* et *Atractylis serratuloides*	Aride moyen variante à hivers frais
		Steppes à *Artemisia herba-alba* et *Stipa parviflora*	Aride moyen variante à hivers frais
		Steppes à *Artemisia herba-alba* et *Noaea mucronata*	Aride moyen variante à hivers frais
d. Zones dépressionnaires	oueds et et dayas	Steppes à *Lygeum spartum, Ziziphus lotus, Peganum harmala, Artemisia herba-alta, Pistacia atlantica*	Aride moyen variante à hivers frais
	chotts et sebkhas	Steppes halophiles à *Lygeum spartum* et salsolacées	Aride moyen variante à hivers frais
e. Accumulations éoliennes, abords de dunes		Steppes à *Lygeum spartum, Thymaelaea microphylla, Artemisia campestris*	Aride moyen variante à hivers frais
f. Dunes vives			
g. Urbain			
h. Eaux temporaires			

UTILISATION POUR LA GESTION

A travers cette expérimentation, les traitements numériques en mode supervisé des données MSS de LANDSAT apparaissent particulièrement bien adaptés à la cartographie de l'occupation des terres à moyenne échelle en zone aride.

En effet, le niveau de perception obtenu est tout à fait satisfaisant au regard des finalités que nous nous étions fixées au départ de cette expérimentation et en comparaison des documents obtenus sur la même zone à partir d'inventaires phyto-écologiques systématiques (échantillonnage stratifié s'appuyant sur les documents photographiques aériens existants et, parfois même, satellitaires (ACHOUBI *et al.*, 1980, BOUZENOUNE *et al.*, 1977).

Par ailleurs, au delà de la localisation géographique d'unités cartographiques, le point le plus important reste la mise en évidence des liens qui unissent les groupements végétaux ainsi distingués aux variables morpho-pédologiques dominant dans la région. Le caractère synthétique des données fournies par le satellite LANDSAT -tenant compte de la densité du couvert végétal, de la structure horizontale de la végétation, de la couleur du sol- permet, en effet, non seulement la distinction des objets eux-mêmes -en s'appuyant sur une connaissance du terrain étudié-, mais aussi des systèmes qui les régissent.

La carte obtenue montre ainsi qu'il est possible d'appréhender des systèmes (unités de végétation et "complexes" pédo-morphologiques qui leurs sont associés) dont les étendues géographiques sont parfois liées à des phénomènes quelques fois très fins, très difficiles à cartographier de façon traditionnelle et qui restent, de ce fait, parfaitement ignorées des différentes cartes produites sur Méchéria.

Cette perception en terme de système unissant les unités de végétation et les variables mésologiques locales fait de ce vecteur un excellent outil d'aide à l'aménagement de ces régions.

Trois exemples peuvent être donnés :

1 - les groupements liés aux zones d'épandages, aux oueds et aux dayas peuvent être aisément rassemblés suivant leur appartenance à des systèmes de ruissellement plus ou moins organisés (réseau hydrographique nettement hiérarchisé, réseau anastomosé sans directions préférentielles, ruissellement en nappe). Ce sont tous les phénomènes de ruissellement des eaux superficielles -essentiels en zones arides puisqu'intervenant directement sur le bilan hydrique- qui sont ainsi mis en évidence et dont dépendent l'installation et la réussite éventuelle d'aménagements forestiers, pastoraux ou vivriers,

2 - les groupements psammophiles à *Lygeum spartum* et *Thymaelaea microphylla* liés aux placages sableux et aux micro-sebkhas, fortement marqués par la déflation éolienne, entrecoupés de zones d'épandages argilo-limoneuses à *Artemisia herba-alba* (au nord ouest du djebel Hafid notamment) sont également un excellent exemple de cette hétérogénéité spatiale perçue en terme de systèmes et dont la restitution cartographique est quasiment impossible à moyenne échelle en mode traditionnel.

La carte montre parfaitement, malgré l'échelle de restitution cartographique choisie, l'intrication des deux systèmes (zones d'accumulations éoliennes et zones dépressionnaires) et leurs localisations éco-géographiques respectives :

- les premiers apparaissent nettement soumis à l'action des vents dominants d'orientation sud-est nord-ouest et facilitent la compréhension de l'ensemble des groupements psammophiles et des formations dunaires de la région (placages dunaires sur les contreforts du djebel Antar, accumulations sableuses sur les bords nord-ouest du Chott Rharbi, aux alentours de la Sebkhet en Naama, soufflage en micro-sebkha),
- les seconds apparaissent clairement liés au réseau général de drainage et de ruissellement des eaux de surface.

Ce sont les phénomènes d'ensablement spécifiques aux phénomènes de désertisation qui sont ainsi perçus dans un contexte régional. En permettant leur compréhension fonctionnelle, il dès lors possible de proposer des schémas d'aménagements susceptibles de freiner ce fléau.

3 - Plus classiquement, aménager demande en premier lieu d'évaluer l'état initial. Grâce aux principes mêmes des traitements numériques, cette opération est rendue particulièrement aisée. En effet, en obtenant de façon automatique les planimétries des différentes unités discernées, on peut avoir une bonne idée de leurs importances relatives dans la région étudiée (figure 10). De plus, ces superficies pourront servir de base à l'élaboration des propositions d'aménagement et à l'évaluation des potentialités.

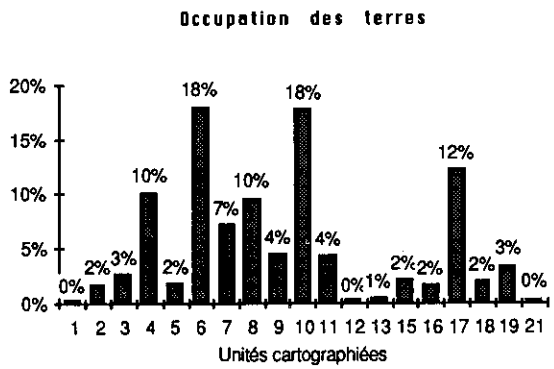


Fig. 10 - Superficies des unités cartographiques

Code	Thème	Superficies	
		en hectares	en pour cent
1	Urbain	96	> 1 %
2	Dunes	5328	2 %
3	Versants de djebels à *Stipa tenacissima* et *Launaea acanthoclada*	8066	3 %
4	Steppes à *Stipa tenacissima*	31745	2 %
5	Matorral arboré à genévriers et *Stipa tenacissima*	5574	2 %
6	Steppes à *Lygeum spartum* et *Salsola vermiculata*	56542	18 %
7	Steppes à *Artemisia herba-alba*	22401	7 %
8	Oueds et dayas	30214	10 %
9	Steppes psammophiles à *Lygeum spartum* et *Thymealaea microphylla*	13892	4 %
10	Steppes à *Lygeum spartum* et *Peganum harmala*	55753	18 %
11	Steppes dégradées à *Lygeum spartum*	13677	4 %
12	Steppes psammophiles à *Stipagrostis pungens*	463	> 1 %
13	Steppes crassulescentes et chotts	1578	1 %
15	Steppes à *Artemisia herba-alba* et *Atractylis serratuloides*	6824	2 %
16	Steppes à *Artemisia herba-alba* et *Noaea mucronata*	5216	2 %
17	Steppes à *Artemisia herba-alba* et *Lygeum spartum*	38440	12 %
18	Steppes à *Lygeum spartum* et *Salsola sieberi* var. *zygophylla*	5959	2 %
19	Steppes à *Artemisia herba-alba* et *Stipa parviflora*	10692	3 %
21	Eaux libres	1179	> 1 %

Si on analyse dans le détail les superficies des différentes unités cartographiées, l'importance de la dégradation du paysage végétal est clairement explicitée :

- les groupements sub-forestiers (matorrals arborés) ne représentent que 2% du couvert végétal et traduisent avec vigueur le résultat d'une action anthropozoïque déterminante,
- 38 % de la surface totale de la région sont occupés par des steppes à *Lygeum spartum* 4% par des faciès dégradés de cette formation végétale,
- les différents faciès des steppes à Armoise blanche qui ne sont, en fait, que des steppes à faible recouvrement sans grand intérêt pastoral, occupent 19 % de la surface totale pour environ 7 % en faciès pur,
- les nappes alfatières n'y sont représentées que pour 2 % de la superficie de la région, alors que 5 % de la surface totale sont dominés par des groupements psammophiles.

CONCLUSIONS

A l'issue de cette expérimentation relative à l'utilisation des données MSS de LANDSAT pour la cartographie à moyenne échelle de l'occupation des terres en zone aride méditerranéenne, il apparaît que les traitements supervisés de ce type de données constituent un apport intéressant pour l'étude de vastes zones souvent mal connues et difficiles d'accès.

Ainsi, l'inventaire des thèmes liés à l'occupation des terres peut-il être réalisé de façon relativement satisfaisante à partir des données MSS de LANDSAT en s'appuyant sur le concept de formation végétale et d'espèces physionomiquement dominantes qui paraît particulièrement informatif

dans ces régions (MANIERE *et al.*, 1981). La perception de phénomènes parfois difficiles à appréhender sur le terrain et à restituer cartographiquement semble également constituer un atout important face aux méthodes traditionnelles.

Cette approche qui, dans notre esprit, ne représente qu'une expérimentation relative à l'utilisation éventuelle des données MSS de LANDSAT en zone aride, suppose un certain nombre de remarques liées aux données elles-mêmes ainsi qu'à l'exploitation des traitements numériques qui sont généralement pratiqués sur ces données :

- les données MSS de LANDSAT ont un certain nombre de limites propres (domaines spectraux balayés, résolution moyenne avec un pixel de 80 mètres de côté). Ces limites peuvent être plus ou moins repoussées grâce à des astuces de traitement (découpages des spectres, masquages thématiques) mais ne pourront jamais aller au-delà d'une frontière implacablement fixée par les caractéristiques du MSS de LANDSAT. Ainsi les échelles de restitutions ne pourront-elles jamais dépasser le 1/125 000° sans crainte de franchir les limites du raisonnable. Les taxons individualisés avec ce type de capteur resteront, à notre avis, très proches des formations végétales locales susceptibles d'être définies avec une ou deux espèces caractéristiques,
- l'exploitation proprement dite des synthèses infographiques élaborées à partir des données MSS de LANDSAT posent, à notre avis, un problème plus important. Les cartes, produites sur support traditionnel à une échelle déterminée compatible avec les niveaux de perceptions habituellement retenus, restent la seule preuve tangible du travail effectué au regard des utilisateurs potentiels des données de la télédétection spatiale.Elles ne sont malheureusement que le produit hybride entre un système traditionnel figé et contraint par le support papier -dont dépend ensuite largement leur exploitation ultérieure- et les systèmes d'informations géographiques archivés et gérés par les divers moyens informatiques actuellement disponibles.

C'est la raison pour laquelle les documents obtenus à partir des traitements infographiques pratiqués sur les données satellitaires apparaissent souvent comme "plus beaux qu'utiles" aux utilisateurs ne disposant pas des moyens de gestion numérique de ces informations (extraction analytique des différents thèmes, combinaisons et croisements des unités cartographiées, exploitations statistiques, intégration dans d'autres systèmes d'informations géocodées, etc.). La carte jointe à ce texte en est d'ailleurs un exemple parmi d'autres. Nous n'avons, volontairement, pas voulu lisser le document obtenu pour chercher à atteindre un résultat satisfaisant les producteurs de cartes traditionnelles avec une lisibilité accrue, des limites mieux perçues. Aussi cette "carte", comme les documents généralement obtenus par traitement des données MSS de LANDSAT, peut être perçue beaucoup plus proche d'une image que d'une carte telle qu'on la conçoit habituellement. C'est là un reproche qui est souvent adressé à ce type de document. En faisant ce type de procès, on oublie deux points essentiels :

- il s'agit bien d'une image, donnant une idée la plus proche possible de la réalité, mais dont le nombre de thèmes identifiés est ramené à une dizaine environ. Il y a donc, malgré les apparences, tous les éléments d'une synthèse sur les composantes du milieu étudié,
- l'information qui y est contenue est avant tout numérique. Elle est donc, tout naturellement, orientée vers une utilisation numérique. Elle ne sera véritablement exploitée (et exploitable) qu'à travers la mise en place de véritables systèmes d'informations géocodées.

Ainsi, l'utilisation des satellites d'observation de la Terre pour la cartographie de l'occupation des ressources naturelles et artificielles trouvera-t-elle toute son efficacité, en zone aride comme ailleurs, par la mise en place de systèmes dinformations écologiques (qu'on nomme parfois systèmes d'informations géocodées sur l'environnement, figure 11). Plus qu'un simple inventaire, c'est une vision véritablement écologique qui pourra être menée avec de tels outils susceptibles d'offrir une approche synthétique des systèmes en place, mettant clairement en évidence les relations entre la végétation et les autres variables du milieu.

En ce qui concerne les zones arides, l'élaboration de tels systèmes dont l'intérêt en matière de gestion de l'espace est souvent souligné (HELLDEN *et al.*, 1980, HELLDEN *et al.*, 1982, BIED-CHARRETON, 1984) intégrant des données multiscalaires et multitemporelles d'origines diverses (satelli-

taires, aéroportées, topographiques, thématiques, ponctuelles) reste coûteuse, mais la possibilité de traiter de vastes surfaces, dans des régions d'accès souvent difficiles, devrait tout de même conduire à un abaissement considérable des coûts de production cartographique et une évaluation objective des ressources naturelles en place.

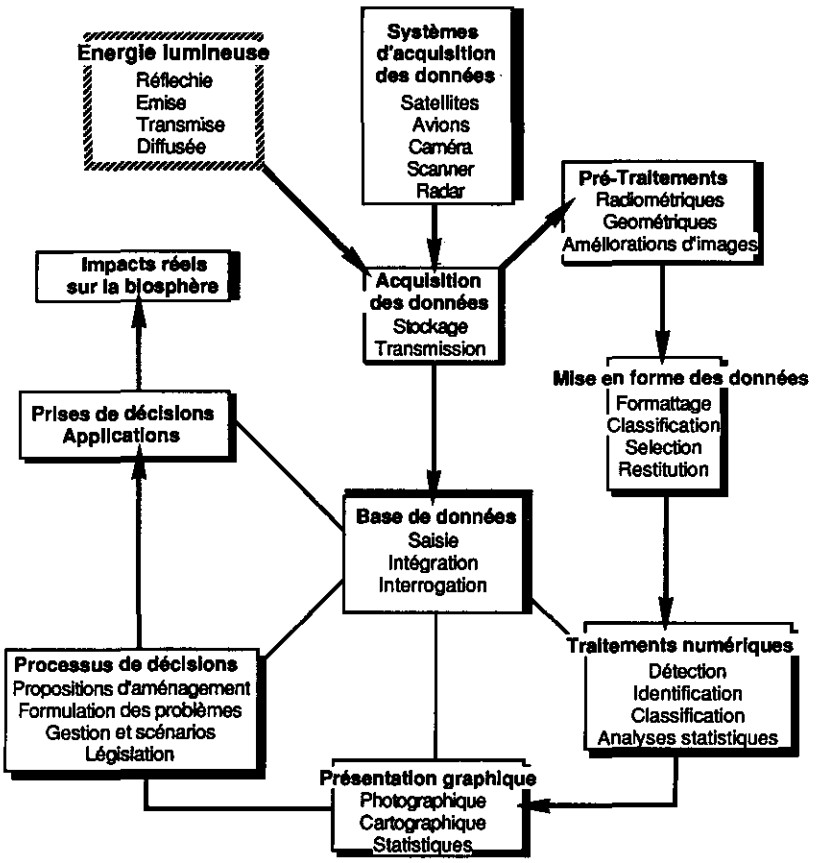


Fig. 11 - Description d'un système d'information géographique théorique utilisant la télédétection et orienté vers l'aide à la décision en matière de gestion de l'environnement.

On peut, enfin, souligner qu'une étude multitemporelle devrait permettre de lever les incertitudes cartographiques toujours présentes lors d'une étude monotemporelle et, peut être, d'évaluer les évolutions à moyen et court terme, notamment liées aux processus de désertisation et dresser des scénarios prospectifs pour l'aménagement de ces régions.

Pour terminer, il nous faut insister sur les intéressantes perspectives qui s'offrent désormais avec les données fournies par les nouvelles générations de satellites à haute résolution tels que SPOT ou LANDSAT 4 & 5. Le champ d'application de l'imagerie satellitaire reste ainsi largement ouvert à toute approche multiscalaire et multivectorielle permettant de regrouper et confronter, dans des systèmes d'informations localisées, des données diverses permettant d'élaborer et expérimenter de véritables modèles écologiques localisés spatialement et orientés vers une connaissance aussi bien fondamentale qu'appliquée des systèmes étudiés.

Bibliographie

ABIDI R., DJEBAILI S., MEDIOUNI K. (1982). La télédétection, moyen pour l'inventaire écologique. Application à une zone pré-saharienne du sud-ouest algérien. *Biocoenoses, 1(2),* 21-43.

ACHOUBI A., BOUZENOUNE A., MEDIOUNI K. (1980). *Carte de l'occupation des terres de l'Algérie au 1/200 000°: Méchéria,* Alger, 1 f.

ACHOUR H. (1982). Essai de synthèse sur les sols de la Wilaya de Saïda en relation avec la végétation. *Biocoenoses, (1(2),* 83-110.

AIDOUD A., BOUZENOUNE A., MEDIOUNI K., NEDJAROUI D. (1980). *Carte pastorale de l'Algérie au 1/200 000°: Méchéria,* Alger, 1 f.

ALBUISSON M., DAGORNE A., MAHROUR M. (1982). Télédétection spatiale multispectrale et cartographie de l'utilisation du sol dans la zone de Tizi-Ouzou (Algérie), *in: Télédétection et géographie appliquée en zone aride et sud méditerranéenne,* Coll. E.N.S.j.f., *19,* 85-108.

AIDOUD A., DAHMANI M., DJEBAILI S., KHELIFI H. (1982). Synthèse écologique sur la végétation des Hautes Plaines steppiques de la Wilaya de Saïda. *Biocoenoses, 1(2),* 133-168.

BARDINET J. (1981). Annaba (Algérie) : Télédétection et analyse géographique par Landsat 2, *Méditerranée, 2-3,* 29-41.

BARDINET J., FOSSET R. (1982). Télédétection multispectrale de la zone de Casablanca (Maroc) par Landsat 1 et 2, *in: Télédétection et géographie en zone aride et sud méditerranéenne,* Coll. E.N.S.j.f., *19,* 139-162.

BIED-CHARRETON (1984). Contraintes et conditions de l'utilisation de la télédétection pour l'inventaire des cultures et le suivi de l'utilisation du sol dans les pays en voie de développement. Restraints and conditions of use of remote sensing for crop survey and keeping track of soil uses in the developing countries. *Soc. fr. photogramm. télédétection, 93,* 5-13, abs. eng.

BELOUAM N., BERAUD F., CLAUDIN J. (1975). *Etude écologique de la Z.D.I.P. d'El Biod (Méchéria),* (3 cartes au 1/100 000° + notice), D.E.M.R.H., Alger, n. diff.

BOUZENOUNE A., CELLES J.C., MANIERE R. (1977). *Carte de la Végétation de la Wilaya de Saïda au 1/500 000°,* Alger, 1 f., n. éd. + notice.

CLAUDIN J., BERAUD-FAVEDE F., POUGET J. (1975). *Etude écologique de la Z.D.I.P. des Arbaouets* (3 cartes au 1/100 000° + notice), D.E.M.R.H., Alger, n. diff.

CLAUDIN J., LE HOUEROU H.N., DONADIEU J., HAYWOOD M. (1975). *Etude des ressources naturelles et démonstration agricoles dans la région du Hodna. Etude Phyto-écologique du Hodna.* Programme des Nations Unies pour le Développement, Organisation des Nations Unies pour le Développement, Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture, Rome, AGS : DP/ALG/66/509, Rapport Technique n°3, 153 p.

C.R.B.T. (1978). *Rapport phyto-écologique et pastoral sur les Hautes Plaines steppiques de la Wilaya de Saïda,* O.N.R.S., Alger, 256 p. + annexes.

DJEBAILI S. (1982). Diagnose phytosociologique de la végétation nautrelle des hautes plaines et de l'Atlas Saharien Algérien. *Biocénose, 1(2),* 6-20.

DJEBAILI S., ACHOUR H., DJELLOULI Y., KADIK L. (1981). *Carte Phyto-écologique de l'Algérie au 1/200000°: Méchéria,* Alger, 1 f.

DJELLOULI Y. (1981). *Etude climatique et bioclimatique des hauts plateaux du sud oranais - Wilaya de Saïda. Comportement des espèces vis-à-vis du climat.* Thèse Univ. Alger, 272 p. + annexes.

DUDA D., HART E. (1973). *Pattern classification and scene analysis.* Wiley Interscience, New York.

DUDA D., HART E., NILSON N. (1976). Subjective Bayesian methods for rule-based interference systems. *National Computer conf.,* 1075-1083.

ESCADAFAL R., POUGET M. (1985). Luminance spectrale et caractères de la surface des sols en région aride méditerranéenne (Sud tunisien), *4e symposium de l'AISS, groupe de travail pédologie et télédétection, IAC, Wageningen and ITC,* Enschede 4-8 March 1985, Proceeding act, 1-12.

FADADI A. (1981). Essai de téléanalyse d'un piedmont subaride d'après Landsat. (Sud-Est du Haut Atlas Occidental, Maroc), *Méditerranéen 2-3,* 85-91.

FRALIT (1977). *Télédétection du littoral océanique de la France,* coll. E.N.S.j.f., *11,* 310 p.

FRALIT (1977). *Landchad Télédétection de la zone de N'Djamena et du confluent Chari-Logone,* coll. E.N.S. j.f., *12,* 114 p.

FRALIT (1981). *Télédétection du marais poitevin et de ses marges,* coll. E.N.S.j.f., *13,* 311 p.

GOUNOT M. (1969). *Méthodes d'étude quantitative de la végétation*, Masson et Cie, Paris, 314 p.

HELLDEN U., STERN M. (1980). Evaluation of LANDSAT imagery and digital data for monitoring desertification indicators in Tunisia. *Proceedings of 6th Int. Symposium on Remote Sensing of the Environment*, Ann Arbor, Michigan, 819-830.

HELLDEN U., OLSSON L., STERN M. (1982). Approaches to desertisation monitoring in the Sudan. *Proceedings of an EARSel-ESA symposium*, Igls, Austria, 20-21 April 1982 (ESA SP-175, june 1982).

IONESCO T.H., SAUVAGE C.H. (1962). Les types de végétation du Maroc : essai de nomenclature et de définition. *Rev. Géog. Maroc, 1-2*, 75-86.

LACAZE B. (1978). Analyse des données numériques. *in : Contribution à l'analyse écologique des zones arides de Tunisie à l'aide de données de la Télédétection spatiale. Expérience ARZOTU, Rapport 1975-1978*, 110-165, CNES/CNRS, décembre 1978.

LE HOUEROU H.N. (1959). *Recherche écologique et floristique sur la végétation de la Tunisie méridionale*. Inst. Rech. Sah. Alger Mémoire, 510 p.

LE HOUEROU H.N. (1968). *La désertisation du Sahara septentrional et des steppes limitrophes (Lybie, Tunisie, Algérie)*. 33 p. miméo, 7 graph., Prog. Biol. Internat.

LE HOUEROU H.N. (1969). *Problèmes et potentialités des terres arides de l'Afrique du Nord*, Conf. int. sur les terres arides, Tucson, 39 p.

LE HOUEROU H.N. (1969). North Africa : past, present, futur. *in : Arid Lands in transition*, 227-278, Amer. Ass. for Adv. Science, Washington.

LE HOUEROU H.N. et HOSTE C.H. (1977). Rangeland Production and Annual Rainfall Relations in the Mediterranean Basin and in the African Sahelo-Sudanian Zone. *Journ. of Range Management, 30 (3)*, 181-189.

LE HOUEROU H.N., CLAUDIN J., POUGET M. (1979). Etude bioclimatique des steppes algériennes (carte bioclimatique à 1/1 000 000°). *Bull. Soc. Hist. nat. Afr. N., 68(3-4)*, 33-74.

LONG G. (1974). *Diagnostic phytoécologique et aménagement du territoire, I : principes généraux et méthodes*, coll. d'Ecologie, Masson et Cie, Paris, 252 p.

LONG G. (1978). Compatibilité entre taxons exprimés et potentiels et possibilités offertes par la télédétection spatiale dans le cas des zones arides des pays en voie de développement de la région méditerranéenne, *Proceeding of an International conference on Earth Observation from Space Resources*, held at Toulouse, 6-11 March 1978. (ESA SP-134), 155-160.

MANIERE R., CELLES J.C. et BARRY J.P. (1981). La cartographie de la végétation à petite échelle en région désertique : analyse critique. Colloque International "Cartographie de la Végétation à petite échelle", Grenoble, 24-27 septembre 1980, Union Internationale des Sciences Biologiques. *Doc. Cart. écologique, 24*, 25-64.

MEDIOUNI K., BOUZENOUNE A., DJEBAILI S. (1982). Quelques cas de représentation cartographique des écosystèmes naturels en zones arides et semi-arides, *Biocénose, 1(2)*, 111-132.

POUGET M. (1980). Les relations sol-végétation dans les steppes sud-algéroises. *Travaux et Doc. ORSTOM, 116*, 555 p., Paris.

SELTZER P. (1946). *Le climat de l'Algérie*, Institut de météo. et de phys. du globe de l'Univ. d'Alger, 219 p. et une carte couleur h.t.

VERGER F. (1982). *L'observation de la terre par les satellites*, Que sais-je ?, *1989*, P.U.F.

VERGER F. (1984). La télédétection spatiale, outil géographique, *Esp. géog., XIII(3)*, 169-172.

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.

J.P. BARRY★
J.C. CELLES★
J. MUSSO★★

RESUME - L'analyse floristique de l'Adrar des Iforas et de ses abords immédiats amène à s'interroger sur la limite méridionale du Sahara qui se confond en ces territoires avec ceux du Sahel.

Après une analyse bibliographique essayant de préciser la réalité sahélienne, les auteurs proposent une identification phytosociologique. A l'Acacio-Panicion électif des territoires sahariens succède l'Acacio-Aristidion que l'on peut identifier aux steppes arborées sahéliennes. Un ensemble de tableaux phytosociologiques analyse leur passage progressif vers la steppe sahélo-soudanienne à Commiphora africana et Combretacées.

L'apparition du fait anthropique conduit aussi les auteurs à proposer une formation liée aux cultures.

SUMMARY - The floristic analysis of the Adrar of Iforas and of its direct approaches leads us to consider the Sahara southern border which merges in these areas into these of the Sahel.

We propose a phytosociological identification and a bibliographical analysis that leads to specify the sahelian reality. The Acacio-Panicion elective of the Saharian areas gives place to the Acacio-Aristidion which can be identified with looks like the Sahelian tree steppesociological tables analyse their progressive passage to the Commiphora africana and Combretaceae Sahelo-Soudanian steppe.

The advent of anthropic fact leads us to propose a formation connected with cultures.

MOTS CLES - Afrique - Sahara - Régions arides - Phytogéographie - Phytosociologie - Phytoécologie - Biogéographie.

" Dans le progrès de nos connaissances scientifiques, la belle part, la part utile et solide, reviendra moins peut-être aux véhicules perfectionnés, à essence voire à huile, montés sur pneus ou sur chenilles, et transportant à vive allure, d'un bout à l'autre du désert, sur des pistes connues, des missions éclairs et des explorations bolides, qu'au lent cheminement de quatre grosses pattes étalées en disque et de deux savates en peau d'antilope ." (MONOD,T. 1931, p. 616).

Analyser le Sahel est encore moins aisé que de s'essayer à limiter le Sahara (J.P. BARRY, 1982). On aurait pu espérer que l'amélioration de sa connaissance au cours du temps passé aurait amené une plus grande pertinence de cet au-delà du Sahara; malgré de nombreux essais, cette marche est encore bien méconnue " *Il n'est pas douteux qu'entre le désert total et la savane sahélienne toutes les transitions existent, compliquées à la fois par les variations annuelles d'amplitude de la mousson, par la physiographie et par la diversité des conditions édaphiques* " (MONOD T., 1954 p.16).

Le fait notable en ces régions érémiques est, à l'évidence, bioclimatique " *La régularité d'une saison des pluies, aussi modeste soit-elle, entraîne une rupture de plus en plus longue de la saison sèche qui est favorable à une végétation spécifique appartenant aux éléments sindo-angolans* " J.P. BARRY, 1982 p. 104). Ce sont les données climatiques qui furent dès le début retenues; la distribution de la flore et l'aspect de la végétation qui ne pouvaient être ignorés, furent un argument complémentaire tenant compte, conjointement de la distribution et de la structure de la végétation " *Mode diffus*

★Laboratoire d'Ecologie des Régions Arides, Université de Nice, 06034 Nice Cedex
★★Maquettes et cartes établies et réalisées par Annick Lacoste
Centre Interuniversitaire de Calcul Nice-Toulon , Avenue de l'Université 83130 La Garde

mode contracté, steppe arbustive, arborée, savane ..." (A. AUBREVILLE, 1957 ,1970 - J-L. TROCHAIN, 1957- UNESCO -FAO, 1973).

Par ailleurs les territoires phytogéographiques n'expriment-ils pas une synthèse de trois composants : climat, flore, végétation , trilogie chère à TROCHAIN (1969) . *Le facteur pluie est plus important que la température . Le domaine sahélien est délimité par les isohyètes 250 à 300 et 500 à 550 mm en une seule saison de 20 à 40 jours de pluie d'Août à Septembre ."* Pour ce qui nous concerne ce facteur ombrique est essentiel. *" L'appellation du Sahara ne doit s'appliquer qu'aux régions soumises au climat désertique caractérisé par une pluviosité pauvre et accidentelle ... Cette notion du Sahara s'oppose à celle des régions limitrophes à pluviosité annuelle ... "* (ZOLOTAREVSKY et MURAT ,1938 p.347), *" Il n'est pas étonnant que le Sahara , désert essentiellement climatique intercalé entre deux zones de pluies régulières, d'hiver au nord et d'été au sud ,puisse, très naturellement, supporter une division en trois parties : une province centrale où les précipitations sont très faibles ... symétriquement encadrée entre deux provinces " marginales " l'une au nord, l'autre au sud ... caractérisées par des pluies plus abondantes, irrégulières ,"* (T. MONOD, 1932 P. 759) *" qui sont de rituel estival ."* (ZOLOTAREVSKY et MURAT 1938 p. 338) . Ce changement est progressif " *la limite entre ces provinces est à la fois brutale et graduelle , nette et confuse; "* (T. MONOD , 1932 p. 762) .

Mais le facteur thermique ne joue-t-il vraiment pas ? *" La Frostgrenze (limite des gelées) proposée par von Wissemann pour la frontière du monde tropical pourrait être un argument, ... elle impliquerait, note Monod, que les limites du monde tropical seraient plus thermiques qu'hydriques et pourraient englober des territoires désertiques "* (R. SCHNELL,1977 IV 2 p. 13). J. DUBIEF (1968) fait coïncider l'aspect saharien méridional avec une pluviosité estivale (mousson) et une température moyenne annuelle plus élevée que dans le reste du Sahara avec un éventuel fléchissement au cours de l'hivernage. Ce critère de " Frostgrenze " (T. MONOD ,1968) joint à celui de la pluie ne sont guère satisfaisants; il faut faire appel à la dimension chorologique malgré le conflit entre frontières climatiques et limites biogéographiques . *" Il n'est pas douteux qu'entre un désert intégral Tanezrouft, Ténéré ... et les savanes sahéliennes, il existe nécessairement des intermédiaires ... et des territoires embarrassants où Sahara et Sahel peuvent sembler passablement intriqués. Il peut exister ... une sorte de "Mischgebiet ".* (T. MONOD , 1957 p.43).

" La phytogéographie ...introduit une notion capitale d'une division transversale du Sahara en deux versants ... Ces deux "versants" botaniques se répercuteront sur certains aspects de la géographie humaine ; l'un d'entre eux, le septentrional, étant celui du blé, l'autre au sud, celui du sorgho et du pénicillaire " (T. MONOD, 1968 p.276). Ainsi tout naturellement les auteurs relièrent la distribution des êtres vivants aux paysages. Le biome naissait ...

Pour A. AUBREVILLE dès 1936 *" la zone sahélienne où prédominent les épineux et un tapis graminéen steppique et où les modes de vie sont surtout basés sur l'élevage et le nomadisme "*. Ainsi à la suite de A. CHEVALIER (1933), A. CHEVALIER et L. EMBERGER (1937) , J. LEBRUN (1947) , T. MONOD (1957) P. QUEZEL (1965), G. TROUPIN (1966) , des subdivisions de l'empire floral de l'Afrique tropicale furent proposées faisant ressortir *" l'opposition entre les régions forestières humides et les régions sèches"*. (R. SCHNELL , 1976 III) autrement dit entre l'Afrique humide forestière et l'Afrique sèche steppique . Malheureusement, pour ce qui nous concerne, les avis sont encore partagés malgré une "mise en ordre" dès 1938 de ZOLOTAREVSKY et MURAT p. 343. *" Immédiatement au sud de la zone saharienne, nous avons distingué une zone à caractère prédésertique ... la pluviosité est régulièrement annuelle et estivale (de 100 à 150 mm) ... la strate arborescente y cesse d'être directement contractée ... Au sud de la zone sahélo-saharienne se trouve la zone sahélienne qui débute avec les halliers à Commiphora africana Engl. ... ensuite vient la brousse à Acacias. Le Sahel moyen (zone de 400 mm) est la zone de prédilection d'* Acacia *seyal (L.) Willd. et* Acacia laeta *R.Br.. Plus au sud apparaît la brousse claire à Combrétacées.*

Ainsi presque tous les auteurs aménagent une transition toute naturelle entre la fin du Sahara et le Sahel qui s'affirme insensiblement mais sûrement. La synthèse proposée par T. MONOD (1957) ne recueille pas tout les suffrages bien que dès 1938 pour cet auteur (p. 369) *" la flore sahélienne autorise une subdivision sahélienne en sahélo-désertique (sahélo-saharienne) et sahélo-soudanienne "*, division reconnue par ZOLOTAREVSKY et MURAT (1938 p. 73 et 337) et nommée par eux : zone sahélo-saharienne et zone sahélienne. Cette découpure doit être respectée pour notre dition; elle repose sur une réalité floristique indéniable qui se retrouve au Sahara soudanien central. A un bioclimat donné correspond une flore et une végétation propres. A. WILSON (1962) rappelle que *" dès que l'on veut dépasser le*

le cadre nécessaire mais élémentaire, de la physionomie, force est de : tenir compte de l'ensemble de la flore ... et par conséquent la connaître dans les détails; d'avoir recours pour la définition des communautés, aux méthodes phytosociologiques appliquées ici cum grano africae ". Ainsi au début l'espèce prime la formation. " *S'il fallait caractériser d'un mot la province sahélienne, on pourrait peut-être dire : le territoire à* Cenchrus catharticus , Euphorbia basalmifera *et* Hyphaena thebaica, *très souvent couvert de dunes mortes et intercalé entre le Sahara à* Cornulaca monacantha *et le Soudan à* Borassus , Butyrospermun *et* Adansonia ". (T. MONOD 1932 p. 764).

Nous avons montré (J.P.BARRY ,1982) qu'il n'était peut-être pas tout à fait satisfaisant de ne s'en tenir qu'a une voire deux espèces. L'analyse comparative des individus d'association fait apparaître la juxtaposition en un même relevé, d'espèces à vaste distribution spatiale, d'autres à distribution beaucoup plus ponctuelle, fait qui reflète à la fois leur amplitude biologique vis-à-vis d'un facteur abiotique essentiel et leur chorologie, car, au cours des temps, des groupes significatifs d'une certaine distribution se définirent. (J.P. LEBRUN, 1977-1979-1981).

Combien de tatonnements furent et seront encore nécessaires avant d'admettre la réalité sahélienne : transition entre deux mondes rigoureusement définis : la région méditerranéenne et la région soudano-angolane. La description exhaustive du pays sahélien par R. SCHNELL (1976-1977) ne doit pas faire oublier une des premières : celle de Y. URVOY (1937) au Niger (p. 73) " *Le territoire envisagé ... rentre par définition dans la province saharo-sahélienne en laissant au nord le Sahara ... qui peut être considéré comme débutant avec l'apparition du Had et au sud la zone soudanaise caractérisée par le karité ,* Butyrospermum parkii Kotschy ; (p.75) " *Avec la sous-province sahélo-soudanienne, on commence à rencontrer des espèces à affinités soudaniennes :* Faidherbia albida , Tamarindus indica, Dalbergia melanoxylon, Anogeissus sp. Sclerocarya birrea, Diospyros mespiliformis , Kigelia aethiopium, Borassus flabellifer *et* Ctenium elegans; (p. 77) *La brousse dense qui paraît être la végétation normale de cette zone, existe. Les Combretacées :* Combretum glutinosum *et* Guieria senegalensis *y jouent un grand rôle. Les Andropogonées n'occupent pas une grande place. Plus au sud, les baobabs contribuent à caractériser la zone soudanienne ."* T. MONOD (1938) souscrit à cette division du nord de la région soudano-décanienne en deux sous-ensembles : sahélo-désertique et sahélo-soudanien " *de cet étroit ruban s'étendant de la Mauritanie à la Mer Rouge et au-delà* " (p. 368) , où s'interpénètrent deux fonds floristiquement distincts .

Il faut absolument, selon nous, reconnaître cette interprétation qui souligne l'individualisation progressive d'un ensemble spécifique l'Acacio-*Aristidion* qui se substitue à l'Acacio-*Panicion* (J.P.BARRY , 1982). Cette translation progressive fut observée en Mauritanie par T. MONOD, ZOLOTAREVSKY et MURAT (1938, p. 73) " *la strate inférieure de la brousse claire basse est constituée par une steppe à* Panicum turgidum *et* Aristida sieberiana *plus à l'intérieur ... une prairie d'espèces annuelles à* Aristida stipoides.*Cette prairie se retrouve à peu près semblable partout sur toutes les stations analogues (dunes fixées) dans toute l'Afrique."* (p. 346) " *la strate herbeuse de la zone sahélienne peut-être ramenée pour la majeure partie de sa surface à deux types principaux :*

-La prairie à thérophytes,de composition floristique bien plus complexe que celle de la zone sahélo-saharienne . Cenchrus biflorus *... se rencontre dans le Sahel sur la plupart des terrains sablonneux. Les autres espèces communes dans la zone sahélienne sont :* Aristida stipoides, Eragrostis tremula, Schoenefeldia gracilis *et de nombreuses dicotylédones....*

*- Une steppe à hautes Graminées vivaces où dominent en général les grande Andropogonées (*Cymbopogon giganteus, Andropogon gayanus ...*) et* Aristida sieberiana *qui vient s'ajouter à* Aristida pallida *apparue déjà dans la zone sahélo-saharienne ."*

C. ROSSETTI (1963) propose pour une partie de la Mauritanie du sud-est et du Mali oriental une subdivision bien semblable entre l'isohyète 200 et l'isohyète 400

- Zone à nappes steppiques continues = Zone saharienne à *Aristida pungens* ,A. *pallida*, A. *Acutiflora*, A. *papposa*, *Cymbopogon schoenanthus* , *Eremopogon foveolatus*, *Panicum turgidum*.

- Zone à mosaïque de prairies éphémères à *Aristida mutabilis*, A *funiculata*, *Cenchrus biflorus*, *Schoenefeldia gracilis* et nappes steppiques = Zone Sahélo-soudanienne.

- Zone avec apparition de savane à *Andropogon gayanus*, *Cymbopogon giganteus*, *Hypparhenia dissoluta* - bordure Sahélo-soudanienne. Dans cette savane on observe au sud de 300 mm/an : *Sclerocarya birrea*, *Combretum glutinosum*, *Guieria senegalensis*, *Commiphora africana*.

C'est à la suite de cette accumulation de connaissances que J.L. TROCHAIN (1940), le premier s'interroge sur les sociétés végétales. (p. 156) " *Le groupement à Chloris prieuri et Schoenefeldia gracilis constitue le tapis des peuplements climatiques d'* Acacia *qui caractérise le domaine sahélien ... il succombe devant la progression de Cenchrus biflorus , espèce anthropozoogène ... qui affectione les sols meubles.*"

Une nouvelle dimension apparaît : la dynamique de la végétation et le poids des civilisations nomades et/ou rurales. (p. 163) " *Le groupement à* Acacia *raddiana (pseudo-climax) répandu dans de nombreuses régions du domaine sahélien est presque partout dégradé. Il ne subsiste plus de groupement végétal originel, partout ce sont des savanes ouvertes présentant toute une série de formes de dégradation*". Le secteur sahélo-soudanien (p. 196) " *comporterait un pseudo-climax à Combretum glutinosum et Aristida stipoides et un pseudo-climax à* Acacia *seyal et Chloris prieuri accueillant un certain nombre d'espèces d'affinités soudaniennes* ".

A. PITOT (1955) qui accepte les subdivisions de J.L. TROCHAIN , souligne (p. 30) " *qu'il est très difficile ... de reconstituer la végétation climacique initiale, tellement le territoire a été ravagé depuis des millénaires par l'homme et le feu. Classer la végétation de remplacement, c'est en réalité souligner beaucoup plus les effets du sol que du climat. (p. 31) Tout défrichement en pays tropical entraîne un asséchement du climat , du sol initial et l'établissement d'une flore plus xérophile . (p. 30) Dans le sous -secteur sahélo-soudanien occidental, le groupement sahélien à* Acacia *raddiana ..., fortement dégradé par l'action de l'homme est remplacé, dans le sud, par le pénéclimax à Faidherbia albida qui est essentiellement une formation anthropogène de cultures soudano-sahéliennes mais qui remonte du sud.*"

" *l'action des facteurs biotiques (mises en cultures, feu,pâturages...) est géographiquement diffuse, faute de zones de références où l'on peut exclure leur action. Celle-ci est partout difficile à prouver, d'autant plus que les facteurs biotiques agissent en général ... dans des poches écologiques naturellement complexes... et sujettes à être colonisées par des groupements contrastés, en l'absence de toute intervention humaine* " C. ROSSETTI, 1963, p. 49).

C'est G. ROBERTY (1940) qui proposa, un des premiers, une nomenclature.
Les premières classifications phytosociologiques du Sahara et du Sahel reposant sur une analyse rigoureuse sont dues à P. QUEZEL (1958, 1969, 1971)

Il est un fait certain, c'est qu'avec le Sahel s'organise un pâturage xérique (R.MAIRE et M. VOLKONSKY, 1945 , p. 132)" *La paille est constituée par une série de Graminées vivaces et annuelles... les Graminées annuelles sont surtout des* Aristida *à arêtes non plumeuses comme* Aristida *meccana, A. longiflora, A. mutabilis, A. adscencionis, A. hordacea puis Cenchrus catharticus, C.prieuri, Schoenefeldia gracilis, Eragrostis pilosa, E. nutans, E. cilianensis .*" Ces pâturages sont caractérisés par P. QUEZEL 1969, p. 56) " *La présence quasi-exclusive de Graminées appartenant au genre* Aristida; *paysage fort répandu dans certaines zones de l'Afrique nord-tropicale. La pelouse à Aristida funiculata couvre des superficies énormes sur le revers occidental de l'Ennedi et dans le bord de la Mokta. Ces pelouses, fort pauvres ... constituent la terminaison septentrionale de la zone de végétation sahélienne au contact du Sahara méridional.* " . Cette association à *Aristida funiculata* et *Indigofera sessiliflora* (P. QUEZEL 1958, p. 221) à annuelles nombreuses, présente une strate arborescente lâche à *Acacia flava* et *Acacia raddiana* qui est probablement à rapprocher des ensembles où domine en Afrique occidentale *Schoenefeldia gracilis* (Ph. BRUNEAU de MIRE et H. GILLET , 1956) . Cette espèce s'associe dans le tapis de mésopsammophytes à *Chloris prieuri* et dans la savane à *Aristida hordacea* des plaines alluviales de l'Aïr . Ces espèces s'incorporent aux groupements à *Acacia raddiana*,à *Chloris prieuri* et *Acacia seyal* J.L. TROCHAIN 1940); c'est dire si la connaissance de la structure , de la distribution et de la composition floristique des formations végétales sont essentielles pour la définition du Sahel.

Nous avons constaté que la flore ainsi que les groupements végétaux qui annoncent le pays sahélien, sont encore fort riches en éléments floristiques "sahariens" (J.P. BARRY, 1982) ; c'est pourquoi l'un de nos propos est de rechercher dans la littérature comment s'annonce le pays soudanien. Quelle espèce , quel groupement peut amener à relativiser la limite méridionale du secteur sahélo-soudanien (aussi bien par excès que par défaut.)

Pour B. ZOLOTAREVSKY et M. MURAT (1938, p. 345) " *au sud de la zone sahélo-saharienne, se trouve la zone sahélienne qui débute avec les halliers à Commiphora africana, arbuste qui, à notre avis, caractérise le mieux cette zone... Ensuite vient la brousse à Acacia .Le Sahel moyen est la zone de prédilection d' Acacia senegal et Acacia laeta plus ou moins mélangés à d'autres espèces. Plus au sud, apparaît la brousse très claire à Combrétacées (Guieria senegalensis, Combretum glutinosum et C. passurgei) avec Bauhinia reticulata et Bauhinia rufescens . Une telle succession , du nord au sud, de trois formations sahéliennes n'a pas lieu nécessairement partout. Elle est assez nette en Mauritanie occidentale et dans la colonie du Niger.*" Selon R. MAIRE et M. VOLKONSKY (1945 , p. 133) " *La savane sahélienne typique ... s'étend depuis l'Aïr méridional jusqu'au sud de l'Adrar des Iforas . Elle est caractérisée par la végétation arborescente abondante en dehors des lits de torrents avec l'apparition de plusieurs espèces d'Acacia et de Commiphora africana par l'abondance d'espèces vivaces ...*" . Selon T. MONOD (1963, p. 603) " *les steppes boisées à Acacia -Commiphora correspondent à cet égard aux types de forêts claires et de savanes relativement sèches et sont parfois considérées comme des forêts claires plutôt que des forêts denses ce qui conduit à rattacher ce paysage aux formations végétales électives du pays sahélien* " . J.L. TROCHAIN (1940 p. 172) constate " *la limite du secteur sahélo-saharien vers le sud coïncide avec la limite septentrionale de l'aire de Combretum glutinosum et méridionale de Capparis decidua, Maerua crassifolia, Acacia seyal, Leptadenia spartium et Panicum turgidum et aussi avec l'isohyète 400 mm ... et un nombre annuel de jours de pluie inférieur à 25 .*" P. QUEZEL (1969) au Soudan constate (p. 14) " *qu'un certain nombre d'espèces arborescentes s'individualise dès que des précipitations notables existent (à partir de 200-250 mm) et que leur valeur phytosociologique mérite réflexion, car (p. 18) l'analyse des résultats n'est pas évidente à première vue* " . Elle montre la quasi constance d'un certain nombre d'arbres qui malheureusement ne sont pas exclusifs de ce type de station (rocailles des plateaux du Darfur)[1]. Il s'agit essentiellement d' *Acacia mellifera et de Commiphora africana, Boscia senegalensis et Dichrostachys glomerata* sont également fréquentes,espèces qui se retrouvent dans des conditions de moindre aridité dans la savane épineuse du piémont du Djebel Gourgeuil.

Pour Ph.BRUNEAU de MIRE et H. GILLET (1956 p. 879) " *la savane arbustive à Commiphora africana représente peut-être le climax actuel nord sahélien et un tapis de mesopsammophytes à Chloris prieuri et Schoenefeldia gracilis* ". Il apparaît selon R. SCHNELL (1976, p. 327) citant divers auteurs, qu'au Nigéria la végétation (de la zone sahélienne) est une steppe parsemée d'arbres souvent épineux de 5 à 10 m . Le tapis herbacé est discontinu avec *Acacia raddiana, A. senegal, A. laeta, Commiphora africana,Salvadora persica, Grewia bicolor, G. villosa, G. flavescens, G. betulifolia.*

Au Tchad pour Ph.BRUNEAU de MIRE et H. GILLET (1956 ,p. 338) , la flore tropicale sèche à *Acacia et Commiphora* aurait pu, à certaines époques (à la fin du Quaternaire), s'étendre sur tout le Sahara; n'est-elle pas actuellement encore représentée dans l'Est africain ? (p. 343). Au Soudan (p. 341) " *on peut rattacher à la zone sahélienne, les steppes désertiques parsemées d'arbres s'étendant entre le 14° et le 17° parallèles. Cette région comporte :*

- *une végétation à Acacia tortilis et Maerua crassifolia,*
- *une végétation à Acacia mellifera et Commiphora africana*

Une grande partie de l'Afrique orientale sèche est occupée par des formations herbeuses (steppiques) avec des arbustes ou des petits arbres épars (la pluviosité y varie de 250 à 500 mm). Les Acacia et le Commiphora jouent un rôle important dans la strate arborescente . Chrysopogon aucheri var. quinqueplumis est dominant avec Chloris roxburghiana, Aristida et Stipagrostis ."

Plus récemment H. BREMAN (1981) établit une relation entre la pluie et la distribution d'espèces essentielles à la définition du Sahel. En Mauritanie à partir de 200 -250 mm/an s'installent *Leptadenia pyrotechnica , Euphorbia basalmifera, Commiphora africana, Acacia senegal.* Au-delà de 300-350 mm/an *Combretum aculeatum ,C. glutinosum, Sclerocarya birrea.*

J.L.TROCHAIN regrette (1952) que les schémas proposés en tant que subdivision chorologique de l'Afrique, si nécessaire à sa compréhension, soient pour l'essentiel basés sur la bioclimat et la végétation (p. 120) " *pour être valables, ils doivent être d'accord avec les considérations floristiques (genres endémiques dans la Région, espèces endémiques dans le Domaine)*". Une documentation floristique

---

(1) les exigences stationnelles des espèces n'en demeurent pas moins hautement variables dans ce pays où tout n'est qu'extrêmes

de plus en plus pertinente se constitue actuellement et ce n'est pas un mince mérite que de s'y consacrer. (J.P. LEBRUN 1977, 1979, 1981).

Pour resserrer la limite qui nous préoccupe, il est opportun de considérer le groupe d'espèces sub-saharo-sindiennes (J.P.LEBRUN , 1981p. 158-288) *Molthiopsis ciliata, Salvia aegyptiaca, Launaea nudicaulis, Panicum turgidum, Psoralea plicata, Lasiurus hirsutus,* et le groupe d'espèces saharo-sindiennes occidentales : *Crotalaria saharae, Nucularia perrini, Stipagrostis brachyptera, Bidens minuta, Salvia chudaei, Senecio hoggariensis, Solenostemma oleifolium, Fagonia tenuifolia.*

Il est absolument nécessaire d'attacher une non négligeable importance à la distribution de ces espèces qui non seulement met en évidence le passage du monde saharien vers le monde sahélien, mais aussi souligne que de cette distribution des taxons dépend leur statut phytosociologique qui *" n' est guère aisé à proposer, aussi bien pour des espèces ayant une distribution stricte liée à un secteur biogéographique - ou à une formation végétale - que pour des espèces à distribution aléatoire "* J.P. BARRY ,J.-C.CELLES,J. MUSSO 1985)

Notre connaissance d'une partie de l'espace saharien de l'Algérie et de l'espace sahélien malo-nigérien, nous amène à une conception particulière de l'analyse de l'espace végétal, conception laissant une part importante à la chorologie qui prime, en ces régions érémiques,la dynamique qui ne reprend ses droits qu'au sud du Sahel. La part du fait pastoral est, en ces étendues désertiques, négligeable. Il n'en fut peut-être pas toujours ainsi. Le Sahara ne fut-il pas grouillant de vie! mais c'est si lointain , que la végétation naturelle en a perdu tout souvenir.

Au Sahel, le poids anthropique fut toujours reconnu [1], *" de nombreux individus de Faidherbia albida qui constituent l'avant-garde du secteur soudano-sahélien, se rencontrent dans les longans de ce sous-secteur occidental où le rôle, le plus souvent néfaste, de l'homme est particulièrement net "* J.L. TROCHAIN, 1940 p. 187) . Fait reconnu , malaisé à analyser, car (J.L. TROCHAIN 1940, p. 275) *" comme les jachères ne durent pas suffisamment longtemps sur sol cultivable, un nouveau défrichement intervient avant que des stades évolutifs aient eu le temps de s'individualiser "* . Mais il n'est pas le seul qui doit être pris en compte . En effet la régularité des pluies amène une pleine occupation du terrain comme le disent si bien R. MAIRE et M. VOLKONSKY (1945p. 133) *" Dans l'Aïr et l'Adrar des Iforas septentrionaux on trouve un faciès mixte dans lequel les savanes sub-sahéliennes occupent les vallées, tandis que les plateaux portent des pâturages sahariens d'hiver ."* A cette première manifestation de la distribution spatiale de la végétation à deux niveaux- distribution liée à une cause édaphique - qui fut également observée au Sahara septentrional (J.P. BARRY, J.C CELLES et L. FAUREL 1976) , il faut en adjoindre une autre qui en est le corollaire . En pays saharien,les creux et déflations du reg hébergent un ensemble d'espèces réunies dans l'*Aervo- Fagonion* alors qu'à côté les oueds abritent les éléments de l'*Acacio-Panicion* . C'est de la comparaison de leur distribution relative d'une part , de leur contenu floristique d'autre part, que nous avons pu proposer une frontière méridionale d'une partie du Sahara (J.P. BARRY , 1982) .

Cette distinction n'a plus lieu d'être dès que l'on pénètre en pays sahélien ; une steppe à *Acacia* l'occupe pleinement . La distribution à deux niveaux s'estompe, ce qui conduit à penser - la plupart des auteurs l'ont souligné - que le climat n'est plus aussi déterminant que le milieu. L'édaphisme primerait alors le climatique ? Peut-être ne lui avons-nous pas assez attaché d'importance?

Notre choix, peut-être un peu trop exclusif, mettant à l'honneur le végétal, est aussi critiquable, mais il nous est apparu qu'il devait précéder tous les autres. La flore est le meilleur indicateur du poids du temps passé, alors que la végétation n'est le reflet que du temps présent.

L'analyse des formations végétales amène à mieux cerner les limites d'aire de distribution qui s'identifient au passage graduel d'un monde vers l'autre . Notre propos étant de rechercher comment s'effectuait ce passage, nous organisons nos tableaux selon un critère essentiellement floristique . deux raisonnements président à leur établissement :

- le premier : réunir ou séparer les relevés présentant une similitude ou une dissemblance floristique avec ceux effectués au Sahara.

---

(1) Cette question risque de rester ouverte aussi longtemps qu'une orientation étroitement floristique et phytogéographique persistera à dominer les recherches sur la végétation (C. ROSSETTI, 1963 , p.38)

- le deuxième : organiser la liste des espèces selon un critère unique identique pour l'ensemble des tableaux.

Cette façon de faire conduit directement à la mise en évidence de certains ensembles significatifs . On peut nous arguer que nous attachons, pour chaque espèce, une trop grande importance à leur présence ou absence qui est le reflet de leur chorologie et à la constance/importance qui conduit à proposer un statut phytosociologique (J.P. BARRY, J.C. CELLES , J. MUSSO , 1985).
Pour organiser nos trois cents relevés, nous effectuons un tri-préalable. Ce choix délibéré repose sur les connaissances acquises du pays, de sa flore et de sa végétation . La logique voulait que nous séparions en un premier temps ce qui était propre à l'*Aervo-Fagonion* et l'*Acacio-Panicion* de ce qui ne l'était pas comme nous l'avions fait auparavant (J.P. BARRY, 1982 - J.P. BARRY, J.C.CELLES, J. MUSSO, 1985) . Cette organisation des relevés aurait été insuffisante si nous ne lui avions pas adjoint une liste des espèces organisées selon leur distribution trans-saharienne que reflète avec rigueur le tableau (XI) de Constance/Importance. Nous rejoignons ainsi une préoccupation chorologique pour l'essentiel, le fait dynamique étant négligeable . De cette comparaison naît une distribution non aléatoire des espèces. Ainsi dans cette première distribution sont regroupées les espèces encore présentes au Sahel connues ou non à travers le Sahara. Les onze premières colonnes (Y II à Y I)concernent le Sahara septentrional, les sept autres (Y VII à Y I) englobent le Sahara central et une partie du Sahara méridional, les trois suivantes (Y C à Y A) sont propres au Sahara méridional . Les dix dernières (S I à S 10) concernent la " marche " sahélienne aux confins avec le pays soudanien (S II).

Il faut attacher une grande importance à la"consistance" de nos phytocénoses qui recèlent toutes des espèces à distribution aléatoire sur l'ensemble du Sahara et d'autres qui n'en ont pas . Quelle en est la signification? Force est de reconnaître, une fois de plus , que la grande stabilité des formations végétales sahariennes, que nous raccordons à des Alliances phytosociologiques, ne fait que souligner la chorologie et non leur dynamique.

Pouvait-on procéder autrement pour mettre un peu d'ordre dans un territoire aussi vaste et aussi homogène puisque certains ensembles occupent des milliers de kilomètres carrés avec, semble-t-il, une constance absolue. R. SCHNELL (1976) *" une grande partie de l'Afrique sèche est occupée par des formations herbeuses steppiques avec des arbustes ou des petits arbres épars "* . P. QUEZEL (1969p.56) *" il s'agit de pâturages xériques qui caractérisent la présence quasi-exclusive des Graminées appartenant au genre Aristida . Paysage fort répandu dans certaines zones de l'Afrique nord tropicale qui constitue souvent la terminaison septentrionale de la zone de végétation sahélienne au contact du Sahara méridional."*

Pour ce qui concerne la connaissance de cette zone saharo-sahélienne elle n'est pas encore assez pertinente pour espérer une synthèse d'une quelconque valeur. Ainsi quand on veut définir avec rigueur la distribution des espèces des confins de l'Atlas saharien aux berges du Niger, on comprend mieux ce qu'est la végétation du Sahara. C'est à partir de cette distribution que l'on doit réfléchir, car elle est réalité.

En ce qui concerne les trois grands ensembles, ils sont toujours bien représentés:

- La classe des *Asterico-Pergularietea tomentosi* laisse progressivement la place à un ensemble du Sahel, le *Boerhavio-Tephrosietea purpureae* qui s'individualise aussi bien dans les steppes boisées ou arbustives que dans les anciens espaces agricoles ou pastoraux.

- L' *Aervo-Fagonion bruguierii* toujours à l'honneur, tend à disparaître devant l'occupation de l'espace par la steppe arborée. La distinction établie n'a plus de raison d'être. Il faut néanmoins reconnaître une réalité au cortège du Sahara méridional : *Farsetia ramosissima garamantum, Zygophyllum simplex, Astragalus vogelii* ...tout à fait significatif de cette bordure saharo-sahélienne.

- Quant à l'*Acacio-Panicion* moins amplement représenté à l'approche de la limite saharo-sahélienne, il amorce une transition en s'enrichissant d'une part en *Zilla spinosa costata, Crozophora brocchiana, Leptadenia pyrotechnica, Atractylis aristata* que l'on rencontre sur les piémonts du Hoggar que nous

séparons de l'ensemble habituel et qui nous sert de critère de diversification de cette Alliance à l'approche du Sahel, d'autre part en *Aristida mutabilis* , *A. funiculata* , notamment, qui amènent avec elles un cortège spécifique que nous raccordons à l'*Acacio-Aristidion* alliance du pays saharo- sahélien (complexe saharo-sahélien) qui ne s'individualise bien qu'avec l'apparition des *Acacia* sahéliens. *Acacia scorpioides nilotica, Acacia seyal, Acacia senegal*).

Classe: Asterico-Pergularietea tomentosi.
Complexe Sindo-angolan (Holarctis et Paleotropis).

Asteriscus graveolens (Forskal) DC.
Pergularia tomentosa L.
Colocynthis vulgaris (L.) Schrader
Crotalaria saharae Cosson
Heliotropium bacciferum Forskal
Linaria aegyptiaca (L.) Dum.-Courset
Farsetia occidentalis B.L.Burtt
Trichodesma africanum (L.) R.Br.

Classe: Boerhavio-Tephrosietea purpureae.
Complexe Sahélo-Soudanien.

Boerhavia repens L. var.viscosa (Choisy) Maire
Boerhavia repens L.
Boerhavia coccinea Miller
Tephrosia purpurea (L.) Pers.
Aristida sieberiana Trin.
Zaleya pentandra (L.) Jeffrey
Bothriochloa bladhii (Retz.) S.F.Blake
Enneapogon desvauxii Beauv.
Tephrosia uniflora Pers.
Indigofera disjuncta Gillett
Tephrosia vicioides A.Richard
Pennisetum violaceum (Lam.)L.C.M.Richard
Pennisetum violaceum (Lam.)L.C.M.Richard var.monodianum Maire
Rhynchosia memnonia (Delile) Boiss.
Eragrostis cilianensis (All.)Link ssp.poaeoides (Beauv.)Husnot
Morettia philaena (Delile) DC.
Geigeria alata (DC.) Olivier et Hieron.
Echinochloa colona (L.) Link
Latipes senegalensis Kunth
Grewia flavescens Juss.
Eragrostis diplachnoides Steudel
Brachiaria xantholeuca Stapf
Corchorus depressus (L.) Stocks
Indigofera hoschtetteri Baker
Cucumis ficifolius A.Richard

Ordre: Aervo-Fagonetalia bruguierii.
Alliance: Aervo-Fagonion.
Complexe Méditerranéo Saharo-sindien (Holarctis).
Sahara central et Sahara septentrional.

Salsola foetida Delile
Nucularia perrini Batt.
Monsonia heliotropioides(Cav.)Boiss. nivea(Decne) Sauvage & Guinet
Neurada procumbens L.

Complexe Sindo-angolan (Holarctis et Paleotropis).
Omni-Sahara.

Fagonia bruguieri DC.
Fagonia olivieri Boiss.
Stipagrostis plumosa (L.) Bourreil
Stipagrostis plumosa (L.) Bourreil ssp.eu-plumosa Maire
Stipagrostis plumosa (L.) Bourreil ssp.lanuginosa (Trabut) Maire
Schouwia purpurea(Forskal)Schweinf. schimperi(Jaub.Spach)Muschler
Cornulaca monacantha Delile
Hyoscyamus muticus L. ssp.falezlez (Cosson) Maire
Artemisia judaica L. ssp.sahariensis Chevall.
Fagonia flamandii Batt.
Pulicaria arabica (L.)Cass. ssp.inuloides (DC.)Maire

Transition Saharo-Sahélienne.

Aerva javanica (Burm.fil.) ex.Schultes
Farsetia ramosissima Hochst. ssp. garamantum Maire
Tribulus terrester L.
Tribulus ochroleucus Maire
Limeum indicum Stokes ex T.Anders
Fagonia arabica L.
Fagonia arabica L. var. viscidissima Maire
Zygophyllum simplex L.
Astragalus vogelii (Webb) Hutch.
Astragalus vogelii (Webb) Hutch. ssp.prolixus (Sieber) Maire
Convolvulus microphyllus Sieber

GROUPE de l'Acacia-Panicum turgidum.
Alliance: Acacio-Panicion.

Sahara central et Sahara septentrional.

Pulicaria crispa (Forskal) Bentham et Hooker
Farsetia aegyptiaca Turra
Psoralea plicata Delile
Astragalus pseudo-trigonus Batt. et Trabut
Lasiurus hirsutus (Forskal) Boiss.
Cenchrus ciliaris L.
Cleome arabica L.
Aristida caerulescens Desf. incl. A.adscencionis L.ssp.adscencionis L.
Pulicaria undulata (L.)DC. var.alveolosa (Batt.et Trabut) Maire
Pancratium trianthum Herbich

Complexe Sindo-angolan (Holarctis et Paleotropis).
Omni-Sahara.

Acacia tortilis (Forskal) Hayne ssp.raddiana (Savi) Brenan
Acacia ehrenbergiana Hayne
Panicum turgidum Forskal
Cymbopogon schoenanthus ssp.laniger (Hooker)Maire et Weiller
Pennisetum dichotomum (Forskal) Delile
Tamarix aphylla (L.) Karsten
Dichanthium annulatum (Forskal) Stapf
Desmostachya bipinnata (L.) Stapf

Transition Saharo-Sahélienne.

Zilla spinosa (L.) Prantl ssp. costata Maire et Weiller
Calotropis procera Willd.
Ziziphus lotus (L.) Desf. ssp. saharae Maire
Tephrosia leptostachya DC.
Maerua crassifolia Forskal
Leptadenia pyrotechnica (Forskal) DC.
Cassia senna L.
Salvadora persica Garcin
Stipagrostis ciliata (Desf.) de Winter
Solenostemma argel (Delile) Hayne
Balanites aegyptiaca Delile
Cassia italica (Miller) Lam. ex F.W.Andrews
Stipagrostis sahelica (Trabut) de Winter
Chrozophora brocchiana (Vis.) Schweinf.
Atractylis aristata Batt.
Euphorbia granulata Forskal
Grewia tenax (Forskal) Fiori
Aristida meccana Hochst.
Amaranthus angustifolius Lam. ssp.graecyzans(L.) Maire et Weiller

GROUPE de l'Acacia-Aristida pl.sp.
Alliance: Acacio-Aristidion mutabilae.

Complexe Saharo-Sahélien.

Aristida mutabilis Trin. et Rupr.
Aristida funiculata Trin. et Rupr.
Cenchrus biflorus Roxb.
Cleome scaposa DC.
Indigofera semitrijuga Forskal
Enneapogon scaber Lehm.
Corchorus tridens L.
Tephrosia plicata Olivier
Tragus racemosus (L.) All.
Chascanum marrubifolium Fenzl ex Walpers
Boscia senegalensis (Pers.) Lam. ex Poiret
Anticharis linearis (Bentham) Hochst.
Eremopogon foveolatus (Del.) Stapf
Indigofera sessiliflora DC.
Blepharis linearifolia Pers.
Cassia tora L.
Eragrostis tremula Hochst.
Faidherbia albida (Delile) A.Cheval.
Tephrosia nubica (Boiss.) Baker
Schoenefeldia gracilis Kunth
Panicum laetum Kunth
Chloris prieuri Kunth
Eragrostis pilosa (L.) Beauv.
Ctenium elegans Kunth
Ziziphus mauritiana Lam.

Alliance: Acacio-Aristidion mutabilae.
Complexe Sahélien.

Acacia scorpioides(L.)Chevall.ssp. nilotica (Benth.)Chevall.
Acacia seyal Delile
Acacia senegal (L.) Willd.
Abutilon pannosum (Forster fil.)Schlecht.
Euphorbia balsamifera Aiton
Grewia bicolor Juss.
Tribulus longipetalus Viv.ssp.alatus (Delile) Ozenda et Quezel
Stipagrostis papposa (Trinius et Rupr.) de Winter
Chrozophora plicata Juss.
Cyperus cf. iria L.
Indigofera senegalensis Lam.
Stipagrostis hirtigluma (Steudel ex Trin. et Rupr.)de Winter
Aristida tunetana Cosson var. intermedia Maire
Eragrostis ciliaris (L.) R.Br.
Cleome viscosa L.
Andrachne telephioides L.
Abutilon albidum(Willd.)Webb et Berth.fruticosum(Guill.Perr.)Maire
Aristida hordacea Kunth
Pennisetum setaceum(Forskal)Chiov. orientale(L.C.M.Richard)Maire
Coelachyrum oligobrachiatum A.Camus
Rogeria adenophylla Gay ex Delile
Indigofera colutea (Burm.fil.)Merr.
Anogeissus leiocarpus (DC.)Guill.et Perr.
Tribulus longipetalus Viv. ssp.macropterus (Boiss.) Maire
Tragus berteronianus Schultes
Indigofera cordifolia Hayne ex Roth
Glossonema gauthieri Batt. et Trabut
Alysicarpus rugosus (Willd.)DC.
Cleome brachycarpa Vahl ex DC.
Ocimum basilicum L.
Celosia argentea L.
Sorghum virgatum (Hack) Stapf
Polycarpon prostratum (Forskal)Ascherson et Schweinf.
Cucumis melo L.
Indigofera costata Guill. et Perr.
Glossonema boveanum Decne
Polygala erioptera DC.

Borreria compressa Hutch. et Dalz.
Cenchrus prieuri (Kunth) Maire
Fimbristylis quinquangularis (Vahl)Kunth
Sporobolus helvolus (Trin.) Durieu et Schinz
Panicum pansum Rendle
Heliotropium strigosum Willd.
Cyperus geminicus Rottb.
Sesameum indicum L.
Melhania denhamii R.Br.
Enteropogon rupestris (J.A.Schmidt)A.Cheval.
Triraphis pumilo R.Br.
Hyphaene thebaica Mart.
Indigofera astragalina DC.

Transition Sahélo-Soudanienne.

La steppe à Commiphora africana et Combretaceae.
Complexe Sahélo-Soudanien.

Commiphora africana (A.Richard)Engler
Guiera senegalensis J.F.Gmelin
Zornia glochidiata Reichenb. ex DC.
Combretum glutinosum Perr.
Combretum micranthum G.Don
Combretum ghasalense Engler et Diels
Acacia ataxacantha DC.
Pterocarpus lucens Lepr. ex Guill. et Perr.
Sclerocarya birrea (A.Richard)Hochst.
Aristida stipoides Lam.
Cassia mimosoides L.
Tetrapogon cenchriformis (A.Richard) W.D.Clayton
Elionurus elegans Kunth
Borreria filifolia (Schumacher et Thonn.) K.Schum.
Alysicarpus ovalifolius (Schumacher et Thonn.)J.Leonard
Walteria indica L.
Piliostigma reticulatum (DC.) Hochst.
Cleome tenella L.
Piliostigma rufescens Benth.
Acacia laeta R.Br.
Aristida rhinichloa Hochst.
Indigofera coerulea Roxb.
Stylosanthes erecta Beauv.
Leonotis africana (Beauv.)Briq.var.africana (Beauv.)J.K.Morton
Dicliptera verticillata (Forskal)C.Chr.
Pupalia lappacea (L.) Juss.
Terminalia avicennoides Guill. et Perr.
Schizachyrium exile (Hochst.)Pilger
Diheteropogon hagerupii A.S.Hitchc.
Amorphophallus aphyllus (Hooker)Hutch.
Dichrostachys glomerata (Forskal)Chiov.
Borassus flabellifer L.
Xeranthemum inapertum (L.) Miller
Leptadenia hastata (Pers.)Decne
Sida ovata Forskal
Heliotropium supinum L.
Cadaba glandulosa Forskal
Crotalaria comosa Baker
Microchloa indica (L.fil.)Beauv.
Peristrophe bicalyculata (Retz.) Nees
Tamarindus indica L.
Hygrophila auriculata (Schumacher) R.Heine

LES FORMATIONS DES CULTURES ET DES STADES POST-CULTURAUX.

Association à Gisekia pharnaceoides et
Dactyloctenium aegyptiacum.

Gisekia pharnaceoides L.
Dactyloctenium aegyptiacum (L.)Ascherson et Schweinf.
Euphorbia aegyptiaca Boiss.
Andropogon gayanus Kunth
Dicoma tomentosa Cass.
Pennisetum pedicellatum Trin.
Tephrosia linearis (Willd.) Pers.
Glinus lotoides L.
Mollugo nudicaulis Lam.
Mollugo cerviana (L.) Ser.
Ceratotheca sesamoides Endl.
Gynandropsis gynandra (L.)Briq.
Cucumis prophetarum L.
Hibiscus asper Hooker fil.
Merremia pinnata (Hochst.ex Choisy)Hallier fil.
Achyranthes aspera L.
Borreria radiata DC.
Setaria pallide-fusca (Schumacher) Stapf et C.E.Hubbard

Tableau I - Il est organisé afin que l'on se rende compte de la progressive individualisation des éléments sahéliens assurant le passage progressif entre ces deux mondes.

En réalité c'est l'*Aervo-Fagonion* qui présente un *Acacio-Panicion* pauvre. Très saharien (relevés - 1124-7182) , il s'enrichit en éléments assurant la transition entre les mondes saharien et sahélien, qui voit l'installation de *Crozophora brocchiana* et *Atractylis aristata* (relevés 1197-562). Les formations édaphiques, essentiellement gypseuses (relevés 1184-1193) caractérisées par *Zygophyllum waterlotii*

et *Suaeda monodiana*

Tableau II - C'est l'*Acacio-Panicion* qui de typique (relevés 8159 à 8214) s'enrichit en éléments sahéliens (relevés 1126 à 7288) . Ce qui est tout à fait significatif c'est :

- l'apparition des éléments du *Boerhavio-Tephrosieta*
- la progressive installation des éléments de transition *Zilla spinosa costata* , *Crozophora brocchiana* ...
- et surtout l'individualisation de l'*Acacio-Aristidion*. Il faut reconnaître à cet ensemble une encore forte ressemblance avec le pays saharien que souligne la permanence de l'*Aervo-Fagonion* dans sa spécificité du Sahara méridional.

L'affirmation du modèle de transition saharo-sahélien s'effectue dans le

Tableau III - où l'on note l'individualisation du *Boerhavio-Tephrosietea* (relevés 8304 à 658) mais surtout le complexe saharo-sahélien. L' *Acacio-Aristidion* (relevés 8301 à 1238) avec une timide apparition du monde sahélien (relevés 7311 à 658). L'intérêt de la juxtaposition de ces relevés, c'est qu'elle souligne la gradation, la progression de cette individualisation qui s'effectue sans heurt. On note aussi qu'en ce qui concerne les éléments de *l'Aervo-Fagonion* ils sont spécifiquement méridionaux.

Tableau IV - Il analyse l'interpénétration du Sahara et du Sahel . L' *Acacio-Panicion* dans ses relations avec l'*Acacio-Aristidion* de mieux en mieux organisé (564-8295). On y reconnaît un appauvrissement de l'*Acacio-Panicion* qui perd un grand nombre de ses caractéristiques que compense l'organisation de plus en plus complète de l'ensemble sahélien.

Tableau V - Un des critères qui nous paraît devoir être retenu est celui de la présence de *Crozophora brocchiana* que nous avions rencontré en compagnie de *Zilla spinosa costata* et de *Leptadenia pyrotechnica* sur le piémont de l'Ahaggar, piémont qui par sa particulière flore annonce " le Sahel " ou tout au moins un pays plus essentiellement saharien (J.P. BARRY, J.C.CELLES, R. MANIERE , 1981) . Type soudano-angolan à *Leptadenia pyrotechnica* et *Crozophora brocchiana*.

Tableaux VI et VII - Ainsi en adjoignant à ces espèces qui annoncent une particularité du monde saharien les espèces qui, sans conteste, sont réputées sahéliennes: *Aristida mutabilis* et *Aristida funicularia* avec ou sans *Schoenefeldia gracilis* se met en place tout un cortège annonciateur du Sahel qu'individualise l' *Acacio-Aristidion*.

Tableaux VIII et IX - Il appert ainsi que de nombreuses espèces indicatrices affirment cet insensible passage vers le Sahel . Affirmation qui est confirmée par ces tableaux où ayant choisi d'éliminer tous les relevés ayant *Crozophora brocchiana* ,un cortège à la fois plus diversifié et plus riche s'installe. Il semble, ce n'est pas une certitude, que le cortège caractéristique de cette alliance est amplement installé et que , hormis quelques représentants annonçant l'approche du Soudan, il atteint, pour notre échantillonnage sa structure maximale.

Par ailleurs , ayant choisi que *Commiphora africana* et les *Combretum* étaient annonciateurs d'un passage vers le Soudan, on constate au :

Tableau X - qu'un cortège s'organise rapidement et intensément. L'ensemble , très riche, en espèces n'a plus rien de commun avec le proche Sahara; il s'incrit très certainement dès que celui-ci perd son particularisme . Cette proximité du pays soudanien (+ de 400 mm/an) pose un problème, car il est synonyme d'agriculture ce qui conduit à l'organisation d'un ensemble qui n'a plus rien de commun avec l'espèce stable (+ ou -) du Sahara, car le poids anthropique à travers l'agriculture et le pâturage n'est plus négligeable. Il s'ensuit donc un ensemble de formations végétales qui est le reflet de cette agression pluri-séculaire. De nombreux auteurs avaient souligné cette particularité que traduit un ensemble d'espèces particulières que nous avons réunies provisoirement en une association à *Gisekia pharnacoides* et *Dactyloctenium aegyptiacum*.

C'est dans ce nouvel espace sahélo-soudanien que les raisonnements appliqués pour le Sahara et à moindre importance pour le Sahel, ne peuvent plus être de mise, car le fait anthropique conduit

à une dynamique naturelle. Tant qu'une analyse précise de l'impact humain sur la structure et la composition du paysage n'aura pas été faite, on voit mal comment une analyse exhaustive de la végétation pourrait être proposée , celles établies jusqu'à ce jour accordant une importance plus grande à la fixité qu'à la dynamique des paysages.

Si on essaie de mettre un peu d'ordre dans notre approche synsociologique de ce monde sahélien, nous pensons qu'à l' *Acacio-Panicion* succède l'*Acacio-Aristidion* mais la transition s'effectue par l'intermédiaire du cortège à *Leptadenia pyrotechnica* , *Zilla spinosa costata*, *Crozophora brocchiana* et que l'alliance de l'*Acacio-Aristidion* se subdivise en deux ensembles l'un plus sahélien, l'autre plus soudanien. Mais peut-être faudrait-il aussi comparer ces ensembles avec d'autres décrits si la même logique préside au même découpage, ce qui est loin d'être acquis. Par exemple peut-être faut-il y raccorder l'association à *Aristida funiculata* et *Indigofera sessiliflora* (P. QUEZEL 1965) qui se tourne (p.300) " *vers le monde tropical* ".

Il faudrait aussi, semble-t-il, réunir en un même ensemble ce que nous avons séparé dans notre aire d'étude; mais est-ce vraiment opportun? car on bascule nettement dans le monde sahélien dès le Tableau V . Le premier ensemble à *Aristida mutabilis* et à *Aristida funicularis* amorce ce mouvement de bascule que confirme le second à *Acacia scorpioides* et à *Acacia seyal*.

Si nous essayons de définir au sein de ces alliances quelques associations qui auront, elles aussi, une signification chorologique, on pourrait caractériser :

-L'*Aervo-Fagonion* par une Association à *Farsetia ramosissima garamantum* et *Astraglus vogelii*

-L' *Acacio-Panicion* par une Association à *Crozophora brocchiana* et *Leptadenia pyrotechnica* avec un faciès spécial au piémont de l'Ahaggar à *Zilla costata*.

Un ensemble propre au Sahara méridional et ses franges sahéliennes à *Zilla spinosa costata*, *Chrozophora brocchiana* et *Atractylis aristida* (J.P.BARRY, 1982 p. 119)

Pour ce qui concerne la bordure sahélo-saharienne il faut rechercher dans l'*Acacio-Aristidion* un ensemble significatif recouvrant les deux ensembles . Peut-être l'Association à *Aristida funiculata* et *Indigofera sessiliflora* (P. QUEZEL , 1963) est-elle caractéristique ou vaut-il mieux lui préférer l'Association à *Schoenefeldia gracilis* et *Chloris prieuri* (J.L. TROCHAIN 1940 -P. BRUNEAU de MIRE, H. GILLET 1956) . Nous n'avons aucune certitude à ce sujet, bien qu'il semble que la première Association soit plus occidentale que l'autre qui est plus sénégalo-malienne. Ainsi apparaîtrait une autre dimension, celle de l'espace sahélien car il est certain, les auteurs l'ont montré , qu'il n'y a pas grande différence entre elles. Elles ont toutes deux une aire de distribution aussi importante, peut-être un peu trop pour des éléments d' une Association ! mais n'annoncent-elles pas aussi le début de l'anthropisation

En Conclusion , le Sahel est bien une "marche " entre le Sahara et le Soudan où s'interpénètrent ces deux mondes en un "Mischgebiet " où se reconnaît un ensemble:l' *Acacio-Aristidion* où demeure encore quelques éléments de l' *Acacio-Panicion*.

Au cours de cette transition, on doit reconnaître un élément saharo-sahélien et un autre sahélo- soudanien que soulignent *Commiphora africana* et diverses Combrétacées . Il faudrait rechercher en d'autres lieux d'autres particularités à ce pays sahélien qui, nous l'avons vu, est loin d'être homogène.

Nous ne pensons pas que notre prospection nous amène à reconnaître à ces ensembles le Sahel. Tout au contraire, dans notre dition ils annoncent le passage vers le monde soudanien ! Le Karité n'est plus très loin !

BIBLIOGRAPHIE

AUBREVILLE A. (1957) . Accord à Yangambi sur la nomenclature des types africains de végétation .
Bois Forêts trop.,Fr.51 :23-27.

AUBREVILLE A. (1970) . Vocabulaire de biogéographie appliquée aux régions tropicales.
Adansonia, Fr. 10(4) : 439-497.

BARRY J.-P. (1982) . La frontière méridionale du Sahara entre l'Adrar des Iforas et Tombouctou.
Ecologia Méditerranea VIII, 3 : 99-124.

BARRY J.-P. , CELLES J.-C. (1972-1973) . Le problème des divisions bioclimatiques et floristiques au Sahara algérien, I : Le Sahara septentrional et nord-occidental.
Nat. mons, sér. bot., 23-24 : 5-48.

BARRY J.-P., CELLES J.-C., MANIERE R. (1976) . Le problème des divisions bioclimatiques et floristiques au Sahara algérien, II : Le Sahara central et le Sahara méridional.
Nat. mons, sér. bot.,26 : 211-242 .

BARRY J.-P., CELLES J.-C., FAUREL L. (1976) . Notice de la carte internationale du tapis végétal et des conditions écologiques (Feuille d'Alger au 1/1 000 000).
C.R.B.T. Alger service Ecologie : 42 p.

BARRY J.-P., CELLES J.-C., MANIERE R. (1981) . Le problème des divisions bioclimatiques et floristiques au Sahara algérien, III : L'analyse de la végétation de la région d'In Salah et de Tamanrasset (Sahara central et Sahara méridional).
Nat. mons., sér. bot., 44 : 1-48 et cartes.

BARRY J.-P. CELLES J.-C., MUSSO J. (1985) . Le problème des divisons bioclimatiques et floristiques au Sahara algérien, IV : Le plateau du Tademaït et ses alentours (carte Ouargla).
Ecologia Méditerranea XI(2/3) : 123-181.

BREMAN H. (1981) . Le trajet Nouakchott -Kankossa , première reconnaissance.
Projet ITC 3.34.21 - Amélioration des pâturages et de la production animale en Mauritanie (APPAM) CABO : 20p.

BRUNEAU de MIRE P. (1956) . Le dix-huitième parallèle constitue-t-il une limite floristique en Afrique occidentale?
J. Agric. trop. Bot. appl.,Fr. III (7-8) : 439-442.

BRUNEAU de MIRE P., GILLET H. (1956) . Contribution à l'étude de la flore du massif de l'Aïr.
J. Agric. trop.Bot. appl.,Fr. III (5-12) : 221-247 , 422-438, 701-759 ,857-886.

CAPOT-REY R. (1951). Sur quelques formes de relief de l'Adrar des Ifoghas.
Trav. Inst. Rech. Sahar. Algérie , VII : 195-199.

CAPOT-REY R. (1952) . Les limites du Sahara français .
Trav. Inst. Rech. Sahar., Algérie , VIII : 23-48.

CHEVALIER A. (1933) . Le territoire géobotanique de l'Afrique tropicale nord-occidentale, ses subdivisions
Bull. Soc. Bot. Fr. LXXX : 4-26 , 1 carte .

CHEVALIER A. , EMBERGER L. (1937) . Les régions botaniques terrestres.
Encyclop. fr. 5 : 7 p.

DUBIEF J. (1968) . Essai sur la détermination des limites et des divisions climatiques du Sahara .
Intern. biological programme, Conservation section, Technical Meeting, Hammamet : 24p.

DUBIEF J. (1968) . Les subdivisions climatiques du Sahara.
Intern. biological programme, Conservation section. Technical Meeting, Hammamet : 10 p.

EMBERGER L. (1955) . Une classification biogéographique des climats.
Rec. Trav. Lab. Géologie-Zoologie , Fac. Sc. ,Montpellier, série Botanique , 7 : 3-43.

GILLET H. (1968) . Le peuplement végétal du massif de l'Ennedi (Tchad).
Mém. Mus. nation. Hist. nat., B.Fr. XVII : 206p., XXXII planches, 1 carte.

LEBRUN J. (1947) . La végétation de la plaine alluviale au sud du lac Edouard (Exploration du Parc National Albert).
Pub. Inst. Parcs nation. Congo belge, Bruxelles, 2 vol. , 800 p., 108 fig.

LEBRUN J.-P. (1977 et 1979) . Eléments pour un atlas des plantes vasculaires de l'Afrique sèche.
Inst. Elev. Méd. Vét. Pays trop., Fr. - I Et. bot. 4 : 265 p - II , Et. bot 6 : 255 p.

LEBRUN J.-P. (1981) . Les bases floristiques des grandes divisions chorologiques de l'Afrique sèche.
Inst. Elev. Méd. Vét. Pays trop., Fr. , Et. bot. 7 : 483 p.

MAIRE R. (1933 - 1940) . Etudes de la flore et de la végétation du Sahara central.
Mém. Soc. Hist. nat. Afr. N. I-II : 1-272 (1933),III :273-433 (1940).

MAIRE R., VOLKONSKY M. (1945) . Le passage du Sahara central au Sahara méridional (zone sahélo-saharienne) entre l'Adrar des Ifoghas et l'Aïr.
Trav. Inst. Rech. Sahar. ,Algérie , III : 131-135.

MONOD T. (1931) . Remarques biologiques sur le Sahara.
Rev. gén.sci.,Fr. , XLII (21) : 609-616.

MONOD T. (1932) . Missions sahariennes Augiéras-Drafer 1927 - 1928 : Phanérogames
Bull. Mus. nation. Hist nat. Fr. 2e sér. ,IV (6) : 756 -774.

MONOD T. (1938) . Notes botaniques sur le Sahara occidental et ses confins sahéliens.
Mém. Soc. Biogéogr. : La vie dans la région désertique nord-tropicale de l'Ancien monde, VI : 351-374

MONOD T. (1954) . VII Congrès international de Botanique . Notices botaniques et itinéraires commentés Excursion "V.3" Sénégal-Mauritanie , partie nord :Mauritanie
Edit. Sedes ,Paris : 32p.

MONOD T. (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 : 147p. C.S.A. Londres.

MONOD T. (1963) . Après Yangambi (1956) . Notes de phytogéographie africaines.
Bull. Inst. fr. Afr. noire, Sénégal, XXV sér.A (2) : 594-619.

MONOD T. (1968) . Les bases d'une division géographique du domaine saharien.
Bull. Inst. fr. Afr. noire, Sénégal , XXX, sér. B(1) : 269-288.

OZENDA P. (1977) . Flore du Sahara.
Edit. C.N.R.S. : 622p (2e édition revue et complétée).

PITOT A. (1949) . Flore et végétation de l'A.O.F.
Encyclop. colon.marit, vol. A.O.F. I : 175-196.

PITOT A. (1955) . VII congrès international de botanique : Végétation du Sénégal . Notes botaniques et itinéraires commentés. Excursion "V.3" Sénégal-Mauritanie .
Ann. Ec. sup. Sci.,Dakar, Sénégal, 11: 30-33.

ROBERTY G. (1940) . Contribution à l'étude phytogéographique de l'Afrique occidentale française.
CANDOLLEA , Suisse, VIII : 83-135.

ROSSETTI C. (1963) . 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 : 71p ronéoté.

QUEZEL P. (1958) . Mission botanique au Tibesti.
Inst. Rech. sahar. Mém. Algérie, 4 : 357p.

QUEZEL P. (1965) . La végétation du Sahara. Du Tchad à la Mauritanie.
Gustav Fisher Verlag, Stuttgart, Masson et Cie Edit. Paris : 333p.

QUEZEL P. (1969) . Flore et végétation des plateaux du Darfur nord occidental et du jebel Gourgeuil
C.N.R.S. , Dossiers de la R.C.P. n°45 " Populations anciennes et actuelles des confins tchado-soudaniens " dossier n°5 : 146 p.

QUEZEL P. (1971) . XI Die Pflanzenwelt , I. Flora und Vegetation der Sahara.
in - Die Sahara und ihre Randgebiete (H.Schiffers ed.) Bd I Physiogeographie :429-475 Weltform Verlag - Munchen Edit.

QUEZEL P. , SANTA S. (1963) . Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales.
Edit. C.N.R.S. , 2 tomes : 1165 p.

SCHNELL R. (1970-1971-1976-1977). Introduction à la phytogéographie des pays tropicaux - Les problèmes généraux *vol. I - Les flores-les structures : 1-499 , vol.II - les milieux, les groupements végétaux : 500-951.* - La flore et la végétation de l'Afrique tropicale.
vol. III : 1-459 , vol.IV : 1-378.
Gauthier-villars ,Paris.

TROCHAIN J.-L.(1940) . Contribution à l'étude de la végétation du Sénégal.
Mém. Inst.fr. Afr. noiré,Sénégal , ? :433p XXX pl. h.t.

TROCHAIN J.-L. (1957) . Accord interafricain sur la définition des types de végétation de l'Afrique tropicale.
Bull. Inst. Et. centrafr.,1 (13-14): 55-93.

TROCHAIN J.-L. (1969) . Les territoires phytogéographiques de l'Afrique noire francophone d'après la trilogie : climat, flore, végétation.
Soc. Biogéogr., Fr.,402 : 139-157.

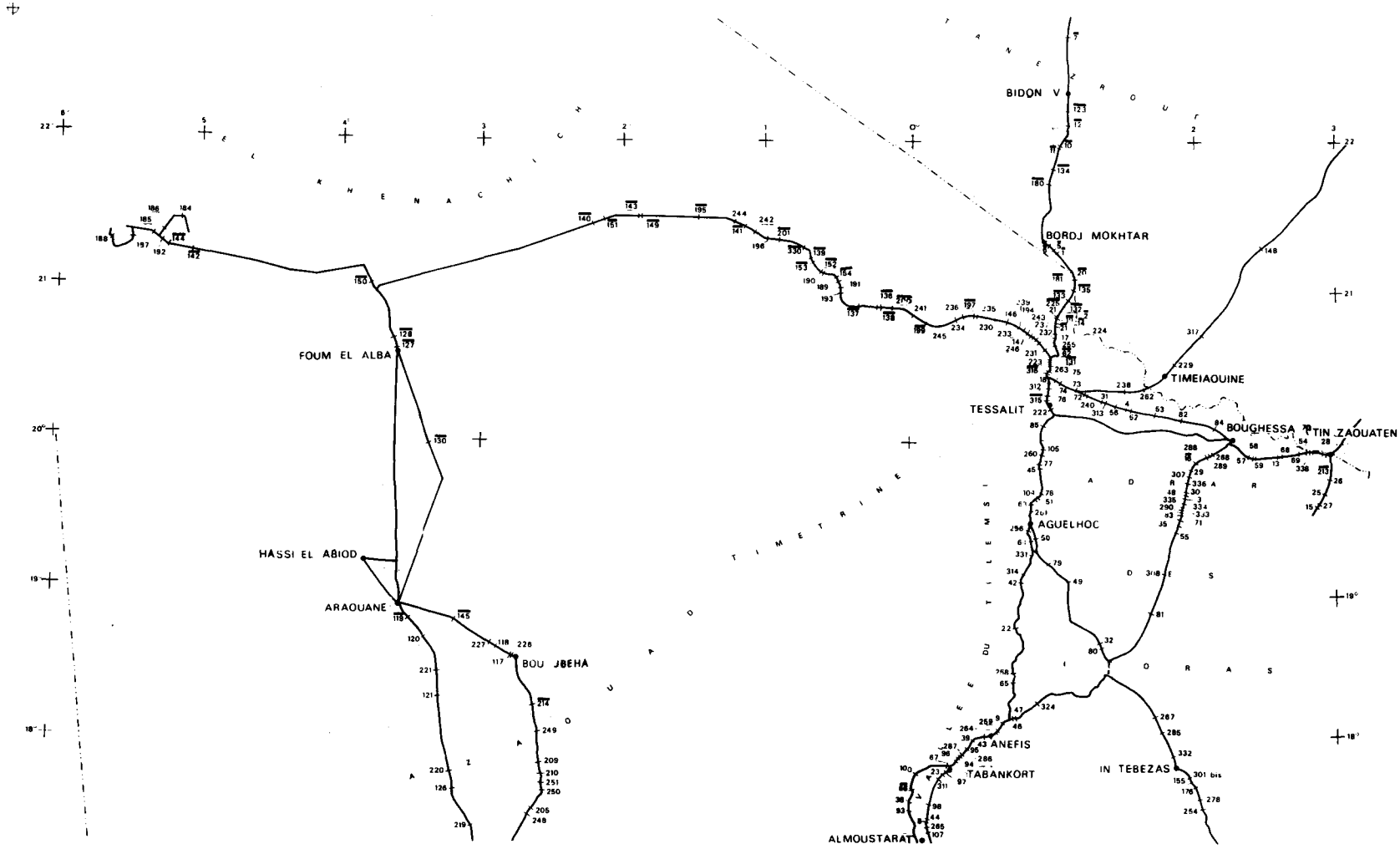
TROUPIN G. (1966) . L'application de formules dans le but de caractériser les formations végétales. Note préliminaire.
Folia scient. Africae Centralis , VI(2-3-4): 22-23.

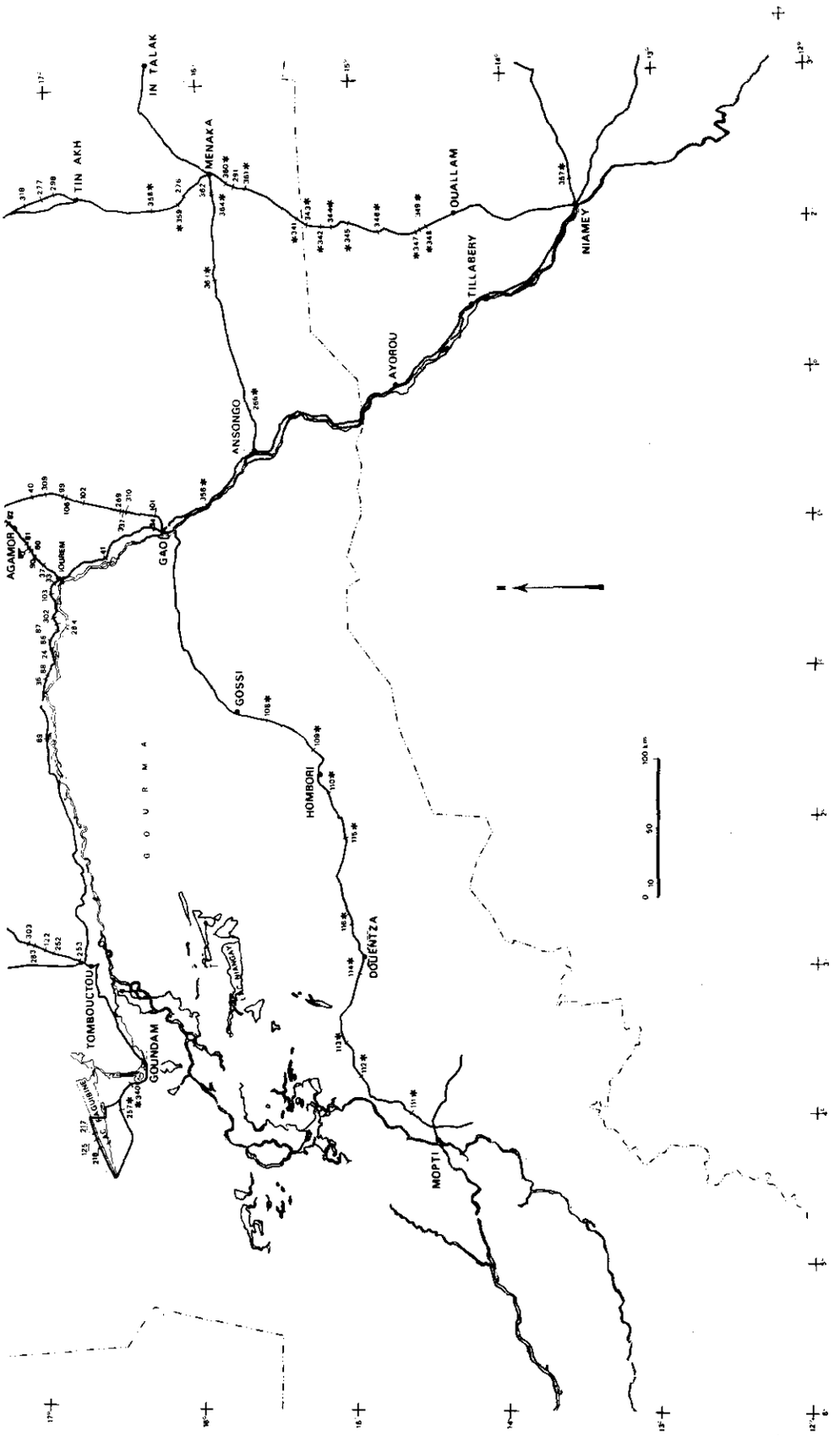
UNESCO - FAO (1973) . Classification internationale et cartographie de la végétation .
Coll. Ecologie et conservation , 6 : 93p.

URVOY Y. (1937) . Notes sur la végétation du Sahara soudanais central.
Ann. Géogr. Fr., XLVI : 270-277 .

ZOLOTAREVSKY B, MURAT M. (1938) . Divisions naturelles du Sahara et sa limite méridionale.
Mém. Soc. Biogéogr., Fr., 6 : 335-350 .

ZOLOTAREVSKY B., MURAT M. (1938) . Rapport scientifique sur les recherches de la mission d'études 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.


BIDON V
BORDJ MOKHTAR
FOUM EL ALBA
HASSI EL ABIOD
ARAOUANE
BOU JBEHA
TIMEIAOUINE
TESSALIT
BOUGHESSA
TIN ZAOUATEN
AGUELHOC
ANEFIS
TABANKORT
IN TEBEZAS
ALMOUSTARAT



CARTE DES PARCOURS

233 relevés non sahéliens
108* relevés sahéliens

Tableau I . AERVO - FAGONION

De 1124 (1) à 7182 (25) *Aervo-Fagonion* typique.
De 1197 (26) à 562 (46) *Aervo-Fagonion* s'enrichissant en éléments saharo-sahéliens.
De 1184 (47) à 1193 (56) faciès gypseux .

	Frequence	Presence	A d m	Recouvrement	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56
Relevé					1124	57	1152	1149	1150	1151	1127	1132	510	1123	1128	511	1140	1141	512	1119	1195	51	1134	1135	55	1133	1136	1139	7182	1197	1129	1130	56	52	1153	7181	8183	8171	8158	8156	1145	7180	1142	1143	1144	8168	8167	8165	8178	562	1184	1185	1186	1187	1188	1189	1190	1191	1192	1193
LES GROUPEMENTS CLIMATIQUES																																																												
LES REGS ET OUEDS OMNI-SAHARIENS																																																												
Classe: Astèrico-Pergularietea tomentosi. Complexe Sindo-angolan (Holarctis et Paleotropis).																																																												
Asteriscus graveolens(Forskal)DC.	1	I	+	67.0																																	3																							
Pergularia tomentosa L.	8	I	+	73.2	+			+				+										+		+			3						+			+																								
Colocynthis vulgaris(L.)Schrader	9	II	+	16.1								+				+												+							1	+			+	+							+												+	
Crotalaria saharae Cosson	5	I	+	42.9																			2					+							+							1																+		
Heliotropium bacciferum Forskal	4	I	+	3.6		+								+		+																					+																							
LES STEPPES ARBOREES SAHELIENNES ET SAHELO-SOUDANIENNES.																																																												
Ordre: Aervo-Fagonetalia bruguierii. Alliance: Aervo-Fagonion. Complexe Méditerranéo Saharo-sindien (Holarctis). Sahara central et Sahara septentrional.																																																												
Salsola foetida Delile	4	I	+	72.3																															+																					2	1	2		
Nucularia perrini Batt.	1	I	+	0.9											+																																													
Neurada procumbens L.	3	I	+	134.8												+															3	3																												
Complexe Sindo-angolan (Holarctis et Paleotropis). Omni-Sahara.																																																												
Fagonia bruguieri DC.	1	I	+	0.9																									+																															
Fagonia olivieri Boiss.	41	IV	2	2535.7	4	+	4	4	+	1	+	4	4	4	+	4	3	5	2		4	1	4	4	4	4	+	4		3			+	3	4	+						2	2	4	4		+		1		1	3				+	3	4	1	+
Stipagrostis plumosa(L.)Bourreil	2	I	+	32.1																																			2	+																				
Stipagrostis plumosa(L.)Bourreil subsp.eu plumosa Maire	2	I	+	32.1								2																						+																										
Stipagrostis plumosa(L.)Bourreil subsp.lanuginosa(Trabut)Maire	30	III	1	689.3		1		2	2	4			+	2		1	1		1	2	1		1			2		+	3	+						1	1	+			1		3	+	2	3	1	2	+		2	2							+	
Schouwia purpurea(Forskal)Schweinf.subsp.schimperi(Jaub.& Spach)Muschler	14	II	+	171.4	1		2					+					1			+				+	1		+								3											+				+			2	1		+
Cornulaca monacantha Delile	22	III	1	414.3									+	1		1	2	1	2									1	1		1	+											1	1	1	+	2	+	1		3	1	4	1	2					
Hyoscyamus muticus L.subsp.falezlez(Cosson)Maire	2	I	+	9.8																							1																								+					
Transition Saharo-Sahélienne.																																																												
Aerva javanica(Burm.fil.)ex Schultes	19	II	+	154.5	+							+										1		+			+	1	+						+	2	+	+	+	+						+						+	+	2	2	2
Farsetia ramosissima Hochst.subsp.garamantum Maire	17	II	+	245.5				+	+	1	+	1	+	+	+	+	1	3							+	+	1															+	3	3																
Tribulus ochroleucus Maire	6	I	+	21.4	+		+		1					+				1					+																																					
Tribulus terrester L.	2	I	+	67.9																																		+				3																		
Limeum indicum Stokes ex T.,Anders	1	I	+	0.9																								+																																
Fagonia arabica L.	3	I	+	76.8																																				3						+			1											
Fagonia arabica L.var.viscidissima Maire	2	I	+	9.8							+				1																																													
Zygophyllum simplex L.	1	I	+	31.2																															2																									
Astragalus vogelii(Webb)Hutch.	2	I	+	1.8		+										+																																												
Convolvulus microphyllus Sieber	1	I	+	31.2																	2																																							

LES OUEDS.

Alliance: Acacio-Panicion.

Sahara central et Sahara septentrional.

				Relevés
Psoralea plicata Delile	1	I	+ 111.6	4
Lasiurus hirsutus(Forskal)Boiss.	2	I	+ 67.9	+ 3
Aristida caerulescens Desf.	10	II	+ 39.3	+ 2 + + + + + + + +
Complexe Sindo-angolan (Holarctis et Paleotropis). Omni-Sahara.				
Panicum turgidum Forskal	19	II	1 301.8	+ + 1 1 1 1 1 1 + 3 + 3 1 2 3 + + + +
Cymbopogon schoenanthus subsp.laniger(Hooker)Maire & Weiller	1	I	+ 67.0	3
Transition Saharo-Sahélienne.				
Stipagrostis ciliata(Desf.)De Winter	2	I	+ 17.9	1 1
Maerua crassifolia Forskal	1	I	+ 8.9	1
Cassia italica(Miller)Lam.ex F.W.Andrews	1	I	+ 0.9	+
Stipagrostis sahelica(Trabut)De Winter	13	II	+ 192.9	1 + + + 2 1 + + + 2 1 3 2
Cassia senna L.	1	I	+ 8.9	1
Chrozophora brocchiana(Vis.)Schweinf.	2	I	+ 9.8	+ 1
Atractylis aristata Batt.	1	I	+ 0.9	+
Euphorbia granulata Forskal	1	I	+ 0.9	+
Aristida meccana Hochst.	2	I	+ 1.8	+ +

LES FORMATIONS DES CULTURES ET DES STADES POST-CULTURAUX.

Association à Gisekia pharnaceoides et Dactyloctenium aegyptiacum.

Euphorbia aegyptiaca Boiss.	2	I	+ 1.8	+ +

LES GROUPEMENTS EDAPHIQUES.

LES ERGS.

Complexe Sindo-angolan (Holarctis et Paleotropis). Omni-Sahara.

Morettia canescens Boiss.	15	II	+ 267.0	1 + 2 + + 2 + 3 4 + 1 + + + +
Stipagrostis pungens(Desf.)De Winter	6	I	1 308.0	2 3 3 3 3 1
Sahara central et Sahara méridional.				
Asthenatherum forskalii(Vahl)Nevski	4	I	+ 3.6	+ + + +
Stipagrostis acutiflora(Trinius & Rupr.)De Winter	2	I	+ 9.8	1 +
Cyperus conglomeratus Rottb.	2	I	+ 32.1	+ 2

LES GYPSES (gypso-salé, fech-fech).

Complexe Sindo-angolan (Holarctis et Paleotropis). Omni-Sahara.

Tamarix gallica L.	1	I	+ 0.9	+
Complexe Méditerranéo Saharo-sindien (Holarctis). Sahara central et Sahara méridional.				
Traganum nudatum Delile	3	I	+ 93.7	2 2 2
Salsola tetragona Delile	6	I	+ 112.5	+ 1 2 1 2 2
Zygophyllum waterlotii Maire	6	I	+ 178.6	2 3 2 1 2 1
Suaeda monodiana Maire	3	I	+ 165.2	2 3 3

LES ELEMENTS BIOGEOGRAPHIQUES.

SAHARO-SINDIENNE.

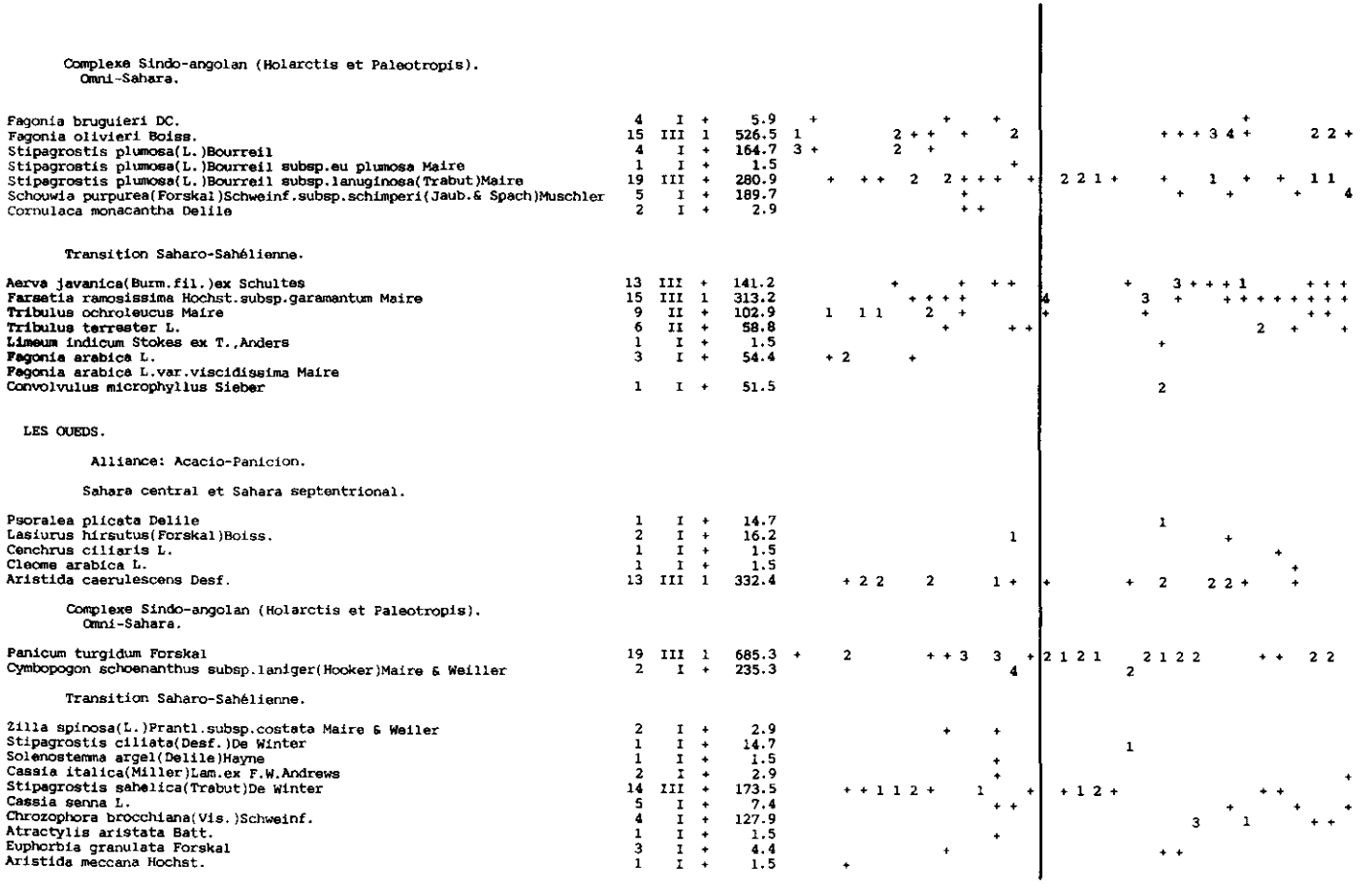
Seetzenia africana R.Br.	4	I	+ 69.6	3 + + +

Tableau I (suite)

Tableau II . AERVO - FAGONION plus riche assurant la transition vers le pays sahélien.

De 8159 (1) à 8214 (15) *Aervo-Fagonion* de transition saharo-sahélienne.
De 1126 (16) à 7288 (34) *Aervo-Fagonion* saharo-sahélien.

	Fréquence	Présence	Adm	Recouvrement	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
					8159	8160	8161	8162	8163	8164	8165	8166	8167	8170	8171	8172	8173	8174	8175	8176	8177	8178	8179	8180	8181	8182	8183	8184	8185	8186	8187	8188	8189	8190	8191	8192	8193	8194	8197	8198
LES GROUPEMENTS CLIMATIQUES																																						
LES REGS ET OUEDS OMNI-SAHARIENS																																						
Classe: Asterico-Pergularietea tomentosi.																																						
Complexe Sindo-angolan (Holarctis et Paleotropis).																																						
Asteriscus graveolens(Forskal)DC.	3	I	+	4.4										+			+							+														
Pergularia tomentosa L.	2	I	+	16.2													1																+					
Colocynthis vulgaris(L.)Schrader	11	II	+	116.2	+	2		+						+		+			+							+			+	2			+			+		
Crotalaria saharae Cosson	1	I	+	1.5										+																								
Linaria aegyptiaca(L.)Dum.-Courset	1	I	+	1.5										+																								
Heliotropium bacciferum Forskal	4	I	+	55.9										+			+			+														2				
Farsetia occidentalis B.L.Burtt	1	I	+	1.5										+																								
LES STEPPES ARBOREES SAHELIENNES ET SAHELO-SOUDANIENNES.																																						
Classe: Boerhavio-Tephrosietea purpureae.																																						
Complexe Sahélo-Soudanien.																																						
Aristida sieberiana Trin.	3	I	+	4.4														+													+		+					
Zaleya pentandra(L.)Jeffrey	2	I	+	52.9																													+	2				
Boerhaavia coccinea Miller	3	I	+	4.4					+	+								+																				
Boerhaavia repens L.	20	III	1	426.5	1	1	3	1	2	2	+	1	1	+	1	+	+		+			+			3				+	+		+	+				
Boerhaavia repens L.var.viscosa(Choisy)Maire	2	I	+	2.9																															+	+		
Bothriochloa bladhii(Retz.)S.T.,Blake	2	I	+	52.9																		2												+				
Tephrosia uniflora Pers.	2	I	+	16.2																		+											1					
Indigofera disjuncta Gillett	2	I	+	2.9																																+	+		
Tephrosia vicioides A.Richard	2	I	+	2.9																																+	+		
Rhynchosia memnonia(Delile)Boiss.	1	I	+	1.5																																			+
Indigofera hoschtetteri Baker	1	I	+	1.5																																			+
Ordre:Helianthemetalia lippiis.																																						
Complexe Sindo-angolan (Holarctis et Paleotropis).																																						
Omni-Sahara.																																						
Stipagrostis obtusa(Delile)Nees	1	I	+	1.5														+																				
Ordre: Aervo-Fagonetalia bruguierii.																																						
Alliance: Aervo-Fagonion.																																						
Complexe Méditerranéo Saharo-sindien (Holarctis).																																						
Sahara central et Sahara septentrional.																																						
Monsonia heliotropioides(Cav.)Boiss.subsp.nivea(Decne)Sauvage & Guinet	1	I	+	1.5																						+												



Complexe Sindo-angolan (Holarctis et Paleotropis).
Omni-Sahara.

Fagonia bruguieri DC. 4 I + 5.9
Fagonia olivieri Boiss. 15 III 1 526.5
Stipagrostis plumosa(L.)Bourreil 4 I + 164.7
Stipagrostis plumosa(L.)Bourreil subsp.eu plumosa Maire 1 I + 1.5
Stipagrostis plumosa(L.)Bourreil subsp.lanuginosa(Trabut)Maire 19 III + 280.9
Schouwia purpurea(Forskal)Schweinf.subsp.schimperi(Jaub.& Spach)Muschler 5 I + 189.7
Cornulaca monacantha Delile 2 I + 2.9

Transition Saharo-Sahélienne.

Aerva javanica(Burm.fil.)ex Schultes 13 III + 141.2
Farsetia ramosissima Hochst.subsp.garamantum Maire 15 III 1 313.2
Tribulus ochroleucus Maire 9 II + 102.9
Tribulus terrester L. 6 II + 58.8
Limeum indicum Stokes ex T.,Anders 1 I + 1.5
Fagonia arabica L. 3 I + 54.4
Fagonia arabica L.var.viscidissima Maire
Convolvulus microphyllus Sieber 1 I + 51.5

LES OUEDS.

Alliance: Acacio-Panicion.

Sahara central et Sahara septentrional.

Psoralea plicata Delile 1 I + 14.7
Lasiurus hirsutus(Forskal)Boiss. 2 I + 16.2
Cenchrus ciliaris L. 1 I + 1.5
Cleome arabica L. 1 I + 1.5
Aristida caerulescens Desf. 13 III 1 332.4

Complexe Sindo-angolan (Holarctis et Paleotropis).
Omni-Sahara.

Panicum turgidum Forskal 19 III 1 685.3
Cymbopogon schoenanthus subsp.laniger(Hooker)Maire & Weiller 2 I + 235.3

Transition Saharo-Sahélienne.

Zilla spinosa(L.)Prantl.subsp.costata Maire & Weiller 2 I + 2.9
Stipagrostis ciliata(Desf.)De Winter 1 I + 14.7
Solenostemma argel(Delile)Hayne 1 I + 1.5
Cassia italica(Miller)Lam.ex F.W.Andrews 2 I + 2.9
Stipagrostis sahelica(Trabut)De Winter 14 III + 173.5
Cassia senna L. 5 I + 7.4
Chrozophora brocchiana(Vis.)Schweinf. 4 I + 127.9
Atractylis aristata Batt. 1 I + 1.5
Euphorbia granulata Forskal 3 I + 4.4
Aristida meccana Hochst. 1 I + 1.5

Tableau II (suite 1)

LES STEPPES ARBOREES SAHELIENNES.					
GROUPE de l'Acacia-Aristida pl.sp.					
Alliance: Acacio-Aristidion mutabilae.					
Complexe Saharo-Sahélien.					
(Mixtium: Acacio-Panicion et Acacio-Aristidion)					
Aristida mutabilis Trin.& Rupr.	7	II	+	10.3	
Aristida funiculata Trin.& Rupr.	3	I	+	17.6	
Amaranthus angustifolius Lam.subsp.graecyzans(L.)Maire & Weiler	1	I	+	1.5	
Cenchrus biflorus Roxb.	3	I	+	54.4	
Corchorus tridens L.	1	I	+	1.5	
Indigofera semitrijuga Forskal	5	I	+	20.6	
Tragus racemosus(L.)All.	3	I	+	4.4	
Blepharis linearifolia Pers.	1	I	+	1.5	
Chascanum marrubifolium Fenzl ex Walpers	1	I	+	1.5	
Alliance: Acacio-Aristidion mutabilae.					
Complexe Sahélien.					
Grewia bicolor Juss.	1	I	+	1.5	
LES FORMATIONS DES CULTURES ET DES STADES POST-CULTURAUX.					
Association à Gisekia pharnaceoides et Dactyloctenium aegyptiacum.					
Gisekia pharnaceoides L.	4	I	+	5.9	
Euphorbia aegyptiaca Boiss.	5	I	+	7.4	
Andropogon gayanus Kunth	1	I	+	1.5	
LES GROUPEMENTS EDAPHIQUES.					
LES ERGS.					
Complexe Sindo-angolan (Holarctis et Paleotropis).					
Omni-Sahara.					
Morettia canescens Boiss.	8	II	+	75.0	
Stipagrostis pungens(Desf.)De Winter	9	II	1	394.1	
Sahara central et Sahara méridional.					
Asthenatherum forskalii(Vahl)Nevski	10	II	+	27.9	
Cyperus conglomeratus Rottb.	10	II	+	286.8	
LES ELEMENTS BIOGEOGRAPHIQUES.					
SAHARO-SINDIENNE.					
Seetzenia africana R.,Br.	1	I	+	1.5	
Liaison Sindo-angolanne.					
Enneapogon scaber Lehm.	1	I	+	1.5	

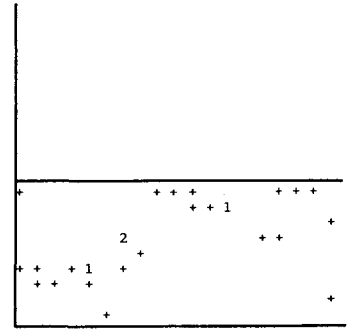


Tableau II (suite 2)

Tableau III . ACACIO - PANICION : passage vers l'ACACIO - ARISTIDION.

De 1154 (1) à 566 (19) *Acacio-Panicion* saharien typique.
De 8301 (20) à 1238 (35) Transition vers le pays sahélien
De 7311 (36) à 658 (41) Début d'individualisation de l' *Acacio-Aristidion.*

	Fréquence	Présence	Adm	Recouvrement	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41
					1154	1387	1115	1745	1531	1143	1823	1802	1813	1605	1823	2005	1811	1204	1883	1436	1260	1664	2233	1036	1871	1116	1855	2081	2082	2304	2066	2037	2066	2269	2226	2298	2318	2539	2731	2901	3112	3222	3345	3367	3514	3578	4011	6558
LES GROUPEMENTS CLIMATIQUES																																														
LES REGS ET OUEDS OMNI-SAHARIENS																																														
Classe: Asterico-Pergularietea tomentosi.																																														
Complexe Sindo-angolan (Holarctis et Paleotropis).																																														
Asteriscus graveolens(Forskal)DC.	2	I	+	2.4																										+												+				
Pergularia tomentosa L.	6	I	+	70.7		1								1	2					+									+													+				
Colocynthis vulgaris(L.)Schrader	14	II	+	69.5						+	+			+	+		2					+	+		+		+				+								1	+	+		+			
Crotalaria saharae Coss on	2	I	+	2.4											+										+																					
Heliotropium bacciferum Forskal	9	II	+	22.0																+			+	+		1	+	+														+			+	+	
LES STEPPES ARBOREES SAHELIENNES ET SAHELO-SOUDANIENNES.																																														
Classe: Boerhavio-Tephrosietea purpureae.																																														
Complexe Sahélo-Soudanien.																																														
Aristida sieberiana Trin.	3	I	+	45.1																				+	+																						2
Zaleya pentandra(L.)Jeffrey	4	I	+	46.3																				+	+						+										2					
Boerhaavia coccinea Miller	3	I	+	3.7												+		+											+																	
Boerhaavia repens L.	8	II	+	254.9												+		+					4	+		2		+		2										1					
Boerhaavia repens L.var.viscosa(Choisy)Maire	4	I	+	95.1															+					+					+												3				
Bothriochloa bladhii(Retz.)S.T.,Blake	2	I	+	2.4																+								+																	
Enneapogon desvauxii Beauv.	2	I	+	2.4																								+																	
Indigofera disjuncta Gillett	1	I	+	1.2																				+																					
Tephrosia vicioides A.Richard	1	I	+	1.2																				+																					
Pennisetum violaceum(Lam.)L.M.C.,Richard	2	I	+	2.4																									+																+
Tephrosia purpurea(L.)Pers.	3	I	+	45.1																										+															+	2
Rhynchosia memnonia(Delile)Boiss.	3	I	+	3.7																+											+															+
Eragrostis cilianensis(All.)Link subsp.poaeoides(Beauv.)Husnot	2	I	+	2.4																											+	+													
Morettia philaena(Delile)DC.	1	I	+	1.2																	+																									
Geigeria alata(DC.)Olivier & Hieron.	2	I	+	2.4																												+													
Echinochloa colona(L.)Link	1	I	+	1.2																													+													
Latipes senegalensis Kunth	1	I	+	1.2																														+												
Grewia flavescens Juss.	1	I	+	1.2																														+												
Eragrostis diplachnoides Steudel	3	I	+	25.6																																										
Brachiaria xantholeuca Stapf	1	I	+	1.2																																										
Corchorus depressus(L.)Stocks	2	I	+	2.4																																										
Cucumis ficifolius A.,Richard	1	I	+	1.2																																										
LES REGS OMNI-SAHARIENS (Les steppes désertiques à...)																																														
GROUPE de la Bordure Saharienne.																																														
Ordre:Helianthemetalia lippii s.																																														
Sahara central et Sahara septentrional.																																														
Fagonia flamandii Batt.	1	I	+	1.2											+																															
Complexe Méditerranéo Saharo-sindien (Holarctis).																																														
Sahara septentrional.																																														
Pulicaria arabica(L.)Cass.subsp.inuloides(DC.)Maire	1	I	+	1.2																																										
Ordre: Aervo-Fagonetalia bruguierii.																																														
Alliance: Aervo-Faqonion.																																													
Complexe Méditerranéo Saharo-sindien (Holarctis).																																													
Sahara central et Sahara septentrional.																																													
Salsola foetida Delile	1	I	+	12.2	1																																									

Complexe Sindo-angolan (Holarctis et Paleotropis).
Omni-Sahara.

Fagonia bruguieri DC.	1	I	+	1.2			+
Fagonia olivieri Boiss.	16	III	+	222.0	+ + 1 3 + 3 + + 1 +	+ + + + +	+
Stipagrostis plumosa(L.)Bourreil	2	I	+	13.4		1	+
Stipagrostis plumosa(L.)Bourreil subsp.lanuginosa(Trabut)Maire	12	II	+	258.5	+ + + + 3 3 1 1 +	+ + 2	
Schouwia purpurea(Forskal)Schweinf.subsp.schimperi(Jaub.& Spach)Muschler	12	II	+	108.5	+ + 2 1 +	2 + + + +	+ +
Cornulaca monacantha Delile	3	I	+	56.1	1 2 +		

Transition Saharo-Sahélienne.

Aerva javanica(Burm.fil.)ex Schultes	27	IV	1	530.5	4 + + 3 2 3 + 2 + + + 2 + + +	+ + + + + + + + 2	+ + +
Farsetia ramosissima Hochst.subsp.garamantum Maire	14	II	1	341.5	+ + 1 +	1 + + + + 4 4 +	+ +
Tribulus ochroleucus Maire	7	II	+	102.4	2 1 +	+ + 2	+
Tribulus terrester L.	7	II	+	30.5	+ + +	+ + 1	1
Limeum indicum Stokes ex T.,Anders	1	I	+	1.2			+
Fagonia arabica L.	1	I	+	12.2	1		
Astragalus vogelii(Webb)Hutch.subsp.prolixus(Sieber)Maire	1	I	+	12.2	1		

LES OUEDS.

GROUPE de l'Acacia-Panicum turgidum.
Alliance: Acacio-Panicion.

Sahara central et Sahara septentrional.

Pulicaria crispa(Forskal)Bentham & Hooker	4	I	+	68.3	+	1 2	1
Farsetia aegyptiaca Turra	1	I	+	1.2	+		
Psoralea plicata Delile	2	I	+	13.4	+	1	
Astragalus pseudo trigonus Batt.& Trabut	3	I	+	14.6	+ +		1
Lasiurus hirsutus(Forskal)Boiss.	1	I	+	1.2	+		
Cenchrus ciliaris L.	2	I	+	2.4		+ +	
Cleome arabica L.	2	I	+	13.4		+ 1	
Aristida caerulescens Desf.	16	III	+	222.0	+ + 1 3 + + 1	+ + + + + + 3	+ +
Pulicaria undulata(L.)DC.var.alveolosa(Batt.& Trabut)Maire	2	I	+	13.4			+ 1

Complexe Sindo-angolan (Holarctis et Paleotropis).
Omni-Sahara.

Acacia tortilis(Forskal)Hayne subsp.raddiana(Savi)Brenan	28	IV	1	498.8	1 + + + 1 + 2 + 1 1 2 2 2 + + +	+ 1 1 3 + + 3 1	+ 2 + +
Acacia ehrenbergiana Hayne	24	III	1	490.2	1 + + + + 3	1 + 1 + 2 3 1 + + + + + 1	3 2 + 1 2
Panicum turgidum Forskal	26	III	2	1345.1	2 1 3 2 4 1 1 1 2 + 2	2 2 2 + + 3 2 3 2 1 4	3 3 2 3
Cymbopogon schoenanthus subsp.laniger(Hooker)Maire & Weiller	12	II	1	601.2	+ + + 1 3 3	3 3 3 2	2 2
Dichanthium annulatum(Forskal)Stapf	1	I	+	1.2		+	

Transition Saharo-Sahélienne.

Salvadora persica Garcin	4	I	+	46.3	+	+ +	2
Stipagrostis ciliata(Desf.)De Winter	2	I	+	2.4		+	+
Solenostemma argel(Delile)Hayne	1	I	+	12.2	1		
Grewia tenax(Forskal)Fiori	1	I	+	1.2		+	
Calotropis procera Willd.	2	I	+	2.4		+	+
Balanites aegyptiaca Delile	7	II	+	61.0		+ + + + +	1 2
Ziziphus lotus(L.)Desf.subsp.saharae Maire	3	I	+	14.6	1	+ +	
Tephrosia leptostachya DC.	6	I	+	18.3	+	+ + + +	1
Maerua crassifolia Forskal	17	III	+	84.1	+ + 1 +	+ + + + 2 + + + + + +	+ 1
Leptadenia pyrotechnica(Forskal)DC.	4	I	+	95.1		3 + +	+
Cassia italica(Miller)Lam.ex F.W.Andrews	3	I	+	93.9	3 + +		
Stipagrostis sahelica(Trabut)De Winter	8	II	+	20.7	+ + + + + 1 +		+
Cassia senna L.	7	II	+	253.7	2	+ + 2 4 1 +	
Atractylis aristata Batt.	2	I	+	13.4	1		+
Euphorbia granulata Forskal	6	I	+	7.3	+	+ + + +	+
Aristida meccana Hochst.	2	I	+	2.4	+ +		

LES STEPPES ARBOREES SAHELIENNES.

GROUPE de l'Acacia-Aristida pl.sp.
Alliance: Acacio-Aristidion mutabilae.

Tableau III (suite 1)

Complexe Saharo-Sahélien. (Mixtium: Acacio-Panicion et Acacio-Aristidion)					
Aristida funiculata Trin.& Rupr.	1	I	+	1.2	
Amaranthus angustifolius Lam.subsp.graecyzans(L.)Maire & Weiler	3	I	+	3.7	
Anticharis linearis(Bentham)Hochst.	1	I	+	1.2	
Cenchrus biflorus Roxb.	4	I	+	15.9	
Cleome scaposa DC.	2	I	+	2.4	
Corchorus tridens L.	3	I	+	3.7	
Eremopogon foveolatus(Del.)Stapf	1	I	+	1.2	
Indigofera semitrijuga Forskal	2	I	+	2.4	
Indigofera sessiliflora DC.	1	I	+	1.2	
Tephrosia plicata Olivier	1	I	+	42.7	
Tragus racemosus(L.)All.	6	I	+	7.3	
Boscia senegalensis(Pers.)Lam.ex Poiret	3	I	+	3.7	
Cassia tora L.	2	I	+	2.4	
Chascanum marrubifolium Fenzl ex Welpers	3	I	+	3.7	
Panicum laetum Kunth	3	I	+	154.9	
Chloris prieuri Kunth	1	I	+	1.2	
Tephrosia nubica(Boiss.)Baker	2	I	+	2.4	
Ziziphus mauritiana Lam.	1	I	+	1.2	
Aléatoires.					
Euphorbia balsamifera Aiton	1	I	+	91.5	
Alliance: Acacio-Aristidion mutabilae. Complexe Sahélien.					
Abutilon glaucum Webb	2	I	+	2.4	
Indigofera senegalensis Lam.	2	I	+	2.4	
Aristida hordacea Kunth	1	I	+	1.2	
Sporobolus helvolus(Trin.)Durieu & Schinz	1	I	+	1.2	
LES FORMATIONS DES CULTURES ET DES STADES POST-CULTURAUX.					
Association à Gisekia pharnaceoides et Dactyloctenium aegyptiacum.					
Gisekia pharnaceoides L.	7	II	1	380.5	
Dactyloctenium aegyptiacum(L.)Ascherson & Schweinf.	2	I	+	2.4	
Euphorbia aegyptiaca Boiss.	3	I	+	14.6	
Dicoma tomentosa Cass.	1	I	+	1.2	
Cucumis prophetarum L.	1	I	+	1.2	
LES GROUPEMENTS EDAPHIQUES.					
LES ERGS.					
Complexe Sindo-angolan (Holarctis et Paleotropis). Omni-Sahara.					
Morettia canescens Boiss.	7	II	+	8.5	
Stipagrostis pungens(Desf.)De Winter	3	I	+	56.1	
Sahara central et Sahara méridional.					
Asthenatherum forskalii(Vahl)Nevski	2	I	+	2.4	
Cyperus conglomeratus Rottb.	6	I	+	198.8	
Cyperus rotundus L.	2	I	+	2.4	
LES GYPSES (gypso-salé,fech-fech).					
Complexe Méditerranéo Saharo-sindien (Holarctis). Sahara central et Sahara méridional.					
Salsola tetragona Delile	2	I	+	43.9	2
LES ESPECES DES MILIEUX HUMIDES SAHELO-SOUDANIENS.					
LES ELEMENTS BIOGEOGRAPHIQUES.					
SAHARO-SINDIENNE. Saharo-Sindienne méditerranéenne.					
Cistanche phelipaea(L.)Coutinho	1	I	+	1.2	+
Liaison Sindo-angolanne.					
Enneapogon scaber Lehm.	2	I	+	2.4	

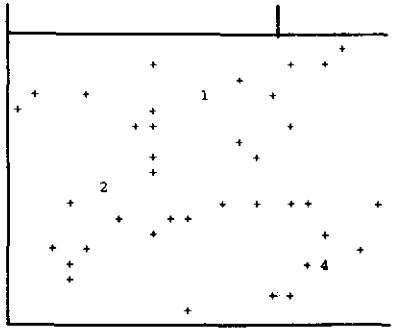


Tableau III (suite 2)

Tableau IV . ACACIO - PANICION en mélange avec l'ACACIO - ARISTIDION

De 564 (13) à 8295 (21) Affirmation de l'*Acacio-Aristidion*

	Fréquence	Présence	Adm	Recouvrement	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21
					1 1 1 1 2 2 5 8 8 1 1 7 8 1 8 8 8 8 7 8 8 1 2 2
					2 4 4 3 3 4 4 5 2 3 2 2 3 3 2 5 2 2 3 1 3 3 2
					4 5 0 5 6 1 1 4 2 5 0 4 6 2 7 0 5 6 9 3 2 4 9 3 6 1 7 5
LES GROUPEMENTS CLIMATIQUES					
LES REGS ET OUEDS OMNI-SAHARIENS					
Classe: Asterico-Pergularietea tomentosi. Complexe Sindo-angolan (Holarctis et Paleotropis).					
Asteriscus graveolens(Forskal)DC.	1	I	+	2.4	
Pergularia tomentosa L.	5	II	+	188.1	+ + 3 + + + + +
Colocynthis vulgaris(L.)Schrader	8	III	+	19.0	+ + + + + + + + + +
Crotalaria saharae Cosson	2	I	+	4.8	+ +
Heliotropium bacciferum Forskal	6	II	+	14.3	+ + + + +
LES STEPPES ARBOREES SAHELIENNES ET SAHELO-SOUDANIENNES.					
Classe: Boerhavio-Tephrosietea purpureae. Complexe Sahélo-Soudanien.					
Aristida sieberiana Trin.	3	I	+	7.1	+ + +
Boerhaavia coccinea Miller	1	I	+	83.3	2
Boerhaavia repens L.	5	II	+	11.9	+ + + + +
Bothriochloa bladhii(Retz.)S.T.,Blake	1	I	+	178.6	3
Enneapogon desvauxii Beauv.	2	I	+	4.8	+ +
Tephrosia uniflora Pers.	1	I	+	83.3	2
Tephrosia vicioides A.Richard	2	I	+	4.8	+ +
Pennisetum violaceum(Lam.)L.M.C.,Richard	1	I	+	2.4	+
Pennisetum violaceum(Lam.)L.M.C.,Richard var.monodianum Maire	1	I	+	2.4	+
Eragrostis cilianensis(All.)Link subsp.poaeoides(Beauv.)Husnot	1	I	+	2.4	+
Morettia philaena(Delile)DC.	1	I	+	2.4	+
Corchorus depressus(L.)Stocks	1	I	+	2.4	+
LES REGS OMNI-SAHARIENS (Les steppes désertiques à...)					
Ordre:Helianthemetalia lippiis. Complexe Méditerranéo Saharo-sindien (Holarctis). Sahara septentrional.					
Pulicaria arabica(L.)Cass.subsp.inuloides(DC.)Maire	1	I	+	2.4	+
Ordre: Aervo-Fagonetalia bruguierii. Alliance: Aervo-Fagonion. Complexe Méditerranéo Saharo-sindien (Holarctis). Sahara central et Sahara septentrional.					
Neurada procumbens L.	1	I	+	2.4	+
Complexe Sindo-angolan (Holarctis et Paleotropis). Omni-Sahara.					
Fagonia olivieri Boiss.	11	III	1	931.0	3 + 3 2 + 3 4 + + + +
Stipagrostis plumosa(L.)Bourreil	1	I	+	2.4	+
Stipagrostis plumosa(L.)Bourreil subsp.lanuginosa(Trabut)Maire	3	I	+	28.6	1 + +
Schouwia purpurea(Forskal)Schweinf.subsp.schimperi(Jaub.& Spach)Muschler	6	II	+	35.7	1 + + + +
Transition Saharo-Sahélienne.					
Aerva javanica(Burm.fil.)ex Schultes	14	IV	+	54.8	+ + + 1 + + + + + + + + + + +
Farsetia ramosissima Hochst.subsp.garamantum Maire	11	III	+	209.5	+ + + + 2 + + 2 + 1
Tribulus ochroleucus Maire	2	I	+	4.8	+ +
Tribulus terrester L.	4	II	+	9.5	+ + +
Zygophyllum simplex L.	1	I	+	178.6	3
LES OUEDS.					
GROUPE de l'Acacia-Panicum turgidum. Alliance: Acacio-Panicion.					
Sahara central et Sahara septentrional.					
Lasiurus hirsutus(Forskal)Boiss.	8	III	1	442.9	2 + 1 3 1 1 2 1
Cenchrus ciliaris L.	4	II	+	9.5	+ + + +
Cleome arabica L.	2	I	+	4.8	+ +
Aristida caerulescens Desf.	9	III	1	321.4	1 + 2 + + + 1 3
Pulicaria undulata(L.)DC.var.alveolosa(Batt.& Trabut)Maire	1	I	+	2.4	+
Pancratium trianthum Herbich	1	I	+	2.4	+
Complexe Sindo-angolan (Holarctis et Paleotropis). Omni-Sahara.					
Acacia tortilis(Forskal)Hayne subsp.raddiana(Savi)Brenan	10	III	1	457.1	+ 3 2 + + + + + + + + + 3
Acacia ehrenbergiana Hayne	8	III	+	121.4	2 1 + + + + + + + + + +
Panicum turgidum Forskal	16	IV	2	1528.6	3 3 2 3 1 2 2 2 + 2 + 3 2 2 1 3
Cymbopogon schoenanthus subsp.laniger(Hooker)Maire & Weiller	5	II	1	483.3	3 + 4 + +
Pennisetum dichotomum(Forskal)Delile	1	I	+	83.3	2
Transition Saharo-Sahélienne.					
Salvadora persica Garcin	3	I	+	7.1	+ + +
Stipagrostis ciliata(Desf.)De Winter	3	I	+	109.5	1 + 2
Grewia tenax(Forskal)Fiori	2	I	+	4.8	+ +
Calotropis procera Willd.	2	I	+	26.2	+ 1
Balanites aegyptiaca Delile	4	II	+	228.6	3 1 + 1
Ziziphus lotus(L.)Desf.subsp.saharae Maire	3	I	+	7.1	+ + +
Tephrosia leptostachya DC.	2	I	+	4.8	+ +
Maerua crassifolia Forskal	8	III	+	40.5	+ 1 + + + + + + +
Leptadenia pyrotechnica(Forskal)DC.	3	I	+	50.0	+ 1 1
Cassia italica(Miller)Lam.ex F.W.Andrews	1	I	+	2.4	+
Stipagrostis sahelica(Trabut)De Winter	2	I	+	26.2	+ 1
Cassia senna L.	6	II	+	14.3	+ + + + + +
Atractylis aristata Batt.	2	I	+	4.8	+ +
Euphorbia granulata Forskal	1	I	+	2.4	+
Aristida meccana Hochst.	2	I	+	4.8	+ +

LES STEPPES ARBOREES SAHELIENNES.

GROUPE de l'Acacia-Aristida pl.sp.
Alliance: Acacio-Aristidion mutabilae.

Complexe Saharo-Sahélien.
(Mixtium: Acacio-Panicion et Acacio-Aristidion)

Aristida mutabilis Trin.& Rupr.	15	IV	1	395.2		+	+	2	+	+	+	3				+	+			+	+	+	2	+	1
Aristida funiculata Trin.& Rupr.	7	II	+	273.8	+	+							3	2	+				+				+		
Amaranthus angustifolius Lam.subsp.graecyzans(L.)Maire & Weiler	3	I	+	7.1															+	+			+		
Anticharis linearis(Bentham)Hochst.	1	I	+	2.4																	+				
Cenchrus biflorus Roxb.	7	II	1	354.8						+		1					+	4	+	+				1	
Indigofera sessiliflora DC.	3	I	+	7.1		+												+					+		
Tephrosia plicata Olivier	1	I	+	2.4		+																			
Tragus racemosus(L.)All.	2	I	+	4.8						+										+					
Blepharis linearifolia Pers.	2	I	1	300.0									4												+
Boscia senegalensis(Pers.)Lam.ex Poiret	3	I	+	7.1						+								+		+					
Eragrostis tremula Hochst.	1	I	+	2.4						+															
Panicum laetum Kunth	2	I	+	4.8															+			+			
Chloris prieuri Kunth	2	I	+	4.8						+									+						
Eragrostis pilosa(L.)Beauv.	1	I	+	2.4																+					
Tephrosia nubica(Boiss.)Baker	3	I	+	7.1		+												+			+				

Alliance: Acacio-Aristidion mutabilae.
Complexe Sahélien.

Acacia scorpioides(L.)Cheval.subsp.nilotica(Benth.)Cheval.	2	I	+	4.8															+					+	
Tribulus longipetalus Viv.subsp.alatus(Delile)Ozenda & Quezel	1	I	+	2.4													+								
Stipagrostis papposa(Trinius & Rupr.)De Winter	1	I	+	2.4																	+				
Chrozophora plicata Juss.	1	I	+	2.4															+						
Cyperus cf. iria L.	1	I	+	2.4																	+				
Indigofera senegalensis Lam.	1	I	+	2.4																+					
Stipagrostis hirtigluma(Steudel ex Trin.& Rupr.)De Winter	3	I	+	183.3																	+	3			+
Aristida tunetana Cosson var.intermedia Maire	1	I	+	2.4																			+		
Eragrostis ciliaris(L.)R.,Br.	1	I	+	2.4															+						
Cleome viscosa L.	2	I	+	4.8														+							+
Andrachne telephioides L.	1	I	+	2.4																		+			
Abutilon albidum(Willd.)Webb & Berth.subsp.fruticosum(Guill.Perr.)Maire	1	I	+	2.4																				+	

LES FORMATIONS DES CULTURES ET DES STADES POST-CULTURAUX.

Association à Gisekia pharnaceoides et
Dactyloctenium aegyptiacum.

Gisekia pharnaceoides L.	3	I	+	7.1							+							+		+					
Dactyloctenium aegyptiacum(L.)Ascherson & Scweinf.	2	I	+	4.8								+							+						
Euphorbia aegyptiaca Boiss.	5	II	+	11.9											+	+		+		+		+			
Dicoma tomentosa Cass.	1	I	+	2.4																	+				
Pennisetum pedicellatum Trin.	1	I	+	2.4													+								
Tephrosia linearis(Willd.)Pers.	1	I	+	2.4																			+		
Glinus lotoides L.	1	I	+	2.4															+						
Mollugo nudicaulis Lam.	1	I	+	2.4																+					
Mollugo cerviana(L.)Ser.	1	I	+	2.4																		+			

LES GROUPEMENTS EDAPHIQUES.

LES ERGS.

Complexe Sindo-angolan (Holarctis et Paleotropis).
Omni-Sahara.

Morettia canescens Boiss.	4	II	+	31.0				+						1								+			+

Sahara central et Sahara méridional.

Asthenatherum forskalii(Vahl)Nevski	1	I	+	2.4												+									
Cyperus conglomeratus Rottb.	2	I	+	85.7												2		+							

LES ELEMENTS BIOGEOGRAPHIQUES.

MEDITERRANEENNE.
Méditerranéenne à irradiation Saharo-sindienne.

Aeluropus litoralis(Gouan)Parl.	1	I	+	83.3																				2	

SAHARO-SINDIENNE.
Liaison Sindo-angolanne.

Enneapogon scaber Lehm.	1	I	+	2.4			+																		

PLURIREGIONALE.

Cynodon dactylon(L.)Pers.	2	I	+	4.8															+					+	

Tableau IV (suite)

Tableau V . ACACIO - PANICION dans sa représentation à *Chrozophora brocchiana*

On constate que cette formation typique du Sahara (1199 (1) à 8247 (8)) s'enrichit en éléments assurant la transition vers le Sahel (8166 (9) à 628 (17)) ou l'annonçant(1224 (18) à 522 (26)).

	Fréquence	Présence	Adm	Recouvrement	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
					1199	5209	5091	8161	7122	5224	1857	8226	8166	1891	1863	2210	2587	1430	5624	2208	1724	1823	7358	8152	8261	8368	6552	5227	2232	5223	5226
LES GROUPEMENTS CLIMATIQUES																														
LES REGS ET OUEDS OMNI-SAHARIENS																														
Classe: Asterico-Pergularietea tomentosi. Complexe Sindo-angolan (Holarctis et Paleotropis).																														
Asteriscus graveolens(Forskal)DC.	2	I	+	3.8					+								+													
Pergularia tomentosa L.	7	II	+	78.8			+			+	2						+					+				+		+		
Colocynthis vulgaris(L.)Schrader	17	IV	+	50.0		+	+	1	+	+			+	+			+			+	+		+			+		+	+	+
Crotalaria saharae Cosson	1	I	+	1.9								+																		
Heliotropium bacciferum Forskal	5	II	+	9.6														+		+				+		+				
LES STEPPES ARBOREES SAHELIENNES ET SAHELO-SOUDANIENNES.																														
Classe: Boerhavio-Tephrosietea purpureae. Complexe Sahélo-Soudanien.																														
Aristida sieberiana Trin.	3	I	+	23.1																				+		+		1		
Zaleya pentandra(L.)Jeffrey	1	I	+	1.9																						+				
Boerhaavia coccinea Miller	3	I	+	148.1								3						+								+				
Boerhaavia repens L.	3	I	+	5.8								+															+	+		
Boerhaavia repens L.var.viscosa(Choisy)Maire	3	I	+	5.8																										
Bothriochloa bladhii(Retz.)S.T.,Blake	1	I	+	1.9															+										+	+
Tephrosia vicioides A.Richard	1	I	+	1.9																		+								
Tephrosia purpurea(L.)Pers.	1	I	+	1.9																						+				
Rhynchosia memnonia(Delile)Boiss.	1	I	+	1.9														+												
Pennisetum violaceum(Lam.)L.M.C.,Richard var.monodianum Maire	1	I	+	1.9																		+								
Corchorus depressus(L.)Stocks	1	I	+	1.9							+											+								
LES REGS OMNI-SAHARIENS (Les steppes désertiques à...)																														
Ordre: Aervo-Fagonetalia bruguierii. Alliance: Aervo-Fagonion.																														
Complexe Sindo-angolan (Holarctis et Paleotropis). Omni-Sahara.																														
Fagonia bruguieri DC.	3	I	+	148.1				+					3							+										
Fagonia olivieri Boiss.	14	III	1	840.4	4	+	3			2	3	+	1				3	+		+	2	+	+				+			
Stipagrostis plumosa(L.)Bourreil	2	I	+	69.2				2														+								
Stipagrostis plumosa(L.)Bourreil subsp.lanuginosa(Trabut)Maire	7	II	+	161.5					+		+	+	2			1					2									
Schouwia purpurea(Forskal)Schweinf.subsp.schimperi(Jaub.& Spach) Muschler	9	II	+	159.6		+	+			+								+	+		3			+		+		+		
Cornulaca monacantha Delile	1	I	+	67.3									2																	
Artemisia judaica L.subsp.sahariensis Chevall.	2	I	+	21.2											+	1														
Transition Saharo-Sahélienne.																														
Aerva javanica(Burm.fil.)ex Schultes	17	IV	+	192.3	+		3	1	+	+	+			+	+	+		+	+		+	+	+	+			+	+		
Farsetia ramosissima Hochst.subsp.garamantum Maire	8	II	+	271.2							+	+						+							4	+	1	+		+
Tribulus ochroleucus Maire	3	I	+	23.1								1						+						+						
Tribulus terrester L.	4	II	+	7.7															+						+		+	+		
Limeum indicum Stokes ex T.,Anders	1	I	+	1.9							+																			
Fagonia arabica L.	2	I	+	3.8				+								+														
LES OUEDS.																														
GROUPE de l'Acacia-Panicum turgidum. Alliance: Acacio-Panicion.																														
Sahara central et Sahara septentrional.																														
Pulicaria crispa(Forskal)Bentham & Hooker	4	II	+	42.3											+				+								1		1	
Psoralea plicata Delile	1	I	+	1.9				+																						
Lasiurus hirsutus(Forskal)Boiss.	2	I	+	69.2													2	+												
Cenchrus ciliaris L.	2	I	+	3.8																						+	+			
Cleome arabica L.	1	I	+	1.9														+												
Aristida caerulescens Desf.	16	III	+	238.5	+		+			+	+	+			+	+		+	+		2	+	+			+		+	3	+
Pulicaria undulata(L.)DC.var.alveolosa(Batt.& Trabut)Maire	1	I	+	1.9					+																					
Complexe Sindo-angolan (Holarctis et Paleotropis). Omni-Sahara.																														
Acacia tortilis(Forskal)Hayne subsp.raddiana(Savi)Brenan	16	III	1	728.8		3	+	1				2	+		1	2	1		1	2	2	1	+	+		2		3		
Acacia ehrenbergiana Hayne	14	III	1	744.2			+		2	+	+				+			+	1	3	2		3	+			+	3	3	
Panicum turgidum Forskal	23	V	2	1882.7	2	+	+	3	3	2	2	1		3	3	+	4	3	2		3	2	1	3	1	2	3	1		+
Cymbopogon schoenanthus subsp.laniger(Hooker)Maire & Weiller	6	II	1	438.5						3								3				+	3	+						
Desmostachya bipinnata(L.)Stapf	1	I	+	1.9																+										
Tamarix aphylla(L.)Karsten	1	I	+	1.9											+															
Transition Saharo-Sahélienne.																														
Zilla spinosa(L.)Prantl.subsp.costata Maire & Weiller	2	I	+	86.5										1	2															
Salvadora persica Garcin	4	II	+	73.1										+	+					2					+					
Solenostemma argel(Delile)Hayne	1	I	+	1.9																+										
Calotropis procera Willd.	2	I	+	21.2																1		+								
Balanites aegyptiaca Delile	8	II	+	32.7										+	1		+	+	+	+		+		+	+					
Tephrosia leptostachya DC.	3	I	+	5.8													+								+		+			
Maerua crassifolia Forskal	6	II	+	28.8										+				1		+		+	+				+			
Leptadenia pyrotechnica(Forskal)DC.	7	II	+	30.8										+	1					+				+	+	+				
Cassia italica(Miller)Lam.ex F.W.Andrews	3	I	+	5.8													+	+		+										
Stipagrostis sahelica(Trabut)De Winter	2	I	+	3.8									+			+														
Cassia senna L.	4	II	+	167.3										3			+					1	+							
Chrozophora brocchiana(Vis.)Schweinf.	26	V	+	275.0	+	+	+	+	1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	2	3	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Atractylis aristata Batt.	1	I	+	1.9																	+									
Euphorbia granulata Forskal	4	II	+	7.7													+		+									+	+	
Faidherbia albida(Delile)A.Cheval.	1	I	+	19.2																1										

LES STEPPES ARBOREES SAHELIENNES.

GROUPE de l'Acacia-Aristida pl.sp.
Alliance: Acacio-Aristidion mutabilae.

Complexe Saharo-Sahélien.
(Mixtium: Acacio-Panicion et Acacio-Aristidion)

Aristida mutabilis Trin.& Rupr.	3	I	+	5.8
Amaranthus angustifolius Lam.subsp.graecyzans(L.)Maire & Weiler	1	I	+	1.9
Cenchrus biflorus Roxb.	6	II	+	11.5
Cleome scaposa DC.	1	I	+	1.9
Corchorus tridens L.	1	I	+	1.9
Indigofera sessiliflora DC.	1	I	+	19.2
Tragus racemosus(L.)All.	1	I	+	1.9
Blepharis linearifolia Pers.	1	I	+	1.9
Boscia senegalensis(Pers.)Lam.ex Poiret	1	I	+	1.9
Cassia tora L.	1	I	+	1.9

Alliance: Acacio-Aristidion mutabilae.
Complexe Sahélien.

Tribulus longipetalus Viv.subsp.alatus(Delile)Ozenda & Quezel	2	I	+	146.2
Aristida hordacea Kunth	1	I	+	1.9

LES FORMATIONS DES CULTURES ET DES STADES POST-CULTURAUX.

Association à Gisekia pharnaceoides et
Dactyloctenium aegyptiacum.

Gisekia pharnaceoides L.	4	II	+	7.7
Pennisetum pedicellatum Trin.	1	I	+	1.9
Tephrosia linearis(Willd.)Pers.	1	I	+	1.9
Mollugo cerviana(L.)Ser.	1	I	+	1.9
Ceratotheca sesamoides Endl.	1	I	+	1.9

LES GROUPEMENTS EDAPHIQUES.

LES ERGS.

Complexe Sindo-angolan (Holarctis et Paleotropis).
Omni-Sahara.

Moretia canescens Boiss.	7	II	+	13.5
Stipagrostis pungens(Desf.)De Winter	3	I	+	148.1

Sahara central et Sahara méridional.

Asthenatherum forskalii(Vahl)Nevski	3	I	+	5.8
Cyperus conglomeratus Rottb.	4	II	+	73.1
Cyperus rotundus L.	2	I	+	3.8

LES ELEMENTS BIOGEOGRAPHIQUES.
Méditerranéenne à irradiation Saharo-sindienne.

SAHARO-SINDIENNE.
Saharo-Sindienne méditerranéenne.

Malcolmia aegyptiaca Sprengel	2	I	+	3.8

Liaison Sindo-angolanne.

Enneapogon scaber Lehm.	1	I	+	1.9

Tableau V (suite)

Tableau VI . ACACIO - PANICION à *Chrozophora brocchiana* et *Leptadenia pyrotechnica*

Cet ensemble qui s'individualise sur le piémont de l'Ahaggar , acquiert les éléments caractéristiques de l'*Acacio- Aristidion* en présence de *Schoenefeldia gracilis*.

	Fréquence	Présence	Adm	Recouvrement	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
					50	15	23	29	56	65	66	50	55	58	81	15	77	69	95	96	59	67
LES GROUPEMENTS CLIMATIQUES																						
LES REGS ET OUEDS OMNI-SAHARIENS																						
Classe: Asterico-Pergularietea tomentosi. Complexe Sindo-angolan (Holarctis et Paleotropis).																						
Asteriscus graveolens(Forskal)DC.	1	I	+	2.8												+						
Colocynthis vulgaris(L.)Schrader	12	IV	+	58.3	+	+	+	+	+			+	+	+	+	+		+		+		1
Heliotropium bacciferum Forskal	11	III	1	355.6	+		+	+	+					+	1	3	+		2	+		+
LES STEPPES ARBOREES SAHELIENNES ET SAHELO-SOUDANIENNES.																						
Classe: Boerhavio-Tephrosietea purpureae. Complexe Sahélo-Soudanien.																						
Aristida sieberiana Trin.	1	I	+	27.8				1														
Zaleya pentandra(L.)Jeffrey	4	II	+	11.1								+						+		+		+
Boerhaavia coccinea Miller	2	I	+	30.6									+					1				
Boerhaavia repens L.	8	III	+	47.2	+	+	+	+								+	1			+		+
Boerhaavia repens L.var.viscosa(Choisy)Maire	2	I	+	5.6											+				+			
Enneapogon desvauxii Beauv.	1	I	+	2.8				+														
Indigofera disjuncta Gillett	2	I	+	5.6					+													+
Pennisetum violaceum(Lam.)L.M.C.,Richard	3	II	1	308.3							3	+								2		
Tephrosia purpurea(L.)Pers.	1	I	+	2.8															+			
Rhynchosia memnonia(Delile)Boiss.	5	II	+	13.9										+	+	+	+		+			
Pennisetum violaceum(Lam.)L.M.C.,Richard var.monodianum Maire	2	I	+	5.6	+									+								
Eragrostis cilianensis(All.)Link subsp.poseoides(Beauv.)Husnot	1	I	+	2.8																+		
Geigeria alata(DC.)Olivier & Hieron.	1	I	+	2.8														+				
Echinochloa colona(L.)Link	1	I	+	97.2	2																	
Eragrostis diplachnoides Steudel	2	I	+	5.6	+														+			
Corchorus depressus(L.)Stocks	3	II	+	8.3	+																	+
Indigofera hoschtetteri Baker	4	II	+	11.1				+				+								+		+
LES REGS OMNI-SAHARIENS (Les steppes désertiques à...)																						
Ordre: Aervo-Fagonetalia bruguierii. Alliance: Aervo-Fagonion.																						
Complexe Sindo-angolan (Holarctis et Paleotropis). Omni-Sahara.																						
Fagonia olivieri Boiss.	3	II	+	102.8				+					2									+
Schouwia purpurea(Forskal)Schweinf.subsp.schimperi(Jaub.& Spach)Muschler	6	II	1	341.7								2	3	+			+			1	+	
Transition Saharo-Sahélienne.																						
Aerva javanica(Burm.fil.)ex Schultes	12	IV	1	341.7	+		+			+	+		2	2	2		+		1	+	+	+
Farsetia ramosissima Hochst.subsp.garamantum Maire	10	III	+	216.7			+	+				+	+	+	2	+	+		2			+
Tribulus ochroleucus Maire	2	I	+	5.6		+								+								
Tribulus terrester L.	6	II	+	16.7			+	+									+			+	+	+
Limeum indicum Stokes ex T.,Anders	1	I	+	2.8				+														
Astragalus vogelii(Webb)Hutch.	1	I	+	2.8	+																	
LES OUEDS.																						
GROUPE de l'Acacia-Panicum turgidum. Alliance: Acacio-Panicion.																						
Sahara central et Sahara septentrional.																						
Pulicaria crispa(Forskal)Bentham & Hooker	1	I	+	2.8	+																	
Psoralea plicata Delile	1	I	+	208.3	3																	
Cenchrus ciliaris L.	4	II	+	11.1			+	+			+	+										
Cleome arabica L.	3	II	+	8.3											+		+					+
Aristida caerulescens Desf.	10	III	1	716.7		4	+	+	4	+	+			+	+		+			+		
Pulicaria undulata(L.)DC.var.alveolosa(Batt.& Trabut)Maire	2	I	+	30.6											1				+			
Complexe Sindo-angolan (Holarctis et Paleotropis). Omni-Sahara.																						
Acacia tortilis(Forskal)Hayne subsp.raddiana(Savi)Brenan	10	III	+	197.2		+	1		1	1	+			2	+		+		+			+
Acacia ehrenbergiana Hayne	12	IV	+	297.2	+	+		+	1		+	2	+			+	+			1	2	1
Panicum turgidum Forskal	15	IV	1	655.6		+	3	1		1	+	1	+	2	1	2	+		+	2	+	1
Cymbopogon schoenanthus subsp.laniger(Hooker)Maire & Weiller	4	II	1	561.1			+									3		+				4
Transition Saharo-Sahélienne.																						
Salvadora persica Garcin	3	II	+	8.3										+				+		+		
Stipagrostis ciliata(Desf.)De Winter	1	I	+	2.8				+														
Grewia tenax(Forskal)Fiori	1	I	+	2.8														+				
Calotropis procera Willd.	5	II	1	313.9	+							3		2			+			+		
Balanites aegyptiaca Delile	6	II	+	222.2			+		+		3			+					+	+		
Ziziphus lotus(L.)Desf.subsp.saharae Maire	4	II	+	11.1				+		+		+								+		
Tephrosia leptostachya DC.	1	I	+	2.8													+					
Maerua crassifolia Forskal	12	IV	1	358.3			2	+			+		+	3	+	+	+	+	+	1		+
Leptadenia pyrotechnica(Forskal)DC.	2	I	+	5.6										+						+		
Cassia italica(Miller)Lam.ex F.W.Andrews	5	II	+	13.9								+		+			+			+		+
Cassia senna L.	3	II	+	8.3	+		+															+
Chrozophora brocchiana(Vis.)Schweinf.	17	V	+	72.2	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	1	+
Euphorbia granulata Forskal	4	II	+	11.1	+				+						+							+

LES STEPPES ARBOREES SAHELIENNES.

GROUPE de l'Acacia-Aristida pl.sp.
Alliance: Acacio-Aristidion mutabilae.

Complexe Saharo-Sahélien.
(Mixtium: Acacio-Panicion et Acacio-Aristidion)

Aristida mutabilis Trin.& Rupr.	9	III	1	580.6		1	3	3								+	1		+	2	+	+
Aristida funiculata Trin.& Rupr.	5	II	+	38.9			+	+	1												+	+
Amaranthus angustifolius Lam.subsp.graecyzans(L.)Maire & Weiler	3	II	+	8.3		+						+								+		
Anticharis linearis(Bentham)Hochst.	3	II	+	8.3				+									+			+		
Cenchrus biflorus Roxb.	11	III	+	286.1		3	+			1	+	1		+	+	+	+			+	+	
Cleome scaposa DC.	1	I	+	2.8												+						
Corchorus tridens L.	6	II	+	222.2	+			+	3							+		+			+	
Indigofera sessiliflora DC.	2	I	+	5.6				+	+													
Tragus racemosus(L.)All.	7	III	+	19.4		+		+	+		+			+							+	+
Blepharis linearifolia Pers.	1	I	+	2.8						+												
Boscia senegalensis(Pers.)Lam.ex Poiret	8	III	+	47.2			+	+				+		1		+		+		+		+
Cassia tora L.	3	II	+	33.3								1		+			+					
Chascanum marrubifolium Fenzl ex Walpers	1	I	+	2.8															+			
Schoenefeldia gracilis Kunth	18	V	1	805.6	+	4	+	+	+	3	+	+	+	+	+	+	+	3	+	+	+	+
Panicum laetum Kunth	3	II	+	8.3							+									+	+	
Chloris prieuri Kunth	4	II	+	36.1								1					+	+				+
Eragrostis pilosa(L.)Beauv.	4	II	+	105.6							2	+		+							+	
Ziziphus mauritiana Lam.	2	I	+	5.6			+															+

Alliance: Acacio-Aristidion mutabilae.
Complexe Sahélien.

Acacia senegal(L.)Willd.	1	I	+	27.8														1				
Stipagrostis papposa(Trinius & Rupr.)De Winter	1	I	+	2.8													+					
Chrozophora plicata Juss.	1	I	+	2.8	+																	
Indigofera senegalensis Lam.	5	II	+	13.9							+	+					+	+			+	
Cleome viscosa L.	1	I	+	2.8															+			
Aristida hordacea Kunth	6	II	+	136.1	+					+			2					1			+	+
Pennisetum setaceum(Forskal)Chiov. var.orientale(L.C.M.Richard)Maire	1	I	+	2.8										+								
Coelachyrum olibrachiatum A.,Camus	2	I	+	5.6										+						+		
Rogeria adenophylla Gay ex Delile	1	I	+	2.8	+																	
Indigofera colutea(Burm.fil.)Merr.	1	I	+	208.3													3					
Abutilon albidum(Willd.)Webb & Berth.subsp.fruticosum(Guill.Perr.)Maire	2	I	+	5.6											+			+				
Heliotropium strigosum Willd.	1	I	+	2.8														+				

Transition Sahélo-Soudanienne.

La steppe à Commiphora africana et Combretaceae.
Complexe Sahélo-Soudanien.

Tetrapogon cenchriformis(A.,Richard)W.D.,Clayton	1	I	+	2.8														+				

LES FORMATIONS DES CULTURES ET DES STADES POST-CULTURAUX.

Association à Gisekia pharnaceoides et
Dactyloctenium aegyptiacum.

Gisekia pharnaceoides L.	5	II	+	38.9							+				+	+			1			+
Dactyloctenium aegyptiacum(L.)Ascherson & Scweinf.	7	III	+	225.0				+	+		+	+					3				+	+
Euphorbia aegyptiaca Boiss.	5	II	+	108.3				+			+						+		+		2	
Dicoma tomentosa Cass.	1	I	+	2.8													+					
Mollugo nudicaulis Lam.	1	I	+	2.8																	+	
Mollugo cerviana(L.)Ser.	2	I	+	5.6				+												+		

LES GROUPEMENTS EDAPHIQUES.

LES ERGS.

Complexe Sindo-angolan (Holarctis et Paleotropis).
Omni-Sahara.

Morettia canescens Boiss.	5	II	+	13.9				+				+	+				+		+			

Sahara central et Sahara méridional.

Cyperus conglomeratus Rottb.	3	II	+	33.3				1				+				+						
Cyperus rotundus L.	1	I	+	2.8																	+	

LES ESPECES DES MILIEUX HUMIDES SAHELO-SOUDANIENS.

Sporobolus spicatus(Vahl)Kunth	2	I	+	5.6	+									+								

LES ELEMENTS BIOGEOGRAPHIQUES.

SAHARO-SINDIENNE.
Liaison Sindo-angolanne.

Enneapogon scaber Lehm.	3	II	+	8.3										+						+		+

Tableau VI (suite)

Tableau VII . Variante du Tableau VI sans *Schoenefeldia gracilis*.

La transition avec le monde sahélo-soudanien s'affirme (8253 (23) à 671 (25)).

	Fréquence	Présence	Adm	Recouvrement	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
					1	1	1	1	1	1	1		1	1	8		1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2
					2	2	2	3	3	3	3	5	2	1	3	6	6	4	1	3	3	6	6	6	5	5	6	8	8
					3	2	2	5	0	9	3	6	3	2	0	5	4	9	1	5	7	4	5	3	3	6	7	2	6
					7	4	5	0	9	3	4	7	1	2	3	2	9	4	3	7	4	5	1	8	0	8	3	5	9	7
																												3	1	1
LES GROUPEMENTS CLIMATIQUES																														
LES REGS ET OUEDS OMNI-SAHARIENS																														
Classe: Asterico-Pergularietea tomentosi. Complexe Sindo-angolan (Holarctis et Paleotropis).																														
Pergularia tomentosa L.	9	III	+	36.0	+	+	+		+		+				1		+				+			+					
Colocynthis vulgaris(L.)Schrader	15	III	+	30.0	+		+			+		+		+	+	+	+	+			+	+		+		+			+	+
Crotalaria saharae Cosson	2	I	+	4.0																						+		+		
Heliotropium bacciferum Forskal	10	III	+	56.0												+	1		+	+		1	+	+	+	+			+
LES STEPPES ARBOREES SAHELIENNES ET SAHELO-SOUDANIENNES.																														
Classe: Boerhavio-Tephrosietea purpureae. Complexe Sahélo-Soudanien.																														
Aristida sieberiana Trin.	5	II	+	10.0											+	+	+				+				+				
Zaleya pentandra(L.)Jeffrey	2	I	+	4.0											+								+						
Boerhaavia repens L.	12	III	1	326.0								2		+		+	2			+	+	1	+	3	+	+			+
Boerhaavia repens L.var.viscosa(Choisy)Maire	1	I	+	2.0																	+								
Indigofera disjuncta Gillett	1	I	+	2.0																						+			
Tephrosia vicioides A.Richard	2	I	+	4.0											+				+										
Pennisetum violaceum(Lam.)L.M.C.,Richard	1	I	+	20.0																									1
Rhynchosia memnonia(Delile)Boiss.	1	I	+	2.0																					+				
Pennisetum violaceum(Lam.)L.M.C.,Richard var.monodianum Maire	1	I	+	20.0																		1							
Eragrostis cilianensis(All.)Link subsp.poaeoides(Beauv.)Husnot																													
Latipes senegalensis Kunth	1	I	+	2.0													+												
Eragrostis diplachnoides Steudel	1	I	+	2.0																								+	
Brachiaria xantholeuca Stapf	1	I	+	2.0																									+
Indigofera hoschtetteri Baker	3	I	+	6.0													+									+			+
Cucumis ficifolius A.,Richard	2	I	+	4.0																								+	+
LES REGS OMNI-SAHARIENS (Les steppes désertiques à...)																													
Ordre:Helianthemetalia lippiis. Complexe Sindo-angolan (Holarctis et Paleotropis). Sahara central et Sahara septentrional.																													
Fagonia flamandii Batt.	1	I	+	2.0																			+						
Ordre: Aervo-Fagonetalia bruguierii. Alliance: Aervo-Fagonion.																													
Complexe Sindo-angolan (Holarctis et Paleotropis). Omni-Sahara.																													
Fagonia bruguieri DC.	2	I	+	72.0														+	2										
Fagonia olivieri Boiss.	13	III	2	1094.0	3	2	4	3	2	2	3		2			+		2	+	1	1								
Stipagrostis plumosa(L.)Bourreil subsp.lanuginosa(Trabut)Maire	6	II	+	216.0		2			2									2	+		+		+						
Schouwia purpurea(Forskal)Schweinf.subsp.schimperi(Jaub.& Spach) Muschler	9	III	1	414.0		3				+					+				+	+	+	4				+			+
Transition Saharo-Sahélienne.																													
Aerva javanica(Burm.fil.)ex Schultes	17	IV	+	88.0	+	+	+		1	1	+		+	+		+	+	1	+	+	+	+				+			+
Farsetia ramosissima Hochst.subsp.garamantum Maire	14	III	1	342.0			+				1			3	3	+	+		+	+	+	+	+	+		+	+		+
Tribulus ochroleucus Maire	4	II	+	76.0			+			2		+									+								
Tribulus terrester L.	9	III	+	252.0							1				+		+		+		+	+	2	3			+		+
LES OUEDS.																													
GROUPE de l'Acacia-Panicum turgidum. Alliance: Acacio-Panicion.																													
Sahara central et Sahara septentrional.																													
Lasiurus hirsutus(Forskal)Boiss.	4	II	+	94.0				+					2					1	+										
Cenchrus ciliaris L.	6	II	+	80.0								+			+					+	+				2			+	
Cleome arabica L.	1	I	+	2.0																				+					
Aristida caerulescens Desf.	16	III	1	376.0	+	2	2	1	2	1	1	+	+	+		+	+	2	1		+				+				
Pulicaria undulata(L.)DC.var.alveolosa(Batt.& Trabut)Maire	1	I	+	70.0																									2
Complexe Sindo-angolan (Holarctis et Paleotropis). Omni-Sahara.																													
Acacia tortilis(Forskal)Hayne subsp.raddiana(Savi)Brenan	15	III	1	378.0	1	1		1	1	1	+	1			+		1		2	1			+					2	+	2
Acacia ehrenbergiana Hayne	17	IV	2	1058.0	+		+	2	1	1		2	3		2			1	2	1	2	+	3	+	4			2	
Panicum turgidum Forskal	22	V	2	1758.0	3	2	+	1	3		1	1	3	3	+	3	3	3	2	1	2		1	+	2	+	2		4
Cymbopogon schoenanthus subsp.laniger(Hooker)Maire & Weiller	9	III	1	450.0		+		+				+	2						2	+					3	3			+
Dichanthium annulatum(Forskal)Stapf	1	I	+	2.0																	+								
Transition Saharo-Sahélienne.																													
Salvadora persica Garcin	1	I	+	2.0																								+	
Stipagrostis ciliata(Desf.)De Winter	2	I	+	22.0												+					1								
Grewia tenax(Forskal)Fiori	1	I	+	20.0												1													
Calotropis procera Willd.	3	I	+	24.0																		+						+	1
Balanites aegyptiaca Delile	4	II	+	76.0								+													+			2	
Ziziphus lotus(L.)Desf.subsp.saharae Maire	4	II	+	94.0													1				+			+			2		
Tephrosia leptostachya DC.	4	II	+	8.0												+					+						+		
Maerua crassifolia Forskal	14	III	1	464.0	3				3				1			1	1		+	+	2	+	+	1		+	+		
Leptadenia pyrotechnica(Forskal)DC.	4	II	+	8.0											+	+												+	
Cassia italica(Miller)Lam.ex F.W.Andrews	3	I	+	154.0							3								+								+		
Stipagrostis sahelica(Trabut)De Winter	1	I	+	2.0														1											
Cassia senna L.	5	II	+	114.0	+								1					1			+								
Chrozophora brocchiana(Vis.)Schweinf.	25	V	+	154.0	+	+	+	+	1	2	+	+	+	+	+	+	+	1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Atractylis aristata Batt.	7	II	+	50.0	+	+	+	+		1			+					1											
Euphorbia granulata Forskal	6	II	+	12.0				+								+				+	+	+	+						
Aristida meccana Hochst.	1	I	+	2.0																	+								
Faidherbia albida(Delile)A.Cheval.	1	I	+	2.0																	+								

LES STEPPES ARBOREES SAHELIENNES.

GROUPE de l'Acacia-Aristida pl.sp.
Alliance: Acacio-Aristidion mutabilae.

Complexe Saharo-Sahélien.
(Mixtium: Acacio-Panicion et Acacio-Aristidion)

Aristida mutabilis Trin.& Rupr.	21	IV	2	1072.0	+	+	+	3	3			3	2		+	+	2	3	+	+		2	+	+	2	3	1	+	+
Aristida funiculata Trin.& Rupr.	10	III	+	124.0				+	+	1	+		+	+			+	+			1					2			
Amaranthus angustifolius Lam.subsp.graecyzans(L.)Maire & Weiler	4	II	+	8.0																+					+			+	+
Cenchrus biflorus Roxb.	12	III	+	92.0										+	+		2	+	+		+	+		+		+	+	+	+
Cleome scaposa DC.	1	I	+	2.0																					+				
Corchorus tridens L.	2	I	+	72.0																				2				+	
Indigofera semitrijuga Forskal	2	I	+	4.0										+						+									
Indigofera sessiliflora DC.	6	II	+	12.0								+					+			+		+	+			+			
Tragus racemosus(L.)All.	2	I	+	152.0													+										3		
Blepharis linearifolia Pers.	3	I	+	154.0									3							+						+			
Boscia senegalensis(Pers.)Lam.ex Poiret	4	II	+	242.0													1							2	+				3
Cassia tora L.	1	I	+	2.0																									+
Chascanum marrubifolium Fenzl ex Walpers	2	I	+	4.0													+			+									
Eragrostis tremula Hochst.	2	I	+	4.0										+															+
Panicum laetum Kunth	5	II	+	10.0													+					+		+				+	+
Chloris prieuri Kunth	2	I	+	4.0													+												+
Ctenium elegans Kunth	1	I	+	2.0																								+	
Tephrosia nubica(Boiss.)Baker	1	I	+	2.0																						+			
Euphorbia balsamifera Aiton	1	I	+	2.0																								+	

Alliance: Acacio-Aristidion mutabilae.
Complexe Sahélien.

Abutilon glaucum Webb																													
Cyperus cf. iria L.	1	I	+	2.0																								+	
Indigofera senegalensis Lam.	1	I	+	2.0																		+							
Anogeissus leiocarpus(DC.)Guill.& Perr.	1	I	+	2.0																								+	
Aristida hordacea Kunth	1	I	+	2.0																					+				
Coelachyrum olibrachiatum A.,Camus	1	I	+	2.0																		+							
Rogeria adenophylla Gay ex Delile	1	I	+	2.0																				+					
Tribulus longipetalus Viv.subsp.macropterus(Boiss.)Maire	1	I	+	2.0																			+						
Tragus berteronianus Schultes	1	I	+	250.0																							4		
Indigofera cordifolia Heyne ex Roth	1	I	+	2.0																						+			
Glossonema gautieri Batt.& Trabut	2	I	+	4.0												+										+			

Transition Sahélo-Soudanienne.

La steppe à Commiphora africana et Combretaceae.
Complexe Sahélo-Soudanien.

Commiphora africana(A.,Richard)Engler	1	I	+	2.0																								+	
Guieria senegalensis J.F.,Gmelin	1	I	+	150.0																								3	
Zornia glochidiata Reichenb.ex DC.	1	I	+	2.0																								+	
Aristida stipoides Lam.	1	I	+	2.0																								+	
Tetrapogon cenchriformis(A.,Richard)W.D.,Clayton	1	I	+	2.0																								+	
Elionurus elegans Kunth	1	I	+	2.0																									+
Borreria filifolia(Schumacher & Thonn)K.,Schum.	1	I	+	2.0																							+		

LES FORMATIONS DES CULTURES ET DES STADES POST-CULTURAUX.

Association à Gisekia pharnaceoides et
Dactyloctenium aegyptiacum.

Gisekia pharnaceoides L.	4	II	+	26.0																		+		+	1				+
Dactyloctenium aegyptiacum(L.)Ascherson & Scweinf.	3	I	+	6.0													+							+		+			
Dicoma tomentosa Cass.	1	I	+	2.0																									+
Glinus lotoides L.	1	I	+	2.0																								+	
Mollugo nudicaulis Lam.	1	I	+	2.0																				+					
Mollugo cerviana(L.)Ser.	1	I	+	2.0																						+			
Gynandropsis gynandra(L.)Briq.	1	I	+	2.0																									+

LES GROUPEMENTS EDAPHIQUES.

LES ERGS.

Complexe Sindo-angolan (Holarctis et Paleotropis).
Omni-Sahara.

Morettia canescens Boiss.	6	II	+	12.0	+	+	+			+			+					+											

Sahara central et Sahara méridional.

Cyperus conglomeratus Rottb.	6	II	+	80.0										+	2		+			+			+		+				

LES ESPECES DES MILIEUX HUMIDES SAHELO-SOUDANIENS.

Alternanthera nodiflora R.,Br.	1	I	+	20.0																								1	

LES ELEMENTS BIOGEOGRAPHIQUES.

SAHARO-SINDIENNE.
Liaison Sindo-angolanne.

Enneapogon scaber Lehm.	4	II	+	8.0											+	+				+					+				

Tableau VII (suite)

Tableau VIII . ACACIO - ARISTIDION à *Schoenefeldia gracilis* : son organisation

L'*Acacio- Panicion* perd une partie de ses composants et s'enrichit en éléments de l'*Acacio-Aristidion* (7287 (16) à 563 (54)).

	Fre que nce	Pre sen ce	A d m	Reco uvre ment	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
					6106	5102	590	8281	7261	1262	679	5107	5101	592	589	599	7310	8297	539	7287	7308	8362	5103	594	593	8271	8274	7264	8277	8272	8273	8282	8283	I284	7258	8267	8380	1329	314	672	561	6104	588	536	653	597	595	587	586	647	646	7268	7285	7269	7337	7259	8328	563
LES GROUPEMENTS CLIMATIQUES
LES REGS ET OUEDS OMNI-SAHARIENS
Classe: Asterico-Pergularietea tomentosi. Complexe Sindo-angolan (Holarctis et Paleotropis).
Asteriscus graveolens(Forskal)DC.	1	I	+	0.9																										+																												
Colocynthis vulgaris(L.)Schrader	18	II	+	17.0			+		+	+						+	+		+				+	+		+		+	+	+		+		+								+		+	+	+												
Crotalaria saharae Cosson	1	I	+	0.9																																					+																	
Heliotropium bacciferum Forskal	19	III	+	17.9					+	+				+		+	+		+				+					+	+				+			+			+	+	+	+	+			+		+										+
LES STEPPES ARBOREES SAHELIENNES ET SAHELO-SOUDANIENNES.
Classe: Boerhavio-Tephrosietea purpureae. Complexe Sahélo-Soudanien.
Aristida sieberiana Trin.	4	I	+	35.8																					+				2												+								+									
Zaleya pentandra(L.)Jeffrey	2	I	+	1.9																																				+					+													
Boerhaavia coccinea Miller	3	I	+	2.8																							+		+									+																				
Boerhaavia repens L.	24	III	+	266.0	+	+			1	1		+		+	+		+		3				+	3	3	1		+	+	1	+												+	+	+	+	+	+	+									
Boerhaavia repens L.var.viscosa(Choisy)Maire	1	I	+	0.9			+																																																			
Bothriochloa bladhii(Retz.)S.T.,Blake	2	I	+	1.9																												+																										+
Enneapogon desvauxii Beauv.	9	II	+	8.5					+																		+	+		+								+									+									+	+	+
Indigofera disjuncta Gillett	2	I	+	1.9																							+											+																				
Tephrosia vicioides A.Richard	1	I	+	0.9																																			+																			
Pennisetum violaceum(Lam.)L.M.C.,Richard	1	I	+	0.9																																						+																
Tephrosia purpurea(L.)Pers.	5	I	+	36.8			+																																				+												2	+		+
Rhynchosia memnonia(Delile)Boiss.	6	I	+	5.7														+							+		+															+			+													+
Pennisetum violaceum(Lam.)L.M.C.,Richard var.monodianum Maire	1	I	+	0.9																																																						+
Eragrostis cilianensis(All.)Link subsp.poaeoides(Beauv.)Husnot	9	II	+	25.5							+							+			1	+				+														+					+							1			+			
Geigeria alata(DC.)Olivier & Hieron.	3	I	+	2.8																																				+					+							+						
Echinochloa colona(L.)Link	4	I	+	20.8			+													1					+						1																											
Latipes senegalensis Kunth	1	I	+	0.9																																													+									
Grewia flavescens Juss.																																																										
Eragrostis diplachnoides Steudel	1	I	+	0.9																																														+								
Corchorus depressus(L.)Stocks	4	I	+	12.3				+								+												+								1																						
Indigofera hoschtetteri Baker	8	II	+	16.0					+					+							1															+										+						+	+			+		
Cucumis ficifolius A.,Richard	1	I	+	0.9																	+																																					
LES REGS OMNI-SAHARIENS (Les steppes désertiques à...)
Ordre: Aervo-Fagonetalia bruguierii. Alliance: Aervo-Fagonion. Complexe Méditerranéo Saharo-sindien (Holarctis). Sahara central et Sahara septentrional.
Neurada procumbens L.	1	I	+	0.9																																													+									
Complexe Sindo-angolan (Holarctis et Paleotropis). Omni-Sahara.
Fagonia olivieri Boiss.	4	I	+	3.8							+																									+				+							+											
Schouwia purpurea(Forskal)Schweinf.subsp.schimperi(Jaub.& Spach)Muschler	10	II	+	228.3					+	+								3			+					2				+	4											+			+													+

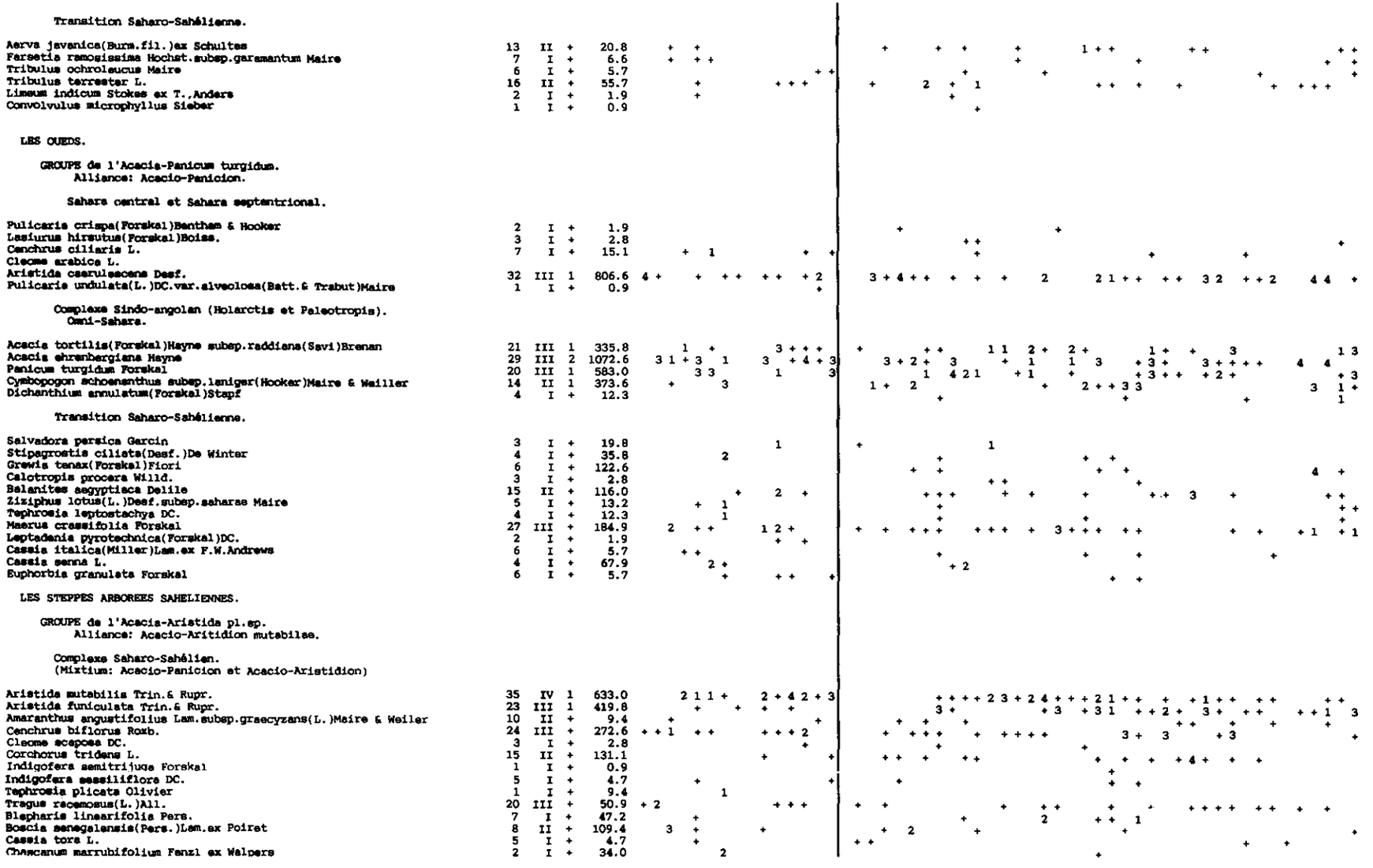


Tableau VIII (suite 1)

Espèce					Relevés
Eragrostis tremula Hochst.	8	II	+	7.5	+ + + + + + + +
Schoenefeldia gracilis Kunth	52	V	2	1214.2	2 4 + 3 + + + 4 3 2 2 1 1 + + 1 + 1 + 2 2 + + + + + + 4 1 + 2 2 1 + + + 4 1 + + + ? + + 4 1 2 4 + + + +
Panicum laetum Kunth	18	II	+	294.3	+ 2 + + 2 2 2 2 + + + 4 + + + + + +
Chloris prieuri Kunth	13	II	+	76.4	+ + 2 + + + + + + + + + 2
Eragrostis pilosa(L.)Beauv.	17	II	+	213.2	+ + + + + + 1 + + + + + 2 3 3 1 1
Ctenium elegans Kunth	1	I	+	33.0	2
Tephrosia nubica(Boiss.)Baker	3	I	+	2.8	+ + +
Ziziphus mauritiana Lam.	5	I	+	45.3	1 2 + + +
Alliance: Acacio-Aritidion mutabilae. Complexe Sahélien.					
Acacia seyal Delile	1	I	+	70.8	3
Acacia senegal(L.)Willd.	2	I	+	1.9	+ +
Abutilon glaucum Webb	3	I	+	11.3	1 + + +
Chrozophora plicata Juss.	2	I	+	1.9	+ +
Cyperus cf. iria L.	1	I	+	0.9	+
Indigofera senegalensis Lam.	10	II	+	9.4	+ + + + + + + + + +
Stipagrostis hirtigluma(Steudel ex Trin.& Rupr.)De Winter	3	I	+	2.8	+ + +
Aristida tunetana Cosson var.intermedia Maire	2	I	+	1.9	+ +
Eragrostis ciliaris(L.)R.,Br.	2	I	+	1.9	+ +
Cleome viscosa L.	2	I	+	1.9	+ +
Aristida hordacea Kunth	9	II	+	89.6	+ 2 + 2 + + 1 1 +
Indigofera colutea(Burm.fil.)Merr.	3	I	+	2.8	+ + +
Tragus berteronianus Schultes	2	I	+	1.9	+ +
Indigofera cordifolia Heyne ex Roth	7	I	+	38.7	2 + + + + + +
Alysicarpus rugosus(Willd.)DC.	1	I	+	9.4	1
Cleome brachycarpa Vahl ex DC.	1	I	+	0.9	+
Ocimum basilicum L.	1	I	+	0.9	+
Celosia argentea L.	1	I	+	0.9	+
Sorghum virgatum(Hack.)Stapf	1	I	+	70.8	3
Polycarpon prostratum(Forskal)Ascherson & Schweinf.	1	I	+	0.9	+
Cucumis melo L.	1	I	+	0.9	+
Indigofera costata Guill.& Perr.	1	I	+	0.9	+
Glossonema boveanum Decne	1	I	+	0.9	+
Polygala erioptera DC.	4	I	+	3.8	+ + + +
Borreria compressa Hutch.& Dalz.	2	I	+	1.9	+ +
Cenchrus prieuri(Kunth)Maire	2	I	+	1.9	+ +
Fimbristylis quinquangularis(Vahl)Kunth	1	I	+	0.9	+
Sporobolus helvolus(Trin.)Durieu & Schinz	2	I	+	1.9	+ +
Abutilon albidum(Willd.)Webb & Berth.subsp.fruticosum(Guill.Perr.)Maire	2	I	+	10.4	1 +
Panicum pansum Rendle	5	I	+	4.7	+ + + + +
Cyperus geminicus Rottb.	1	I	+	9.4	1
La steppe à Commiphora africana et Combretaceae. Complexe Sahélo-Soudanien.					
Cassia mimosoides L.	1	I	+	0.9	+
Tetrapogon cenchriformis(A.,Richard)W.D.,Clayton	5	I	+	4.7	+ + + + +
LES FORMATIONS DES CULTURES ET DES STADES POST-CULTURAUX.					
Association à Gisekia pharnecoides et Dactyloctenium aegyptiacum					
Gisekia pharnaceoides L.	17	II	+	16.0	+ + + + + + + + + + + + + + + + +
Dactyloctenium aegyptiacum(L.)Ascherson & Scweinf.	25	III	+	23.6	+ +
Euphorbia aegyptiaca Boiss.	6	I	+	22.6	+ + 1 1 + +
Andropogon gayanus Kunth	3	I	+	2.8	+ + +
Tephrosia linearis(Willd.)Pers.	2	I	+	1.9	+ +
Glinus lotoides L.	1	I	+	0.9	+
Mollugo nudicaulis Lam.	13	II	+	82.1	+ + + 3 + + + + + + + + +
Mollugo cerviana(L.)Ser.	4	I	+	73.6	+ + 3 +
Cucumis prophetarum L.	2	I	+	1.9	+ +

Tableau VIII (suite 2)

LES GROUPEMENTS EDAPHIQUES.					
LES ERGS.					
Complexe Sindo-angolan (Holarctis et Paleotropis).					
Omni-Sahara.					
Morettia canescens Boiss.	7	I	+	38.7	+ + 2 + + + +
Sahara central et Sahara méridional.					
Asthenatherum forskalii(Vahl)Nevski	2	I	+	71.7	3 +
Cyperus conglomeratus Rottb.	6	I	+	75.5	+ + 3 + + +
Cyperus rotundus L.	4	I	+	3.8	+ + + +
LES ESPECES DES MILIEUX HUMIDES SAHELO-SOUDANIENS.					
Sporobolus spicatus(Vahl)Kunth	2	I	+	103.8	3 2
Aeschynomene indica L.	1	I	+	0.9	+
Oryza barthii A.,Chev.	1	I	+	33.0	2
LES ELEMENTS BIOGEOGRAPHIQUES.					
SAHARO-SINDIENNE.					
Liaison Sindo-angolanne.					
Enneapogon scaber Lehm.	5	I	+	4.7	+ + + + +
PLURIREGIONALE.					
Cynodon dactylon(L.)Pers.	1	I	+	0.9	+

Tableau VIII (suite 3)

Tableau IX . ACACIO - ARISTIDION sans *Schoenefeldia gracilis*.

Même organisation que dans le tableau VIII . Son affirmation se constate à partir des relevés 534 (15) à 648 (43) .

	Frequence	Presence	Adm	Recouvrement	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	25	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43
					58	8320	7332	7289	613	675	681	670	656	655	8205	524	629	543	534	8319	8321	8322	8323	8325	8326	8327	7331	7333	7335	8300	1218	8252	674	677	680	682	683	684	665	559	632	650	642	545	637	551	648
LES GROUPEMENTS CLIMATIQUES																																															
LES REGS ET OUEDS OMNI-SAHARIENS																																															
Classe: Asterico-Pergularietea tomentosi. Complexe Sindo-angolan (Holarctis et Paleotropis).																																															
Asteriscus graveolens(Forskal)DC.	1	I	+	1.2																																						+					
Pergularia tomentosa L.	2	I	+	41.9												2						+																									
Colocynthis vulgaris(L.)Schrader	13	II	+	15.1		+	+									+				+					+							+		+					+	+			+	+	+		+
Crotalaria saharae Cosson	3	I	+	14.0									1																					+													+
Heliotropium bacciferum Forskal	22	III	+	197.7		+	+				+	+	+		+					+		+	+		+	+	+		+				+	+		3		+		+			+	+	3		+
LES STEPPES ARBOREES SAHELIENNES ET SAHELO-SOUDANIENNES.																																															
Classe: Boerhavio-Tephrosietea purpureae. Complexe Sahélo-Soudanien.																																															
Aristida sieberiana Trin.	10	II	+	61.6			+				+																+		1			+		+			+	2		+						+	
Zaleya pentandra(L.)Jeffrey	8	II	+	9.3			+						+																+					+						+	+	+					+
Boerhaavia coccinea Miller	2	I	+	2.3											+										+																						
Boerhaavia repens L.	20	III	+	83.7	+	+	1	2					+	+	+		+		+	+		+						1	+					+	+	+		+							+	+	+
Boerhaavia repens L.var.viscosa(Choisy)Maire	2	I	+	88.4																																			+				3				
Bothriochloa bladhii(Retz.)S.T.,Blake	1	I	+	87.2					3																																						
Enneapogon desvauxii Beauv.	5	I	+	5.8			+															+	+			+				+																	
Tephrosia uniflora Pers.	1	I	+	1.2																																										+	
Indigofera disjuncta Gillett	5	I	+	5.8																		+		+		+	+								+												
Tephrosia vicioides A.Richard	2	I	+	2.3			+																				+																				
Pennisetum violaceum(Lam.)L.M.C.,Richard	3	I	+	3.5																+																				+						+	
Tephrosia purpurea(L.)Pers.	3	I	+	3.5																							+													+					+		
Rhynchosia memnonia(Delile)Boiss.	8	II	+	9.3							+		+	+						+					+								+		+											+	
Eragrostis ciliianensis(All.)Link subsp.poaeoides(Beauv.)Husnot	6	I	+	7.0				+					+								+			+											+					+							
Geigeria alata(DC.)Olivier & Hieron.	2	I	+	2.3																			+																	+							
Latipes senegalensis Kunth	1	I	+	1.2																																				+							
Brachiaria xantholeuca Stapf	1	I	+	1.2																												+															
Corchorus depressus(L.)Stocks	3	I	+	14.0			+																																		+	1					
Indigofera hoschtetteri Baker	3	I	+	3.5				+			+																	+																			
LES REGS OMNI-SAHARIENS (Les steppes désertiques à...)																																															
Ordre:Helianthemetalia lippiis. Complexe Sindo-angolan (Holarctis et Paleotropis). Complexe Méditerranéo Saharo-sindien (Holarctis). Sahara septentrional.																																															
Pulicaria arabica(L.)Cass.subsp.inuloides(DC.)Maire	2	I	+	127.9																																					3	2					
Ordre: Aervo-Fagonetalia bruguierii. Alliance: Aervo-Fagonion. Complexe Méditerranéo Saharo-sindien (Holarctis). Sahara central et Sahara septentrional.																																															
Neurada procumbens L.	1	I	+	1.2											+																																
Complexe Sindo-angolan (Holarctis et Paleotropis). Omni-Sahara.																																															
Fagonia olivieri Boiss.	17	III	+	40.7			+			+	+	+			+		1	+		+		+		+									+	+	+		+	+			+						1
Stipagrostis plumosa(L.)Bourreil	2	I	+	2.3			+													+																											
Stipagrostis plumosa(L.)Bourreil subsp.eu plumosa Maire	1	I	+	1.2																						+																					
Stipagrostis plumosa(L.)Bourreil subsp.lanuginosa(Trabut)Maire	5	I	+	5.8						+					+																		+	+										+			
Schouwia purpurea(Forskal)Schweinf.subsp.schimperi(Jaub.& Spach)Muschler	10	II	+	51.2									+									+						+	+					+						+	+	+				+	2

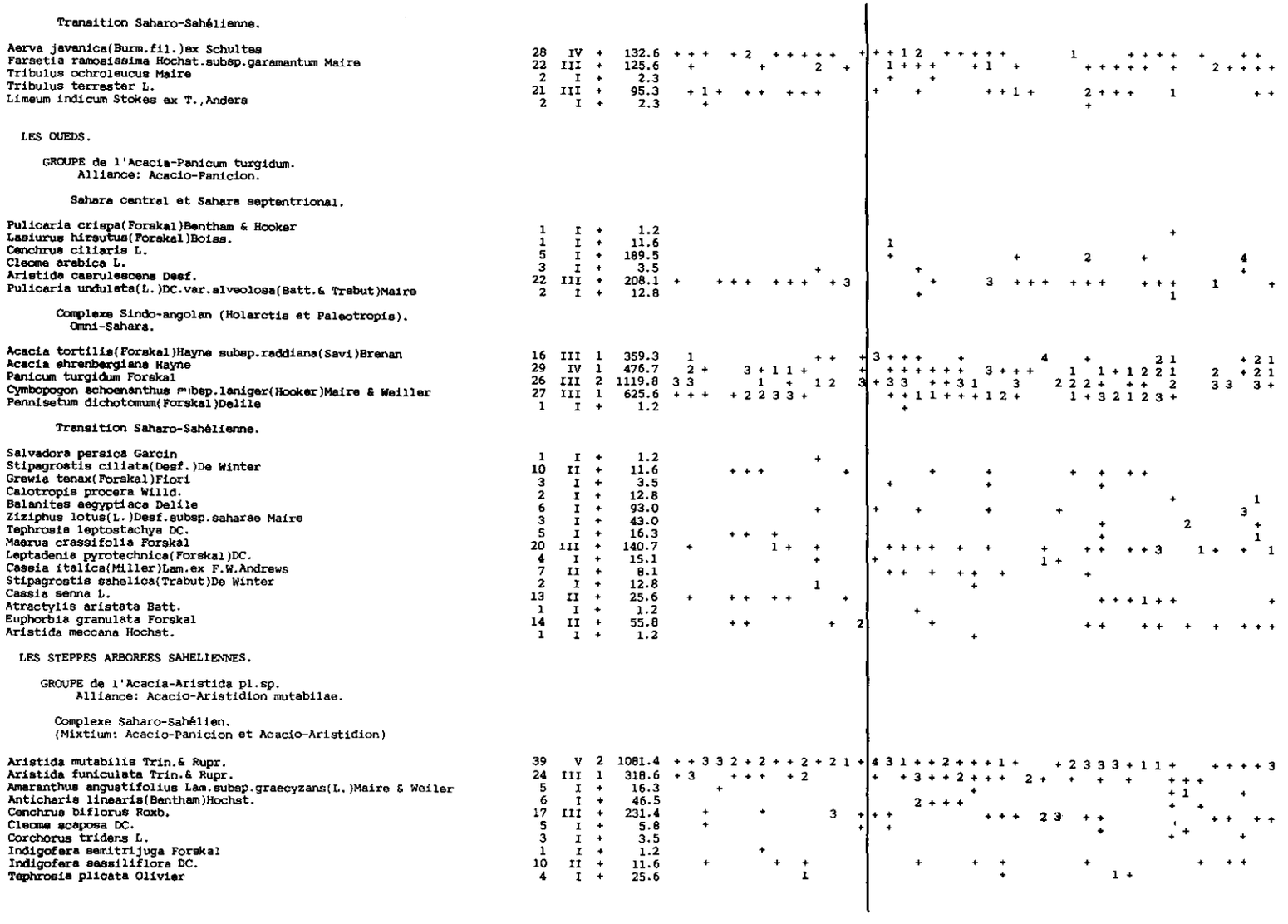


Tableau IX (suite 1)

Tragus racemosus(L.)All.	7	II	+	8.1	+ + + + + + + +
Blepharis linearifolia Pers.	10	II	+	51.2	2 + + + + + + + + +
Boscia senegalensis(Pers.)Lam.ex Poiret	3	I	+	3.5	+ + +
Cassia tora L.	2	I	+	2.3	+ +
Chascanum marrubifolium Fenzl ex Walpers	12	II	+	74.4	+ + 1 2 + + 1 + + + + +
Eragrostis tremula Hochst.	5	I	+	5.8	+ + + + +
Panicum laetum Kunth	3	I	+	3.5	+ + +
Chloris prieuri Kunth	4	I	+	4.7	+ + + +
Eragrostis pilosa(L.)Beauv.	4	I	+	15.1	+ + +
Tephrosia nubica(Boiss.)Baker	7	II	+	47.7	2 + + + + + +
Ziziphus mauritiana Lam.	2	I	+	2.3	+ +

Alliance: Acacio-Aristidion mutabilae.
Complexe Sahélien.

Acacia seyal Delile	3	I	+	3.5	+ + +
Abutilon glaucum Webb	2	I	+	2.3	+ +
Tribulus longipetalus Viv.subsp.alatus(Delile)Ozenda & Quezel	2	I	+	12.8	+ 1
Chrozophora plicata Juss.	2	I	+	2.3	+ +
Indigofera senegalensis Lam.	3	I	+	3.5	+ + +
Stipagrostis hirtigluma(Steudel ex Trin.& Rupr.)De Winter	8	II	+	174.4	2 2 + 3 + + + +
Aristida tunetana Cosson var.intermedia Maire	1	I	+	1.2	+
Eragrostis ciliaris(L.)R.,Br.	1	I	+	1.2	+
Cleome viscosa L.	1	I	+	1.2	+
Andrachne telephioides L.	1	I	+	1.2	+
Aristida hordacea Kunth	3	I	+	3.5	+ + +
Indigofera colutea(Burm.fil.)Merr.	2	I	+	2.3	+ +
Indigofera cordifolia Heyne ex Roth	2	I	+	2.3	+ +
Glossonema gautieri Batt.& Trabut	7	II	+	18.6	+ + 1 + + + +
Polycarpon prostratum(Forskal)Ascherson & Schweinf.	2	I	+	2.3	+ +
Cucumis melo L.	1	I	+	1.2	+
Indigofera costata Guill.& Perr.	2	I	+	2.3	+
Glossonema boveanum Decne	4	I	+	15.1	1 + +
Polygala erioptera DC.	1	I	+	1.2	+
Borreria compressa Hutch.& Dalz.	4	I	+	4.7	+ + + +
Cenchrus prieuri(Kunth)Maire	2	I	+	2.3	+ +
Fimbristylis quinquangularis(Vahl)Kunth	1	I	+	1.2	+
Sporobolus helvolus(Trin.)Durieu & Schinz	1	I	+	1.2	+
Abutilon albidum(Willd.)Webb & Berth.subsp.fruticosum(Guill.Perr.)Maire	1	I	+	1.2	+
Sesameum indicum L.	1	I	+	1.2	+
Melhania denhamii R.,Br.	1	I	+	1.2	+
Enteropogon rupestris(J.A.Schmidt)A.,Cheval.	1	I	+	1.2	+
Triraphis pumilio R.,Br.	2	I	+	2.3	+ +
Hyphaene thebaica Mart.	1	I	+	40.7	2
Indigofera astragalina DC.	1	I	+	1.2	+

Association à Gisekia pharnaceoides et
Dactyloctenium aegyptiacum.

Gisekia pharnaceoides L.	11	II	+	23.3	+ 1 + + + + + + + + +
Dactyloctenium aegyptiacum(L.)Ascherson & Scweinf.	8	II	+	9.3	+ + + + + + + +
Euphorbia aegyptiaca Boiss.	10	II	+	11.6	+ + + + + + + + + +
Andropogon gayanus Kunth	3	I	+	3.5	+ + +
Dicoma tomentosa Cass.	3	I	+	3.5	+ + +
Pennisetum pedicellatum Trin.	1	I	+	1.2	+
Tephrosia linearis(Willd.)Pers.	4	I	+	44.2	+ + + 2
Mollugo nudicaulis Lam.	5	I	+	5.8	+ + + + +
Mollugo cerviana(L.)Ser.	2	I	+	2.3	+ +
Ceratotheca sesamoides Endl.	1	I	+	1.2	+
Cucumis prophetarum L.	1	I	+	1.2	+
Hibiscus asper Hooker fil.	1	I	+	1.2	+

Tableau IX (suite 2)

LES GROUPEMENTS EDAPHIQUES.																																													
LES ERGS.																																													
Complexe Sindo-angolan (Holarctis et Paleotropis).																																													
Omni-Sahara.																																													
Morettia canescens Boiss.	13	II	+	54.7			+	+		+			+									+	+	+		+		+						+		+				2	+				
Sahara central et Sahara méridional.																																													
Aèthenatherum forskalii(Vahl)Nevski	1	I	+	1.2											+																														
Cyperus conglomeratus Rottb.	5	I	+	45.3			+				+				2																													+	+
Cyperus rotundus L.	1	I	+	1.2																																									+
LES ELEMENTS BIOGEOGRAPHIQUES.																																													
MEDITERRANEENNE.																																													
Méditerranéenne à irradiation Saharo-sindienne.																																													
Aeluropus litoralis(Gouan)Parl.	1	I	+	1.2																											+														
SAHARO-SINDIENNE.																																													
Seetzenia africana R.,Br.	1	I	+	1.2									+																																
Saharo-Sindienne méditerranéenne.																																													
Malcolmia aegyptiaca Sprengel	1	I	+	1.2																																					+				
Liaison Sindo-angolanne.																																													
Enneapogon scaber Lehm.	9	II	+	20.9	+				1	+			+					+																	+	+	+	+							

Tableau IX (suite 3)

Tableau X . Mise en place de la steppe arborée sahélo-soudanienne.

A l'*Acacio-Panicion* très appauvri succède un *Acacio-Aristidion* qui s'enrichit en espèces des steppes arborées riches en Combretacées : *Commiphora africana, Guieria senegalensis* et divers *Combretum*.

	Fréquence	Présence	Adm	Recouvrement	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
					5 1 6	8 3 9	8 3 8	8 3 4	8 5 1	5 1 4	8 3 4	8 3 6	5 1 4	1 1 3	5 1 2	5 1 0	8 3 7	8 3 3	8 3 1	5 1 1	5 1 5	8 2 0	7 3 4	5 1 8	1 2 7	1 3 0	7 3 4	8 3 1	8 3 0	8 4 1	8 4 0	8 5 3	7 2 6	8 3 6	8 3 5	8 4 5	8 5 2	8 4 7	8 4 8	8 5 4	8 3 9	5 1 0
LES GROUPEMENTS CLIMATIQUES																																								
LES REGS ET OUEDS OMNI-SAHARIENS																																								
Classe: Asterico-Pergularietea tomentosi. Complexe Sindo-angolan (Holarctis et Paleotropis).																																								
Pergularia tomentosa L.	2	I	+	2.8				+												+																			
Colocynthis vulgaris(L.)Schrader	4	I	+	5.6		+				+																+	+												
Heliotropium bacciferum Forskal	2	I	+	2.8																						+													+
Trichodesma africanum(L.)R.,Br.	1	I	+	1.4																			+																
LES STEPPES ARBOREES SAHELIENNES ET SAHELO-SOUDANIENNES.																																								
Classe: Boerhavio-Tephrosietea purpureae. Complexe Sahélo-Soudanien.																																								
Aristida sieberiana Trin.	7	II	+	69.4						2						+	1						+								+		+	+					
Zaleya pentandra(L.)Jeffrey	1	I	+	1.4		+																																	
Boerhaavia repens L.	1	I	+	1.4																		+																	
Tephrosia vicioides A.Richard	1	I	+	1.4																						+													
Pennisetum violaceum(Lam.)L.M.C.,Richard	2	I	+	2.8																		+							+										
Tephrosia purpurea(L.)Pers.	4	I	+	5.6													+	+								+				+									
Rhynchosia memnonia(Delile)Boiss.	1	I	+	1.4	+																																		
Eragrostis cilianensis(All.)Link subsp.poaeoides(Beauv.)Husnot	2	I	+	2.8				+					+																										
Morettia philaena(Delile)DC.	1	I	+	1.4				+																															
Geigeria alata(DC.)Olivier & Hieron.	2	I	+	50.0	+																	2																
Echinochloa colona(L.)Link	3	I	+	4.2									+		+													+										
Latipes senegalensis Kunth	3	I	+	16.7						+							1													+								
Grewia flavescens Juss.	1	I	+	1.4																		+																
Eragrostis diplachnoides Steudel	2	I	+	50.0	2																					+												
Corchorus depressus(L.)Stocks	2	I	+	2.8	+	+																																	
Cucumis ficifolius A.,Richard	3	I	+	4.2						+																												+	+
LES REGS OMNI-SAHARIENS (Les steppes désertiques à...)																																								
GROUPE de la Bordure Saharienne.																																								
Ordre:Helianthemetalia lippiis. Complexe Méditerranéo Saharo-sindien (Holarctis). Sahara septentrional.																																								
Pulicaria arabica(L.)Cass.subsp.inuloides(DC.)Maire	4	I	+	5.6	+	+																				+		+										
Ordre: Aervo-Fagonetalia bruguierii. Alliance: Aervo-Fagonion. Complexe Sindo-angolan (Holarctis et Paleotropis). Omni-Sahara.																																								
Fagonia bruguieri DC.																																								
Fagonia olivieri Boiss.																																								
Transition Saharo-Sahélienne.																																								
Aerva javanica(Burm.fil.)ex Schultes	1	I	+	1.4																			+																
Farsetia ramosissima Hochst.subsp.garamantum Maire	1	I	+	1.4																			+																
Tribulus terrester L.	5	I	+	19.4				+	+												1		+					+										
Limeum indicum Stokes ex T.,Anders																																								
Astragalus vogelii(Webb)Hutch.	1	I	+	1.4		+																																	

LES OUEDS.

GROUPE de l'Acacia-Panicum turgidum.
Alliance: Acacio-Panicion.

Sahara central et Sahara septentrional.

Psoralea plicata Delile	2	I	+	105.6	+ 3
Cenchrus ciliaris L.	6	II	+	123.6	+ + + 3 + 1
Aristida caerulescens Desf.	5	I	+	6.9	+ + + + +
Pulicaria undulata(L.)DC.var.alveolosa(Batt.& Trabut)Maire	2	I	+	152.8	3 2

Complexe Sindo-angolan (Holarctis et Paleotropis).
Omni-Sahara.

Acacia tortilis(Forskal)Hayne subsp.raddiana(Savi)Brenan	9	II	1	304.2	+ 2 3 2 + + + 2 2
Acacia ehrenbergiana Hayne	8	II	+	23.6	+ + + + + 1 + +
Panicum turgidum Forskal	2	I	+	50.0	2 +
Cymbopogon schoenanthus subsp.laniger(Hooker)Maire & Weiller	3	I	+	4.2	+ + +

Transition Saharo-Sahélienne.

Salvadora persica Garcin	4	I	+	5.6	+ + + +
Grewia tenax(Forskal)Fiori	6	II	+	80.6	+ 2 1 1 + +
Calotropis procera Willd.	4	I	+	52.8	2 + + +
Balanites aegyptiaca Delile	18	III	1	311.1	+ 1 + 1 + 2 2 + + 2 + 1 + 1 + + 2 2
Maerua crassifolia Forskal	17	III	+	73.6	+ + 1 + 1 + + 1 + + + + 1 + + + +
Cassia italica(Miller)Lam.ex F.W.Andrews					
Cassia senna L.	2	I	+	2.8	+ +
Euphorbia granulata Forskal					
Faidherbia albida(Delile)A.Cheval.	5	I	+	169.4	3 + 2 1 +

LES STEPPES ARBOREES SAHELIENNES.

GROUPE de l'Acacia-Aristida pl.sp.
Alliance: Acacio-Aristidion mutabilae.

Complexe Saharo-Sahélien.
(Mixtium: Acacio-Panicion et Acacio-Aristidion)

Aristida mutabilis Trin.& Rupr.	22	III	1	350.0	1 2 + + 1 1 + 3 2 + + + + 1 1 2 + + + + + 1
Aristida funiculata Trin.& Rupr.	1	I	+	1.4	+
Amaranthus angustifolius Lam.subsp.graecyzans(L.)Maire & Weiler	3	I	+	4.2	+ + +
Cenchrus biflorus Roxb.	19	III	1	995.8	3 3 3 + 2 3 1 + + 2 4 4 + + + 1 2 + 2
Cleome scaposa DC.	1	I	+	1.4	+
Corchorus tridens L.	8	II	+	113.9	+ + + + + 3 + +
Indigofera sessiliflora DC.	1	I	+	1.4	+
Tragus racemosus(L.)All.	1	I	+	1.4	+
Blepharis linearifolia Pers.	2	I	+	15.3	+ 1
Boscia senegalensis(Pers.)Lam.ex Poiret	23	III	1	581.9	+ + 2 1 + 1 1 3 + 2 3 + 1 1 + 3 + + 2 1 1 1 +
Cassia tora L.	12	II	+	226.4	+ + + + + 1 + 3 2 + 2 +
Eragrostis tremula Hochst.	16	III	+	231.9	+ 3 + + 2 + 2 + + + + + + + + 1
Schoenefeldia gracilis Kunth	13	III	1	587.5	+ 2 2 3 3 2 1 + 1 + 2 3 2
Panicum laetum Kunth	15	III	1	312.5	+ + + 2 1 1 + + + 2 + + + + 4
Chloris prieuri Kunth	7	II	+	125.0	+ + + + + 1 3
Eragrostis pilosa(L.)Beauv.	4	I	+	18.1	+ 1 + +
Ctenium elegans Kunth	13	III	1	365.3	+ 1 + + + + + + 4 3 2 1 +
Tephrosia nubica(Boiss.)Baker	4	I	+	5.6	+ + + +
Ziziphus mauritiana Lam.	6	II	+	20.8	+ + 1 + + +

Aléatoires.

Euphorbia balsamifera Aiton	3	I	+	63.9	2 + 1

Tableau X (suite 1)

Alliance: Acacio-Aristidion mutabilae.
Complexe Sahélien.

Acacia scorpioides(L.)Cheval.subsp.nilotica(Benth.)Cheval.	7	II	+	150.0	+ 3 + 1 1 + 1
Acacia seyal Delile	8	II	+	48.6	1 + 1 1 + + + +
Acacia senegal(L.)Willd.	6	II	+	80.6	+ 2 1 1 + +
Abutilon glaucum Webb	4	I	+	18.1	1 + + +
Chrozophora plicata Juss.	1	I	+	1.4	+
Cyperus cf. iria L.	3	I	+	4.2	+ + +
Indigofera senegalensis Lam.	1	I	+	1.4	+
Eragrostis ciliaris(L.)R.,Br.	2	I	+	2.8	+ +
Cleome viscosa L.	1	I	+	1.4	+
Grewia bicolor Juss.	4	I	+	65.3	1 + 2 +
Anogeissus leiocarpus(DC.)Guill.& Perr.	1	I	+	13.9	1
Combretum micranthum G.,Don	8	II	+	229.2	3 + + 3 + 1 + +
Acacia ataxacantha DC.	6	II	+	8.3	+ + + + + +
Pterocarpus lucens Lepr.ex Guill.& Perr.	5	I	+	259.7	3 + 2 3 +
Sclerocarya birrea(A.,Richard)Hochst.	1	I	+	1.4	+
Borreria compressa Hutch.& Dalz.	1	I	+	1.4	+
Cenchrus prieuri(Kunth)Maire	1	I	+	1.4	+
Fimbristylis quinquangularis(Vahl)Kunth	4	I	+	5.6	+ + + +
Sporobolus helvolus(Trin.)Durieu & Schinz	2	I	1	347.2	4 4
Abutilon albidum(Willd.)Webb & Berth.subsp.fruticosum(Guill.Perr.)Maire	5	I	+	6.9	+ + + + 2 +
Panicum pansum Rendle	1	I	+	48.6	2
Heliotropium strigosum Willd.	3	I	+	4.2	+ + +
Cyperus geminicus Rottb.	1	I	+	1.4	+
Enteropogon rupestris(J.A.Schmidt)A.,Cheval.	1	I	+	1.4	+
Triraphis pumilio R.,Br.					
Hyphaene thebaica Mart.	2	I	+	2.8	+ +
Indigofera astragalina DC.	3	I	+	4.2	+ + +

Transition Sahélo-Soudanienne.

La steppe à Commiphora africana et Combretaceae.
Complexe Sahélo-Soudanien.

Commiphora africana(A.,Richard)Engler	15	III	+	70.8	+ 1 1 + + 1 + + + + + + 1 + +
Guieria senegalensis J.F.,Gmelin	21	III	1	631.9	3 2 3 2 1 + + + 3 + + + 1 1 + + 1 + 3 + 2
Zornia glochidiata Reichenb.ex DC.	10	II	+	26.4	+ + + + + + 1 + + +
Combretum ghasalense Engler & Diels	1	I	+	48.6	2
Combretum glutinosum Perr.	8	II	+	208.3	+ 2 + 3 + + + 2
Aristida stipoides Lam.	4	I	+	5.6	+ + + +
Cassia mimosoides L.	7	II	+	56.9	+ + + + + + 2
Tetrapogon cenchriformis(A.,Richard)W.D.,Clayton	4	I	+	5.6	+ + + +
Elionurus elegans Kunth	2	I	+	2.8	+ +
Borreria filifolia(Schumacher & Thonn)K.,Schum.	3	I	+	4.2	+ + +
Alysicarpus ovalifolius(Schum.& Thonn.)J.,Leonard	9	II	+	59.7	+ + + + + + + + 2
Walteria indica L.	7	II	+	9.7	+ + + + + + +
Piliostigma reticulatum(DC.)Hochst.	5	I	+	54.2	+ + + + 2
Cleome tenella L.	4	I	+	5.6	+ + + +
Piliostigma rufescens Benth.	4	I	+	120.8	+ 3 1 +
Acacia laeta R.,Br.	2	I	+	2.8	+ +
Aristida rhinichloa Hochst.	2	I	+	2.8	+ +
Indigofera coerulea Roxb.	2	I	+	2.8	+ +
Stylosanthes erecta Beauv.	2	I	+	50.0	+ 2
Leonotis africana(Beauv.)Briq.var.africana(Beauv.)J.K.Morton	2	I	+	2.8	+ +
Dicliptera verticillata(Forskal)C.,Christensen	2	I	+	2.8	+ +
Pupalia lappacea(L.)Juss.	2	I	+	2.8	+ +
Terminalia avicennoides Guill.& Perr.	1	I	+	1.4	+
Schizachyrium exile(Hochst.)Pilger	1	I	+	13.9	1
Diheteropogon hagerupii A.S.,Hitchc.	1	I	+	13.9	1
Amorphophallus aphyllus(Hooker)Hutch.	1	I	+	1.4	+
Dichrostachys glomerata(Forskal)Chiov.	1	I	+	1.4	+
Borassus flabellifer L.	1	I	+	13.9	1
Xeranthemum inapertum(L.)Miller	1	I	+	1.4	+
Leptadenia hastata(Pers.)Decne	1	I	+	1.4	+
Sida ovata Forskal	1	I	+	1.4	+
Heliotropium supinum L.	1	I	+	1.4	+
Cadaba glandulosa Forskal	1	I	+	1.4	+
Crotalaria comosa Baker	1	I	+	1.4	+
Microchloa indica(L.fil.)Beauv.	1	I	+	1.4	+
Peristrophe bicalyculata(Retz.)Nees	1	I	+	1.4	+
Tamarindus indica L.	1	I	+	1.4	+
Hygrophila auriculata(Schumacher)R.,Heine	1	I	+	1.4	+

Tableau X (suite 2)

LES FORMATIONS DES CULTURES ET DES STADES POST-CULTURAUX.																																								
Association à Gisekia pharnaceoides et Dactyloctenium aegyptiacum.																																								
Gisekia pharnaceoides L.																																								
Dactyloctenium aegyptiacum(L.)Ascherson & Schweinf.	9	II	+	25.0											+						+	+		+	+		+				+							+		1
Andropogon gayanus Kunth	3	I	+	4.2												+						+																	+	
Pennisetum pedicellatum Trin.	3	I	+	29.2	1								1		+																									
Glinus lotoides L.	2	I	+	2.8			+																				+													
Mollugo nudicaulis Lam.	3	I	+	4.2							+																					+		+						
Mollugo cerviana(L.)Ser.	2	I	+	2.8			+																								+									
Ceratotheca sesamoides Endl.	3	I	+	4.2				+			+																													
Gynandropsis gynandra(L.)Briq.	2	I	+	15.3																																	+		1	+
Hibiscus asper Hooker fil.	1	I	+	1.4															+																					
Merremia pinnata(Hochst.ex Choisy)Hallier fil.	2	I	+	2.8							+																				+									
Achyranthes aspera L.	2	I	+	152.8																		3				2														
Borreria radiata DC.	7	II	+	22.2	+						+						+		1									+			+			+						
Setaria pallida fusca(Schumacher)Stapf & C.E.,Hubbard	1	I	+	1.4																			+																	
LES GROUPEMENTS EDAPHIQUES.																																								
LES ERGS.																																								
Complexe Sindo-angolan (Holarctis et Paleotropis).																																								
Omni-Sahara.																																								
Morettia canescens Boiss.																																								
Sahara central et Sahara méridional.																																								
Cyperus conglomeratus Rottb.	2	I	+	2.8										+													+													
Cyperus rotundus L.	1	I	+	13.9																		1																		
LES GYPSES (gypso-salé,fech-fech).																																								
Complexe Sindo-angolan (Holarctis et Paleotropis).																																								
Omni-Sahara.																																								
Complexe Méditerranéo Saharo-sindien (Holarctis).																																								
Sahara central et Sahara méridional.																																								
LES ESPECES DES MILIEUX HUMIDES SAHELO-SOUDANIENS.																																								
Sporobolus spicatus(Vahl)Kunth	1	I	+	1.4															+																					
Alternanthera nodiflora R.,Br.	4	I	+	52.8			2																				+		+	+										

Tableau X (suite 3)

Tableau XI Constance/ Importance

De Y11 à Y1 : Sahara septentrional
De Y VII à Y I : Sahara central et méridional
De Y C à Y A : Sahara méridional
De S1 à S10 : " Marche sahélienne "
S 11 : " Marche sahélienne " au contact avec le pays soudanien (voir texte p. 193)

	Y.11	Y.10	Y.9	Y.8	Y.7	Y.6	Y.5	Y.4	Y.3	Y.2	Y.1	Y.VII	Y.VI	Y.V	Y.IV	Y.III	Y.II	Y.I	Y.C	Y.B	Y.A	S.1	S.2	S.3	S.4	S.5	S.6	S.7	S.8	S.9	S.10	S.11
LES GROUPEMENTS CLIMATIQUES																																
LES REGS ET OUEDS OMNI-SAHARIENS																																
Classe: Asterico-Fergularietea tomentosi. Complexe Sindo-angolan (Holarctis et Paleotropis).																																
Asteriscus graveolens (Forskal) DC.	I		I	III	II	II	III	II	II	I	III	II	III	I	IV	I	III	I				I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	
Fergularia tomentosa L.			I	II	I	I	II	II	III	II	III	II	II	II	II	II	II	II	I	II	II	I	I			II	II	II	I	II		I	I
Colocynthis vulgaris (L.) Schrader					I	I	I	I	I	I	I		I	I		I	I	I	I	I	III	II	III		III	III	III	IV	III	III	II	I
Crotalaria saharae Coss on	I			I		I	I	I		I	I	I	I	I	I	I		I	I		I	I			II	X	X		X	X	X	
Heliotropium bacciferum Forskal				I		I	I	I		I	I	I	IV	I		I	II	I			I	I	III		II	II	II	III	III	III	III	I
Linaria aegyptiaca (L.) Dum.-Courset	I			II	I	II	II	I	II	I	II	I	I	I		I	II	I				I										
Fersetia occidentalis R.L.Burtt	I		I	III	II	III	III	IV	IV	II	III	IV	III	III	I	II	II					I										
Trichodesma africanum (L.) R.Br.				II		I	I	I	I		I	I	I	I		I	I	I														I
LES STEPPES ARBOREES SAHELIENNES ET SAHELO-SOUDANIENNES.																																
Classe: Boerhavio-Tephrosietea purpureae. Complexe Sahélo-Soudanien.																																
Boerhavia repens L. var.viscosa (Choisy) Maire																		I			I	I			I			I		I	I	
Boerhavia repens L.																						II	II	I	II	II		III	III	III	III	I
Boerhavia coccinea Miller																						I	I		II	X		X		I	I	
Tephrosia purpurea (L.) Pers.																							I		I			I		I	I	I
Aristida sieberiana Trin.																					I	I	I	I	I	X		X	I	II	II	II
Zaleya pentandra (L.) Jeffrey																						I	I	I	I				II	I	I	II	I
Rothrichloa bladhii (Retz.) S.T.Blake																						I	I		I	I			I		I	I	
Enneapogon desvauxii Beauv.																						I	I			X			I	II	I	I	
Tephrosia uniflora Pers.																						I			I	I					I		
Indigofera disjuncta Gillett																						I			I				I	I	I		
Tephrosia vicioides A.Richard																						I			I	X		X	I	I	I	I	I
Pennisetum violaceum (Lam.)L.C.M.Richard																							I		I	I			II	I	I	I	I
Pennisetum violaceum (Lam.)L.C.M.Richard var.monodianum Maire																										X			II	I	I	I	
Rhynchosia memnonia (Delile) Boiss.																							I		I				II	I	I	II	I
Eragrostis ciliaenensis (All.)Link ssp.poaeoides (Beauv.)Husnot																							I			X			I	I	I	I	I
Morettia philaeana (Delile) DC.																							I			X							I
Geigeria alata (DC.) Oliver et Hieron.																							I						I		I		I
Echinochloa colona (L.) Link																							I						I				I
Latipes senegalensis Kunth																							I					I		I	I		I
Grewia flavescens Juss.																							I							I			I
Eragrostis diplachnoides Steudel																								I	I	X			I	I	I		I
Brachiaria xantholeuca Stapf																								I						X		I	
Corchorus depressus (L.) Stocks																									I	X		X		X	I		I
Indigofera heechstetteri Baker																									I	X			II	I	II	I	
Cucumis ficifolius A.Richard																									I	X				I			I
LES REGS OMNI-SAHARIENS (Les steppes désertiques à...)																																	
Ordre:Heliantheametalia lippiis. Complexe Sindo-angolan (Holarctis et Paleotropis). Omni-Sahara.																																	
Stipagrostis obtusa (Delile) Nees			I	I								I			I			I					I										
Ordre: Aervo-Pagonetalia bruguierii. Alliance: Aervo-Pagonion. Complexe Méditerranéo Saharo-sindien (Holarctis). Sahara central et Sahara septentrional.																																	
Salsola foetida Delile		II			I	III	II	II	I			I	I	I		I	III	II	III	II			I										
Nucularia perrini Batt.						I			I	I	I	I					II		I	I			I										
Monsonia heliotropioides(Cav.)Boiss. nivea(Decne) Sauvage & Guinet	I			I	I	I	I	I	I	I	I	I							I		II			I									
Neurada procumbens L.					I	I			I		I								I								I			I	I		
Complexe Sindo-angolan (Holarctis et Paleotropis). Omni-Sahara.																																	
Pagonia bruguieri DC.	I			I	II	II	II	II	I	I	II	II	I	II	I		I	II	III		I	I	I		I				I				I
Pagonia oliveri Boiss.					II		I	I		I	I	I		II	II		I	II	III	V	IV	V	IV	III			III	III	III	II	III	I	III	I
Stipagrostis plumosa (L.) Bourreil																							I			III	III	III	II	III		I	
Stipagrostis plumosa (L.) Bourreil ssp.eu-plumosa Maire																							I			I		I					I
Stipagrostis plumosa (L.) Bourreil ssp.lanuginosa (Trabut) Maire	III	I	II	IV	II	III	I	II	I	II	II	I	III	I	II	II	II	III	III	IV	III	III	I	III	III	X	X			II		I	
Schouwia purpurea(Forskal)Schweinf. schimperi(Jaub.Spach)Muschler				I							I	II		I	I	I		I	II	II	I	II	II	I	II	II	II	III	III	II	II		
Cornulaca monacantha Delile	I			II		I			I		I					IV		II	III			III											
Hyoscyamus muticus L. ssp.falezlez (Cosson) Maire	I		I	II	I	I	I	I	I	I	II	I		I		I		I	I			I											
Artemisia judaica L. ssp.sahariensis Chevall.							I		I		I	I	I			I		II									I						
Pagonia flammandii Batt.									I	I							I									X				I			
Pulicaria arabica (L.)Cass. ssp.inuloides (DC.)Maire								I									I										X			I	I	I	

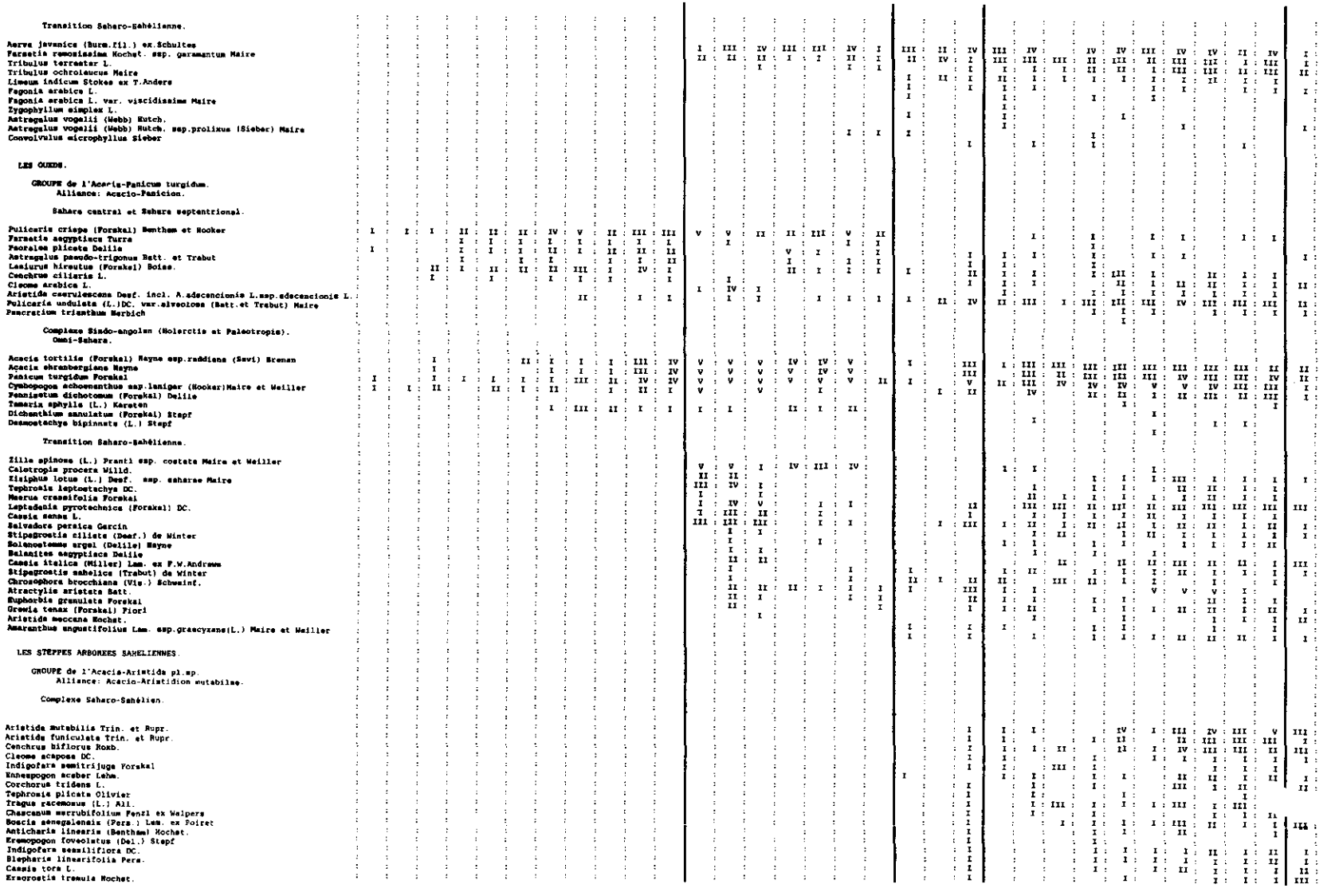


Tableau XI (suite 1)

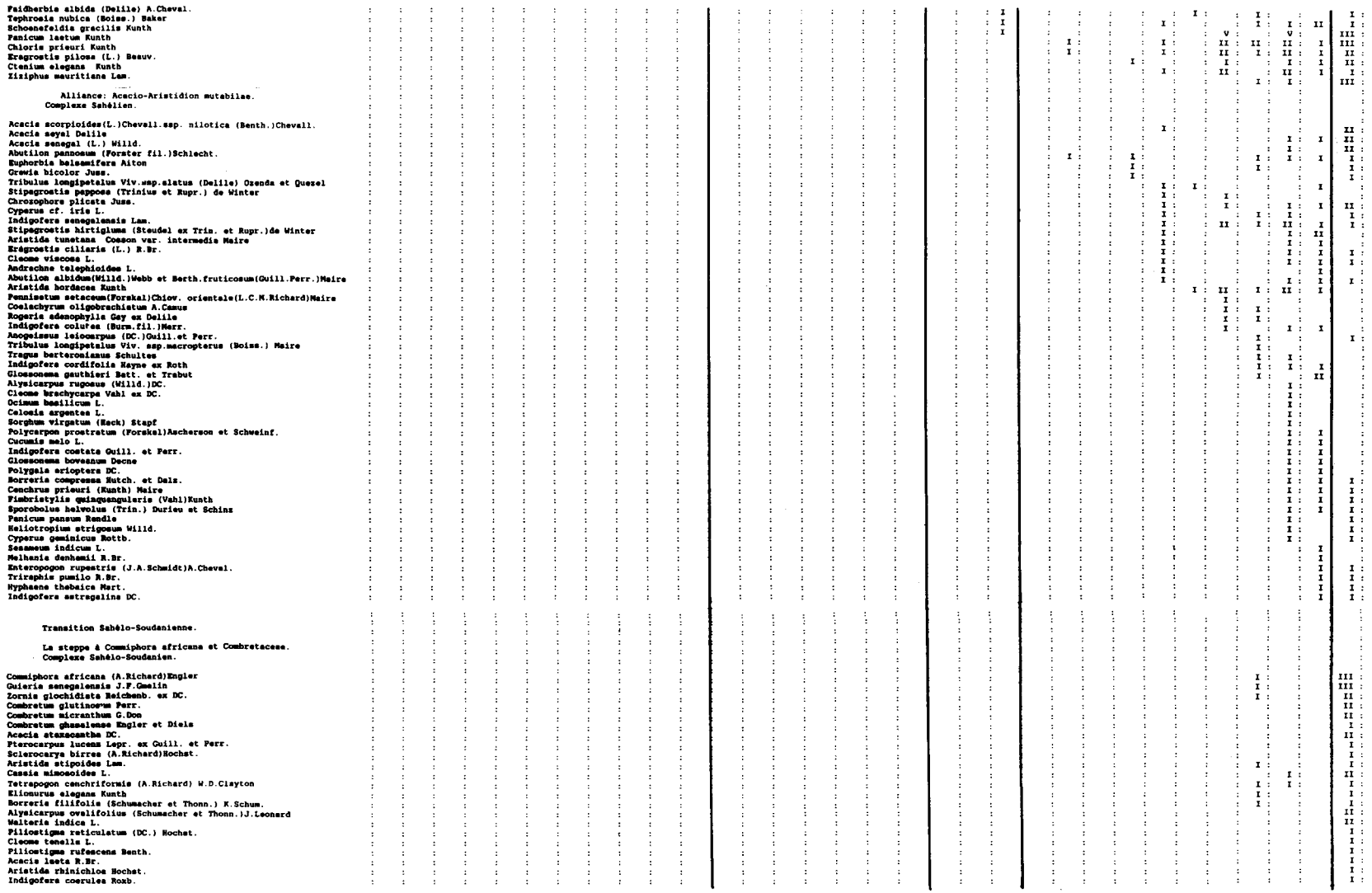


Tableau XI (suite 2)

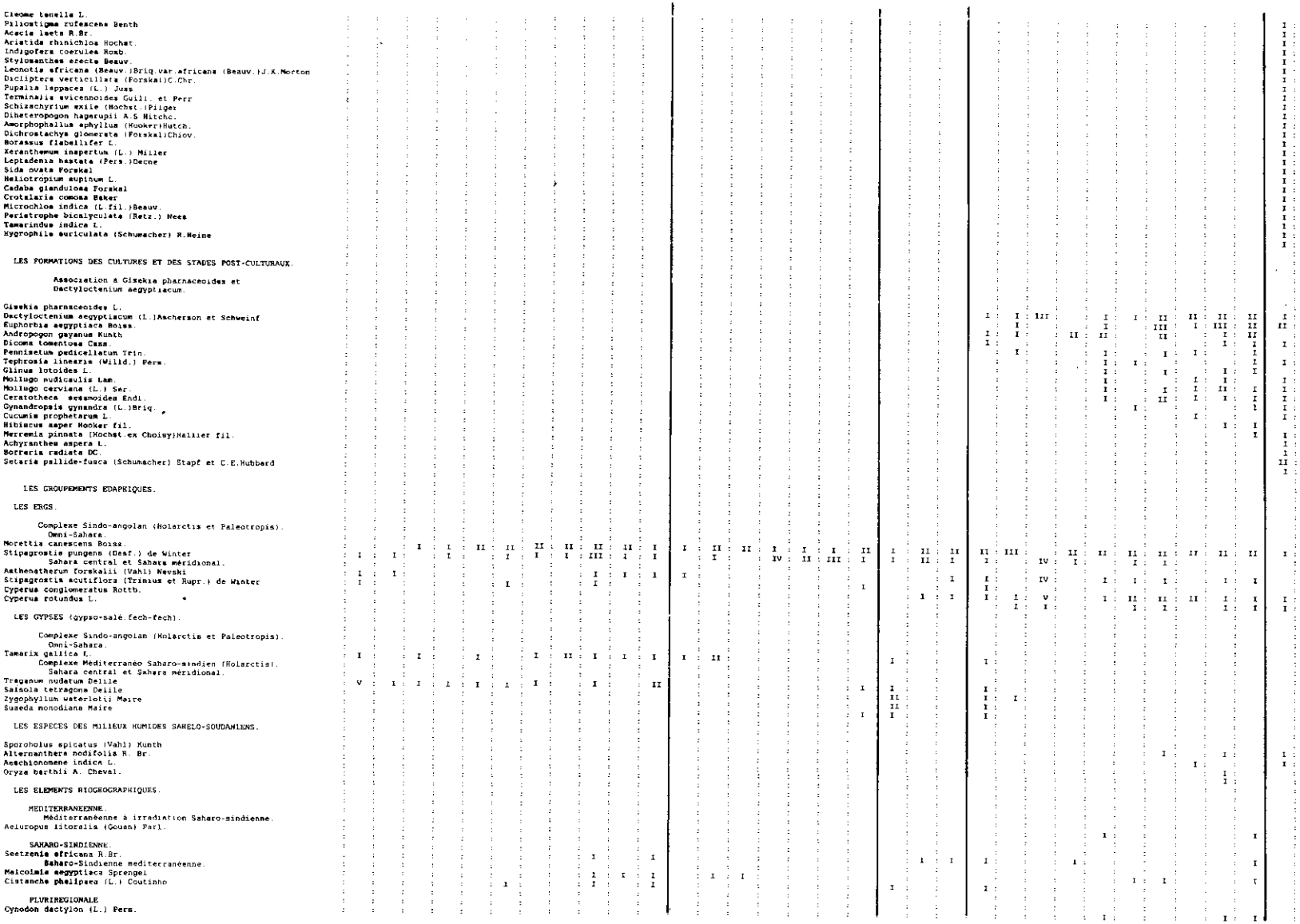


Tableau XI (suite 3)

Production ligneuse des peuplements de pin d'Alep (Pinus halepensis Mill.) de la forêt de Sakiet Sidi Youssef (Tunisie)

N. AKRIMI*

RESUME

L'étude de la production ligneuse des pineraies de pin d'Alep de Sakiet Sidi Youssef en Tunisie Septentrionale a permis d'individualiser plusieurs types de peuplements :

- ceux de la zone semi-aride caractérisés par une faible production comprise entre 0,35 et 0,86 m³/ha/an.

- ceux de la zone subhumide dont la production est comprise entre 1,7 et 2,5 m³/ha/an.

- ceux presqu'exceptionnels à la limite supérieure de l'étage subhumide, dont la production est de 3 à 4 m³/ha/an.

A l'intérieur de chacun de ces grands groupes, les types de milieux permettent de discriminer différents niveaux de production.

Plusieurs relations entre différents caractères dendrométriques et des facteurs stationnels et climatiques ont été dégagées et une formule originale traduisant l'accroissement du cerne en production réelle du peuplement est proposée.

SUMMARY

The Pinus halepensis wood production study of Sakiet Sidi Youssef's forest, the Northern of Tunisia, has allowed to specify many populationstypes :

- Semi-arid zone which characterised by a low production ranging from 0,35 to 0,86 m³/ha/year.

- Subhumid zone in which the production is ranging from 1,7 to 2,5 m³/ha/year.

- The other ones are almost exceptional with production ranging from 3 to 4 m³/ha/year.

Inside each of these groups, the pedogenetic types permit to discriminate the different levels of production. Many relationship between different dendrometric characters and stations factors and climate have been taken out and an original equation which give the ring grouth in real production of population is proposed.

MOTS CLES

Accroissement, cerne, dendrometrie, Pin d'Alep, pluviométrie, sol, Tunisie.

INTRODUCTION

Les forêts de pin d'Alep occupent en Tunisie la plus grande superficie forestière soit 360.000 ha (BOUDY 1950). Les meilleurs peuplements sont groupés en forêts aménagées d'une superficie totale de 170.000 ha (EL HAMROUNI 1978).

Le pin d'Alep est peu étudié du point de vue dendrométrie et dendroclimatologie (OPPENHEIMER 1945, PARDE 1957, POUPON 1970, SERRE 1973 et ANS 1973). Si l'on excepte l'essai de SOULERE (1969) aucune étude dendrométrique de cette espèce dans son aire naturelle n'a été tentée. Le but de cet essai est de tester les potentialités réelles de production des différents milieux forestiers de la région de Sakiet Sidi Youssef en Tunisie Septentrionale et d'étudier quelques aspects de l'accroissement des pineraies de pin d'Alep en rapport avec les principaux facteurs du milieu.

Les peuplements forestiers de pin d'Alep de Sakiet Sidi Youssef ont fait l'bojet d'une étude récente où les données écologiques générales et les critères ayant guidé le choix des stations ont été largement exposés (AKRIMI, 1984).

Nous rappellerons simplement que la pineraie de Sakiet Sidi Youssef est située au Nord-Ouest de la Tunisie et couvre les étages bioclimatiques méditerranéens allant du semi-aride inférieur au subhumide.

L'étude porte sur onze stations représentatives de la gamme des types de peuplements et de milieux de l'ensemble de la région dite d'Ouled Ouergha située dans le quadrilatère constitué par les villes du Kef, Nebeur, Ghar Dimaou et Sakiet Sidi Youssef (cf. carte de la fig. 1).

Les stations Ouergha Sud (n°1), sur sol brun calcaire intergrade à sol peu évolué, Ouergha Nord (n°2) sur rendzine sur calcaire dur fissuré, Sakiet-Mine (N°3) sur sol peu évolué d'apports alluviaux et el Koucha (n°5) sur rendzine à croûte appartiennent à l'étage semi-aride.

Les stations Laardia (n°7) sur sol brun calcaire vertique, J. Soudane (n°9) sur rendzine à colluvium caillouteux, Koudiat es-Sid (n°10) sur sol peu évolué d'apports alluviaux, Takrouna (n°14) sur sol brun calcaire, Ghar et Tine (n°16) sur rendzine à colluvium marneux, Ras-Jebel (n°24) sur rendzine à croûte et Ain-Amara (n°34) sur sol rouge fersiallitique appartiennent à l'étage subhumide.

---

* Maitre Assistant à l'Institut des Régions Arides 4119 Medenine, Tunisie.

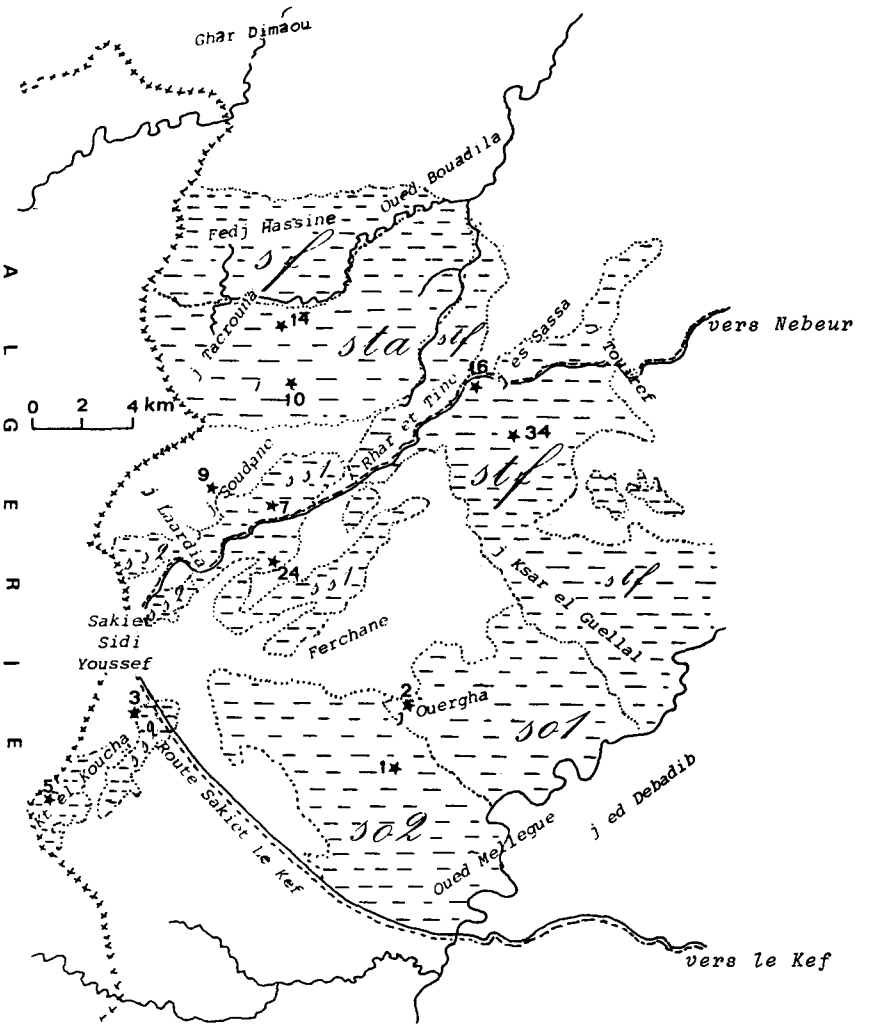


Fig. N°1 - Carte des forêts aménagées de Sakiet Sidi Youssef et de situation des stations types.

: Forêts aménagées
: Limite des séries forestières
so1 : Première série de Ouergha
so2 : Deuxième série de Ouergha
ss1 : Première série de Sakiet
ss2 : Deuxième série de Sakiet
sta : Série unique de Takrouna
stf : Série unique de Touiref
sf : Série unique de Fedj Hassine
* : Stations types

I- PLACETTES ET MENSURATIONS

La forme sirculaire a été adoptée, la dimension retenue par placette est de 12,57 ares, soit l'aire d'un cercle de 20 m de rayon.

Après la délimitation des placettes, les mensurations suivantes ont été effectuées :

1°) diamètre à hauteur de souche (0,30 m du sol) ;
2°) diamètre à hauteur de poitrine d'homme (1,30 m du sol) ;
3°) hauteur totale (elle a été mesurée au moyen d'une perche graduée pour les arbres ayant moins de 10 mètres de hauteur, et au moyen du dendromètre Blum pour les autres) ;
4°) hauteur du point de la tige pour lequel le diamètre est égal à la moitié du diamètre à 1,30 m (mesurée au moyen du relascope de Bitterlich) :

en raison de l'irrégularité des peuplements, il nous a paru opportun d'étendre les mesures déjà citées à tous les arbres de toutes les stations, sans exception.

Ensuite les opérations suivantes ont été conduites :

5°) abattage d'un arbre moyen par station, tronçonnage et prélèvement de rondelles au niveau de chaque tronçon ;
6°) prélèvement de carottes au niveau de la souche et au niveau 1,30 m sur 4 ou 5 autres arbres répondant aux critères de l'arbre moyen, par station, au moyen, de la tarrière de Pressler.

Les données établies à partir des quatre premières mesures sont résumées au tableau 1.

II - ARBRE MOYEN

1- Choix des arbres répondant aux critères de l'arbre moyen

Un sous-échantillon de 4 ou 5 arbres par station a été sélectionné. Ce sont les tiges qui répondent le mieux aux critères de l'arbre moyen.

La tige de surface terrière moyenne correspond à l'arbre ayant un diamètre dg tel que : $dg = \sqrt{\bar{d}^2 - \sigma^2}$ (PRODAN, 1951).

$\bar{d}$: diamètre moyen arithmétique établi sur la base de tous les arbres de la station.
σ : l'écart type de la distribution du diamètre des arbres de la placette autour de $\bar{d}$

Talbeau 1 : Principales caractéristiques des stations

Station	Nombre de tiges par		Surf. terrière par		Diamètre de l'arbre moyen $dg = \sqrt{\bar{d}^2 - \sigma^2}$ en cm	Hauteur totale moyenne en m	Hauteur dominante en m
	Placette	ha	Placette	ha			
J. Ouergha Sud (1)	21	167	1,086	8,642	26,5	9,74	11,46
J. Ouergha Nord (2)	52	413	1,87	14,836	22,5	8,85	10,54
Sakiet Mine (3)	64	509	4,51	35,887	31,7	12,04	14,53
El Koucha (5)	64	509	3,449	27,448	27	9,63	11,73
J. Laardia (7)	30	238	1,744	13,875	28,1	10,93	12,11
J. Soudane (9)	45	358	2,708	21,549	31,7	13,10	17,91
Koudiat es-Sid (10)	54	428	3,426	27,26	30,4	17,29	22,81
J. Takrouna (14)	160	1273	4,236	33,703	18,3	10,5	12
Ghar et Tine (16)	223	1774	2,847	22,653	12,9	7,79	9,70
Ras-Jebel (24)	32	254	2,064	16,421	29,8	11,1	12,77
Ain Amara (34)	36	286	4,07	32,387	38	12,77	15,61

Selon PARDE l'arbre de surface terrière moyenne est "employé de la manière la plus courante en France comme à l'étranger pour définir l'arbre moyen d'un peuplement (PARDE, 1961).

Pour mieux nous assurer de la représentativité de l'arbre moyen nous avons procédé au calcul de la production totale de bois au moyen de deux méthodes différentes : celle utilisant l'arbre moyen tel qu'il vient d'être défini et celle faisant appel à tous les arbres de la station auxquels la formule de Pressler a été appliquée ; les résultats obtenus permettent de confirmer l'opportunité de ce choix.

Parmi ce lot, un arbre, le plus proche des caractéristiques décrites, a été retenu et abattu pour chaque station.

La tige a été ensuite découpée en billons au niveau des hauteurs suivantes : 0,30 m ; 1,30 m ; 2,30 m ; 4,30 m ; 6,30 m ... de 2 m en 2 m jusqu'à la limite bois fort (circonférence 20cm), ces hauteurs ont été repérées et marquées.

Des rondelles de 5 cm d'épaisseur tronçonnées de part et d'autre des repères établis ont été prélevées en vue de leur analyse au laboratoire. Les 3 ou 4 autres arbres ont fait simplement l'objet de prélèvement de carottes à hauteur de souche et à 1,30 m du sol en vue de l'analyse de l'épaisseur des cernes.

2- Mesures effectuées au laboratoire sur l'arbre moyen

Les rondelles découpées sur l'arbre moyen ont fait, au laboratoire, l'objet de mesures de l'épaisseur totale de leur bois et de leur écorce au 1/10ème de mm près, suivant quatre directions rayonnantes et de comptage de cernes à l'oeil nu.

Les carottes prélevées sur les autres arbres ont été collées sur des reglettes spéciales en bois préalablement rainurées, puis parfaitement polies en vue de faire ressortir les limites de cernes. Chaque carotte a fait l'objet d'un comptage de cernes au microscope ; puis toutes les carottes ont été comparées entre elles, arbre à arbre, puis station à station. Cette comparaison, qui est une interdatation (SERRE, 1964), a permis de déceler plusieurs anomalies et de trancher vis-à-vis des années manquantes, phénomène assez fréquent dans le cas présent.

L'épaisseur des cernes a été mesurée avec une précision de l'ordre du 1/100 ème de mm au moyen de la machine ADDO au laboratoire de Botanique Historique et de Palynologie de la Faculté des Sciences et Techniques de Saint-Jerôme. C'est un microscope stéréoscopique mesureur à platine mobile, muni d'un dispositif permettant de faire défiler la carotte à mesurer. A chaque limite de cerne, un impulsion électrique est transmise par le lecteur à une machine imprimante, elle-même couplée à une perforatrice qui transcrit sur bande les valeurs imprimées.

Les données sur bande sont, par la suite, transcrites sur disquettes, au moyen d'un lecteur couplé à un ordinateur, en vue de leur traitement ultérieur.

3- Méthode de cubage

La production ligneuse des stations a été calculée de deux manières différentes : la première fait appel à l'arbre moyen et la seconde est établie directement arbre par arbre.

A- Cubage de l'arbre moyen

Parmi les nombreuses formules de cubage, c'est celle connue sous le nom de "Formule de Newton" qui a été jugée la plus adéquate. D'un usage répandu parmi les instituts des recherches forestières, l'avantage de cette formule réside dans le fait qu'elle s'applique à tous les types dendrométriques et, de façon plus générale, à tous les corps engendrés par une courbe du 3 ème degré (PARDE, 1961). Son expression est la suivante :

$$V = \frac{h}{6} (S_o + S_1 + 45)$$

V = volume ; S_o = section de base ; S_1 = section médiane ; h = hauteur.

Rappelons que, plus les billons de la grume sont coupés courts, plus le volume cubé se rapproche du volume géométrique réel. Le cubage des grumes en usage dans les stations forestières procéde par billons successifs soit de 2m, soit de 1m. Comme le cubage à base de billons d'un mètre est assez long et ainsi que le recommande ALTHERR (1960), le cinquième inférieur du fût a été cubé par billons d'un mètre et le reste du fût par billons de deux mètres. Selon ce même auteur, ce procédé est aussi précis que le cubage par billons d'un mètre, tout en étant beaucoup plus rapide.

B- Cubage des arbres sur pied

En raison de l'inexistence d'études de cette région relatives à ce propos et des doutes pouvant toujours subsister quant à la représentativité de l'arbre moyen, défini à partir d'un seul critère (le diamètre à 1,30 m du sol), la formule du cubage sur pieds de Presseler/Bitterlich a été utilisée. Son expression est très simple : $v = 2/3\ gh$.

v = volume de la tige ; g = section de la tige à 1,30 m du sol ; h = hauteur du point pour lequel le diamètre de la tige atteint la valeur:

$$\frac{\text{diamètre à 1,30 m du sol}}{2}$$

Cette formule a été appliquée à toutes les tiges de toutes les stations sans exception ; ce qui est un bon procédé de vérification. Pour des raisons de temps et d'inacessibilité du terrain, l'arbre moyen n'a pas pu être abattu dans deux placettes (n°10 et n°14) et seul le dernier procédé de cubage y a été appliqué.

La production exprimée en m^3/ha de chaque station est récapitulée au tableau 2. Dans ce tableau, le volume bois fort réel, ainsi que celui bois fort sous écorce et que celui de l'écorce, ont été calculés au moyen de la formule de NEWTON. Le volume estimé a été calculé au myen de la formule de PRESSLER/BITTERLICH.

Signalons que le calcul appliquant la formule du volume commercial (HUBER) que nous avons aussi effectué, ne donne pas de différence significative par rapport à celui obtenu au moyen de la formule de NEWTON ; nous ne l'avons donc pas fait figurer dans ce tableau.

Malgré toutes les précautions que nous avions prises lors du choix de nos stations, deux d'entre elles (n°2 et n°7) comportaient de nombreuses souches récemment coupées, qui fausse les estimations. Il importe, dans ce cas, de corriger la production obtenue à partir des arbres sur pied en y ajoutant le volume des prélèvements antérieurs (diverses coupes). Pour lever cet écueil, la recherche d'une relation simple entre le diamètre à niveau de souche et la production de tous les arbres moyens dont le volume est connu avec précision a été essayée. Parmi les nombreuses formules disponibles, celle utilisée par HUMMEL (1955) et ABADIE (1956) nous a paru la plus adéquate.

Son expression est : $v = a + bx^2$

v = volume en m^3 ; x = diamètre à niveau de souche en m ; et a et b : paramètres à déterminer.

La formule trouvée pour nos stations est la suivante : $v = - 0,0859 + 4,272\ x^2$ avec un coefficient de corrélation 0,89. A l'aide de cette formule, le volume des souches coupées a été calculé et ajouté au volume total des arbres de la placette.

Les résultats rassemblés dans le tableau 2 permettent de constater que :

- la production de bois sur écorce, varie, selon les stations, entre 34 et 197m^3/ha ;
- la production de bois fort sous écorce varie entre 30 et 170 m^3/ha ;
- le volume de l'écorce représente selon les stations de 12,1 à 21,9% du bois fort sur écorce.

Pour un même étage bioclimatique :

- Les sols peu évolués d'apports alluviaux ont le niveau de production le plus élevé, ce qui s'explique par deux raisons :
  . La première est d'ordre topographique ; en effet, du fait de leur situation en bas de pente, ces stations bénéficient d'un appoint supplémentaire d'humidité.
  . La deuxième, d'ordre édaphique, est en rapport avec une texture équilibrée une assez bonne structure des sols de ces stations.
- Les stations sur rendzine ont une production ligneuse supérieure à celle des stations sur sol brun calcaire et sur sol rouge fersiallitique du même étage bioclimatique.

Ceci s'explique par les différences des caractères édaphiques entre les deux groupes de sols et par la compétitivité des espèces qui, d'ailleurs, est liée à ces caractères.

Les sols bruns calcaires et le sol rouge sont de texture nettement argileuse, de structure polyédrique à pirsmatique ; ils sont faiblement poreux et parfois mal aérés ; ils ont ; en outre, un sous-bois souvent assez bien développé, composé essentiellement de *Quercus ilex Phillyrea media* et *Arbutus unedo* qui limitent le développement du pin d'Alep.

Tableau 2 : Production ligneuse des différentes stations exprimée en m³/ha.

Station	Volume bois fort sur écorce, réel (Newton)	Volume estimé pied par pied	Vol. bois fort sous écorce (Newton)	Vol. écorce bois fort (Newton)	% d'écorce	% de la différence vol. réel vol. Pressler p/r au vol. réel	Productions annuelles de bois fort sur écorce en m³/ha/an
J. Ouergha Sud (1)	34,59	37,62	29,73	4,86	14,0	8,9	0,35
J. Ouergha Nord (2)	82,23	96,587	58,29	11,83	14,3	17,4	0,86
Sakiet Mine (3)	182,35	213,55	152,13	30,26	16,5	15	1,82
El Koucha (5)	130,23	149,3	110,56	19,68	15,1	14,6	1,16
J. Laardia (7)	97,36	114,02	85,51	11,85	12,1	17	1,7
J. Soudane (9)	197,51	211,79	170,26	27,24	13,8	7,2	3,09
Koudiat es-Sid (10)		265,00					4,36
J. Takrouna (14)		126,24					2,52
Ghar et Tine (16)	72,28	78,73	62,99	9,29	12,8	8,9	2,26
Ras-Jebel (24)	129,19	143,34	100,862	28,331	21,9	11	1,96
Ain Amara (34)	118,23	133,32	103,24	14,00	12,7	12,7	1,76

- Les rendzines, bien qu'elles constituent des milieux plus secs, ont une te ture moins argileuse que les sols du premier groupe, une structure grumeleuse, et sont bien aérées ; mais la tranche de sol est réduite à quelques dizaines de centimètres, ce qui limite nettement le développement du sous-bois, surtout celui du type feuillu. En revanche, les racines du pin traversent aisément la croûte et colonisent les poches de sols situées entre les fissures des roches calcaires dures. Si l'encroûtement est du type crayeux, elles s'y installent facilement.

Ces résultats sont à utiliser avec prudence ; mais leur généralisation à l'ensemble des forêts de la région est néanmoins possible à condition de tenir compte :

- des nombreux vides caractérisant ce type de forêts ;
- des nombreux prélèvements qui y sont opérés.

Ces résultats sont difficilement comparables à ceux des "procès-verbaux d'aménagement (Direction des Forêts 1965-1972) en effet, ces derniers représentent la production moyenne générale de la "série forestière" tous milieux confondus. Néanmoins, la production de 0,46 m³/ha/an attribuée aux peuplements du versant sud de Ouergha et de 1,19 m³/ha/an attribuée aux peuplements du versant nord de Ouergha bien que du même ordre que celles que nous avons calculées (0,35 et 0,86) nous paraissent légèrement surestimées.

En ce qui concerne la zone subhumide, les niveaux de production sont indiqué uniquement pour deux séries : 0,48 m³/ha/an pour la première série de Sakiet et 1,30 m³/ha/an pour la "deuxième série de Sakiet". Ces chiffres reflètent, à notre avis, de façon nettement insuffisante l'éventail des potentialités de production des divers milieux forestiers de la région.

Les résultats obtenus ne peuvent pas, non plus, êtres comparés dans le détail avec ceux attribués par KADIK pour la production du pin d'Alep en Algérie (KADIK, 1983). Celui-ci estime globalement la production du Littoral et du Sublittoral à 4 m³/ha/an, celle du Tell entre 2 et 4 m³/ha/an et celle du Sub-saharien entre 1 et 2 m³/ha/an. Néanmoins, la production ligneuse de pin d'Alep de la région de Sakiet (entre 0,40 et 4 m³/ha/an) s'inscrit parfaitement dans le même ordre de grandeur que celui de la production algérienne de la même essence.

III - ACCROISSEMENTS

Nous aborderons successivement trois notions d'accroissement : l'accroissement en hauteur, l'accroissement en diamètre à différentes hauteurs et l'accroissement en volume. Nous verrons par la suite s'il existe ou non une corrélation entre ces trois types d'accroissement.

1- Accroissement en hauteur

A- Age à différentes hauteurs

Les accroissements en hauteur des tiges en fonction de l'âge sont représentés par la Fig. 2.

On constate qu'à partir d'un niveau voisin de 5 mètres de hauteur, une nette discrimination se manifeste entre différentes stations : celles de J. Ouergha (1) et (2) de l'étage semi-aride moyen voient leur accroissement en hauteur plafonner dans le cas de la station la plus située au sud (1) et considérablement ralentir dans l'autre station (2) située plus au nord et à plus haute altitude que la première.

A partir d'un niveau situé autour de 8 m de hauteur, les deux autres stations (3 et 5) situées au sud de Sakiet, à l'étage semi-aride supérieur, et la station sur sol rouge à Touiref (34) voient également leur accroissement en hauteur plafonner ou presque ; alors que dans toutes les stations au nord de Sakiet de l'étage subhumide, l'accroissement en hauteur continue à un rythme accéléré.

. Dans toutes les stations situées au nord de Sakiet, à l'exception des deux les plus humides (9 et 10), l'accroissement en hauteur est nettement ralenti à une hauteur voisine de 12 m, correspondant à un âge voisin de 60 ans.

Cette analyse tranche par tranche de la hauteur de la tige montre que :

- Pour un âge quelconque donné, les stations Ouergha sud et nord (graphes 1 et 2) ont les hauteurs les moins élevées.
- Les stations du sud de Sakiet (graphes 3 et 5) ont des hauteurs légèrement plus grandes que celles des deux précédentes, mais inférieures à celles des arbres des autres stations situées au nord de Sakiet.

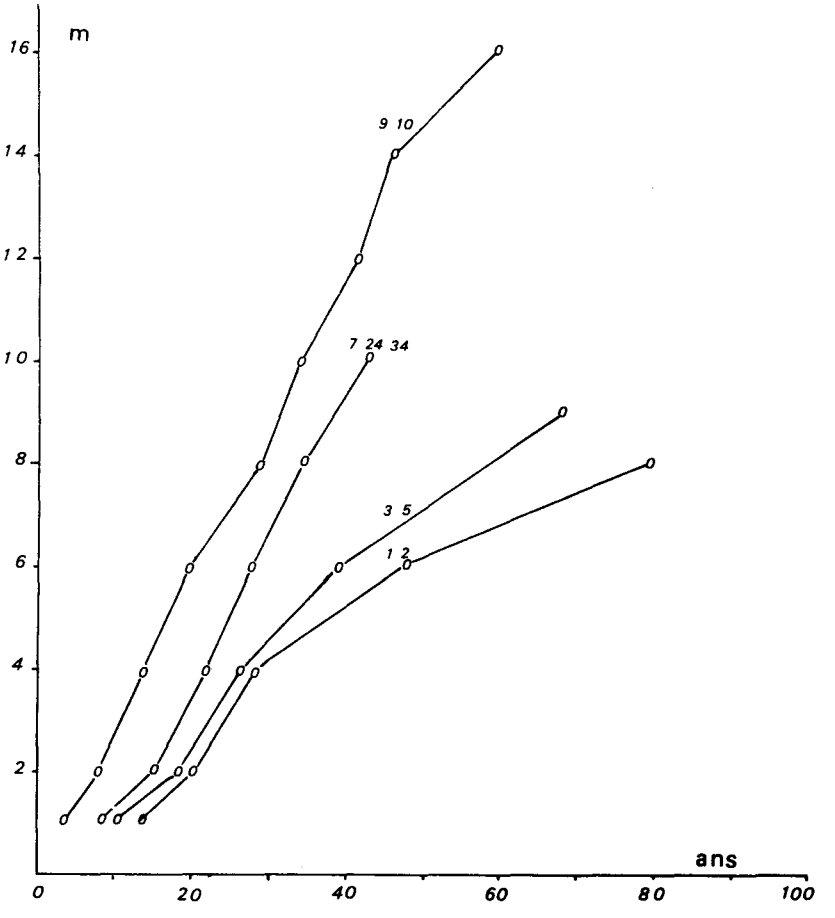


Fig.N°2 -Accroissements en hauteur, exprimés en m, en fonction des âges,exprimés en années,des arbres movens de chaque station.

Les stations J. Soudane (9) et Koudiat es-Sid (10) à Takrouna (graphes 9 et 10), les plus humides ont, pour un âge donné, les hauteurs les plus élevées.

L'intérêt de cette analyse, dont les conclusions semblent évidentes (accroissement en fonction de l'humidité du climat) réside surtout dans la connaissance du rythme, donné par la pente des courbes, l'accélération ou le ralentissement, donnés par les points d'inflexion des accroissements en hauteur et le nombre d'années repuis pour atteindre une hauteur donnée.

B- Décroissance métrique, relation entre diamètre et hauteur

La croissance métrique sur le diamètre (δ) est définie par la formule suivante :

$\delta = \frac{D_1 - D}{h - 1}$ h = hauteur ; D = diamètre à la hauteur $\frac{h}{2}$; D_1 = diamètre à 1,30 m du sol.

- En rendzine la croissance métrique est comprise entre 1,5 et 1,7.
- En sol brun calcaire la décroissance métrique est comprise entre 1,7 et 2.
- En sol rouge fersiallitique elle est de 3.

Une faible décroissance métrique traduit une meilleure régularité de la tige et un meilleur rendement en bois.

Les tiges développées sur rendzine ont la meilleure forme ; celles sur sol brun calcaire ont une forme assez régulière ; les tiges développées sur sol rouge fersiallitique ont la la forme la plus irrégulière. Mais cette notion très utile pour définir globalement la forme d'une tige, ne fait pas ressortir l'évolution de la décroissance du diamètre le long de la tige.

Pour mettre en évidence cette évolution, nous avons calculé les valeurs de décroissance en hauteur du diamètre (différence entre diamètre à une hauteur donnée et celui à la hauteur immédiatement supérieure). Les résultats de ces calculs rassemblés dans le tableau 3 permettent de constater qu'il existe un minimum de décroissance sur le diamètre de chaque tige qui correspond à l'optimum de rendement de l'arbre (tranche de la tige la plus rapprochée de la forme cylindrique).

Dans les stations les plus sèches (1, 2 et 5) et dans le sol rouge (34), le minimum de décroissance du diamètre en hauteur se situe toujours en dessous du niveau de 4 mètres de hauteur, ce qui traduit un ralentissement nettement accusé de l'accroissement au delà de cette hauteur.

Tableau 3 : Valeurs de décroissance du diamètre en hauteur (en cm)

Station	Diamètre à 0,30m du sol	Diamètre à 1,30 m	Différence de diamètre entre						
			0,30 et 1,30 m	2,30 et 1,30	4,30 et 2,30	6,30 et 4,30	10,30 et 8,30	12,30 et 10,30	14,30 et 12,30
J. Ouergha Sud (1)	30	25,4	4,6	2,7	3,2	11,7			
J. Ouergha Nord (2)	27,7	23,0	4,4	3,8	2,5	8,3			
Sakiet Mine (3)	35,1	29,8	5,3	3,3	4	2,4	6,5	9,7	
El Koucha (5)	31,5	27	4,5	2,3	1,7	5,8	8,6		
J. Laardia (7)	33,8	28,1	5,7	3,4	3,9	3,2	3,8	8,4	
J. Soudane (9)	37,3	31,5	5,8	3,2	2,8	3,5	3,9	1,3	8,2
Ghar et Tine (16)	14,2	12,9	1,3	2,3	3,2	2,3	2,3		
Ras Jebel (24)	33,2	29,6	3,6	1,8	3,3	1	6,5	4,3	7,5
Ain Amara (34)	36,6	34,7	1,1	4,2	5,3	7,9	8,1		

Dans les stations assez humides (3, 7 et 24), le minimum de décroissance du diamètre se situe aux environs de 6 mètres de hauteur, ce qui traduit un meilleur rendement de l'arbre que celui du cas précédent.

Dans la station la plus humide (9), le minimum de décroissance se situe à un niveau voisin de 12 m ce qui donne une tige dont la forme se rapproche de la forme cylindrique sur la plus grande hauteur et se traduit par le meilleur rendement.

C- Relation entre diamètres à différents niveaux et hauteurs

Cette notion de décroissance de diamètre en fonction de la hauteur a été représentée graphiquement en portant en abcisses les diamètres à différents niveaux et en ordonnées les hauteurs correspondantes (Fig. 3).

La production ligneuse est, théoriquement, représentée par l'aire comprise entre le graphe, la projection de ses deux extrémités sur l'axe des abcisses et l'axe des abcisses (surface hachurée)*.

* *Cette représentation constitue la base du cubage par la méthode américaine (MEYER, 1957).*

- Le graphe 1 (Ouergha sud) est typique des stations de faible production.
- Le graphe 9 (J. Soudane) est typique des stations de production élevée.
- Les graphes 7 (Laardia) et 24 (Ras Jebel) sont typiques des stations de production moyenne.

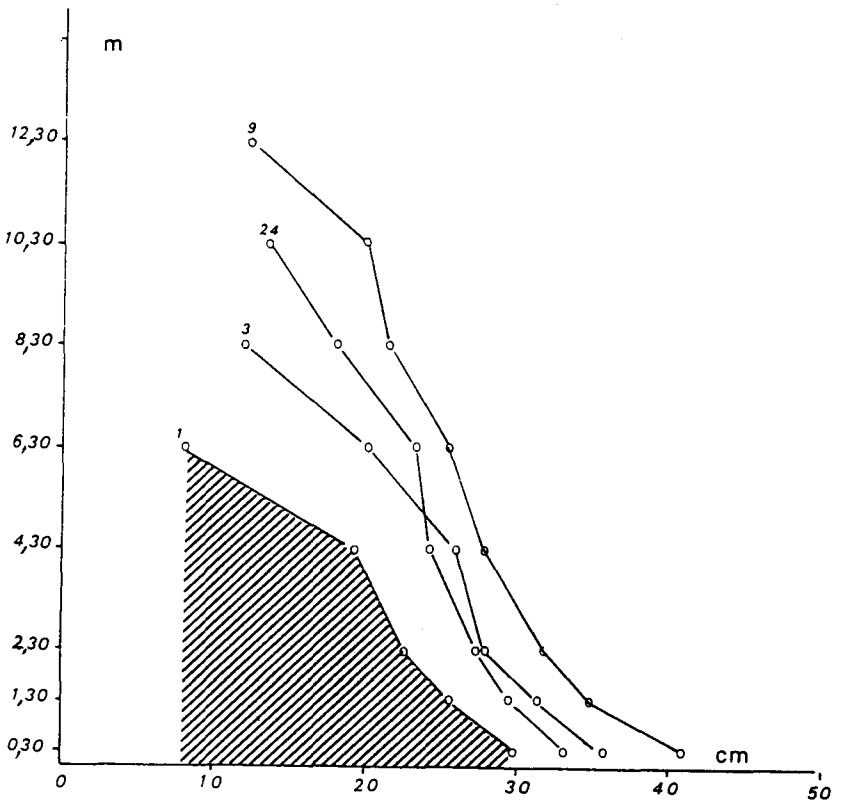


Fig.N° 3 - Relation entre diamètres à 1,30 m du sol (d), exprimés en cm, à différents niveaux de hauteurs des arbres moyens et hauteurs correspondantes, exprimées en m.

On trouve ainsi les mêmes groupes déjà évoqués à propos de la décroissance métrique sur le diamètre ; ce qui prouve bien que la décroissance minimale en hauteur sur le diamètre est un bon indice de la productivité des stations. Celles qui réunissent les meilleures conditions de sol et de climat ont une décroissance minimale située à une hauteur élevée. Celles qui ont un ou plusieurs facteurs défavorables ont une décroissance minimale située à une hauteur faible.

D- Relation entre âge et diamètre à différentes hauteurs

Si on porte en abcisses les âges lus à différentes hauteurs et en ordonnées les diamètres correspondants, on obtient à peu près la même discrimination que précédemment, mais celle-ci apparait beacoup plus clairement (Fig. 4) : une décroissance trop faible du type du graphe 1 (station Ouergha) donne des arbres de forme cylindrique mais dans un delai trop long. Une décroissance trop rapide (type graphe 34 de Touiref) est l'indice d'un accroissement rapide mais au détriment de la forme (conique).

Les meilleur stations sont celles où il existe un équilibre entre la décroissance et le temps. Ce sont les stations qui sont représentées par des courbes qui se rapprochent de la bissectrice des axes (optimum de rendement) : c'est le cas des stations situées au nord de Sakiet (7, 9 et 24).

En résumé

L'étude des accroissements en hauteur, abordée sous différents aspects, permet de distinguer différents groupes de production.

Les stations les plus sèches voient leur accroissement en hauteur plafonner vers les six mètres de hauteur ; dans les stations les plus humides, l'accroissement en hauteur continue au-delà des seize mètres.

A conditions climatiques égales, les arbres sur rendzine atteignent des hauteurs plus importantes que celles des arbres sur sol brun calcaire ; les arbres sur sol rouge fersiallitique ont les hauteurs les plus modestes.

Les arbres sur rendzine ont la décroissance métrique la plus faible, ce qui traduit une meilleure forme des tiges. Les arbres sur sol rouge fersiallitique ont la valeur de décroissance métrique la plus élevée, ce qui traduit une forme irrégulière. Les arbres sur sol brun calcaire ont des valeurs et des formes intermédiaires.

La décroissance minimale du diamètre en hauteur est un bon indice de productivité. Les meilleures stations ont une décroissance minimale située à une hauteur élevée ; les stations les moins productives ont une décroissance minimale située à faible hauteur.

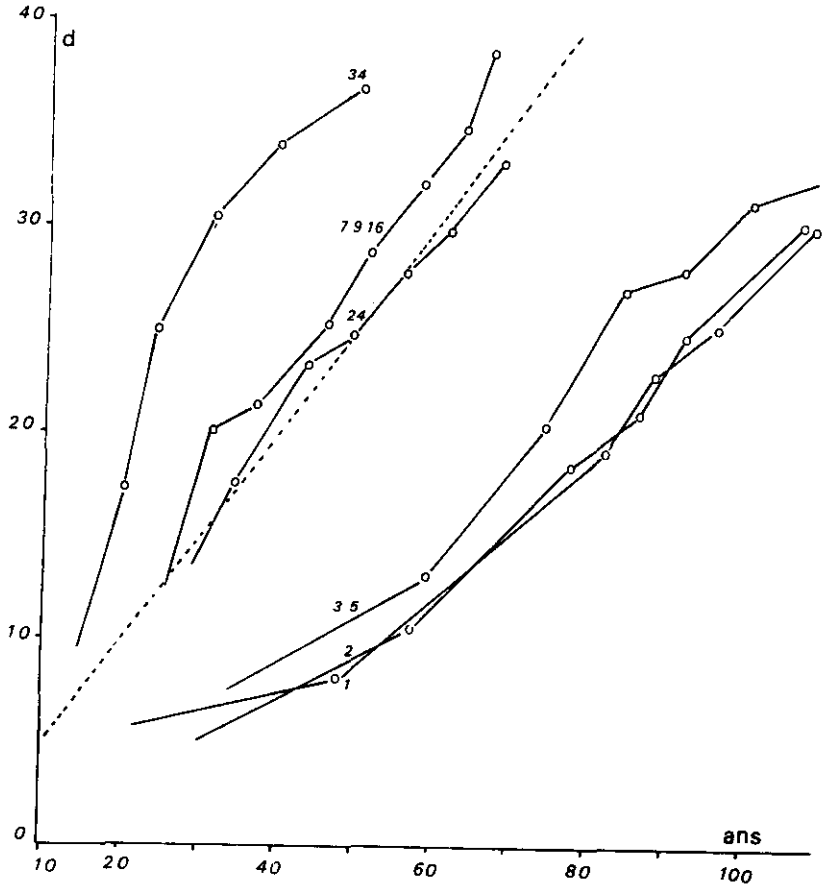


Fig.N°4 - Relation entre diamètres à 1,30m du sol(d), exprimés en cm, et âges correspondants, exprimés en années, de l'arbre moyen de chaque station.

Les relations établies, d'une part, entre diamètre à différents niveaux et âges correspondants et d'autre part entre diamètres à différents niveaux et hauteurs correspondantes montrent que la forme des tiges des stations sèches est proche de la forme cylindrique mais leur productivité est trop faible, alors que les tiges de la station sur sol rouge ont une productivité élevée mais au détriment de leur forme qui est trop conique ; le meilleur rapport productivité/forme de tige est celui des stations subhumides sur rendzine et sur sol brun calcaire .

2- Accroissement en diamètre à 1,30 m du sol

Les aménageurs forestiers étudient l'accroissement en diamètre pour caractériser un peuplement par la détermination du temps de passage* et de l'accroissement moyen de ses différentes classes : BOURGENOT (1951), LOESTSCH (1953), MEYER (1957). Mais ceci n'est pas le but de notre étude. Les accroissements en diamètre au niveau 1,30 m ont été étudiés dans une perspective de connaissance du potentiel de production des forêts de pin d'Alep et d'étude des principaux facteurs déterminant ce potentiel.

Les valeurs de ces accroissements sont groupées dans le tableau 4.

A- Accroissement annuel moyen et accroissement courant annuel moyen des dix dernières années

Les résultats portés au tableau 4 montrent que :

L'accroissement annuel moyen en diamètre et l'accroissement annuel courant en diamètre des dix dernières années varient de la même façon. Les accroissements annuels moyens en diamètre des stations situées au sud de Sakiet, à l'étage semi-aride, sont compris entre 0,8 et 1,21 mm. Ceux des stations situées au nord de Sakiet à l'étage sub-humide sont compris entre 1,82 et 2,39 mm. Dans chacun de ces groupes, l'accroissement en diamètre des arbres sur rendzine est

* *Temps mis par l'arbre pour passer d'une classe de diamètre d à la classe suivante, généralement (d+5cm)*

Tableau 4 : Accroissement moyen et accroissement courant en diamètre à 1,30m du sol

Stations	Nombre d'arbres moyens	Age de l'arbre moyen au niveau de souche (années)	Accroissement annuel moyen en mm	Accroissement courant annuel des 10 dernières années en mm
J. Ouergha Sud (1)	3	99	0,96	0,62
J. Ouergha Nord (2)	1	96	0,78	0,61
Sakiet Mine (3)	2	100	1,21	0,72
El Koucha (5)	3	112	0,79	0,51
J. Laardia (7)	3	57	2,04	1,92
J. Soudane (9)	2	64	1,80	1,50
Koudiat es-Sid (10)	3	61	2,39	1,78
J. Takrouna (14)	4	50	1,82	0,83
Ghar et Tine (16)	3	32	2,29	1,77
Ras Jebel (24)	2	66	1,65	1,41
Ain Amara (34)	2	67	1,94	1,47

inférieur à celui des arbres sur sol brun calcaire, lui même inférieur à celui des arbres sur sol rouge fersiallique

Il a été déjà établi que les productions et les hauteurs de tiges étaient plus grandes sur rendzines que sur sols bruns, et sur sol rouge. Ainsi, les sols profonds et argileux favorisent l'accroissement en diamètre ; les rendzines favorisent l'accroissement en hauteur. Le bilan total (production) est au profit des rendzines.

L'accroissement moyen en diamètre n'est qu'un aspect partiel de l'accroissement de la production d'un peuplement forestier. Si l'accroissement d'un cerne est inférieur à celui de son homologue dans une autre station, cela ne se traduit pas forcément par un niveau plus bas de production à l'échelle de la station puisque celle-ci est aussi fonction de la hauteur des tiges et de la densité (nombre de tiges/ha).

3- Accroissement en volume

Il est illusoire de vouloir établir des indices de productivité ou de fertilité à partir des seuls accroissements de cernes ; mais de tels indices peuvent être recherchés à condition de comparer des épaisseurs de cernes d'arbres strictement du même âge, suffisamment représentatifs (arbre moyen par exemple), en corrigeant cette épaisseur par la hauteur, le coefficient de forme et la densité du peuplement (nombre de tiges à l'ha). Cet indice pourrait être de la forme suivante : $A.\ h_1.N.$

A = accroissement courant ; h_1 = hauteur au niveau où $d = \frac{d.1,30}{2}$; N = nombre de tiges à l'hectare.

D'ailleurs, cette formule pourrait être utilisée pour calculer le volume de bois développé par un cerne ou un groupe de cernes le long de la tige. C'est en quelque sorte une adaptation de la formule de PRESSLER/BITTERLICH au calcul de la production de bois du cerne. En effet pour une tige de sections à 1,30 m du sol : S, la formule donnant le volume :

$v = S.2/3\ h_1$ (Fig. 5).

S = section à 1,30 m du sol ; h_1 = hauteur au niveau où $d = \frac{d\ 1,30}{2}$.

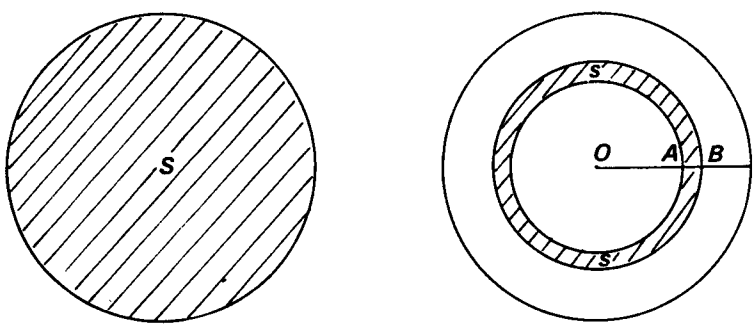


Fig. N°5 - Rapport entre volume d'une tige de section S, à 1,30 m du sol, et volume de bois développé par un cerne ou un groupe de cernes, de section, s, au même niveau.

On vérifie aisément que sur la section à 1,30 m, pour un cerne ou groupe de cernes d'épaisseur e = AB, en appelant O le centre de l'arbre (Fig. 5), le volume Ve serait $\pi(OB^2-OA^2)\ 2/3h_1$ et en posant : OB = b rayon externe et OA = a rayon interne, la formule devient :
$Ve = \Pi(b^2 - a^2)\ 2/3\ h_1$.

Si le calcul est fait sur l'arbre moyen, il ne reste plus qu'à multiplier Ve par N (nombre de tiges à l'hectare) pour obtenir l'accroissement annuel total par hectare (dv).

$$dv = \Pi\ (b^2 - a^2)\ 2/3\ h_1.N$$

Cela suppose que le cerne est circulaire, non désaxé par rapport au centre, et qu'il a partout la même épaisseur, ce qui est rarement le cas. Neanmoins, si le calcul est fait sur la moyenne des trois valeurs de l'épaisseur du même cerne et de sa distance au centre, pris dans trois directions rayonnantes, cet inconvénient est nettement diminué et les résultats obtenus peuvent être considérés comme une bonne approximation des accroissements réels. Cette formule pourrait s'avérer très utile pour le calcul des accroissements en volume sur des arbres suffisamment représentatifs (arbre moyen) quand on n'a pas les moyens de procéder à ces calculs par la "Méthode de différence des tarifs" (LOETSCH, 1953), méthode nécessitant l'abattage de beaucoup d'arbres pour chaque classe de diamètre. Nous l'avons donc essayée pour tester les accroissements en volume de nos stations entre l'âge de 40 et 50 ans (cet âge est atteint ou dépassé dans 10 des 11 stations). Les résultats de nos calculs, exprimés en m³/ha, sont rassemblés dans le tableau 5.

On constate qu'entre l'âge de 40 et 50 ans, toutes les stations situées au sud de Sakiet, zone semi-aride, ont une production ligneuse inférieure à 10 m³ à l'hectare ; la plus faible est celle de Ouergha (2 m³/ha) ; la plus élevée est celle de Sakiet sud (9,4 m³/ha) :

- toutes les stations au nord de Sakiet, en zone sub-humide, à l'exclusion de la station Koudiat es-Sid (10), ont une production comprise entre 10 et 20 m³/ha ; celles situées à sa limite nord ont une production voisine de 20 m³/ha ;
- la station de Koudiat es-Sid, la plus humide, produit près de 40 m³/ha, soit le plus haut niveau de production de toute la région d'étude.

Tableau 5 : Accroissement en volume des stations entre l'âge de 40 et l'âge de 50 ans en m³/ha

Station	Rayon interne (mm)	Rayon externe (mm)	h. au niveau $d = \frac{d.1,30}{2}$ (m)	Nombre de tige à l'ha (N)	Accroissement en vol. par la formule $dv = \Pi\ (b^2-a^2)2/3\ h_1.N$
J. Ouergha (1)	4,70	5,17	6,5	167	2,02
J. Ouergha Nord (2)	3,67	4,80	6,9	413	5,73
Sakiet Mine (3)	6,11	6,95	8,1	509	9,43
El koucha (5)	3,36	4,60	7,2	509	7,56
J. Laardia (7)	8,31	10,19	8,8	238	15,05
J. Soudane (9)	7,47	8,78	11	358	17,52
Koudiat es-Sid (10)	10,18	11,93	12,8	428	44,32
J. Takrouna (14)	7,95	8,88	5,4	1273	22,60
Ras Jebel (24)	7,14	8,43	10	254	10,65
Ain Amara (34)	8,43	9,93	7	286	11,51

Ainsi, ces résultats confirment ceux déjà obtenus au moyen du cubage direct des grumes ; ils permettent en outre de déterminer le niveau de production d'un peuplement à un stade quelconque de son développement.

IV- VARIABILITE DES EPAISSEURS DE CERNES*

1- Variabilité en fonction de l'âge et des conditions stationnelles

L'étude des épaisseurs moyennes de cernes, calculées sur des tranches d'âge de 20 ans chevauchantes de 10 années (0-20 ; 10-30 ; 20-40 ...) fait ressortir une tendance générale à la diminution depuis le centre vers l'écorce qui se manifeste de manière différente selon les stations.

Pour mettre en évidence les différentes modalités de variation, les épaisseurs moyennes des cernes ont été présentées en fonction des années.

Les graphes obtenus ont d'abord été confrontés entre eux en tenant compte de l'âge de l'arbre et non des années d'accroissement. Les graphes ayant la même tendance de variation ont été groupés entre eux (Fig.6).

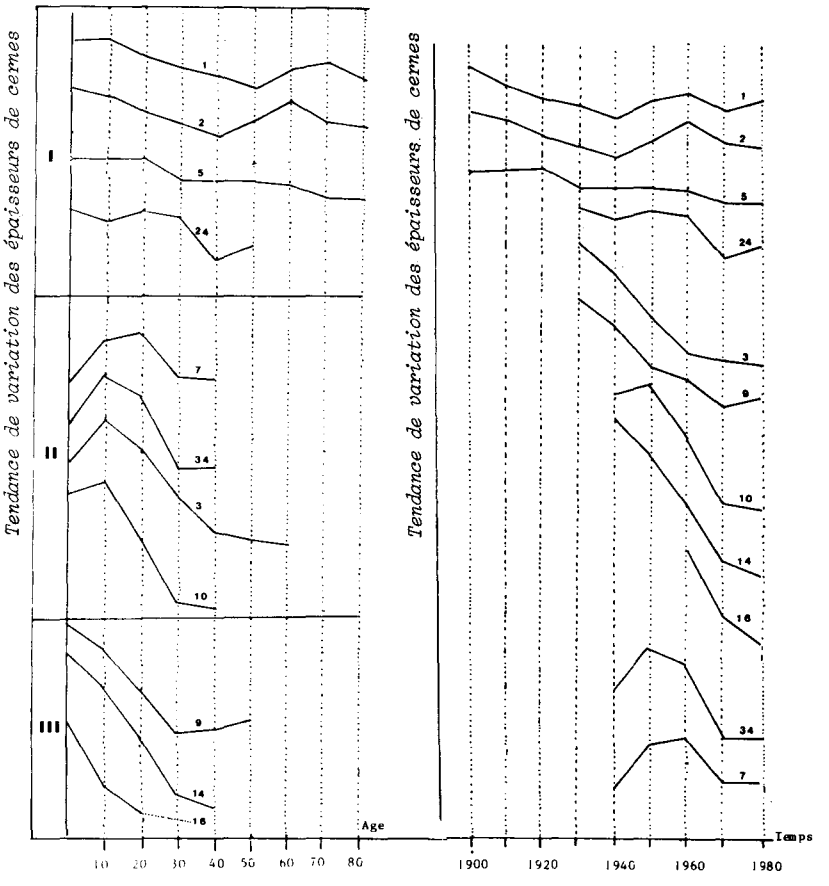


Fig.N° 6 - Groupes de tendances de variation des épaisseurs des cernes en fonction de l'âge
I, première tendance
II, deuxième tendance
III, troisième tendance.

Fig.N° 7 - Allure des tendances moyennes de variation des cernes en fonction du temps.

On constate que si l'épaisseur moyenne du cerne du début de vie de l'arbre est faible, celle-ci prend des valeurs de plus en plus élevées à l'âge adulte (stations 1, 2 et 5). Au contraire, si l'épaisseur moyenne des premiers cernes est élevée, celle-ci décroit régulièrement ou augmente faiblement à partir d'un âge donné (stations 3, 9 14, 16, 24 et 34).

Dans tous les cas, la tendance à la diminution de l'épaisseur du cerne est nettement marquée durant les 40 ou 50 premières années. Après cet âge on observe une légère tendance à l'augmentation. L'explication en est simple : en début de vie de l'arbre, l'accroissement s'effectue en diamètre et en hauteur ; à partir d'un âge donné (propre à chaque station), l'accroissement ne s'effectue que peu ou plus en hauteur, mais surtout ou uniquement en diamètre.

Dans les stations ayant atteint ou dépassé l'âge de 60 ans, on constate un regain de croissance appréciable autour de cet âge. Après l'âge de 70 ans, on remarque une chute du niveau d'accroissement. Cette constatation d'un déclin de croissance vers l'âge 80 ans rejoint parfaitement celle faite par LUCK, SERRE, VIDAL et ANS (1970) ces auteurs, en proposant un modèle d'estimation de la courbe de croissance basée sur la variation de la production cellulaire annuelle d'un cerne, ont établi que " les pins d'Alep atteignent un maximum de vitalité autour de leur soixante-dixième année".

---

* *Cette étude a été menée grâce aux concours de Mme BACHET chargé de Recherche C.N.R.S. Laboratoire de Botanique Historique et de Palynologie de la Faculté des Sciences et Techniques de St Jerôme à Marseille qui a veillé personnellement aux interdatations des cernes et aux traitements numériques des accroissements.*

Qu'elle en soit vivement remerciée.

2- Variabilité des épaisseurs de cernes en fonction du climat

L'étude a été menée sur la période 1900-1980 pour laquelle on possède des données météorologiques complètes (Inst. Nat. Meteo.). La recherche de la relation climat/variabilité de l'épaisseur du cerne a été limitée à l'usage des données relatives aux pluviométries annuelles et à leur réparatition mensuelle. Certes, les températures doivent intervenir mais, malheureusement l'inexistence de données complétes sur la période considérée ne nous a pas permis l'étude de la relation température/accroissement.

En raison des différences d'âge entre les stations, les périodes sont représentées de la façon suivante :

avant 1920 3stations, soit 15 échantillons ;
1920- 1930 6stations, soit 19 échantillons ;
1930- 1950 10stations, soit 54 échantillons ;
1950- 1980 11stations, soit 58 échantillons ;

A- Approches suivies

Nous avons vu que les différences d'épaisseurs des cernes au même âge des différentes stations, parfois soumises aux mêmes conditions climatiques trouvaient leur explication dans les différences de conditions stationnelles dues aux facteurs topographiques, édaphiques, biotiques, etc ... mais ces facteurs, au demeurant constants pour une même station, du moins à brève écheance n'expliquent pas l'énorme variabilité des épaisseurs de cernes d'une année à l'autre.

Or si dans toutes les stations étudiées même pour des niveaux d'accroissement différents entre eux, les variations relatives d'un cerne par rapport à celui qui le précède s'effectuent presque toujours dans le même sens, ces variations ne peuvent être imputées qu'au facteur climatique (PONS, 1964).

La mise en évidence de la relation entre facteurs climatiques et épaisseur de cerne sera précédée par trois analyses successives des cernes :

- tendance moyenne de l'épaisseur du cerne au cours du temps ;
- variabilité annuelle des cernes ;
- coefficient de sensibilité moyenne des cernes.

B- Tendance moyenne

Pour faire ressortir la tendance moyenne de la variation des cernes en fonction du climat, la représentation graphique définie dans la figure n°6 a été reprise, mais cette fois de façon synchrone : chaque épaisseur moyenne de cerne correspond à la décennie à laquelle elle appartient. Les graphes présentant la même tendance sont groupés entre eux (Fig.7).

=1900-1940 : à l'exception du premier segment 1920-1930 de la station 3 on constate une diminution continue de l'épaisseur du cerne, pour toutes les stations représentées au cours de cette période (1, 2, 3, 5, 9 et 24).

-1940-1950 : augmentation dans toutes les stations, excepté les stations 9, 3 et 14 ; l'explication est donnée par la difficulté de corréler les cernes du début de vie de l'arbre avec la pluviométrie : en effet les conditions microstationnelles (micro-topographie, nature et densité du couvert végétal, épaisseur de l'horizon humifère etc ...) sont, outre la pluviométrie, autant de facteurs qui influent sur l'accroissement des jeunes semis.

-1950-1960 : deux tendances se manifestent :

. diminution dans 7 stations, toutes situées au nord de J. Ouergha ;
. augmentation dans les deux stations de J. Ouergha qui est la limite sud de la zone étudiée ;
. la station 7 a à peu près le même niveau d'accroissement qui celui de la période de 1950-1960.

-1960- 1970 : diminution dans toutes les stations sans exception.

-1970- 1980 : niveau très voisin de celui de la période 1960-1970 avec deux tendances : légère augmentation dans les stations 1,5,7,9,24 et 34 ; légère diminution dans les stations 2,3,10,14 et 16.

En résumé

La tendance de la variation de l'épaisseur des cernes se manifeste, dans la majorité des cas, de la même façon dans toutes les stations. Dans le cas où apparait une divergence, elle se manifeste au niveau des groupes de stations appartenant à des étages bioclimatiques différents, et très rarement au niveau des stations du même étage bioclimatique.

C- Coefficient de sensibilité moyenne

Dans les travaux de dendroclimatologie, la dépendance de l'épaisseur du cerne vis-à-vis du climat est exprimée en coefficient dit "coefficient de sensibilité moyenne". Ce coefficient, appelé MS, est défini par FRITS (1976) comme étant la variation relative moyenne entre les épaisseurs de cernes adjacents ou la différence relative moyenne de l'épaisseur d'un cerne par rapport au suivant.

$$MS = \frac{1}{n-1} \sum_{t=1}^{t=n-1} \left| \frac{2(x_{t+1} - x_t)}{x_{t+1} + x_t} \right|$$

n = nombre de cernes ; x_t = épaisseur du cerne au temps t.

Ce coefficient, qui permet de chiffrer le degré de sensibilité des arbres aux variations communes que leur impose le climat, calculé sur des séries moyennes, est généralement élevé pour le pin d'Alep (SERRE, in HUGUES et al., 1982).

Dans notre cas, il est compris entre 0,26 et 0,40, valeur de loin supérieure à celle généralement située autour de 0,20, attribuée dans la littérature aux espèces européennes ; ce qui signifie une grande sensibilité du pin d'Alep vis-à-vis du climat (tableau 6).

Tableau 6 : Coefficient de sensibilité moyenne (C.S.M) des différentes stations.

Station		C.S.M	Stations		C.S.M
Ouergha sud	(1)	0,3763	Koudiat es-Sid	(10)	0,2585
Ouergha nord	(2)	0,3208	J. Takrouna	(14)	0,3222
Sakiet Mine	(3)	0,3176	Ghar et Tine	(16)	0,3161
El Koucha	(5)	0,4007	Ras Jebel	(24)	0,3142
Laardia	(7)	0,3689	Ain Amara	(34)	0,3138
J. Soudane	(9)	0,3284			

Signification :

Les stations (5), (1) et (7) possèdent le coefficient le plus élevé. Les stations (1) et (5) respectivement sur sol calcaire nettement argileux et sur rendzine à croûte sont les moins arrosées ; la station (7), plus humide que les deux précédentes, est située sur sol vertique très argileux. La sensibilité des deux premières stations est due à leur situation dans l'étage semi-aride ; celle de la station 7, bien que plus arrosée, proveient du comportement hydrique de son sol : les années humides lui profitent plus qu'aux autres stations les années sèches lui étant plus préjudiciables.

Les stations (2), (3), (9), (14) et (34) ont des coefficients voisins, inférieurs à ceux des trois premières stations mais nettement supérieurs à celui de la station (10); elles sont généralement abritées et sans pente ou à faible pente, les facteurs climatiques ne sont pas aggravés par des effets particuliers, elles demeurent tout de même assez sensibles

- Enfin, la station (10) possède le coefficient le plus faible : 0,26 : c'est une station située entre deux oueds, ses arbres ont donc de l'eau à longueur d'année, ce qui se traduit par une plus faible sensibilité aux fluctuations annuelles du climat.

D- Variation annuelle des épaisseurs de cernes

Pour faire ressortir la variabilité des épaisseurs de cernes, ces dernières ont été représentées en fonction des années sur graphique à l'échelle semi-logarithmique pour chaque station.

Une courbe globale relative à la moyenne des onze stations a également été tracée.

La tendance générale dégagée par celle-ci se retrouvant dans chacune des courbes des stations, seule cette dernière a été rapportée ici.

Les amplitudes de variations des cernes de l'année de toutes les stations ont été confrontées à la pluviométrie de la même année sur la période 1900-1980.

Certains travaux et notamment ceux de FRITZ (1962) et de BOREL et SERRE (1969) portant sur le hêtre ont mis en évidence l'influence des conditions climatiques de la saison automnale qui précède la formation du cerne. SERRE (1969) a montré que l'épaisseur du cerne du Thuya, *Callitris articulata*, en Tunisie est en relation directe avec la pluviométrie allant du 1er Novembre au 31 Aout.

Dans la présente étude la confrontation a été établie entre le cerne de l'année n et la pluviométrie annuelle, allant du premier Septembre de l'année n-1 au 31 Août de l'année n. C'est cette période annuelle qui, mieux que toute autre, a fourni la meilleure correspondance entre les accroissements annuels et la pluviométrie.

Les données pluviométriques utilisées sont celles du Kef qui est la station météorologique la plus proche dont on possède un relevé complet depuis l'année 1900.

Dans une première phase, les séquences de cernes de 1900 à 1980 ont été comparées de station à station, y compris celle de la courbe globale des onze stations (Fig. 8).

Dans cette comparaison, il a été tenu compte, au lieu des épaisseurs absolues, des variations dans le sens positif, négatif ou nul des épaisseurs de cernes successifs. Les valeurs

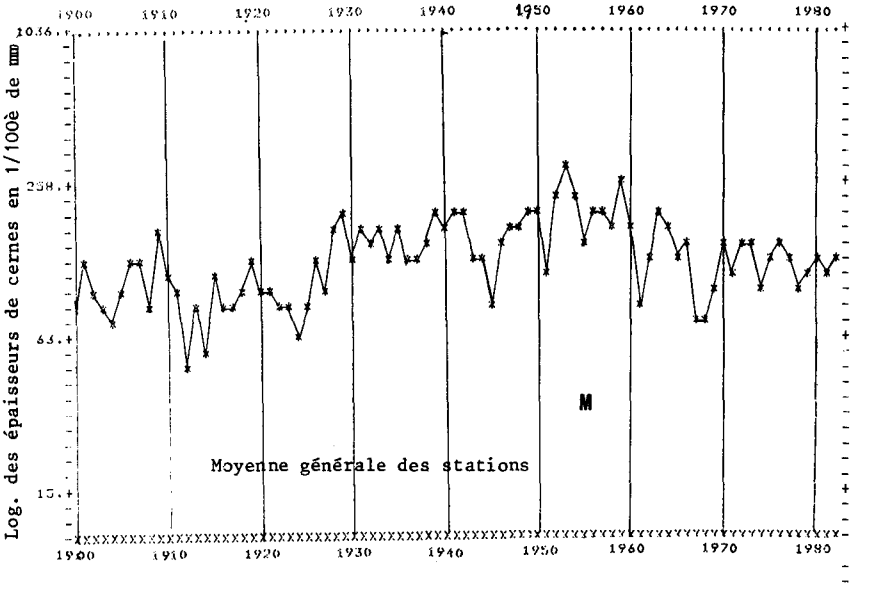


Fig. N° 8 - Variation des épaisseurs annuelles du cerne moyen (e) exprimées en 0,01 mm au cours du temps.

extrêmes (minima et maxima) de chaque décennie sont relevées. Pour une même année, le ou les cernes qui varient en sens inverse de la tendance générale sont notés. Cette première investigation a permis de constater que, sur les 718 cernes de la période considérée, 79 varient en sens inverse de la tendance générale, soit 11 % de l'échantillon ; mais si on exclut les cernes du début de vie de l'arbre (première decennie toujours difficile à correler avec la pluviométrie), 33 cernes rebelles seulement sont relevés, soit 4,5 % de l'échantillon. Ainsi, la tendance générale se vérifie dans 95,5 % de cas, ce qui est largement significatif. De plus, les différences de variations ne concernent jamais les amplitutdes extrêmes (maxima et minima), mais portent toujours sur les variations de faible amplitude.

Dans une deuxième phase, deux à quatre valeurs extrêmes d'épaisseurs de cernes (maxima et minima) par décennie ont été comparées aux valeurs de la pluviométrie des années correspondantes, représentées par deux couples de chiffres. Le premier couple est constitué de la pluviométrie annuelle et de son écart à la moyenne annuelle établie sur 80 ans ; cet écart est affecté de signe + si l'écart à la pluviométrie annuelle moyenne est excédentaire, et du signe - dans le cas contraire ; le deuxième couple est composé de la somme des pluviométries des quatre mois de mars, avril, mai, juin et de son écart à la moyenne de ces quatre mois, calculée sur 80 ans, affecté du signe + ou - selon les mêmes dispositions que précédemment (AKRIMI, 1984). En effet, d'après SERRE (1973), les pluies de la période précédant la saison estivale constituent le facteur climatique majeur de l'accroissement du cerne.

Remarquons d'orès et déjà que les déficits ou excédents saisonniers des précipitations des 4 mois de mars à juin sont étroitement corrélés à ceux de l'année, la réponse du cerne vis-à-vis de ces deux paramètres est donc la même.

Les résultats de la confrontation des variations d'accroissements annuels des 11 stations ou de leur variation globale (95,5 %) aux amplitudes de variation des moyennes pluviométriques permettent de dégager les conclusions suivantes :

A quelques exceptions près, la réponse des cernes de toutes les stations aux pluviométries est la même : augmentation d'épaisseur pour les années pluvieuses, diminution d'épaisseur pour les années déficitaires.

Les cernes qui font exception correspondent généralement :

- soit aux années du début de vie de l'arbre (on peut douter de l'importance des facteurs stationnels à ce stade de développement) ;
- soit à des années dont l'écart à la moyenne pluviométrique est faible.

La réponse au climat est d'autant plus nette (au sens grandeur de l'amplitude de variation de l'épaisseur du cerne) que l'écart à la moyenne pluviométrique annuelle est plus grand :

- les minima et maxima d'accroissements correspondent rigoureusement à des années de grands déficits et d'excédents importants par rapport à la moyenne pluviométrique (et saisonnière) ;
- deux ou plusieurs années consécutives déficitaires ou excédentaires n'engendrent pas seulement des déficits ou des gains d'accroissements mais provoquent en plus un effet cumulatif aggravant dans un sens ou dans l'autre ; la réponse du cerne est toujours liée au total pluviométrique annuel ; ceci montre bien que toutes les pluies profitent au pin d'Alep quelque soient leur répartition saisonnière et leur régime (petites pluies ou orages).

Ce comportement assez particulier s'oppose nettement à celui d'autres essences méditerranéenes comme le chêne liège (*Quercus suber*) dont la production ligneuse est déterminée par la pluviométrie printanière de l'année en cours. Les précipitations de l'année n-1 n'ont aucune influence sur la production subéroligneuse de l'année n de cette essence (ZERAIA, 1981).

Soulignons finalement que la faiblesse de l'échatillonnage d'une part et l'inexistence de données complètes relatives aux températures, d'autre part, limitent la portée de l'analyse dendroclimatique qui vient d'être faite. Néanmoins, celle-ci, menée dans un cadre général d'étude des rapports production ligneuse/facteurs stationnels, a permis de mettre en évidence le rôle déterminant de la pluviométrie : variation des accroissements annuels des peuplements de pin d'Alep de toute la zone étudiée dans le même sens quelles que soient les conditions stationnelles.

CONCLUSION

L'étude de production des peuplements de la région de Sakiet montre que :

- Dans des conditions climatiques similaires, les stations situées sur rendzines ont une production plus élevée que les stations installées sur les autres sols, à l'exception des sols alluviaux, non argileux de bas de pente qui bénéficient d'un appoint supplémentaire d'humidité.

- Les stations installées sur les sols profonds à B argileux ont une production inférieure à celle de leurs homologues moins argileux.

L'étude des accroissements aboutit aux conclusions suivantes :

- Il existe quatre niveaux d'accroissement maximum en hauteur (à la découpe du bois fort) :
  - . un niveau, à Ouergha, le plus faible, où la croissance s'arrêt autour de 7 m ;
  - . un niveau à Sakiet sud, où elle s'arrête autour de 8,50 m ;
  - . un niveau nord-est, Touiref, où elle se situe entre 10 et 12 m ;
  - . un niveau à Takrouna, où la hauteur dépasse les 15 mètres.

- Dans chacun de ces niveaux, ce sont les rendzines qui ont la découpe bois fort la plus haute, suivies des sols alluviaux non argileux, eux mêmes suivis des sols profonds argileux, le sol rouge fersiallitique ayant la découpe bois fort la plus basse.

- Cette analyse est confirmée par la décroissance métrique du diamètre. Les plus faibles décroissances métriques sont décalées vers le haut de la tige dans les rendzines ; elles sont à un niveau intermédiaire pour les sols profonds ; elles sont les plus décalées vers le bas de la tige (1,30m) pour le sol rouge fersiallitique.

- La détermination de l'âge de l'arbre moyen à différentes hauteurs et sa comparaison avec le diamètre correspondant fournit la même discrimination que précédemment.

Mais dans chacun de ces groupes, pour un même âge, les diamètres de la partie inférieure de la tige sur sols profonds sont supérieurs à ceux des tiges sur rendzine. Ainsi, sur les sols profonds, l'accroissement se fait plus en diamètre qu'en hauteur tandis que, sur les rendzines, il s'effectue plus en hauteur qu'en diamètre.

- L'étude de l'accroissement moyen en diamètre à 1,30 m du sol montre que :

. les arbres moyens des stations situées au sud de Sakiet, à l'étage semi-aride, ont le niveau le plus faible (0,8 à 1,2 mm/an) ;

. ceux des stations situées au nord de Sakiet, à l'étage sub-humide, ont le niveau le plus élevé (1,8 à 2,4 mm/an).

- L'étude des accroissements courants moyens annuels des différentes tranches d'âge permet de mettre en évidence les niveaux d'accroissement correspondant à chaque épisode de vie de l'arbre et de déceler les périodes de vigueur et celles d'affaiblissement de la croissance. Durant les 40 ou 50 premières années on note une tendance générale de l'épaisseur du cerne à la diminution. Un regain appréciable d'accroissement annuel est observé autour de la soixantième année. Après l'âge de 70 ans une chute de niveau d'accroissement annuel est également observée.

Si l'accroissement en diamètre est une bonne caractéristique des peuplements équiennes, de même densité et de même hauteur, dans notre cas, s'il est pris en tant que tel et sans autres précautions, il peut induire en erreur. Si on veut, comme dans beaucoup de cas des forêts méditerranénennes, où les conditions idiéales déja énumérées sont rarement réunies, que l'accroissement en diamètre traduise la productivité du milieu et non celle de l'arbre uniquement, la necessité de faire intervenir les paramètres déjà cités, outre l'accroissement en diamètre, est évidente. L'exemple des stations à faible accroissement en diamètre au niveau de l'arbre moyen et dont la productivité est néanmoins supérieure à celle de leurs homologues à accroissement élevé en diamètre au niveau de l'arbre moyen en est la preuve (cf.III.3). Pour traduire l'accroissement en diamètre au niveau de l'arbre en productivité réelle du peuplement, une formule originale, faisant intervenir les paramètres interessés (épaisseur de cernes, hauteur de l'arbre moyen et densité du peuplement) est proposée.

Enfin, l'analyse des accroissements annuels permet de constater que si les stations ont des niveaux d'accroissement différents, en revanche, les variations relatives de ces accroissements et notamment les grandes amplitudes, étaient les mêmes dans toutes les stations ; c'est là, incontestablement, l'empreinte du climat. Les valeurs élevées et variables du "coefficient de sensibilité moyenne (0,26 à 0,40), prouvent que le pin d'Alep a une grande sensibilité vis-à-vis du climat modulé par le milieu, les stations installées sur les milieux les plus agravants ont le coefficient le plus élevé ; celles bénéficiant d'appoints supplémentaires d'humidité ont le coefficient le plus bas.

Une relation étroite entre les accroissements annuels et les pluviométries annuelles (années septembre-aout) a été mise en évidence. Cette relation est d'autant plus étroite que les amplitudes des écarts de précipitations par rapport à la moyenne sont plus grands.

BIBLIOGRAPHIE

ABADIE J., et AYRAL P., (1956). Méthode de calcul du volume des peuplements sur pied dans les places d'essai de sylviculture. *Annales ENEF* , 1-135.

AKRIMI N., (1984). Relations entre production et sols dans la pineraie de Sakiet Sidi Youessef (Tunise Septentrionale). Thèse Doct. Etat. Univ. d'Aix-Marseille III.

ALTHERR E., (1960). Die Genauigkeit verschiedener Verfehren der Schhonierung in absoluten am relativen Schaftlänger *Allememeine Forest und Jagdzeitung 10* , 226-237.

ANS B., (1973). Recherche de la forme de la variation endogène annuelle de l'épaisseur des anneaux ligneux chez *Pinus halepensis* Mill. *Flora 162* , 335-351.

BOREL L., SERRE F., (1969). Phytosociologie et analyse des cernes ligneux : l'exemple de trois forêts du haut Var (France). *Oecologia plantarum , tome IV* , n°2 155-176.

BOUDY P., (1950). Economie forestière nord-africaine. Paris, Larose II, 1, 525 p. ; 2, 353 p.

BOURGENOT L., (1951). Production et accroissement. *Rev. For. Fr.*, 156-179.

DIRECTION DES FORETS, (1965-1972). Plans d'aménagement des forêts domaniales de Fedj-Hassine, Ouergha, Sakiet Sidi Youssef, Takrouna et Touiref. Docum. Minist. Agric. Tunisie.

EL HAMROUNI A., (1978). Etude phytoécologique et problèmes d'utilisation et d'aménagement des forêts de pin d'Alep de la région de Kasserine (Tunisie centrale). Thèse Doct. Ing. Univ. d'Aix-Marseille III.

FRITTS H.C., (1965). Growth rings of trees : their correlation with climate. *Science* , 154, 779-973.

HUGUES M.K., KELLY P.M., PILCHER LAMARCHA Jr.v.c., (1962). Climate from tree rings. Cambridge University Press, 153-154.

HUMMEL F.C., (1955). The volume basal area leve. A study in forest mensuration. *Bull. 24* , *Forestry Commission* , 84 p.

KADIK B., (1983). Contribution à l'étude du pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill) en Algérie : Ecologie, Dendrométrie, Morphologie. Thèse Doc. Etat. Univ. Aix-Marseille III.

LOETSCH F., (1953). Massenzuwachserittlung durch Bohrspanroben unter Anwendung mathematisch. *Statistischer Methoden. Zeitschrift für Weltfrostwirtschaft* , *3* , 77-98.

LUCK H.B., SERRE F., VIDAL B., et ANS B., (1970). A propos d'un modèle de la croissance en épaisseur des arbres. *C.R. Acad. Sci. Paris, 270* : 1996-1999.

MEYER H.A., (1957). Forest mensuration. Penns. Velley Publishers, inc, 357 p.

ÖPPENHEIMER H.R., (1945). Cambial wood production in stems of *Pinus halepensis* (with anatomical and silvicultural notes). *Palest. J. Bot. Rehovot Ser. 5* , 21-II.

PARDE J., (1957). La productivité des forêts de pin d'Alep en France. *Ann. E.N.E.F.*, XV, 2, 369-414.

PARDE J., (1961). Dendrométrie, *ed. E.N.E.F.* , 350 p.

PONS A., (1964). Les apports de l'étude de restes végétaux en recherches archéologiques. *Rhodanie, fasc.* 1, 9-39.

POUPON H., (1970). Sur la croissance de quelques espèces de pin dans ses rapports avec le climat du Nord de la Tunisie. Thèse de 3ème cycle. Fac. des Sciences d'Orsay, Univ. Paris.

PRODAN M., (1951). Sauerlander's Verlag. Frankfurt/M 259 p.

SERRE F., (1964). Une nouvelle méthode d'interdatation des anneaux ligneux. C.R. Acad. Sci., Paris 259 : 3603-3606.

SERRE F., (1969). Variation de l'épaisseur des anneaux ligneux chez le Thuya de Barbarie *(Tetraclinis articulata)* (Vahl.) Mast) et climat en Tunisie. *Ann. Fac. Sc. Marseille Tome 42* : 193-204.

SERRE F., (1973). Contribution à l'étude dendroclimatologique du pin d'Alep (*Pinus halepensis*). Thèse Doct. Etat. Univ. Aix-Marseille III.

SOULERES B., (1969). Le pin d'Alep en Tunisie. Ann. de l'I.N.R.F de Tunisie, 2, 1, 126 p.

ZERAIA L., (1981). Essai d'interprétation comparative des données écologiques, phénologiques et de production subéroligneuse dans les forêts de chêne liège de Provence cristalline (France méridionale) et l'Algérie. Thèse Doct. Etat. Univ. Aix-Marseille III, 367 p. et annexes.

Prix et Bourses de la Fondation L. EMBERGER- Ch. SAUVAGE

La Fondation Louis Emberger-Charles Sauvage a pour objet de continuer l'oeuvre de ces deux savants. Elle attribue chaque année un prix d'encouragement dédié à Georges Mangenot et des bourses destinées à aider de jeunes chercheurs dans les domaines d'activité qui ont été ceux de Louis Emberger, Charles Sauvage et Georges Mangenot (écologie, phytosociologie et floristique méditerranéennes, alpines et intertropicales ; morphologie et morphogenèse des végétaux vasculaires ; cytologie ; paléobotanique ; taxinomie et phylogénie des végétaux vasculaires).

Le prix G. Mangenot, qui a une valeur honorifique, est attribué sur le vu d'un ouvrage original publié ou d'une thèse soutenue et destinée à publication.

La (ou les bourses) d'études, d'un montant variable (la dernière était de 5.000 FF.), et destinée à apporter une aide en vue de la réalisation d'un projet limité.

Les candidatures, qui seront examinées chaque année au début du mois de mars, devront être adressées dans le courant du mois de janvier à :

Monsieur le Président de la Fondation L. Emberger-Ch. Sauvage
Muséum de Chambéry
2. avenue de Lyon. 73 000 CHAMBERY

Les dossiers comprendront :

* pour le prix, l'ouvrage proposé par le candidat et, dans le cas d'une thèse, le (ou les) rapport(s) ;

* pour la bourse, un descriptif scientifique et un aperçu des besoins financiers du projet de recherche proposé.

Service des Publications - Université de Provence
29, avenue Robert-Schuman - 13621 AIX-EN-PROVENCE Cedex 1 - (France)
tél. 42.59.99.30 - poste 348

•••••

CATALOGUE RAISONNÉ

DE LA

FLORE DES BASSES-ALPES

(ALPES-DE-HAUTE-PROVENCE)

Tomes I et II

par † **Louis LAURENT**

Tome III

par † **Gabriel DELEUIL**

ouvrage publié à titre posthume avec la collaboration de
J. CONTANDRIOPOULOS - P. DONADILLE - C. LUCIANI
R. VERLAQUE et C. VIGNAL

EN SOUSCRIPTION

TOME III (XI + 264 p.) par † G. DELEUIL au prix de ..... **85,00 FF**

TOMES I + II (393 p. + 357 p.) par † L. LAURENT (quelques exemplaires encore disponibles) au prix global de ..... **150,00 FF**

La souscription sera close en décembre 1986.

La diffusion, après clôture des souscriptions, sera assurée par le Service des Publications de l'Université de Provence aux prix publics de :

Tome III ... 120,00 FF – Tomes I + II ... 200,00 FF

Gentiana angustifolia

Bulletin de souscription à renvoyer au
Service des Publications de l'Université de Provence
(souscription close en décembre 1986)

(A COMPLETER EN LETTRES MAJUSCULES, S.V.P.)

M/Mme . NOM :. ..... Prénom :. .....

Adresse .....

.....

.....

Souscrit à { ..... volume(s) du T. III / ..... volume(s) des T. I + II } de l'ouvrage :

CATALOGUE RAISONNE
DE LA
FLORE DES BASSES-ALPES
(Alpes-de-Haute-Provence)

. **TOME III** par † G. DELEUIL (XI + 264 p.) au prix unitaire de ..... **85,00 FF** *
. **TOMES I + II** par † L. LAURENT (393 p. + 357 p.) au prix global de ..... **150,00 FF** *

- Joint à ce bulletin un chèque postal/bancaire de ..... Francs Français
à l'ordre de :
M. le Régisseur des Recettes des Publications - C.C.P. 9 404 28 U - MARSEILLE
- Demande une facture en ..... exemplaire(s) - administrations seulement -

....., le ..... Signature :

* Frais de port inclus

Société Botanique du Centre-Ouest, « Le Clos de la Lande »
St-Sulpice-de-Royan, F - 17200 ROYAN

LIKENOJ DE OKCIDENTA EŬROPO ILUSTRITA DETERMINLIBRO

(Lichens d'Europe occidentale : flore illustrée)

En Langue Internationale (Espéranto)
En la Lingvo Internacia (Esperanto)

par/far **G. CLAUZADE — C. ROUX**
J.M. HOUMEAU, P. RAIMBAUT, C. GABOURIAUT, R. RIEUX

Prix à la parution : 450 FF (franco de port).

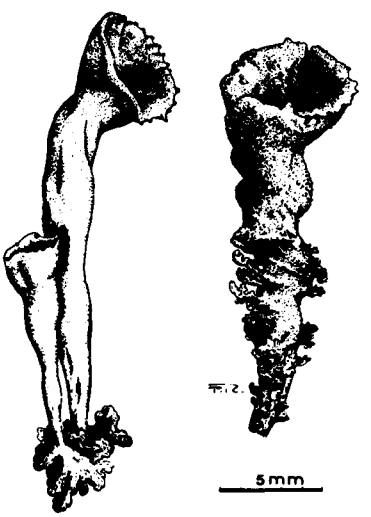
Un volume relié pleine toile de **885 pages,** richement illustré (**405 figures,** presque toutes originales), comportant notamment :

- des **généralités** (morphologie, anatomie, chimie) indispensables à la détermination des lichens;
- une **clé** pratique **de détermination des genres** et de nombreuses espèces stériles;
- des **clés de détermination de 3000 espèces** et de plus de **500 taxons infraspécifiques** appartenant à **330 genres** classés par ordre alphabétique;
- des schémas dans la marge (spores, coupes de périthèces) facilitant l'utilisation des clés;
- un **index alphabétique** des genres, sous-genres, espèces et taxons infraspécifiques;
- un **lexique quadrilingue** (Langue Internationale, français, anglais, allemand) des mots fréquents.

Prise en considération des travaux parus jusqu'à la fin de 1984.

Bulletin de la Société Botanique du Centre-Ouest Nouvelle série, n° spécial 7, 1985

BULLETIN DE COMMANDE / MENDILO



Nom et prénom/Persona kaj familia nomoj .....
Adresse complète/Kompleta adreso .....
.....

commande ..... exemplaires de / mendas ..... ekzemplerojn

LIKENOJ DE OKCIDENTA EŬROPO
ILUSTRITA DETERMINLIBRO

au prix de / je la prezo de : 450 FF (franco de port / afrankite) ;

Joindre à ce bulletin de commande un chèque bancaire ou un virement postal libellé à l'ordre de / Kunsendi kun ĉi tiu mendilo bankĉekon aŭ poŝtĝiron je la nomo de :

"Société Botanique du Centre-Ouest"

Envoyer le tout / Sendi la tuton al :

"Société Botanique du Centre-Ouest",
"Les Andryales", Saint-André,
F- 17550 DOLUS

Date et signature / Dato kaj subskribo :

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.

TARIF

Tomes I, II, VII (2)	50 F
Tomes III, IV, V, VI, VII (1), VIII (3) (4)	70 F
Tome VIII (1/2)	120 F
Tomes IX (1) (2) (3/4) - X (1/2) (3/4)	70 F

Participation aux frais d'expédition : France : 10 F
Etranger : 30 F

Achats groupés (trois volumes et plus) : Remise de 30 %

Collection ECOLOGIA (tomes I à VIII inclus) .... 350 F
(tomes I à X inclus) ..... 500 F

Abonnement pour 1985 (frais d'expédition inclus) :
France : 270 F — Etranger : 320 F

Abonnement pour 1986 (frais d'expédition inclus) :
France : 300 F — Etranger : 350 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

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

Imprimé en France au C.R.D.P. de Marseille en juin 1986
Dépôt légal Imprimeur : 2ème trimestre 1986 —

SOMMAIRE

R. PREVOT, G. PREVOT, J.-J. MUSSO. – Les peuplements d'invertébrés benthiques de la Moyenne Durance. Composition et structure des communautés 3

J. GIUDICELLI, P. LEGIER, J.-J. MUSSO, G. PREVOT. – Impact d'une perturbation polluante d'origine organique sur les populations et les communautés d'invertébrés benthiques et en dérive d'une rivière méditerranéenne, le Tavignano (Corse) 31

J.-L. LAURENT. – Méthode pour la carte des faciès paysagers du Parc National du Mercantour. Description cartographique à moyenne échelle des biotopes de la faune vertébrée de montagne 63

M. COSTA, H. BOIRA, J.-B. PERIS, G. STÜBING. – La vegetación acuatica y palustre valenciana 83

C. BOUCHER. – Bioclimatologie et floristique d'Andalousie 101

M. MARAÑON. – Plant species richness and canopy effect in the savanna-like «dehesa» of S.-W. Spain 131

S. PUECH. – Production des diaspores et potentialités de germination chez quelques espèces à fruits charnus, ornithochores, dans le sud-est de la France 143

R. MANIERE, C. CHAMIGNON. – Cartographie de l'occupation des terres en zone aride méditerranéenne par télédétection spatiale. Exemple d'application sur les Hauts-Plateaux sud oranais : Méchéria au 1/200 000e 159

J.-P. BARRY, J.-C. CELLES, J. MUSSO. – 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 187

N. AKRIMI. – Production ligneuse des peuplements de pin d'Alep (Pinus halepensis Mill.) de la forêt de Sakiet Sidi Youssef (Tunisie) 237

CNDP CENTRE NATIONAL DE DOCUMENTATION PEDAGOGIQUE

CENTRE REGIONAL DE DOCUMENTATION PEDAGOGIQUE

CRDP MARSEILLE Service d'impression – 31, Boulevard d'Athènes 13232 Marseille Cedex 01