

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

ecologia mediterranea

revue d'écologie terrestre et limnique



TOME VIII – 1982

FASCICULE 4

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 et M. DOUGNY.

Comité de rédaction :

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

COMITÉ DE LECTURE

BOURLIERE, F., Professeur de Physiologie, Faculté de Médecine, rue des St-Pères, 75006 PARIS.
DELAMARE-DEBOUTTEVILLE, C., Professeur Laboratoire d'Ecologie Générale, Museum National d'Histoire Naturelle, Avenue du Petit Château, 91800 BRUNOY.
DRACH, P., Professeur Laboratoire Arago, 66650 BANYULS-SUR-MER.
FERRE, Y. (de), Professeur Laboratoire de Botanique, Université de Toulouse, Allées Jules-Guesde, 31000 TOULOUSE.
GUINOCHE, M., Professeur Laboratoire de Biologie Végétale, Université PARIS XI, 91006 ORSAY.
HOLLANCE, A., Professeur Laboratoire d'Evolution des Êtres Organisés, Boulevard Raspail, 75006 PARIS.
JOLY, P., Professeur Faculté des Sciences, 67000 STRASBOURG.
LAMOTTE, M., Professeur Laboratoire de Zoologie, Ecole Normale Supérieure, rue d'Ulm, 75005 PARIS.
LEMEE, G., Professeur Laboratoire d'Ecologie Université PARIS XI, 91000 ORSAY.
LOSSAINT, P., Directeur de Recherches au C.N.R.S. C.E.P.E. Louis Emberger, B.P. 5051, 34033 MONTPELLIER.
OZENDA, P., Professeur Laboratoire de Botanique, Université de Grenoble, 38000 SAINT-MARTIN-D'HERES.
RIOUX, J-A., Professeur Laboratoire d'Ecologie Médicale, Faculté de Médecine, rue Auguste-Broussonet, 34000 MONTPELLIER.
VAN CAMPO, Professeur de Palynologie, Faculté des Sciences, 34000 MONTPELLIER.

ecologia mediterranea

revue d'écologie terrestre et limnique

PARUS :

ECOLOGIA MEDITERRANEA – TOME I - 1975 paru 1976
TOME II - 1976 paru 1977
TOME III - 1977 paru 1978
TOME IV - 1978 paru 1979
TOME V - 1979 paru 1980
TOME VI - 1980 paru 1981
TOME VII - paru 1981
TOME VIII - Fascicules I.II.III - paru 1982

Tous les tomes sont diffusés par le secrétaire général

G. BONIN
Laboratoire de Botanique et d'Ecologie Méditerranéenne
Faculté des Sciences de Saint-Jérôme
Rue Henri Poincaré
13397 MARSEILLE Cedex 4

TOUS DROITS DE TRADUCTION, D'ADAPTATION ET DE REPRODUCTION PAR TOUS PROCÉDES
RESERVES POUR TOUS PAYS.

La loi du 11 mars 1957 n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article 41, d'une part, que les «copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé et non destinées à une utilisation collective» et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, «toute représentation ou reproduction intégrale, ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite» (alinéa 1er de l'article 40).

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du Code pénal.

ISSN 0153-8756

Imprimé en France

Contribution à l'étude des relations trophiques microarthropodes - matière organique : collemboles - litière de pin .

N. POINSOT BALAGUER*

RESUME - Des expériences mettant en présence deux espèces de Collemboles et des aiguilles de pins à divers stades de décomposition, confirment que ces animaux n'ingèrent pas de végétal frais et montrent une préférence vis à vis des 2 espèces de champignons *Cladosporium* et *Alternaria*.

Le broutage par le collembole *Folsomides angularis* augmente le métabolisme des nutriments présents sur les aiguilles de pins. S'il est acquis que les microarthropodes ont un rôle modeste dans le flux d'énergie circulant dans le sol, ils représentent un échelon indispensable dans les processus de décomposition de la matière organique du fait de leurs rapports spécifiques avec les divers composants.

ABSTRACT - Feeding habits for two species of *Collembola* are investigated using pine needles in various stages of decomposition. Fresh needles are never eaten and the *Collembola* show a preference for needles decomposed by two fungi species, *Cladosporium* and *Alternaria*.

The grazing by the *Collembola Folsomides angularis* increases the metabolism of nutrients growing on the pine needles. Microarthropods play a little part in the energy flow of the soil they represent an indispensable pathway in the process of decomposition of the organic matter because they provide specific interrelations with the various compounds of the soil.

L'étude détaillée ici se situe dans le cadre des recherches sur le rôle des microarthropodes dans la décomposition de la litière. Il s'agissait d'apprécier l'impact des populations de collemboles sur les processus d'humification d'une litière de pinède à pins pignons (*Pinus pinea* L.) située dans la station d'étude du Petit St Jean en Petite Camargue entre Aigues-Mortes et Sylvéréal⁽¹⁾.

Un inventaire rapide des collemboles vivant dans la litière d'aiguilles de pins montre une faune banale pour la région, comparable à celle qu'on trouve en Provence (POINSOT, 1974, 1976).

ETUDE PRELIMINAIRE DES CONTENUS STOMACAUX

Celle-ci, effectuée sur quelques espèces, montre une grande variabilité : hyphes, spores de champignons, débris végétaux, débris organiques, ce qui vient confirmer de nombreux résultats obtenus précédemment, à savoir que les collemboles peuvent avoir des comportements alimentaires très différents selon le milieu dans lequel ils vivent. Les mêmes espèces, panphytophages dans la nature, peuvent être mycophages exclusifs, dans certaines conditions d'élevage (PETERSEN, 1971).

(1) Dans le cadre de l'A.T.P. "Fonctionnement des Ecosystèmes".

Selon la saison, le biotope, la même espèce, peut avoir dans le tube digestif ou des hyphes de champignons ou des détritiques amorphes, et au laboratoire la même espèce peut être nourrie avec seulement des spores.

Les espèces vivant dans un même biotope semblent se partager la nourriture en fonction de nombreux paramètres liés à leur taille, leur cycle de vie, leur physiologie.

RAPPORTS TROPHIQUES AIGUILLES DE PINS-COLLEMBOLLES

I - COMPORTEMENT ALIMENTAIRE DE 2 ESPECES DE COLLEMBOLLES : *Isotoma viridis* ET *Isotoma notabilis*.

1 - Méthodes

Dans des cellules dont le fond est constitué de papier en fibre de verre (WHATMAN) sont mis en présence des :

- aiguilles vertes entières
- aiguilles vertes découpées dans le sens de la longueur
- aiguilles provenant de la litière fraîche (Lf)
 - entières
 - découpées
 - . avant et après le développement des champignons
- aiguilles provenant de la litière au sol (Ls)
 - entières
 - découpées
 - . avant et après le développement des champignons
- de la litière Lf en poudre fine et des lots de collembolles (une dizaine environ) appartenant aux deux espèces d'Isotomides.

Sur les 5 espèces de champignons reconnus sur les aiguilles de pin récoltées au Petit St Jean, deux se développent particulièrement bien dans ce type de milieu : *Cladosporium* sp. et *Alternaria* sp.

2 - Résultats

Les deux espèces de collembolles *Isotoma notabilis*, *I. viridis* ont le même comportement alimentaire.

- Elles n'utilisent jamais d'aiguilles entières qu'elles soient à l'état vert, ou litière fraîche ou litière au sol.

Par contre, elles mangent le parenchyme des aiguilles vertes fendues. Celui-ci ne semble pas altéré par le passage à travers le tube digestif (photo 1).

De même, les aiguilles de la litière fraîche (Lf), ne sont pas attaquées lorsqu'elles sont entières. Par contre, lorsqu'elles sont fendues les *I. notabilis* et *viridis* ont une production de crottes constituées seulement par du parenchyme (photo 2).

Lorsque les champignons s'installent sur les aiguilles entières de pins de la litière fraîche, ils sont choisis exclusivement. On ne retrouve que des spores et des hyphes de champignons dans les pellets. Les premières, du genre *Alternaria*, sont soit intactes (photo 3), soit brisées. Quant aux hyphes, elles appartiennent certainement à *Alternaria* et peut-être à *Cladosporium* dont aucune spore n'est présente dans les fèces (photos 4 et 5).

Il semble exister dans ce cas, en élevage, un choix chez les deux espèces de Collemboles étudiées en faveur des spores du champignon *Alternaria*.

Quand les aiguilles sont découpées *I. viridis* continue à ne manger que les champignons, tandis qu'*I. notabilis* peut aussi utiliser du parenchyme qui est mélangé aux spores et hyphes dans les fèces (photo 6).

Les deux espèces de collemboles ont le même comportement vis à vis de la litière au sol (Ls) que vis à vis de la litière fraîche. Les *I. viridis* et les *I. notabilis* ne s'attaquent pas aux aiguilles entières. Par contre quand elles sont découpées les collemboles peuvent se nourrir de parenchyme. Si les champignons s'installent, on retrouve quelques spores et hyphes dans les fèces en même temps que du parenchyme (photo 7).

Lorsqu'on présente de la litière (Lf) en poudre assez grossière à *Isotoma notabilis*, il l'ingère apparemment sans choix des particules, il y a des crottes dans toute la cellule. S'il y a une colonie de champignons développés sur des débris elle est utilisée sans choix apparent. Les fèces sont constituées de spores et d'hyphes d'*Alternaria* et de spores de *Penicillium* mélangées à des débris végétaux (photo 8).

Parfois, les collemboles peuvent n'ingérer que des *Penicillium*. Les spores préférentiellement utilisées sont peu abimées par le passage dans le tube digestif, ce qui rejoint les observations de PONGE et CHARPENTIE (1981)⁽¹⁾ (photo 9).

3 - Discussion

Les résultats obtenus confirment ceux obtenus par de nombreux auteurs. Il ne semble pas que les Collemboles⁽²⁾ s'attaquent aux végétaux frais, exception faite du Symphypléone *Sminthurus viridis* qui cause des ravages considérables dans certaines prairies cultivées dont celles de luzerne en Afrique du Sud où les jeunes nymphes font des trous dans l'épiderme de la feuille et mangent complètement la couche sous-épidermique du mésophylle (WALTERS, 1967).

Ce qui est certain c'est que les collemboles attaquent la litière ayant atteint un certain état de décomposition, état résultant de successions programmées selon de nombreux paramètres biotiques et abiotiques. On sait en effet que les bactéries et les champignons jouent un rôle extrêmement spécifique dans les phénomènes de pectinolyse, cellulolyse, lignolyse. Les collemboles (comme le reste de la faune) vont donc eux aussi s'insérer dans le scénario à un moment donné correspondant à un état biochimique précis des nutriments. Toutes les expériences le montrent, les microarthropodes ont un comportement différent selon l'état de la matière organique⁽³⁾ et on arrive bien à l'idée développée par certains auteurs. Il existe une spécificité globale : telle ou telle espèce préfère une plante à une autre, mais surtout il existe une spécificité biochimique semblable à celle des animaux phytophages vis à vis des plantes (CANCALE DA FONSECA, POINSOT BALAGUER, 1982). Dans des nutriments divers les animaux trouvent les substances nécessaires à leur survie et à leur développement.

(1) Ces auteurs ont cependant observé que *Cladosporium cladosporioides* avait un très faible pouvoir de germination après son passage dans le tube digestif du collembole *Pseudosinella alba*.

(2) Ni les Oribates (LUXTON, 1972).

(3) ATLAVINYTE (1971) a pu montrer que certaines espèces sont plus actives à certaines étapes de la décomposition du compost de paille.

LEGENDE DES PHOTOS

Photo 1 - Fèces d'*Isotoma notabilis* en présence d'aiguilles vertes coupées longitudinalement

Photo 2 - Fèces écrasées d'*Isotoma viridis* en présence d'aiguilles de pin (L.f.) coupées longitudinalement.

Photo 3 - Spores d'*Alternaria* dans les fèces d'*Isotoma viridis*.

Photo 4 - Spores et hyphes d'*Alternaria* dans les fèces d'*Isotoma notabilis*

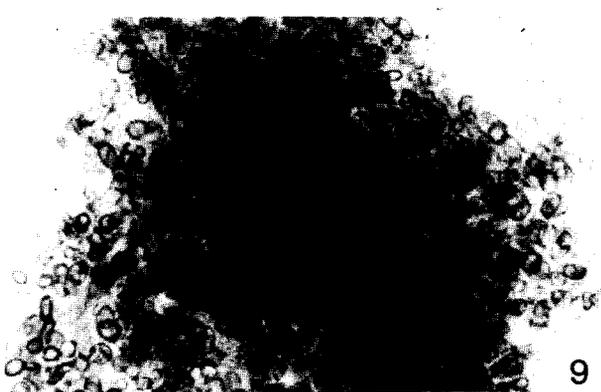
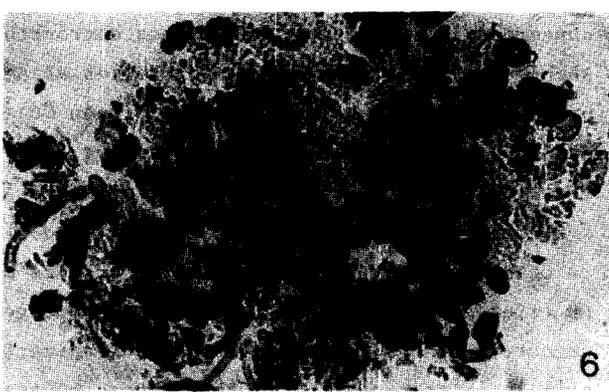
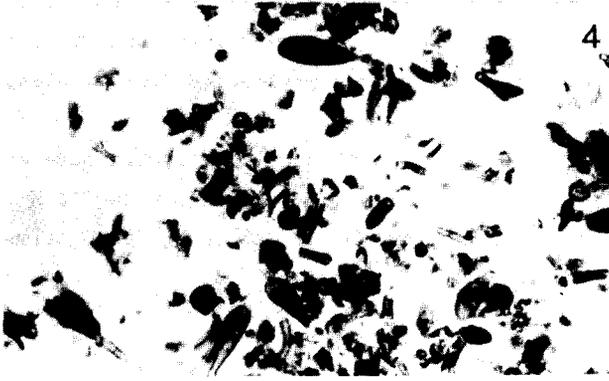
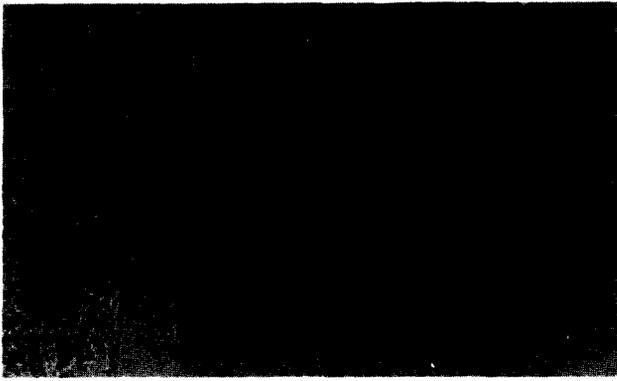
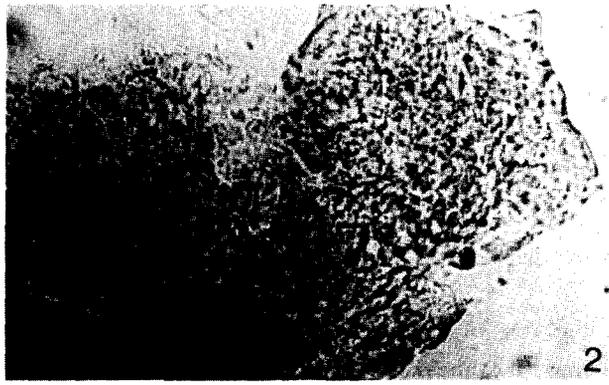
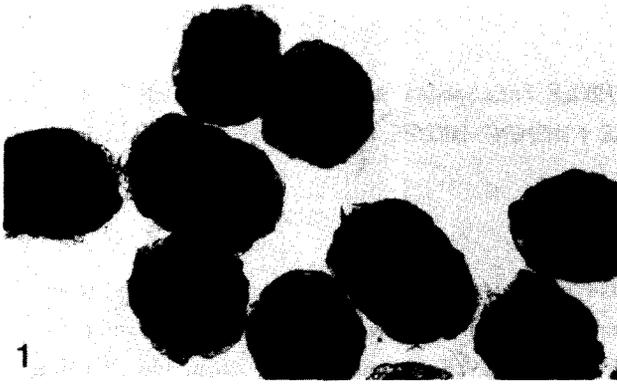
Photo 5 - Spores et hyphes d'*Alternaria* dans les fèces d'*Isotoma notabilis*.

Photo 6 - Fèces d'*Isotoma notabilis* vivant sur des aiguilles de pins.

Photo 7 - Fèces d'*Isotoma viridis* ayant brouté des aiguilles de pins (L.S.) découpées et colonisées par les champignons.

Photo 8 - Fèces d'*Isotoma notabilis* ayant brouté de litière en poudre.

Photo 9 - Fèces d'*Isotoma viridis* ayant brouté des spores de *Penicillium*.



II - MESURE DU METABOLISME RESPIRATOIRE DU COLLEMBOLE *Folsomides angularis* EN PRESENCE DE NOURRITURE CONSTITUEE SOIT PAR DE LA LITIERE FINEMENT BROYEE SOIT PAR DES AIGUILLES DE PINS ENTIERES ⁽¹⁾.

1 - Méthodes, résultats

Une dizaine de collemboles sont mis en présence d'aiguilles de pins sur lesquelles se développent des champignons et des bactéries. La cellule d'élevage est placée dans une enceinte étanche au fond de laquelle se trouve un récipient rempli de soude. Au bout de 8 jours, l'activité respiratoire est mesurée par le dégagement de CO₂, avec HCl en présence d'un indicateur : le thymol phtaleine. Sont comparées les activités de la litière broyée, de la litière broyée en présence de collemboles, d'aiguilles entières seules ou avec des collemboles.

Le métabolisme respiratoire est supérieur en présence de collemboles dans les deux cas. Le dégagement est en moyenne 12 % supérieur à celui mesuré dans les cellules sans animaux, ce qui suppose que le broutage stimule l'activité des microorganismes présents sur les aiguilles de pin.

2 - Discussion

Ces résultats rejoignent ceux des expériences de HANLON et ANDERSON (1979) concernant l'influence de certaines microarthropodes, ici des collemboles, sur la biomasse sèche - "standing crop" - des bactéries et des champignons. Dans une expérience avec mise en présence de collemboles et du champignon *Coriolus diversicolor*, il semble que les collemboles par le broutage, diminuent le "standing crop" des champignons et augmentent celui des bactéries. Ce n'est donc pas une simple augmentation de l'activité microbienne ⁽²⁾. En 1981, HANLON a étudié l'influence du broutage par les collemboles sur l'activité de croissance de colonies de champignons senescents, poussant sur des milieux nutriants divers. Le broutage peut avoir un effet stimulant ou inhibiteur. Le broutage sur des colonies poussant sur des milieux à taux de nutriants bas, ne stimule pas la respiration des champignons. Par contre, le broutage stimule la respiration des champignons poussant sur des nutriments concentrés, l'augmentation de l'activité étant proportionnelle à la teneur en nutriants. Ceci suggère que la biostase serait, à ces hauts niveaux, le résultat de l'accumulation de métabolites toxiques bien avant que les nutriments réellement disponibles soient épuisés.

Après des expériences comparatives de respiration de sol avec microorganismes seuls et microorganismes et collemboles, ADDISSON et PARKINSON (1978) concluent que les collemboles auraient un effet "catalytique sur la respiration du sol". En effet, les expériences ne sont pas toujours significatives, mais on peut dire que dans l'ensemble le métabolisme respiratoire augmente dans certains milieux en présence de microorganismes et de collemboles. L'augmentation du métabolisme du sol en présence de collemboles est plus grande que celle prévue par la respiration des animaux eux-mêmes. Le manque apparent de signification des interactions entre la microflore et la microfaune est probablement dû à l'influence prépondérante des facteurs de l'environnement dans certaines zones d'études "qui serait plus importante que les interactions biotiques dans le contrôle de la respiration du sol". Cette assertion contredit celle de Mac FAYDEN (1968) : "l'activité métabolique peu élevée de la faune entraîne que la respiration totale d'un échantillon de sol est d'égale importance avec ou sans la présence de nombreux animaux".

(1) En collaboration avec M.C. LECLERC

(2) Les mêmes auteurs ont montré qu'avec les macroarthropodes, les résultats sont semblables.

Les diverses expériences réalisées avec des Oribates vont dans le même sens.

PANDE et BERTHET (1973) pensent qu'il est difficile d'évaluer exactement l'importance des Oribates dans les processus de décomposition de la matière organique. Dans les sols de forêts, ils semblent métaboliser moins de 5 % de l'énergie annuelle qui atteint le sol sous forme de matériel "plante morte" ce qui est supérieur aux chiffres de MAC FAYDEN (1961 et 1968) qui donnent 3,5 % pour les microarthropodes⁽¹⁾.

Quant à LUXTON (1979), il a essayé d'estimer le taux de consommation de nourriture chez les Oribates, l'efficacité d'assimilation et le métabolisme respiratoire d'où il en tire une idée de l'énergie dissipée. Celle-ci serait basse. Au niveau d'un budget énergétique total, il ressort que le paramètre P⁽²⁾ est en excès par rapport au paramètre R, ce qui signifierait que le premier rôle des Oribates est leur contribution dans la régulation des flux nutriments en raison de l'immobilisation de ces nutriments dans leur tissus pour des périodes longues.

BERTHET a montré, en 1963, qu'une population de 100.000 Oribates pesant 1 à 2 grammes ne consommaient que 0,2 à 0,3 mg d'O₂/heure et par suite, ils auraient un degré de métabolisme qui, sous forêt, ne leur permettrait pas d'utiliser au maximum + du 1/10 des litières. En 1967, ce même auteur avait estimé au niveau du flux d'énergie que les Oribates jouaient un rôle moins important que les autres groupes édaphiques, 5 à 12 fois moins que les Nématodes et 5 fois moins que les Enchytraeidae.

ANDERSON (1973) estime que les microorganismes doivent compter pour plus de 80 % dans le flux d'énergie circulant à travers les communautés de décomposeurs terrestres et par conséquent, les animaux sont relativement peu importants dans le métabolisme du sol.

CONCLUSION

On peut donc établir au vu des expériences nombreuses réalisées une hiérarchie dans les rôles des microarthropodes dans la vie des sols.

Il est incontestable qu'ils jouent un rôle de premier plan dans la fragmentation de la matière organique. BACHELIER (1978) estime que dans un milieu normalement aéré et sec, en se basant sur la consommation de divers animaux, pour un apport annuel de 200 à 400 g de litière au mètre carré les vers de terre ingèrent 250 g de matière organique en 3 mois, les Acariens 30 à 40 et les collemboles 50 à 60 grammes. La matière ingérée est broyée et il y a multiplication des surfaces de 50 fois pour les microarthropodes, ce qui donne à ce groupe un rôle de premier plan (avec les nématodes).

Le déplacement (plus ou moins grand) des microarthropodes amène une dispersion (plutôt qu'une dissémination) des spores fongiques et bactériennes qui seront selon les cas intactes ou altérées après le passage par le tube digestif. L'horizon H est le résultat direct de l'absorption de la matière organique par les micro et macroarthropodes.

(1) Tandis que la microflore devrait libérer 85 % de l'énergie apportée au sol par les différentes matières organiques, les Protozoaires 2 %, les plus gros invertébrés 5 % et les nématodes 3,5 %.

(2) $C = P + R + FU$
 $C = R + P$

C = consommation
 P = production
 FU = rejet
 R = respiration

(cf. WHIGHTMAN, 1977)

Les transformations effectuées par le passage dans le tube digestif et dont on connaît peu de choses peuvent être cependant considérées comme indispensables au déroulement des processus d'humification (ou de déshumification).

Les microarthropodes doivent être considérés comme un échelon obligatoire dans la dynamique de la matière organique, échelon soumis à des contraintes biotiques et abiotiques spécifiques.

BIBLIOGRAPHIE

- ADDISON J.A., PARKINSON D. (1978). Influence of collembolan feeding activities soil metabolism at high arctic site. *Oikos*, 30, 529-538.
- ANDERSON J.M. (1973). The breakdown and decomposition of sweet Chestnut (*Castanea sativa* Mill.) and Beech (*Fagus silvatica* L.) Leaf licks in two deciduous Woodlands Soils. *Oecologia (Berl.)* 12, 251-274, 275-288.
- ATLAVINYTE O. (1971). The activity of Lumbricidae, Acarina and Collembola in the straw process. *Pedobiologia*, 11, 104-115.
- BACHELIER G. (1978). La faune des sols, son écologie et son action. Initiations - Documentations techniques ORSTOM, n° 38, 391 p.
- BERTHET P. (1963). Mesure de la consommation d'oxygène des Oribates de la litière des forêts. In : J. Doeksen and J. Van der Drift (Eds) : Soil organisms. Amsterdam 18-31.
- CANCELA DA FONSECA J.P., POINSOT-BALAGUER, N. (1982). Régime alimentaire des microarthropodes du sol en relation avec la décomposition de la matière organique. *Bull. Soc. Zool. Fr.*, (à paraître).
- HANLON R.D.G. (1981). Influence of grazing by Collembola on the activity of senescent fungal colonies grown on media of different nutrient concentration. *Oikos*, 36 : 362-67.
- HANLON R.D.G., ANDERSON J.M. (1979). The effects of collembola grazing on microbial activity in decomposing leaf litter. *Oecologia (Berl.)*, 38 : 93-99.
- LUXTON M. (1972). Studies on the oribatid mites of a Danish beech wood soil. I. Nutritional biology. *Pedobiologia*, 12, 5 : 434-463.
- LUXTON M. (1979). Food and energy processing by Oribatid mites. *Rev. Ecol. Biol. Sol.*, 16 : 1, 103-111.
- MAC FAYDEN A. (1961). Metabolism of soil invertebrates in relation to soil fertility. *Ann. Appl. Biol.*, 49 : 215-218.
- MAC FAYDEN A. (1968). The animal habitat of soil bacteria. In "The Ecology of soil bacteria". Liverpool Univ. Press, 66-76.
- PANDE Y.D., BERTHET P. (1973). Studies on the food and feedings habits of soil Oribatei in a Black Pine Plantation. *Oecologia*, 12, 413-426.
- PETERSEN H. (1971). Collembolernes ernærings-biologi og dennes økologiske betydning. *Ent. Medd.* 39 : 97-118.
- POINSOT N. (1974). Documents pour une biogéographie des Collemboles de Provence. *Rev. Biol. Ecol. Méd.*, 1 (4) : 113-126.
- POINSOT N. (1976). Dynamique des communautés de Collemboles en milieu xérique méditerranéen *Pedobiologia*, 16 (1) : 1-17.
- PONGE J.F., CHARPENTIE M.J. (1981) Etude des relations microflore-microfaune : expériences sur *Pseudosinella alba* (Packard), collembole mycophage, *Rev. Ecol. Biol. Sol.*, 18 (3) : 291-303.
- WALTERS M.C. (1967). A study of *Sminthurus viridis* (L.) (Collembola) in the Western Cape Province. *Dep. Agric. Techn. Serv. Ent. Mem.* n° 16 : 1-99.

La communauté des arthropodes des rives de l'Ouvèze (Vaucluse)

L. BIGOT*
G. GAUTIER**

MOTS-CLES : Ecologie - Provence - ripicoles - rivières - arthropodes.

RESUME - Les auteurs étudient la communauté des invertébrés du biotope humide des berges d'une rivière provençale : l'Ouvèze (Vaucluse).

L'inventaire spécifique global (limité aux Coléoptères et aux Araignées) groupe 75 espèces.

Les principales familles sont par ordre décroissant d'importance, les Trechidae, les Staphylinidae et les Lycosidae.

Le mélange dans les relevés d'espèces ripicoles strictes (la quasi totalité de la faune), d'espèces franchement terrestres et d'espèces aquatiques amène les auteurs à considérer les rives des cours d'eau à la fois comme :

- un écotone entre les milieux terrestres et aquatiques (avec "effet de lisière") ;
- un biotope à part entière possédant un peuplement caractéristique (formé par les espèces ripicoles strictes).

Du point de vue de la biogéographie, les éléments européens sont dominants, mais il faut également noter la présence d'éléments méditerranéens et d'éléments alpins, dont le mélange traduit l'existence de conditions écologiques complexes : microclimat (propre au biotope étudié) frais et humide, inclus dans un macroclimat régional chaud et sec.

Diverses comparaisons effectuées avec la Basse Durance (Vaucluse) montrent l'existence d'une certaine unité faunistique des peuplements ripicoles des rivières provençales.

L'influence de la structure des rives sur la faune est également analysée.

Après avoir défini cinq "secteurs écologiques" différents (zones à galets avec et sans végétation, dépôts de laisses végétales, zones à éléments fins et plateau forestier) les auteurs montrent que la richesse spécifique augmente avec la diversité du biotope.

Des différences faunistiques sont mises en évidence entre les secteurs écologiques et sont expliquées par les différences de nature et de fonctionnement qu'ils présentent.

ABSTRACT - The authors study the invertebrate community of the river edges (Ouvèze) in Vaucluse department.

The general survey lists 75 species ; the most important groups are Coleoptera Trechidae, Staphylinidae and Araneida Lycosidae. This mixed community groups many strict ripicolous species with addenda of some terrestrial and aquatic species ; it occurs in median position between terrestrial and aquatic formations but constitutes an original biocoenosis.

The effects of substratum and the definition of five "ecological bands" are considered in diversity of structure.

On Ouvèze edges is relieved an important lot of European species with some mediterranean and alpinous ones.

* Laboratoire de Biologie Animale - Ecologie - Faculté des Sciences de St-Jérôme
rue Henri Poincaré - 13397 Marseille cedex 13

** Laboratoire de Zoologie et Biologie Générale - Faculté des Sciences
Avenue Ibn Batouta RABAT - MAROC.

INTRODUCTION ET PRESENTATION DU MILIEU

Jusqu'à présent les communautés des invertébrés liées aux biotopes humides des bords de cours d'eau ont surtout été étudiées en montagne, dans les Alpes françaises et italiennes (AMIET, 1967 ; RAVIZZA, 1968, 1970, 1972 ; GAUTIER, 1980).

Cependant, un récent travail concernant le peuplement ripicole de Basse Durance (Vaucluse) a été réalisé par C. FAVET (1981).

Nous nous proposons dans cet article d'analyser la communauté ripicole du cours inférieur d'une autre rivière provençale : l'Ouvèze (Vaucluse).

Les données de base de cette étude sont constituées par des relevés de terrain effectués en 1978, dans le cadre d'une étude préliminaire pour l'aménagement des berges de cette rivière.

Les principaux résultats développés ici concernent :

- l'inventaire des espèces du biotope humide de rives ;
- l'analyse faunistique, écologique et biogéographique de ce peuplement ;
- l'analyse de l'influence de la structure des berges sur la faune ;
- enfin, quelques éléments de comparaison avec le peuplement analogue de Basse Durance.

L'Ouvèze est une rivière de Haute Provence, affluent rive gauche du Rhône. Son cours a une longueur totale d'environ 85 km. Elle prend sa source dans la montagne de Chamouse, à 1450 m d'altitude, et se jette dans le Rhône, 6 km au nord d'Avignon.

La première moitié de son cours présente en gros une orientation E-W, et se situe 10 à 15 km au nord du Mont Ventoux (fig. 1) ; après avoir contourné par le nord le massif des Dentelles de Montmirail, l'Ouvèze prend une direction N NE - S SW qu'elle ne quitte plus jusqu'à sa confluence avec le Rhône.

Le secteur qui a fait l'objet de cette étude se situe entre le confluent des Trois-Rivières et Bédarrides ; il englobe donc toute la moitié inférieure du cours de la rivière ; sur toute cette portion, l'Ouvèze se présente comme un cours d'eau de plaine (entre 250 m et 30 m d'altitude), peu pentu, mais avec un régime très variable au cours de l'année.

Le lit majeur, souvent fort large et de structure complexe, est bordé par une ripisylve sur plateau sablo-limoneux parfois surélevé de plusieurs mètres ; les principales essences rencontrées sont : *Alnus glutinosa*, *Populus alba*, *Salix alba*.

Dans le secteur étudié, il faut noter l'absence de pollutions graves (usines, grandes villes, etc ...). La seule pollution d'origine industrielle est constituée par les gravières ; les altérations physiques des rives et de l'eau y sont importantes mais localisées ; d'une manière générale, on peut donc dire que jusqu'à présent, les berges de l'Ouvèze ne sont pas dégradées ni aménagées artificiellement.

I - METHODES D'ETUDE

La portion du cours de l'Ouvèze retenue pour cette étude présente, au niveau des rives, des conditions écologiques très hétérogènes. Pour obtenir une image fidèle du peuplement ripicole nous avons défini vingt stations d'étude réparties assez régulièrement le long de la rivière (fig.1).

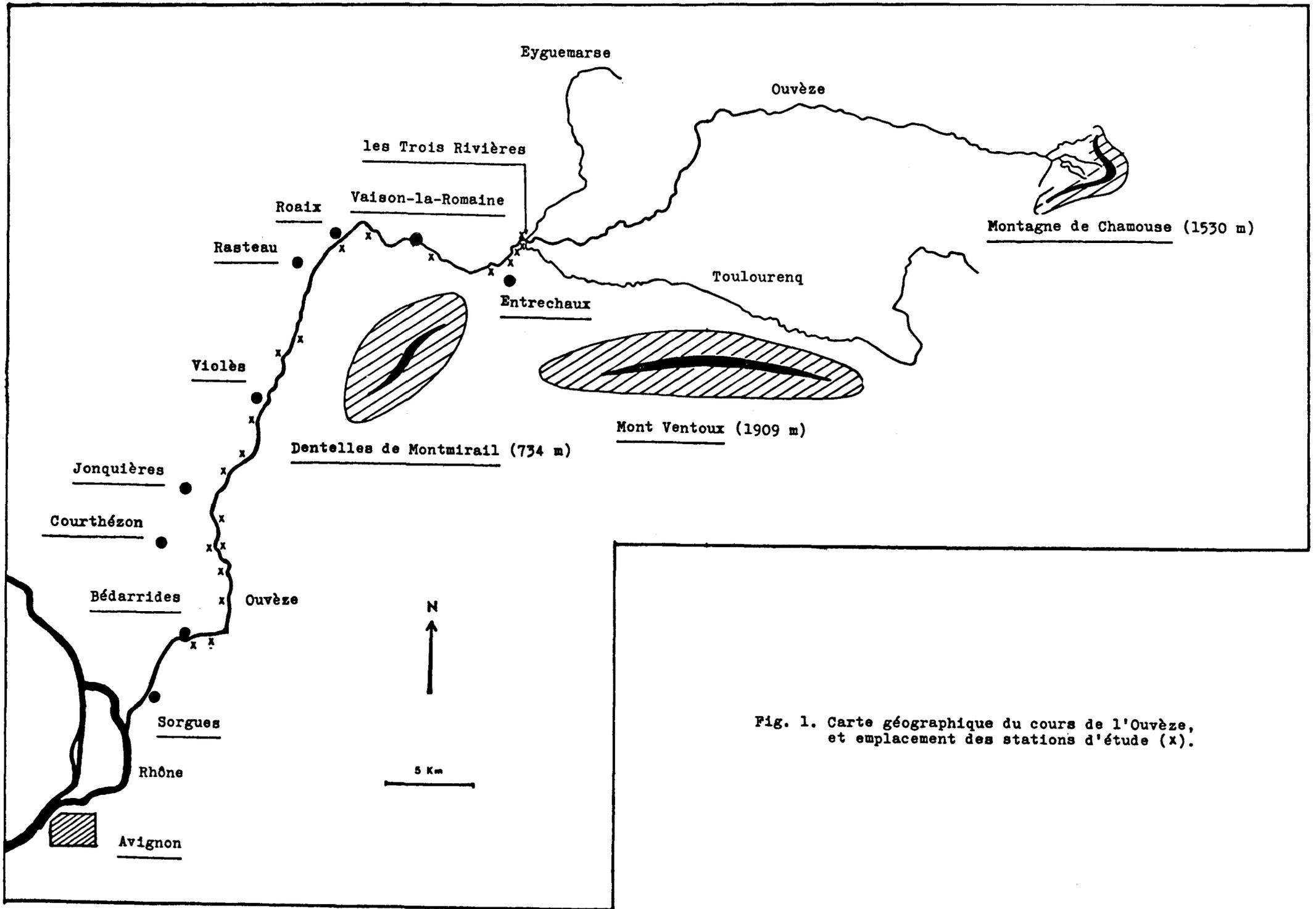


Fig. 1. Carte géographique du cours de l'Ouvèze, et emplacement des stations d'étude (x).

La plupart d'entre elles montrent une structure complexe ; différents "secteurs écologiques" abritant la faune ripicole peuvent y être individualisés :

- les plages de galets, sans végétation herbacée ;
- les plages de galets, avec végétation herbacée ;
- les laisses végétales (branches d'arbres, feuilles, divers débris végétaux, etc ...) déposés par l'eau, avec fentes de retrait et végétation herbacée ;
- le plateau forestier sablo-limoneux, avec fentes de retrait, végétation herbacée et divers débris végétaux (brindilles de bois, litière de feuilles mortes, etc ...).

Le premier secteur écologique est d'une manière générale largement dominant.

Dans chaque station, des prélèvements de faune ont été réalisés plusieurs fois au cours de l'année 1978. Nous nous sommes efforcés d'obtenir chaque fois la liste la plus complète possible des espèces présentes

- globalement dans chaque station ;
- à plus grande échelle, au niveau des différents secteurs écologiques.

Seul le critère de présence-absence des espèces a été pris en considération ; nous avons procédé uniquement à des prélèvements qualitatifs qui s'avèrent être les plus performants dans ce type d'étude, car ils permettent une exploration en détail des stations, même au niveau de particularités localisées du biotope.

Lors de chaque relevé, dans les limites des stations, la faune était recherchée sur toute la surface humide de rive, dans les fentes de retrait, sous les galets, dans l'épaisseur des laisses végétales, etc ...

Les indices écologiques analytiques utilisés dans cette étude sont en nombre limité :

- richesse totale (S) : nombre total d'espèces capturées, peut être utilisée à différents niveaux de perception : biotope global, station, secteur écologique, etc ...
- richesse moyenne (s) : nombre moyen d'espèces capturées par relevé ; même remarque que précédemment ;
- fréquence spécifique (F) : se calcule pour chaque espèce ; pourcentage de prélèvements où l'espèce est présente par rapport au nombre total de prélèvements ; même remarque que précédemment,

Précisons pour terminer que nous nous sommes limités à l'étude des Coléoptères et des Araignées Lycosidés qui constituent la quasi totalité, en espèces et en individus, de la faune ripicole des cours d'eau.

II - ANALYSE FAUNISTIQUE

II.1 - INVENTAIRE DES ESPECES

L'ensemble des prélèvements a permis de capturer, toutes stations additionnées,

TABLEAU I - LISTE DES ESPECES CAPTUREES

| | |
|----------------|---|
| COLEOPTERES | |
| Nebriidae | <i>Nebria psammodes</i> Rossi. |
| Scaritidae | <i>Clivina fossor</i> L. <i>Dyschirius lucidus</i> Putz. <i>D. punctatus</i> Dej. <i>D. chalybaeus</i> Putz. |
| Trechidae | <i>Perileptus aerolatus</i> Creutz <i>Thalassophilus longicornis</i> Sturm <i>Eotachys bistriatus</i> Duft. <i>Tachyura sexstriata</i> Duft. <i>Perotachys bisulcatus</i> Nic. <i>Emphanes latiplaga</i> Chaud. <i>E. azurescens</i> Tor. <i>Trepanes articulatus</i> Cyll. <i>Philochtus irricolor</i> Bed. <i>Bembidium quadrimaculatum</i> L. <i>Peryphus genei</i> Hust. <i>P. fasciolatus</i> Duft. <i>P. decorus</i> Panz. <i>P. conformis</i> Dej. <i>P. bugnioni</i> Dan. <i>P. geniculatus</i> Heer. <i>P. eques</i> Stutm. <i>P. testaceus</i> Duft. <i>P. scapularis</i> Dej. <i>P. andreae</i> F. <i>P. dalmatinus</i> Dej. <i>Princidium punctulatum</i> Drap. <i>Synechostictus cribrum</i> Duv. <i>S. ruficornis</i> Sturm. <i>Metalina pygmaeum</i> P. <i>M. lampros</i> Herbst. <i>Asaphidion caraboides</i> Schrank. <i>A. flavipes</i> L. |
| Callistidae | <i>Chlaenites spoliatus</i> Rossi <i>Chlaenius velutinus</i> Duft. <i>C. vestitus</i> Payk. <i>D. nitidulus</i> Schrank <i>C. nigricornis</i> F. |
| Licinidae | <i>Licinus sylphoides</i> Rossi |
| Pterostichidae | <i>Amara aenea</i> Dej. <i>Abacetus salzmanni</i> Germ. |

| | |
|---------------|--|
| | <i>Platysma vulgare</i> L. |
| | <i>Anchus ruficornis</i> Goeze |
| | <i>Idiochroma dorsalis</i> Pontopp. |
| Lebiidae | <i>Syntomus foveatus</i> Fourc. |
| Dytiscidae | <i>Agabus didymus</i> Ol. |
| Staphylinidae | <i>Gabrius dimidiatipennis</i> Er. |
| | <i>Trogophloeus dilatatus</i> Er. |
| | <i>Stenus bipunctatus</i> Er. |
| | <i>S. guttula</i> Mull. |
| | <i>S. stigmula</i> Er. |
| | <i>S. ater</i> Mannh. |
| | <i>S. clavicornis</i> Scop. |
| | <i>Paederus rubrothoracicus</i> Goeze |
| | <i>Lathrobium multipunctatum</i> Grav. |
| | <i>L. bicolor</i> Er. |
| | <i>Philonthus rufimanus</i> Er. |
| | <i>Chilopora longitarsis</i> Er. |
| | <i>Conosoma pubescens</i> Grav. |
| Anthicidae | <i>Formicomus pedestris</i> Rossi |
| Dryopidae | <i>Dryops lutulentus</i> Herbst. |
| Elateridae | <i>Zorochrus dermestoides</i> Herbst |
| | <i>Z. flavipes</i> Aubé |
| Chrysomelidae | <i>Phaedon laevigatus</i> Duft. |
| | <i>Altica lythri</i> Aubé. |
| Curculionidae | <i>Pseudocleonus cinereus</i> Schrank |
| ARAIGNEES | |
| Lycosidae | <i>Trochosa ruricola</i> Deg. |
| | <i>T. spinipalpis</i> O.P. Camb. |
| | <i>Arctosa variana</i> C.L. Koch. |
| | <i>A. leopardus</i> Sund. |
| | <i>Pardosa wagleri</i> Hahn |
| | <i>P. giebelsi</i> Pav. |
| | <i>P. proxima</i> C.L. Koch. |
| | <i>P. hortensis</i> Th. |
| | <i>P. morosa</i> C.L. Koch. |

66 espèces de Coléoptères et 9 espèces d'Araignées (tableau 1)⁽¹⁾.

Quatorze familles de Coléoptères et une famille d'Araignées sont représentées sur les bords de l'Ouvèze. Comme dans beaucoup de peuplements ripicoles, la famille des Tré-chidés domine en nombre d'espèces l'inventaire global (fig. 2) ; nous y retrouverons l'important cortège des *Peryphus* qui caractérisent presque toutes les communautés ripicoles, mais dont les espèces sont variables en fonction des biotopes. Les Staphylinidés occupent la seconde place avec 17,33 % des espèces, et sont suivis par les Araignées Lycosidés (12 %). Il s'agit là d'un classement banal pour ce type de faune et de biotope. On peut relever comme particularité de notre inventaire la relative importance prise par les Callistidés (6,67 %), mieux représentés ici que dans d'autres milieux humides analogues.

Cette richesse spécifique globale est faible si on la compare à celle obtenue en Basse Durance : 88 espèces de Coléoptères et 4 espèces d'Araignées. Les deux peuplements ont 30 espèces en commun, ce qui donne un coefficient de Jaccard assez faible de 22,39 %.

Cependant, il faut tenir compte de l'apport en espèces étrangères par les milieux aquatiques et terrestres voisins ; si l'on ne considère que les espèces ripicoles strictes, on dénombre 28 espèces communes aux berges des deux cours d'eau ; dans ce cas les richesses spécifiques de ces derniers sont sensiblement égales : 62 espèces pour l'Ouvèze et 61 espèces pour la basse Durance ; chaque peuplement est alors constitué pour moitié, d'espèces communes aux deux ; le coefficient de Jaccard est alors de 31,18 %.

Les communautés d'invertébrés des bords de l'Ouvèze et de la Basse Durance apparaissent donc comme étant assez proches si l'on prend la précaution de ne comparer que la faune réellement inféodée au biotope humide étudié.

Pour terminer ce paragraphe, nous avons dressé la courbe des richesses spécifiques totales cumulées en fonction du nombre de prélèvements (fig. 3).

Cette courbe nous permet de conclure, par sa pente très faible au dernier point ($aN = 0,19$), que notre inventaire est bien représentatif, car très peu d'espèces ont dû être oubliées ; cependant un tel résultat n'a pu être acquis qu'après un nombre relativement élevé de prélèvements (en gros à partir du 65ème, ce qui tend à montrer l'hétérogénéité de la distribution de la faune dans le temps et dans l'espace ; la faible valeur de la richesse spécifique moyenne (6,5 sp./prél. au 77ème prélèvement) semble confirmer cette remarque.

II.2 - SPECTRE ECOLOGIQUE ET BIOGEOGRAPHIQUE DU PEUPLEMENT

II.2.1. Les différents types écologiques

Les espèces ripicoles strictes (= espèces uniquement inféodées au biotope

(1) Cet inventaire comprend également comme espèces ripicoles, parmi les groupes non étudiés :

Dermaptères : *Labidura riparia* Pall.,

Hétéroptères : *Salda* sp.

Orthoptères : *Tetrix ceperoi* Boll.

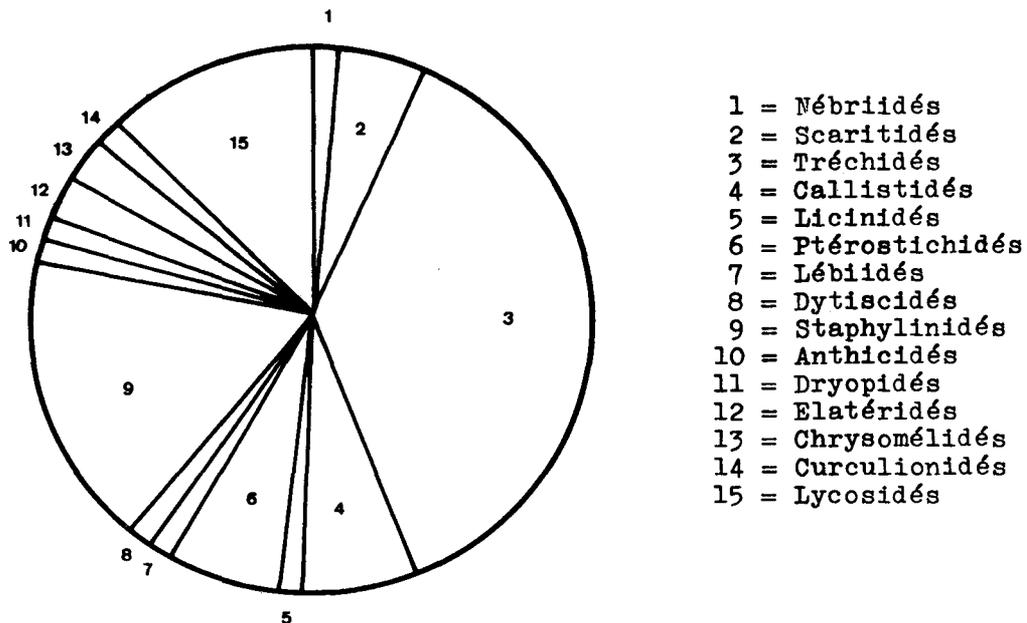


Fig. 2. Inventaire global; proportions des différentes familles.

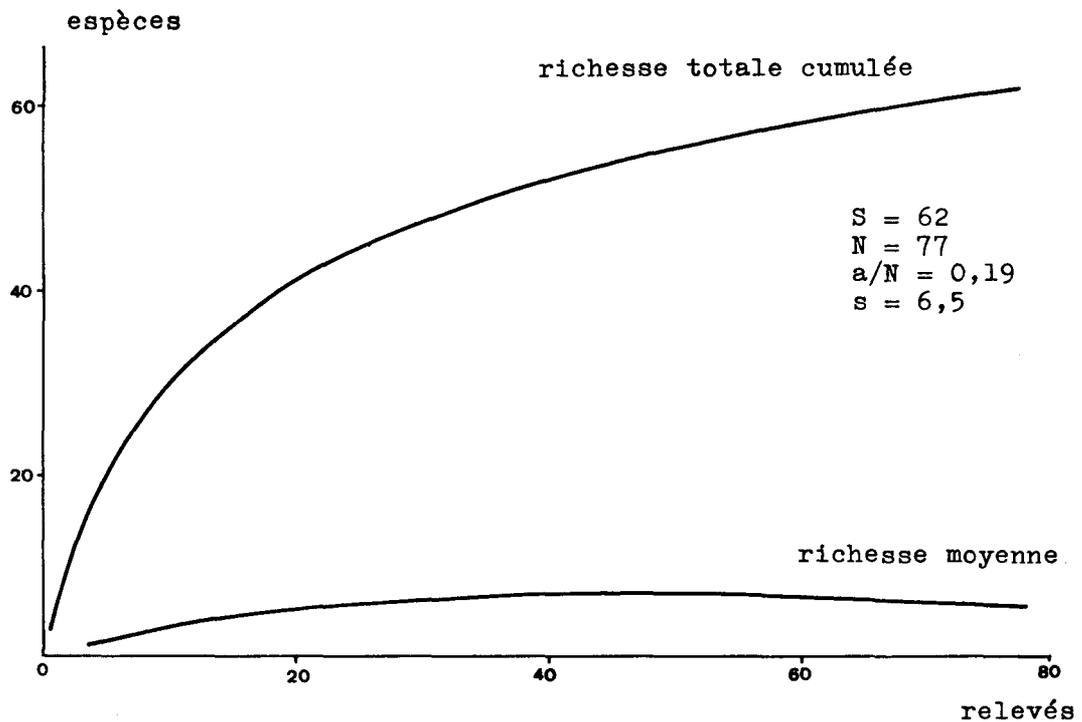


Fig. 3. Courbes de la richesse totale cumulée et de la richesse moyenne, en fonction du nombre de relevés.

S = richesse totale au dernier relevé;
 N = nombre total de relevés;
 a = nombre d'espèces présentes dans un seul relevé;
 a/N = pente de la courbe de la richesse totale cumulée au dernier point;
 s = richesse moyenne au dernier relevé.

humide des bords d'eau) constituent la quasi totalité de la faune capturées, avec 62 représentants, soit 82,67 % du total.

Les autres espèces, que nous pouvons qualifier d'exogènes, se répartissent de la manière suivante :

| | | |
|----------------------------------|---------------------------------|---------|
| | - de pelouses | 10,67 % |
| - espèces franchement terrestres | - ubiquistes | 2,67 % |
| | - hygrophiles non ripicoles ... | 1,33 % |
| - espèces aquatiques | | 2,67 % |
| | | 17,34 % |

Seules les espèces ripicoles strictes peuvent être considérées comme des "espèces indigènes" selon la terminologie de Gachet (1971). La présence dans le biotope humide des autres types écologiques peut être soit fortuite ("espèces aliénées" selon la même terminologie), par exemple les espèces de pelouse, soit en relation avec un comportement particulier ("espèces hôtes"), par exemple *Dryops lutulentus* qui vient se nourrir hors de l'eau, sur les rives. Le peuplement de base est cependant formé des espèces ripicoles strictes uniquement.

La présence d'espèces provenant de divers milieux traduit l'existence d'un "effet de lisière" ; la zone humide que nous étudions joue en fait un rôle écologique complexe :

- c'est un écotone entre les milieux terrestres et le milieu aquatique ;
- c'est également un biotope à part entière, très bien individualisé et possédant un peuplement caractéristique.

Il est donc normal de trouver un mélange d'espèces ripicoles strictes, d'espèces franchement terrestres et d'espèces aquatiques, en proportion variable, mais toujours largement dominé par le premier type écologique, les deux autres étant en limite de distribution.

II.2.2. Préférences altitudinales.

Pour mieux cerner l'écologie des espèces ripicoles strictes, nous avons examiné leur préférence altitudinale (fig. 4).

Nous avons trouvé une majorité d'espèces euryzones (= de plaine et de montagne) suivie par une importante proportion d'espèces planitiales (= de plaine) ; les éléments orophiles (= de montagne) sont mal représentés, mais il est tout de même intéressant de noter leur présence dans une région aussi éloignée des grands massifs montagneux (nous y reviendrons aux § II.2.3 et II.2.4).

II.2.3. Biogéographie.

En ce qui concerne l'origine biogéographique des espèces, nous avons pu séparer quatre groupes différents : espèces eurosibériennes, européennes, méditerranéennes et alpines (fig. 5).

Les espèces à large répartition (eurosibériennes et européennes) sont les plus nombreuses ; les espèces plus localisées (méditerranéennes et alpines) sont représentées par des contingents plus réduits et à peu près égaux.

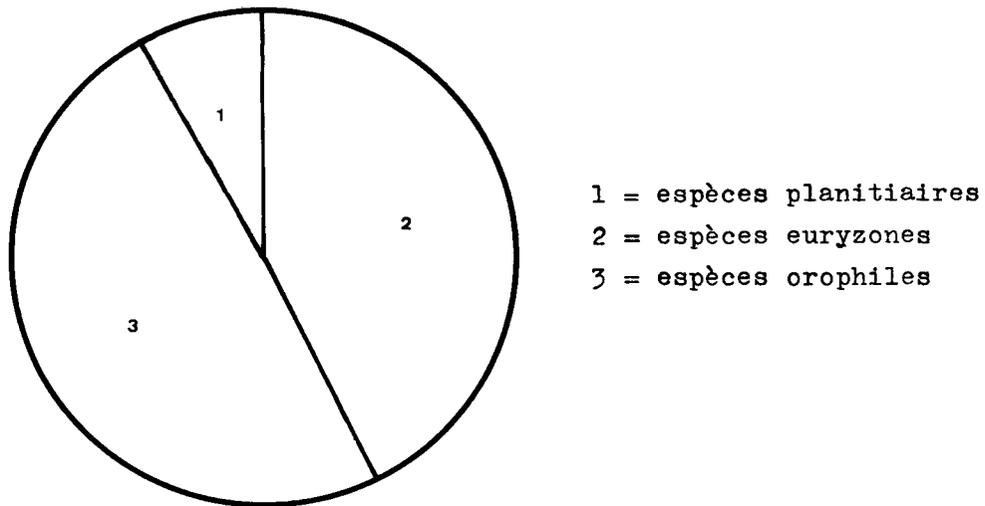


Fig. 4. Préférences altitudinales des espèces; proportions des différents groupes.

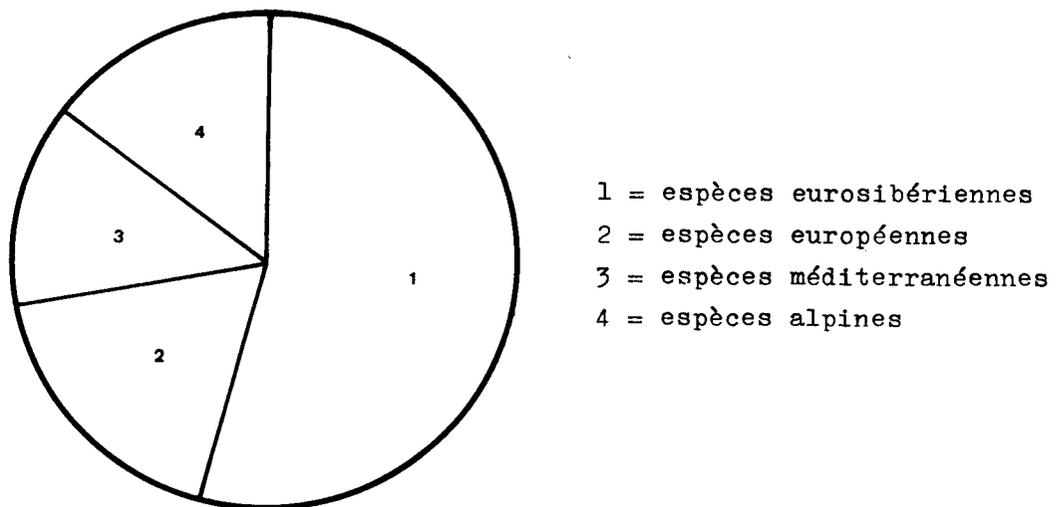


Fig. 5. Origines biogéographiques des espèces; proportions des différents groupes.

Les mêmes groupes biogéographiques, représentés en gros dans les mêmes proportions, se retrouvent en Basse Durance.

Dans ces peuplements les espèces adaptées aux biotopes froids (espèces alpines) sont aussi nombreuses que celles des biotopes chauds (espèces méditerranéennes) ; il existe là un mélange peu banal qui traduit la dualité des caractéristiques climatiques et microclimatiques des biotopes humides de rives, en Provence :

- macroclimat méditerranéen chaud et sec ;
- microclimat, au niveau du biotope, relativement rigoureux : humidité de l'air et du substrat localement très élevée, température du substrat abaissée par la proximité de l'eau.

Ce fait est illustré par les données du tableau II, qui concerne des mesures de températures faites au niveau même du substrat (sous les galets, dans les fentes de retrait et dans l'épaisseur des lasses végétales) et dans l'air, à 1 m. du sol, durant le mois de juillet ; les températures obtenues au niveau du substrat sont dans tous les cas plus faibles que celles de l'air, aussi bien en ce qui concerne les extrêmes (maximum et minimum) que les moyennes.

Ce microclimat semble ainsi favoriser la "descente" en plaine de certaines espèces alpines-orophiles, que l'on retrouve à des altitudes plus élevées dans les massifs montagneux.

I.2.4. Indicateurs biologiques

Plusieurs espèces peuvent être considérées comme des "bioindicateurs" susceptibles d'apporter des renseignements sur les qualités physico-chimiques de l'eau et des berges.

Les espèces alpines-orophiles notamment sont des bioindicateurs de cours d'eau de montagnes, généralement à l'abri de toutes nuisances, présentant des rives non dégradées et une eau froide, pure et oxygénée.

Nous pouvons citer :

- P. geniculatus*,
- P. conformis*,
- P. fasciolatus*,
- S. ruficornis*,
- Z. flavipes*.

Toutes ces espèces appartiennent au noyau faunistique représentatif des rives de rivières et de torrents de la vallée du Valgaudemar (Parc National des Ecrins) jusqu'à 2600 m. (GAUTIER, sous presses). Certaines d'entre elles occupent une place hiérarchique assez importante dans notre peuplement : *P. fasciolatus*, *P. geniculatus*, *S. ruficornis*.

Un autre groupe de bioindicateurs d'eau claire, vive, aérée et peu chargée en matières minérales ou organiques est constitué par certaines espèces de plaine :

- N. psammodes*,
- P. aerolatus*,
- E. latiplaga*,
- T. dilatatus*,
- S. guttula*,
- P. morosa*.

| | N | m (°C) | M (°C) | \bar{x} (°C) | t | σ^2 | F |
|-----------------|----|--------|--------|----------------|----------------------|------------|----------------------|
| Biotope humide | 34 | 11 | 27 | 19,96 | t = 2,80 p < 0,01 | 19,33 | F = 1,55 p > 0,05 |
| Air (1m du sol) | 34 | 15,5 | 30 | 22,75 | | 12,87 | |

Tableau II. Mesures de températures effectuées au niveau du biotope humide de rives, et dans l'air, à 1m du sol;

N = nombre de mesures;
m = minimum;
M = maximum;
 \bar{x} = moyenne des mesures;
t = test de Student; comparaison des moyennes;
différence hautement significative;
 σ^2 = variance des mesures;
F = test de Snédécour; comparaison des variances;
différence non significative.

| Nb. sect. / Nb. écol. espèces | 1 | 2 | 3 et 4 | totaux |
|-------------------------------|----|----|--------|--------|
| 0 - 4 | 9 | 3 | 0 | 12 |
| 5 - 9 | 11 | 12 | 0 | 23 |
| 10 - 14 | 4 | 4 | 3 | 11 |
| 15 - 24 | 0 | 4 | 7 | 11 |
| 0 - 24 | 24 | 23 | 10 | 57 |

Conditions respectées: 100 % des n_i th > 1
20 % des n_i th > 5

Résultats: $\chi^2 = 29,62$ p < 0,01 pour 6 d.d.l.

Tableau III. Tableau de contingence; distribution de 57 relevés entre les différentes classes de deux variables: nombre d'espèces capturées et nombre de secteurs écologiques explorés.

L'existence de l'ensemble de ces bioindicateurs démontre que l'Ouvèze et ses rives sont (tout au moins sur une importante distance et jusqu'à présent) proches de leur état naturel et qu'elles n'ont pas atteint une charge polluante contraignante.

II.2.5. Classification hiérarchique des espèces.

Les espèces ne sont pas toutes représentées de la même manière dans le peuplement ripicole ; pour quantifier leur importance nous avons calculé les indices de fréquences spécifiques sur l'ensemble des prélèvements.

Par ordre décroissant d'importance, nous avons :

- espèces constantes : $F \geq 50 \%$

| | |
|---------------------------|-------------|
| <i>P. rubrothoracicus</i> | F = 67,53 % |
| <i>P. decorus</i> | 53,25 |
| <i>P. scapularis</i> | 51,95 |

- espèces accessoires : $50 > F \geq 25 \%$

| | |
|-----------------------|-------------|
| <i>P. andreae</i> | F = 40,28 % |
| <i>P. fasciolatus</i> | 31,17 % |

- espèces accidentelles : $25 > F \geq 10 \%$

| | |
|-----------------------|-----------|
| <i>P. punctulatum</i> | F = 24,68 |
| <i>A. caraboides</i> | 25,97 |
| <i>S. bipunctatus</i> | 20,78 |
| <i>A. variana</i> | 19,49 |
| <i>E. azurescens</i> | 18,18 |
| <i>A. flavipes</i> | 18,18 |
| <i>P. testaceus</i> | 18,18 |
| <i>P. geniculatus</i> | 16,88 |
| <i>T. dilatatus</i> | 16,88 |
| <i>C. velutinus</i> | 15,58 |
| <i>S. ruficornis</i> | 14,29 |
| <i>A. salzmanni</i> | 12,99 |
| <i>P. rufimanus</i> | 12,99 |
| <i>T. sexstriata</i> | 10,39 |

- espèces sporadiques : $F < 10 \%$

36 espèces.

Il est facile de constater que les espèces régulièrement représentées dans le biotope (qui présentent donc une fréquence élevée) sont en faible nombre ; ceci montre à nouveau l'irrégularité de la distribution de la faune dans le temps et dans l'espace.

Pour terminer ce paragraphe et résumer succinctement les résultats obtenus, nous pouvons dire que les principales familles identifiées au § II.1, présentent toutes des espèces placées en bonne position dans le classement hiérarchique ci-dessus.

| Nb. sect. Nb. écol. espèces | 1 | 2 | 3 et 4 | totaux |
|-----------------------------------|--------------------------------|------|--------|--------|
| | probabilités conditionnelles | | | |
| 0 - 4 | 0,75 | 0,25 | 0,00 | 1,00 |
| 5 - 9 | 0,48 | 0,52 | 0,00 | 1,00 |
| 10 - 14 | 0,36 | 0,36 | 0,27 | 1,00 |
| 15 - 24 | 0,00 | 0,36 | 0,64 | 1,00 |
| | probabilités inconditionnelles | | | |
| 0 - 24 | 0,42 | 0,40 | 0,18 | 1,00 |

Tableau IV. Comparaison des probabilités conditionnelles et inconditionnelles, calculées à partir des données du tableau III; les probabilités conditionnelles qui dépassent la probabilité inconditionnelle correspondante sont encadrées.

| espèces | zones à galets vg_0 | zones à galets vg_+ | laisses végétales | zones à éléments fins | plateau forestier |
|--------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------------|-----------------------------|----------------------|
| D. lucidus | 2,08 | 0,00 | 17,65 | 50,00 | 6,66 |
| T. longicornis | 10,42 | 20,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| E. bistratus | 4,17 | 20,00 | 11,76 | 0,00 | 0,00 |
| T. sexstriata | 12,50 | 20,00 | 5,88 | 0,00 | 6,66 |
| E. azurescens | 4,17 | 0,00 | 47,06 | 75,00 | 20,00 |
| P. fasciolatus | 33,33 | 40,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| P. decorus | 66,67 | 60,00 | 17,65 | 0,00 | 6,66 |
| P. geniculatus | 16,67 | 20,00 | 5,88 | 0,00 | 0,00 |
| P. testaceus | 25,00 | 20,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| P. scapularis | 68,75 | 80,00 | 5,88 | 12,50 | 0,00 |
| P. andreae | 29,17 | 40,00 | 29,41 | 37,50 | 33,23 |
| P. punctulatum | 37,50 | 20,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| A. caraboides | 12,50 | 60,00 | 23,53 | 50,00 | 26,67 |
| A. flavipes | 2,08 | 0,00 | 17,65 | 12,50 | 53,33 |
| C. velutinus | 16,67 | 40,00 | 5,88 | 0,00 | 0,00 |
| A. salzmanni | 14,58 | 0,00 | 11,76 | 12,50 | 0,00 |
| A. ruficornis | 4,17 | 20,00 | 5,88 | 0,00 | 13,33 |
| T. dilatatus | 22,92 | 40,00 | 5,88 | 0,00 | 0,00 |
| S. bipunctatus | 10,42 | 0,00 | 47,06 | 75,00 | 13,33 |
| P. rubrothoracicus | 83,33 | 40,00 | 41,18 | 62,50 | 6,66 |
| L. multipunctatum | 4,17 | 0,00 | 0,00 | 12,50 | 20,00 |
| P. rufimanus | 18,75 | 20,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Z. dermestoides | 6,25 | 0,00 | 5,88 | 37,50 | 0,00 |
| Z. flavipes | 6,25 | 20,00 | 5,88 | 0,00 | 6,66 |
| A. variana | 33,33 | 0,00 | 0,00 | 25,00 | 6,66 |

Tableau V. Fréquences des 25 principales espèces, dans les différents secteurs écologiques (espèces présentes dans plus de 10 relevés).

III - INFLUENCE DE LA STRUCTURE DES RIVES SUR LA FAUNE

III.1 - INFLUENCE DE LA DIVERSITE DU BIOTOPE

Nous l'avons déjà dit, les berges de l'Ouvèze se présentent souvent sous forme d'une mosaïque de secteurs écologiques différents, dominés par les plages de galets.

Pour analyser l'influence de la diversité sur la faune, nous avons mis en relation le nombre d'espèces capturées et le nombre de secteurs écologiques explorés lors de chaque relevé.

La répartition des relevés (56 au total) entre les différentes classes des deux variables est donnée dans un tableau de contingence à double entrée (tableau III). Ce tableau de contingence a été analysé par la méthode du χ^2 , dont la valeur calculée montre sans ambiguïté que les deux variables sont étroitement liées ($\chi^2 = 29,62$ hautement significatif à $p = 0,01$ pour 6 d.d.l.).

Le nombre d'espèces capturées dépend donc, en grande partie, du nombre de secteurs écologiques différents représentés dans un relevé ; il convient maintenant de préciser le sens de la relation.

La simple comparaison des probabilités conditionnelles et les probabilités inconditionnelles, selon la méthode préconisée par L. et P. LEGENDRE (1979), montre que la relation entre les deux variables est monotone et directement proportionnelle (tableau IV), le nombre d'espèces capturées augmentant avec le nombre de secteurs écologiques.

Nous retiendrons de cette rapide analyse que l'augmentation de la diversité des conditions écologiques du biotope humide de rives agit comme un facteur favorable, en permettant l'existence de peuplements mieux développés et notamment plus riches en espèces.

III.2 - INFLUENCE DE LA NATURE DES SECTEURS ECOLOGIQUES

Nous proposons d'examiner dans ce paragraphe les variations et les analogies faunistiques enregistrées entre les différents secteurs écologiques ; les distributions des fréquences spécifiques dans chacun d'eux serviront de base de discussion (tableau V ; les espèces présentes dans moins de 10 relevés ne sont pas prises en compte).

Afin de savoir si la composition faunistique des cinq peuplements était différente ou non, nous avons calculé le coefficient de concordance W de KENDALL (in BOURNAUD, 1980), qui permet de juger globalement de la concordance de k séries de mesures effectuées sur N objets (ici : k séries = 5 secteurs écologiques ; N objets = 25 espèces). Un résumé des calculs est donné tableau VI.

La valeur de W obtenue montre qu'il n'existe pas de relation entre les différentes distributions de fréquences spécifiques ($W = 0,295$, non significatif pour 24 d.d.l. ; l'hypothèse nulle H_0 de la non concordance des séries est acceptée).

Nous pouvons donc conclure que la faune est globalement variable en fonction des différents secteurs écologiques.

Pour compléter ce résultat, nous allons rapidement caractériser, du point de

| espèces | zones à galets vg_0 | zones à galets vg_+ | laisses végétales | zones à éléments fins | plateau forestier | R_j |
|--------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------|-----------------------|-------------------|-------|
| | R1 | R2 | R3 | R4 | R5 | |
| D. lucidus | 24,5 | 21,5 | 9,5 | 6 | 10,5 | 72 |
| T. longicornis | 16,5 | 13 | 23 | 19 | 19,5 | 91 |
| E. bistriatus | 21,5 | 13 | 9,5 | 19 | 19,5 | 82,5 |
| T. sexstriata | 14,5 | 13 | 16 | 19 | 10,5 | 73 |
| E. azurescens | 21,5 | 21,5 | 1,5 | 1,5 | 4,5 | 50,5 |
| P. fasciolatus | 5,5 | 6 | 23 | 19 | 19,5 | 73 |
| P. decorus | 3 | 2,5 | 6,5 | 19 | 10,5 | 41,5 |
| P. geniculatus | 11,5 | 13 | 16 | 19 | 19,5 | 79 |
| P. testaceus | 8 | 13 | 16 | 19,5 | 19,5 | 75,5 |
| P. scapularis | 2 | 1 | 16 | 10,5 | 19,5 | 49 |
| P. andreae | 7 | 6 | 4 | 6 | 2 | 25 |
| P. punctulatum | 4 | 13 | 23 | 19 | 19,5 | 78,5 |
| A. caraboides | 14,5 | 2,5 | 5 | 4 | 3 | 29 |
| A. flavipes | 24,5 | 21,5 | 6,5 | 10,5 | 1 | 64 |
| C. velutinus | 11,5 | 6 | 16 | 19 | 19,5 | 72 |
| A. salzmanni | 13 | 21,5 | 9,5 | 10,5 | 19,5 | 74 |
| A. ruficornis | 21,5 | 13 | 16 | 19 | 6,5 | 76 |
| T. dilatatus | 9 | 6 | 16 | 19 | 19,5 | 69,5 |
| S. bipunctatus | 16,5 | 21,5 | 1,5 | 1,5 | 6,5 | 47,5 |
| P. rubrothoracicus | 1 | 6 | 3 | 3 | 10,5 | 23,5 |
| L. multipunctatum | 21,5 | 21,5 | 23 | 10,5 | 4,5 | 81 |
| P. rufimanus | 10 | 13 | 23 | 19 | 19,5 | 84,5 |
| Z. dermestoides | 18,5 | 21,5 | 16 | 6 | 19,5 | 81,5 |
| Z. flavipes | 18,5 | 13 | 16 | 19 | 10,5 | 77 |
| A. variana | 5,5 | 21,5 | 9,5 | 8 | 10,5 | 55 |

$N = 25$ $k = 5$ 24 d.d.l.

$R_1, \dots, R_i, \dots, R_5$ = rangs occupés par les espèces dans chaque secteur écologique;

$$S^2 = \sum_j (R_j - \bar{R}_j)^2 \quad \text{avec: } R_j = \sum_i R_i \quad \text{et} \quad \bar{R}_j = \sum_j R_j / N$$

$$W = \frac{S^2}{\frac{1}{12} \times k^2 (N^3 - N) - k \sum L} \quad \text{avec: } L = (\ell^3 - \ell) / 12 = \text{correction ex aequo;}$$

ℓ = nombre de valeurs égales par groupe d'ex aequo;

$$\chi^2 = k (N - 1) W$$

ici: $\bar{R}_j = 65$; $S^2 = 9015,5$; $W = 0,303$; $\chi^2 = 36,36$ non significatif à $p = 0,05$

Tableau VI. Coefficient de concordance de Kendall; calcul appliqué aux distributions de fréquences spécifiques du tableau V.

vue faunistique, chaque secteur écologique.

Les deux secteurs à galets sont dominés à peu près par les mêmes espèces, surtout des Tréchiidés du genre *Peryphus* : *P. scapularis*, *P. decorus*, *P. fasciolatus*, *P. andreae*, parmi les principales espèces ; dans les zones sans végétation herbacée, *P. rubrothoracicus*, *P. punctulatum*, *P. testaceus* et *A. variana* sont bien représentés ; par contre, les zones avec végétation herbacée abritent plus fréquemment *A. caraboides*, *C. velutini* et *T. dilatatus*.

Dans les laisses végétales, les espèces les plus fréquentes sont : *E. azurescens* et *S. bipunctatus*, souvent accompagnées par *P. rubrothoracicus*, *P. andreae* et *A. caraboides*.

Les surfaces d'éléments fins, situées sur la plage, sont colonisées par le même noyau spécifique de base auquel il faut ajouter : *D. lucidus*, *Z. dermestoides* et *A. variana*.

Enfin, le plateau sous couvert forestier est caractérisé par la présence fréquente de *A. flavipes* ; en position secondaire on y trouve des espèces déjà nommées dans d'autres secteurs (*P. andreae*, *A. caraboides* et *E. azurescens*) et *L. multipunctatum* qui n'est bien représenté qu'à ce niveau.

Ces dissemblances faunistiques peuvent être dues :

- à la nature différente des éléments constituant les divers secteurs écologiques : essentiellement minérale pour les plages de galets et les zones à éléments fins, essentiellement organique pour les laisses végétales, et de nature mixte pour le plateau forestier (importance des débris végétaux sur le sol) ;
- à des variations climatiques locales, notamment entre le plateau forestier toujours à l'ombre et les autres secteurs écologiques très souvent ensoleillés ;
- à l'existence de micromilieus et, donc, de conditions microclimatiques différentes : fentes de retrait dans les zones à éléments fins, dessous de cailloux et de galets au niveau des plages, réseau serré de débris végétaux en épaisseur au niveau des laisses, fentes de retrait et, quelquefois, dessous de litière de feuilles mortes, sur le plateau forestier ;
- à l'inégalité de la durée de fonctionnement de ces secteurs écologiques dans le biotope humide, au cours du cycle annuel (cf. paragraphe suivant).

III.3 - EVOLUTION DYNAMIQUE DE LA FAUNE ET FONCTIONNEMENT DES DIFFERENTS SECTEURS ECOLOGIQUES

Pour comparer les variations de faune enregistrées entre les différents secteurs écologiques, nous nous intéresserons aux richesses spécifiques moyennes et aux coefficients de variations correspondants (tableau VII).

Les deux secteurs à galets (avec et sans végétation herbacée) se classent en tête avec des richesses moyennes élevées et comparables ; les coefficients de variations, assez proches également, sont les plus faibles de tous, ce qui traduit des variations peu importantes du nombre d'espèces.

Les zones à éléments fins de la plage se classent en troisième position, avec un peu moins de 6 espèces par relevé ; le coefficient de variations est plus élevé que les deux précédents, montrant ainsi une moins grande stabilité de la faune.

Les laisses organiques ont une richesse spécifique moyenne faible (moins de 5 espèces par relevé) et surtout un coefficient de variations très grand. Il en est de même, en plus accentué encore pour le plateau forestier qui possède la richesse spécifique moyenne la plus faible et le coefficient de variations le plus élevé de tous. Ces résultats mettent en évidence un déséquilibre certain de la faune, lié vraisemblablement à un déséquilibre des conditions écologiques de ces deux secteurs.

En fait, le fonctionnement des cinq secteurs écologiques au cours du cycle annuel est très différent et influence certainement l'évolution dynamique de la faune ainsi que sa distribution spatiale.

Les plages de galets ont un fonctionnement régulier ; en effet, le lit de la rivière étant constitué presque en totalité de galets, ce secteur est constamment en contact avec l'eau quelque soit son niveau ; il présente de ce fait des conditions d'humidité du substrat régulières et toujours favorables pour la faune ripicole. Il n'en est pas de même pour les autres secteurs écologiques.

Les zones à éléments fins de l'arrière plage se trouvent éloignées de l'eau lors de l'étiage d'été ; l'humidité du sédiment décroît alors rapidement ; la faune ripicole quitte donc ce secteur durant les mois les plus chauds et les plus secs : juillet et août.

Le même phénomène de dessiccation se produit au niveau des laisses organiques qui ne présentent une humidité élevée que durant un laps de temps assez court, après avoir été déposées par l'eau ; leur dessèchement est accéléré par les dépôts sableux qui les supportent, et qui, par leur facile percolation, favorisent l'évacuation de l'humidité dans le sous sol.

Enfin, le plateau forestier présente une humidité du substrat favorable lorsque la rivière est haute et qu'elle occupe tout le lit majeur. Dès l'abaissement du niveau, le plateau forestier se trouve éloigné de l'eau et, de plus, est souvent surélevé, ce qui entraîne une diminution immédiate de l'humidité du substrat.

La faune ripicole est très mal représentée dans ce secteur, en individus et en espèces ; sa présence est irrégulière et toujours éphémère.

III.4- SYNTHÈSE DES RESULTATS

La topographie des rives et la distribution spatiale des secteurs écologiques entraînent l'existence, le long du cours de l'Ouvèze, de quatre types principaux de biotopes humides, de structure et de fonctionnement différents.

Nous donnons des schémas de synthèse, résumant, sous forme de transects, les principales caractéristiques de ces biotopes et de leur peuplement (fig. 6 à 9).

- Le type le plus simple de biotope humide est schématisé fig. 6 ; un seul secteur écologique y est présenté ; il est ainsi constitué : un plateau sablo-limoneux sous ripisilve, moyennement pentu d'abord, tombe brusquement en à-pic dans la rivière, dont le lit est à ce niveau canalisé et assez profond.

Ce type de rive ne fonctionne, comme biotope humide, que pendant la période de hautes eaux, lorsque l'humidité du substrat est suffisamment élevée. La limitation dans le temps - et dans l'espace par l'action de la pente qui restreint l'influence de la frange capillaire - de ce biotope humide provoque une extrême pauvreté de la faune ; la seule espèce

| Param. stat. | zones à galets vg_0 | zones à galets vg_+ | laisses végétales | zones à éléments fins | plateau forestier |
|--------------|-----------------------|-----------------------|-------------------|-----------------------|-------------------|
| s | 7,50 | 8,60 | 4,94 | 5,88 | 3,93 |
| σ^2 | 13,17 | 15,14 | 17,23 | 14,36 | 19,66 |
| σ | 3,63 | 3,88 | 4,15 | 3,79 | 4,43 |
| CV | 48,40 | 45,12 | 84,01 | 64,46 | 112,72 |

Tableau VII. Analyse des variations du nombre d'espèces présentes dans les différents secteurs écologiques.

s = richesse spécifique moyenne;
 σ^2 = variance;
 σ = écart type;
 CV = coefficient de variation = $\frac{\sigma}{s} \times 100$

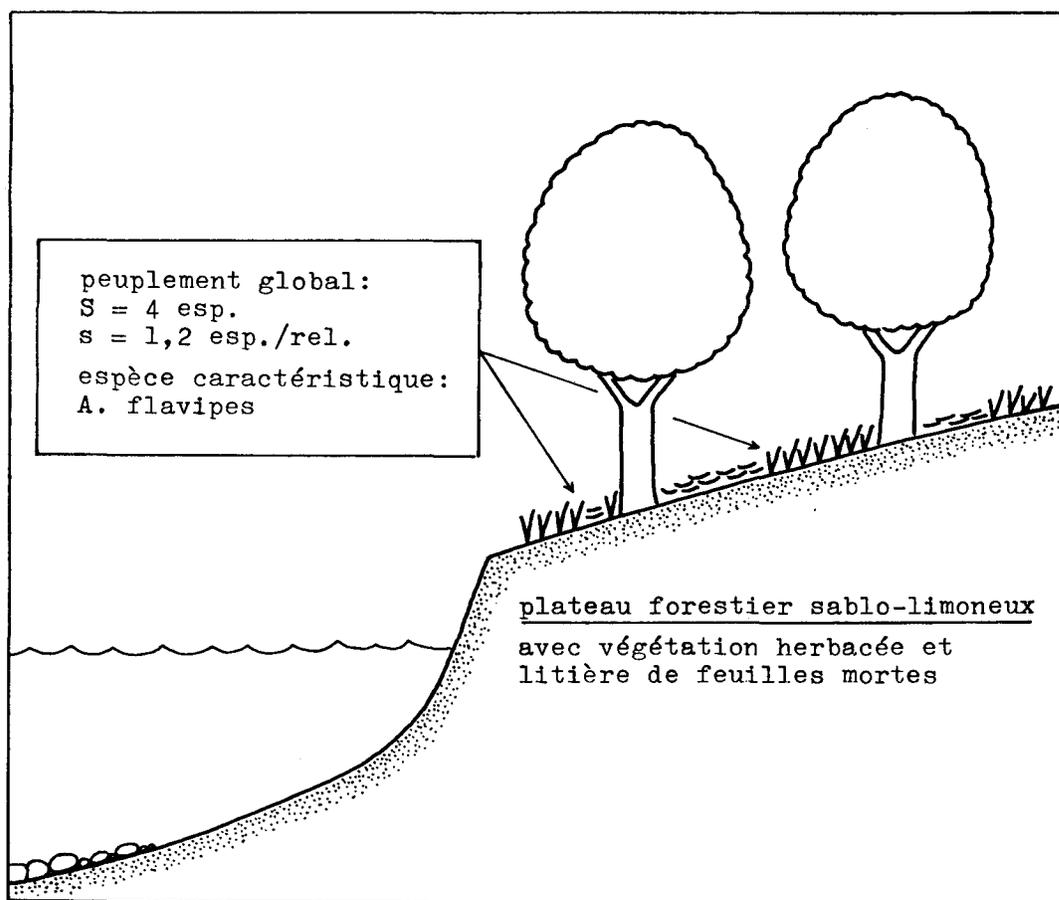


Fig. 6. Transect au niveau du premier type de biotope humide.

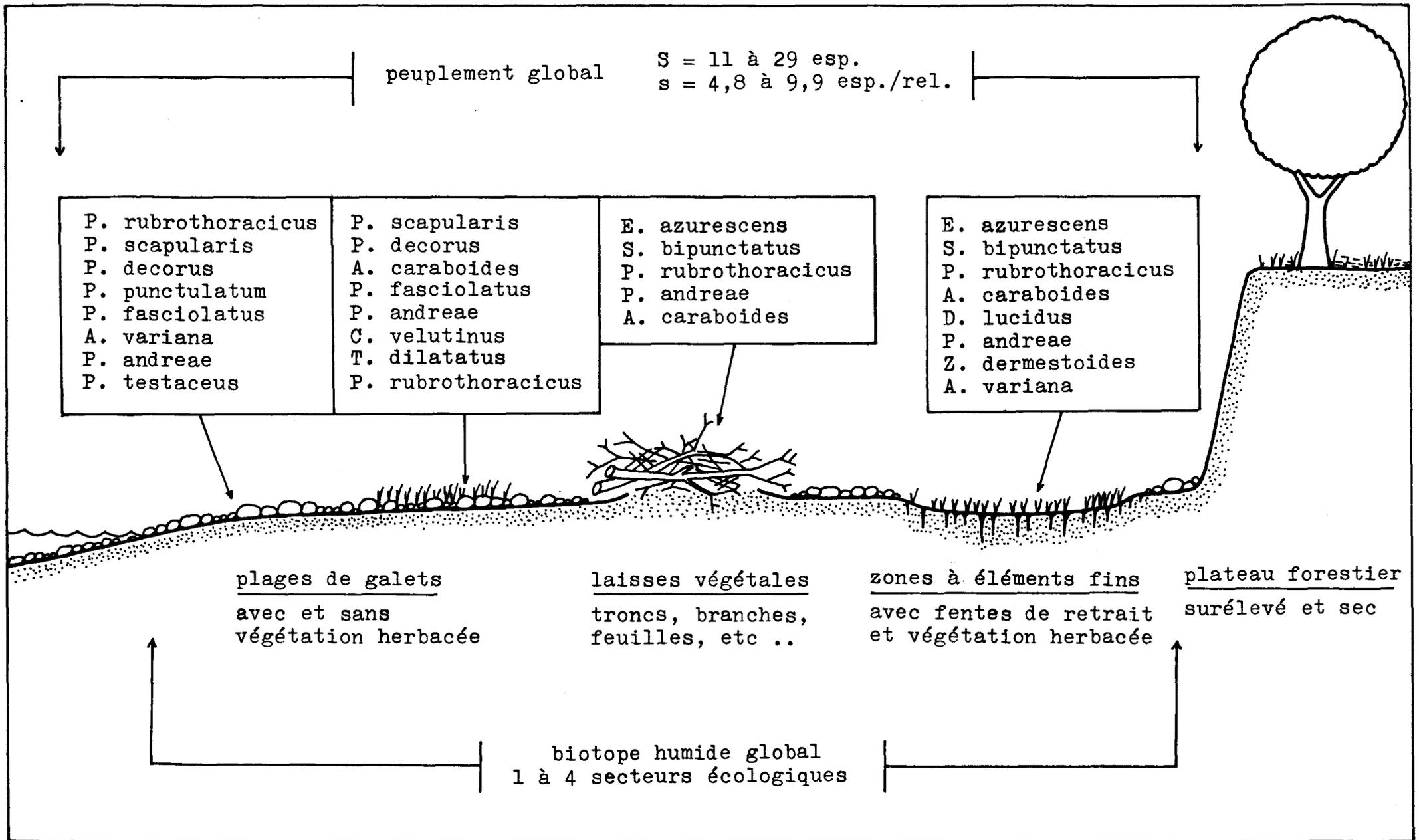


Fig. 7. Transect au niveau du deuxième type de biotope humide.

caractéristique est *A. flavipes* qui se présente donc comme une espèce sciaphile. Ces résultats rejoignent ceux obtenus par C. FAVET en Basse Durance (1981).

En conclusion, cette structure de rive, trop simple et instable du point de vue des conditions écologiques, n'est pas favorable à la faune ripicole, d'autant plus qu'on n'y trouve aucun bioindicateur.

Ce type de biotope est représenté, par exemple en aval de Vaison-la-Romaine.

- Le deuxième type de biotope humide est illustré par les berges de l'Ouvèze en amont de Bédarrides (fig. 7).

Le plateau portant la ripisilve tombe en à-pic jusqu'au niveau du lit majeur de la rivière ; ce dernier apparaît sous forme d'une plage de largeur variable selon le niveau de l'eau ; dès le début du printemps, la rivière étant canalisée dans son lit secondaire, de très vastes plages sont dégagées et jouent le rôle de biotope humide ; on y trouve au maximum quatre secteurs écologiques différents : zones à galets avec et sans végétation, zones à éléments fins et laisses végétales ; dans chacun d'eux, lorsque l'humidité est favorable, se retrouvent les espèces caractéristiques ; en fait, les zones à galets sont largement dominantes, les autres secteurs n'étant représentés que localement et de manière morcelée.

Le plateau supportant la ripisilve, surélevé de plusieurs mètres par rapport au niveau moyen de l'eau, est trop sec pour abriter la faune ripicole ; il n'est donc jamais inclus dans le biotope humide de rives.

- Le troisième type de biotope humide est représenté, par exemple, en amont de Violès (fig. 8).

Dans ce cas, le plateau portant la ripisilve est très peu surélevé par rapport au niveau du lit majeur ; il héberge la faune ripicole au moment des hautes eaux ; les plages du lit majeur présentent la même structure et le même fonctionnement que précédemment.

Il s'agit là du biotope humide présentant la structure la plus diversifiée ; c'est donc également le plus favorable pour l'installation et le développement de la communauté ripicole, tout au long de l'année, mais avec un maximum au printemps, lors de l'abaissement général du niveau de l'eau ; le peuplement de ce type de biotope humide s'est avéré être le plus riche, globalement et en moyenne, et le plus stable, comparé à ceux des autres biotopes.

- le quatrième type de biotope humide rencontré est constitué par les gravières (fig. 9).

Le creusement, par les engins d'exploitation, du lit de la rivière perturbe de différentes manières l'existence de la faune ripicole :

- . la faible pente des plages de galets, favorable à l'extension de la zone humide - et donc à la présence des espèces ripicoles - est remplacée par un à-pic de rive de 0,5 à 1 m de hauteur ;
- . le creusement du lit provoque une diminution globale de la hauteur de la nappe, et entraîne, lors de l'étiage d'été un assèchement accéléré de certains secteurs écologiques comme les laisses végétales ou les zones à éléments fins de l'arrière-plage ;
- . Il peut exister un envasement des berges situées en aval de l'exploitation car les matières minérales fines, remuées par les pelleteuses, sont entraînées par le courant et déposées plus loin ; un envasement important homogénéise la surface des plages, et provoque donc une diminution de la richesse de la communauté ripicole ; un tel résultat, cependant n'a pas été enregistré à l'Ouvèze.

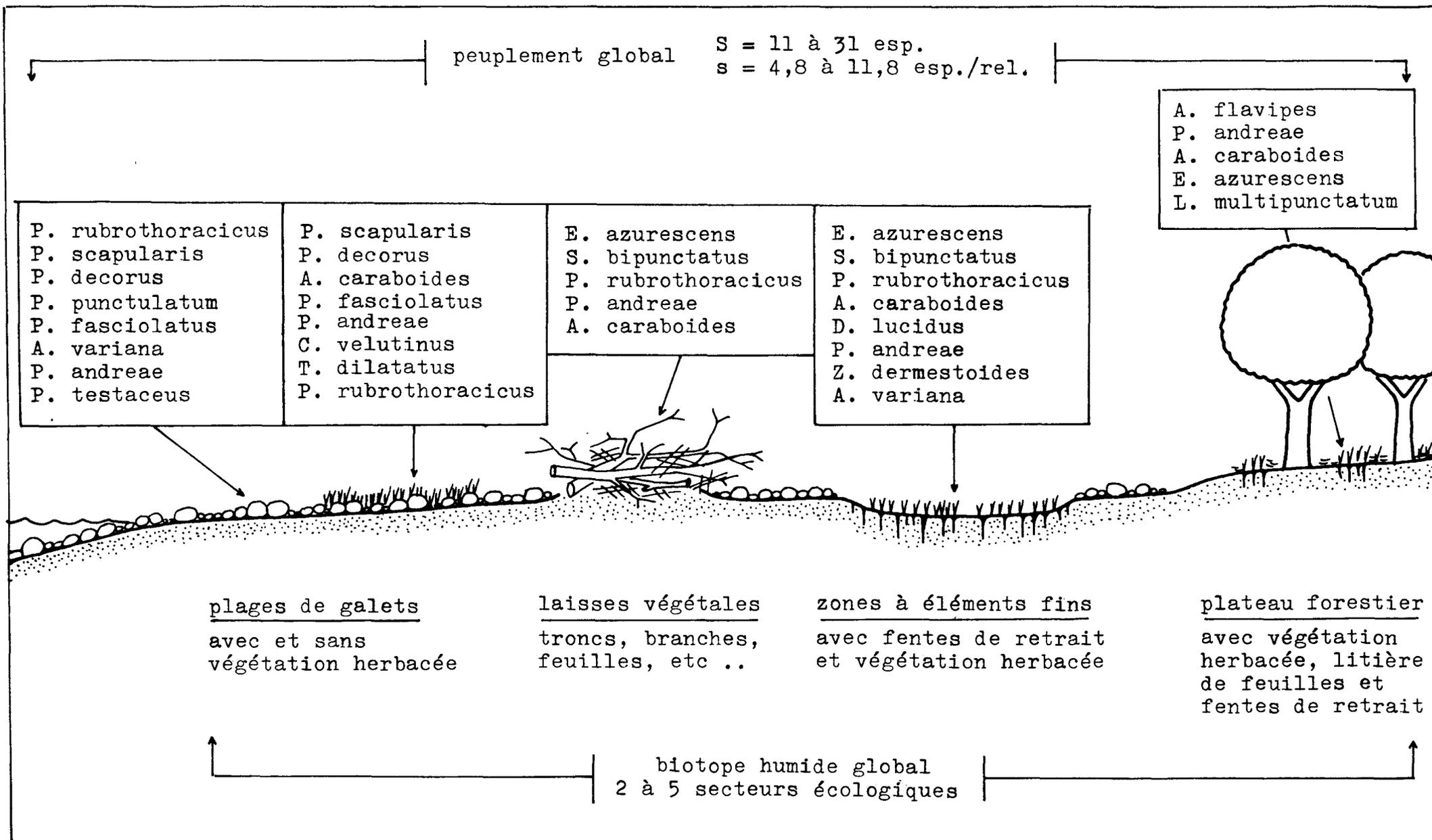


Fig. 8. Transect au niveau du troisième type de biotope humide.

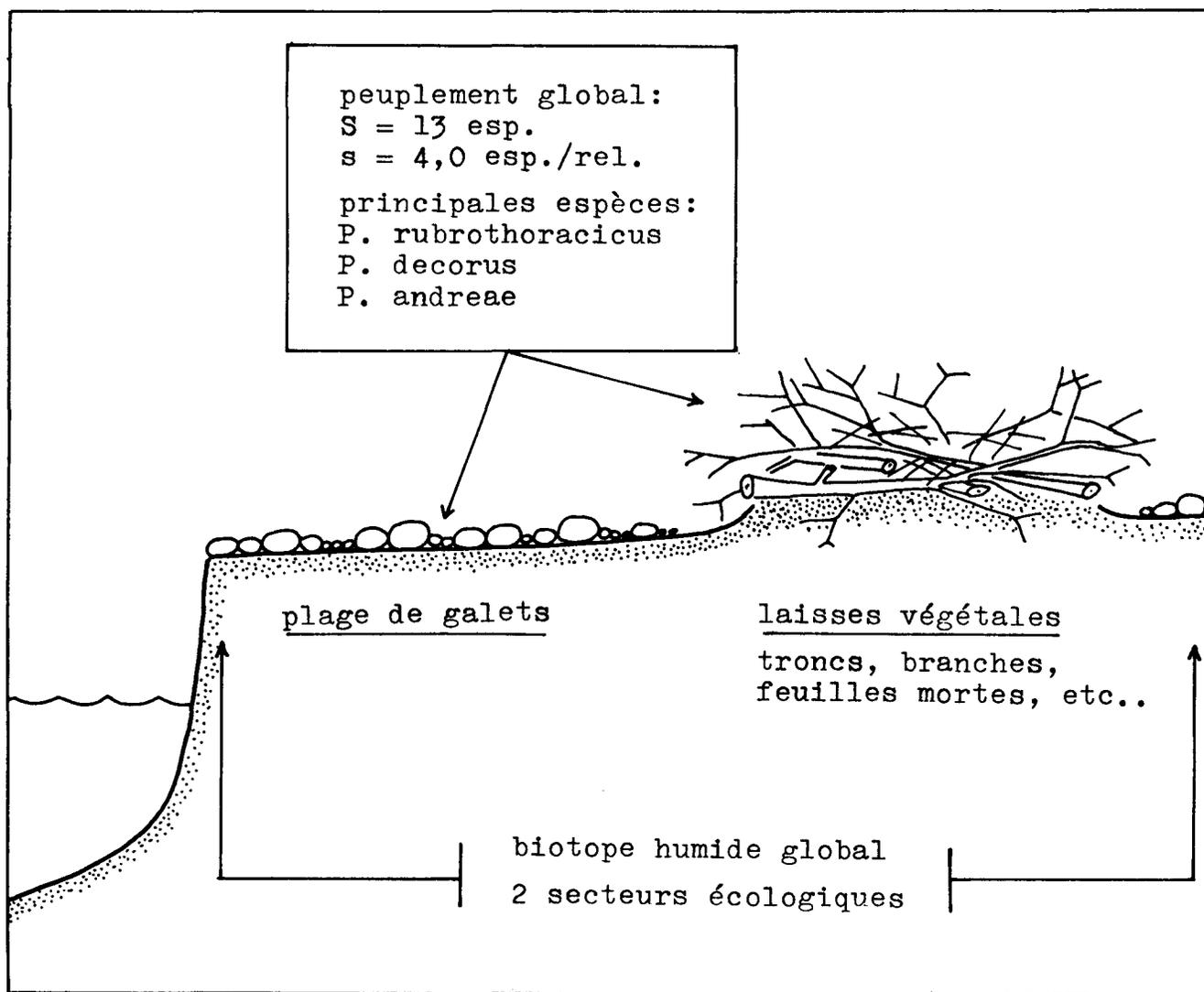


Fig. 9. Transect au niveau du quatrième type de biotope humide.

Au niveau des gravières, le biotope humide de rives n'est donc pas favorable pour la faune ripicole ; nous avons effectué des relevés à la gravière de Vaison-la-Romaine ; nous y avons effectivement recensé peu d'espèces (richesses moyenne et totale faibles) alors que plusieurs secteurs écologiques étaient représentés, mais montraient les altérations expliquées plus haut ; de plus la répartition spatiale de la faune semblait également perturbée, les espèces étant mélangées et identiques dans les différents secteurs écologiques.

IV - C O N C L U S I O N

Cette étude apporte des données nouvelles sur l'écologie des communautés d'arthropodes des bords de cours d'eau, et confirme certains résultats déjà publiés.

Nous signalerons pour commencer quelques caractéristiques faunistiques et écologiques banales pour ce type de communauté :

- l'inventaire faunistique global est très diversifié : richesse spécifique élevée (66 espèces de Coléoptères et 9 espèces d'Araignées) et nombreuses unités systématiques différentes (44 genres, 15 familles, etc ...) ;
- les familles dominantes, en nombre d'espèces, sont par ordre décroissant d'importance : les Tréchidés (avec en particulier le genre *Peryphus*), les Staphylinidés et les Lycosidés ;
- il existe un mélange d'espèces de types écologiques différents : espèces ripicoles strictes (elles constituent la quasi totalité de la faune), espèces franchement terrestres et espèces aquatiques ; ceci nous amène à considérer les rives des cours d'eau à la fois comme un écotone entre les milieux terrestres et aquatiques (avec "effet de lisière") et comme un biotope à part entière (biotope humide de rives) possédant un peuplement ripicole caractéristique formé par les espèces ripicoles strictes.

Les comparaisons faites avec la Basse Durance font apparaître des résultats concordants, susceptibles d'être étendus à l'ensemble de nos rivières provençales.

C'est ainsi que les peuplements ripicoles de l'Ouvèze et de la Basse Durance montrent pratiquement les mêmes richesses spécifiques (respectivement 62 et 61 espèces) et possèdent en commun un grand nombre d'espèces ; parmi les plus importantes des deux peuplements nous pouvons citer *P. rubrothoracicus*, *P. decorus*, *P. scapularis*, *P. andreae*, *P. fasciolatus*, *T. dilatatus*, *A. caraboides* et *A. flavipes* comme étant particulièrement bien représentatifs des biotopes humides de rives des cours d'eau en Provence.

Dans les deux biotopes les mêmes groupes biogéographiques sont représentés en gros dans les mêmes proportions ; les éléments européens sont dominants dans les deux cas, et constituent un noyau faunistique de base à large répartition ; les éléments alpins et méditerranéens sont représentés de manière à peu près équivalente ; ceci est dû aux conditions écologiques particulières des biotopes humides de rives en Provence, où un microclimat relativement frais et humide, propre aux biotopes, est inclus dans un macroclimat régional chaud et sec.

L'ensemble de ces analogies tend à mettre en évidence l'existence d'une certaine unité faunistique des peuplements ripicoles des rivières de la Provence.

Quelques éléments de cette conclusion sont vraisemblablement généralisable à l'ensemble des communautés ripicoles, sans que cela soit vérifiable pour le moment par manque de données.

Nous avons analysé l'influence de la structure des berges sur le peuplement ripicole : pour cela nous avons retenu cinq secteurs écologiques différents (zones à galets avec et sans végétation, dépôts de laisses végétales, zones à éléments fins et plateau forestier sablo-limoneux) dont l'organisation dans l'espace aboutit à l'existence de quatre types de biotopes humides de plus ou moins grande diversité écologique.

Nous sommes parvenus aux résultats suivants :

- l'hétérogénéité du biotope joue un rôle important sur le nombre d'espèces présentes ; la richesse spécifique (moyenne et totale) augmente avec la diversité des conditions écologiques ; l'augmentation de la diversité du biotope agit donc comme un facteur favorable, qui contribue vraisemblablement à diminuer la compétition interspécifique en permettant un meilleur partage de l'espace entre les différentes espèces ;
- la composition de la faune est variable en fonction des secteurs écologiques ; ces derniers sont différents par la nature des éléments qui les composent, par les micromilieus qu'ils présentent et par le schéma de fonctionnement qu'ils suivent au cours du cycle annuel ; ceci explique sans doute les dissemblances faunistiques constatées ; en ce qui concerne le fonctionnement annuel, l'amplitude de variations du nombre d'espèces, dans un secteur écologique, est directement liée à la stabilité des conditions écologiques qui y règnent.

Nous terminerons par quelques considérations sur l'état actuel de l'Ouvèze.

Nous avons pu mettre en évidence que cette rivière ne présentait pas des signes de dégradations physiques ou chimiques graves ; ceci est attesté par la présence d'un nombre relativement élevé d'espèces, de plaine et de montagne, pouvant être considérées comme des bioindicateurs d'eau et de rives non polluées.

Nous retiendrons donc que le biotope humide des rives de l'Ouvèze est particulièrement favorable pour l'installation et pour le développement de la communauté ripicole, par ses qualités physico-chimiques et par l'absence d'aménagement artificiel qui a permis de conserver, jusqu'à présent, la diversité écologique naturelle des rives.

BIBLIOGRAPHIE

- AMIET, J.L., 1967.- Les groupements de Coléoptères terricoles de la haute vallée de la Vésudie (A.M.). *Mém. Mus. Nat. Hist. Nat.*, n.s., 46, 125-214.
- BOURNAUD, M., 1980. Quelques méthodes de traitement des données en écologie. *Univ. Lyon I, Dépt. Biol. Anim. Ecol.*, 1-104.
- FAVET, C., 1981.- Communauté ripicole de la Basse Durance. Thèse de 3ème cycle, *Fac. Sc et Tech. Aix-Marseille*, 1-377.
- GACHET, M., 1971.- Etude des fluctuations de la faune ripicole macroscopique d'un étang atatique de la région grenobloise. *Trav. Lab. Hydrobiol. Grenoble*, 62, 17-57.
- GAUTIER, G., 1980.- Les communautés de Coléoptères et d'Araignées des biotopes humides dans le Parc National des Ecrins. *Ecologia Mediterranea*, 5, 3-24.
- LEGENDRE, L. et P., 1979.- Ecologie numérique. 1 - Le traitement multiple des données écologiques. *Masson*, 1-197.
- RAVIZZA, C., 1968.- I *Benbidion* popolanti i greti del basso corso aostano della Dora Baltea. Studi sui *Bembidion*. III contributo. *Boll. Soc. Ent. Italiana*, 98, 3-6, 42-65.

- RAVIZZA, C., 1970.- *I Bembidion* popolanti i greti del corso submontano della Dora Baltea (valle d'Aosta). Studi sui *Bembidion*. VI contributo. *Boll. Soc. Ent. Italiana* 102, 3-4, 42-57.
- RAVIZZA, C., 1972.- *I Bembidion* popolanti gli orizzonti montano, subalpino e alpino della valle d'Aosta. Studi sui *Bembidion*. IX contributo. *Mem. Soc., Ent. Italiana*, 51, 91-122.

Influence de la culture de mil sur trois pédons situés entre FADA N' GOURMA et PIEGA (HAUTE-VOLTA)

F. PALLO*

RESUME - La culture traditionnelle des sols ferrugineux tropicaux gravillonnaires ou non et hydromorphes a peu d'influence sur la morphologie des horizons supérieurs, mais elle abaisse leur fertilité chimique ; elle modifie la matière organique totale, favorisant l'accumulation des fractions peu décomposées, augmentant l'oxydation des fractions fines.

SUMMARY - The traditional cultivation of ferruginous tropical and hydromorphe soils few change the morphology of upper horizons, but it reduce their chemical fertility ; it change the total organic matter, protecting accumulation of few decomposed fractions, and increasing oxydation of fine fractions.

Mots clés : Pédologie, Haute-Volta, Culture.

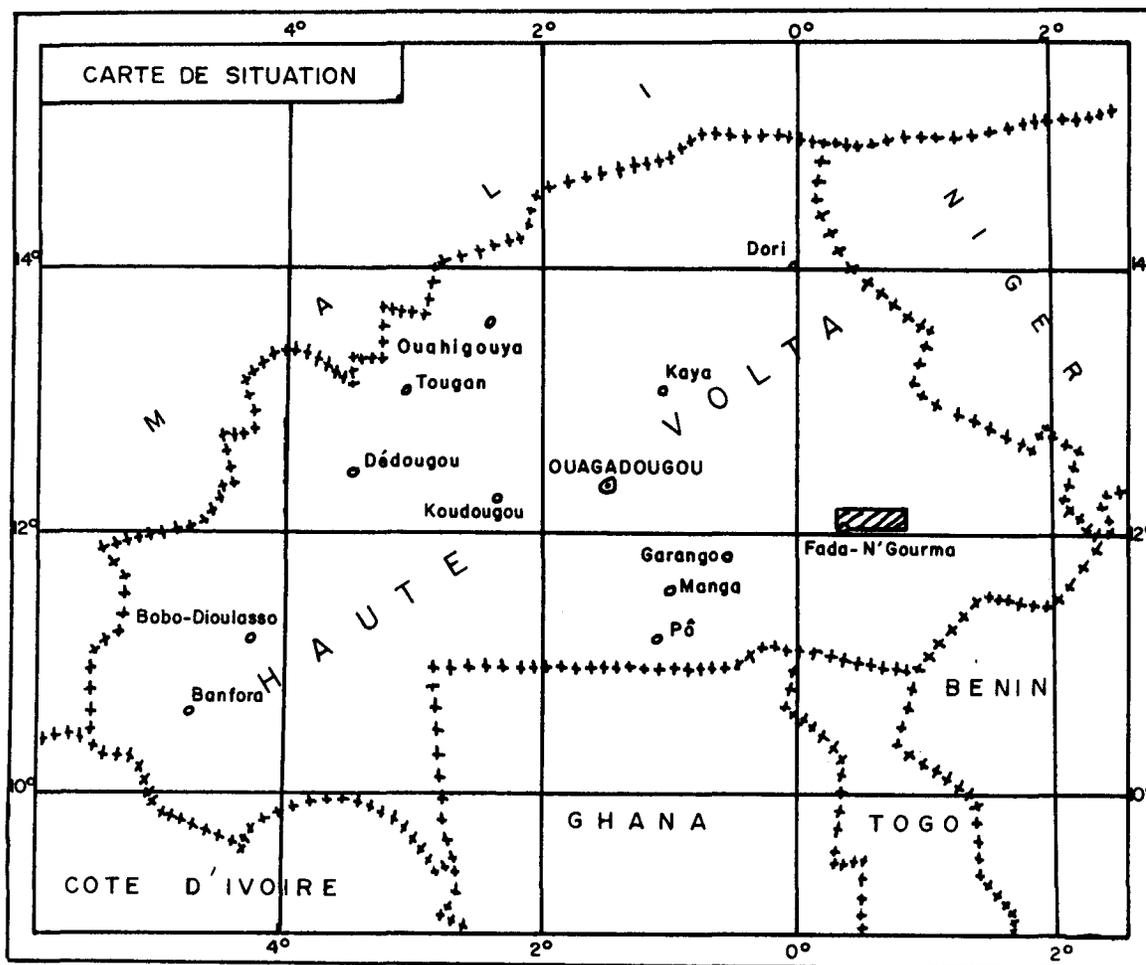
Les travaux pédologiques effectués en Haute-Volta, réalisés pour l'essentiel par les chercheurs de l'ORSTOM, ont permis de déterminer les potentialités agronomiques du pays (LENEUF, 1965 ; MAIGNIEN et al. 1960 ; GAVAUD et al. 1961 ; KALOGA, 1963, 1965, 1966) et d'établir les grandes lignes de la pédogénèse (BOULET, 1971, 1972, 1975 ; BOULET et PAQUET, 1971 ; LEPRUN, 1971, 1972 ; KALOGA, 1972). Cependant, la matière organique des sols a été peu étudiée et les critères de caractérisation utilisés se limitent aux rapports C/N et AF/AH. Par ailleurs, l'influence des cultures sur les caractères physico-chimiques et sur l'évolution de la matière organique reste à préciser. SOURABIE (1979) s'est le premier intéressé à ce problème en abordant une culture moderne, celle de la canne à sucre, sur les sols de BEREGADOUGOU. Le présent article se rapporte, au contraire, à l'influence d'une culture traditionnelle, celle du mil (*Sorghum vulgare* et *Pennisetum typhoidum*), aliment de base des populations et il concerne la partie orientale du pays. Après une rapide approche du milieu, seront exposés les résultats et quelques conclusions générales.

I - LE MILIEU

1 - Situation géographique

Les sols étudiés sont localisés entre FADA N'GOURMA (cf. carte de situation) et PIEGA dans un territoire limité approximativement au Nord, par le parallèle 12°8' de latitude Nord, au Sud, par le parallèle 12° de latitude Nord, à l'Est, par le méridien 0°21' de longitude Est, à l'Ouest par le méridien 0°52 de longitude Est. La zone occupe la partie méridionale de la carte topographique au 1/200.000 FADA N'GOURMA (Feuille ND 31-1).

(1) Article tiré de la thèse de 3^e cycle de François PALLO, soutenue le 26 Mars 1982 à la Faculté des Sciences et Techniques de Saint-Jérôme (MARSEILLE) et préparée sous la direction du Professeur R. NEGRE à qui nous réitérons toute notre gratitude.



| Types de sols | N° Profil | Coordonnées géographiques | Couverture végétale |
|---|----------------|--|----------------------|
| Sols ferrugineux tropicaux lessivés ou appauvris gravillonnaires | P.I/FTG-010 | Long.Est : 0°51'40" Lat.Nord : 12°7'0" | Végétation naturelle |
| | P.II/FTG-020 | Long.Est : 0°51'7" Lat.Nord : 12°7'37" | Végétation naturelle |
| | P.XIII/FTG-130 | Long.Est : 0°21'44" Lat.Nord : 12°5'0" | Champ de mil |
| | P.XIV/FTG-140 | Long.Est : 0°21'0" Lat.Nord : 12°6'54" | Végétation naturelle |
| Sols ferrugineux tropicaux lessivés ou appauvris sans concrétions | P.IV/FSC-040 | Long.Est : 0°52'14" Lat.Nord : 12°7'47" | Champ de mil |
| | P.X/FSC-100 | Long.Est : 0°26'40" Lat.Nord : 12°4'0" | Champ de mil |
| | P.XI/FSC-110 | Long.Est : 0°26'27" Lat.Nord : 12°4'14" | Végétation naturelle |
| | P.XII/FSC-120 | Long.Est : 0°26'20" Lat.Nord : 12°4'14" | Champ de mil |
| Sols hydromorphes | P.VI/HMN-060 | Long.Est : 0°37'27" Lat.Nord : 12°1'14" | Champ de mil |
| | P.VII/HMN-070 | Long.Est : 0°36'40" Lat.Nord : 12°1'14" | Végétation naturelle |
| | P.VIII/HMN-080 | Long.Est : 0°36'27" Lat.Nord : 12°1'7" | Champ de mil |
| | P.IX/HMN-090 | Long.Est : 0°36'54" Lat.Nord : 12°0'40" | Végétation naturelle |

Tableau 1 : Coordonnées géographiques des profils étudiés.

| N° PROFIL | HMN-060 mil | | | | HMN-080 mil | | | | HMN-090 vég.nat. | | | | HMN-070 vég.nat. | | |
|-----------------|-------------|-------|-------|---------|-------------|-------|-------|---------|------------------|-------|-------|---------|------------------|-------|---------|
| Profondeur (cm) | 0-20 | 30-50 | 60-80 | 100-120 | 0-20 | 30-50 | 50-80 | 100-120 | 0-20 | 30-50 | 60-80 | 100-120 | 0-20 | 50-70 | 100-120 |
| Refus en % | 0,2 | 2,4 | 2,9 | 62,3 | 10,3 | 14,0 | 4,0 | 0,9 | 0,5 | 9,1 | 11,8 | 53,8 | 1,0 | 2,5 | 4,0 |
| Argile (%) | 25,0 | 19,6 | 29,2 | 21,0 | 31,7 | 25,7 | 39,1 | 33,4 | 28,8 | 23,6 | 25,8 | 6,9 | 25,2 | 26,5 | 18,3 |
| Limon fin (%) | 40,5 | 13,8 | 23,7 | 9,5 | 23,7 | 20,7 | 19,1 | 12,4 | 29,8 | 21,6 | 12,8 | 15,8 | 22,8 | 15,5 | 7,8 |
| Limon gros (%) | 13,8 | 16,8 | 19,0 | 21,1 | 11,2 | 15,7 | 15,4 | 6,4 | 18,7 | 17,3 | 13,8 | 7,5 | 9,0 | 20,1 | 9,0 |
| Sable fin (%) | 8,9 | 21,8 | 14,1 | 12,5 | 15,1 | 15,3 | 11,6 | 16,4 | 8,6 | 15,2 | 18,2 | 21,3 | 20,2 | 17,3 | 24,3 |
| Sable gros (%) | 6,0 | 25,9 | 10,8 | 34,2 | 11,8 | 18,7 | 10,3 | 27,0 | 6,7 | 19,0 | 26,6 | 44,4 | 17,7 | 17,4 | 39,0 |
| pF 2,5 | 36,3 | 20,7 | 30,3 | 19,4 | 32,3 | 25,8 | 31,9 | 30,9 | 39,2 | 28,7 | 38,3 | 24,1 | 27,5 | 26,4 | 17,3 |
| pF 3,0 | 28,6 | 15,8 | 24,6 | 13,7 | 23,7 | 19,1 | 25,1 | 24,3 | 29,9 | 22,7 | 27,2 | 19,8 | 20,2 | 18,3 | 12,3 |
| pF 4,2 | 21,0 | 11,3 | 17,0 | 9,9 | 17,1 | 14,0 | 17,8 | 17,2 | 20,8 | 15,5 | 16,2 | 15,1 | 15,0 | 12,6 | 8,6 |
| Eau utile | 15,3 | 9,4 | 13,3 | 9,5 | 15,2 | 11,8 | 14,1 | 13,7 | 18,4 | 13,2 | 22,1 | 9,0 | 12,5 | 13,8 | 8,7 |
| Is | 1,7 | 3,1 | 5,4 | 4,7 | 1,4 | 1,4 | 2,1 | 2,6 | 4,5 | 6,7 | 8,6 | 0,9 | 0,7 | 2,1 | 3,0 |

Tabl. 4 - Caractéristiques physiques des sols hydromorphes.

2 - Climat

Le climat, de type Sahélo-Soudanais (AUBREVILLE, 1949), admet les caractéristiques suivantes :

- Pluviométrie moyenne annuelle de l'ordre de 850 à 950 mm. Saison des pluies étalée sur 4 mois (de Juin à Septembre) et assez irrégulière dans la répartition des précipitations (maximum en Août, parfois en Juillet).

- Température moyenne de 28°C : extrêmes en saison sèche (Octobre à Mai), avec des maximums (39°C) en Mars - Avril et des minimums (16 - 18°C) en Décembre - Janvier.

- Humidité relative faible en saison sèche et élevée pendant la saison des pluies.

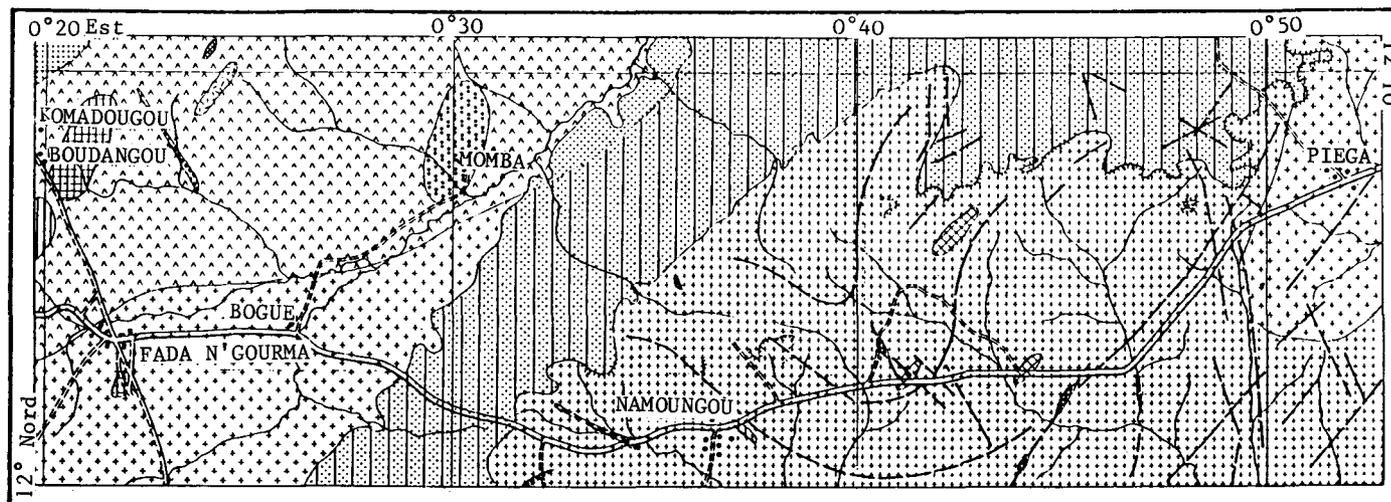
3 - Végétation

La formation végétale réputée climacique est la savane arborée. Elle comporte les espèces arborées les plus communes : *Butyrospermum parkii*, *Anogeissus*, *Leiocarpus*, *Parkia biglobosa*, *Lanea microcarpa*, *L. acida*, *Tamarindus indica*, *Sterculia setigera*, et aussi *Crossopterix febrifuga*, *Acacia gourmaensis*, *Bridelia micrantha*, *Strichnos spinosa*.

La strate arbustive est à base de *Combretum* et de repousses des espèces arborées (*Butyrospermum parkii* notamment) et aussi de *Gardenia erufescens*, *Ximania americana*, *Securidaca pedunculata*.

Divers *Hyparrhenia*, *Andropogon gayanus*, *Pennisetum pedunculatum* et *Loudetia togoensis* se partagent la strate herbacée. Des modifications floristiques et physiologiques appa-

CARTE 2 : CARTE GEOLOGIQUE DE LA ZONE ETUDIEE Extrait de la carte B.R.G.M.



LEGENDE

| QUATERNAIRE ET TERTIAIRE | Birimien | PRECAMBRIEN MOYEN |
|--|--|---|
| <p>Latérites</p> <p>Latérites à substratum probable de granites et de migmatites indifférenciés</p> <p>PRECAMBRIEN SUPERIEUR INFRACAMBRIEN OU CAMBRO-ORDOVICIEN</p> <p>Dolérites post tectoniques</p> <p>Dolérites, gabbros doléritiques</p> <p>Dolérites porphyriques</p> | <p>Birimien indifférencié</p> <p>Formations d'origine sédimentaire</p> <p>Schistes pélitiques, schistes sériciteux, quartzites fins, quartzophyllades</p> <p>Formations éruptives basiques</p> <p>Roches basiques indifférenciées</p> <p>Amphibolites, amphiboloschistes</p> <p>Roches grenues : diorites, gabbros</p> <p>Gondites</p> | <p>Migmatites et granites éburnéens Granites tarditectoniques et syntectoniques</p> <p>Granites migmatitiques homogènes calcoalcalins à amphibole</p> <p>Granites migmatitiques hétérogènes</p> <p>Migmatites</p> <p>Quartz</p> |

ECHELLE 1 : 200 000

0 2 4 6 8 10 km

raissent à la fois en fonction des caractères du sol (épaisseur pénétrable par les racines, richesses en éléments grossiers, teneurs en éléments fins) et sous l'effet des pratiques humaines (cultures et feux de brousse).

4 - Géologie et Géomorphologie

A - Géologie (carte 2)

Les travaux de BOS (1967) et ceux de HOTTIN et OUEDRAOGO (1976) dans la partie orientale de la Haute-Volta font ressortir une certaine "homogénéité géologique" dans la zone étudiée. Celle-ci se traduit par la prédominance de granites éburnéens, considérés en quasi-totalité comme syntectoniques et regroupant tous les intermédiaires entre un pôle migmatitique et un pôle granitique élaboré. Ce sont :

- Des granites migmatitiques homogènes calco-alcalins à amphibole localisés d'une part entre FADA N'GOURMA jusqu'aux alentours de BOUGUE (d'Ouest en Est) suivant un axe Sud-Ouest Nord-Est et d'autre part autour de PIEGA.

- Des granites migmatitiques hétérogènes qui constituent la masse la plus importante entre NAMOUNGOU et PIEGA. En outre, des formations rattachées au Birrimien forment des enclaves de dimension réduite au milieu de ces granites migmatitiques homogènes ou hétérogènes. Il s'agit de formations éruptives basiques (amphibolites, roches basiques indifférenciées) ou de formations de recouvrement constituées soit de latérites cuirassées en surface ou en profondeur, soit d'alluvions très fines et ne comportant que très peu de graviers, soit de matériau relativement meuble à base d'argile et de sable.

B - Géomorphologie

Les grands traits géographiques et géomorphiques de la Haute-Volta ont été définis par BRAMMER (1959), DAVEAU, LAMOTTE et ROUGERIE (1962), DUCCELLIER (1963), VOGT (1959), MICHEL (1959) (in KALOGA, 1963). L'ensemble de ces études montre que la majeure partie de la Haute-Volta est constituée par une vaste pénéplaine, pour la zone étudiée, l'altitude maximale se situe aux environs de 350 m (colline de NALEMBOU, près de FADA N'GOURMA) contre seulement 250 m à TANWARBOUGOU.

Au total, l'action conjuguée des conditions écologiques décrites ci-dessus, est à la base de la genèse, de l'évolution et de la répartition des principales classes de sols définies par BOULET et LEPRUN (1969) pour la zone intéressée. Elle explique en particulier la prédominance des sols à sesquioxydes de fer ou de manganèse (Sous-classe des sols ferrugineux tropicaux).

C. Modalités de la culture traditionnelle

Toutes les classes de sols (à l'exception des sols minéraux bruts) sont utilisées pour la culture traditionnelle des céréales : mil, sorgho et maïs. Ce système de culture comporte les phases suivantes : 1°) défrichement de la parcelle par abattage des arbres et arbustes dont les branchages sont ensuite entassés et brûlés. Quelques arbres fruitiers de brousse (*Butyrospermum parkii*, *Bombax costatum*, *Parkia biglobosa* et *Adansonia digitata*) sont cependant épargnés, 2°) labour de la parcelle dès les premières pluies à l'aide de la DABA, 3°) semis en quinconce. Les graines sont enterrées à une quinzaine de centimètres de profondeur, souvent bien au-delà pour éviter l'action dévastatrice des perdrix.

Suivant la superficie de la parcelle et le nombre de personnes travaillant sur celle-ci, le nombre de labours varie entre 2 et 3 par campagne agricole. Aucun amendement, ni organique ni minéral n'est pratiqué. La durée d'exploitation d'une parcelle est relativement courte (4 à 5 ans) ; ce qui exacerbe la pratique du semi-sédentarisme (culture itinérante) dans la zone étudiée.

II - L'ÉTUDE

1 - Dispositif et méthodes de travail

Douze profils ont été observés sous le double aspect de la nature du sol et de la couverture végétale. Ils se répartissent comme suit (tableau 1) :

- Sols ferrugineux tropicaux lessivés ou appauvris sans concrétions : quatre profils dont trois (FSC - 100 ; FSC - 120 ; FSC 040) sous culture céréalière (mil) et le qua-

| N° PROFIL | FSC-110 vég. nat. | | | FSC-100 | | | FSC-120 | | | FSC-040 mil | | | |
|-----------------|-------------------|-------|---------|---------|-------|---------|---------|-------|---------|-------------|-------|-------|---------|
| | 0-20 | 40-60 | 100-120 | 0-20 | 40-60 | 100-120 | 0-20 | 40-60 | 100-120 | 0-10 | 30-40 | 70-80 | 100-120 |
| Profondeur (cm) | 0-20 | 40-60 | 100-120 | 0-20 | 40-60 | 100-120 | 0-20 | 40-60 | 100-120 | 0-10 | 30-40 | 70-80 | 100-120 |
| Refus en % | 2,2 | 0,4 | 1,1 | 0,4 | 0,2 | 0,1 | 1,6 | 0,4 | 0,8 | 0,9 | 0,3 | 0,4 | 0,5 |
| Argile (%) | 6,4 | 27,2 | 27,8 | 9,1 | 18,3 | 26,2 | 6,1 | 27,7 | 22,5 | 11,3 | 20,6 | 12,0 | 8,0 |
| Limon fin (%) | 3,8 | 6,4 | 10,3 | 6,2 | 4,8 | 8,3 | 3,8 | 3,7 | 6,0 | 6,7 | 17,8 | 5,6 | 3,5 |
| Limon gros. (%) | 20,7 | 16,0 | 19,4 | 15,0 | 15,7 | 14,8 | 15,6 | 7,6 | 17,0 | 19,2 | 14,1 | 9,8 | 5,9 |
| Sable fin (%) | 31,7 | 21,9 | 27,7 | 31,3 | 24,2 | 22,2 | 32,8 | 22,9 | 20,8 | 27,3 | 18,3 | 33,9 | 23,5 |
| Sable gros. (%) | 36,4 | 27,1 | 19,6 | 37,6 | 36,1 | 27,3 | 41,1 | 36,7 | 32,7 | 33,4 | 26,2 | 37,5 | 58,4 |
| pF 2,5 | 7,3 | 16,0 | 17,3 | 8,7 | 12,5 | 16,6 | 5,8 | 14,4 | 13,8 | 12,3 | 21,9 | 11,0 | 7,1 |
| pF 3,0 | 4,6 | 12,4 | 13,6 | 5,8 | 9,2 | 12,4 | 3,7 | 10,7 | 10,5 | 8,3 | 16,9 | 7,9 | 5,8 |
| pF 4,2 | 3,1 | 9,6 | 11,0 | 3,8 | 7,1 | 10,0 | 2,6 | 9,6 | 8,6 | 6,3 | 12,0 | 6,0 | 4,5 |
| Eau utile | 4,2 | 6,4 | 6,3 | 5,1 | 5,4 | 6,6 | 3,2 | 4,8 | 5,2 | 6,0 | 9,9 | 5,0 | 2,6 |
| Is | 1,3 | 3,1 | 1,9 | 1,9 | 2,9 | 2,1 | 1,1 | 1,8 | 2,1 | 2,7 | 2,4 | 1,7 | 0,9 |

Tabl. 2 - Caractéristiques physiques des sols ferrugineux tropicaux sans concrétions

| N° PROFIL | FTG-130 mil | | | | FTG-140 vég.nat. | | | | FTG-010 vég.nat. | | | FTG-020 vég.nat. | | |
|-----------------|-------------|-------|-------|---------|------------------|-------|-------|---------|------------------|-------|---------|------------------|-------|---------|
| | 0-20 | 30-50 | 70-90 | 100-120 | 0-20 | 30-50 | 70-90 | 100-120 | 0-20 | 50-70 | 100-120 | 0-20 | 50-70 | 100-120 |
| Profondeur (cm) | 0-20 | 30-50 | 70-90 | 100-120 | 0-20 | 30-50 | 70-90 | 100-120 | 0-20 | 50-70 | 100-120 | 0-20 | 50-70 | 100-120 |
| Refus en % | 42 | 93 | 87 | 87 | 25 | 86 | 89 | 85 | 5 | 60 | 49 | 5 | 65 | 44 |
| Argile (%) | 14,9 | 29,2 | 13,0 | 32,3 | 10,3 | 22,6 | 17,8 | 33,8 | 16,6 | 22,6 | 34,5 | 27,1 | 35,1 | 32,8 |
| Limon fin (%) | 10,6 | 13,2 | 9,8 | 16,8 | 6,0 | 12,0 | 11,4 | 16,0 | 10,5 | 13,0 | 14 | 27,7 | 16,6 | 10,7 |
| Limon gros. (%) | 16,6 | 14,1 | 8,0 | 8,3 | 19,8 | 16,7 | 14,9 | 8,8 | 11,3 | 11,8 | 8,2 | 11,6 | 9,5 | 8,5 |
| Sable fin (%) | 33,1 | 18,2 | 17,0 | 19,5 | 34,1 | 26,0 | 23,0 | 17,7 | 23,7 | 14,3 | 13,8 | 11,6 | 13,9 | 12,8 |
| Sable gros. (%) | 22,1 | 22,0 | 50,0 | 20,1 | 27,8 | 20,2 | 31,0 | 21,4 | 35,4 | 36,4 | 26,9 | 16,0 | 23,3 | 33,4 |
| pF 2,5 | 15,3 | 22,5 | 18,0 | 26,4 | 12,1 | 19,3 | - | 26,3 | 15,1 | 17,1 | 24,2 | 28,4 | 23,2 | 24,9 |
| pF 3,0 | 11,2 | 19,0 | 14,4 | 21,7 | 8,3 | 14,3 | 14,7 | 22,2 | 13,8 | 14,7 | 20,1 | 22,8 | 18,9 | 20,3 |
| pF 4,2 | 8,2 | 14,3 | 11,7 | 18,3 | 5,8 | 11,4 | 11,7 | 18,7 | 7,7 | 10,9 | 16,8 | 16,4 | 16,1 | 16,8 |
| en eau utile | 7,1 | 8,2 | 6,3 | 8,1 | 6,3 | 7,9 | - | 7,6 | 7,4 | 6,2 | 7,4 | 12,0 | 7,1 | 8,1 |
| Is | 2,2 | 4,2 | 2,1 | 4,3 | 2,9 | 3,3 | 4,4 | 2,5 | 1,6 | 3,5 | 1,3 | 2,8 | 4,2 | 3,9 |

Tabl. 3 - Caractéristiques physiques des sols ferrugineux tropicaux gravillonnaires.

trième (FSC - 110) sous végétation naturelle.

- Sols ferrugineux tropicaux lessivés ou appauvris gravillonnaires : quatre profils dont un seul (FTG - 130) est dans un champ de mil et les trois autres (FTG - 010 ; FTG - 020 ; FTG - 140) sous végétation naturelle.

- Sols hydromorphes : quatre profils dont deux (HMN - 060;HMN - 080) sous culture céréalière (mil) et les deux autres (HMN - 070 ; HMN - 090) sous végétation naturelle.

Tous les profils sous culture de mil ont été observés sur des parcelles cultivées depuis moins de 3 ans.

Les caractères physico-chimiques et les différentes fractions de la matière organique ont été déterminés selon les méthodes employées aux services scientifiques centraux de l'ORSTOM (cf. DABIN 1965, 1966, 1967 , 1979 ; PELLOUX et al. 1971).

| N° PROFIL | FSC-100 veg.nat. | | | FSC-100 mil | | | FSC-120 mil | | | FSC-040 mil | | | |
|---------------------------------------|------------------|-------|---------|-------------|-------|---------|-------------|-------|---------|-------------|-------|-------|---------|
| | 0-20 | 40-60 | 100-120 | 0-20 | 40-60 | 100-120 | 0-20 | 40-60 | 100-120 | 0-10 | 30-40 | 70-80 | 100-120 |
| Profondeur (cm) | | | | | | | | | | | | | |
| Cap.tot. d'éch. m ^é q/100g | 3,5 | 5,0 | 5,0 | 2,5 | 3,0 | 4,5 | 1,5 | 4,5 | 4,0 | 10,5 | 19,0 | 6,0 | 4,0 |
| Somme des bases éch. | 2,4 | 4,1 | 3,9 | 2,4 | 2,8 | 3,2 | 1,4 | 3,5 | 2,5 | 10,9 | 19,5 | 6,3 | 3,4 |
| T. (%) | 68 | 82 | 78 | 96 | 93 | 70 | 93 | 78 | 62 | Sat | Sat | Sat | 85 |
| pH (eau) | 6,3 | 6,8 | 5,8 | 6,6 | 7,2 | 5,3 | 6,1 | 5,5 | 5,3 | 8,2 | 8,3 | 7,3 | 6,5 |
| pH(KCl) | 5,8 | 5,9 | 5,3 | 5,8 | 6,3 | 5,1 | 5,1 | 5,0 | 4,8 | 7,1 | 7,6 | 6,2 | 5,5 |
| Ca ⁺⁺ (meq/100g) | 1,80 | 3,00 | 3,00 | 2,05 | 2,15 | 2,25 | 0,80 | 2,25 | 1,80 | 9,00 | 14,20 | 5,25 | 2,4 |
| Mg ⁺⁺ (meq/100g) | 0,45 | 0,75 | 0,75 | 0,35 | 0,55 | 0,75 | 0,50 | 1,20 | 0,60 | 1,50 | 4,50 | 0,75 | 0,90 |
| Na ⁺ (meq/100g) | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,04 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,07 | 0,48 | 0,13 | 0,08 |
| K ⁺ (meq/100g) | 0,10 | 0,34 | 0,12 | 0,08 | 0,06 | 0,12 | 0,05 | 0,06 | 0,08 | 0,30 | 0,33 | 0,16 | 0,09 |
| P.tot. (‰) | 0,25 | 0,19 | 0,16 | 0,14 | 0,13 | 0,14 | 0,11 | 0,16 | 0,14 | 0,28 | 0,33 | 0,17 | 0,17 |
| P.ass. (‰) | 0,07 | 0,01 | 0 | 0 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,10 | 0,05 | 0,02 | 0,02 |
| N.tot. (‰) | 0,33 | 0,22 | 0,14 | 0,24 | 0,18 | 0,14 | 0,15 | 0,25 | 0,30 | 0,57 | 1,0 | 0,21 | 0,10 |
| N.non hydrol. (‰) | 0,08 | - | - | 0,06 | - | - | 0,06 | - | - | 0,18 | | | |
| N.hydrol. (‰) | 0,25 | - | - | 0,18 | - | - | 0,09 | - | - | 0,39 | | | |
| N.aminé (‰) | 0,08 | - | - | 0,02 | - | - | 0,02 | - | - | 0,13 | | | |
| N.amidé (‰) | 0,17 | - | - | 0,16 | - | - | 0,07 | - | - | 0,26 | | | |

Tabl. 5 - Quelques caractéristiques chimiques des sols ferrugineux tropicaux sans concrétions. Les faibles teneurs en azote total des horizons profonds n'ont pas permis la séparation de ses différentes formes.

2 - Résultats

A - Comparaison des caractères morphologiques

a) - Les profils de sols ferrugineux tropicaux sans concrétions présentent les caractéristiques suivantes :

- l'horizon supérieur a une épaisseur d'environ 40 cm, une couleur gris-beige (10YR-6/-4) à l'état sec, une texture sableuse, une structure fragmentaire polyédrique à sous-structure grumeleuse fine.

- au-delà de 40 cm de profondeur, la couleur devient brun-beige (7,5YR-7/-6) à l'état sec, la texture sablo-argileuse et la structure massive à sous-structure polyédrique.

b) - Les profils de sols hydromorphes ne montrent pas de variations notables du point de vue de la couleur des différents horizons. Celle-ci passe, de haut en bas, du gris-foncé (10YR-4/-1) au gris-beige ; ce qui ne correspond qu'à un léger éclaircissement du profil. La texture de l'horizon supérieur est souvent argilo-limoneuse ou limono-argileuse, le carac-

| N° PROFIL | FTG-130 mil | | | | FTG-140 vég.nat. | | | | FTG-010 vég.nat. | | | FTG-020 vég.nat. | | |
|--------------------------|-------------|-------|-------|---------|------------------|-------|-------|---------|------------------|-------|---------|------------------|-------|---------|
| | 0-20 | 30-50 | 70-90 | 100-120 | 0-20 | 30-50 | 70-90 | 100-120 | 0-20 | 50-70 | 100-120 | 0-20 | 50-70 | 100-120 |
| Profondeur (cm) | | | | | | | | | | | | | | |
| Cap.tot. d'éch. meq/100g | 9,0 | 11,0 | 6,5 | 9,0 | 6,5 | 9,0 | 7,0 | 9,5 | 6,0 | 5,0 | 6,0 | 24 | 7,5 | 6,5 |
| Somme des bases éch. | 7,6 | 8,4 | 4,6 | 6,5 | 4,6 | 6,9 | 5,4 | 7,7 | 4,6 | 3,9 | 4,8 | 14,4 | 5,5 | 5,0 |
| T. (%) | 85 | 77 | 71 | 94 | 71 | 77 | 77 | 81 | 76 | 78 | 80 | 60 | 73 | 77 |
| pH(eau) | 6,3 | 6,4 | 6,2 | 6,2 | 5,8 | 5,9 | 6,2 | 5,9 | 6,2 | 6,1 | 6,0 | 5,7 | 5,9 | 6,4 |
| pH(KCl) | 5,6 | 5,4 | 5,8 | 5,2 | 5,2 | 5,3 | 5,5 | 5,4 | 5,6 | 5,6 | 5,7 | 5,2 | 5,4 | 5,7 |
| Ca++ (meq/100g) | 5,2 | 6,4 | 3,0 | 5,7 | 3,4 | 5,2 | 3,7 | 5,2 | 3,0 | 2,2 | 2,5 | 11,2 | 3,8 | 3,0 |
| Mg++ (meq/100g) | 2,2 | 1,8 | 1,5 | 2,5 | 1,0 | 1,5 | 1,5 | 2,2 | 1,5 | 1,5 | 2,0 | 3,0 | 1,5 | 1,8 |
| Na+ (meq/100g) | 0,04 | 0,05 | 0,05 | 0,08 | 0,04 | 0,04 | 0,07 | 0,09 | 0,02 | 0,04 | 0,06 | 0,07 | 0,05 | 0,05 |
| K+ (meq/100) | 0,10 | 0,14 | 0,07 | 0,12 | 0,09 | 0,10 | 0,09 | 0,10 | 0,08 | 0,12 | 0,20 | 0,11 | 0,12 | 0,15 |
| P.tot. (‰) | 0,20 | 0,33 | 0,34 | 0,19 | 0,17 | 0,24 | 0,27 | 0,16 | 0,20 | 0,24 | 0,19 | 0,33 | 0,28 | 0,19 |
| P.ass. (‰) | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,04 | 0,02 | 0,01 |
| N.Tot. (‰) | 0,5 | 0,4 | 0,1 | 0,2 | 0,4 | 0,4 | 0,2 | 0,1 | 0,5 | 0,3 | 0,2 | 1,2 | 0,2 | 0,2 |
| N.non hydrol. (‰) | 0,12 | - | - | - | 0,10 | - | - | - | 0,14 | - | - | 0,48 | - | - |
| N.hydrol. (‰) | 0,38 | - | - | - | 0,30 | - | - | - | 0,36 | - | - | 0,72 | - | - |
| N.aminé(‰) | 0,17 | - | - | - | 0,10 | - | - | - | 0,13 | - | - | 0,18 | - | - |
| N.amidé(‰) | 0,21 | - | - | - | 0,20 | - | - | - | 0,23 | - | - | 0,54 | - | - |

Tabl.6 - Quelques caractéristiques chimiques des sols ferrugineux tropicaux gravillonnaires. Les faibles teneurs en azote total des horizons profonds n'ont pas permis la séparation de ses différentes formes.

tère hydromorphe en étant une conséquence. L'horizon le plus profond est souvent sableux. Quant à la structure, elle est fragmentaire à sous-structure polyédrique dans l'horizon supérieur, puis massive dans l'horizon intermédiaire. A l'horizon sableux de profondeur correspond une structure particulière.

En outre, la nappe phréatique temporaire lors de sa disparition peut provoquer la formation de taches et de concrétions ferro-manganifères en profondeur pour les sols hydromorphes. Ces caractères morphologiques sont communs aux profils établis sous culture de mil et aux profils situés sous végétation naturelle. Cette absence de variations en fonction de la couverture végétale peut être attribuée :

- au type de labour peu profond qui ne modifie pas l'organisation des différents profils. Par conséquent, l'usage de la daba, à la différence de la charrue ou du tracteur n'entraîne pas la formation de "profils culturaux" (HENIN et al. 1969) ou de "profils agro-pédiques" (SOURABIE - l.c.)

- à la faible durée de mise en culture des sols (moins de 3 ans).

| N° PROFIL | HMN-060 mil | | | | HMN-080 mil | | | | HMN-090 vég.nat. | | | HMN-070 vég.nat. | | |
|----------------------------|-------------|-------|-------|---------|-------------|-------|-------|---------|------------------|-------|---------|------------------|-------|---------|
| | 0-20 | 30-50 | 60-80 | 100-120 | 0-20 | 30-50 | 60-80 | 100-120 | 0-20 | 60-80 | 100-120 | 0-20 | 50-70 | 100-120 |
| Profondeur (cm) | | | | | | | | | | | | | | |
| Cap. tot. d'échan. méq/100 | 30,0 | 14,5 | 19,5 | 11,4 | 27,0 | 18,0 | 22,5 | 27,8 | 30,5 | 19,0 | 31,6 | 22,0 | 16,0 | 9,5 |
| Somme des bases éch. | 21,4 | 11,5 | 15,4 | 10,8 | 12,6 | 15,3 | 19,2 | 26,3 | 24,1 | 16,1 | 29,3 | 17,6 | 13,8 | 9,3 |
| T. (%) | 71 | 79 | 79 | 94 | 87 | 85 | 85 | 94 | 79 | 84 | 93 | 80 | 86 | 98 |
| pH (eau) | 5,9 | 5,9 | 6,1 | 6,6 | 6,1 | 5,8 | 5,6 | 7,2 | 6,1 | 9,3 | 8,9 | 6,2 | 6,1 | 6,9 |
| pH (KCl) | 4,9 | 5,0 | 4,9 | 5,5 | 5,2 | 4,7 | 4,5 | 5,8 | 4,9 | 8,0 | 7,7 | 5,3 | 5,2 | 5,7 |
| Ca++ (méq/100g) | 15,7 | 8,2 | 11,5 | 7,5 | 16,5 | 12,0 | 15,0 | 20,2 | 16,5 | 9,0 | 18,6 | 13,5 | 9,3 | 6,3 |
| Mg++ (méq/100g) | 5,3 | 3,0 | 3,5 | 3,0 | 6,8 | 3,0 | 3,8 | 5,2 | 6,0 | 4,5 | 7,5 | 3,7 | 4,2 | 2,7 |
| Na+ (méq/100g) | 0,1 | 0,1 | 0,2 | 0,2 | 0,1 | 0,1 | 0,2 | 0,6 | 1,4 | 2,2 | 3,0 | 0,1 | 0,1 | 0,2 |
| K+ (méq/100g) | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,1 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,2 | 0,4 | 0,2 | 0,3 | 0,2 | 0,1 |
| P. tot. (‰) | 0,43 | 0,23 | 0,18 | 0,14 | 0,51 | 0,26 | 0,20 | 0,32 | 0,49 | 0,19 | 0,18 | 0,47 | 0,20 | 0,17 |
| P. ass. (‰) | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,04 | 0,08 | 0,01 | 0,01 | 0,03 | 0,05 | 0,04 | 0,01 | 0,04 | 0,01 | 0,01 |
| N. tot. (‰) | 0,9 | 0,3 | 0,2 | 0,1 | 1,1 | 0,5 | 0,4 | 0,2 | 1,1 | 0,1 | 0,05 | 1,0 | 0,3 | 0,1 |
| N. non hydrol. (‰) | 0,18 | - | - | - | 0,34 | - | - | - | 0,29 | - | - | 0,33 | - | - |
| N. hydrol. (‰) | 0,72 | - | - | - | 0,76 | - | - | - | 0,81 | - | - | 0,67 | - | - |
| N. aminé (‰) | 0,22 | - | - | - | 0,27 | - | - | - | 0,22 | - | - | 0,23 | - | - |
| N. amidé (‰) | 0,50 | - | - | - | 0,49 | - | - | - | 0,59 | - | - | 0,44 | - | - |

Tabl. 7 - Quelques caractéristiques chimiques des sols ferrugineux tropicaux gravillonnaires. Les faibles teneurs en azote total des horizons profonds n'ont pas permis la séparation de ses différentes formes. Pour le profil HMN-090, les valeurs concernant l'horizon 30-50 cm n'ont pas été indiquées.

c)- En revanche, les caractères morphologiques des sols ferrugineux tropicaux gravillonnaires varient en fonction de la position topographique :

- l'horizon supérieur des profils à mi-pente a :

- . une épaisseur de l'ordre de 20 cm
- . une teneur élevée en éléments grossiers (25 à 40%)
- . une couleur rouge-ocre (5YR-4/-4) à l'état sec
- . une texture sableuse
- . une structure fragmentaire à sous-structure grumeleuse fine.

- En bas de pente, l'épaisseur de l'horizon supérieur atteint 40 cm. Sa couleur devient gris-beige (10YR-5/-3) à l'état sec. La texture et la structure sont respectivement sablo-argileuse (voire argilo-limoneuse) et massive à sous-structure polyédrique. La plupart de ces variations paraissent surtout liées au fait que les profils à mi-pente sont érodés, tandis qu'en bas de pente ils comportent des éléments colluvionnés ; ce qui modifie leurs caractères.

B - Comparaison des caractères physico-chimiques

a) Caractères physiques : Ils regroupent les résultats de l'analyse granulométrique, l'indice d'instabilité structurale (IS) et les constantes hydriques

a1) - Traits généraux

- Les sols ferrugineux tropicaux sans concrétions (tableau 2)

Dans leurs traits essentiels, les caractères physiques des profils étudiés ne diffèrent pas de ceux déjà reconnus pour ce type de sol. Il s'agit, entre autres, de l'appauvrissement en argile (moins de 10%) de l'horizon supérieur et de l'augmentation des teneurs en argile avec la profondeur. Les teneurs en eau aux trois pF (pF 2,5 ; pF 3,0 ; pF 4,2) augmentent de haut en bas ; ainsi que l'indice d'instabilité structurale (IS) déterminé par le test de HENIN : inférieur à 3 en surface, il atteint cette valeur en profondeur.

- Les sols ferrugineux tropicaux gravillonnaires (tableau 3)

Leurs caractères physiques sont fonction de leur position topographique. La teneur en argile de l'horizon de surface est plus faible à mi-pente (10-15% qu'en bas de pente (plus de 25%) ; la stabilité structurale décroît avec la profondeur, ce qui paraît surtout lié à l'augmentation du pourcentage en éléments grossiers ($\phi > 2$ mm).

- Les sols hydromorphes (tableau 4)

Formés sur des dépôts colluvio-alluvionnaires, ils sont généralement plus riches que les sols précédents en particules fines (argile : 25 à 35 % ; limon fin : 20 à 30%) dans les vingt premiers centimètres. Toutefois, en fonction de la profondeur, ces fractions fines varient en "dents de scie" ce qui illustre une certaine stratigraphie alluviale et une absence d'homogénéisation.

En revanche, les valeurs de l'indice d'instabilité structurale (IS) sont en moyenne supérieures à celles des sols ferrugineux tropicaux, gravillonnaires ou non, pour les horizons superficiels, mais comme pour les sols ferrugineux tropicaux non gravillonnaires, elles augmentent avec la profondeur, sous l'effet probable de l'accroissement du taux d'humidité.

a2) - Influence de la culture de mil

La comparaison des caractères physiques (texture, indice d'instabilité structurale) des sols en fonction du type de couverture végétale, montre que le système traditionnel de mise en culture n'entraîne pas une modification de ces caractères. En particulier, pour les horizons supérieurs, il n'y a ni appauvrissement en éléments fins, ni accroissement de la dégradation de la structure. Cette absence de modification peut s'expliquer par :

- le type de labour (peu profond) qui ne ramène pas à la surface du sol les horizons intermédiaires souvent plus riches en éléments fins, mais dont la stabilité structurale est assez médiocre (IS plus élevé)

- le nombre réduit de labours (en moyenne 2), qui évite une désagrégation

structurale poussée des horizons supérieurs.

Au total, l'influence du système traditionnel de mise en culture sur les caractères morphologiques et physiques des sols étudiés ici, paraît très limitée, tout au moins durant les trois premières années de culture. De ce point de vue, un tel système présente des avantages sur le système moderne (charrue et/ou tracteur pour les labours et pulvérisateur pour la préparation des sols). Diverses observations, entre autres celles de ROOSE (1979) sur des sols ferrugineux tropicaux indurés sous sorgho et de SOURABIE (l.c.) sous des sols ferrugineux tropicaux et sur des sols peu évolués sous canne à sucre, ont en effet montré que ces travaux mécaniques accentuaient l'appauvrissement en éléments fins des horizons supérieurs. En outre, l'analyse microscopique des lames minces - ROOSE (l.c.) - montre que "l'horizon appauvri a l'allure d'un horizon dégradé, vidé de sa substance fine, à porosité altérée. Cependant, pour les sols ferrugineux tropicaux gravillonnaires, la diminution de la stabilité structurale avec la profondeur fait ressortir la nécessité de prévoir des aménagements anti-érosifs, surtout dans les zones à haut risque d'érosion.

b) Caractères chimiques

b1) Traits généraux

Les résultats figurant aux tableaux 5, 6, 7 appellent les commentaires suivants : Pour les sols tropicaux, dans l'horizon supérieur, et d'une manière générale, la teneur en éléments de fertilité (DABIN, 1956) chimique (bases échangeables et phosphore notamment) augmente quand on passe des sols ferrugineux tropicaux aux sols hydromorphes. Mais, dans les sols ferrugineux tropicaux (gravillonnaires ou non), il n'existe pas de déséquilibre entre les différents cations. Le rapport $\frac{K^+}{Ca^{++} + Mg^{++}}$ reste supérieur ou égal à 2%, tandis que $\frac{Ca^{++}}{Mg^{++}}$ varie de 1 à 6. Dans les sols hydromorphes, par contre, malgré l'abondance de ces éléments, le rapport $\frac{K^+}{Ca^{++} + Mg^{++}}$ est inférieur à 2%; ce qui traduit une carence possible en K^+ échangeable. Du reste, certains profils (HMN-080 et HMN-090) ont un rapport $\frac{Mg^{++}}{K^+}$ de l'ordre de 30. Enfin, les sols hydromorphes comportent les teneurs en Azote total les plus élevées. Mais, aussi bien dans ces sols que dans les sols ferrugineux tropicaux, l'azote hydrolysable, en particulier l'azote amidé (plus de 40% de l'azote total) prédomine sur les autres formes d'azote.

b2) Influence de la culture

- Pour tous les sols (y compris hydromorphes) certaines modifications apparaissent sous culture de mil :

- Le phosphore assimilable se trouve souvent sous forme de traces.

- Le taux de saturation, supérieur à 60-70%, avoisine 100% dans les horizons superficiels. Une telle saturation du complexe absorbant est assez inhabituelle sous culture, en particulier dans les cas examinés par SOURABIE. Elle peut s'expliquer par l'absence de modification des caractères physiques. En effet, à chaque fois qu'il a été observé une diminution du taux de saturation et du pH sur des parcelles cultivées, elle était consécutive à une lixiviation des bases échangeables, à un appauvrissement en éléments fins et à une dégradation de la structure; ce qui n'est pas le cas pour les sols étudiés ici. Soulignons d'ailleurs, que sur des sols ferrugineux tropicaux lessivés de la région des terres neuves (Sénégal oriental) et dans des conditions assez identiques aux nôtres (défriches récentes), FELLER et MILLEVILLE (1977) ont observé également sous sorgho une augmentation du taux de saturation liée surtout à une diminution de la capacité totale d'échange (T).

L'interprétation des résultats portant sur les caractères physiques et chimiques de sols cultivés ou non doit être appuyée sur d'autres paramètres tels que la teneur en matière organique totale et en différents composés humiques.

c - La matière organique

Pour mieux appréhender l'influence de la culture de mil sur l'état et le degré d'évolution de la matière organique et des composés humiques, il est important de comparer d'abord

| | | | % Acides humiques-pyro (AHP) | | | % Acides humiques-soude (AHS) | | | Rapport des D.O : E = $\frac{625}{512}$ | | | | | |
|---------------------------------------|--------------------|---------------|------------------------------|-------------|-----------|-------------------------------|-------------|-----------|---|------|------|-------|------|------|
| Sols ferrug.trop. sans concrétions | PROFIL | Prof. (cm) | A.H.Gris | A.H.Interm. | A.H.Bruns | A.H.Gris | A.H.Interm. | A.H.Bruns | AHP | | | AHS | | |
| | | | (AHG) | (AHI) | (AHB) | (AHG) | (AHI) | (AHB) | AHG.S | AHG | AHB | AHG.S | AHG | AHB |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| Sols ferrug.trop. sans concrétions | FSC-110 (vég.nat.) | 0-20 | 69 | 19,5 | 11,5 | 75 | 9 | 16 | 0,69 | 0,50 | | 0,68 | 0,50 | |
| | FSC-100 (mil) | 0-20 | 65 | 13 | 22 | - | - | - | 0,66 | 0,57 | | - | - | |
| | FSC-120 (mil) | 0-20 | 70 | 11 | 19 | - | - | - | 0,70 | 0,63 | | - | - | |
| | FSC-040 (mil) | 0-20 | 66 | 10,5 | 23,5 | 65 | 10 | 25 | 0,66 | 0,43 | | 0,68 | 0,53 | |
| Sols ferrug. trop. gravillonnaires | FTG-130 (mil) | 0-20 | 60,5 | 15,5 | 24 | - | - | - | 0,71 | 0,50 | | - | - | |
| | FTG-140 (vég.nat.) | 0-20 | 65,5 | 13 | 21,5 | 74 | 10 | 16 | 0,67 | 0,50 | | 0,68 | 0,54 | |
| | FTG-010 (vég.nat.) | 0-20 | 69 | 12 | 19 | 75 | 9,5 | 15,5 | 0,67 | 0,62 | | 0,70 | 0,61 | |
| | FTG-020 (vég.nat.) | 0-20 | 73 | 10 | 17 | 77,5 | 4,5 | 18 | 0,70 | 0,50 | | 0,72 | 0,45 | |
| Sols hydromorphes | HMN-060 (mil) | 0-20 | 70 | 11 | 19 | 75 | 6 | 19 | | 0,69 | 0,53 | | 0,67 | 0,44 |
| | | 30-50 | 67 | 13 | 20 | - | - | - | 0,61 | 0,68 | 0,57 | | - | - |
| | HMN-080 (mil) | 0-20 | 72 | 9,5 | 18,5 | 75 | 9 | 16 | | 0,70 | 0,45 | | 0,70 | 0,54 |
| | | 30-50 | 69,5 | 11,5 | 19 | 69 | 12 | 19 | 0,70 | 0,69 | 0,46 | 0,70 | 0,71 | 0,53 |
| | | 60-80 | 58,5 | 15,5 | 26 | 75 | 10,5 | 14,5 | 0,66 | 0,65 | 0,52 | 0,61 | 0,68 | 0,57 |
| | | 100-120 | - | - | - | 78 | 8,5 | 13,5 | | - | - | 0,61 | 0,68 | 0,62 |
| | HMN-090 (vég.nat.) | 0-20 | 71 | 11 | 18 | 76 | 8 | 16 | 0,70 | 0,71 | 0,46 | 0,71 | 0,72 | 0,57 |
| | | 30-50 | 74,5 | 12,5 | 13 | 77 | 10 | 13 | | 0,65 | 0,40 | | 0,69 | 0,44 |
| | HMN-070 (vég.nat.) | 0-20 | 68 | 9 | 23 | 75 | 8 | 17 | | 0,70 | 0,50 | | 0,68 | 0,50 |
| | | 50-70 | 64,5 | 10,5 | 25 | 70 | 11 | 19 | | 0,65 | 0,53 | | 0,68 | 0,55 |
| | | 100-120 | 69 | 8 | 23 | - | - | - | 0,64 | 0,65 | 0,46 | | - | - |

Tabl. 8 - Séparation des acides humiques par électrophorèse sur papier (AHGS : acides humiques gris immobiles) ; les faibles teneurs d'acides humiques-soude ne permettent pas le fractionnement (-).

| | FTG-130 (mil) | | FTG-010 vég.nat. | | FTG-010 vég.nat. | | FTG-020 vég.nat. | | |
|---|------------------------|-------|------------------|-------|------------------|-------|------------------|-------|------|
| | surf. | prof. | surf. | prof. | surf. | prof. | surf. | prof. | |
| (C.tot.) en % | 6,8 | 4,9 | 5,6 | 5,1 | 7,1 | 4,2 | 22,7 | 3,4 | |
| Fractions de la matière organique en % de C.total | MOL | 5,5 | 1,0 | 5,0 | 1,5 | 3,0 | 3,0 | 1 | 3,0 |
| | AFS | 4,0 | 7,0 | 5,0 | 6,0 | 4,5 | 3,5 | 3,5 | 3,5 |
| | AFL | 4,5 | 6,0 | 4,0 | 6,0 | 4,0 | 7,5 | 1 | 7,0 |
| | AFP | 3,0 | 6,5 | 7,0 | 3,5 | 5,5 | 3,0 | 8,0 | 6,0 |
| | AHS | 1,5 | 0,5 | 2,0 | 1,5 | 2,5 | 1,5 | 7,5 | 1,0 |
| | AHP | 15,5 | 11,5 | 17,0 | 12,0 | 15,5 | 11,5 | 29,0 | 4,0 |
| | Humine tot. | 66,0 | 59,5 | 60,0 | 69,5 | 65,0 | 70,0 | 50,0 | 75,5 |
| | Humine hér. | 57,5 | 38,5 | 49,5 | 43,0 | 59,0 | 40,5 | 45,5 | 49,5 |
| | Humine évol. | 4,0 | 10,0 | 7,0 | 16,0 | 2,5 | 18,5 | 0,5 | 16,0 |
| | Humine liée au fer | 3,5 | 6,0 | 2,5 | 6,0 | 2,0 | 5,0 | 2,5 | 3,0 |
| | Humine liée à l'argile | 1,0 | 5,0 | 1,0 | 4,5 | 1,5 | 6,0 | 1,5 | 7,0 |

Tabl. 9 - Pourcentage des fractions organiques en sols ferrugineux tropicaux, gravillonnaires.

| | FSC-110 vég.nat. | | FSC-100 mil | | FSC-120 mil | | FSC-040 mil | | |
|---|------------------------|-------|-------------|-------|-------------|-------|-------------|-------|------|
| | surf. | prof. | surf. | prof. | surf. | prof. | surf. | prof. | |
| (C.tot.) en % | 4,3 | 2,5 | 3,0 | 1,7 | 2,4 | 2,1 | 6,7 | 8,0 | |
| Fractions de la matière organique en % de C.total | MOL | 2,3 | 0,5 | 2,5 | 2,0 | 3,0 | 0,5 | 3,5 | 2,5 |
| | AFS | 4,5 | 3,5 | 7,0 | 2,0 | 6,5 | 5,0 | 5,0 | 3,0 |
| | AFL | 3,0 | 7,5 | 0,5 | 9,0 | 3,0 | 10,0 | 3,0 | 4,0 |
| | AFP | 11,0 | 3,0 | 13,5 | 6,0 | 9,0 | 8,5 | 5,0 | 10,0 |
| | AHS | 5,5 | 1,0 | 2,0 | 1,0 | 3,0 | 0,5 | 2,5 | 2,5 |
| | AHP | 15,5 | 8,5 | 7,5 | 3,5 | 17,0 | 4,0 | 9,5 | 7,0 |
| | Humine tot. | 58,0 | 76,0 | 67,0 | 76,5 | 58,5 | 71,5 | 71,5 | 71,0 |
| | Humine hér. | 47,0 | 43,5 | 54,5 | 43,5 | 49,5 | 27,0 | 62,5 | 47,5 |
| | Humine évol. | 6,0 | 20,0 | 8,5 | 22,0 | 5,5 | 34,5 | 4,5 | 11,0 |
| | Humine liée au fer | 4,0 | 7,5 | 3,0 | 7,5 | 2,5 | 7,0 | 3,0 | 9,5 |
| | Humine liée à l'argile | 1,0 | 5,0 | 1,0 | 3,5 | 1,0 | 3,0 | 1,5 | 3,0 |

Tabl. 10 - Pourcentage des fractions organiques en sols ferrugineux tropicaux sans concrétions.

ces sols entre eux. En effet, bien que situés dans la même zone climatique ils diffèrent par des conditions particulières (texture, perméabilité) qui ont des incidences sur les processus d'humification.

c1) - Considérations générales

cla - Du point de vue quantitatif (fig. 1,2,3)

- La teneur en carbone organique total est plus élevée dans les sols hydromorphes en raison de la luxuriance de leur végétation

- Au niveau de l'humine :

. Pour tous les sols dans l'horizon superficiel, la fraction "humine totale" (plus de 60% du carbone organique total) prédomine sur les matières "humifiées" solubles en milieu acide ou en milieu alcalin.

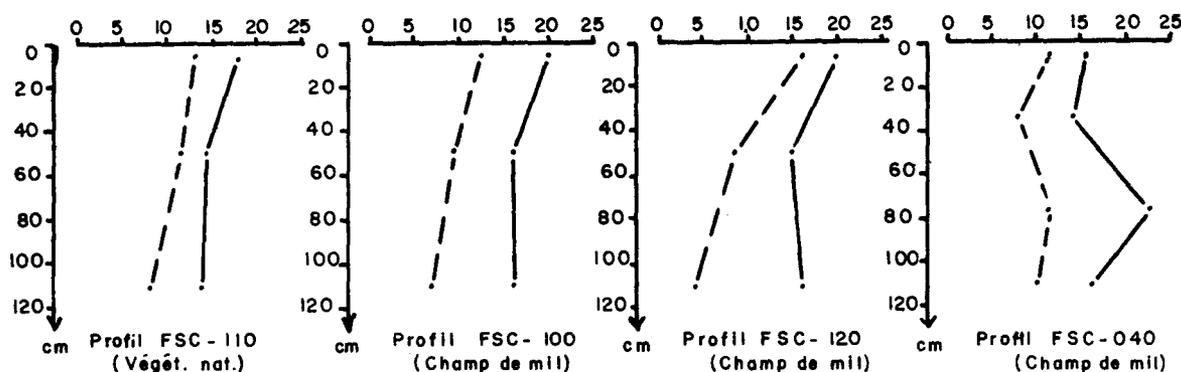
Ce résultat, en accord avec ceux obtenus par de nombreux auteurs (DABIN 1979, SOURABIE l.c.), est caractéristique de la composition de la matière organique totale des sols sous climat à saisons contrastées. Toutefois, ce pourcentage élevé est dû essentiellement à l'abondance de sa fraction "humine héritée" (environ 80 à 90% de l'humine totale dans les sols ferrugineux tropicaux gravillonnaires ou non). Cette accumulation de l'humine héritée résulte des conditions de drainage qui accélèrent les phénomènes de dessiccation des horizons supérieurs et, par conséquent, provoquent un ralentissement de la décomposition des matières végétales. Par contre, dans les sols hydromorphes, la lente dessiccation des horizons superficiels permet un maintien prolongé de l'activité biologique qui favorise la transformation de l'humine héritée en "humine évoluée".

. En profondeur, les variations des différentes fractions de l'humine totale montrent que l'humine héritée (50-60%) et l'humine liée à l'argile augmentent tandis que l'humine évoluée (15 - 20%) diminue dans les horizons intermédiaires des sols hydromorphes. Ces variations traduisent les effets du taux d'humidité élevée qui freinent les phénomènes de biodégradation de l'humine héritée et de l'humine liée au fer. En revanche, les sols ferrugineux tropicaux (gravillonnaires ou non), beaucoup plus secs, ont des "ventres" de teneurs en humine liée à l'argile (6 à 9%) et en humine évoluée (15 à 30%). Inversement, l'humine héritée (moins

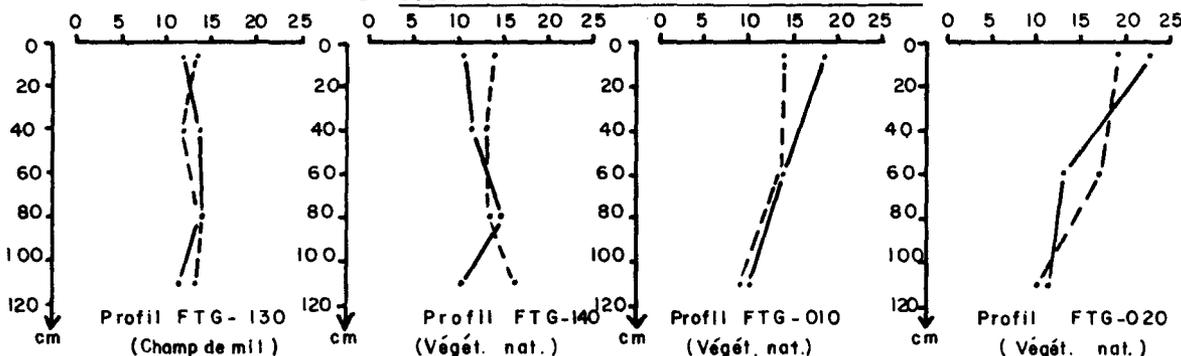
| | | HMN-060 mil | | HMN-080 mil | | HMN-090 vég.nat. | | HMN-070 vég.nat. | |
|--|--------------------|-------------|-------|-------------|-------|------------------|-------|------------------|-------|
| | | surf. | prof. | surf. | prof. | surf. | prof. | surf. | prof. |
| (C.total) en % | | 11,9 | 3,4 | 18,9 | 7,5 | 19,8 | 5,3 | 16,3 | 4,1 |
| Fractions de la matière organique en % de C. total | MOL | 1,0 | 0,5 | 2,0 | 1,0 | 0,5 | 0,5 | 8,5 | 3,0 |
| | AFS | 4,0 | 2,0 | 4,0 | 5,0 | 9,5 | 2,0 | 3,5 | 3,0 |
| | AFL | 4,0 | 8,5 | 2,5 | 4,5 | 2,0 | 3,5 | 3,5 | 6,0 |
| | AFP | 4,0 | 6,5 | 4,5 | 6,5 | 5,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 |
| | AHS | 5,0 | 3,5 | 11,0 | 4,0 | 8,0 | 6,5 | 8,5 | 3,5 |
| | AHP | 17,0 | 14,0 | 23,0 | 15,0 | 24,0 | 21,0 | 18,0 | 12,0 |
| | Humine tot. | 65,0 | 65,0 | 53,0 | 64,0 | 51,0 | 62,5 | 54,0 | 68,5 |
| | Humine hér. | 38,0 | 37,5 | 29,0 | 41,0 | 21,5 | 32,5 | 30,0 | 38,5 |
| | Humine évol. | 12,0 | 11,5 | 15,0 | 10,0 | 18,0 | 13,0 | 13,5 | 15,0 |
| | Humine liée au fer | 7,0 | 10,0 | 4,0 | 7,0 | 5,0 | 9,5 | 4,0 | 10,0 |
| Humine liée à l'argile | 8,0 | 6,0 | 5,0 | 6,0 | 6,5 | 7,5 | 6,5 | 5,0 | |

Tabl. 11 - Pourcentage des fractions organiques en sols hydromorphes.

A - SOLS FERRUGINEUX TROPICAUX SANS CONCRETIONS



B - SOLS FERRUGINEUX TROPICAUX GRAVILLONNAIRES



C - SOLS HYDROMORPHES

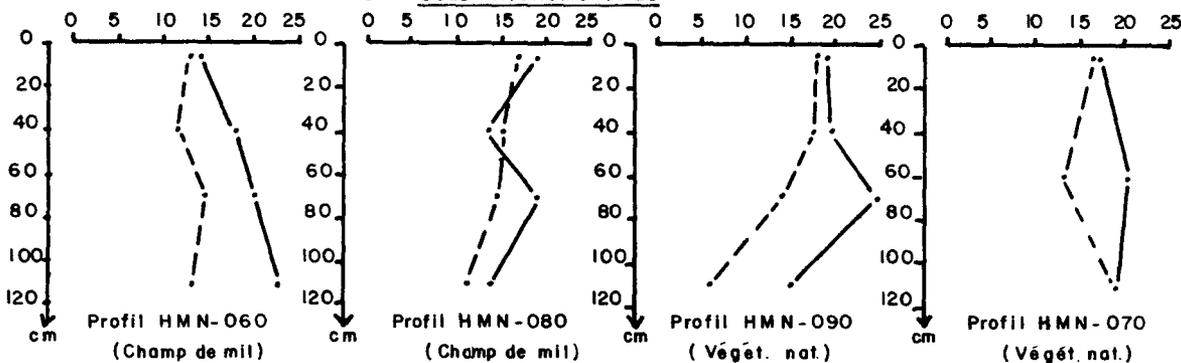


Fig. 4 : VARIATIONS DES RAPPORTS C/N DU SOL (—) ET C/N DE L'HUMINE TOTALE (---) EN FONCTION DE LA PROFONDEUR.

de 65%) accuse dans les horizons intermédiaires, une diminution plus importante, en particulier dans les sols ferrugineux tropicaux gravillonnaires.

- Au niveau des autres fractions de la matière organique : dans l'horizon supérieur, le taux de matière organique légère (MOL) des sols ferrugineux tropicaux (gravillonnaires ou non) est plus abondant (2 à 5% du carbone organique total) que celui des sols hydromorphes (moins de 2% du carbone organique total). Les remarques faites pour l'humine héritée restent valables pour la matière organique légère (accumulation).

. Les acides fulviques libres (AFL) s'accumulent en valeur relative et en valeur absolue dans les horizons profonds des sols ferrugineux tropicaux. Cet accroissement du taux des AFL en fonction de la profondeur constitue un des phénomènes caractéristiques des sols ferrugineux tropicaux. Dans les sols hydromorphes, le lessivage des AFL est réduit et seule une accumulation relative dans les horizons intermédiaires est mise en évidence.

. Les acides humiques extraits au pyrophosphate de sodium (AHP) prédomi-

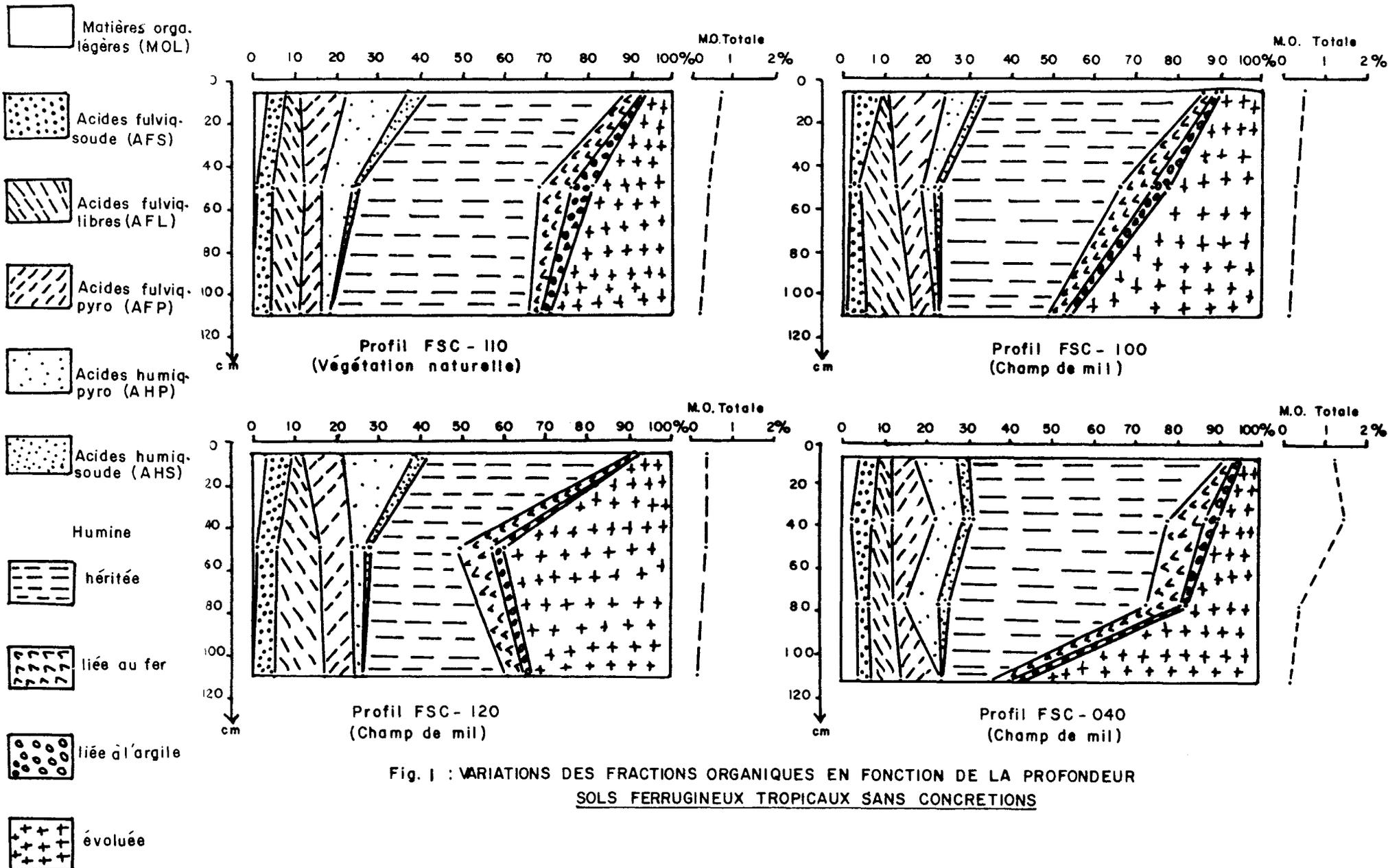


Fig. 1 : VARIATIONS DES FRACTIONS ORGANIQUES EN FONCTION DE LA PROFONDEUR SOLS FERRUGINEUX TROPICAUX SANS CONCRETIONS

nent sur les autres substances dans l'horizon supérieur de tous les sols : 7 à 17 % du carbone organique total pour les sols ferrugineux tropicaux ; 17 à 24 % du carbone organique total pour les sols hydromorphes. Cette observation, qui rejoint celles faites par FERRAUD (1969 ; 1971), LEROUX (1969 ; 1980), DUCHAUFOR et DOMMARGUES (1963), est attribuée aux conditions climatiques générales. Selon ces auteurs, un climat caractérisé par une saison sèche assez longue et intense, mais aussi par l'alternance répétée de périodes sèches et humides même pendant la saison des pluies, entraînerait une augmentation des acides humiques. De même TURENNE (1975) précise qu'en région tropicale, les périodes de dessiccation sont "polymérisantes" (passage des acides fulviques aux acides humiques) alors que les périodes d'humectation sont au contraire "dépolymérisantes". Cependant, pour les sols ferrugineux tropicaux, si les périodes de dessiccation sont polymérisantes, elles entraînent aussi un arrêt de la décomposition biologique des matières végétales peu (humine héritée) ou non (matière organique légère) transformées. Par ailleurs pour ces sols, la prépondérance de ces acides humiques est liée également à des phénomènes importants d'oxydation et de lessivage des AFL. Pour les sols hydromorphes, s'ajoutent d'autres phénomènes qui sont : d'abord une réduction de l'activité biologique liée à l'excès d'humidité en profondeur, ensuite une humification directe très poussée avec formation de produits stables (AHP, AHS) qui fixent les cations, en surface.

. Les acides humiques extraits à la soude (AHS) sont surtout concentrés dans l'horizon supérieur des différents sols. Les sols hydromorphes en comportent les teneurs les plus élevées (5 à 11% du carbone organique total). Celles-ci correspondent à des pourcentages en humine héritée plus faibles (dégradation).

clb - Du point de vue qualitatif

Pour mieux caractériser les processus d'humification dans les sols étudiés ici, deux critères ont été utilisés : le rapport C/N et la séparation par électrophorèse sur papier des trois catégories d'acides humiques (gris, intermédiaires, bruns).

- Les critères C/N -(fig. 4)

D'un point de vue d'ensemble, pour les horizons supérieurs, le rapport C/N du sol augmente quand on passe des sols ferrugineux tropicaux aux sols hydromorphes, suivant le gradient ci-dessous :

| | | | | |
|--|--------|--|--------|-------------------|
| Sols ferrugineux tropicaux sans concrétions | -----> | Sols ferrugineux tropicaux gravil- lonnaires | -----> | Sols hydromorphes |
| 11 < C/N < 13 | | C/N = 13-14 | | 16 < C/N < 18 |

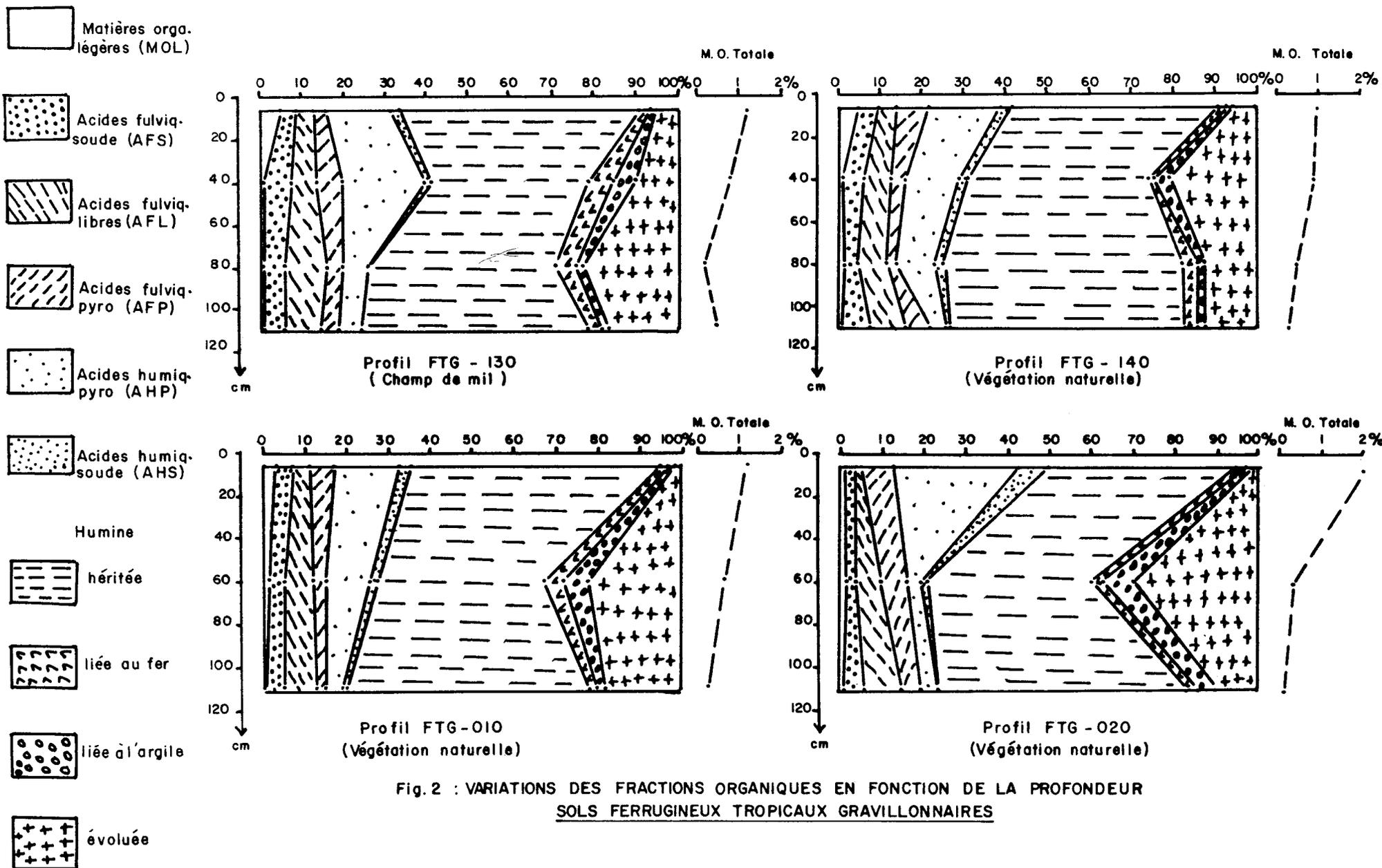
Ces différentes valeurs sont corrélées à celles des acides humiques et diminuent avec la profondeur.

Quant au rapport C/N du culot d'humine, ses valeurs en surface sont généralement plus élevées (2 à 3 unités de plus) que celles du rapport C/N du sol total. Elles varient d'une façon irrégulière en fonction de la profondeur.

- Fractionnement des acides humiques par l'électrophorèse sur papier.

Sur l'ensemble des profils étudiés (tableau 8), les acides humiques gris (AHG) prédominent sur les deux autres groupes d'acides humiques. Toutefois, le pourcentage d'AHG est généralement plus élevé lorsque le réactif d'extraction est la soude ; pour les horizons de surface, les AHG représentent respectivement 60 à 70 % des AHP et 70 - 75% des AHS. Cette augmentation s'opère surtout au détriment des acides humiques intermédiaires (AHI).

Dans les sols hydromorphes, au-delà de 50-70 cm de profondeur, le pourcentage des acides humiques bruns (AHB) augmente d'une façon sensible au détriment des AHG. Cet accroissement est lié au taux d'humidité qui y est plus élevé qu'en surface. En outre, les AHG présentent souvent une modification dans la forme de leurs pics (ébauche d'un "double pic") (fig.5). Il s'agit là d'une variation qualitative qui illustre la présence d'éléments peu mobiles.



Matières orga.
légères (MOL)

Acides fulviq.
soudés (AFS)

Acides fulviq.
libres (AFL)

Acides fulviq.
pyro (AFP)

Acides humiq.
pyro (AHP)

Acides humiq.
soudés (AHS)

Humine

héritée

liée au fer

liée à l'argile

évoluée

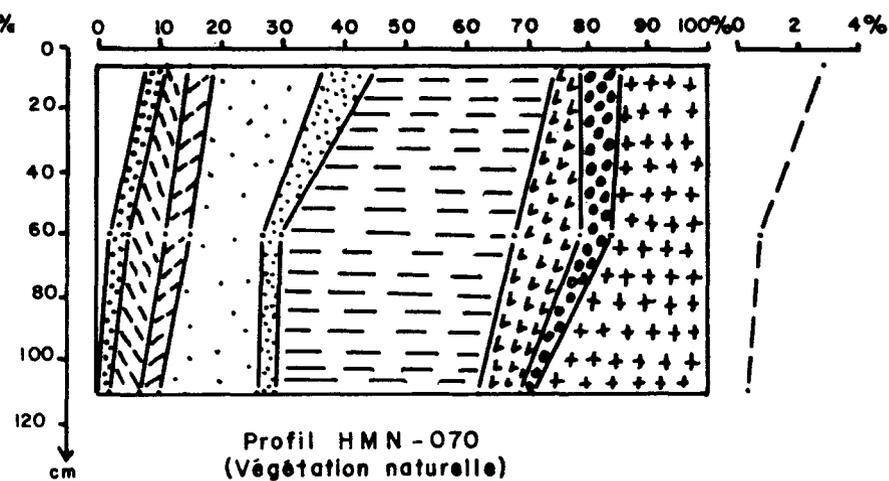
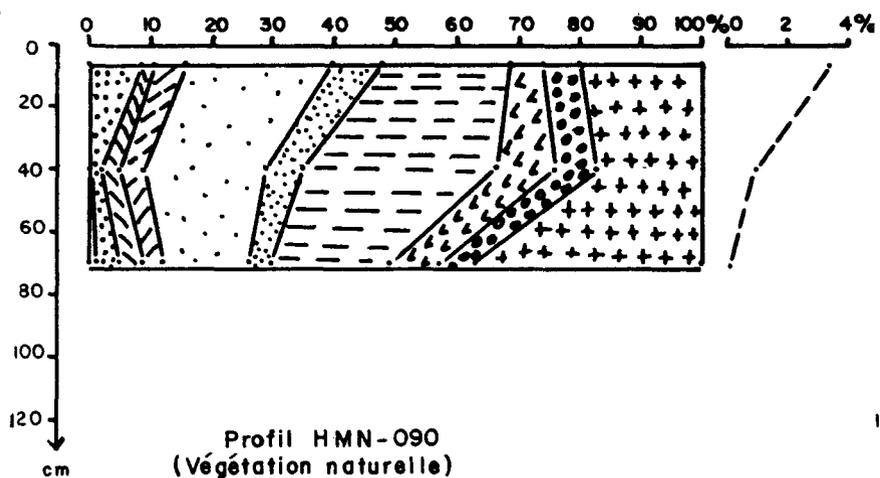
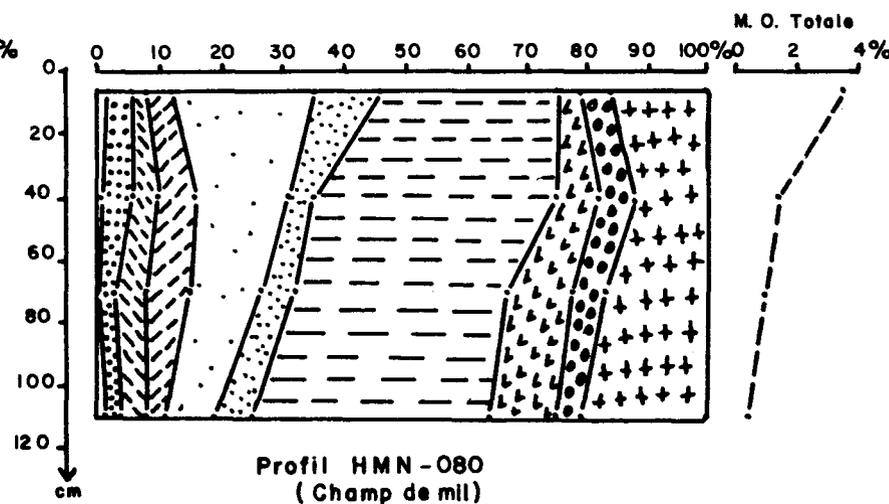
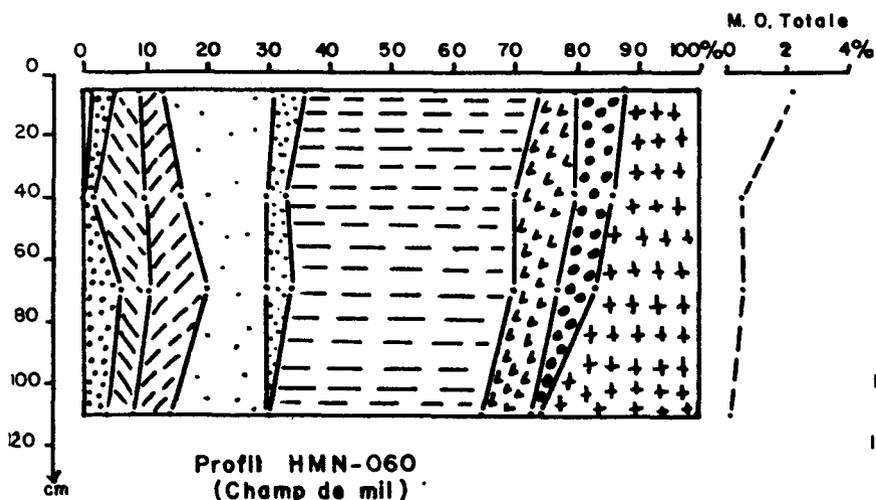


Fig. 3 : VARIATIONS DES FRACTIONS ORGANIQUES EN FONCTION DE LA PROFONDEUR
SOLS HYDROMORPHES

Dans les sols ferrugineux tropicaux, les AHG paraissent plus homogènes, ne formant qu'un pic plus ou moins aigu, dû à une évolution de courte durée dans des conditions de drainage homogène.

Par conséquent, la différence entre les sols hydromorphes et les sols ferrugineux tropicaux ne réside pas seulement dans leur teneur respective en acides humiques mais aussi dans la forme des pics des AHG qui, pour les sols hydromorphes, traduit une certaine hétérogénéité de ce groupe d'acides humiques avec évolution d'une fraction dans le sens d'une mobilité croissante. Cette différence, en relation avec la texture et l'hydromorphie peut-être interprétée comme suit :

- pour les sols hydromorphes, l'alternance d'engorgement et la dessiccation plus lente des différents horizons favorisent la formation de deux types d'AHG: l'un formé par condensation pendant la période humide, l'autre formé par maturation pendant la période de dessiccation lente (double pic).

- pour les sols ferrugineux tropicaux, la texture sableuse des horizons de surface provoque une dessiccation plus rapide entraînant la formation presque exclusive des acides humiques gris (AHG) de condensation pendant une courte période.

Au total, les facteurs climatiques orientent les différents processus de décomposition et l'évolution de la matière organique des sols étudiés ici et leur confèrent des traits communs. Mais, en revanche, d'autres conditions telles que la texture et la perméabilité influant sur le taux d'humidité et par conséquent sur l'intensité de ces processus, leur confèrent des caractères propres.

clc - Influence de la culture de mil

clca) Sur le pourcentage des fractions de la matière organique (tableaux 9, 10, 11).

Bien que pour chaque type de sol, tous les horizons aient été étudiés, seuls l'horizon supérieur et l'horizon sous-jacent de chaque profil, pour lesquels les résultats sont démonstratifs, sont ici pris en compte.

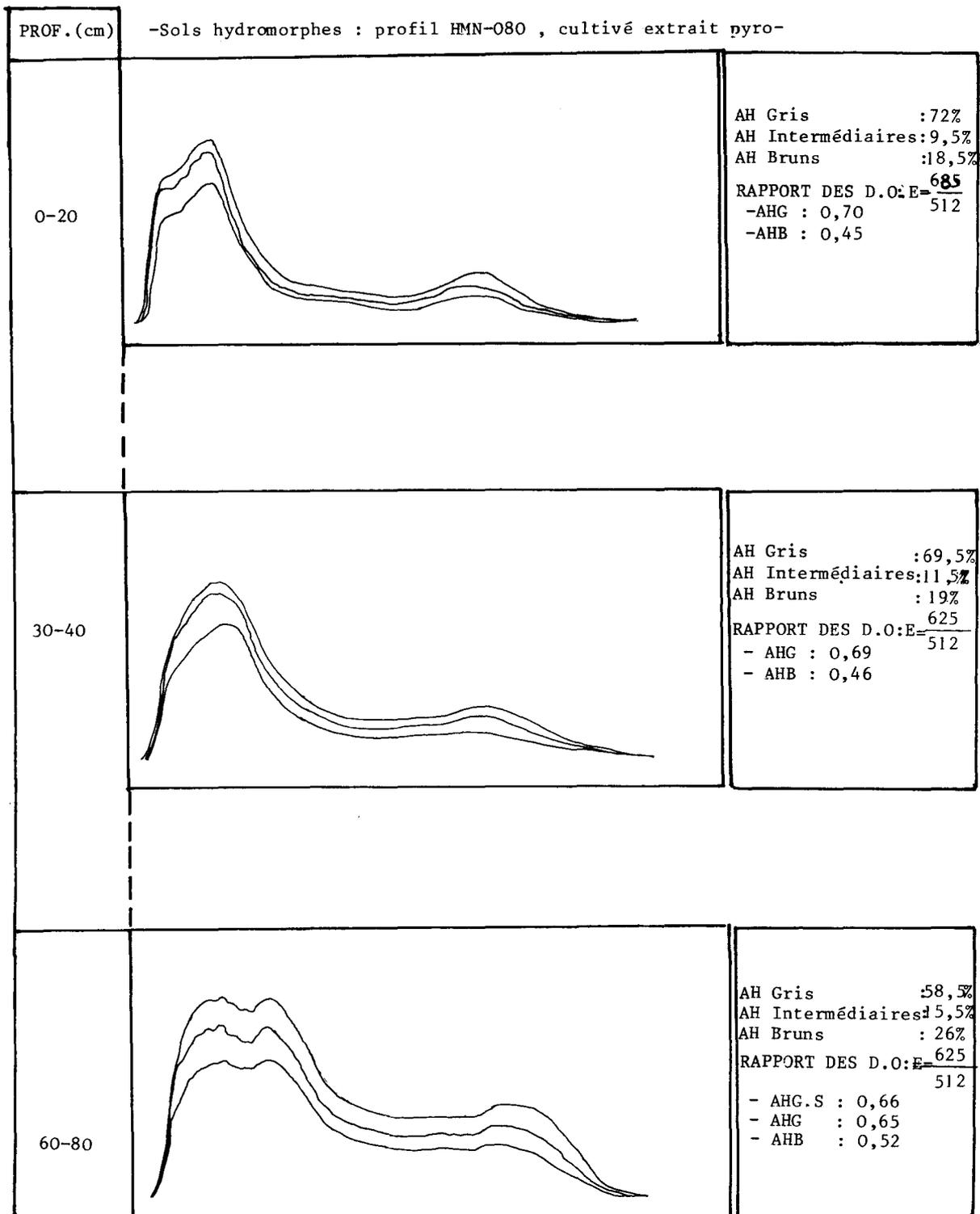
La mise en culture, même pour une période assez courte (moins de 3 ans), entraîne dans l'horizon supérieur, d'une part, une accumulation de l'humine héritée pour les sols ferrugineux tropicaux sans concrétions et pour les sols hydromorphes (profil HMN-060), et d'autre part, un accroissement du taux de l'humine liée au fer pour les sols ferrugineux tropicaux gravillonnaires. Dans un cas comme dans l'autre, le pourcentage d'humine totale augmente ; ce qui est en désaccord avec les résultats de SOURABIE (l.c.). Mais cette différence peut s'expliquer par le fait que les sols étudiés par cet auteur étaient irrigués contrairement aux nôtres. Par conséquent dans les sols les plus secs, ce sont les fractions fines qui se décomposent plus vite que les fractions grossières (humine héritée).

Pour les sols ferrugineux tropicaux gravillonnaires, l'abondance de l'humine liée au fer peut être rattachée à la diminution des taux d'acides humiques (AHP et AHS) et d'acides fulviques (AFP). Il n'est pas en effet exclu que la dégradation de ces fractions organiques puisse donner naissance à des substances qui, en raison du taux élevé en fer (total et libre), entraînent par insolubilisation la formation d'une humine liée au fer. Ce processus est confirmé par les teneurs légèrement plus élevées en acides fulviques libres (produits de dégradation). Par contre, pour les sols ferrugineux tropicaux sans concrétions, cette humine liée au fer (considérée ici comme "ancienne") est plutôt dégradée et les acides fulviques (AFL) qui en sont issus s'accumulent dans l'horizon inférieur.

Dans l'horizon sous-jacent, pour tous les profils sous culture de mil, le taux d'acides fulviques (AFP) augmente. Cette augmentation correspond surtout à une dégradation de l'humine : humine totale (en particulier héritée et évoluée) pour les sols ferrugineux tropicaux gravillonnaires, humine liée à l'argile et acides humiques (AHP) pour les sols ferrugineux tropicaux sans concrétions, humine évoluée pour les sols hydromorphes.

clcb) Sur le pourcentage des trois catégories d'acides humiques (AHG, AHI, AHB).

Fig. 5 - Electrophorégrammes



En fonction du couvert végétal (champ de mil ou végétation naturelle), la variation des pourcentages des trois catégories d'acides humiques présents dans les AHP, est surtout notable dans les sols ferrugineux tropicaux. Dans ces sols, entre 0-20 cm, le pourcentage des acides humiques bruns (AHB) est plus élevé sous culture de mil que sous végétation naturelle. Cependant, dans les sols ferrugineux tropicaux gravillonnaires, le fort pourcentage des acides humiques bruns s'accompagne d'une part d'un accroissement du taux d'acides humiques intermédiaires (AHI) et d'autre part d'une diminution de celui des acides humiques gris (AHG). Par contre, dans les sols ferrugineux tropicaux sans concrétions, le pourcentage des AHI diminue. Par conséquent, et toute proportion gardée, il semble que, sous l'effet des labours, la dépolymérisation des AHG dans les sols ferrugineux tropicaux gravillonnaires dont les humus

paraissent plus stables, produit d'abord des AHI puis, secondairement, des AHB ; alors que dans les sols ferrugineux tropicaux sans concrétions se ferait plutôt le passage direct des AHG aux AHB. Du reste pour les "sans concrétions", les taux d'AHB sous végétation naturelle ne représentent que la moitié (11,5%) de ce qu'ils sont sous culture de mil (24%).

Dans les sols hydromorphes aucune des trois catégories d'acides humiques ne présente de variations importantes en fonction du couvert végétal.

Au total, la mise en culture des sols ferrugineux tropicaux (gravillonnaires ou non) accentue l'accumulation des fractions organiques grossières, accélère la décomposition des fractions organiques fines, renforce les phénomènes d'oxydation des produits évolués.

Les modifications de composition de la matière organique totale, sont moins importantes pour les sols hydromorphes.

III - CONCLUSIONS

Les éléments essentiels qui ressortent de cette première étude sont les suivants :

a) - Entre FADA N'GOURMA et PIEGA, le système traditionnel de mise en culture des sols paraît avoir peu d'influence sur les caractères morphologiques et physiques des horizons supérieurs des sols ferrugineux tropicaux (gravillonnaires ou non) et des sols hydromorphes. Cependant, lorsqu'une diminution de la stabilité structurale en fonction de la profondeur est constatée, cela proscrie des labours profonds sans aménagements anti-érosifs, pour le cas où une culture moderne y serait envisagée.

b) - La culture traditionnelle ne permet pas un maintien de la fertilité chimique des sols. Pour que celle-ci soit maintenue, donc que la culture traditionnelle puisse assurer une production constante, il s'avère nécessaire d'apporter des engrais : dès le défrichement des sols hydromorphes et des sols ferrugineux tropicaux gravillonnaires, en entretien pour les sols ferrugineux tropicaux sans concrétions. Il sera indispensable, pour respecter les qualités biologiques (microfaune et microflore) des sols, de déterminer avec précision les doses à utiliser sur la base d'essais probants.

c) - Comme le système moderne le fait de son côté, le système traditionnel modifie d'emblée la composition de la matière organique totale, en accentuant l'accumulation des produits non ou peu décomposés et les phénomènes d'oxydation des produits évolués. En outre, il y a tout lieu de penser qu'en favorisant surtout la décomposition des fractions organiques fines (acides humiques - pyro ; acides-humiques-soude ; humine liée au fer et à l'argile), il contribue à abaisser la fertilité chimique ; ce qui serait une indication pour pratiquer avant tout apport d'engrais chimique minéral ou en même temps que celui-ci, un amendement organique. A cet effet, un compostage sérieux des éléments forestiers résultant du défrichement, additionnés ou non de fumier, pourrait être prévu. Il est indispensable qu'un tel amendement, directement enfoui, ne se décompose que progressivement et soit pour cela effectué en période humide.

BIBLIOGRAPHIE

- AUBREVILLE A. (1949). Climats, forêts et désertification de l'Afrique tropicale. Soc. d'édit. Géogr. maritimes et coloniales.
- BOS P. (1967). Notice explicative de la carte géologique au 1/200.000 (Feuille FADA N'GOURMA).
- BOULET R., LEBRUN J.C. (1969). Rapport pédologique de la Haute-Volta - Région Est. ORSTOM Centre de Dakar-Hann.
- BOULET R. (1971). Mise en évidence de deux types fondamentaux de toposéquences développées sur matériaux riches en minéraux altérables issus de granites ou de migmatites en Haute-Volta Orientale. *Bull. Liéis.*, B, 2.

- BOULET R. (1972). Modalités du lessivage dans les sols tropicaux développés sur granites - Haute-Volta. Etude micromorphologique. *Cahiers ORSTOM*, sér. pédol., X, 4.
- BOULET R., PAQUET H. (1972). Deux voies différentes de la pédogénèse en Haute-Volta. Convergence finale vers la montmorillonite. *C.R. Ac. Sci. Paris*, 275.
- BOULET R. (1975). Toposéquence de sols tropicaux en Haute-Volta. Equilibres dynamiques et Bioclimats. *Cahiers ORSTOM*, ser.pédol., XIII, 1.
- DABIN B. (1976). Interprétation agronomique des analyses du sol. *C.R. 6è Congrès Intern. Sc. sol.*
- DABIN B. (1965). Application des dosages automatiques à l'analyse des sols. 1ère partie : dosage de l'azote total Kjeldahl et du phosphore sous différentes formes. *Cahiers ORSTOM*, sér. pédol., III, 4.
- DABIN B. (1966). Application des dosages automatiques à l'analyse des sols. 2ème partie : dosage du fer total et du fer libre. *Cahiers ORSTOM*, sér. pédol. IV, 1.
- DABIN B. (1967). Applications des dosages automatiques à l'analyse des sols. 3ème partie : dosage du carbone organique dans les sols tropicaux. *Cahiers ORSTOM*, sér. pédol., V, 3.
- DABIN B. (1979). Extraction et dosage de la matière humique dans les sols. ORSTOM (Doc.Serv. Centr.) Bondy.
- DUCHAUFOR Ph., DOMMERGUES Y. (1963). Etude des composés humiques de quelques sols tropicaux et subtropicaux. *Sols africains*, VIII, 1.
- FELLER C., MILLEVILLE P. (1977). Evolution des sols de défriche récente dans la région des Terres Neuves (Sénégal Oriental). 1ère Partie. *Cahiers ORSTOM*, sér. biol., XII, 3.
- HENIN S., GRAS R. (1969). Le profil cultural. 2è édit. Masson, Paris.
- HOTTING G., OUEDRAOGO F.O. (1976). Notice explicative de la carte géologique à 1/1.000.000 de la République de Haute-Volta. DGM. Haute-Volta.
- KALOGA B. (1963). Reconnaissance pédologique des bassins versants des Voltas blanche et rouge. I. Etudes pédologiques. ORSTOM, Centre de Dakar-Hann.
- KALOGA B. (1965). Sols et pédogénèse dans les bassins versants des Voltas blanche et rouge (cours moyens). ORSTOM. Centre de Dakar-Hann.
- KALOGA B. (1966). Etude pédologique des bassins versants des Voltas blanche et rouge en Haute-Volta. 1ère partie : le milieu naturel. *Cahiers ORSTOM*, sér. péd., IV, 1.
- KALOGA B. (1972). Premiers résultats d'une étude morphologique et dynamique détaillée des sols cuirassés du Centre Sud de la Haute-Volta : horizons ferrugineux et les horizons d'altération sous-jacents. *Bull. Liés.*, B, 3.
- LENEUF N. (1955). Carte pédologique de la vallée du Sourou au 1/100.000. IDERT. Adiopodoumé.
- LEPRUN J.C. (1972). Premières observations sur des toposéquences à amont cuirassé en Haute-Volta Orientale : rôle de la pédogénèse dans la destruction des cuirasses et le façonnement du modelé. *Bull. Liés.*, B, 2.
- LEPRUN J.C. (1972) Cuirasses ferrugineuses autochtones et modelé des bas-reliefs des pays cristallins de Haute-Volta Orientale. *C.R. Ac. Sci. Paris*, 275.
- LEROUX H. (1969). Les sols de la région granitique de Nassian (Côte d'Ivoire). Etude particulière de leur matière organique. Thèse 3ème cycle. Univ. d'Abidjan.
- MAIGNIEN R., GAVAUD M., GOFFRE P. (1960). Etude pédologique de diverses vallées et cuvettes de la Haute-Volta. ORSTOM. Centre de Dakar-Hann.

- PALLO F. (1982) . Comparaison des caractères physico-chimiques et de la matière organique de trois pédoncs cultivés et vierges situés entre FADA N'GOURMA et PIEGA (Haute-Volta). Thèse de 3^e cycle. Univ. AIX-MARSEILLE III.
- PELLOUX P., DABIN B., FILLMANN G., GOMEZ P. (1971). Méthode de détermination des cations échangeables et de la capacité d'échange dans les sols. ORSTOM, IDT n° 17.
- PERRAUD A. (1969). Contribution à l'étude des composés humiques de la matière organique des sols forestiers de Côte-d'Ivoire. ORSTOM, Adiopodoumé.
- PERRAUD A. (1971). La matière organique des sols forestiers de la Côte d'Ivoire. Relations : sol - végétation-climat. Thèse d'Etat. Univ. Nancy I.
- ROOSE E.J. (1979). Dynamique actuelle de deux sols ferrugineux tropicaux indurés sous sorgho et sous végétation soudano-sahélienne.- Saria (Haute-Volta) : Synthèse de campagnes 1971 - 1974.
- SOURABIE N. (1979). Influence de la culture de canne à sucre sur les sols de Bérégadougou (Haute-Volta), cas particulier des facteurs de fertilité liés à la matière organique. Thèse 3^e cycle. Univ. AIX-MARSEILLE III.
- TURENNE J.F. (1975). Mode d'humification et différenciation podzolique de deux toposéquences Guyanaises. Thèse d'Etat, Univ. Nancy I.

Relations pluie pollinique-végétation en Kroumirie (Tunisie septentrionale)

B. BEN TIBA*

RESUME - Les relations pluie pollinique-végétation sont précisées en Kroumirie montagneuse à partir de trois transects de surface réalisés dans des chênaies pures ou mixtes de *Quercus suber* et *Quercus canariensis* à sous-bois d'*Erica arborea*. Il est montré que *Q. canariensis* est un bien meilleur producteur pollinique que *Q. suber* et que son pollen pénètre dans tous les milieux.

SUMMARY - The relationships between pollen rain and vegetation are precised for the mountainous part of Kroumiria on the basis of three transects made in pure or mixed *Quercus suber* and *Q. canariensis* oak-groves with *Erica arborea* undergrowth. It is shown that *Q. canariensis* is a much better pollen productator than *Q. suber* and that its pollen can be found in any vegetal formation.

MOTS CLES : Kroumirie, pluie pollinique, et végétation.

La Kroumirie est la région montagneuse et boisée du nord-ouest de la Tunisie. Les caractéristiques de son climat relativement humide (BORTOLI *et al.*, 1969) en font le domaine de prédilection de *Quercus suber* et *Q. canariensis*. Sa végétation est bien connue, notamment par les travaux de DEBAZAC (1959), SCHONENENBERGER *et al.* (1967, 1970), QUEZEL (1974, 1976), TIMBAL (1971), EL AFSA (1978), HOENISCH *et al.* (1965), ALOUI (1982).

La présente étude a été entreprise afin de servir de support à l'analyse pollinique de quelques sites tourbeux de la région (BEN TIBA 1980; BEN TIBA et REILLE 1982).

La connaissance des relations qui existent entre la végétation d'une région et la pluie pollinique qu'elle disperse est la clé indispensable à l'interprétation de diagrammes polliniques issus de sédiments de cette région. Aucune étude d'analyse pollinique ne saurait aujourd'hui être privée de cette connaissance qui vise en fin de compte à vérifier de façon permanente, dans chaque région, si possible dans chaque site, la validité du postulat de base de l'analyse pollinique selon lequel "les spores et pollens déposés en un point représentent fidèlement, sinon exactement, la végétation ambiante" (PONS, 1970).

C'est ainsi que certains domaines, tels que celui de l'analyse pollinique de sédiments de grottes (dans lequel bien peu de botanistes se sont risqués) où toute référence à ce type de recherche fondamentale fait défaut, sortent, au moins pour cette raison essentielle des possibilités que permet l'analyse pollinique à des fins paléoécologiques** et n'ont livré jusqu'à présent que des résultats sans valeur botanique.

On doit aux chercheurs du Laboratoire de Botanique historique et Palynologie de Marseille (directeur A. PONS) d'avoir précisé les grands traits de la pluie pollinique dans le bassin nord occidental de la Méditerranée (TRIAT 1969, 1970, 1971; TRIAT-LAVAL 1978,

*Laboratoire de Botanique historique et Palynologie, Faculté des Sciences et Techniques St-Jérôme, 13397 Marseille Cedex 13.
Institut Sylvo-Pastoral, Tabarka, Tunisie.

**Ils en sortent aussi, le plus souvent, du fait de la nature même du sédiment analysé, impropre à conserver la totalité de la pluie pollinique qu'il a reçue.

REILLE 1975, BEAULIEU 1977). Les études de REILLE en Corse (1975, 1977) ont montré notamment que des particularités propres à chaque site (le lac de Nino, par exemple) ou à la structure de la végétation (la sapinière du plateau d'Ovace, par exemple) pouvaient avoir une influence déterminante sur la composition de la pluie pollinique. Bien que cet Auteur ait travaillé aussi dans le Rif occidental marocain (REILLE, 1970, 1977) une région au climat et à la végétation assez semblables à ceux de la Kroumirie, il ne s'y est pas livré à une étude systématique des relations pluie pollinique-végétation et celles-ci n'apparaissent que dans les spectres de surface de 12 diagrammes polliniques (REILLE, 1977, l.c.) et quelques autres spectres inédits qu'il nous a communiqués.

La présente recherche est donc la première de ce type en Afrique du Nord; elle a été faite à partir de l'étude du contenu sporopollinique de coussinets de mousses homogénéisés (HEIM, 1970).

Afin de disposer de données concernant les principaux types de groupements végétaux de la région (la zone côtière exceptée), il a été procédé à un prélèvement sur 80 petites surfaces réparties, à peu près tous les cinq cents mètres, selon trois transects de grandes dimensions. Dans chacune de ces petites surfaces (100 m² environ) une dizaine de fragments de coussinets de mousses a été prélevée.

Le choix des transects a été inspiré par le souci de prendre en compte les variations floristiques et de structure des principaux groupements végétaux et, pour l'un d'entre eux, l'intervention du vent dominant.

Ainsi, nous avons réalisé trois transects de surface à partir du site de Dar Fatma (fig. 1) :

- le premier de 20 km, de direction générale NE-SW jusqu'à Hammam Bourguiba (160 m d'altitude), traversant le village d'Aïn Draham;
- le second de 10 km environ, de direction SW-NE jusqu'à Bir Essemem (400 m d'altitude);
- le dernier de 10 km environ aussi, de direction NW-SE (direction du vent marin dominant), jusqu'aux environs de Aïn Zana (630 m d'altitude).

Pour compléter la figuration schématique de la végétation dessinée sur les profils topographiques des transects, une description sommaire de ces derniers est nécessaire. Pour chaque surface de prélèvements, celle-ci concernera, au-delà du plateau lui-même, le milieu environnant.

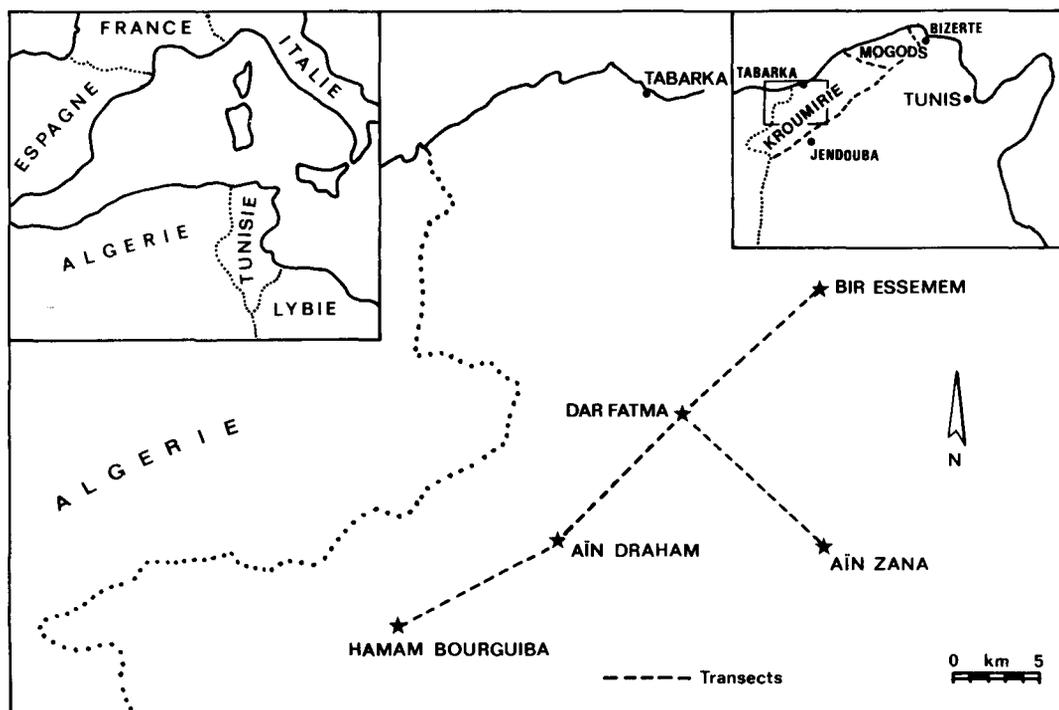


Fig1. Localisation géographique des transects

I - DE DAR FATMA VERS BIR ESSEMEN

- A. DESCRIPTION SOMMAIRE DES PLACEAUX (le transect étant pris sur un versant d'exposition générale au nord-est).
1. Limite est de la clairière de Dar Fatma. Dépôt de liège et Chênes liège épars (60%) sous-bois très clair* à *Erica arborea*, strate herbacée à Graminées avec quelques *Asphodelus microcarpus*.
 2. Devant le poste forestier de Dar Fatma, sous Chênes liège très épars (40%) au bord d'une clairière de 2 ha. Quelques Chênes zéens isolés et quelques arbres fruitiers. Sous-bois très clair composé d'*Erica arborea*, *Calycotome villosa* et Graminées.
 3. Limite entre une belle futaie de Chêne liège en amont, se mélangeant au Chêne zéen très vigoureux vers l'aval, le recouvrement dans les deux cas se situe entre 70 et 80%. Sous-bois clair d'*Erica arborea*, *Urginea maritima* et *Asphodelus microcarpus* présents dans les espaces libres.
 4. Futaie (70%) de Chêne zéen de belle venue en mélange avec quelques rares Chênes liège sur versant sud-est. Sous-bois ouvert à *Erica arborea*, *Urginea maritima*, *Calycotome villosa* et Graminées.
 5. Très belle futaie de Chêne zéen pure (80 à 90%) sur versant sud-ouest à pente forte, avec sous-bois presque absent sauf quelques Graminées.
 6. Jeune futaie de Chêne zéen de belle venue (80%), sous-bois bien développé à base d'*Erica arborea*. Vieille futaie de Chêne zéen pure à l'amont aussi mais ouverte avec quelques sujets de forme tabulaire (60%) et un sous-bois clair à *Erica arborea*, *Calycotome villosa* et Graminées.
 7. Très belle futaie de Chêne zéen pure avec une abondante régénération sur versant sud-est (90%), même sous-bois très clair.
 8. Vieille futaie de Chêne liège en mélange avec une jeune futaie de Chêne zéen dominée et quelques vieux semenciers de forme tabulaire sur versant est, l'ensemble atteint un recouvrement de 80-90%. Même sous-bois très dense.
 9. Très vieille futaie de Chêne zéen, ouverte, sur versant sud-ouest (70%), sous-bois à *Erica arborea*, *Asphodelus microcarpus*, *Urginea maritima*, Graminées, très clair et par taches.
 10. Jeune futaie de Chêne zéen pure de très belle venue (80%), sur versant sud; sous-bois très clair à *Erica arborea*, *Asphodelus microcarpus*, *Urginea maritima* et quelques jeunes semis de Chêne zéen.
 11. Futaie de Chêne liège en mélange avec jeune futaie de Chêne zéen dominée (80% de recouvrement total) sur un versant sud-est; sous-bois ouvert à *Erica arborea*, *Arbutus unedo*, *Myrtus communis*, *Cistus salviifolius* et strate herbacée dominée par les Graminées.
 12. Jeune et très belle futaie de Chêne liège avec quelques jeunes et rares Chênes zéens (80% de recouvrement total) surtout à l'amont sur versant est; sous-bois clair à *Erica arborea*, *Arbutus unedo*, *Asphodelus microcarpus*, *Myrtus communis*, *Cistus salviifolius*, Graminées. Quelques habitations et parc à liège à proximité.
 13. Très belle futaie de Chêne liège en mélange avec quelques très rares Chênes zéens de forme tabulaire (80 à 90% de recouvrement total); sous-bois ouvert à dégradé par endroits à base d'*Erica arborea*, *Myrtus communis*, *Arbutus unedo*, *Calycotome villosa*, *Urginea maritima*, *Phillyrea angustifolia* sur versant sud-est.
 14. Très belle futaie de Chêne liège (80%); même sous-bois très dense.
 15. Très belle futaie de Chêne liège (80%) sur versant sud-ouest avec sous-bois très dense à *Erica arborea*, *Arbutus unedo*, *Myrtus communis*, *Cistus salviifolius* et quelques herbacées.
 16. Jeune futaie de Chêne liège de belle venue sur versant sud-ouest (80-90%), sous-bois identique au précédent.
 17. Jeune taillis de Chêne liège (70%) avec sous-bois très dense dont la hauteur atteint celle du taillis.
 18. Mêmes formations que précédemment mais avec *Halimium halimifolium*, *Lavandula stoechas* et Graminées dans le sous-bois.
 19. Futaie de Chêne liège de belle venue (60%) sur versant sud-ouest. Sous bois très dense, de 4 à 5 m de haut, à base d'*Erica arborea*, *Myrtus communis*, *Phillyrea angustifolia*, *Arbutus unedo*, avec herbacées diverses.
 20. Jeune taillis de Chêne liège (60%) sur versant sud-est, avec sous-bois très dense, identique au précédent mais comportant de plus *Lavandula stoechas*, *Phillyrea media*, *Cistus salviifolius*, *Halimium halimifolium* et plus d'herbacées, parsemé de quelques rares Chênes zéens; le bas-fond et les ravins voisins sont colonisés par le Chêne zéen.
 21. Très jeune taillis très clair de Chêne liège (30%), avec sous bois très dense étouffant le taillis, à base d'*Erica arborea*, *Arbutus unedo*, *Halimium halimifolium*, *Cistus salviifolius*, *Lavandula Stoechas* et herbacées diverses.

* Les vocables "impénétrable", "très dense", "dense" et "clair" se réfèrent aux descriptions communément utilisées par les forestiers.

B. COMMENTAIRE

Ce transect, d'une longueur d'environ 10 km, a été pris sur un versant d'exposition générale nord-est, l'altitude est régulièrement décroissante depuis le site de Dar Fatma (780 m) jusqu'au village de Bir Essemen (400 m).

Dans cette région forestière, le rapport PA/T ne connaît pas de valeurs inférieures à 50%, même dans les endroits les plus déboisés. Les placeaux 1, 2 et 12 dans les sites les plus anthropisés indiquent pour lui des valeurs respectivement de 62, 61 et 53%. Des fréquences de PA/T supérieures à 65% reflètent un milieu forestier dont la structure peut être très variée.

L'analyse des courbes polliniques des trois principaux taxons arboréens, *Q. canariensis*, *Q. suber* et *Erica arborea* est plus instructive :

- Au-dessus de 600 m d'altitude, dans une zone de mélange des deux chênes en proportions variables et en peuplements d'âges divers, avec sous-bois de *Erica arborea*, les taux de *Q. canariensis* ne sont jamais inférieurs à 30% (sauf au placeau 8 qui montre un pic accidentel d'*Erica arborea* : peut-être la récolte d'une ou plusieurs étamines entières !) et atteignent 60 à 70% localement en 10 et 11. Dans la même zone, *Q. suber* atteint au plus 10% et *Erica arborea* voit ses fréquences osciller autour de 15%. Cette zone correspond à l'évidence à la zone optimale de la floraison et de la dispersion pollinique de *Q. canariensis* dont le pollen présente une puissante aptitude à pénétrer tous les milieux, y compris ceux d'où ses propres producteurs sont localement absents (placeau 2) ou à rôle secondaire (11). Comme l'a montré REILLE (1977) en Corse, les milieux forestiers les plus fermés (placeaux 4 et 5) ne livrent en moyenne que des fréquences assez basses de l'arbre dominant. A l'inverse de ce qui se passe pour *Q. canariensis*, les taux polliniques de *Q. suber*, qui n'atteignent jamais 20%, ne rendent compte que très médiocrement de l'importance que joue cet arbre dans la végétation de cette zone. Même en position très dominante sur le terrain (placeaux 2, 8 et 11), sa production pollinique demeure très subordonnée à celle de *Q. canariensis*. Ces faits sont de la plus haute importance pour l'interprétation des diagrammes polliniques de ces régions (BEN TIBA et REILLE 1982). Quant à *Erica arborea*, ses fréquences étales autour de 15% témoignent à la fois de son omniprésence dans presque tous les sous-bois forestiers, de son abondante production pollinique et de sa facilité de dispersion déjà montrées par REILLE en Corse (1975) : son pollen pénètre dans des milieux d'où les producteurs sont absents (placeau 5) et y atteint des fréquences comparables à celles notées partout ailleurs dans la même zone.

- Au-dessous de 600 m d'altitude, dans une zone qui est le domaine exclusif de *Q. suber* et dans laquelle *Q. canariensis* n'intervient que rarement dans l'horizon supérieur (placeaux 12 et 13) ou en ripisylve dans l'horizon inférieur (placeau 24) la représentation de *Q. suber* est optimale avec des fréquences de l'ordre de 40%, mais celle de *Q. canariensis* demeure égale ou supérieure à celle de *Q. suber* dans la zone de mélange régulière des deux chênes. Au-dessous de 500 m d'altitude le pollen d'*Erica arborea* devient le plus abondant et ses fréquences s'élèvent jusqu'à 55%, ce qui traduit bien l'importance des faciès de dégradation de la suberaie et l'étendue des maquis.

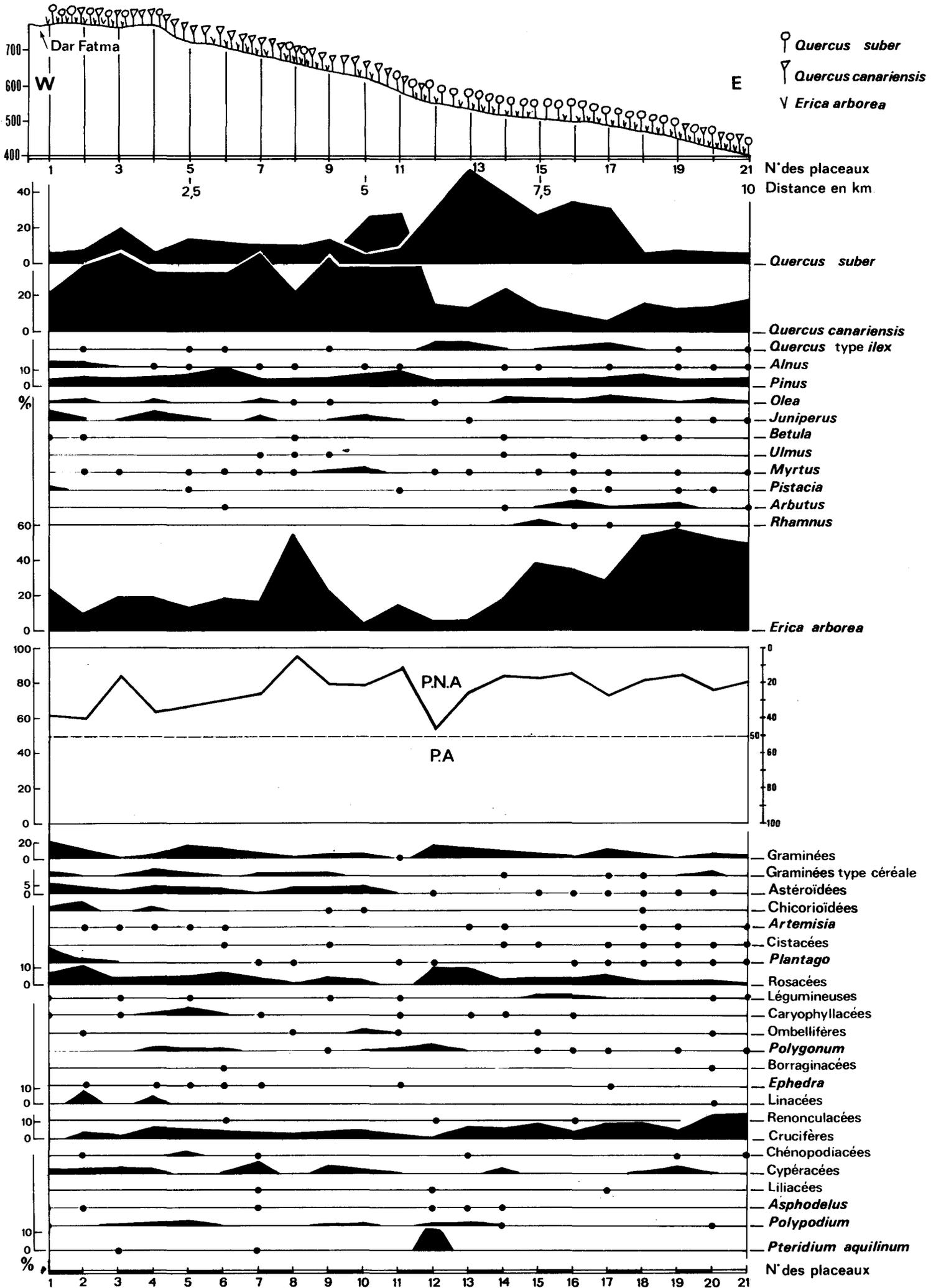
Il convient de noter aussi la faible représentation de *Pinus* dont les taux, toujours inférieurs à 10%, témoignent de la présence régionale de l'arbre.

II - DE DAR FATMA VERS HAMMAM BOURGUIBA

Ce transect, qui a la même direction générale que le précédent, en a été séparé en raison de sa topographie plus accidentée qui introduit des inversions de végétation et complique un peu l'étagement des espèces forestières.

دار فاطمة إلى بئر الصنم
Transect de surface W~E.

قطاع طولی سطحی غربی شرقی من
De Dar Fatma vers Bir Essemen

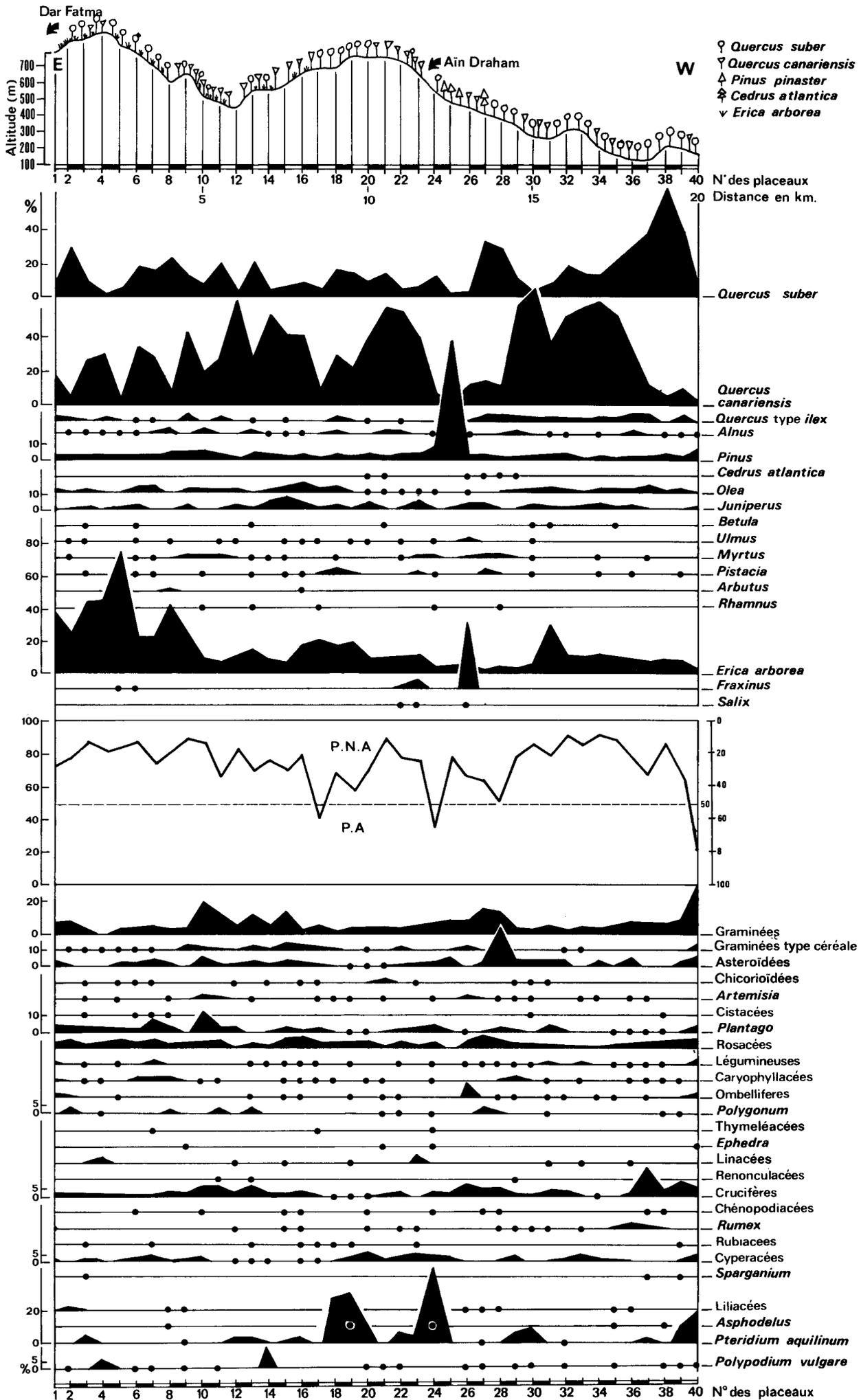


A. DESCRIPTION SOMMAIRE DES PLACEAUX (le transect est pris sur un versant d'exposition générale au sud-ouest).

1. Sur la tourbière de Dar Fatma, pas de strate arborée.
2. Limite sud-ouest de la clairière : futaie de Chêne liège avec un recouvrement de l'ordre de 70%, sous-bois dense d'*Erica arborea* avec Graminées et Asphodèles.
3. Vieille futaie de Chêne liège avec quelques Chêne zéens, sous-bois très dense à *Erica arborea*.
4. Vieille futaie de Chêne liège et Chêne zéen; jeune taillis de Chêne liège très dense (90%) en amont, sous-bois très dense d'*Erica arborea*, présence de *Cytisus triflorus* et de Graminées.
5. Maquis très dense d'*Erica arborea* et *Pteridium aquilinum* parsemé de quelques pieds de Chêne liège (20-30%).
6. Jeune futaie de Chêne liège très dense (80%). Sous-bois impénétrable à base d'*Erica arborea*, *Pteridium aquilinum* et *Cytisus triflorus*.
7. Tranchée pare-feu traversant une jeune futaie de Chêne liège très dense (80%) avec sous-bois d'*Erica arborea* et *Pteridium*.
8. Jeune taillis de Chêne liège (60%), sous-bois identique au précédent.
9. Versant secondaire nord; limite entre de très belles futaies de Chêne liège et de Chêne zéen. Sous-bois clair à *Erica arborea*, *Cytisus* Graminées.
10. Vieille futaie de Chêne zéen très dégradée sur versant nord-ouest (quelques individus âgés de forme tabulaire). Sous-bois très clair d'*Erica* parsemant une pelouse riche en Graminées. Sur la crête peuplement de Chêne liège (60%).
11. Forêt dégradée de Chêne zéen (60 à 70%), quelques rares bouquets d'*Erica arborea* avec *Daphne gnidium*, *Pteridium aquilinum*, présence de très rares *Cytisus triflorus*.
12. Vieille futaie de Chêne zéen très dégradée (30%) sur versant nord, roche mère affleurante par endroit, sous bois presque absent à très rares *Erica arborea*. *Pteridium* très abondant, habitations à proximité.
13. Forêt de Chêne liège dégradée (60%), quelques Chênes zéens; abondance d'*Erica arborea* et *Pteridium aquilinum*.
14. Vieille futaie de Chêne zéen pure, dégradée (70%) sur versant sud. Sous-bois composé d'*Erica arborea*, *Pteridium aquilinum*, *Urginea maritima*, *Asphodelus microcarpus* et quelques rares *Cytisus triflorus*.
15. Très belle futaie de Chêne zéen (70%), Chênes liège sur la crête, quelques enclaves cultivées avec habitations dans les environs. Abondance d'*Erica arborea* et *Calycotome villosa*.
16. Futaie de Chêne zéen dégradée (50%) sur sol très dégradé. Abondance d'*Erica arborea*, *Calycotome villosa*; existence de deux petits lacs à l'aval.
17. Futaie de Chêne liège dégradée (50%) sur sol très dégradé. Abondance d'*Erica arborea*, *Calycotome villosa*, *Daphne gnidium*; cultures et habitations dans les environs.
18. Futaie de Chêne liège en bon état (70%). Abondance d'*Erica arborea*, *Myrtus communis*, *Calycotome villosa*...
19. Futaie de Chêne liège en bon état (70%) avec quelques Chênes zéens sur versant N-E. Abondance d'*Erica arborea* et *E. multiflora*, *Daphne gnidium*, *Myrtus*.
20. Futaie de Chêne zéen bien venue (80%) sur versant N-E. Abondance d'*Erica arborea*, *Myrtus*, *Calycotome*.
21. Très belle futaie de Chêne zéen (80%) se dégradant vers l'aval où elle se mélange progressivement au Chêne liège sur versant Est. Sous-bois très dégradé à base d'*Erica*, *Calycotome*...
22. Très belle futaie de Chêne zéen sur versant NE (80% à 90%). Sol très dégradé à forte pente. Abondance d'*Erica arborea*, de *Pteridium* et de *Cytisus triflorus*.
23. Futaie mélangée Chêne zéen-Chêne liège. Le Chêne zéen domine vers l'aval sur versant nord (80%). Abondance d'*Erica arborea*, *Daphne gnidium*, *Pistacia lentiscus*, *Cytisus triflorus*, *Myrtus communis*.
24. Futaie très dégradée de Chêne liège. Plantation de Pin maritime (20 à 25 ans, 5 à 7 m de haut). Sous-bois clair à base d'*Erica arborea*, *Pistacia lentiscus*, *Pteridium aquilinum*, *Daphne gnidium*, *Calycotome villosa*, Graminées diverses. Caserne dans les environs.
25. Plantation de Pin maritime sur versant nord (20 ans). *Idem*.
26. Futaie de Chêne zéen très dégradée (60%). *Erica arborea*, *Calycotome*, bosquets de *Fraxinus*.
27. Du côté de la pépinière forestière. Suberaie de belle venue à l'amont (80%), trois individus plantés de *Cedrus atlantica* à côté de la maison forestière.
28. Suberaie très dégradée (60%), à la limite d'une clairière de quelques hectares, colonisée par de rares bouquets d'*Erica*, pelouse de Graminées, rares *Olea*.
29. Futaie de Chêne zéen dégradée sur versant nord (70%) et sol très dégradé. *Erica arborea*, *Myrtus*, *Pistacia lentiscus*.
30. Futaie mélangée Chêne liège - Chêne zéen sur versant nord (80%). Le Chêne zéen descend assez bas en suivant les ravins, sous-bois clair.

دار فاطمة إلى حمام بورقيبة
Transect de surface E-W.

قطاع طولى سطحى شرقى غربى من
de Dar Fatma à Hammam Bourguiba



31. Futaie dégradée de Chêne liège (70%), avec clairière colonisée par *Erica arborea*. Vers l'aval, terrain nu autour de quelques habitations avec rares *Olea*.
32. Futaie de Chêne liège (70%), sous-bois clair à *Erica*, *Olea europaea*...
33. *Idem* avec *Cistus monspeliensis*.
34. Futaie de Chêne liège (70%) avec des Chênes zéens dans un ravin qui draine la surface. Même sous-bois.
35. Futaie de Chêne liège sur sol très dégradé (70%) à la limite d'une clairière avec *Erica arborea* dominant et *Olea*, *Pistacia*, *Myrtus*...
36. Au coeur d'une belle futaie de Chêne liège (80-90%). Très belle futaie de Chêne zéen longeant le proche Oued Dhalam avec régénération abondante. Même sous-bois.
37. Même formation que précédemment, mais à proximité d'une petite olivaie.
38. Sur la piste Hamam Bourguiba - Aïnd Draham. Dans la suberaie très dense (80%), sur versant S-E, Chêne zéen au bord de l'Oued Dhalam. Toujours le même sous-bois.
39. Futaie de Chêne liège qui se mélange au Chêne zéen vers l'aval. Même sous bois.
40. Village Hamam Bourguiba. Chêne liège aux environs. Quelques bosquets d'*Eucalyptus*, avec sous-bois toujours identique.

B. COMMENTAIRE

Le rapport PA/T ne s'abaisse en dessous de 50% que dans les placeaux 17, 24, 28, 40 qui correspondent à des lieux cultivés ou à de vastes clairières de la forêt. Dans ces placeaux soit les Graminées, soit *Pteridium aquilinum* figurent le mieux la strate herbacée.

Quercus suber n'atteint une fréquence supérieure à 30% que dans la plus belle suberaie du transect, à moins de 250 m d'altitude (placeaux 37, 38, 39).

Des fréquences comprises entre 10 et 25% indiquent soit une futaie pure dont le recouvrement est de l'ordre de 80%, soit la limite d'une suberaie, soit une suberaie ouverte ou dégradée. Dans la zone de mélange régulier de *Q. suber* et *Q. canariensis*, l'absence locale de *Q. suber* dans la végétation d'un plateau peut correspondre à des fréquences polliniques allant jusqu'à 10%. Quant à *Q. canariensis*, dans ses forêts pures au-dessus de 450 m d'altitude (placeaux 12, 14, 15, 16), qu'il s'agisse d'une belle futaie ou de futaie ouverte ou dégradée, ses fréquences dépassent toujours 40%. En mélange avec *Q. suber*, quel que soit le recouvrement de chacune des deux espèces, ses taux sont toujours supérieurs à ceux de dernière. A basse altitude, au-dessous de 350 m où sa situation est azonale, soit en ubac, soit dans les fonds de ravin ou en ripisylve (placeaux 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36) son pollen, dont les fréquences sont aussi élevées que dans les zénaies pures, pénètre dans tous les milieux et cette constatation traduit parfaitement la dominance de la production et de la dispersion polliniques de *Q. canariensis* sur celle de *Q. suber*.

Erica arborea connaît son maximum de 70% au niveau du maquis très dense (placeau 5) et des fréquences de l'ordre de 40% indiquent l'existence d'un sous-bois continu de cette espèce (placeaux 1, 3, 4, 8). Ses taux oscillent entre 10 et 20% dans les chênaies à sous-bois relativement clair et deviennent inférieurs à 10% quand le sous bois est très discontinu ou épars.

La courbe de *Pinus* ne dépasse guère 5% tout au long du transect alors qu'elle s'élève brutalement à 70% au seul niveau de la plantation (placeau 25), celle-ci faisant écran à la dispersion pollinique des *Quercus* dont la représentation est réduite à une présence. Cette faiblesse des taux de *Pinus* rend bien compte du rôle mineur joué par ce taxon dans la végétation de cette région de chênaies.

La représentation d'*Olea*, qui n'atteint jamais 5% dans les placeaux 28 et 39 où l'espèce est présente sur place, et 37 dans une olivette, est bien inférieure à celle qui a été notée pour cet arbre en Europe méditerranéenne (BEAULIEU, 1977; REILLE, 1975). Il est très probable que dans le bioclimat de la Kroumirie sa floraison soit limitée par l'excès d'humidité

(EMBERGER, 1938). La présence de son pollen dans tous les placeaux ne traduit que l'existence du genre à l'échelon régional.

Il faut noter que pour les trois cèdres plantés (placeau 27), leur dispersion pollinique se limite à un rayon de quelques centaines de mètres autour des producteurs.

Quant aux herbacées, les Graminées, Astéroïdées, Rosacées, Crucifères et *Plantago* sont les courbes les plus significatives; elles rendent compte de l'importance de la strate herbacée au niveau des clairières et des lieux anthropisés.

III. DE DAR FATMA A AIN ZANA

A. DESCRIPTION SOMMAIRE DES PLACEAUX (le transect étant pris sur un versant d'exposition générale au sud-est).

1. Limite sud de la clairière. Futaie de Chêne liège (70%) sur versant sud-est. Maquis moyennement dense à *Erica arborea*, *Urginea*, *Asphodelus*, *Osmunda*, *Rubus ulmifolius*, *Crataegus*, quelques herbacées.
2. Vieille futaie de Chêne zéen en mélange avec Chêne liège (70%) sur versant est. Maquis clair de même composition que le précédent.
3. Très vieux Chênes zéens et Chênes liège (50 à 60%) sur une clairière d'une dizaine d'hectares, entourée par une jeune futaie de Chêne zéen (80%). Maquis à base d'*Erica arborea*, *Cistus salvifolius*, *Pteridium aquilinum*, *Daphne gnidium*, *Rubus ulmifolius*, *Urginea maritima*, *Asphodelus microcarpus*, *Crataegus sp.*, *Osmunda regalis*.
4. Vieux Chênes zéen éparpillés sur une clairière d'une dizaine d'hectares (50%) au-dessus d'un bas-fond avec terrains de cultures et habitations et au dessus d'une vieille futaie de Chêne zéen (70%) présentant quelques cîmes tabulaires et desséchées. Sur versant sud, au pied d'un versant occupé par un mélange Chêne liège - Chêne zéen sur la crête faisant face à la clairière et belle futaie de Chêne liège sur le versant (80%). Maquis dense à base d'*Erica arborea*, *Ulmus campestris*, *Cytisus triflorus*, *Daphne gnidium*, *Urginea maritima*, *Asphodelus microcarpus*.
5. Piémont occupé par des cultures et des habitations avec quelques arbres fruitiers, Chêne liège et *Alnus*, mélange Chêne liège-Chêne zéen sur versant est, le premier dominant vers la crête (80%) avec sous-bois à *Erica arborea*, *Pteridium aquilinum*, *Cistus salvifolius*, *Urginea maritima*, *Asphodelus microcarpus*.
6. Belle futaie de Chêne liège (80%) avec quelques rares Chênes zéens en mosaïque avec des terrains de cultures sur versant S-S-E., avec sous-bois dense à *Erica arborea*, *Cistus salvifolius*, *Halimium halimifolium*, *Pistacia*, *Cytisus*, *Lavandula stoechas*, *Daphne gnidium*, *Genista foerax*, *Rubus ulmifolius*, *Crataegus lacinata*, *Urginata maritima*, *Asphodelus microcarpus*.
7. Jeune futaie de Chêne liège de belle venue, pure (70 à 80%), jouxtant une clairière en amélioration pastorale (quelques hectares). Sous-bois assez dense à *Erica arborea*, *Myrtus communis*, *Rubus ulmifolius*, *Arbutus unedo*, *Cistus salvifolius*, *Halimium halimifolium*, *Daphne gnidium*, *Phillyrea media*, *Pistacia lentiscus*.
8. Clairière à sol défriché de quelques hectares, entourée d'une belle futaie de Chêne liège avec sous-bois identique au précédent mais clair par endroits.
9. Futaie (60 à 70%) de Chêne liège avec quelques très rares Chênes zéens, avec sous bois toujours identique mais très dense.
10. Très jeune taillis de Chêne liège (60%) avec même sous bois très dense.
11. Jeune plantation de Pin maritime de 2 à 3 ans dans un maquis identique au sous-bois précédent.
12. Jeune plantation de Pin maritime de 17 ans environ atteignant la hauteur du maquis très dense, haut de 3 à 4 m, toujours de même composition.
13. Taillis de Chêne liège clair (60%) en mélange avec une plantation de Pin maritime de 14 ans environ sur versant S-O. Sous-bois toujours de même composition mais très clair et laissant la place à une strate herbacée développée.
14. Non loin de la maison forestière de Majen Saf, jeune futaie de Chêne liège (60%), berges de ravins fixées par de jeunes plantations de Pin maritime et d'Acacia. Sous-bois dense, toujours de même composition.
15. Jeune futaie (80%) de Chêne zéen avec quelques rares Chênes liège sur versant nord. Sous-bois dense à *Erica arborea*, *Myrtus communis*, *Arbutus unedo*, *Smilax aspera*, *Rubus ulmifolius*, *Phillyrea angustifolia*, *Urginea maritima*, *Asphodelus microcarpus*. Parcelle d'amélioration pastorale au voisinage.
16. Jeune taillis de Chêne liège (60%) sur versant sud-est, avec sous-bois très dense développé, comportant *Crataegus*, *Daphne* et *Genista* en plus des éléments notés dans le placeau précédent.
17. Jeune taillis de Chêne liège (60%), jeune plantation de Pin maritime de 12 à 14 ans au voisinage sur exposition S-E. Sous-bois à *Erica arborea*, *Halimium halimifolius*, *Phillyrea angustifolia*, *Myrtus communis*, *Calycotome villosa*, *Cistus salvifolius*, *Lavandula stoechas* et *Daphne gnidium*.

18. Futaie de Chêne liège ouverte (60%) sur versant N-O, plantation de Pin maritime de 8 à 10 ans au voisinage. Sous-bois dense semblable au précédent.
19. Très jeune taillis de Chêne liège très ouvert (40%) sur versant S-E, plantation de Pin maritime de 8 ans aux environs. Même sous-bois très dense que dans le plateau précédent.
20. Jeune futaie de Chêne liège ouverte (60%) sur versant N-E, jeune plantation de Pin maritime de 6 à 8 ans à l'aval, sous-bois identique au précédent.

B. COMMENTAIRE

La courbe de *Q. suber* montre deux parties distinctes.

La première correspond aux neuf premiers plateaux où ses fréquences sont de l'ordre 20%, se rapporte à des suberaies adultes ou à des zones de mélange avec *Q. canariensis*.

La seconde, dans laquelle ses fréquences dépassent à peine 10%, correspond exclusivement à des taillis ou de jeunes futaies de *Q. suber* au sein desquels *Erica arborea* est l'espèce dont le pollen est le plus abondant, ses fréquences étant toujours alors supérieures à 50%.

A l'inverse, on observe au plateau 15 qu'une jeune futaie de *Q. canariensis* peut produire beaucoup de pollen (52%). Pour les deux chênes seules des fréquences supérieures à 30% semblent être significatives des forêts quasi pures de l'une ou l'autre espèce. Dans les formations très ouvertes où ils apparaissent en mélange (plateaux 3 et 4) leurs fréquences s'équilibrent autour de 20%. *Erica arborea* ne connaît ses plus hautes fréquences (50 à 65%) que lorsqu'elle est l'espèce dominante d'un sous-bois dense. En maquis clair ou sous futaie de Chêne ses taux sont généralement inférieurs à 40%.

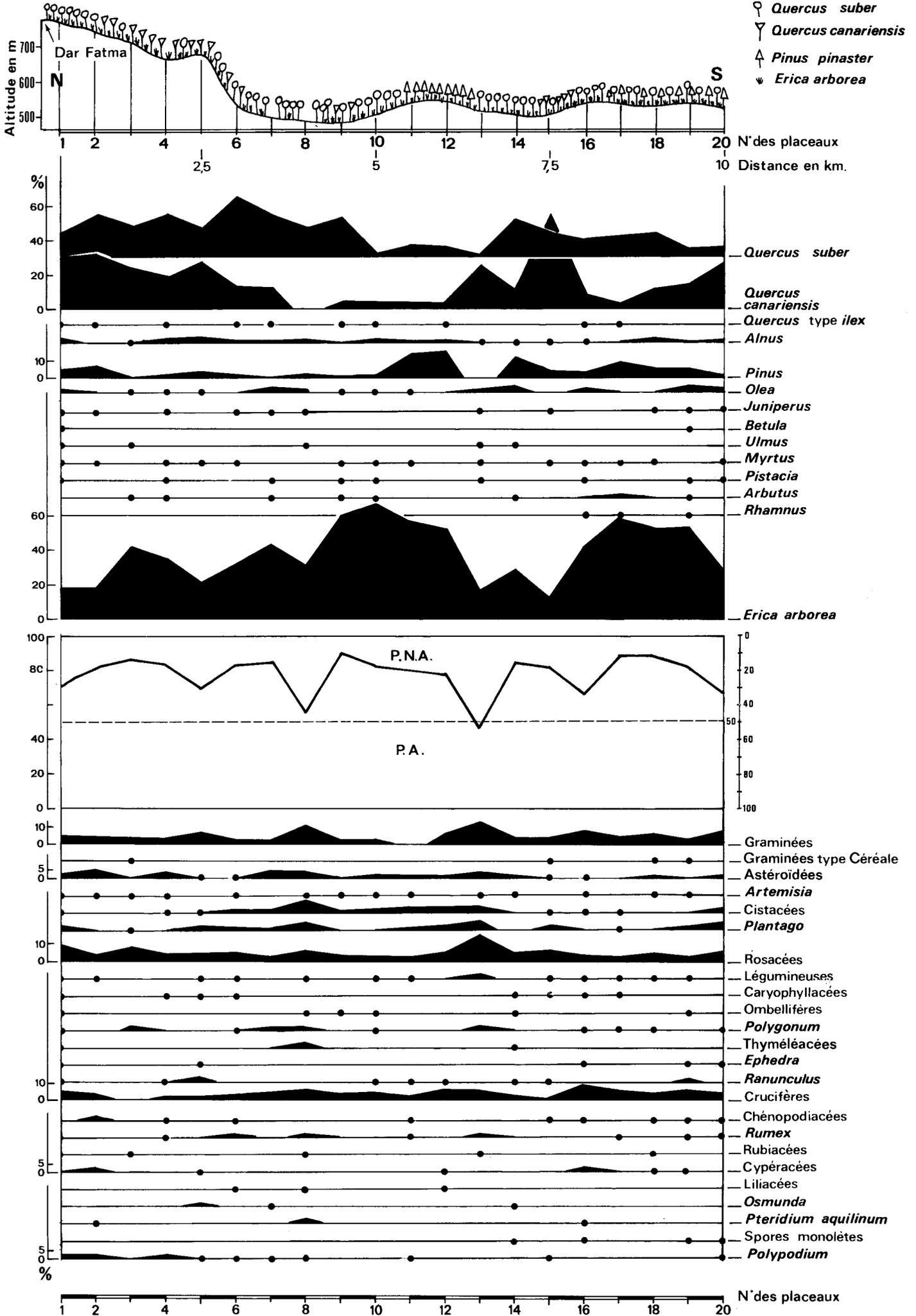
Les jeunes plantations de *Pinus* pollinisent très peu puisqu'une jeune pinède d'environ 17 ans et de 3 à 4 m de hauteur ne livre que 15% du pollen noté au plateau 12. En dehors des plantations de *Pinus*, même dans les clairières ou les milieux très ouverts, les fréquences de *Pinus* sont inférieures à 5%.

IV. CONCLUSION

Quercus suber n'atteint ses plus hautes fréquences, 40 à 60%, que dans ses forêts pures âgées et toujours en dessous de 600 m d'altitude. Au-dessus de 600 m d'altitude, même dans ses forêts, ses taux n'atteignent jamais 30% et sont le plus souvent compris entre 10 et 20. A toutes les altitudes, *Q. canariensis* montre des taux polliniques supérieurs à ceux de *Q. suber* non seulement dans ses forêts pures, mais aussi et surtout dans tous les milieux, dans la zone de mélange régulière des deux chênes, au-dessus de 600 m. Même en ripisylve ou dans les fonds de ravin inclus dans la suberaie, sa production pollinique domine largement celle de *Q. suber*. En Kroumirie *Q. canariensis* apparaît donc comme un bien meilleur producteur pollinique que *Q. suber* et la dispersion de son pollen est très efficace. *Erica arborea* apparaît donc comme le troisième gros producteur pollinique de la région. Son omniprésence dans tous les types de milieux fait que ses taux ne descendent que très rarement en dessous de 10%. Il sont de l'ordre de 60% dans le maquis dense où *Erica arborea* domine et chutent rapidement aux environs de 30% dès que le maquis s'éclaircit. Comme pour *Q. canariensis*, sa production pollinique est sensiblement la même à basse et moyenne altitude. Ces faits sont identiques à ceux observés par REILLE en Corse (1977). La faiblesse des taux de *Pinus* en dehors de ses formations constitue une des originalités de la pluie pollinique de cette région, pauvre il est vrai en forêts de *Pinus*. Il en va de même pour *Olea* pourtant assez fréquent dans la région, soit spontanément, soit en culture, aussi bien au sud qu'au nord de la crête, alors que la supra-représentation de cet arbre et l'extraordinaire pouvoir de dispersion de son pollen sont bien connus (REILLE, 1975; BEAULIEU, PONS et REILLE, 1982).

Dans les trois transects, le pollen de *Betula* rencontré de façon sporadique est le seul témoignage de transport à longue distance, à moins que quelque pied de cet arbre ne serve d'ornement aux abords d'une des nombreuses maisons forestières de la région.

قطاع طولبي سطحي. شمالي-جنوبي
 من دار فاطمة إلى عين الزانة
 Transect de surface N~S. De Dar Fatma vers Aïn Zana



Les rares grains de pollen d'*Ephedra* peuvent provenir des peuplements côtiers distants d'une trentaine de kilomètres ou de groupements substeppiques plus lointains vers le sud. Cependant, le fait que seuls quelques grains de pollen de *Pinus halepensis* aient été observés dans l'ensemble des 80 spectres de surface indique que les vents de secteur sud sont peu chargés en pollen, ce que confirme la rareté des occurrences de pollen d'*Artemisia*.

REMERCIEMENTS

Il m'est agréable de remercier les personnes qui m'ont aidé dans ce travail, le Professeur A. PONS et tous les membres du Laboratoire de Botanique historique et Palynologie qu'il dirige, et plus particulièrement M. M. REILLE à qui je dois toute mon initiation à la palynologie et à l'analyse pollinique et qui a supervisé la rédaction de la présente note.

BIBLIOGRAPHIE

- ALOUÏ A., 1982 - Recherches dendroclimatologiques en Kroumirie (Tunisie). Thèse Docteur Ingénieur, Université Aix-Marseille III, 109 p., cartes, figures et tableaux 48 p.
- BEAULIEU J.L. de, 1977 - Contribution pollenanalytique à l'histoire tardiglaciaire et holocène de la végétation des Alpes méridionales françaises. Thèse ès Sciences, Université Aix-Marseille III, 358 p., 29 fig. 39 diag. h.t.
- BEAULIEU J.L. de, PONS A., REILLE M., 1982 - Recherches pollenanalytiques sur l'histoire de la végétation de la bordure nord du Massif du Cantal (Massif Central, France). *Pollen et Spores*, XXIV (2) : 251-300.
- BEN TIBA B., 1980 - Contribution pollenanalytique à l'histoire holocène de la végétation de Kroumirie (Tunisie septentrionale). Thèse Docteur Ingénieur, Université Aix-Marseille III, 76 p., 6 diag. h.t.
- BEN TIBA B., REILLE M., 1982 - Recherches pollenanalytiques dans les montagnes de Kroumirie (Tunisie septentrionale) : premiers résultats. *Ecologia mediterranea*, VIII (4).
- BORTOLI L. et al., 1969 - Climatologie et bioclimatologie de la Tunisie septentrionale. *Ann. Inst. Nat. Recherche Agronomique Tunisie*, 42 (1).
- DEBAZAC E.F., 1959 - La végétation forestière de la Kroumirie. *Extraits des Annales de l'Ecole Nationale des Eaux et Forêts de la Station de Recherches et Expériences, Nancy*, 16 (2).
- EL AFSA M., 1978 - Ecologie, phytosociologie, régénération et production des suberaies tunisiennes. Thèse 3e cycle, Université Aix-Marseille III, 123 p.
- EMBERGER L., 1938 - Les arbres du Maroc et comment les reconnaître. Larose Edit. Paris, 317 p.
- HEIM J., 1970 - Les relations entre les spectres polliniques récents et la végétation actuelle en Europe occidentale. Thèse Louvain, 181 p.
- HOENISCH U., MESTROVIC E., SCHÖNENBERGER A., SHRODER P., 1970 - Le Chêne zéen (*Quercus faginea*) en Kroumirie (Tunisie du Nord). *I.N.R.F., variété scientifique* N°6, 105 p.
- PONS A., 1970 - Le Pollen. P.U.F. Paris, coll. "Que sais-je" n° 783, 2ème édition, 127 p.
- QUEZEL P., 1974 - Les forêts du pourtour méditerranéen. *Notes techniques MAB2, UNESCO, Paris* : 9-34.
- QUEZEL P., 1976 - Les forêts du pourtour méditerranéen : écologie, conservation et aménagement. *Notes techniques MAB2, UNESCO, Paris* : 9-33.
- REILLE M., 1970 - Etude pollenanalytique des tourbières du Maroc, recherches préliminaires et premiers résultats. Thèse 3ème cycle, Marseille, 61 p. 3 diagramme h.t.
- REILLE M., 1975 - Contribution pollenanalytique à l'histoire tardiglaciaire et holocène de la végétation de la montagne corse. Thèse ès Sciences, Université Aix-Marseille III, 206 p., 44 diag., 5 pl.
- REILLE M., 1977 - Contribution pollenanalytique à l'histoire holocène de la végétation des montagnes du Rif (Maroc septentrional). In "Recherches Françaises sur le Quaternaire". *Suppl. Bull. A.F.E.Q.*, 50 : 53-76.
- REILLE M., 1977 - Analyse pollinique de la tourbière du plateau d'Ovace (Montagne de Cagna, Corse). *Ecologia Mediterranea*, 3 : 159-166.
- SCHOENENBERGER A. et al., 1967 - Carte phytoécologique de la Tunisie septentrionale, échelle 1/200 000. Notice détaillée. *Annales I.N.R.A.T. Tunisie*, 40, fasc.1 : 147-275.

- SCHOENENBERGER A., SALSAC L., 1970 - Principales plantes caractéristiques des forêts de Chêne liège et de Chêne zéen de Kroumirie et des Mogods". *Var. Sc. INRF, Tunisie* n°3, 35 p., 40 pl. h.t.
- TIMBAL J., 1971 - Relations de la suberaie tunisienne avec ses groupements avoisinants. Rapport ronéotypé.
- TRIAM H., 1969 - Recherches aéropalynologiques au niveau de quelques associations végétales en Basse-Provence. *Ann. Fac. Sc. Marseille*, 42 : 205-222.
- TRIAM H., 1971 - Contribution à l'étude des fréquences polliniques de *Corylus avellana* L., corylaies du Luberon. *Pollen et Spores*, 13 (3) : 405-414.
- TRIAM-LAVAL H., 1978 - Contribution pollenanalytique à l'histoire tardi- et post-glaciaire de la végétation de la basse vallée du Rhône. Thèse ès Sciences, Université Aix-Marseille III, 343 p., 34 fig., 5 tabl., 29 diag. h.t.

Recherches pollanalytiques dans les montagnes de Kroumirie (Tunisie septentrionale) : premiers résultats.

B. BEN TIBA^{*}
M. REILLE^{**}

RESUME - Cinq diagrammes polliniques sont commentés. Sur tous s'observe, dans la seconde moitié de l'Holocène, la substitution de chênaies sclérophylles, essentiellement de Quercus suber, à des chênaies caducifoliées de Q. canariensis. Une séquence du Pleistocène récent est révélée pour la première fois en Afrique du Nord; elle témoigne d'une période forestière de chênaies au sein de laquelle se manifestent trois phases d'aridité.

SUMMARY - Five pollen diagrams are analysed. In all of them, during the second part of the Holocene, sclerophyllous oak-groves, essentially with Quercus suber, are replaced by deciduous Oak-groves with Q. canariensis. A young Pleistocene sequence is evidenced for the first time in North Africa; it shows an oak-forest period with three arid phases.

MOTS CLES : Kroumirie, analyse pollinique, Holocène, Pleistocène récent.

I - ESQUISSE PHYTOGEOGRAPHIQUE

La Kroumirie, série de chaînons montagneux de direction générale SSW-NNE de l'extrême NW de la Tunisie, culmine à 1203 m au Djebel El Ghorra sur la frontière algérienne; son altitude décroît d'ouest en est. Large d'environ 30 km, elle est limitée au nord et à l'est par la Méditerranée, au sud par la vallée de la Medjerda. La chaîne a été formée à la fin du Miocène. Elle est constituée pour l'essentiel par des formations du flysch numidien caractérisé par "un énorme développement des grès et argiles donnant naissance à des sols dépourvus de calcaire" (DEBAZAC 1959).

Les tourbières sondées (Dar Fatma, Mhiris el Hamrane) sont situées au coeur même de la chaîne dans la région d'Aïn Draham. La Kroumirie est une montagne méditerranéenne par les traits généraux de son climat, mais sa situation géographique en fait la région la plus arrosée de Tunisie : la saison sèche ne dépasse pas trois mois à Aïn Draham à 730 m d'altitude, au centre du massif. Les précipitations y sont partout supérieures à 600 mm avec une répartition liée à l'orographie : elles sont de 625 mm à Bizerte sur la côte est, de 1030 mm à Tabarka sur la côte nord, et de 1500 mm à Aïn Draham (730 m). Les chaînons centraux et le site de Dar Fatma reçoivent peut être plus de 1500 mm d'eau. C'est pourquoi les étages bioclimatiques subhumide et humide y sont seuls représentés.

La Kroumirie est la région forestière par excellence de Tunisie. Le Chêne liège est de loin l'essence forestière dominante. Il couvre près de 100 000 ha sur les 180 000 boisés de la région, exclusivement dans l'étage bioclimatique humide à hiver chaud ou tempéré. Il participe à divers groupements (EL AFSA, 1978) depuis le littoral jusqu'au-dessus de 900 m (où il se fait surtout remarquer sur les crêtes ventées et les zones rocheuses) sur des substrats très variés sauf les substrats calcaires et marneux où il est remplacé par *Q. ilex*. Le Chêne zéen (*Q. canariensis*) est plus exigeant en humidité que le Chêne liège et

^{*}Laboratoire de Botanique historique et Palynologie, Faculté des Sciences et Techniques St-Jérôme, 13397 Marseille cedex 13.

Institut Sylvo-Pastoral, Tabarka, Tunisie.

^{**}Laboratoire de Botanique historique et Palynologie, E.R.A. C.N.R.S. n°404, Faculté des Sciences et Techniques St-Jérôme, 13397 Marseille cedex 13.

résistant mieux au froid, caractérise les zones recevant plus de 1500 mm d'eau par an, des chutes de neige fréquentes et avec des températures minimales absolues de l'ordre de -5°C . Il remplace le plus souvent le Chêne liège au-dessus de 750-800 m et couvre 10 000 ha en peuplements purs. Il cohabite cependant avec *Q. suber* dans une assez large zone de transition et couvre 30 000 ha en peuplements mélangés avec cette essence. A la faveur des ripisylves il descend même jusqu'au niveau de la mer.

Le Pin maritime, *Pinus pinaster ssp. Renouii* occupe 5000 ha environ au sud-ouest de Tabarka, il ne s'élève pas au-dessus de 500 m et apparaît toujours en mélange avec *Quercus suber* qu'il concurrence fortement sur les sols superficiels ou les colluvions gréseuses à texture grossière (TIMBAL, 1971).

II - ETUDES POLLENANALYTIQUES

1 - LES SITES

A 780 m d'altitude, 12 km à l'est du village d'Aïn Draham, Dar Fatma, à la tête de l'oued Mouzned Louize, est une clairière d'environ 10 ha qui recèle plusieurs petites tourbières à sphaignes de dimensions variables (de quelques mètres seulement de diamètre) et qui doit son nom au souvenir d'une jeune mariée romaine qui s'y serait jadis enlisée ou noyée.

Cette clairière dans la suberaie, avec *Quercus canariensis* par endroits, est à la limite des étages mesoméditerranéen et supraméditerranéen inférieur (QUEZEL, 1974 et 1976) et reçoit vraisemblablement plus de 1500 mm d'eau par an. Des boqueteaux d'*Erica arborea* de 2 à 3 m de hauteur sont fréquents et séparent la plupart des tourbières de ce site. Dans les pelouses de la clairière se remarquent surtout *Asphodelus microcarpus* et *Bellis annua*.

Mhiris el Hamrane est une petite tourbière entourée d'une ripisylve à *Alnus glutinosa* avec quelques *Fraxinus* à environ 550 m d'altitude sur le flanc sud et au pied même de la crête où se trouve Dar Fatma. La végétation environnante est une subéraie très dégradée qui se présente comme un maquis assez bas avec beaucoup d'*Erica arborea* et de Cistacées diverses notamment *Halimium halimifolium*.

2 - SONDAGES ET REPRESENTATION DES RESULTATS

Les sédiments qui ont fourni les diagrammes 1, 2 et 3 de Dar Fatma et celui de Mhiris ont été obtenus avec la sonde Hiller. Malgré ses inconvénients bien connus (BEAULIEU et REILLE, 1978), cette sonde a été préférée à d'autres surtout à cause de son aptitude à pénétrer, grâce à sa vis terminale et à son fonctionnement par rotation, des terrains relativement durs. Son usage n'interdit pas, dans certains cas favorables, la datation par le radio-carbone. Notons qu'en 2, à 10 m de profondeur, le fond rocheux n'a pas été atteint. Les sédiments du profil 4 de Dar Fatma ont été obtenus avec le carottier Coûteaux.

Tous les niveaux analysés ont montré une bonne richesse en pollen et celui-ci a été extrait sans difficulté particulière, soit par acétolyse après attaque à HF, soit par flottation sur liqueur dense (GOEURY et BEAULIEU, 1980).

Les diagrammes ont été construits en prenant pour somme de base la somme de tous les grains de pollen et spores de végétaux vasculaires à l'exception d'*Isoetes*. Dans chaque niveau la somme pollinique est de l'ordre de 300.

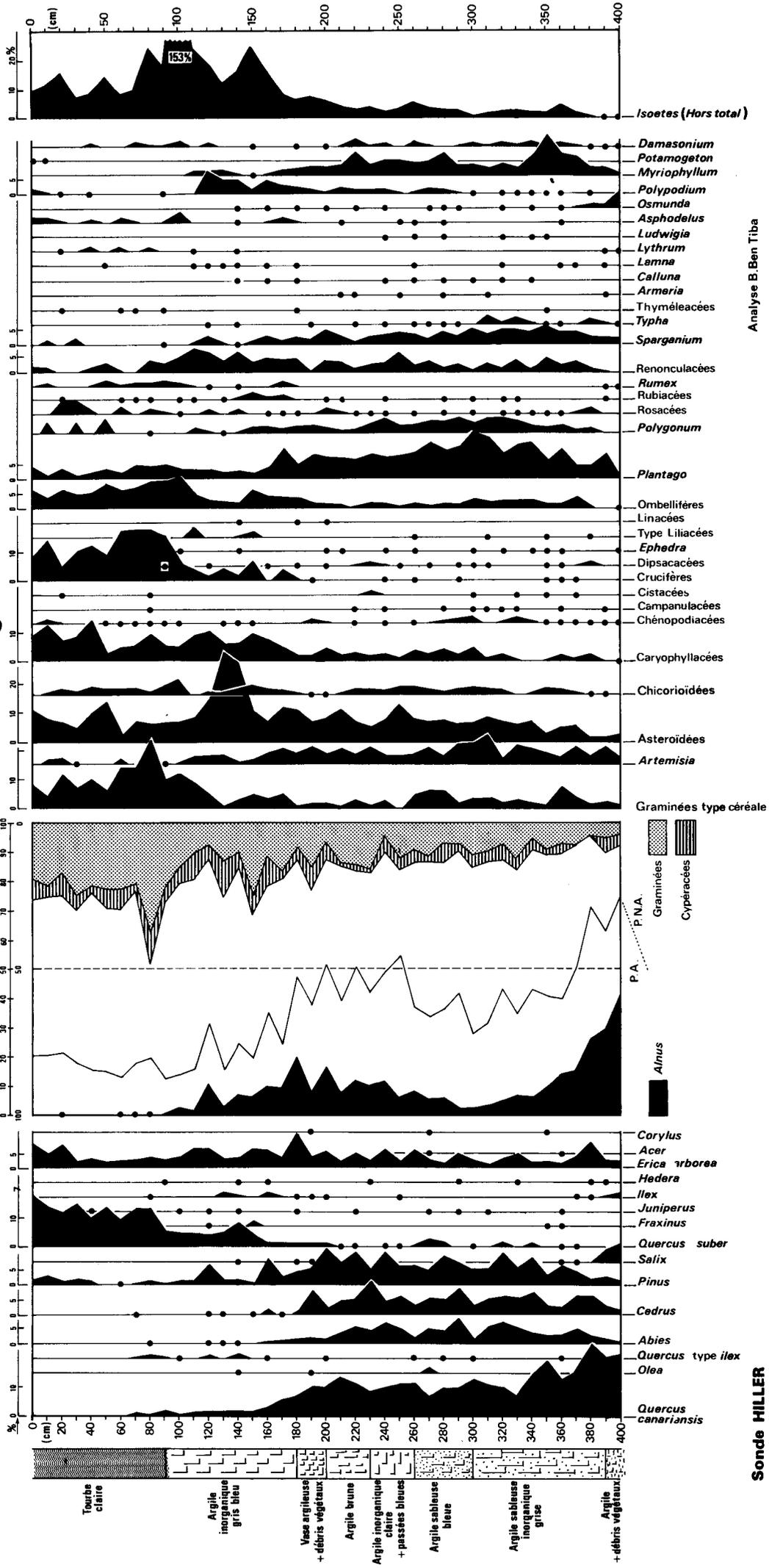
3 - CORRELATIONS ENTRE LES DIAGRAMMES

A la vue des seules courbes d'*Alnus* et *Isoetes*, bons marqueurs de la végétation locale, on peut admettre que la totalité des diagrammes 3 et 4 correspond à des périodes

مخنة دار فاطمة جبال خمير. عين دراهم على ارتفاع ٧٨٠م علحد

Altitude 780m

Dar Fatma 1. Ain Draham.



Analyse B. Ben Tiba

Sonde HILLER

synchrones qui trouvent leur équivalent au-dessus de 180 cm dans les diagrammes 1 et 2. Dans les quatre cas s'observent en particulier une diminution très importante des fréquences de *Q. canariensis* et une augmentation de celles de *Q. suber*. Il en est de même dans le diagramme 5 de Mhiris dont l'homologie peut ainsi être établie avec presque la totalité des diagrammes 3 et 4 et seulement la partie supérieure des diagrammes 1 et 2 de Dar Fatma.

Dans cette partie des diagrammes la comparaison des niveaux datés amène les remarques suivantes : en 2 la date de 4630 ± 580 BP (son imprécision est due au fait que le prélèvement qui a permis cette mesure s'étend de 150 à 175 cm) intéresse la régression des fréquences de *Q. canariensis*, régression qui porte sur quatre spectres, alors qu'en 4 la date de 700 ± 110 BP intéresse un niveau dans lequel cette régression est acquise. Ceci montre qu'en 4 l'interface argile organique noire - argile grise, à 95 cm, correspond à une lacune pendant laquelle s'est accomplie la régression des fréquences de *Q. canariensis*, visible et datée en 2 et qui met artificiellement en contact des niveaux riches en *Q. canariensis* avec des niveaux supérieurs pauvres en pollen de ce taxon. Quant aux niveaux des diagrammes 1 et 2 de Dar Fatma antérieurs au niveau 180, la date de $19\ 640 \pm 530$ en 2 montre clairement que la passée argileuse de 180 à 200 cm correspond à un long hiatus mettant en contact des niveaux tourbeux de la fin du Pléistocène au-dessous avec des niveaux de la deuxième moitié de l'Holocène au-dessus. Les homologies établies précédemment nous conduisent à penser qu'un tel hiatus n'a pas d'équivalent en 1 au-dessus de 180 cm : ce n'est en particulier pas le cas de l'interface tourbe-argile de 90 cm. Dans le diagramme 1, dans les niveaux antérieurs à 180, mis à part peut-être les deux spectres les plus profonds, toutes les variations des courbes polliniques peuvent être considérées comme aléatoires et témoignent d'une période de stabilité dans la végétation. L'image pollinique est celle d'une végétation relativement peu boisée (PA/T est presque toujours inférieur à 45%) assez riche en steppiques avec des apports assez uniformes de *Abies* ($\approx 3\%$), *Cedrus* ($\approx 4\%$), *Pinus* ($\approx 5\%$). Cette partie du diagramme 1 ne peut trouver d'équivalent en 2, si elle n'en est pas absente, que dans l'une des trois zones de ce profil pauvre en arbres antérieurement au niveau 180, de 340 à 280, ou de 700 à 600 ou de 1000 à 860.

4 - HISTOIRE DE LA VEGETATION

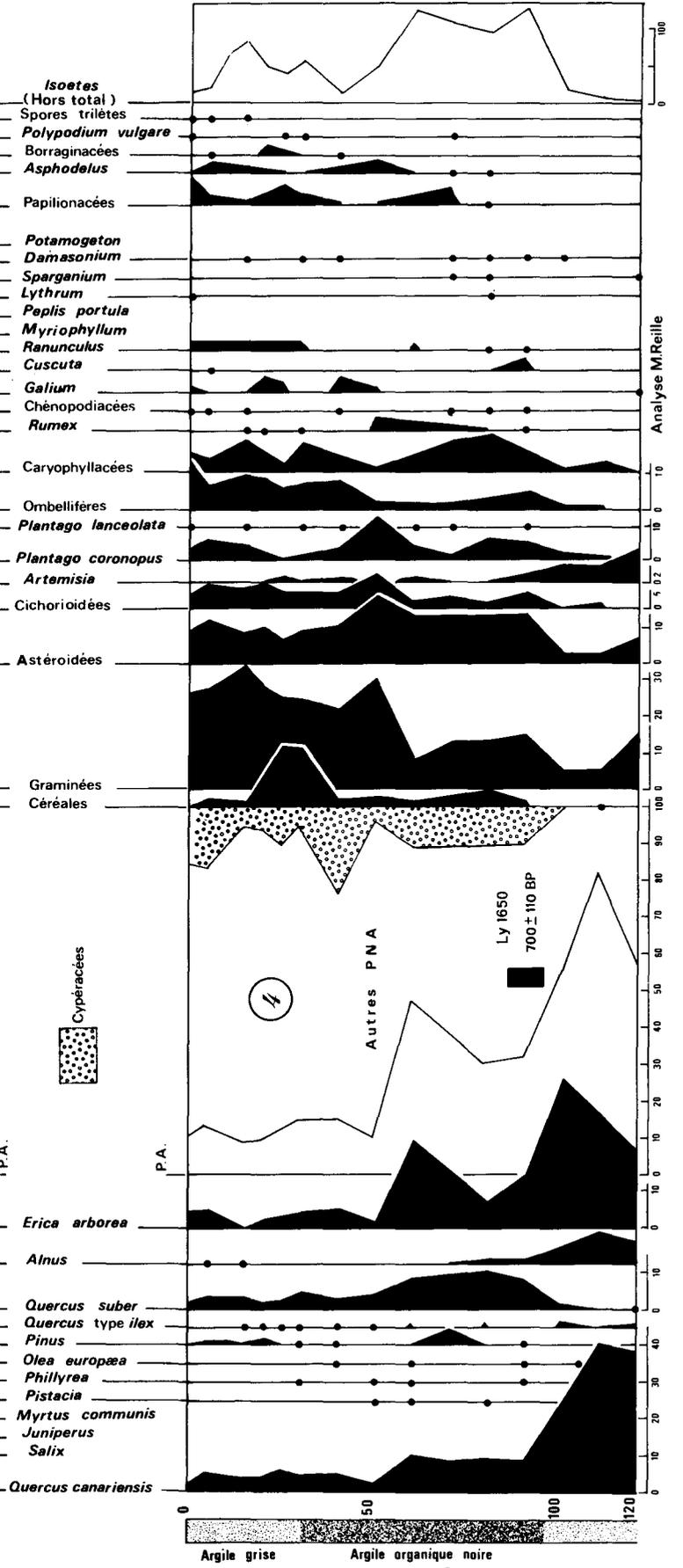
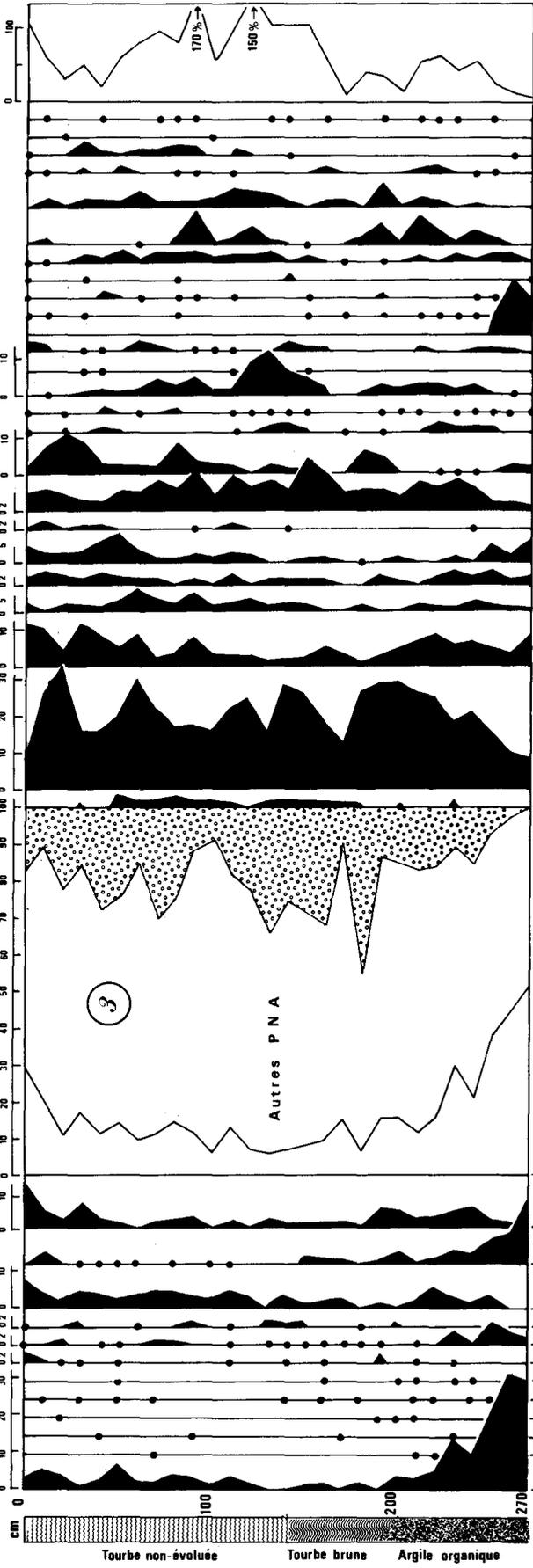
Pour simplifier, les niveaux d'âge holocène (diagrammes 3, 4 et 5, diag. 1 et 2 au-dessus de 180 cm) seront commentés en premier.

Dans les cinq profils, le début de la sédimentation holocène correspond à des spectres qui montrent au mieux un taux de PA de l'ordre de 50%, ce qui correspond déjà à un paysage ouvert. *Quercus canariensis* est toujours l'arbre le mieux représenté, avec des taux de 15 à 30% qui traduisent sa suprématie régionale; mais sur aucun des profils ne s'observe pour ce taxon de période de stabilité avec des fréquences plus élevées que 30%. Les taux de cet arbre sont d'emblée décroissants ou faibles. Si l'on se rapporte au niveau daté (diag.2), la régression de la chânaie de *Q. canariensis* aurait donc débuté antérieurement à 4630 ± 580 BP. Cette date ne peut malheureusement être soumise à aucune discussion étant donné son isolement, elle signale seulement la relative ancienneté de la disparition des chânaies de chênes à feuillage caduc dont la réduction profite surtout à *Quercus suber* et *Erica arborea*. Cette substitution qui s'opère dans le paysage végétal entre *Quercus canariensis* dont les fréquences stables seront inférieures à 5% et *Quercus suber* dont ce sera l'optimum est sans conteste le fait botanique le plus important rapporté dans cette période par les diagrammes et suggère la modification la plus radicale du paysage végétal. Notons qu'avant l'extension de *Q. suber* existe sur tous les profils de Dar Fatma une courte phase de meilleure perception de *Pinus*, *Cedrus* et même *Abies* dont l'extrême ouverture de la chânaie est peut-être seule la cause. A partir de 700 ± 110 BP, et certainement bien antérieurement, la substitution est entièrement consommée. Cette substitution d'une chânaie sclérophylle à une chânaie caducifoliée, qui est un des faits majeurs maintenant classiques de l'histoire de la végétation holocène

Dar Fatma 3 et 4. Ain Draham

Altitude 780m

دار فاطمة جهة عين دراهم جبال خيبر تونس.



- Isoetes* (Hors total)
- Spores trilètes
- Polypodium vulgare*
- Borraginacées
- Asphodelus*
- Papilionacées
- Potamogeton*
- Damasonium*
- Sparganium*
- Lythrum*
- Peplis portula*
- Myriophyllum*
- Ranunculus*
- Cuscuta*
- Galium*
- Chénopodiacées
- Rumex*
- Caryophyllacées
- Ombellifères
- Plantago lanceolata*
- Plantago coronopus*
- Artemisia*
- Cichorioidées
- Astéroïdées
- Graminées
- Céréales
- Cypéracées
- Erica arborea*
- Alnus*
- Quercus suber*
- Quercus type ilex*
- Pinus*
- Olea europæa*
- Phillyrea*
- Pistacia*
- Myrtus communis*
- Juniperus*
- Salix*
- Quercus canariensis*

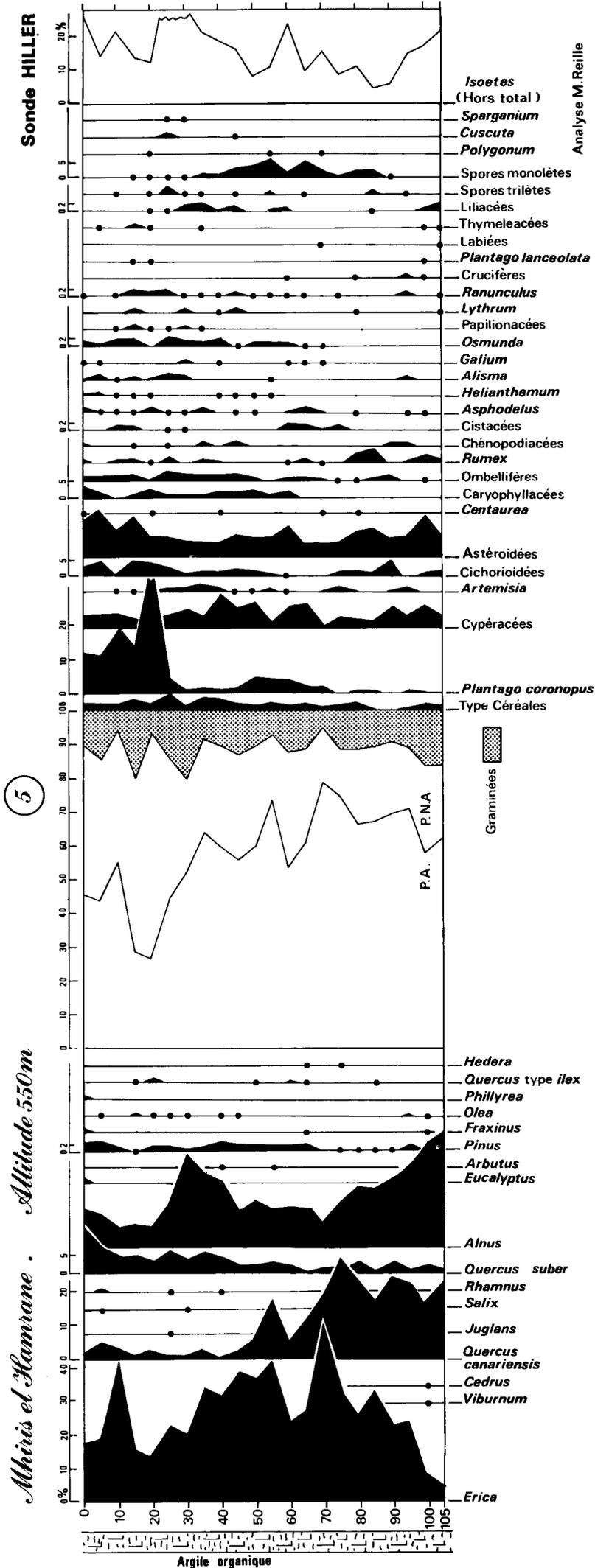
dans tous le bassin de la Méditerranée occidentale (BEUG, 1961; BRANDE, 1973; REILLE, 1975, 1977), n'avait été signalée si précocement que dans le Sud-Est de la France (TRIAT-LAVAL, 1978) et l'action humaine en était toujours clairement la cause. C'est notamment le cas dans le Rif marocain (REILLE 1977) où l'évènement est à situer peu avant 1000 BP, donc à une date historique assez récente et en relation avec l'occupation arabe. Les faits seraient donc bien antérieurs en Kroumirie où, précisément, l'occupation humaine remonte à la plus haute Antiquité (dès le 12e siècle avant J.C. s'installait la civilisation phénicienne). Le fait que vers 4600 BP la ruine des chênaies de *Quercus canariensis* ne soit pas totalement acquise permet de supposer que ce changement a, ici aussi, une origine anthropique liée à des activités humaines antérieures à la culture des céréales. Dans les diagrammes 3, 4 et 5 l'apparition des céréales en courbe continue est en effet bien postérieure, et dans les diagrammes 1 et 2 c'est aussi le cas de l'optimum des Graminées rapportées au type céréale sur le seul critère de la taille, lequel adjoint au type céréale le pollen de nombreux genres de graminées sauvages (BEUG, 1961, VAN ZEIST *et al.* 1975).

Depuis au moins la date de 700 BP, le paysage végétal de cette partie de la Kroumirie est semblable à ce qu'il est aujourd'hui.

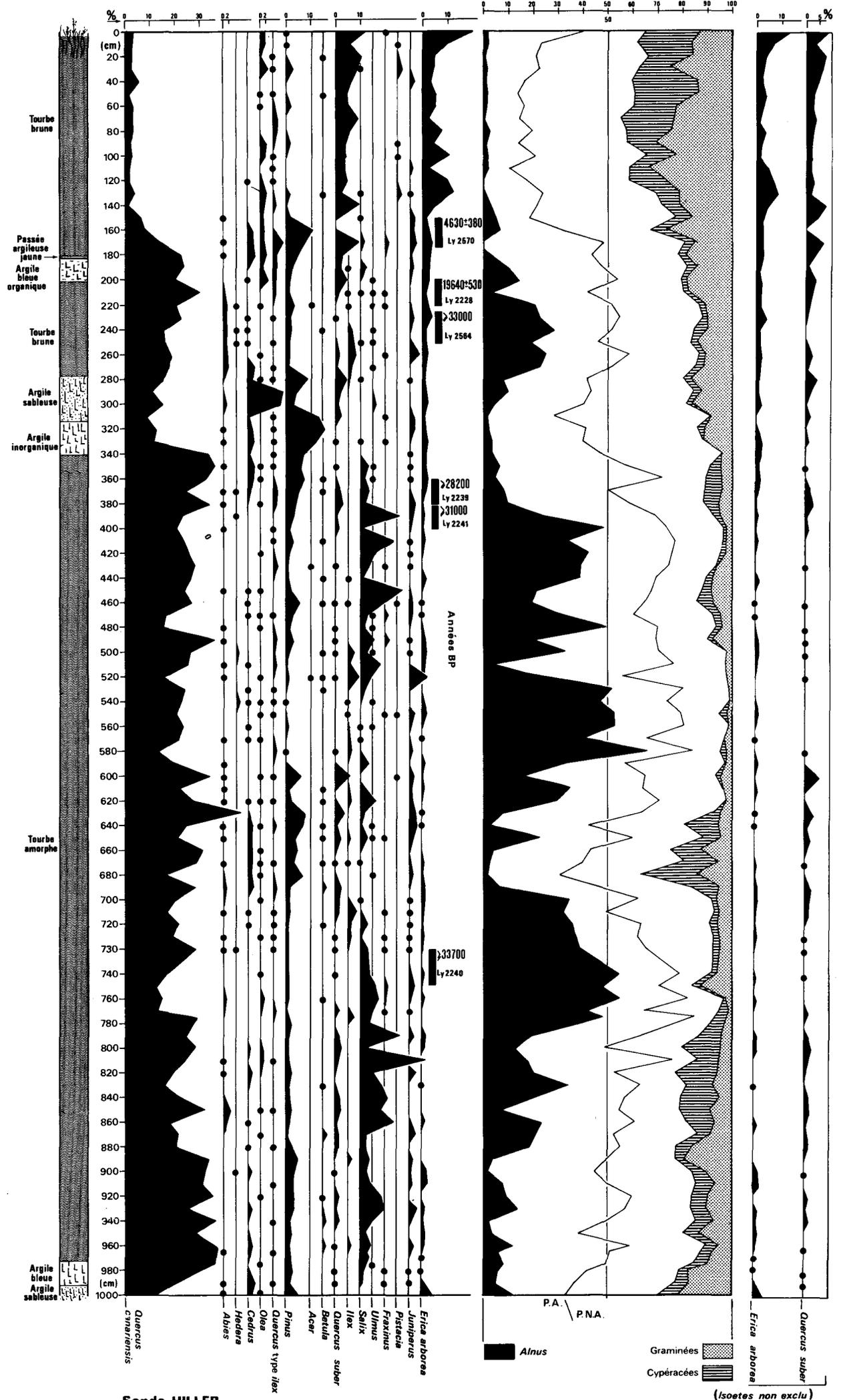
La portée dans l'espace, en ce qui concerne l'interprétation de la végétation actuelle, du relais qui s'opère entre les courbes de *Quercus suber* et *Erica arborea* (surtout localisée à moyenne altitude, comme en témoigne le diagramme 5) et celle de *Quercus canariensis* mérite attention. Les diagrammes apprennent que les environs des sites étudiés, avant la grande substitution forestière étaient le domaine naturel exclusif de *Q. canariensis*, et donc que le changement s'applique à une assez large tranche altitudinale allant peut-être de 500-600 m jusqu'à la limite supérieure où *Quercus suber* est encore régulièrement mélangé à *Quercus canariensis*, c'est-à-dire 900 m si l'on excepte les crêtes sèches et ventées sur lesquelles *Q. suber* peut seul monter plus haut. Ces faits historiques viennent donc apporter une confirmation objective à l'opinion de SCHOENENBERGER et SHRODER (1970) qui, observant que la végétation à base de *Q. suber* se rattache surtout à des formations de la forêt de *Q. canariensis*, concluaient que *Q. suber* avait été favorisé par l'intervention humaine. Ils permettent aussi de comprendre pourquoi la régénération naturelle, par graines, de *Q. suber* se réalise difficilement non seulement lorsqu'il est en mélange avec *Q. canariensis*, mais même dans ses peuplements purs, tandis que celle de *Q. canariensis* est moins difficile partout dans cette tranche altitudinale, même sous le couvert de peuplements purs âgés de *Q. suber*. Il en va de même pour la floraison et la dispersion pollinique de *Q. canariensis*, beaucoup plus puissante que celle de *Q. suber* dans la zone de mélange des deux chênes (BEN TIBA, 1980).

Pour les temps antérieurs à l'Holocène, la séquence la plus étendue, celle du diagramme 2, assortie de cinq datages 14C, servira de base de discussion.

Les dates obtenues sont des dates minimales autour de 30 000 BP qui indiquent un âge pléistocène récent (la seule date finie 19 640 ± 530 BP adjacente à la date > 33 000 BP dans une séquence homogène a certainement dû être rajeunie par des pollutions radiculaires provenant de la tourbe holocène sus-jacente). Cette séquence rend donc compte d'une période dont la végétation n'a aucun équivalent connu en Afrique du Nord. Mis à part les vingt premiers centimètres et les passées argileuses entre 340 et 280 cm, la séquence est entièrement tourbeuse, et ce qui frappe le plus à la vue des courbes polliniques c'est la persistance dans cette tourbe de fréquences élevées et assez stables autour de 20 à 30% de pollen de *Quercus canariensis* dont la forêt représentait indubitablement le climax des environs du site pendant cette période. Les fréquences notées sont du même ordre que celles enregistrées pour ce taxon au début des séquences holocènes ou dans les transects de surface au voisinage des forêts de cet arbre (BEN TIBA, 1980). Les vicissitudes de la courbe d'*Alnus*, très gros producteur pollinique dont les fréquences dépassent parfois 50% mais dont la signification est strictement locale (cet arbre n'a de nos jours en Tunisie aucun rôle forestier, il est strictement lié aux ripisylves ou aux

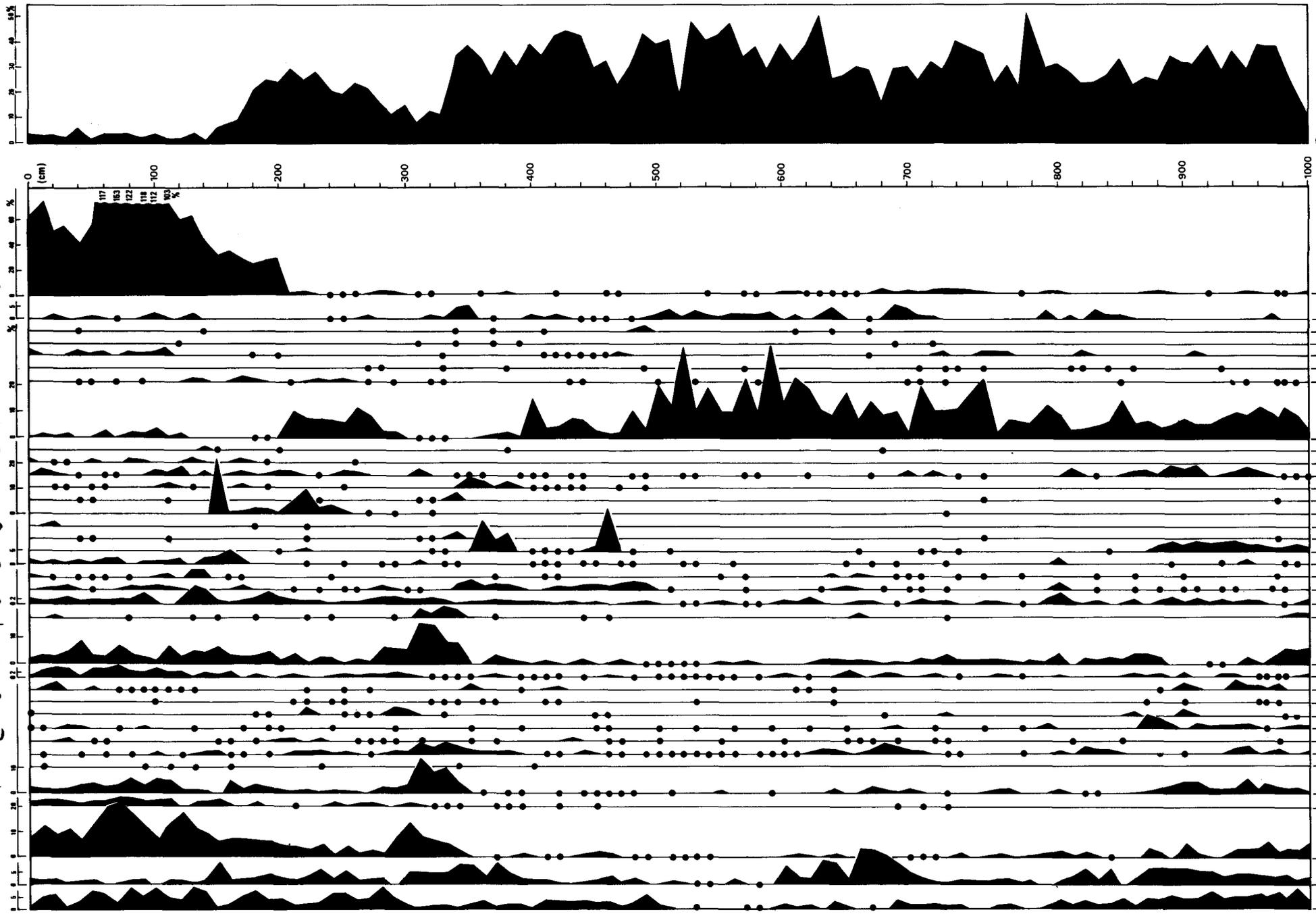


Dar Fatma 2. Ain Draham. Altitude 780m



Sonde HILLER

مخنة دار فاطمة جبال خمير عين دراهم على ارتفاع ٧٨٠ م عدد



Quercus C.A.P.
(*Alnus* exclu)

Analyse B. Ben Tiba

endroits humides) n'affectent que peu la courbe de *Quercus canariensis* comme le montre à la droite du diagramme 2 une courbe de ce taxon construite avec des fréquences provenant de sommes de base d'où *Alnus* est exclu. *Osmunda regalis*, régulièrement présente avec des fréquences assez élevées pour ce taxon, a la même signification qu'*Alnus* : cette fougère est en effet, en Kroumirie, une espèce de l'aulnaie. Elle demeure sur place, même pendant les profonds et durables minimums de la courbe d'*Alnus*. Cette longue séquence est affectée par trois "accidents" dont les particularités botaniques méritent attention. Ces épisodes se localisent de la base à 860 cm, de 600 à 700 cm, de 340 à 280 cm. Tous les trois sont à corréliser avec des minimums dans la courbe d'*Alnus* responsables en grande partie de la chute du rapport PA/T. Les deux premiers épisodes qui correspondent, sauf de 1000 à 970 cm, à une séquence tourbeuse ont à peu de chose près les mêmes caractéristiques botaniques. Du point de vue forestier *Q. canariensis* atteint dans chacun d'eux des taux relativement élevés de l'ordre de 30 à 35%, *Q. ilex* et *Q. suber* sont présents ainsi que *Salix*. Quant aux herbacées, s'observe, en même temps que de modestes maximums de Graminées (auxquels doit s'ajouter le type céréale correspondant à des taxons sauvages à gros pollen) un contingent de taxons steppiques avec en premier lieu *Artemisia*, les Chénopodiacées et *Plantago*, mais aussi les Astéroïdées et les Caryophyllacées. Du point de vue de la végétation strictement locale, le plus ancien de ces épisodes se distingue du suivant par la présence de *Sparganium* et la meilleure représentation des Légumineuses, des Liliacées et des Crucifères. Ces deux ensembles de spectres sont, par leur cortège herbacé, le témoignage d'une certaine aridité qui ne s'est pas exercée à l'altitude du site dont le climax demeure forestier mais dont l'alimentation en eau, sans doute appauvrie, a abouti à une réduction de l'aulnaie; c'est donc à basse altitude qu'il faut situer l'origine de ces apports steppiques. Cependant, la présence, pendant ces épisodes, de notations plus fréquentes de *Pinus*, *Cedrus* et pour le second *Abies*, ne peut pas être interprétée autrement que par une certaine ouverture des milieux forestiers environnant le site ayant favorisé la perception d'un apport régional plus varié mais, comme c'est souvent le cas, sans baisse de la production pollinique de l'arbre forestier le mieux représenté (ici *Q. faginea*).

Le troisième de ces épisodes, de 340 à 280 cm, correspond à une passée argileuse et il diffère des deux précédents par sa plus grande aridité. Non seulement les steppiques y atteignent leurs plus hautes fréquences, mais *Alnus* y connaît un minimum stable et *Osmunda* cesse d'être présente en courbe continue. L'ouverture de la chênaie est sans doute très profonde, les fréquences polliniques de *Q. canariensis* tombant à 10-15%. *Pinus*, et surtout *Cedrus* dont les taux atteignent 15%, devaient jouer un rôle dans la végétation régionale (actuellement la représentation régionale de *Pinus* en Kroumirie est de l'ordre de 5% : BEN TIBA, 1980). Cet ensemble de caractéristiques se retrouve dans le diagramme 1 au-dessous du niveau 180, de sorte que les parties 340 à 280 du diagramme 2 et 370 à 180 du diagramme 1 peuvent être raisonnablement homologuées. Si nous admettons cette homologie, se pose alors le problème de la représentation d'*Abies* en 1 où il connaît des taux semblables à ceux de *Cedrus* alors qu'en 2 seules s'observent des notations assez régulières. Ceci force à admettre non seulement que pour des raisons purement stationnelles la perception du pollen d'*Abies* a été meilleure en 1 qu'en 2, comme c'est souvent le cas, sous l'influence du milieu de dépôt, pour différents taxons comme l'a plusieurs fois révélé la multiplication des sondages sur un même site (REILLE, 1975; BEAULIEU, PONS, REILLE, 1982), mais aussi et surtout qu'*Abies*, dont les taux avoisinent 5%, était effectivement présent dans la végétation régionale à cette époque.

5 - DISCUSSION

La séquence du diagramme 2 de Dar Fatma nous révèle donc, antérieurement à l'Holocène, vraisemblablement dans le Pléistocène récent, deux types de végétation forestière. L'un est une chênaie de *Quercus canariensis* assez continue qui a persisté pendant sans doute une

longue période durant laquelle sont intervenues deux phases d'aridité modérée, l'autre est une chênaie ouverte qui a connu une phase d'aridité plus prononcée que les deux précédentes. Dans ce dernier type de végétation le caractère ouvert de la forêt de *Quercus canariensis* a permis une meilleure perception de *Pinus*, *Cedrus* et *Abies* présents dans la végétation régionale mais dont le rôle, impossible à définir, n'était sans doute pas plus grand que durant les phases de chênaie plus fermée.

Le site de Dar Fatma, situé sur une ligne de crêtes dans l'étage humide surplombe une région de plaines semi-arides au sud. Pendant les périodes riches en *Quercus* l'apport pollinique des steppiques est donc un apport à moyenne distance *per ascensum*. La séquence en cause est essentiellement tourbeuse, ce qui suppose une venue d'eau permanente (dont l'origine ne peut être expliquée par la topographie et qui est donc d'origine géologique) qui implique que le site a échappé pendant ces périodes aux conditions climatiques régionales et explique la persistance d'*Alnus* et d'*Osmunda* sur place, même pendant la période de plus grande aridité. L'absence de sédiments du Pléniwürm final (Neowürm) et du Tardiglaciaire ne pose pas de problème à Dar Fatma, il est clair qu'aucune tranche de sédiments ne peut être rapportée à cette époque dont le caractère steppique et froid de la végétation a été reconnu même dans les plaines du sud de la France (TRIAT-LAVAL, 1978).

BIBLIOGRAPHIE

- BEAULIEU J.L. de, REILLE M., 1978 - Quelques moyens de sondage en usage chez les pollenanalystes : étude comparative de diagrammes. *Annales des Mines de Belgique*, 6 : 137-145.
- BEAULIEU J.L. de, PONS A., REILLE M., 1982 - Recherches pollenanalytiques sur l'histoire de la végétation de la bordure nord du Massif du Cantal (Massif Central, France). *Pollen et Spores*, XXIV (2) : 251-300.
- BEN TIBA B., 1980 - Contribution pollenanalytique à l'histoire holocène de la végétation de Kroumirie (Tunisie septentrionale). Thèse Docteur Ingénieur, Université Aix-Marseille III, 76 p., 6 diag. h.t.
- BEUG H.J., 1961 - Beiträge zur postglazialen Floren und Vegetations-Geschichte im Süddalmatien: der See "Malo Jezero" auf Miljet. *Flora*, 150 : 600-656.
- BEUG H.J., 1961 - Leitfaden der Pollenbestimmung. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
- BRANDE A., 1973 - Untersuchungen zur postglazialen Vegetationsgeschichte im Gebiet der Neretva-Niederungen (Dalmatien, Herzegowina). *Flora*, 162 : 1-44.
- DEBAZAC E.F., 1959 - La végétation forestière de la Kroumirie. *Extraits des Annales de l'Ecole Nationale des Eaux et Forêts et de la Station de Recherches et Expériences, Nancy*, 16 (2).
- EL AFZA M., 1958 - Ecologie, phytosociologie, régénération et production des suberaies tunisiennes. Thèse spécialité, Aix-Marseille III.
- HOENISCH U., MESTROVIC S., SCHÖNENBERGER A., SHRODER P., 1970 - Le Chêne zéen (*Quercus faginea*) en Kroumirie (Tunisie du Nord). *I.N.R.F. variété scientifique n°6*, 105 p.
- GOEURY Cl., BEAULIEU J.L. de, 1979 - A propos de la concentration du pollen à l'aide de la liqueur de Thoulet dans les sédiments minéraux. *Pollen et Spores*, 21 (1-2) : 239-251.
- QUEZEL P., 1974 - Les forêts du pourtour méditerranéen. *Notes techniques MAB2, UNESCO, Paris* : 9-34.
- QUEZEL P., 1976 - Les forêts du pourtour méditerranéen : écologie, conservation et aménagement. *Notes techniques MAB2, UNESCO, Paris* : 9-33.
- REILLE M., 1975 - Contribution pollenanalytique à l'histoire tardiglaciaire et holocène de la végétation de la montagne corse. Thèse ès Sciences, Aix-Marseille III, 206 p., 44 diag., 5 pl.

- REILLE M., 1977 - Contribution pollenanalytique à l'histoire holocène de la végétation des montagnes du Rif (Maroc septentrional). In "Recherches Françaises sur le Quaternaire". Suppl. *Bull. A.F.E.Q.*, 50 : 53-76.
- REILLE M., 1977 - Analyse pollinique de la tourbière du plateau d'Ovace (Montagne de Cagna, Corse). *Ecologia Mediterranea*, 3 : 159-166.
- SCHOENENBERGER *et al.*, 1967 - Carte phytoécologique de la Tunisie septentrionale, échelle 1/200 000. Notice détaillée. *Annales I.N.R.A.T., Tunisie*, 40 (1) : 147-275.
- SCHOENENBERGER A., SALZAC L., 1970 - Principales plantes caractéristiques des forêts de Chêne liège et de Chêne zéen de Kroumirie et des Mogods". *Var. Sci. I.N.R.F., Tunisie* n°3, 35 p., 40 pl. h.t.
- TIMBAL J., 1971 - Relation de la suberaie tunisienne avec ses groupements avoisinants. Rapport ronéotypé.
- TRIAT H., 1969 - Recherches aéropalynologiques au niveau de quelques associations végétales en Basse-Provence. *Ann. Fac. Sc. Marseille*, 42 : 205-222.
- TRIAT-LAVAL H., 1978 - Contribution pollenanalytique à l'histoire tardi- et postglaciaire de la végétation de la basse vallée du Rhône. Thèse ès Sciences, Aix-Marseille III, 343 p., 34 fig. 5 tabl., 29 diag. h.t.
- VAN ZEIST W., WOLDRING H., STAFERT D., 1975 - Late Quaternary vegetation and climate of southwestern Turkey. *Palaeohistoria*, 17 : 53-143.

Analyse pollinique de sédiments littoraux postglaciaires de l'embouchure du Paillon (Nice)

S. NICOL - PICHARD[★]

RESUME - L'analyse pollinique de sédiments littoraux, marins puis continentaux, de la Vallée du Paillon apporte les premiers éléments concernant l'histoire de la végétation en Provence orientale durant une partie de l'Atlantique et au Subboreale : rôle important d'Alnus dans la ripisylve, développement précoce de Quercus ilex, puis déboisement relatif, peut-être d'origine anthropique, du Subboréal.

Une série de datages précise la position chronostratigraphique des niveaux concernés.

SUMMARY - The pollen analysis of littoral deposits in the Paillon Valley provide the first elements concerning the history of vegetation in Eastern Provence during a part of the Atlantic and Subboreal periods : an important forest cover with a predominance of Alnus, the early extension of Quercus ilex followed by a relative deforestation, maybe of anthropic origin, during the Subboreal.

A series of datings precises the chronostratigraphic position of the levels concerned

MOTS CLES : Analyse pollinique, Provence orientale, histoire de la végétation, Atlantique, Subboréal.

INTRODUCTION

L'absence de toute donnée concernant l'histoire postglaciaire de la végétation de la région de Nice justifie la publication des résultats d'une petite série de spectres récemment obtenus.

Ils proviennent de prélèvements effectués lors du creusement du nouveau parking de Nice (figure 1), avenue Jean Médecin, à l'emplacement de l'ancien hospice, entre le boulevard Dubouchage et la rue Biscarra (carte topographique 1/20 000, Nice n°1, coordonnées Lambert x = 997,23, y = 167,62). A cet endroit, la chaussée de l'avenue est à 6 m au-dessus du niveau de la mer. Ces sédiments font partie de la plaine alluviale du Paillon dont l'embouchure ne se trouve qu'à 750 m.

I - GEOGRAPHIE LOCALE

La vallée du Paillon forme une plaine littorale qui s'étale principalement sur la droite du cours d'eau. Des collines la limitent à l'est et à l'ouest. Les collines de Cimiez et de Carabacel séparent cette plaine littorale du cours amont du Paillon. Il s'agit donc d'une petite plaine côtière bien délimitée par des reliefs peu élevés. Cette région était encore très marécageuse avant les périodes d'urbanisation intense.

Le Paillon traverse l'arrière-pays dans une vallée assez étroite. Il est alimenté par trois rivières et quelques ruisseaux issus des premiers reliefs alpins et prend sa source vers 1300 m d'altitude, près du Col de l'Ablé. Tous ces cours d'eau drainent les eaux de ruissellement provenant de sommets ne dépassant pas 1500 m d'altitude et ces eaux circulent actuellement dans la zone de végétation à *Pinus silvestris* et *Corylus avellana*.

[★]Laboratoire de Botanique historique et Palynologie, Faculté des Sciences et Techniques Saint-Jérôme, 13397 Marseille Cedex 13.

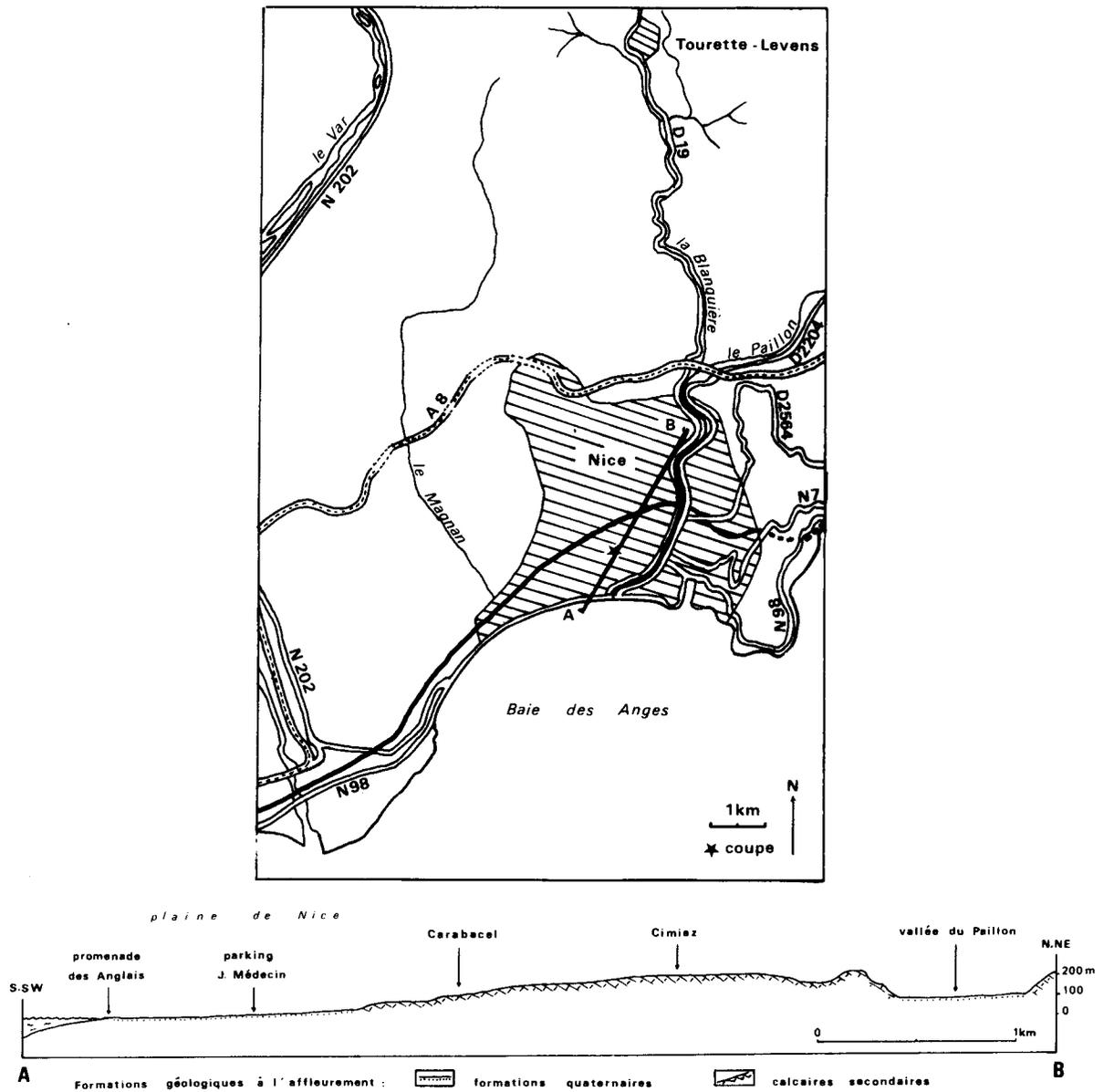


Figure 1 : Situation de la coupe et profil de la plaine de Nice

II - CLIMAT ET VEGETATION ACTUELS

La région niçoise jouit d'un climat méditerranéen humide. La pluviosité varie entre 800 mm sur le littoral et 1500 mm sur les reliefs des contreforts alpins. La température moyenne annuelle est assez élevée sur le littoral (15°C), plus faible à l'intérieur.

L'étagement de la végétation est ici assez resserré du fait d'un relief accentué (Carte de la végétation de Nice, P. OZENDA 1956 - Carte écologique du Sud des Alpes, feuille de Cannes, R. BARBERO et R. LOISEL 1973 - Travaux de R. LOISEL 1976).

Sur le littoral, au sein d'une végétation très anthropisée et dégradée, persistent quelques maigres témoins de la sylve de la série de *Ceratonia siliqua* avec en particulier *Ceratonia siliqua*, *Olea silvestris* Mill., *Pistacia lentiscus* et *Euphorbia dendroides*. Des bois de *Pinus halepensis*, des garrigues à *Rosmarinus* (série de *Pinus halepensis*) occupent le reste de l'étage méditerranéen inférieur jusqu'au niveau de Levens, en pénétrant dans quelques vallées.

L'étage méditerranéen supérieur réduit est occupé principalement par les cultures d'*Olea sativa*, des brousses à *Quercus ilex* et *Juniperus phoenicea* représentant encore la série caractérisée par ces deux espèces.

La série de *Quercus pubescens* est largement représentée par des bois de *Quercus*, des pinèdes à *Pinus mesogeensis* et des garrigues à *Rhus cotinus* relativement localisées.

L'étage collinéen de type sub-méditerranéen est principalement représenté par des bois d'*Ostrya* (de la série de *Ostrya carpinifolia*) et quelques landes à *Lavandula* et *Erica arborea*.

Vient ensuite rapidement l'étage montagnard avec des bois de *Pinus silvestris*. La forêt de feuillus est bien développé entre 900 et 1400 m, mais *Castanea sativa* et *Corylus avellana* qui y sont abondants ont été plantés au siècle dernier.

Au-dessus de 1400 m s'étendent successivement les séries mésophile et supérieure de *Pinus silvestris*, la série mésophile de *Fagus silvatica*, puis la série de *Picea excelsa* avec *Larix*. Bois et pelouses se partagent le domaine de chacune de ces séries.

III - ENVIRONNEMENT GEOLOGIQUE

La plaine de Nice est comblée par des formations quaternaires récentes mais sur tout le littoral entre Cagnes-sur-Mer et Menton il existe des lambeaux de formations plus anciennes mises en place lors des différentes transgressions quaternaires qui ont été séparées par des régressions durant chaque période glaciaire. Le dernier niveau régressif maximum date du Würm, ultime grande période glaciaire pendant laquelle la mer s'est retirée à environ -100 m par rapport au niveau actuel. Depuis, le niveau marin n'a cessé de remonter plus ou moins régulièrement pour atteindre son niveau actuel vers 2500 BP selon la chronologie résumée dans le schéma de la figure 2 (H. de LUMLEY 1976).

Cette lente remontée qui s'étale sur toute la période post-glaciaire est attestée par des lambeaux de formations de plage maintenant immergées.

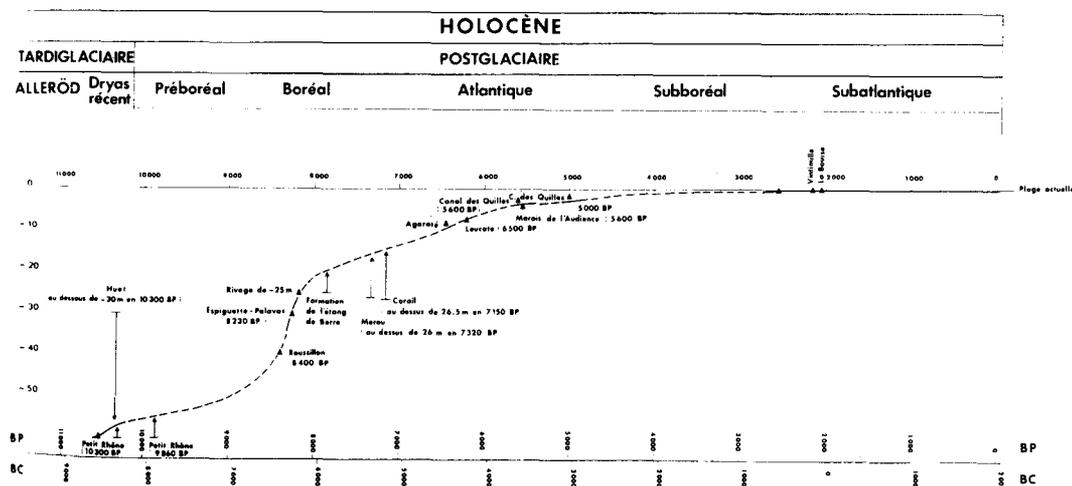


Figure 2 : Schéma des variations du niveau de la mer sur les côtes méditerranéennes de la France pendant l'Holocène (H. de Lumley 1976).

IV - LITHOLOGIE DE LA COUPE PRELEVEE

La coupe a été relevée par Michel DUBAR* au cours du creusement du parking souterrain.

Lors de la construction, des sondages à la pelle mécanique ont été effectués jusqu'à une profondeur de -28 m environ. Les sédiments de la base du sondage sont des vases argilo-sableuses grises verdâtres contenant des feuilles de *Posidonia* en grande quantité. Il y avait donc à cet endroit une zone de hauts fonds puisque *Posidonia* croît entre 0 et 30 m de profondeur..

La base de la coupe, entre -6,90 m et -3,30 m, montre une alternance de niveaux sableux et de lits riches en matière organique. Les sables sont très fins et très micacés. Ce sont des sables de plage.

Les lits organiques sont de deux types : les uns sont composés de particules fines, filandreuses, plus ou moins mêlées de sable, les autres contiennent des particules végétales plus grossières, bien identifiables, telles que brindilles, graines, et la partie sableuse est très réduite.

Cette alternance de sables de plage très fins et de dépôts de matière organique témoigne d'apports périodiques de matériel continental par les différents cours d'eau. Ce matériel semble indiquer des périodes de léger retrait des eaux marines laissant place à une sorte de lagune plus ou moins saumâtre où se déposent des débris apportés par le fleuve ou provenant de la végétation environnante (il faut noter que certains débris végétaux semblent avoir subi un certain transport car ils sont émoussés), il s'agirait donc là de dépôts tout à fait littoraux.

La partie supérieure montre des sédiments continentaux fins déposés en milieu calme. On note cependant un passage plus agité avec dépôt de sable, vers 0,50 m, qui peut correspondre à un accroissement du débit du fleuve et à un apport de matériel détritique plus grossier. Les argiles et limons noirs correspondent à des paléosols.

V - LES MACRORESTES VEGETAUX

Les niveaux organiques de la base de la coupe et les limons du sommet ont livré un certain nombre de macrorestes végétaux identifiables. Ce sont des fragments de bois, d'écorce, des racines, des graines ou des fragments de feuilles.

1 - Les feuilles

Des fragments de feuilles de *Posidonia* sont abondants dans les vases de la base du sondage à -28 m. Dans le niveau C6T1 la partie organique est une charpie de feuilles de *Posidonia*. Les apports marins sont donc prédominants jusqu'à la base de la coupe, mais la fragmentation importante de ces restes indique un brassage important par les vagues. Le site ne devait donc pas être éloigné du rivage.

2 - Les graines

Parmi les nombreuses graines trouvées dans les lits organiques grossiers (C6T5 - C6T8) dont l'étude est en cours par F. DAMBLON, Université de Rabat, seules ont été identifiées celles de *Vitis silvestris*.

* Michel DUBAR, chargé de recherche au CNRS. Il nous a de plus apporté le secours de sa connaissance de la géologie et de la sédimentologie régionale. Pour tout ce que nous lui devons nous le remercions bien amicalement.

3 - Les bois

Les lits organiques de la base de la coupe (C6T2 à C6T8) sont faits d'un mélange de fragments de bois et d'écorces. Dans certains cas les particules ont un aspect émoussé, témoignant un brassage plus ou moins long par les vagues. Les bois sont déterminables lorsqu'ils sont suffisamment gros. Les écorces le sont plus difficilement, excepté celles de *Pinus* assez caractéristiques.

Les déterminations sont les suivantes* :

- Echantillon C6T5 : de nombreux fragments sont des écorces dont quelques unes sont attribuables à *Pinus*. Parmi les fragments de bois, *Juniperus* est très bien représenté par de petites tiges. Il est accompagné de *Corylus*, *Quercus t. pedunculata*, *Pinus t. silvestris* et sans doute *Quercus t. ilex*. Plusieurs autres fragments pourraient appartenir à *Fagus* et peut-être à *Abies*.

- Echantillon C6T6 : parmi les bois on note la présence de *Quercus t. pedunculata* et *Juniperus* accompagnés de *Prunus* et *Phillyrea* dont les déterminations sont toutefois plus incertaines.

- Echantillon C6T8 : il est surtout riche en écorces. On note quelques fragments de bois de *Salix* et de *Populus*.

4 - Les racines

On les trouve dans la partie supérieure de la coupe, dans les niveaux continentaux (Ech. CA4 à CA7). Il s'agit en grande partie de racines d'Equisétales (J.L. VERNET). Leur position verticale tout au long de la coupe indique qu'elles n'ont pas subi de transport. Leur taille et leur fréquence diminuent en même temps que l'on s'éloigne de la surface des paléosols, comme le fait un réseau de racines en place.

VI - L'ANALYSE POLLINIQUE

Onze niveaux ont fourni des résultats qualitatifs et quantitatifs exploitables : six dans les sédiments marins, cinq dans les sédiments continentaux.

Le diagramme PA-PNA permet de distinguer trois ensembles :

- Un ensemble inférieur (C6T1 à C6T6) avec un taux de PA élevé. Il se caractérise en particulier par l'abondance d'*Alnus* et de *Corylus* qui évoluent symétriquement. *Quercus* à feuillage caduc et *Quercus t. ilex* sont à peu près également représentés mais ne dépassent jamais 10%. *Pinus* est très réduit dans cet ensemble, voire absent dans les spectres où *Alnus* domine.

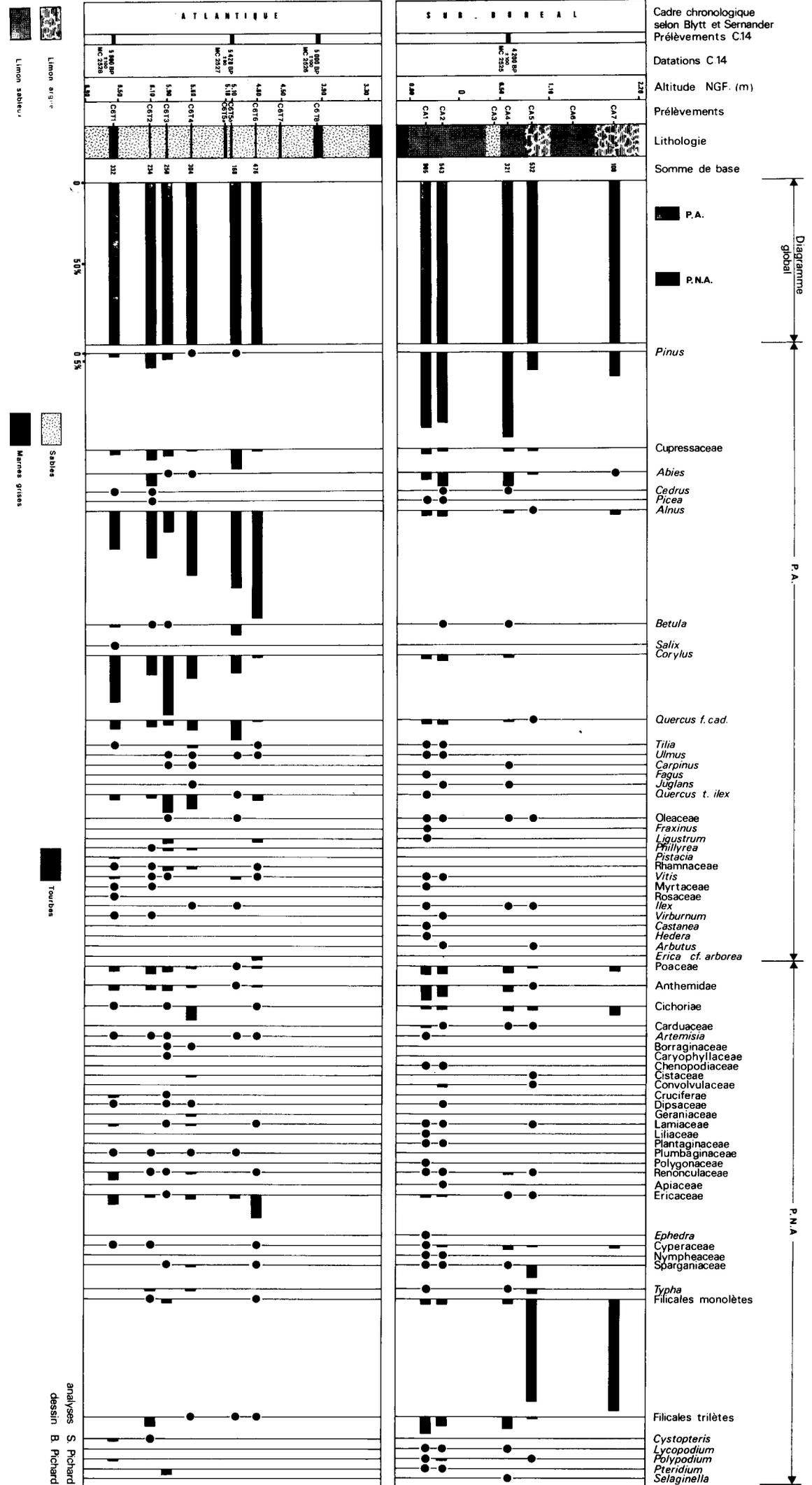
Les macrorestes végétaux indiquent que *Pinus t. silvestris* était présent et l'on peut estimer, la proximité des reliefs aidant, que les grains de pollen de type *Pinus* regroupent des grains de *Pinus t. silvestris* et *Pinus t. halepensis*. De même, ils permettent d'affirmer la présence probable de *Juniperus* parmi les grains de pollen de Cupressacées. Quelques taxons thermophiles sont présents (*Phillyrea*, *Pistacia*, Myrtacées). *Vitis* est bien représenté, aussi bien par son grain de pollen que par ses graines, ce qui atteste la proximité d'une végétation de ripisylve.

Les apports lointains (*Picea*, *Abies*) apparaissent quand *Alnus* et *Corylus* sont peu importants. *Fagus*, déterminé, mais avec incertitude, parmi les macrorestes végétaux, n'apparaît pas dans les spectres

La présence de grains de pollen de *Cedrus* oblige à admettre quelques apports marins.

* Réalisées par J.-L. VERNET, Université des Sciences et Techniques du Languedoc, Montpellier, que nous remercions vivement.

Diagramme sporopollinique de la coupe du parking J. Medecin à Nice (A. Mmes. France).



- Un ensemble intermédiaire (CA1 et CA4) où le taux de PA est un peu moins important mais la représentation des principaux taxons est totalement différente : les grains de pollen de *Pinus* dominant avec des taux voisins de 50%, *Abies* est bien représenté. Les taux de *Corylus* et surtout d'*Alnus* sont faibles ainsi que ceux de *Quercus* à feuillage caduc. *Quercus t. ilex* n'est présent, et en proportion quasi négligeable, que dans le premier spectre où le nombre de grains comptés est important. Dans ce même spectre figurent quelques grains de pollen de *Fagus*. Les taxons méditerranéens, *Pistacia* et *Phillyrea*, disparaissent.

La répartition des taxons herbacés est grossièrement identique à celle relevée dans l'ensemble inférieur. Les grains de pollen de Poacées et de Composées dominent nettement. Par contre, les Ericacées retrouvent des fréquences beaucoup plus faibles.

Les Filicales, en légère augmentation, comprennent une majorité de spores trilètes, comme dans l'ensemble précédent. Elles marquent des apports fluviatiles un peu plus importants et plus réguliers.

- Un ensemble supérieur (CA5 à CA7) caractérisé par une brusque diminution des taxons arboréens, tant en diversité qu'en fréquence. En effet, on ne retrouve plus que six taxons, *Pinus*, Cupressacées, *Abies*, *Alnus*, *Quercus* à feuillage caduc et Oléacées. Seul le taux de *Pinus* est assez important. *Quercus t. ilex* et la plupart des taxons méditerranéens n'apparaissent pas.

Les taxons herbacés sont réduits aux Poacées et aux Composées.

Les Filicales, notamment les spores monolètes, prennent une grande extension. Cette dominance est en grande partie la raison de la pauvreté taxonomique générale de ces spectres; elle indique également des apports fluviatiles ou par ruissellement importants. Ceci peut correspondre soit à un changement dans l'écoulement des eaux au niveau de la plaine du Paillon, soit à une diminution effective du couvert forestier du bassin versant.

La partie inférieure du diagramme correspond à des sédiments tout à fait littoraux, déposés à la limite d'une plaine littorale interfluve (plus restreinte qu'aujourd'hui, comme le prouve la position des sédiments marins étudiés), gorgée d'eau et sans écoulement sur laquelle croissait, immédiatement en arrière du littoral, un peuplement d'*Alnus* où *Vitis* trouvait place. En bordure de la plaine, sur les terrains plus secs, pouvaient se développer une frange de taillis à *Corylus* puis une chênaie à *Quercus pubescens* encore riche en *Corylus*.

Dans la partie supérieure, par contre, les sédiments sont continentaux, d'origine fluviatile; le sol était donc un peu plus haut que le niveau de la mer. La plaine devait ainsi être mieux drainée, ce qui expliquerait en partie la raréfaction d'*Alnus*. La végétation est alors plus ouverte, ce qui favorise l'extension et/ou l'expression de la pinède et des taxons extra-méditerranéens. Chênaies à *Quercus ilex* et à *Quercus pubescens* sont peu sensibles dans les spectres.

En faisant abstraction des spores, le taux de PA n'atteint pas 50% : un certain déboisement se manifeste donc dans les niveaux qui correspondent à des paléosols. L'origine de ce déboisement reste à préciser, les spectres n'apportant pas la preuve formelle d'une intervention humaine.

VII - ESSAI D'INTERPRETATION ET DE DATATION

L'importance d'*Alnus* et de *Corylus*, la présence de taxons méditerranéens attestant un climat assez doux, laissent penser que la partie inférieure de la coupe de Nice (sédiments marins) pourrait se situer vers l'Atlantique, période d'optimum climatique. En effet, cette période correspond à un développement important d'*Alnus* aussi bien dans le bassin de la Loire (PLANCHAIS 1971) que dans le Nord de la France (FRILEUX P.N., HUAULT M.F. 1971) ou en Corse (REILLE 1976) et à l'établissement d'une courbe continue d'*Alnus* en Provence occidentale (TRIAT-LAVAL 1979).

Par ailleurs, le fait qu'il s'agisse de sédiments marins littoraux situés entre -7 m et -3,30 m (figure 2) indique que la base de la coupe, à -7 m, pourrait dater de 6000 ans BP, le sommet, à -3,30 m, se situant vers -5000 BP. Ces deux limites relatives situent donc la coupe vers le milieu de la période Atlantique (selon BLYTT et SERNANDER). Cette conclusion est confirmée par la proportion importante d'*Abies* dans le spectre C6T2 puisqu'il a été établi (BEAULIEU 1974) que le début de l'Atlantique se caractérise dans les Alpes méridionales par une extension brutale du genre *Abies*. Nous aurions donc, dans la vallée du Paillon, un témoin de cette extension, avec un certain retard dû à l'éloignement de la zone montagnarde propice au développement d'*Abies*.

Cette hypothèse d'un âge atlantique oblige alors à admettre que *Quercus ilex* se soit développé un peu plus précocement en Provence orientale que dans la vallée du Rhône. (TRIAT-LAVAL 1979).

Les niveaux suivants (CA1-CA4) sont des formations continentales. Le rivage se situait alors au maximum au-dessous de -0,60, base du premier niveau continental, mais il pouvait aussi bien être plus bas. Toujours selon la figure 2, la mer atteint le niveau -1 m vers 4000 ans BP, c'est-à-dire au début du Subboréal, et n'atteint le niveau actuel que vers 2500 ans BP. Les premières formations continentales de la coupe dateraient donc, du Subboréal, probablement du début de cette période.

Les spectres apportent un élément susceptible d'étayer cette estimation. En effet, les fréquences d'*Abies* sont nettement plus importantes et l'on sait que dans les Alpes méridionales (BEAULIEU 1974) l'essor atlantique d'*Abies* s'est nettement accentué au Subboréal à la faveur du léger refroidissement que connaît cette période.

L'ensemble de ces données nous incite donc à placer cette partie du diagramme au début de la période Subboréale, entre 4500 et 3000 ans BP.

Les deux derniers niveaux analysés appartiennent encore sûrement à la même période puisque *Abies* est toujours présent et les thermophiles rares. La chute du taux des pollens arboréens, qui n'est que modeste si l'on fait abstraction des apports de spores par ruissellement, pourrait être imputée au développement des civilisations du Chalcolithique et du Bronze ancien. En effet, l'essor de ces civilisations provoque une véritable explosion démographique en Provence (BOUVILLE 1976) et de plus, à l'échelon de la région, de nombreuses gravures rupestres (Vallée des Merveilles) montrent l'importance d'une civilisation agraire ayant connu l'araire attelée.

Les datages effectués par Y. THOMMERET* confirment cette interprétation chronostratigraphique des différents ensembles.

CONCLUSION

La coupe dégagée montre à la base une série de sédiments marins, puis le passage à des sédiments continentaux.

L'analyse pollinique des sédiments a permis d'obtenir onze spectres qui constituent les premiers éléments de l'histoire holocène locale de la végétation. Durant une partie de l'Atlantique, la plaine alluviale du Paillon était occupée par un boisement à *Alnus*. Des chênaies à *Quercus ilex* et *Quercus pubescens* se développaient sur les collines alentours. Le développement d'*Abies* dans les Alpes à cette époque transparaît dans les spectres polliniques. Le climat devait être très voisin de ce qu'il est aujourd'hui dans cette région, peut-être un peu plus humide.

* Madame Y. THOMMERET, Centre Scientifique de Monaco.

Au Subboréal, grâce à un meilleur drainage des terrains, la végétation devient plus ouverte. L'hypothèse de défrichements intentionnels dans le bassin versant ne peut être exclue pour expliquer la chute des taux de PA notée au sommet du diagramme. L'extension subboréale d'*Abies* dans les Alpes méridionales semble avoir installé des peuplements relativement proches du littoral.

BIBLIOGRAPHIE

- BARBERO M., LOISEL R. (1973). Carte écologique des Alpes à 1/100 000, feuille de Cannes. *Documents de cartographie écologique, XIV*, Université de Grenoble.
- BEAULIEU J.L. de (1974). Analyse pollinique des sédiments holocènes du Lac Long Inférieur (Alpes Maritimes). *Revue de Biologie et d'Ecologie méditerranéenne*, 1 (3), 97-104.
- BOUVILLE Cl. (1976). La population de la France méditerranéenne dans le Sud-Est. In: "*La Préhistoire Française*", II, 119-128.
- FRILEUX M.N., HUAULT M.F. (1971). Recherches préliminaires sur la végétation actuelle et passée du Bray (Seine-Maritime). *Bulletin Société Ecologie*, 2 (1-3), 136-150.
- LOISEL R. (1976). La végétation de l'étage méditerranéen dans le Sud-Est continental français. Thèse Université Aix-Marseille III, 380 p., 73 pl.
- LUMLEY H. de (1976). Les lignes de rivage postglaciaires des côtes méditerranéennes de la France. In: "*La Préhistoire française*", II, 24-26.
- NICOL -PICHARD S. (1982). Contribution palynologique à l'étude de sédiments quaternaires de Provence. Thèse 3e cycle, Université de Provence, 168 p., 34 fig., 12 tabl., 4 diagr.
- OZENDA P. (1956). Carte de la végétation de la France à 1/200 000, feuille de Nice, n°68, Ed. C.N.R.S.
- PLANCHAIS N. (1971). Histoire de la végétation post-würmienne des plaines du Bassin de la Loire d'après l'analyse pollinique. Thèse Montpellier, 115 p., 31 fig.
- PLANCHAIS N. (1976). La végétation pendant le Postglaciaire : aspects de la végétation holocène dans les plaines françaises. In "*La Préhistoire française*", II, 35-43.
- REILLE M. (1976). Histoire de la végétation de la montagne corse depuis le Tardi-glaciaire. In "*La Préhistoire française*", II, 52-58.
- TRIAT-LAVAL H. (1979). Contribution pollenanalytique à l'histoire tardi- et post-glaciaire de la végétation de la basse vallée du Rhône. Thèse Université Aix-Marseille III, 343 p., 29 diag.

Pollenanalyse de sédiments quaternaires récents du pourtour de l'Étang de Berre

H. TRIAT-LAVAL*

RESUME - Sept diagrammes provenant du pourtour de l'Étang de Berre ouvert sur la mer Méditerranéenne mettent en évidence le maintien tardif à l'Holocène d'une végétation herbacée avec *Juniperus-Betula* et une dynamique forestière complexe à *Corylus* et *Quercus*, *Abies* et *Fagus* au Préboréal et au Boréal impulsée par l'existence de refuges de basse altitude. Des indices de déboisement anthropique sont notés à l'Atlantique et le début de la culture historique de *Olea* date de 2090 - 200 BP.

SUMMARY - The present study is based on seven diagrams resulting from the pollen analysis of clay sequences from sites located around the Etang de Berre opening on the Mediterranean Sea. In the region, the early Holocene is marked by the belated presence of an herbaceous vegetation with *Juniperus-Betula* and complex forest dynamics in which *Corylus-Quercus*, *Abies* and *Fagus* play an important role in relation with the existence of refuges at a low altitude. After a Boreal period characterized by the unusual presence of the medio-european optimum of *Corylus* in this Mediterranean justalitoral site, the forest history in the region is marked by the development of deciduous *Quercus*.

Evidences of clearing due to man's action appear early in the Atlantic and the historical culture of *Olea* is dated from 2090 - 200 BP.

MOTS CLES : Analyse pollinique, Etang de Berre, Végétation, Postglaciaire.

L'Étang de Berre, de submersion récente, occupe l'extrémité occidentale du bassin synclinal d'Aix-en-Provence. Il forme un plan d'eau de 15 500 hectares dont la profondeur n'excède pas 10 m.

Le tréfonds de l'étang a une topographie variée mise en évidence par sondage sismique continu (LEENHARDT et ROUX 1967). C'est ainsi que dans la partie S de l'étang le tracé d'un paléothalweg a pu être reconstitué. Surcreusé par l'Arc lors de la régression marine contemporaine de la dernière glaciation, ce thalweg, colmaté lors de la transgression versilienne (fig. 1), passe sous la pointe de Berre où son fond se situe vers la cote -20 m, s'étale largement au N du village de la Mède, puis se dirige à l'W vers les Martigues (cote -18 m) où il se rétrécit avant de rejoindre le golfe de Fos aux environs de la cote -30 m.

Le bassin communique actuellement avec la mer par l'étang naturel de Caronte, qui, en l'absence du canal artificiel des Martigues, ne serait qu'une lagune.

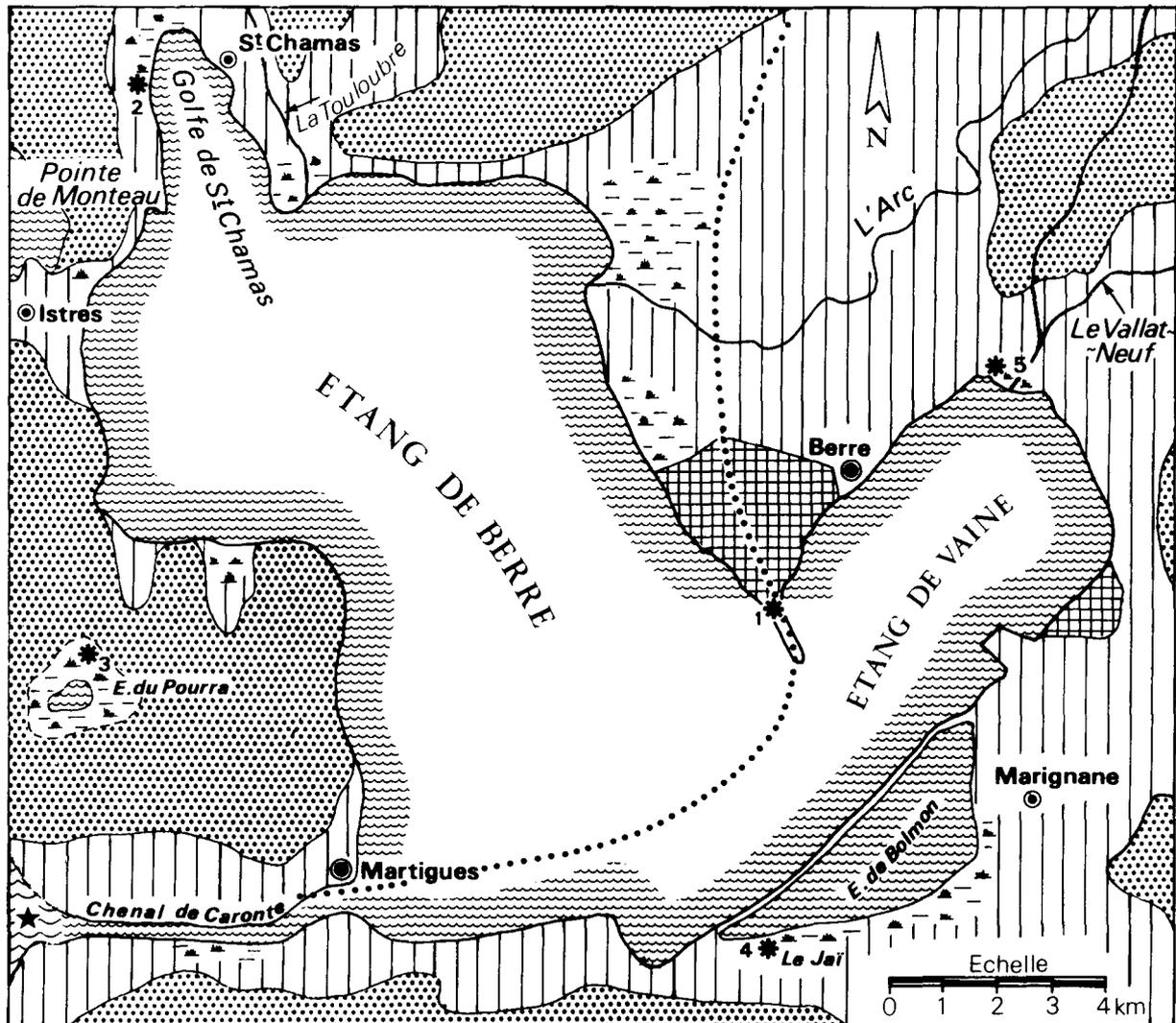
Il reçoit deux affluents principaux dans sa partie nord : l'Arc et la Touloubre ainsi que des affluents mineurs comme le Vallat Neuf dans la partie N de l'Étang de Vaïne.

Un cordon littoral isole l'Étang de Bolmon au sud. Une flèche sableuse délimite au nord l'Étang de Vaïne.

A l'ouest de l'Étang de Berre, du Nord d'Istres à Port de Bouc, des dépressions fermées, creusées dans le Bégudien imperméable, s'alignent dans une direction N-S : Etangs du Pourra, de l'Olivier, de l'Engrenier. Situées au-dessous du zéro actuel, elles récupèrent les eaux de précipitation locale et celles provenant du déversement de la nappe de Crau (GOUVERNET *et al.*, 1979).

*Laboratoire de Botanique historique et Palynologie, E.R.A. C.N.R.S. n°404, Faculté des Sciences et Techniques Saint-Jérôme, 13397 Marseille Cedex 13, France.

Fig. 1 . Région de l'Etang de Berre



 **Végétation arbustive**

 **Anciennes salines**

 **Zones anthropiques**

 **Tracé probable d'un paléotalweg**

 **Zones marécageuses**

 **Mer Méditerranée (Golfe de Fos)**

*** Sondages** — 1. Pointe de Berre
3. Le Pourra

2. Poudrière de St Chamas
4. Plage du Jai 5. Le Vallat Neuf

La végétation du proche cadre collinaire de l'étang, très dégradée par une intense anthropisation, comporte actuellement, en dehors des zones cultivées, avec de nombreuses olivettes sur pelouses à *Brachypodium phoenicoïdes*, des garrigues à *Quercus coccifera*, *Ulex parviflorus* et *Rosmarinus officinalis* sur sol calcaire pauvre, quelques îlots de chênaie à *Quercus ilex* très dégradée, les pinèdes à *Pinus halepensis* étant presque cantonnées dans les vallons.

L'halophilie se manifeste surtout en-dessous d'une ligne rejoignant la pointe de Monteau au delta de la Touloubre avec la présence de groupements du *Salicornietalia* formant un liseré plus ou moins étroit.

Sept sondages ont été effectués dans cette région : deux sondages ont été réalisés* sur la flèche de la pointe de Berre (alt. : 1,5 m) dans les sédiments colmatant le paléothalweg de l'Arc. L'implantation des deux sondages - D1 se situant à 250 m au nord de D2 - selon une direction oblique par rapport au tracé probable du paléothalweg laisse présager certaines dissimilitudes entre les deux diagrammes.

Dans le paléothalweg, à une dizaine de kilomètres en aval des sondages, un tronç d'arbre entier trouvé à la hauteur des Martigues, reposant sur le bedrock caillouteux à -18 m de profondeur, a fourni les dates 14 C atteignant 35 000 ± 4000 BP (Mc 100) et > 35 000 (Ly 339). Un troisième datage effectué par C. FONTES a fourni un âge voisin (THOMMERET, comm. orale).

Une détermination botanique, aimablement effectuée par F. SERRE-BACHET sur un fragment fourni par J. THOMMERET a indiqué *Pinus silvestris*.

La végétation de cette flèche initialement marécageuse a été éliminée par les installations industrielles.

Au lieu-dit le Vallat Neuf (altitude 0,1 m) sur la bordure nord de l'étang, dans une zone particulièrement touchée par l'industrialisation et l'installation de routes diverses, deux sondages ont été effectués dans un marécage à *Arundo phragmites* et *Typha angustifolia* (recouvrement 100%).

L'Etang de Berre est découpé dans sa partie nord-ouest par une anse profonde, le golfe de St-Chamas, dont la concavité nord actuellement fermée est occupée par un marécage de roseaux (*Arundo phragmites*). Un cinquième sondage a été effectué jusqu'à -3,60 m près de l'ancienne poudrière de St-Chamas (altitude : 0,4 m), dans cette phragmitaie où le relevé suivant a été réalisé sur une superficie de 100 m² : recouvrement 80%, *Arundo phragmites* 4.3; *Typha angustifolia* 1.2; *Cladium mariscus* 1.2; *Juncus subnodulosus* +; *Iris pseudacorus* + ... De nombreux pins d'Alep dominant en contre-haut le marais.

Un sixième sondage a été effectué sur la plage du Jaï au lieu-dit La palunette, au nord de Chateaneuf-les-Martigues (altitude 2 m), dans un marécage de roseaux peu dense; seuls les 50 cm les plus profonds d'un sédiment marneux gris reposant sur du sable stérile ont été étudiés.

Un septième sondage a été réalisé dans l'Etang du Pourra assèché (altitude 0,4 m); les marnes grises récoltées étant pauvres en matériel pollinique, seuls les sédiments de -90 à -130 cm ont été étudiés.

Les séquences étudiées ont été prélevées soit à l'aide d'une sonde de Hiller de 3 cm de diamètre (Le Jaï, Etang du Pourra, Poudrière de St-Chamas), soit par carottage industriel (Pointe de Berre) ou à l'aide du carottier russe dont la fiabilité au regard de l'analyse pollinique est excellente (BEAULIEU et REILLE 1978); cependant, pour dater au C14 les sédiments argileux pauvres en matériel organique, le diamètre de la carotte obtenue est insuffisant, il faut donc procéder à plusieurs carottages contigus en effectuant un examen minutieux des variations des caractéristiques morphologiques du sédiment et des analyses polliniques de contrôle.

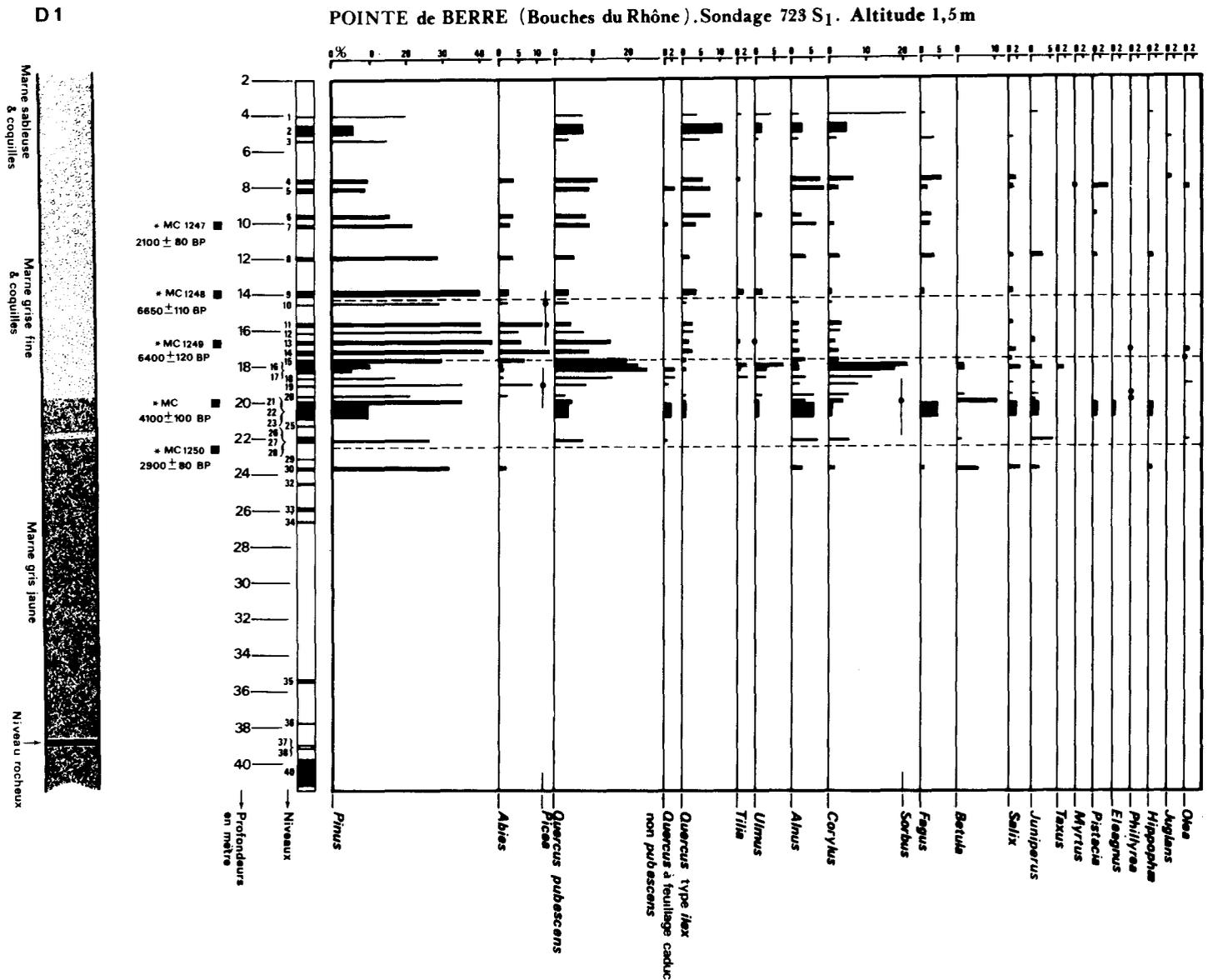
* Ces sondages, effectués au cours de l'étude préalable à l'implantation de réservoirs de produits pétroliers, n'ont pu être suivis et l'échantillonnage réalisé hors de notre contrôle présente des lacunes. Par ailleurs, les datages effectués sur coquilles se sont avérés peu exploitables.

Ces sédiments ont été traités selon la méthode de FRENZEL (1964) modifiée par BASTIN et COÛTEAUX (1966), améliorée dans notre laboratoire (GOEURY et BEAULIEU 1979) et qui permet l'analyse des sédiments argileux pauvres en pollen.

La somme de base à partir de laquelle ont été établies les fréquences relatives de chaque taxon est la somme des grains de pollen et spores de végétaux vasculaires à l'exclusion des microrestes marins (hystrichosphères + dinophycées + loges de foraminifères) dont la fréquence est alors calculée par rapport à la somme totale.

La présente étude repose sur 185 spectres polliniques établis sur un nombre de spores et grains de pollen ne s'abaissant qu'exceptionnellement à 100 et dont la moyenne excède légèrement 200. Dans les diagrammes les points représentent les fréquences inférieures à 1%.

La datation des échantillons des séquences obtenues au Vallat Neuf a été réalisée au Centre de Datation d'Analyses isotopiques de l'Université de Lyon*.



* Directeur J. EVIN dont la fidèle et active collaboration a été précieuse.

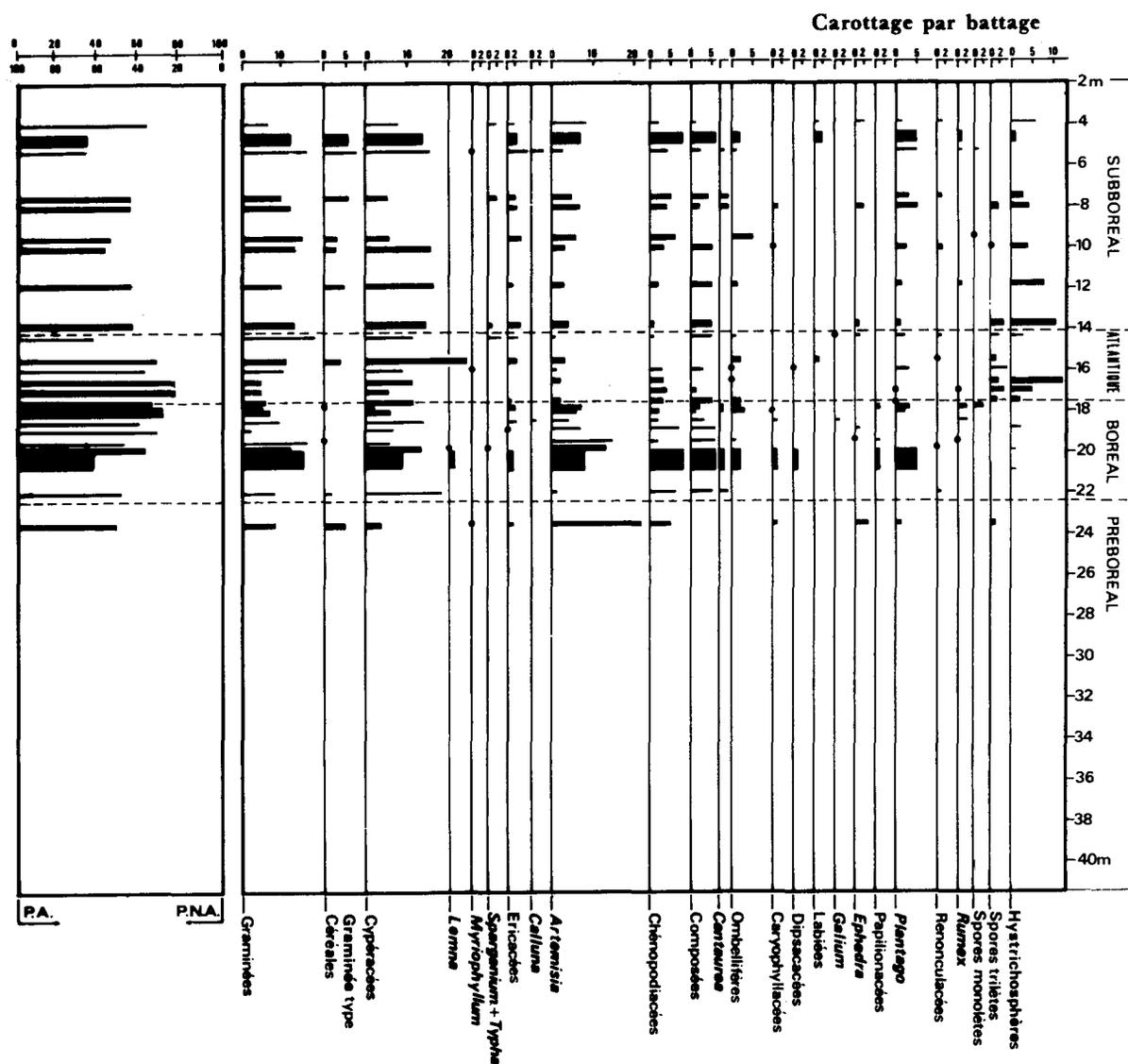
I - POINTE DE BERRE (alt. 1,5 m) - Diagrammes D1 et D2

Parmi les cinq dates C14 obtenues pour le diagramme D1 et effectuées sur du matériel coquillier, seules les deux dates les plus récentes de 6650 ± 110 BP (Mc 1248) et de 2100 ± 80 BP (Mc 1247) peuvent être retenues. Les autres sont à rejeter, la chronologie des dates s'échelonnant en sens inverse du dépôt.

Aussi a-t-il fallu se référer, pour la zonation des deux diagrammes D1 et D2, aux similitudes qu'ils présentent avec l'histoire de la végétation relatée pour les sites voisins (TRIAT-LAVAL 1979).

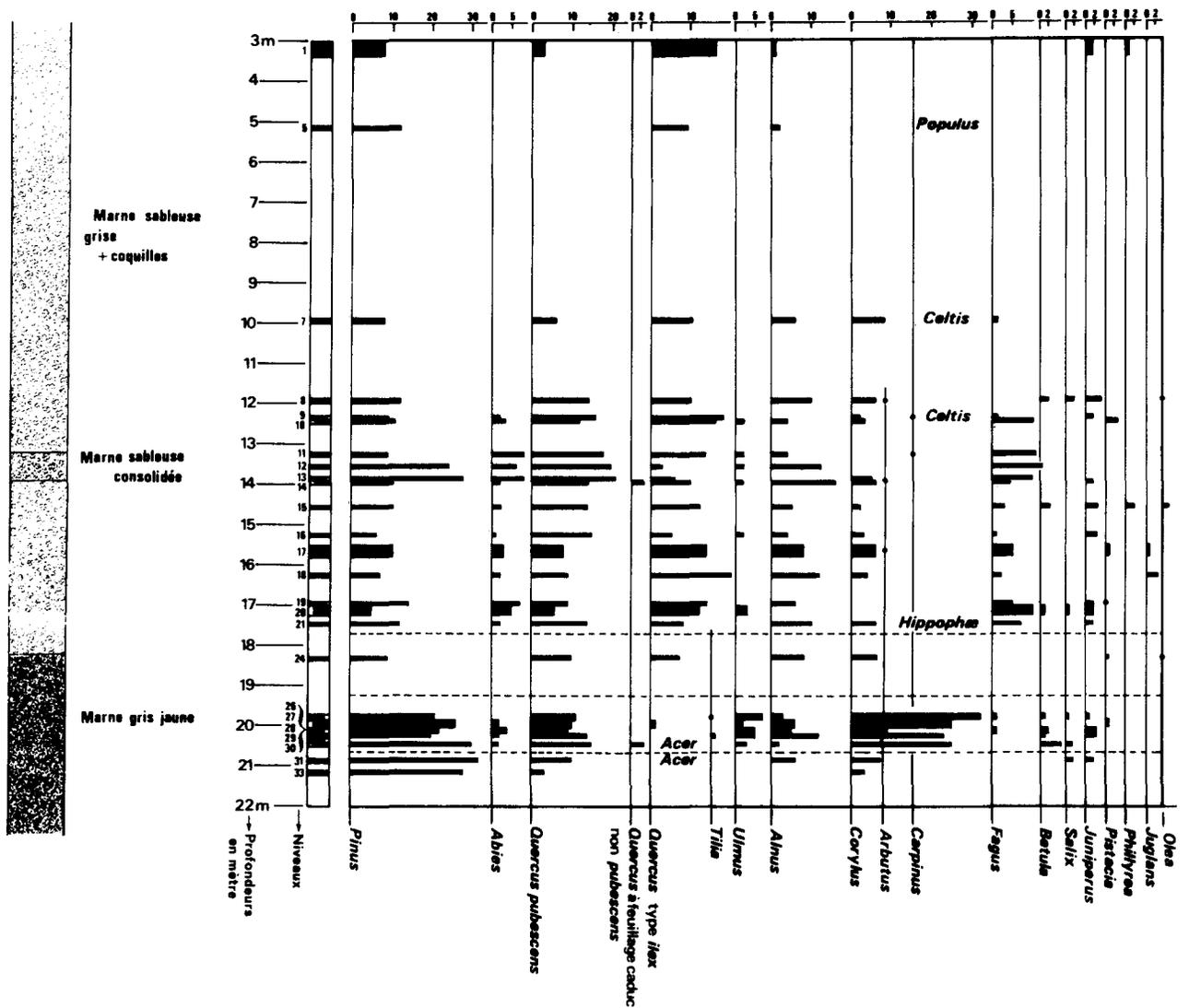
1 - Préboréal D1 niveau 30
D2 niveau 33-31

Pendant cet épisode où *Pinus* atteint 30% et *Artemisia* ses fréquences les plus importantes s'observe déjà le début des courbes de *Corylus* et *Quercus pubescens*. Mais sont surtout remarquables les fréquences polliniques de *Abies* et *Fagus* en D1 dans les niveaux rapportés au Préboréal. Or, la même observation a été effectuée lors de l'étude du site des Frignants en Camargue (TRIAT-LAVAL 1979) autour de la date de 9260 ± 130 BP (Mc 2017) **.



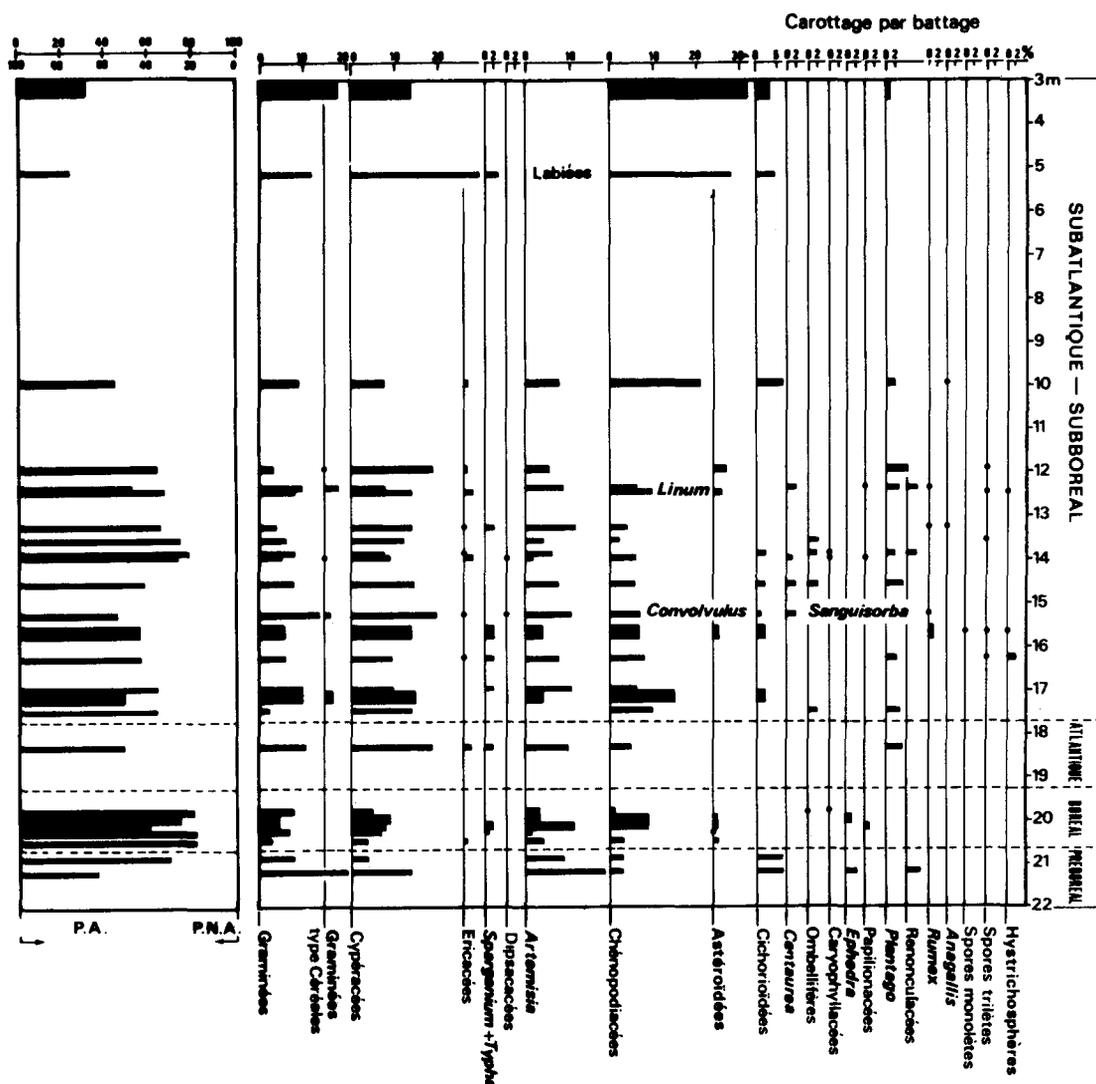
** Mais il faut souligner que dans ce site des Frignants une première présence de *Fagus* seul avec des fréquences substantielles était observée entre 10 260-150BP (Mc1169) et 10 230 - 150 BP (Mc 1168).

D2

POINTE de BERRE (Bouches du Rhône). Sondage 723 S₂. Altitude 1,5 m.

2 - Boréal D1 niveau 28 à 16
D2 niveau 30 à 26

Il correspond moins à un déclin des fréquences de *Pinus* qu'à l'accroissement des taux de *Corylus* (choisi pour délimiter la base de cette zone) qui atteignent ensuite, de manière assez fugace - comme dans les autres sites de Provence où cette partie du Boréal a pu être observée et datée (8390 \pm 210 BP à Beauchamp-Panières; 8480 \pm 200 BP à Courthezon) - leurs plus fortes fréquences, voisines de 30%. Mais alors que dans les deux autres sites le Boréal antérieur à la pointe de *Corylus* ne figurait pas, ici, au contraire, la montée de *Corylus* s'observe bien, d'ailleurs curieusement affectée, aussi bien en D1 (niveaux 21, 22, 23) qu'en D2 (niveau 28) par un fléchissement transitoire qui correspond au début de la courbe de *Quercus type ilex* (*Q. ilex* + *Q. coccifera*).



Ulmus atteint durant cette période ses plus fortes fréquences qui ne dépassent cependant pas 8% alors que *Alnus*, constamment présent, peut atteindre 10%. *Juniperus* qui présente alors ses fréquences les plus élevées en D1 et *Pinus*, malgré une légère chute, attestent de la persistance de pinèdes et de junipéraies, ces dernières plus proches.

Entre les niveaux rapportés au Préboréal et ceux attribués au Boréal, intervient une chute de *Artemisia* qui doit être imputée à une raréfaction des *Artemisia* steppiques, car si étaient en cause des *Artemisia* halophiles, leur fréquence pollinique aurait dû croître par le jeu de la transgression, la mer s'étant rapprochée au Boréal. En effet, l'invasion par la mer de la dépression de Berre est datée d'après BONIFAY (1973) comme par de LUMLEY (1976) des environs de 8000 BP. Evidemment la chute des taux des *Artemisia* steppiques observée entre les niveaux 28 et 26 de D1 d'une part et les niveaux 31 et 28 de D2 d'autre part n'a rien à voir avec la chute classique du Postglaciaire (BOTTEMA 1974; REILLE 1975; TRIAT-LAVAL 1979) non observable ici. Elle tient à ce que nos spectres du Préboréal et ceux du Boréal sont séparés par un intervalle de temps au cours duquel les *Artemisia*, qui se sont maintenues en Provence durant le début de l'Holocène (TRIAT-LAVAL 1979) ont été affectées d'une très lente décroissance. Quant au regain des *Artemisia* observable au sein du Boréal même, il témoigne de l'intervention des taxons halophiles liés à la transgression comme l'atteste l'augmentation des taux de Chénopodiacées.

La présence de pollen de *Fagus* et *Abies* dans les niveaux du Boréal des deux diagrammes confirme l'originalité de l'histoire de la végétation relatée dans ce site.

3 - Atlantique D1 niveaux 15, 14, 13, 12, 11 et 10
D2 niveau 24

L'attribution de ces niveaux à l'Atlantique résulte du fait que le début de cette période a été situé en Provence (TRIAT-LAVAL 1979) au niveau de l'augmentation des fréquences de *Quercus ilex*. *Fagus* est absent dans tous les niveaux. Le fait que *Abies* soit présent dans les niveaux de D1 et absent dans le niveau de D2 montre que ce dernier correspond à l'éclipse atlantique de *Abies* (TRAIT-LAVAL 1979) tandis que les premiers représentent la fin de cette période.

Les occurrences de *Olea* et *Pistacia* confirmant celles du Boréal témoignent vraisemblablement de l'existence d'une végétation de type *Oleo-lentiscetum*.

4 - Subboréal - Subatlantique D1 niveaux 9,8,7,6,5,4,3,2,1
D2 niveaux 21,20,19,18,17,16,14,13,12,11,10,9,8,7,5,1

La réapparition de *Fagus* étant admise comme base du Subboréal (TRIAT-LAVAL 1979), une lacune importante se manifeste en D2 car les premières fréquences de *Fagus* sont importantes et situées au-dessus du niveau dépourvu de *Abies* (donc Atlantique moyen) alors qu'en D1 existe une certaine continuité entre les niveaux atlantiques tardifs déjà riches en *Abies* et les niveaux où *Fagus* est encore modeste.

La récurrence de *Betula* qui suit en général celle de *Fagus* n'est observée sporadiquement qu'en D2.

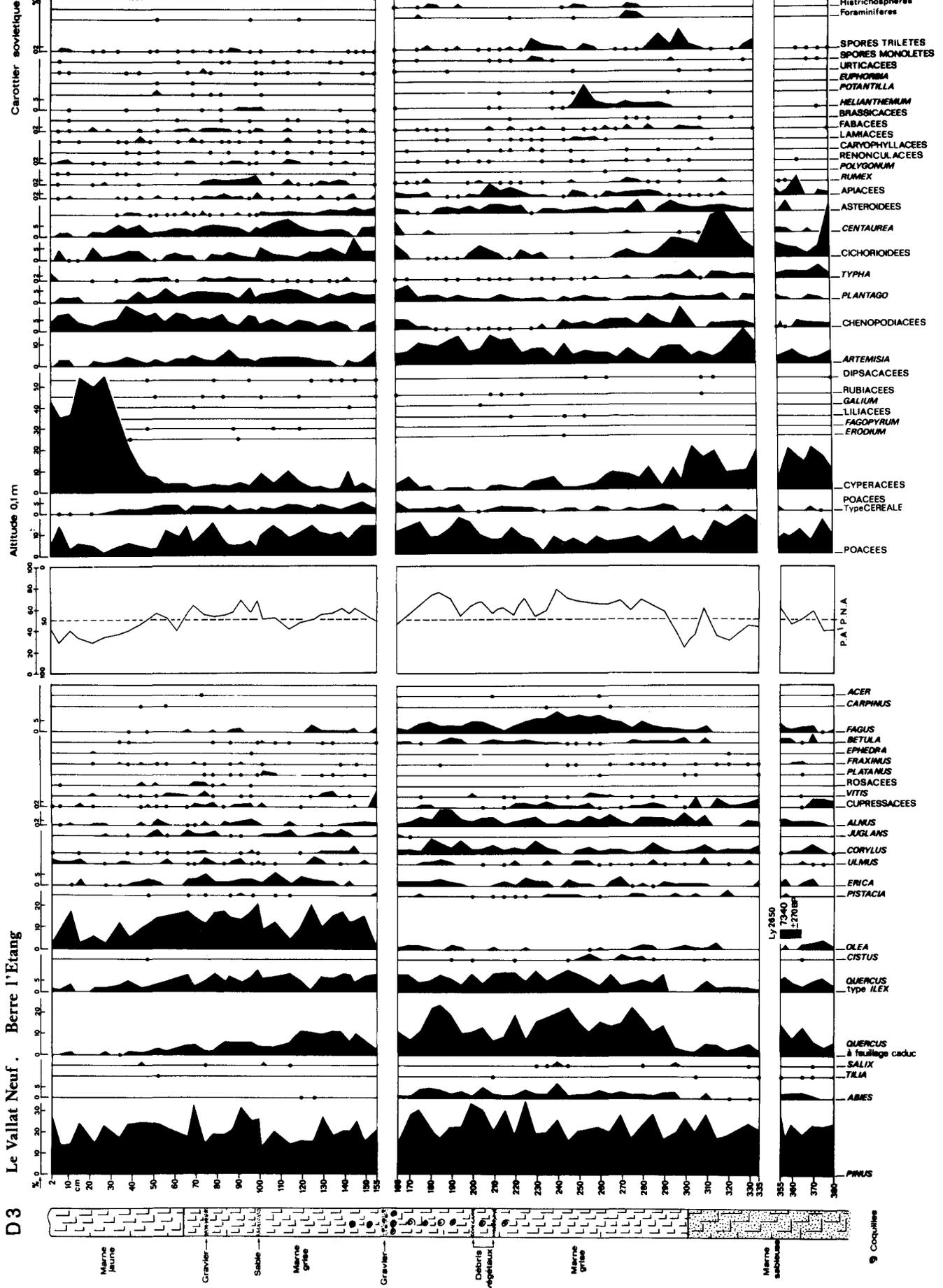
Sur l'ensemble des deux diagrammes, seuls les niveaux 1, 5 et 7 de D2 peuvent évoquer le Subatlantique par la pauvreté qualitative et quantitative du pollen de taxons arboréens. Les niveaux les plus superficiels de D1 (1, 2, 3) caractérisés par la présence de *Ulmus*, *Tilia* et surtout *Corylus* et *Fagus* se rapprochent du niveau 7 de D2.

II - LE VALLAT NEUF (alt. 0,1 m) - Diagrammes D3 et D4

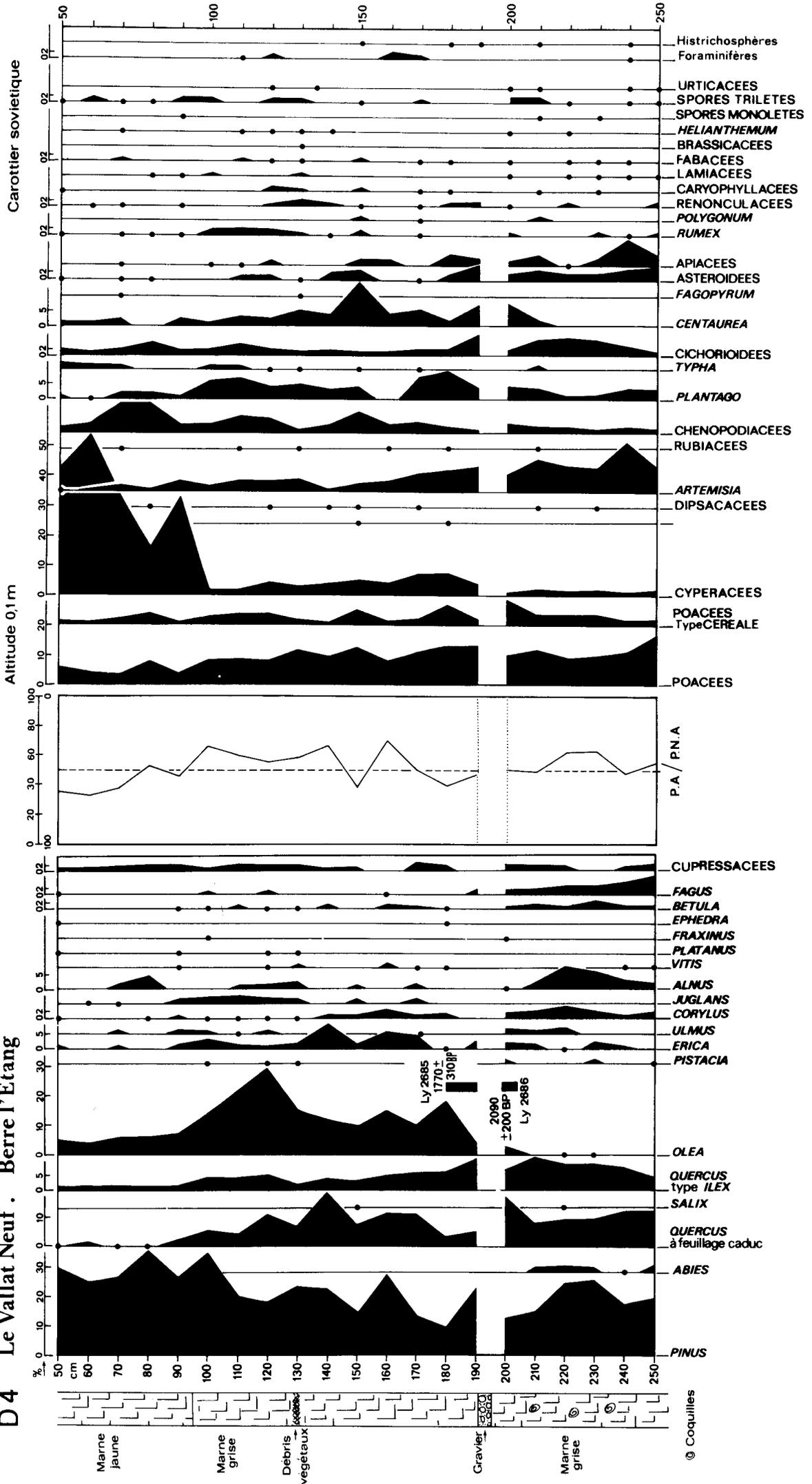
1 - Atlantique D3 -380 à 315 cm

A -310 cm, 70 cm au-dessus de la base de D3, le début d'une courbe continue de *Fagus* (accompagné de *Betula*) pourrait correspondre au début du Subboréal tel qu'il a été défini en Provence (TRIAT-LAVAL 1979). Dans ce cas, la base de D3 entre 380 et 315 cm serait l'Atlantique. Mais on peut aussi penser que la base de D3, avec la présence de notations continues de *Fagus* et de *Abies*, appartient déjà au Subboréal, le début de l'essor de *Fagus* étant antérieur au niveau 380. Dans ce cas, les niveaux compris entre 335 et 315 cm, dépourvus de *Fagus*, constitueraient, au sein du Subboréal, un accident pouvant apparaître comme de nature édaphique ou de nature anthropique. Si cet accident était de nature édaphique lié à un milieu mauvais récepteur ou mauvais conservateur du pollen - ce que traduirait l'augmentation des fréquences de Cichorioidées et de *Artemisia* - toutes les notations d'arbre devraient en être affectées; s'il s'agissait d'une intervention humaine sur la végétation, la diminution des fréquences polliniques de taxons arboréens correspondant à une ouverture de la végétation devrait affecter beaucoup moins le pollen arboréen d'origine régionale (*Abies* et *Fagus*) que celui d'origine plus proche (*Quercus*, *Corylus*, *Alnus*...). Or c'est le contraire qui est observé.

Il apparaît que la base de D3 se situe donc bien dans une période du début de l'Atlantique, avant un hiatus - classiquement observé dans cette région très méridionale au début de l'Atlantique (TRIAT-LAVAL 1979) - des courbes de *Abies* et *Fagus*. Le datage C14 effectué sur les premiers dépôts marneux entre 355 et 365 cm 7340±270 BP (Ly 2650) vient confirmer d'ailleurs cette zonation.



D4 Le Vallat Neuf . Berre l'Etang



Durant cet épisode, coupé par des niveaux de sédiment stérile (graviers), la courbe de *Pinus* présente des fréquences importantes et stables autour de 30% tandis que la courbe de *Quercus pubescens*, bien que continue, présente un creux avec des fréquences inférieures à 5% à partir de 335 cm.

A cet accident de la courbe de *Quercus pubescens* dont l'équivalent se retrouve sur la courbe de *Quercus ilex*, correspondent la quasi absence de *Olea* et de *Erica*, une reprise de la courbe de *Juniperus*, la courbe de *Corylus* étant sans variation notable. Parmi les herbacées on note de fortes fréquences des Cichorioïdées et des Graminées, mais fort peu de pollen de céréales et de commensales de milieu cultivé, l'impact humain sur la végétation étant encore très faible.

Comme en D1 et D2, cette période d'optimum climatique holocène ne correspond pas à un acmé visible de la chênaie caducifoliée.

La présence de *Pistacia* et de *Olea* (absent durant le creux de la courbe de *Quercus pubescens* correspondant à des cultures) témoigne de l'existence d'une végétation thermophile de type *Oleo-lentiscetum* à l'adret des collines surplombant le site du Vallat neuf.

Les fréquences polliniques de *Abies* à l'Atlantique sont l'écho de la rémanence de la végétation issue des refuges de basse altitude localisés dans les paléothalwegs de l'Arc voisin avant qu'un hiatus des courbes de *Abies* et *Fagus*, entre 335 et 310 cm (comme en D1 et D2) ne témoigne de la fin du rôle de ces refuges méridionaux.

2 - Subboréal-Subatlantique D3 : 310-2 cm

Subatlantique D4 : 250-50 cm

Le début d'une courbe continue de *Fagus* accompagné d'une récurrence de *Betula* a été choisi pour situer la base du Subboréal bien que la référence à ce taxon aboutisse à situer en Provence (TRIAT-LAVAL 1979) la limite inférieure du Subboréal vers une date plus précoce d'au moins un demi millénaire que celle classiquement admise de 4800 BP .

La réapparition de *Abies** est imputable au reflet de l'extension classique de l'essence et de la grande prospérité des sapinières des Alpes méridionales. Entre 310 et 290 cm en D3 un effacement du rôle de *Quercus pubescens* et de *Quercus ilex* dans les spectres correspond au début d'une courbe discontinue de *Olea*, *Erica*, *Betula* et d'une courbe continue de *Alnus* pour les taxons d'arbres.

Les fréquences de *Olea* peuvent être rapportées à une préculture de l'oléastre simplement favorisé par l'homme durant l'époque protohistorique, mais ceci, toujours dans le contexte de l'*Oleo-lentiscetum* dont témoigne la présence conjointe de pollen de *Pistacia*.

Bien que l'ensemble évoque un épisode de déforestation proche, les témoins d'une culture de type sédentaire sont peu abondants. De plus, il est difficile de préciser la nature anthropique de ces épisodes puisque les herbacées qui leur sont liées (Apiacées, *Artemisia*, *Plantago*...) végètent aussi dans les milieux halophiles. Ainsi, les variations observées pour les Graminées, Cypéracées, Cichorioïdées (avant un long effacement du rôle de ces taxons dans les spectres) peuvent être liées à une évolution tout à fait locale des groupements végétaux, compte tenu du fait qu'à ce moment la ligne de rivage est proche (BONIFAY 1973; LUMLEY 1976).

A partir de -290 cm en D3, le Subboréal est l'époque de la dominance de la chênaie caducifoliée quise manifeste en même temps que celle de *Quercus ilex*, entre -290 et 230 cm. Certes, les pourcentages de *Quercus pubescens* sont voisins de 20%. Cependant, dans ce site très méridional, ils demeurent en général bien inférieurs à ceux observés dans l'ensemble de la région provençale et alors voisins de 40% (TRIAT-LAVAL 1979, *ibidem*). De plus, deux creux affectent la courbe de *Quercus pubescens* entre 275 et 250 cm d'une part, entre 225 et 195 cm d'autre part, dont profitent surtout *Cistus* et *Helianthemum* pour le premier et *Pinus* pour le second.

* En Camargue, cette reprise de la courbe de *Abies* est datée de 6140 \pm 120 BP (Mc 2016).

Entre 230 et 190 cm, l'essor de la courbe de *Quercus pubescens* est à nouveau affecté d'un creux qui correspond au début d'une décroissance continue des fréquences de *Fagus*, à une augmentation de celles de *Corylus*, la courbe de *Quercus ilex* ne présentant pas de variation notable. En même temps, parmi les taxons herbacés, se notent l'augmentation des fréquences de pollen de céréales, de *Artemisia* et la diminution de celles de Chénopodiacées et de Cypéracées liée vraisemblablement pour ces deux taxons à un changement des caractéristiques édaphiques locales dû au rapprochement de milieux salés.

A 155 cm en D3, à 200 cm en D4 se note le début de l'essor d'une courbe de *Olea* toujours accompagnée de *Centaurea*. Cet essor se situe entre 2090 \pm 200 BP (Ly 2686) et 1770 \pm 310 BP (Ly 2685), car une passée de graviers stériles de 5 cm d'épaisseur (apport lié à une érosion, elle-même vraisemblablement reliée à la déforestation) rompt la continuité des spectres en D3 comme en D4. Cet essor de *Olea* est associé à un net déclin des courbes de *Abies*, *Quercus pubescens*, *Corylus*, *Alnus*, *Fagus*. Parmi les herbacées, on note la présence d'une courbe continue de céréales, de Chénopodiacées, d'une reprise de celle de *Plantago* (moins nette en D4), de Cichorioïdées. Par contre, le fait qu'au même moment s'amorce le déclin de *Artemisia* indique que celles-ci sont à dissocier des *Artemisia* anthropophiles.

L'ensemble de ces faits témoigne que l'impact humain sur la végétation, quasi constant depuis la fin de l'Atlantique, de plus en plus pesant en raison d'une sédentarisation accrue qui se traduit par des cultures fixées, devient irréversible à partir de 2000 BP dans la région de l'Etang de Berre.

A partir de -40 cm en D3, -90 cm en D4, l'augmentation des fréquences de pollen de Cypéracées qui suit la disparition des foraminifères se corrèle avec un changement des caractéristiques sédimentologiques (passage de marnes grises à des marnes jaunes), à une époque qui n'a pu être datée. Le même phénomène sera observé en D5 (poudrière de St-Chamas).

En D4, une courbe de *Juglans* apparaît subitement, postérieurement à l'essor de celle de *Olea* daté de 1770 \pm 310 BP. Par contre, en D3 le début de la courbe de *Juglans* est antérieur à l'essor de *Olea* daté de 2090 \pm 200 BP. Rien ne permet de savoir si les premières notations du taxon sont présentes en D4 et par ailleurs les deux dates Ly 2685 et Ly 2686 sont très proches compte tenu de leurs intervalles de confiance.

Des notations de *Vitis* tout au long du Subboréal confirment l'indigénat de la vigne en Provence comme en Languedoc (PLANCHAIS *et al.* 1977). Les notations plus denses de *Vitis* entre -100 et -40 cm pourraient correspondre à la phase "écclésiastique" de la culture du vignoble au Haut Moyen-âge.

III - POUDRIERE DE ST-CHAMAS (alt. 0,4 m) - D5

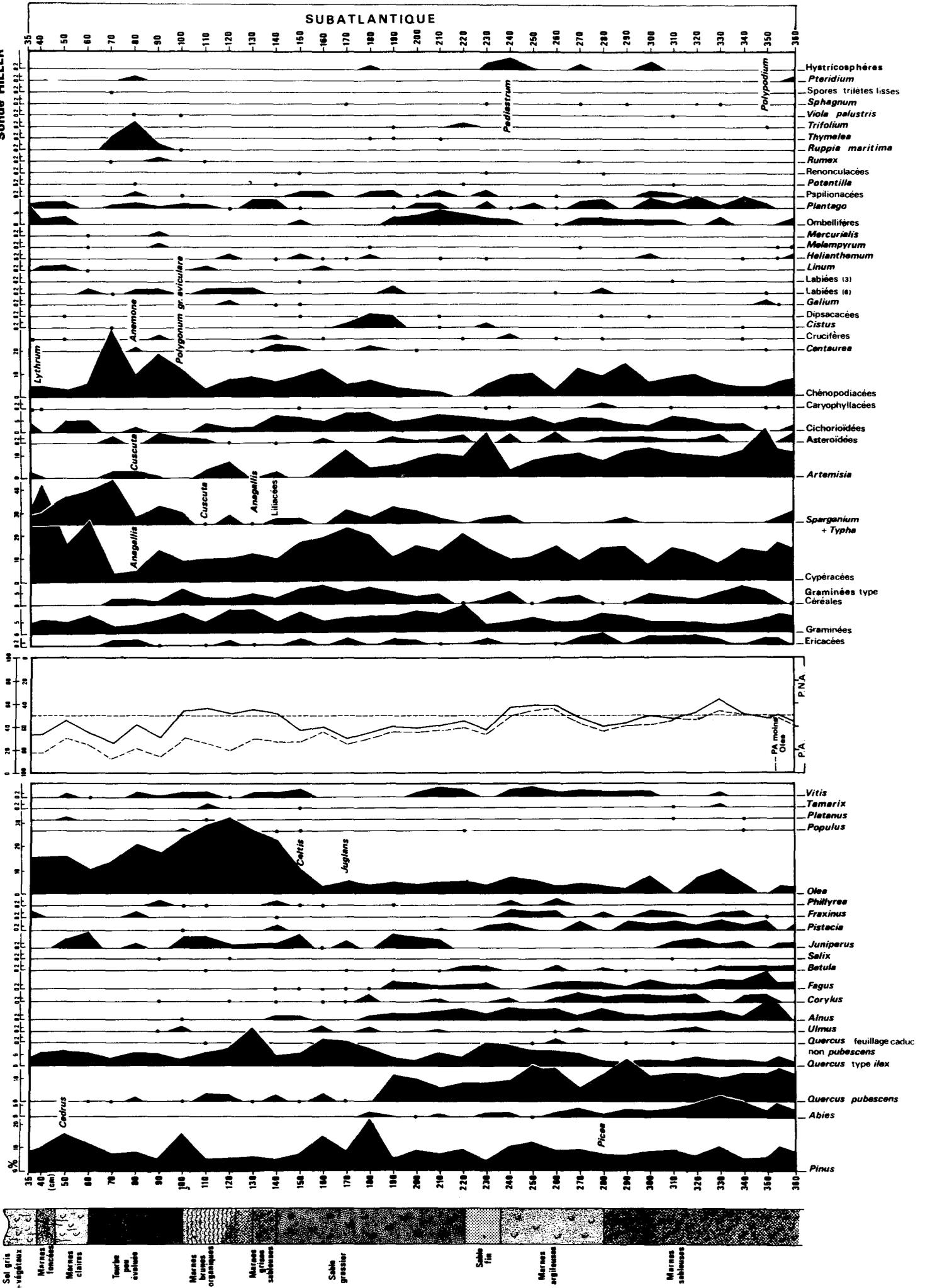
Subboréal-Subatlantique D5 361-5 cm

La présence d'une courbe presque continue de *Olea* et d'un fort contingent de pollen de céréale accompagné de commensales anthropophiles (*Artemisia*, *Plantago*, Ombellifères) dès la base de D5 et d'une courbe discontinue de *Vitis* à partir de -330 cm indiquent le caractère récent de ces dépôts.

Les fréquences de *Olea* toujours inférieures à 10% et voisines de 5% observées en D5 au-dessous de 155 cm pourraient, en l'absence de datage possible, être attribuées à une proche végétation arbustive thermophile du type brousse à *Olea* avec *Pistacia* et *Phillyrea*, l'essor marqué de la courbe de *Olea* qui se situe entre 150 et 140 cm étant alors le témoignage du début de la culture. En ce sens, le déclin définitif de la courbe de *Abies*, de même que la fin des notations continues de *Fagus* (datée en D4 de 2090 \pm 200 BP), située juste avant l'extension de *Olea*, confirme cette chronologie.

POUDRIERE DE SAINT-CHAMAS - Altitude 0.4m.

U5



SUBATLANTIQUE

Sonde MILLER

100
80
60
40
20
0
20
40
60
80
100

35
40
50
60
70
80
90
100
110
120
130
140
150
160
170
180
190
200
210
220
230
240
250
260
270
280
290
300
310
320
330
340
350
360

- Hystricosphères
- Pteridium
- Spores triletés lisses
- Sphagnum
- Viola palustris
- Trifolium
- Thymelea
- Ruppia maritima
- Rumex
- Renonculacées
- Potentilla
- Papilionacées
- Plantago
- Umbellifères
- Mercurialis
- Melampyrum
- Helianthemum
- Linum
- Labiées (13)
- Labiées (6)
- Galium
- Dipsacacées
- Cistus
- Crucifères
- Centaurea
- Chenopodiacées
- Caryophyllacées
- Cichorioidées
- Asteroidées
- Artemisia
- Sparganium + Typha
- Cypéracées
- Graminées type Céréales
- Graminées
- Ericacées

- Vitis
- Tamarix
- Platanus
- Populus
- Olea
- Phillyrea
- Fraxinus
- Pistacia
- Juniperus
- Salix
- Betula
- Fagus
- Corylus
- Ainus
- Ulmus
- Quercus feuillage caduc non pubescens
- Quercus type ilex
- Quercus pubescens
- Abies
- Pinus



PNA
PA
PA mouine
Olea

L'essor de la courbe de *Olea* est accompagné, comme en D3 et D4, de celui de la courbe de *Centaurea*. Deux autres ensembles de faits appellent des remarques dans ce diagramme d'une période récente :

- à la disparition de *Abies* et *Betula* et à l'effacement des courbes de *Quercus pubescens* (beaucoup plus précoce qu'en D3 et D4), de *Fagus* et de *Corylus*, correspond une augmentation des fréquences de *Quercus* type *ilex*, puis de *Pinus*, témoins d'une dynamique végétale dont l'essor ne peut être imputé qu'à une influence essentiellement anthropique;

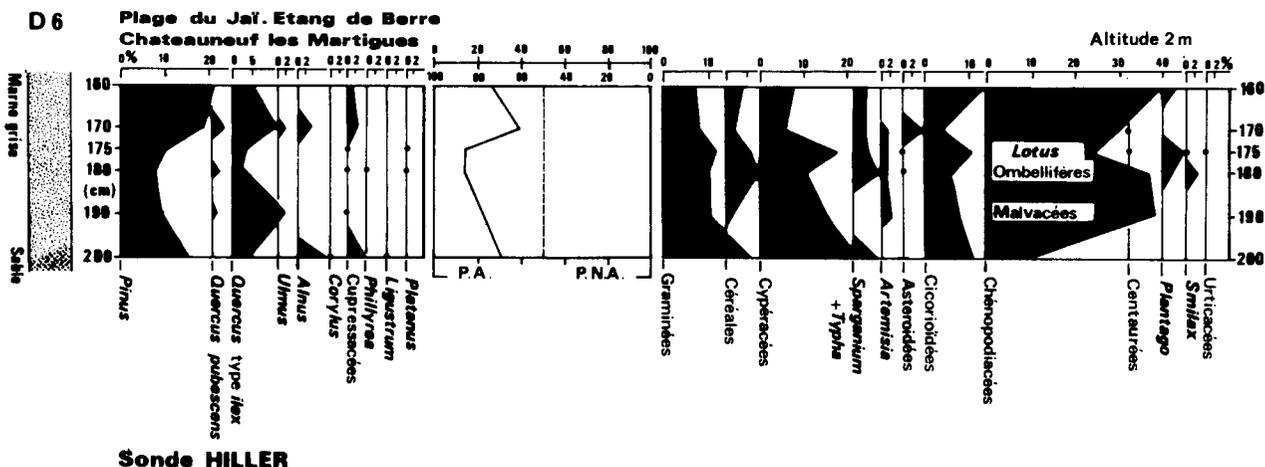
- du côté des pollens d'herbacées, l'émiettement de la courbe de *Artemisia*, succède à la disparition des Hystrichosphères et précède un essor momentané des Chénopodiacées et de *Ruppia* immédiatement suivi par l'augmentation des Cypéracées (déjà bien visible en D3 et D4), des Sparganiacées - *Typha*. Cet ensemble évoque une évolution géomorphologique : le lieu de sondage, d'abord situé sur le littoral de l'étang ouvert sur la mer, s'est ensuite trouvé au sein d'un marais au caractère saumâtre accusé avant qu'un engorgement ne provoque l'extension jusqu'à l'époque actuelle, dans l'anse nord du golfe de St-Chamas, d'un milieu marécageux non halophile.

L'enfouissement de la voie romaine longeant à l'ouest l'Etang de Berre et actuellement sous le niveau de l'étang (phénomène d'épirogenèse négative lié à de légères pulsations transgressives) prouve le caractère récent de cette évolution. Mais, bien évidemment, cette suite de faits se situant peu après la grande éclipse des ligneux autres que *Quercus ilex* et *Pinus* incite à voir aussi dans ces événements une conséquence plus ou moins immédiate des défrichements et de l'accélération de l'érosion qui en a résulté.

IV - PLAGE DU JAI (alt. 2 m) : D6

Subatlantique 200-160 cm

Les valeurs du rapport PA/T sont toujours inférieures à 40% en raison de l'abondance du pollen de Chénopodiacées dont le pourcentage augmente dès la base de D6 alors que Graminées et Cypéracées diminuent. Dans ces spectres les pollens de *Olea* sont absents. Les fréquences faibles et discontinues de *Quercus pubescens* sont compensées par l'abondance des



pollens de *Quercus* type *ilex* (incluant *Quercus coccifera*) et de *Pinus*, seuls taxons arboréens à être représentés par des courbes polliniques continues. Ces spectres n'ont pas d'équivalent en D3 et D4. Seul le spectre supérieur de D1 rapporté au Subatlantique récent présente des pourcentages de Chénopodiacées voisins avec absence de *Olea*.

L'ensemble de D6, en l'absence de datage possible sur ces sédiments argilo-marneux, rend compte de la présence d'une végétation de pinède très claire et fortement anthropisée et de garrigue avec des herbacées anthropophiles et halophiles. Ces spectres témoignent d'une action humaine intense et récente.

V - ETANG DU POURRA (alt. 0,4m) : D7

Subatlantique 130-90 cm

Les valeurs du rapport PA/T sont voisines de 20 %. Ceci souligne la rareté des pollens d'arbre représentés essentiellement par *Pinus* dont la fréquence ne dépasse pas cependant 10%. Comme en D6 on note l'abondance des pollens de Chénopodiacées, dominantes parmi les herbacées.

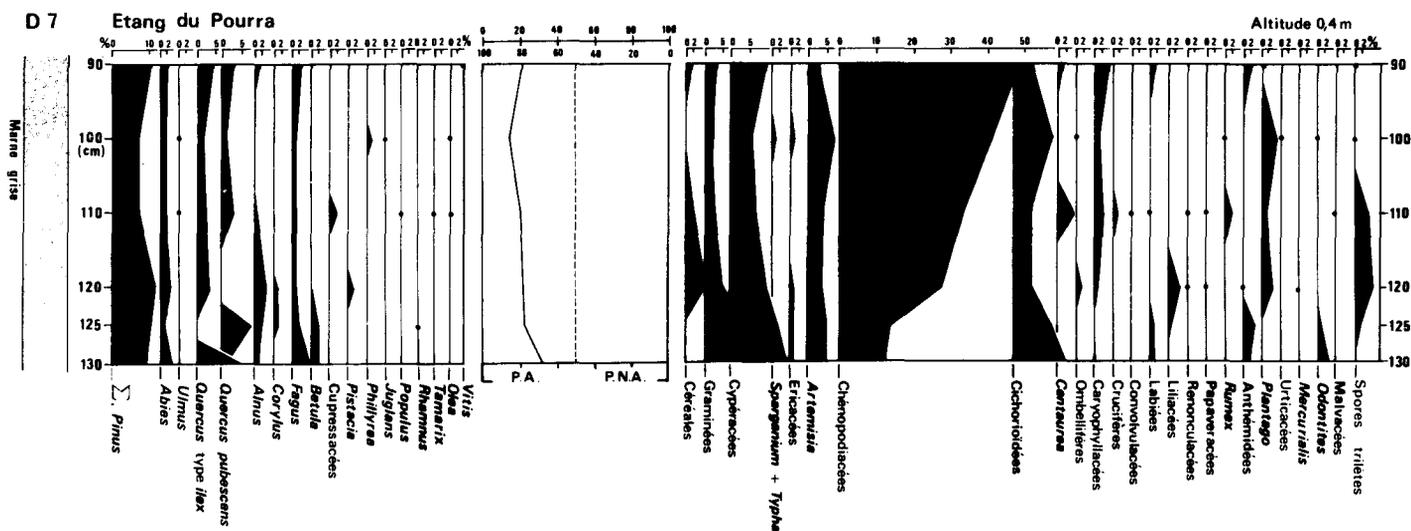
Les valeurs fréquentielles de *Quercus pubescens* sont faibles, du même ordre que celles de *Quercus ilex*, autour de 5%.

Betula, *Fagus* et *Abies* sont présents, les deux derniers taxons avec une courbe continue tandis que *Olea* et *Juglans* sont notés.

Parmi les herbacées, les pollens de céréales sont accompagnés d'un cortège abondant de rudero-ségétales.

En se référant aux résultats obtenus en D3, D4, D5, la séquence étudiée à l'Etang du Pourra pourrait correspondre :

- soit à la zone de D4 comprise entre 230 et 200 cm ou en D5 entre 160 et 180 cm et qui correspond au Subatlantique avant 2090 BP ;
- soit, plus vraisemblablement, à la zone de D5 située autour de 70 cm où s'observent de forts pourcentages de Chénopodiacées témoignant d'une action humaine très récente.



Sonde HILLER

En l'absence de datage possible sur ce type de sédiment, la présence de forts pourcentages de Chénopodiacées milite en effet en faveur d'un épisode récent dans l'époque historique postérieur à l'alourdissement de l'impact humain signalé par de grands déboisements antérieurs à 2000 BP. Comme ces derniers ont favorisé l'érosion et le dépôt de sédiments avec comblement des dépressions, la morphologie actuelle s'est mise en place. Ces spectres polliniques caractérisés par l'abondance des Chénopodiacées liées à un substrat arénacé autant qu'à un milieu halophile pourraient donc illustrer la présence de salines à la périphérie de tous les étangs juxtalittoraux.

HISTOIRE DE LA VEGETATION

1 - Préboréal

Les spectres rapportés au Préboréal - et qui correspondent d'ailleurs vraisemblablement à des moments différents - ne permettent évidemment d'évoquer l'histoire de la végétation de cette période que par rapport à ce que l'on en connaît par ailleurs (TRIAT-LAVAL 1979). On y trouve cependant la confirmation des traits tout à fait originaux de la dynamique de la reforestation du début de l'Holocène dans les sites les plus méridionaux de la région provençale :

- persistance d'une végétation steppique de fruticées à *Juniperus* avec *Artemisia*, de type tardiglaciaire dans une région d'adrets collinaires, sur des sols pauvres et à la faveur de conditions de xéricité particulières;

- dynamique forestière pionnière d'héliophytes (avec *Betula*, *Hippophae*, *Salix*, *Corylus*, *Alnus* et même *Quercus* mais sans *Ulmus* ni *Tilia*) sur sol nu, comparable à celle que l'on trouve dans les sites du nord des Alpilles;

- persistance d'une végétation liée aux refuges que constituent les paléothalwegs littoraux, végétation qui explique aussi la précocité de la dynamique précitée.

2 - Boréal

L'extension rapide mais assez fugace de *Corylus* au Boréal constitue le fait le plus marquant de cette période et confère un caractère médio-européen classique à l'histoire de la végétation dans la région du pourtour de l'Etang de Berre. Cependant, en même temps, se maintient l'extension des pinèdes et de la chênaie caducifoliée dans laquelle *Tilia* et *Ulmus* atteignent alors rapidement leur optimum. *Alnus*, *Betula*, *Salix* persistent de façon non négligeable dans le couvert forestier. La végétation actuelle de "coustière" avec ses faciès à *Ulmus campestris* et *Alnus glutinosa*, toujours assez pauvres en espèces (MOLINIER et TALLON 1950) et où se trouve parfois *Quercus pedunculata*, n'est-elle pas le reflet actuel de la végétation boréale qui colonisait les sols argilo-sableux, voire caillouteux, dans des zones humides où le niveau de la nappe phréatique était sujet à variation ?

Ainsi, la silve, qui dans les zones non anthropiques se perpétuera pour l'essentiel jusqu'à l'aube des temps modernes, a atteint précocement ici, il y a 8000 ans, une grande prospérité et une diversité comparable à ce qui est décrit dans l'Europe plus nordique à l'Atlantique. Cependant, il faut noter le rôle, vraisemblablement limité dans le temps et dans l'espace, de *Betula*, *Ulmus* et *Tilia*. Durant le Boréal, qui se présente donc comme la continuité du Préboréal, concurremment à l'expansion de la forêt caducifoliée, persiste, plus de deux millénaires après son optimum tardiglaciaire, une végétation steppique à *Juniperus*, *Artemisia* et Chénopodiacées accompagnée d'une indication ténue de l'installation d'un liseré de végétation thermophile de type *Oleo-lentiscetum* sur sol calcaire exposé au sud, alors que le début de l'extension de *Quercus ilex* s'observe. Les fréquences de *Fagus* et *Abies* croissent par rapport au Préboréal.

3 - Atlantique

L'avancée de la transgression versilienne alors que le niveau de la mer se situe vers -15 m (PONS, TONI, TRIAT 1979) se traduit par la disparition précoce de la végétation édaphique correspondante avec *Abies* et *Fagus*.

Le maintien de la végétation termophile se manifeste au travers de la persistance discrète de ses éléments.

L'optimum climatique atlantique se traduit par l'essor de la chênaie laurifoliée sclérophylle* alors que la végétation steppique à *Juniperus*, *Artemisia* et Chénopodiacées s'efface.

La forêt caducifoliée occidentale calcicole abonde des collines jusqu'aux formations azonales de ripisilves. Cependant la chênaie s'appauvrit au niveau du cortège des taxons caducifoliés. On peut y voir l'effet d'un impact humain, faible encore, au détriment de la chênaie dans les zones de sols profonds propices au pâturage en forêt.

4 - Subboréal

La limite inférieure du Subboréal, située comme nous l'avons vu au début de l'essor de *Fagus*, est antérieure de presque un millénaire à une date "admissible", vers 4800, pour le Subboréal, selon la chronologie de FIRBAS.

L'extension de *Abies* au Subboréal est imputable au reflet de l'essor classique de l'essence et de la grande prospérité des sapinières des Alpes méridionales.

Il faut noter que l'installation de *Fagus*, au delà de son extension de départ, s'accompagne de *Betula* et *Alnus*, héliophytes colonisateurs de zones déboisées. C'est un argument en faveur d'un éclaircissement du couvert forestier, c'est-à-dire des chênaies dont les pinèdes ont moins souffert, voire profité.

En revanche, les fréquences d'oléastre, *Erica*, *Pistacia* avec Fabacées (Papilionacées), Dipsacacées, Apiacées (Ombellifères) indiquent la persistance moins discrète que durant l'Atlantique, depuis le Boréal, d'une structure de végétation typique de la façade méditerranéenne. L'accroissement des cultures céréalières signale la sédentarisation plus accentuée des communautés paysannes dont l'action sur le couvert forestier n'est cependant pas encore irréversible. A des phases d'éclaircie succèdent des phases de reprise de la chênaie caducifoliée, mais l'extension de la chênaie laurifoliée sclérophylle accompagnée de taxons herbacés comme Héliantheme, Ombellifères (Apiacées), Cistes, se poursuit. Les pulsations des chênaies évoquent fortement la concurrence de ces deux types de végétation et le remplacement d'une végétation forestière de type médio-européen par une végétation de type méditerranéen plus accentué.

5 - Subatlantique

Sont considérés comme du Subatlantique les spectres où se manifeste une aggravation de l'intervention humaine sur la végétation, c'est-à-dire au moment où s'opère l'amarce du déclin définitif des diverses essences caducifoliées et de *Abies* et l'augmentation des taxons qui signalent l'agriculture : céréales et rudéro-ségétales...

La culture historique de *Olea* se manifeste à partir de 2090 \pm 200 BP (Ly 2686). Son extension datée de 1770 \pm 310 BP (Ly 2685) est plus précoce en Provence que dans la région languedocienne où elle s'effectue vers 1300 \pm 60 BP (PLANCHAIS 1982). Cette culture n'est vraisemblablement que la continuation de phases de préculture proto-historique dont les diagrammes portent le témoignage depuis la fin du Subboréal.

* L'essor de la courbe de *Quercus ilex*, mieux centré sur une date voisine du début de l'Atlantique selon FIRBAS (7500 BP) et plus localisé dans la région étudiée, a été préféré, pour la zonation des diagrammes de Provence, au début de la courbe de *Abies* dont l'essor plus tardif se produisait surtout dans une région plus ou moins éloignée.

La présence de *Juglans*, souvent choisi comme repère d'une activité humaine devenue complètement sédentaire vers 2000 BP (*Juglans* line, BEUG 1975), paraît plus tardive de deux ou trois siècles sur le pourtour de l'Étang de Berre si l'on se réfère au datage C14 de D4.

L'importance des Chénopodiacées dans certains diagrammes (Étang de Pourra, Plage du Jaï), en relation avec l'extension des milieux salés lors de l'avancée de la transgression versilienne, illustre les potentialités d'installation de marais salants autour de l'Étang de Berre et dans les étangs voisins (l'Étang de Pourra est proche du comptoir grec de St-Blaise) dont l'exploitation remonte à la plus ancienne économie du littoral. N'a-t-on pas dit que le sel répond à un besoin si nécessaire que son exploitation a été à l'origine des expéditions lointaines et à l'origine ainsi de la fixation de l'habitat dès la plus haute Antiquité (BENOIT 1961). Il est donc vraisemblable que les diagrammes étudiés signalent l'exploitation des salins dont les Abbayes du sel installées dans la région depuis avant le 6ème siècle ont perpétué longtemps l'héritage antique.

Enfin, les diagrammes retracent, à la fin du remplissage de la dépression, l'évolution récente de la ligne de rivage dans l'anse nord du golfe de St-Chamas, par exemple l'envasement d'un marais au caractère saumâtre accentué a provoqué l'extension à l'époque actuelle d'un milieu marécageux non halophile.

Dans la partie finale du Subatlantique représenté, la végétation très anthropisée est caractérisée par l'omniprésence d'un boisement plus ou moins lâche de pinède et de chênaie sclérophylle sans qu'il soit possible de mettre en évidence la date de l'occultation anthropique (car il en reste des lambeaux) de la végétation de type thermophile et le point de départ de l'essor des garrigues à Chêne kermes qui représentent aujourd'hui le plus clair des éléments sclérophylles.

L'analyse pollinique de sept séquences des bords de l'Étang de Berre apporte donc d'abord la confirmation de deux particularités de l'histoire de la végétation provençale déjà établies (TRIAT-LAVAL 1979) :

- le rôle des refuges méridionaux de basse altitude, fugace dans le cas de *Abies* surtout et peut-être de *Fagus*, a été déterminant dans la précoce dynamique forestière d'une chênaie caducifoliée (*Quercus pubescens*, *Ulmus*, *Tilia*, *Alnus*, *Fraxinus*, *Corylus*...).

- le maintien, au début de l'Holocène, d'une végétation de type steppique avec *Juniperus* et *Artemisia* surtout, s'est prolongé jusqu'au moment où, à l'Atlantique, l'essor des chênaies sclérophylles s'est effectué au sein de ces fruticées.

Cette étude apporte aussi des indications nouvelles sur l'existence, dès le Boréal, d'une zone de brousse à *Olea* et *Pistacia* localisée à basse altitude et intriquée à un boisement lâche de pinèdes jusqu'en milieu côtier.

Enfin, elle apporte des précisions sur l'ancienneté de la culture de *Olea*, accompagné en l'espèce d'un marqueur précis, le pollen de *Centaurea* (cf. *C. solstitialis*).

Ainsi, dans la partie la plus méridionale de la Provence, la végétation a acquis son caractère méditerranéen dominant à partir de la fin du Boréal, et principalement durant l'optimum climatique atlantique, en perdant ses éléments médioeuropéens.

Or il en va autrement dans la partie la plus septentrionale de la basse vallée du Rhône (TRIAT-LAVAL 1979) où la méditerranéité de la végétation résulte d'une acquisition plus tardive d'éléments méridionaux. Cette dualité transparait dans les diagrammes actuellement disponibles pour la vallée des Baux localisée en situation médiane et relativement éloignée des refuges littoraux. On y observe en effet, malgré la difficulté d'interprétation des diagrammes, le même ordre séquentiel des événements botaniques qu'autour de Berre mais avec un net retard.

L'étude détaillée de sites localisés comme le sont les Baux pourrait apporter à la synthèse de l'histoire de la végétation provençale des éléments déterminants.

BIBLIOGRAPHIE

- BASTIN B., COUPEAUX M. (1966). Application de la méthode de Frenzel à l'extraction des pollens dans les sédiments archéologiques pauvres. *L'Anthropologie*, 70 (1-2), 201-203.
- BEAULIEU J.L. de, REILLE M. (1978). Quelques moyens de sondage en usage chez les pollenanalystes : étude comparative de diagrammes. *Annales des Mines de Belgique*, 6, 137-145.
- BENOIT F. (1961). Les abbayes du sel. L'héritage antique du delta du Moyen-âge. *Delta*, 17-32.
- BEUG H.J. (1975). Man as a factor in the vegetational history of the Balkan Peninsula. In : "Problems of Balkan flora and vegetation". Proc. 1st Internat. Symposium on Balkan flora and vegetation, Varna 1973, Sofia, 72-77.
- BONIFAY E. (1973). Données géologiques sur la transgression versilienne le long des côtes françaises de la Méditerranée. In : *Le Quaternaire*. IXe Congrès International de l'INQUA, Christchurch 1973, 137-145.
- BOTTEMA S. (1974). Late Quaternary vegetation history of Northwestern Greece. Thesis Groningen, 190 p.
- FRENZEL B. (1964). Zur pollenanalyse von Lössen. Untersuchungen der Löss-profile von Oberfellabrunn und Stillfried (Niederösterreich). *Eiszeitalter u. Gegenwart*, 15, 5-39.
- GOEURY Cl., BEAULIEU J.L. de (1979). A propos de la concentration du pollen à l'aide de la liqueur de Thoulet dans les sédiments minéraux. *Pollen et Spores*, XXI (1-2), 239-251.
- GOVERNET C. *et al.* (1979). Provence. Guides géologiques régionaux. Masson Edit. 238 p.
- LEENHARDT O., ROUX M. (1967). Morphologie du substratum de l'Etang de Berre. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 7 (9), 88-92.
- LUMLEY H. de (1976). La Préhistoire française. II. Civilisations néolithiques. Edit. CNRS, IXe Congrès UISPP, Nice.
- MOLINIER R., TALLON G. (1950). La végétation de la Crau. *Rev. Gén. Bot.*, 56-57, 1-112.
- PLANCHAIS N. *et al.* (1977). Essai de palynologie côtière appliquée au remplissage flandrien de Palavas (Hérault). *C.R. Acad. Sc. Paris, sér.D*, 284 (3), 159-162.
- PLANCHAIS N. (1982). Palynologie lagunaire de l'Etang de Mauguio. Paléoenvironnement végétal et évolution anthropique. *Pollen et Spores*, XXIV (1), 93-118.
- PONS A., TONI Cl., TRIAT-LAVAL H. (1979). Edification de la Camargue et histoire holocène de sa végétation. *Terre, Vie, Rev. Ecol. suppl.* 2, 13-30, 2 diag. h.t., 15 pl. couleur h.t.
- REILLE M. (1975). Contribution pollenanalytique à l'histoire holocène de la végétation de la montagne corse. Thèse ès sciences, Univ. Aix-Marseille III, 206 p., 44 diag., 5 pl.
- TRIAM-LAVAL H. (1979). Contribution pollenanalytique à l'histoire tardi- et postglaciaire de la végétation de la basse vallée du Rhône. Thèse ès Sciences, Univ. Aix-Marseille III, 343 p., 29 diag., 34 fig. 5 tabl.

Analyse dendroclimatologique comparée de quelques populations de chêne pubescent (*Quercus pubescens* Willd.) de la Drôme et du Var.

L. TESSIER
A. PONS
F. SERRE - BACHET*

RESUME - Une analyse des variations annuelles de l'épaisseur des cernes du Chêne pubescent pris dans neuf populations réparties sur quatre stations à caractère méditerranéen plus ou moins marqué permet de caractériser chacune d'elles par un certain nombre de paramètres sans toutefois montrer, à l'évidence, des regroupements significatifs.

Une analyse comparée des relations de l'épaisseur des cernes et du climat mises en évidence pour chaque population distingue néanmoins les stations sur la base de leur sensibilité plus ou moins grande aux précipitations et/ou aux températures mensuelles. Il ressort des types de relations établies que le Chêne pubescent considéré ne serait peut-être pas spécialement adapté au climat méditerranéen, mais s'en accommoderait de façon tout à fait remarquable.

Une analyse du même type, en cours sur une vingtaine de populations réparties selon un transect nord-sud plus vaste que celui qui est considéré ici, devrait préciser les exigences réelles du Chêne pubescent et mieux cerner sa véritable nature.

SUMMARY - An analysis of the annual ring-width variations of *Quercus pubescens* in nine populations distributed among four stations with a more or less marked mediterranean character makes it possible to characterize each station by several parameters, yet without discovering significant correspondences.

However, a compared analysis of the relationships between ring-width and climate evidenced for each population allows us to distinguish each station by its more or less marked sensitivity to monthly precipitation and/or temperatures. From the types of relationships thus established it appears that *Quercus pubescens* does not seem to be particularly well adapted to the Mediterranean climate, but that it remarkably puts up with it.

An analysis of the same type, now in progress for some twenty populations along a N-S transect longer than the one considered here, should help us to precise the real requirements of *Quercus pubescens* and to better understand its true nature.

MOTS CLES : *Quercus pubescens* Willd., épaisseur des cernes, dendroclimatologie, précipitations, températures, fonctions de réponse, région méditerranéenne.

Un ensemble de recherches dendroclimatologiques sur *Quercus pubescens* Willd. ont été menées dans les départements de la Drôme et du Var dans le cadre de l'action concertée de la D.G.R.S.T. "Structure, dynamique et utilisation des formations à Chêne pubescent en zone climatique méditerranéenne".

Ces recherches ont fait l'objet de rapports annuels auprès de cet organisme (FREZET *et al.* 1978 et 1979). Afin de pouvoir comparer les types de relations entre l'épaisseur des cernes et le climat établis pour chacune des populations analysées, un certain nombre d'entre elles ont été réexaminées sur la base d'une période autant que possible

*Laboratoire de Botanique historique et Palynologie, E.R.A. C.N.R.S. n° 404, Faculté des Sciences et Techniques Saint-Jérôme, 13397 Marseille Cedex 13, France.

identique et commune à toutes. De plus, au cours de ce réexamen, les épaisseurs de cernes ont pu être confrontées à des données de postes météorologiques différents de ceux qui avaient été initialement choisis. Ce réexamen fait l'objet du présent article.

I - SITUATION ET CARACTERISTIQUES DES STATIONS ANALYSEES

L'analyse porte sur trois stations de la Drôme : Bourdeaux-Bois-de-Vache, Montagne St-Maurice, Buis-les-Baronies et une station du Var : la forêt domaniale de la Gardiole près de Rians. Elle concerne au total neuf populations : une dans la première station (Bx), trois dans la seconde (SM1, SM2, SM3), trois dans la troisième (BB1, BB2, BB3) et deux dans la quatrième (G2, G3, SERRE-BACHET 1982) (fig. 1).

Dans cet ordre ces populations peuvent être considérées comme représentant un gradient de "méditerranéité"; elles appartiennent respectivement à la série acidiphile du chêne (Bx) liée aux grès et aux calcaires à chailles, à la série acidiphile du hêtre (SM3), au niveau inférieur de la série supraméditerranéenne du chêne à *Rubia peregrina* (SM1) et à son niveau normal à Buis (SM2) (MOUNET, 1978), à la série méditerranéenne proprement dite (BB1, BB2, BB3).

Les populations G2 et G3 peuvent être rattachées au niveau inférieur de la série supraméditerranéenne (MARSTEAU 1979; BARBERO, communication orale).

Les caractéristiques d'altitude, de substrat et d'exposition de chacune des neuf populations sont indiquées dans le tableau I (rubriques 1 à 3). Bx, SM3, BB2, G2 et G3 correspondent à des formations forestières beaucoup plus denses que SM1, SM2, BB1 et BB3. Les individus de la population BB3 ont été échantillonnés en bordure d'une vigne et sur un talus proche, de même que certains des individus de la population BB1. G2 occupe un fond de vallon plus abrité que G3 des vents du nord-ouest.

Compte tenu de leur situation géographique et de l'ancienneté des relevés dans les postes météorologiques susceptibles d'être utilisés dans la recherche des relations cernes-climat, les stations 1 et 2 ont été analysées en se référant aux relevés pluviothermométriques de Montélimar (période 1936-1975), la station 3 en se référant aux relevés pluviothermométriques de Lapalud (période 1947-1976), la station 4 à ceux de Marseille-Observatoire (période 1940-1979, SERRE-BACHET 1982) (fig. 1).

II - MATERIEL

Presque tous les individus analysés sont des rejets de souche.

La plupart des lectures de l'épaisseur des cernes préalablement interdatés ont été réalisées sur des disques* prélevés sur les troncs à environ 1 m du sol. Les seules trois populations de Buis-les-Baronies ont donné lieu à des sondages à la tarière de Pressler pour bois dur. Dans tous les cas et pour chaque arbre, trois rayons de l'arbre ont été définis et/ou prélevés. Les mesures de l'épaisseur des cernes ont été réalisées selon ces trois rayons.

L'analyse a porté sur un nombre d'arbres assez variable d'une population à une autre (rubrique 4 du tableau I), faible pour la station de Buis-les-Baronies où les arbres n'ont pas pu être abattus (4 arbres analysés sur 6 effectivement sondés), élevé pour la station de Bourdeaux-Bois de Vache où des disques ont pu être prélevés sur les billots débités lors d'une coupe rase, encore en place près des souches.

Exception faite de SM3 où tous les arbres analysés sont identiquement âgés et d'un arbre de BB2 nettement plus âgé que les autres, l'âge moyen des différentes populations est égal à 50 ans ($s = 13$; $V = 26\%$). Le pourcentage de variation de l'âge entre les individus est particulièrement élevé à Buis-les-Baronies, faible en SM1, SM3 et G3 (rubrique 5 du tableau).

* Les disques des trois populations de la station de la montagne St-Maurice ont été fournis par J.P. MOUNET (MOUNET 1978) participant à l'action de la D.G.R.S.T., que nous remercions.

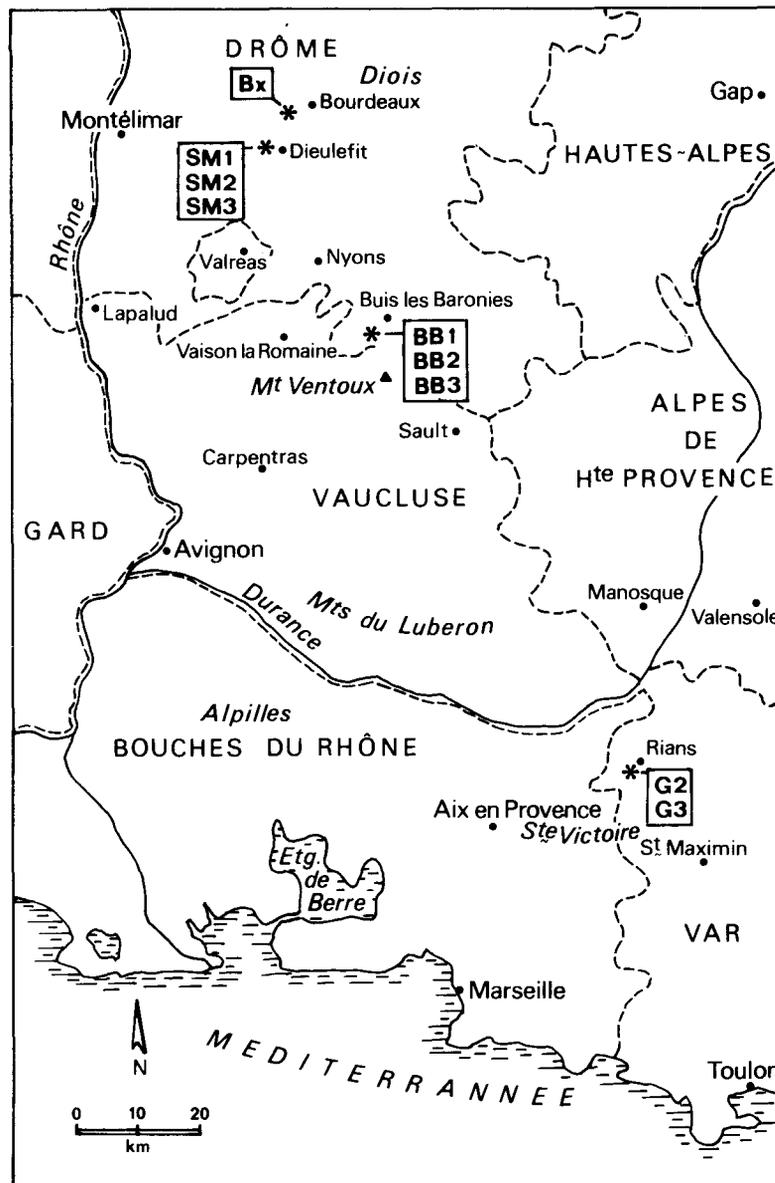


FIGURE 1 : Répartition géographique des neuf populations de chênes.

III - ANALYSE DE L'ÉPAISSEUR DES CERNES

L'épaisseur moyenne des cernes de chacune des populations a été calculée sur toute la série disponible de cernes (rubrique 6 du tableau I) et sur la période où la recherche des rapports cernes-climat a été réalisée (tableau I, 8). Les épaisseurs sont fort variables d'une population à l'autre.

Le pourcentage de variation des épaisseurs entre individus d'une même population est plus faible dans la station du Var et notamment en G3 que dans les stations de la Drôme. Sauf exception (BB3), l'épaisseur moyenne des cernes des 30 à 40 années les plus récentes est inférieure à celle de toute la série des années analysées. Bx, BB1 et BB3 se distinguent par leurs épaisseurs moyennes élevées.

L'examen des variations annuelles de l'épaisseur exprimées par les courbes semi-logarithmiques de la figure 2 démontre bien l'existence générale d'une diminution de l'épaisseur des cernes avec l'âge.

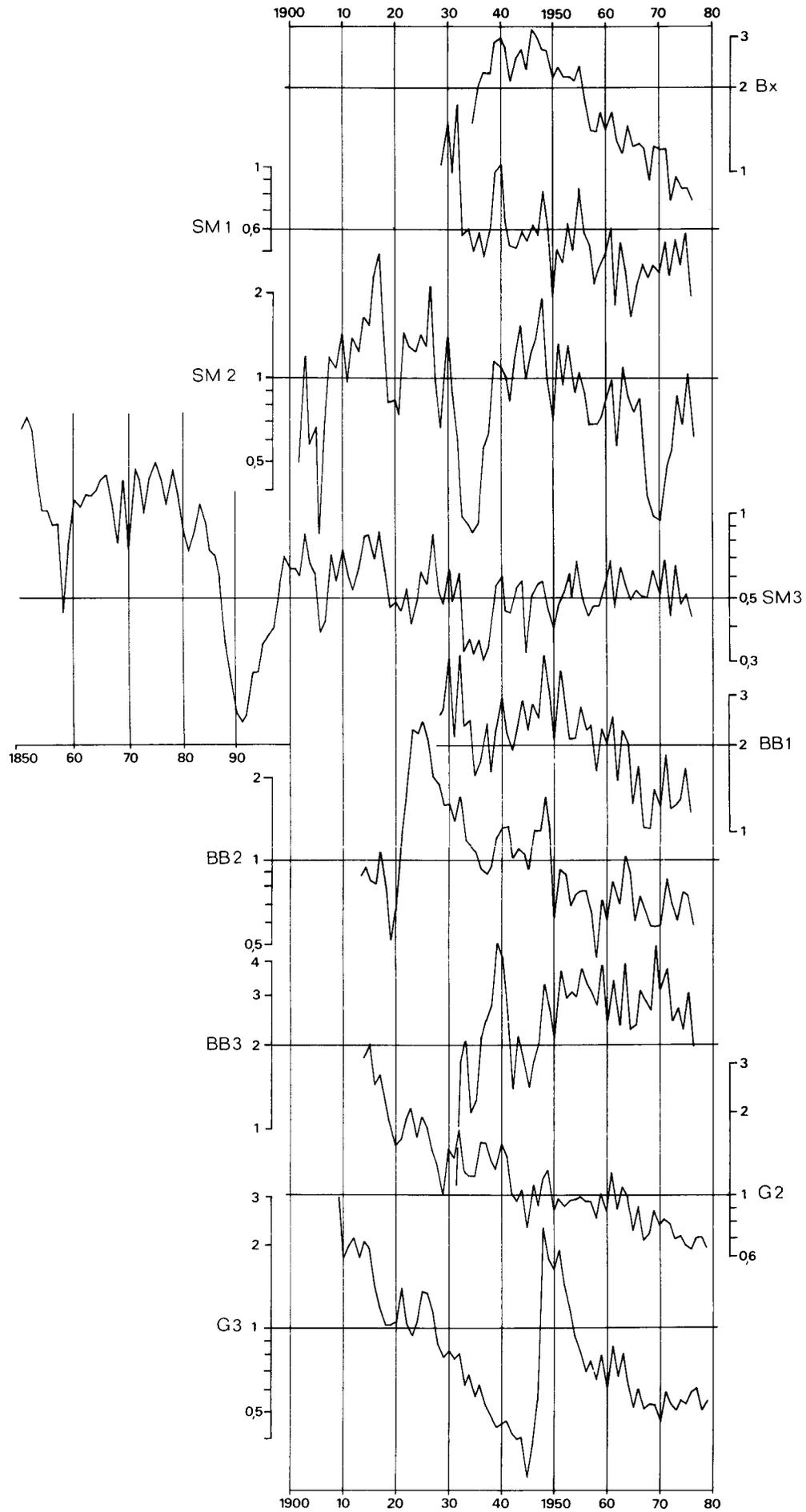


FIGURE 2 : Courbes semi-logarithmiques de la variation de l'épaisseur brute moyenne des cernes mesurés sur les neuf populations de chênes.

L'effet de probables coupes d'éclaircie sur la croissance apparaît nettement en BB2 (1919-1920), BB3 (1934-35), G3 (1945-46).

Hormis quelques variations particulièrement accentuées en SM1, SM2 et SM3 au cours des périodes 1880-1900, 1930-1940, 1965-1975, peut-être liées à des pullulations d'insectes prédateurs (*Lymantria dispar* en l'occurrence), un bon synchronisme des variations annuelles caractérise l'ensemble des populations, notamment au cours des années 1929 à 31, 1944 à 46, 1948 à 51, 1960 à 63, 1970 à 72.

Les neuf populations se divisent en deux grands ensembles vis-à-vis de leur sensibilité moyenne (expression du degré de variation annuelle de l'épaisseur des cernes calculée sur la série des épaisseurs moyennes annuelles) (tableau I, 7) : l'un à sensibilité moyenne faible avec Bx, G2 et G3, l'autre à sensibilité moyenne élevée, avec les six populations de St-Maurice et Buis-les-Baronies. Les plus faibles valeurs de la sensibilité moyennes caractérisent les formations les plus forestières des neuf populations : Bx, G2, G3, SM3 et BB2.

Une analyse de la variance des indices* de l'épaisseur des cernes a été réalisée pour chacune des populations sur le modèle préconisé par FRITTS (1976) ne retenant que l'importance relative des facteurs de la variance liés à la chronologie (N, NA, NC, NCA) (SERRE-BACHET 1982). Les trois populations de Buis-les-Baronies n'ont pas échappé à cette analyse, mais les résultats ne peuvent en être exploités en raison des valeurs aberrantes obtenues pour la composante NC par ailleurs négligeable et négligée (Tableau I, 9). Sur les six populations restantes, et bien que les analyses de variance n'aient pas été réalisées sur des périodes identiques, il peut être noté que SM2 et SM3 présentent le plus fort pourcentage de variance expliqué par le macroclimat (N), Bx et G3 le plus faible. Indépendamment de N, trois cas de figure caractérisent les facteurs de variation NA et NCA, le premier lié à la particularité individuelle (d'origine génétique et/ou microstationnelle), le second lié à la configuration même du tronc et de l'individu en général (SERRE-BACHET 1982) : - NA faible à très faible, NCA élevé à très élevé (Bx, SM3, G2), - NA élevé, NCA faible (SM2, G3), - NA et NCA élevés et de même ordre de grandeur (SM1). SM2 et SM3 sont les seules populations pour lesquelles N est supérieur à la fois à NA et à NCA.

Le coefficient de corrélation sérielle de l'épaisseur des cernes (SERRE-BACHET 1982) a été calculé sur toute la longueur de la chronologie disponible et sur la période, plus courte, au cours de laquelle les relations cernes-climat ont été recherchées (tableau I, 10). Ce coefficient est dans tous les cas plus grand sur la période longue que sur la période courte - traduisant bien la tendance observée sur les courbes de la figure 1 -, l'écart entre les deux valeurs pouvant être faible (BB1, G3) à très fort (SM3, BB3). Sur la période courte, seules SM2 et G3 présentent un coefficient significatif, particulièrement élevé pour G3.

Le faible pourcentage de variation de l'âge de tous les individus des populations SM1, SM3, G3 ainsi que Bx et G2 permet d'attribuer l'origine de ces populations à des coupes rases effectuées au milieu du siècle dernier (SM3), au début de ce siècle avant (G3) et immédiatement après (G2) la première guerre mondiale, juste avant la deuxième guerre mondiale (Bx, SM1). Le pourcentage de variation élevé de l'âge des populations restantes (SM2, BB1, BB2, BB3) constituées pourtant aussi d'individus issus de rejets de souche suggère l'intervention de coupes anarchiques (notamment en BB3) ou peut-être, dans certains cas, de coupes d'éclaircies.

La corrélation de l'épaisseur moyenne des cernes avec l'âge ($r = -0,62$) n'est pas significative au risque de 5% mais le serait au risque de 10%.

Il n'existe pas de cycles de croissance courts susceptibles d'être mis au compte d'attaques de parasites. Une analyse de l'autocorrélation de chaque cerne avec chacun

* Rapport de l'épaisseur du cerne à l'épaisseur théorique correspondante calculée d'après la fonction la mieux ajustée à la courbe représentative de la série de cernes considérée.

| DEPARTEMENTS | | D R Ô M E | | | | | | V A R | | | | |
|--------------|----|------------------------------|-------------------------------|------------------|------------------|------------------|--------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------|-----------------------------|------------------|
| STATIONS | | 1 | 2 | | | 3 | | | 4 | | | |
| POPULATIONS | | Bx | SM1 | SM2 | SM3 | BB1 | BB2 | BB3 | G2 | G3 | | |
| R | 1 | Altitude (m) | 680 | 720-30 | 860 | 920 | 420 | 370 | 390 | 510 | 450 | |
| | 2 | Substrat | grès sur argile en profondeur | calcaire | calcaire | calcaire gréseux | calcaire marneux (hauterivien) | calcaire marneux (Berriasien) | calcaire marneux (Berriasien) | calcaire | marnes et calcaires marneux | |
| U | 3 | Exposition | NE | SW | WSW | SSW | SE | SW | WSW | NNW | NNW | |
| | 4 | Nombre d'arbres | 14 | 13 | 10 | 7 | 4 | 4 | 4 | 9 | 7 | |
| B | 5 | Age | \bar{m} (ans) | 41 | 47 | 58 | 127 | 39 | 55 | 73 | 31 | 71 |
| | | | s | 2 | 0,2 | 11 | 0,5 | 10 | 9 | 37 | 18 | 4 |
| R | 6 | Epaisseur des cernes | V % | 4,88 | 0,42 | 18,96 | 0,39 | 25,64 | 16,36 | 50,68 | 58,06 | 0,56 |
| | | | période \bar{m} (mm) | 1934 - 76 | 1929 - 76 | 1902 - 76 | 1850 - 76 | 1928 - 76 | 1850 - 76 | 1931 - 76 | 1914 - 79 | 1909 - 79 |
| I | 7 | Sensibilité moyenne globale | s | 1,8 | 0,6 | 1,0 | 0,7 | 2,2 | 1,2 | 2,9 | 1,1 | 0,9 |
| | | | V % | 27,78 | 33,33 | 33,33 | 28,57 | 28,18 | 20,00 | 35,17 | 18,18 | 4,44 |
| Q | 8 | Epaisseur moyenne des cernes | 1936-75 | 1,9 | 0,5 | 0,9 | 0,5 | 2,0 | 0,7 | 3,1 | 0,9 | 0,7 |
| | | | 1947-76 | | | | | | | | | |
| U | 9 | Analyse de la variance | 1940-79 | | | | | | | | | |
| | | | période N | 1944 - 1976 | 1933 - 1976 | 1933 - 1976 | 1851 - 1976 | 1949 - 1976 | 1932 - 1976 | 1953 - 1976 | 1950 - 1979 | 1950 - 1979 |
| E | 10 | Corrélation sérielle | NA | 14,11 | 23,61 | 44,26 | 46,85 | ? | ? | ? | 22,56 | 15,71 |
| | | | NCA | 6,41 | 40,39 | 36,21 | 19,25 | | | | 17,08 | 51,21 |
| E | 11 | R^2_c | 1944 - 1976 | 74,71 | 36,32 | 19,31 | 32,45 | | | | 57,05 | 31,46 |
| | | | périodes coefficients | 1934-76; 1936-75 | 1929-76; 1936-75 | 1902-76; 1936-75 | 1850-76; 1936-75 | 1928-76; 1947-76 | 1850-76; 1947-76 | 1931-76; 1947-76 | 1914-79; 1940-79 | 1909-79; 1940-79 |
| E | 11 | R^2_c | 0,36 | 0,23 | 0,50 | 0,28 | 0,64 | 0,03 | 0,71 | 0,26 | 0,36 | -0,06 |
| | | | 1936 - 1975 | 1936 - 1975 | 1936 - 1975 | 1936 - 1975 | 1947 - 1976 | 1947 - 1976 | 1947 - 1976 | 1940 - 1979 | 1940 - 1979 | |
| E | 11 | R^2_c | 0,56 | 0,72 + | 0,64 | 0,71 + | 0,85 + | 0,82 + | 0,88 + | 0,59 + | 0,60 | 0,78 + |
| | | | P-TMOY | 0,63 | 0,76 + | 0,66 | 0,72 + | 0,79 + | 0,82 + | 0,86 + | 0,58 | 0,65 |
| E | 11 | R^2_c | P-TMAX | 0,56 | 0,68 + | 0,53 | 0,70 + | 0,83 + | 0,82 + | 0,77 | 0,44 | 0,68 |
| | | | P-TMIN | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | $R^2_p = 0,44$ | |

TABLEAU I : Caractéristiques et résultats des analyses des 9 populations de chêne de la Drôme et du Var (N : nord; S : sud; E : est; W : ouest; \bar{m} : moyenne; m : mètre, mm : millimètre; s : écart type; V : pourcentage de variation; + signification > 95%; P : précipitations; T : température).

des 13 cernes qui le précèdent immédiatement - analyse réalisée sur la série des indices moyens de chacune des neuf populations - fait seulement apparaître sur SM3 un cycle de 12 ans d'origine inconnue.

Le synchronisme de certaines des variations annuelles à travers toutes les populations traduit bien une dominante des facteurs macroclimatiques sur ces variations.

Comme pour le pin sylvestre de la Drôme (TESSIER 1982), ces variations sont d'autant plus faibles que l'ambiance sylvatique est plus grande. Néanmoins un pourcentage de variance élevé de l'épaisseur des cernes expliqué par le macroclimat (cf. N : tableau I, 6) caractérise aussi bien une population à sensibilité moyenne faible et à ambiance sylvatique nette (SM3) qu'une population à sensibilité moyenne élevée et à ambiance sylvatique faible (SM2).

Dans presque tous les cas, la faiblesse et l'absence de signification de la corrélation sérielle de l'épaisseur des cernes des 40 dernières années dénotent un net affaiblissement de la tendance (cf. fig. 1).

La seule analyse de l'épaisseur des cernes, tout en permettant de caractériser chacune des neuf populations de chênes analysées dans les départements de la Drôme et du Var, ne permet en définitive aucun regroupement. Tout au plus Bx, G2 et G3, seules populations à présenter une composante nord dans leur exposition, pourraient-elles être rapprochées sur la base de leur sensibilité moyenne et du pourcentage de variance de l'épaisseur de leurs cernes attribuable aux facteurs macroclimatiques si l'absence de résultats pour l'analyse de variance effectuée sur les trois populations de Buis-les-Baronies ne s'y opposait.

Les neuf populations ont donc été comparées sur la base de leur réponse effective aux facteurs climatiques mensuels : précipitations et températures.

IV - ANALYSE DES RELATIONS DE L'ÉPAISSEUR DES CERNES AVEC LE CLIMAT

La recherche des relations de l'épaisseur des cernes avec le climat a été réalisée en utilisant le procédé, maintenant courant en dendroclimatologie, du calcul de "fonctions de réponse" (FRITTS 1976; GUIOT 1981; ALOUI 1982; TESSIER 1982; SERRE-BACHET 1982). Pour chacune des neuf populations, les indices annuels moyens de l'épaisseur des cernes ont été confrontés dans une régression multiple pas à pas aux quelques 18 à 20 régresseurs significatifs issus de l'analyse en composantes principales des données météorologiques d'une station proche de la population. Pour des raisons d'ordre biologique et statistique (GUIOT 1981; SERRE-BACHET 1982), les précipitations des 12 mois d'octobre n-1 à septembre n et les températures minimales, maximales ou moyennes correspondantes pour toute la série disponible d'années de relevés ont été utilisées dans l'analyse en composantes principales.

Le coefficient de détermination R_c^2 , qui représente le pourcentage de la variation totale de l'épaisseur des cernes expliquée par les variables climatiques efficaces, obtenu pour chacune des fonctions de réponse calculées avec le couple précipitations et températures moyennes (P-TMOY), précipitations et températures maximales (P-TMAX) ou précipitations et températures minimales (P-TMIN) figure dans le tableau I, rubrique 8. Dans cette rubrique sont aussi indiquées la période pour laquelle les fonctions de réponse ont été calculées et la signification de chacune de ces dernières.

Étant donné l'absence de corrélation sérielle significative durant la période de calcul des fonctions de réponse pour la plupart des populations analysées, les indices moyens de l'épaisseur des cernes n'ont pas été corrigés de la persistance ou inertie de la croissance (GUIOT 1981). Des deux populations (SM2 et G3) présentant un coefficient de

corrélation sérielle significatif, l'une (SM2) n'a en définitive pas subi de correction en raison de l'absence totale de signification des fonctions de réponse dans ce cas, l'autre (G3) a été corrigée, ce qui permet de distinguer pour elle les proportions de la variance des épaisseurs expliquées par les 24 paramètres climatiques (R_c^2) et la persistance (R_p^2) et de calculer le coefficient total de détermination (R^2) de chacune des trois fonctions de réponse (tableau I, 8) (SERRE-BACHET 1982) qui se rapportent à elle.

Parmi les 24 coefficients propres à chacune des fonctions de réponse, relatifs aux 24 paramètres climatiques considérés, seuls ont été retenus ceux qui étaient significatifs au risque maximal de 5%. Le tableau II récapitule l'ensemble des résultats. Dans ce tableau, les coefficients significatifs sont représentés par leur signe, le signe + correspondant à une relation directe climat-cerne, le signe - à une relation inverse.

Dans l'analyse qui suit, toutes les fonctions de réponse ont été comparées entre elles, même celles qui ne sont pas globalement significatives (tableau I, 8).

1 - Comportement des neuf populations de chênes vis-à-vis des précipitations

D'une façon générale, le nombre de relations significatives de l'épaisseur des cerne avec les précipitations mensuelles est relativement plus faible pour les fonctions de réponse calculées avec le couple P-TMIN que pour les fonctions de réponses calculées avec les deux autres couples (tableau II).

La plupart des relations sont positives : des pluies abondantes correspondent à des cerne épais, des pluies peu abondantes ou la sécheresse correspondent à des cerne minces. Seules font exception trois populations (SM1, SM2 et BB3) pour lesquelles la relation est inverse sur des mois bien définis et différents d'une population à l'autre : novembre et mars en SM2, février en BB3, septembre en SM1.

Quelles que soient les populations, les précipitations du mois d'octobre précédant la croissance ne présentent aucune relation avec l'épaisseur du cerne mis en place ultérieurement.

Une analyse plus détaillée montre que G3 ne présente aucune relation significative avec les précipitations, que Bx ne présente qu'une relation avec les précipitations de mai sur la seule fonction de réponse calculée avec le couple P-TMAX et que G2 ne présente aussi qu'une relation avec les précipitations de septembre, commune avec trois fonctions de réponse réalisées. Les trois populations ont comme seuls points communs d'être de réelles formations forestières et de posséder la composante nord dans leur exposition (tableau I). Les trois populations de Buis-les Baronies ont la particularité de présenter des relations positives avec les précipitations de janvier, avril et mai puis juillet. Les trois populations de la Montagne St-Maurice manifestent quant à elles des relations positives avec les précipitations de décembre, janvier, février, puis juin et août.

On peut dire que l'ensemble des relations positives manifestées par les diverses populations tiennent aux besoins en eau des individus au cours des différentes étapes de leur développement annuel : nécessité de réserves en eau stockées en hiver (décembre, janvier, février) pour une bonne reprise de l'activité cambiale, besoins immédiats en eau au cours de la période de cette activité la plus intense qui semble se situer en avril et mai dans les sites les plus secs (Buis-les Baronies) en juin en altitude (St-Maurice), nécessité d'eau pour une prolongation estivale (en juillet à Buis-les Baronies, en août à St-Maurice) ou automnale (en septembre à la Gardiole) de l'activité.

Les quelques relations négatives propres à SM1, SM2 et BB3 sont quant à elles d'autant plus difficiles à expliquer que des relations positives peuvent apparaître au cours du même mois dans une autre population; c'est le cas de la relation négative en février pour BB3 mais positive pour SM2, et de la relation négative en septembre pour SM1 mais positive pour G2. Une telle situation pourrait peut-être s'expliquer par la présence en SM1, SM2 et

| Populations | Bx | | SM1 | | SM2 | | SM3 | | BB1 | | BB2 | | BB3 | | G2 | | G3 | | |
|---|----|---|-----|---|-----|---|-----|---|-----|---|-----|---|-----|---|----|---|----|---|---|
| | P | T | P | T | P | T | P | T | P | T | P | T | P | T | P | T | P | T | |
| Relations cerne-précipitations et température moyenne | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| OCTOBRE | | | | | | - | | | | - | | - | | | | | | | |
| NOVEMBRE | | | | + | - | + | | + | | | | | | | | | | | + |
| DECEMBRE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| JANVIER | | | + | | | | | | + | | + | | + | | | | | | |
| FEVRIER | | | | | + | | | | | | | | - | - | | | | | |
| MARS | | | | | - | | | | | | | | | + | | | | | + |
| AVRIL | | - | | | | | | + | + | | | | | + | | | | | |
| MAI | | | | | | | | | + | | | | | + | | | | | + |
| JUIN | | | + | - | | | | + | - | | | | | | | | | | |
| JUILLET | | | | | | | | | | + | | | | + | | | | | |
| AOUT | | | | | + | + | | | | | + | | | | | | | | |
| SEPTEMBRE | | | - | | | | | | | | | | | + | + | + | | | |
| Relations cerne-précipitations et température maximale | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| OCTOBRE | | + | | | | - | | | | - | | - | | | | | | | |
| NOVEMBRE | | + | | + | | + | | + | | | | | | | | | | | + |
| DECEMBRE | | | + | | + | | | | | | | | | | | | | | |
| JANVIER | | | + | | | | | | | | + | | + | | | | | | |
| FEVRIER | | | | | + | | | | | | | | - | | | | | | |
| MARS | | | | | - | | | | | | | | | | | | | | + |
| AVRIL | | | | + | | + | | + | + | | + | | | + | | | | | + |
| MAI | | | | | | | | | | | | | + | | | | | | + |
| JUIN | | | + | - | | | | - | | | | | | | | | | | |
| JUILLET | | | | | | | | | | + | | + | | + | | | | | |
| AOUT | | | | | | + | | | | | + | | | | | | | | |
| SEPTEMBRE | | | | | | | | | | | | | | | + | + | | | |
| Relations cerne-précipitations et température minimale | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| OCTOBRE | | + | | | | | | | | - | | - | | | | | | | |
| NOVEMBRE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| DECEMBRE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| JANVIER | | | | + | | | | | + | | + | | + | | | | | | |
| FEVRIER | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MARS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| AVRIL | | | | | | | | | | | | + | | | | | | | |
| MAI | + | | | | | | | + | + | | | | | | | | | | |
| JUIN | | | + | | | | | + | | | | | | | | | | | |
| JUILLET | | | | | | | | | + | | + | | + | | | | | | |
| AOUT | | | | | + | | | | | | | | | | | | | | |
| SEPTEMBRE | | | | - | | | | | | | | | | | + | + | | | |

TABLEAU II : Relations cerne-climat issues du calcul des fonctions de réponse pour chacune des neuf populations. Seuls sont représentés les paramètres climatiques mensuels (P =précipitations et T =températures) significatifs à 95% et plus. Le signe + correspond à une intervention directe du paramètre, le signe - à une intervention inverse.

G2 d'un substrat marneux, particulièrement asphyxiant une fois gorgé d'eau, mais tel n'est pas le cas. Le problème des relations négatives pour ces trois populations reste donc entier.

2 - Comportement des neuf populations de chênes vis-à-vis des températures

Comme pour les précipitations, les fonctions de réponse calculées avec le couple P-TMIN sont les plus pauvres en relations significatives (tableau II).

A des températures élevées correspondent des cernes épais dans le cas d'une relation positive ou minces dans le cas d'une relation négative et inversement.

Contrairement aux relations négatives des cernes avec les précipitations, les relations négatives des cernes avec les températures maximales et moyennes surtout ont la particularité d'apparaître sur plusieurs populations à la fois au cours d'un même mois : octobre pour SM2, BB1 et BB2, juin pour SM1, SM3 et BB3. Elles peuvent caractériser aussi une population particulière au cours d'un mois distinct : février pour BB3, septembre pour BB2. Bx, avec une relation positive en octobre alors que trois autres populations présentent une relation négative au cours de ce mois, avec une relation négative en mars alors que deux autres populations (BB3 et G3) présentent une relation positive, semble disposer d'un statut particulier.

L'épaisseur des cernes n'est significativement liée ni aux températures des mois d'hiver (décembre et janvier) qui précèdent leur formation, ni aux températures du mois de juillet compris dans la période de croissance, quelles que soient les stations.

Parmi les relations positives, les mois de novembre et d'avril paraissent particulièrement importants. Les températures de novembre touchent spécialement la station de la Montagne St-Maurice et accessoirement les populations Bx et G3, celles d'avril, la station de St-Maurice avec BB3.

Les mois de mars, mai, août et septembre, moins importants que les deux derniers, interviennent néanmoins sur l'épaisseur des cernes des populations BB3 (mars et septembre), G3 (mars et mai), SM3 (mai), SM2 (août), G2 (septembre).

Les relations négatives qui apparaissent entre l'épaisseur des cernes et les températures du mois d'octobre qui précède la formation de ces cernes pourraient être liées à l'action indirecte des températures sur la phase de croissance principale des glands qui, stimulée au cours de ce mois par des températures clémentes, diminuerait la mise en réserve des substances nutritives nécessaires à la reprise ultérieure de l'activité, des températures moins clémentes ayant une action inverse. Il est toutefois assez curieux de constater que cette relation intéresse surtout les populations de Buis-les Baronies, station la plus chaude de toutes. La relation directe qui se manifeste à Bx au cours de ce même mois pourrait tenir à une croissance des glands plus précoce dans cette station où la sécheresse estivale est peu accentuée en raison du climat moins méditerranéen, du substrat et de l'exposition.

Les relations positives en novembre pourraient traduire, après la fructification, une assimilation encore active par des feuilles encore vivantes et une mise en réserve intense de substances nutritives sous des températures clémentes, l'inverse se produisant sous des températures basses, mais il semble plus plausible que soit en cause, de la même manière, l'activité des mycorrhizes. Le fait que ces relations n'affectent pas la station de Buis-les-Baronies, beaucoup plus sèche et chaude que les autres, est en faveur de cette dernière interprétation.

L'intervention positive des températures d'avril sur l'épaisseur des cernes semble pouvoir être mise en rapport avec la période de réactivation de la croissance en général et de l'activité cambiale en particulier, primordiale pour l'intensité et la durée de la croissance ultérieure. Elle n'apparaît sur aucune des stations exposées au nord, réactivées probablement toujours plus tard (cf. action des températures de mai en G3).

Curieuse est en revanche l'intervention négative des températures de juin, mais il est possible que la fraîcheur augmente la durée quotidienne de l'assimilation chlorophyllienne dont dépend en particulier l'activité cambiale intense et inversement.

Le statut particulier de la population de Bourdeaux qui présente des relations positives quand d'autres stations présentent des relations négatives (octobre) ou inversement (mars) et qui ne présente plus de relations avec les températures au-delà du mois de mars peut encore recevoir explication, grâce aux particularités climatiques, édaphiques et de structure de la végétation - déjà invoquées - de cette station, dans une fructification plus précoce qu'ailleurs et une activité cambiale soumise aux températures du premier printemps (mars).

Mais compte tenu des caractéristiques des différentes populations et des relations déjà interprétées, l'explication des relations particulières à une seule population pose parfois un problème actuellement insurmontable :

- Comment expliquer que les populations G3 et G2 pourtant proches et identiquement exposées au NNW, réagissent indépendamment positivement l'une aux températures de mars et mai, l'autre aux températures de septembre ?

- Pourquoi dans l'ensemble BB2 et BB3 la deuxième population réagit-elle négativement aux températures de février et positivement aux températures de mars et de septembre alors que BB2 réagit négativement aux températures de septembre ?

- Pourquoi, enfin, SM2, située entre SM1 et SM3, réagit-elle seule, positivement, aux températures d'août ?

Devant la complexité des relations analysées précédemment et afin néanmoins de préciser la situation relative de chacune des neuf populations dans leur rapport au climat, une analyse en composantes principales de l'ensemble des fonctions de réponse obtenues avec chacun des trois couples météorologiques de précipitations et de température a été réalisée. Comme dans le cas de diverses populations de pins sylvestres de la Drôme (TESSIER 1982) et de diverses populations de pins et chênes de la forêt domaniale de la Gardiole dans le Var (SERRE-BACHET 1982), les 24 coefficients de chacune des fonctions de réponse ont été codés en 0-1 (1 lorsqu'ils sont significatifs, 0 lorsqu'ils ne le sont pas) et tous ensemble soumis à l'analyse. La figure 3 représente la projection, dans le plan des deux premières composantes principales, des points caractéristiques des trois fonctions de réponse de chaque population. Ces points ont été reliés entre eux de façon à bien situer chacune des neuf populations. Sont également projetés, dans le plan des deux premières composantes principales, les points caractéristiques des 24 paramètres climatiques considérés dans chacune des fonctions de réponse.

3 - Comportement relatif des neuf populations de chênes vis-à-vis des précipitations et des températures minimales, maximales et moyennes (fig. 3)

a - La station de Buis-les-Baronies forme un ensemble parfaitement isolé du reste.

Au sein de cet ensemble, la population BB2 occupe en quelque sorte une position charnière. En effet, elle est affine de BB1 par le point représentatif de la fonction de réponse calculée avec P-TMAX, et de BB3 par le point représentatif de la fonction de réponse calculée avec P-TMIN; BB2 ne se distinguant de l'une et l'autre population que par le point représentatif de la fonction de réponse calculée avec le couple P-TMOY.

b- La station de la Montagne St-Maurice s'oppose franchement à la station de Buis-les-Baronies. Cette opposition joue surtout pour les points des fonctions de réponse calculés avec les couples P-TMOY et P-TMAX. Le point des fonctions de réponse calculées avec le couple P-TMIN, dans tous les cas proche de l'origine des axes 1 et 2, est moins significatif que les autres.

A l'intérieur même du groupe, la population SM1 se sépare nettement des deux autres fort proches l'une de l'autre.

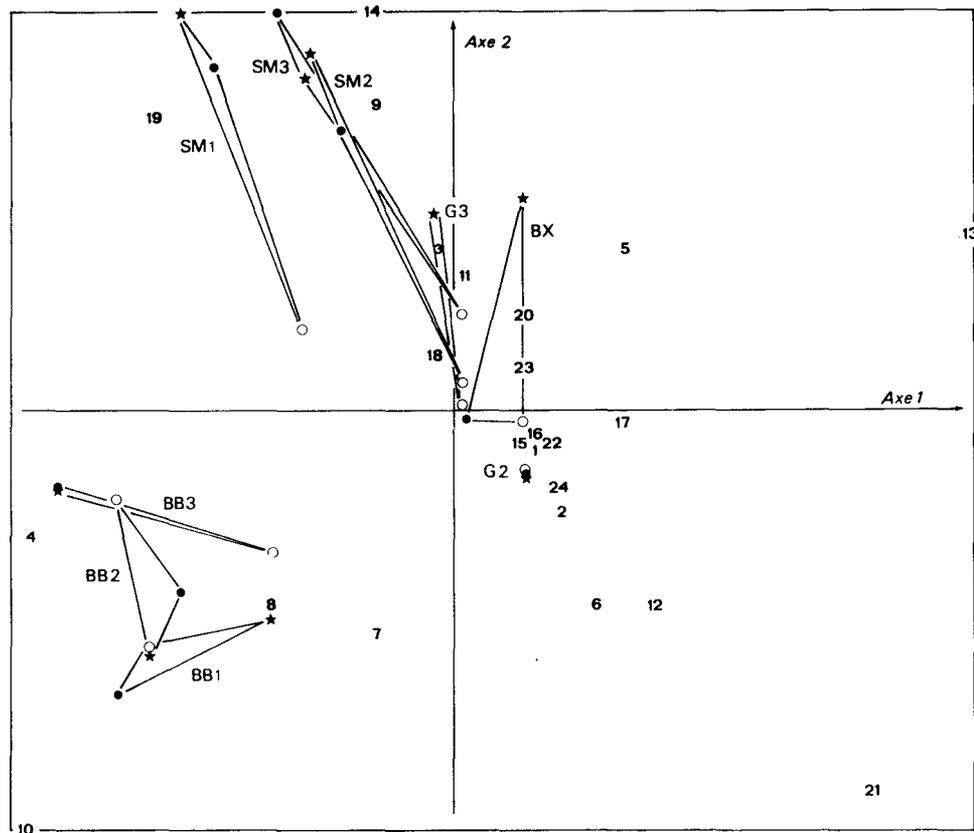


FIGURE 3 : Projection dans le plan des deux premières composantes principales des points représentatifs des trois fonctions de réponse calculées pour chaque population et des 24 paramètres climatiques considérés dans ces fonctions de réponse. (Les signes ● , ★ et ○ représentent les fonctions de réponse calculées successivement avec les couples P-TMOY, P-TMAX et P-TMIN, les nombres 1 à 12 correspondent aux précipitations des mois d'octobre n-1 à septembre n, 13 à 24 aux températures de ces mêmes mois).

c- La station de Bourdeaux-Bois de Vache ne s'isole que par le point représentatif de la fonction de réponse calculée avec le couple P-TMAX.

d- Enfin, des deux populations de la forêt domaniale de la Gardiole, l'une, G2, s'isole mais son isolement est peu significatif en raison de la proximité avec l'origine des axes 1 et 2 des trois points qui la caractérisent, l'autre, G3, se rapproche à la fois des populations SM2 et SM3 de la Montagne St-Maurice et de la population de Bourdeaux-Bois de Vache.

L'analyse de la projection dans le plan des axes 1 et 2 des 24 points représentatifs des éléments météorologiques introduits dans toutes les fonctions de réponse souligne que la position de la station de Buis-les-Baronies correspond essentiellement à des points représentatifs de précipitations (précipitations de janvier, de juillet, d'avril et mai) alors que la position de la station de la Montagne St-Maurice correspond à des points représentatifs de précipitations (précipitations de juin, mars et septembre) et de températures (températures de novembre, d'avril et de juin), la caractérisation des deux autres stations étant beaucoup moins nette.

V - DISCUSSION DES RESULTATS ET CONCLUSIONS

Au terme de l'analyse détaillée des relations de l'épaisseur des cernes du chêne pubescent dans plusieurs types de populations à caractère méditerranéen plus ou moins prononcé, apparaît surtout, hormis quelques particularités assez inexplicables, la très grande plasticité de ce chêne.

Dans un des milieux les plus frais et humides qui ait été considéré dans l'analyse (Bx), le chêne est peu sensible aux précipitations comme aux températures; quand sensibilité il y a, notamment aux températures, celle-ci se distingue, par son sens, de celle d'autres populations. En partant de l'hypothèse que l'absence de sensibilité traduit des conditions régulièrement favorables à la croissance, tout se passe comme si le milieu de Bourdeaux-Bois de Vache était un milieu type, ou tout au moins proche du type, de la bonne croissance du chêne qui y pousse.

Mais d'après MOUNET (1978) un doute apparaît quant à l'identité exacte du chêne de la zone de Bourdeaux : en effet, la forêt de Bois-de-Vache serait constituée de *Quercus pubescens* mais surtout de son hybride avec *Quercus sessiliflora* ! De là peut-être les caractères singuliers du chêne qui a été échantillonné vis-à-vis du chêne des autres populations analysées et corrélativement son comportement quelque peu contradictoire avec les exigences qui sont généralement reconnues à *Quercus pubescens* dans la littérature : "demande la lumière, se plaît dans les terrains calcaires secs et chauds" (PARDE 1962), "largement dominant... sur substrats calcaires variés, perméables et assez chauds" (GAMISANS et GRUBER 1980), exigences qui sont, de fait, déduites des peuplements actuels dont la répartition est largement déterminée par plusieurs millénaires d'intervention humaine (TRIAT-LAVAL 1979; REILLE *et al.* 1980; PONS et QUEZEL 1981).

Parmi les huit autres populations analysées, G2 et G3 se rapprochent le plus de Bx par une faible sensibilité aux facteurs climatiques, mais aucun doute n'existe pour elles quant à l'identité des chênes qui les constituent. Est-ce à dire que ces deux populations, peu ou pas sensibles aux précipitations (elles sont denses et sur des calcaires marneux plutôt humides), modérément sensibles aux températures, notamment G3 (elles sont exposées au nord et G3 plus exposée aux vents du NW que G2) correspondraient bien, elles, à des milieux presque optimum pour la bonne croissance d'un chêne qui serait *Quercus pubescens* bien caractérisé.

Tout ce que l'on constate par rapport à cette situation de référence, abstraction faite des détails, se résume en ce que, sur la Montagne St-Maurice, la sensibilité aux facteurs hydriques décroît avec l'altitude, tandis que croît la sensibilité aux températures alors qu'à Buis-les-Baronies, station sèche notamment en B1, se manifeste surtout la sensibilité hydrique.

La relation inverse qui lie l'épaisseur des cernes aux températures de juin dans ces deux dernières stations conforte encore l'hypothèse de l'existence d'un chêne unique répondant, selon ses exigences propres, aux conditions qui lui sont faites, chêne qui ne serait pas fondamentalement adapté au climat méditerranéen mais qui serait capable de s'en accommoder.

Reste évidemment le problème de savoir si cette capacité d'accommodation résulte de la plasticité écologique d'une unique entité ou recouvre les réponses propres de plusieurs entités.

Seule une analyse d'un plus grand nombre de stations mieux réparties sur un gradient climatique plus étalé pourrait prétendre apporter des éléments de réponse. Elle fait précisément l'objet d'un travail de longue haleine entrepris par l'un d'entre nous (Lucien TESSIER).

Ce travail a été réalisé avec le concours financier de la D.G.R.S.T. dans le cadre de l'action concertée "Structure, dynamique et utilisation de formations à Chêne pubescent en zone climatique méditerranéenne".

Les auteurs remercient tout particulièrement Monsieur Joël GUIOT, Docteur de l'Université de Louvain, pour l'aide qu'il leur a apportée dans la mise en oeuvre des nombreux calculs statistiques qui leur ont été nécessaires.

BIBLIOGRAPHIE

- ALLOUI A. (1982). Recherches dendroclimatologiques en Kroumirie (Tunisie). Thèse Docteur Ingénieur, Université Aix-Marseille III, 109 p., annexes, 48 p.
- FREZET D., SERRE F., PONS A. et TESSIER L. (1978). Dendroclimatologie de *Quercus pubescens* dans trois stations des environs de Buis-les-Baronies. Action concertée D.G.R.S.T. "Structure, dynamique et utilisation des formations à chêne pubescent". Rapport de l'exercice 1977-1978, 15 p.
- FREZET D., TESSIER L., GUIOT J., PONS A. et SERRE F. (1979). Dendroclimatologie de *Quercus pubescens* de la Montagne St-Maurice et de la forêt de Bourdeaux-Bois-de-Vache (Drôme). Action concertée D.G.R.S.T. "Structure, dynamique et utilisation des formations à chêne pubescent". Rapport de l'exercice 1978-79 : 31-48.
- FRITTS H.C. (1976). *Tree rings and climate*. Academic Press, 567 p.
- GAMISANS J., GRUBER M. (1980). A propos de certains peuplements forestiers de la Drôme. *Oecologia Mediderranea*, V, 83-112.
- GUIOT J. (1981). Analyse mathématique de données géophysiques. Application à la dendroclimatologie. Thèse, Université Catholique de Louvain, Faculté des Sciences. Vol. 1 : 176 p., Vol.2 : figures.
- MARSTEAU C (1979). Structure, dynamique et mise en valeur forestière d'une zone à chêne pubescent. E.N.I.T.E.F., Station de Sylviculture méditerranéenne, Avignon. Mémoire 98 p. annexes et cartes.
- MOUNET J.P. (1978). Production de quelques écosystèmes à chêne pubescent. Evaluation de la biomasse des chênes pubescents. Thèse spécialité, Université Aix-Marseille III, Faculté des Sciences et Techniques St-Jérôme, 81 p. et annexes.
- PARDE L. (1962). *Les feuillus*. Ed. La Maison Rustique, Paris. 392 p.
- PONS A. et QUEZEL P. (1981). Mediterranean region, general presentation. In : GOMEZ-CAMPO *Plant conservation in Mediterranean area*. Acad. Press, London.
- REILLE M., TRIAT-LAVAL H. et VERNET J.L. (1980). Les témoignages des structures actuelles de végétation méditerranéenne durant le passé contemporain de l'action de l'homme. *Colloque de la Fondation L. EMBERGER sur "La mise en place, l'évolution et la caractérisation de la flore et de la végétation circumméditerranéennes"*. Montpellier 9-10 avril 1980. *Naturalia Monspeliensia*, n° hors série : 79-87.
- SERRE-BACHET F. (1982). Analyse dendroclimatologique comparée de quatre espèces de pins et du chêne pubescent dans la région de la Gardiole près Rians (Var, France). *Oecologia Mediterranea*, VIII, 3, 17 p.
- TESSIER L. (1982). Analyse dendroclimatologique comparée de six populations de *Pinus silvestris* (L.) dans la Drôme. *Oecologia Mediterranea*, VIII, 3, 18 p.
- TRIAT-LAVAL H. (1979). Contribution pollanalytique à l'histoire tardi- et postglaciaire de la végétation de la basse vallée du Rhône. Thèse Aix-Marseille III, 344 p., 29 diag.

Relations entre quelques paramètres édaphiques et la productivité du chêne vert au Luberon

D. BICHARD[★]

RESUME—L'auteur cherche à mettre en évidence des relations entre la productivité du taillis de chêne vert et quelques variables édaphiques des dix huit stations étudiées.

Four cela, deux modes d'analyse multidimensionnelle sont utilisés: l'analyse factorielle des correspondances et l'analyse discriminante (BMD 07M). Les taux de potassium et magnésium échangeables ainsi que le pourcentage de fulvo-acides sont les caractères chimiques qui évoluent dans le même sens que la productivité. Par ailleurs la profondeur du sol est positivement corrélée à cette productivité.

ABSTRACT—This study aims to demonstrate relationships between the productivity of the *Quercus ilex* coppice and some edaphic variables in the eighteen plots studied. To do that two modes of multidimensional analysis are used: correspondence analysis and discriminant analysis (BMD 07M). The exchangeable K^+ and Mg^{++} ratios, the fulvo-acids rate and the productivity follow a similar course. On the other hand the soil depth is positively correlated to this productivity.

Mots clés—Phytoécologie, chêne vert, productivité forestière, édaphologie.

I - INTRODUCTION

A ce jour, les études écologiques sur le chêne vert ont presque toujours été réduites aux aspects phytosociologiques ; les relations entre celui-ci et les facteurs du milieu où il se développe n'ont guère été prises en considération, pas plus d'ailleurs que les préoccupations concernant la productivité [les seuls travaux qu'on puisse citer sont encore ceux de RAPP (1971) et RAPP et LOSSAINT (1978)] et le comportement des souches mis en relation avec leur état biologique actuel.

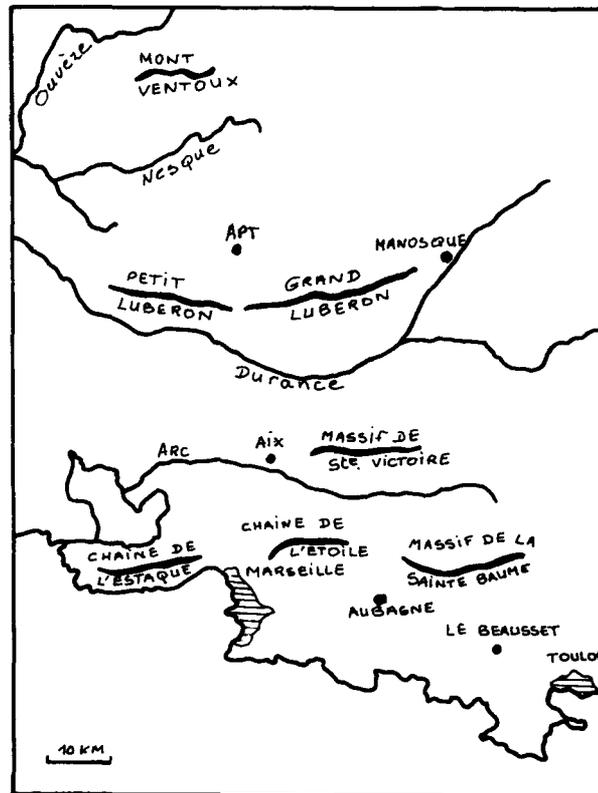
Dans le cadre des recherches coordonnées par le Conseil Scientifique du Parc Naturel Régional du Luberon, en vue de préparer un plan de gestion des taillis de chêne vert, une étude écologique prenant en compte d'une part la productivité de l'Yeuse, d'autre part les conditions stationnelles a été entreprise.

★

Laboratoire de taxinomie et écologie végétales.
Faculté des sciences saint Jérôme. Aix-Marseille III.

La démarche suivie pour cette étude s'appuie sur trois types de préoccupations : d'abord la discrimination de groupes de stations affines au plan écologique, édaphique en particulier, ensuite discrimination de groupes de stations affines en fonction de leur productivité, enfin la recherche des relations entre les groupes ainsi établis.

Une telle démarche devait pour être valable n'intéresser qu'une zone naturelle étroitement circonscrite et suffisamment diverse pour présenter le plus de milieux et de types de productivités différents : elle a été limitée au Massif du Petit Luberon (Vaucluse) entre Cavaillon à l'Ouest et la Combe de Lourmarin à l'Est (Carte n° 1).



II - L'ECHANTILLONNAGE

L'échantillonnage utilisé n'est ni systématique, ni aléatoire ; il est guidé et a été appliqué au versant sud et au plateau du massif, ce qui permet de limiter les variations climatiques générales et de ne bien prendre en compte que les relations sol-végétation.

La recherche des stations d'étude a pris pour base l'idée que "le regroupement d'un ensemble d'espèces végétales ou leur affinité sociologique résume toutes les tendances écologiques, géographiques ou autres" (DUVIGNEAUD, 1946 *in* GUINOCHE, 1973).

Un premier échantillonnage floristique de 80 relevés de végétation (méthode zuricho-montpelliéraine) a été réalisé. Ces relevés traités par l'analyse factorielle des correspondances (LACOSTE et ROUX, 1972) s'ordonnent essentiellement le long d'un gradient de xérophilie décroissante allant des groupements de garrigues des zones les plus basses du versant sud aux pelouses du plateau culminant à 700 m d'altitude.

Dix huit stations ont été sélectionnées sur ce gradient de manière à couvrir du mieux possible l'éventail écologique de base.

Sur chacune, une placette de mesures écologiques et dendrométriques a été installée.

III - APPROCHE ECOLOGIQUE

III.1. - Paramètres écologiques

Les influences du macroclimat ayant été quasiment éliminées par le choix du versant d'une part, et les facteurs biotiques ayant été sciemment négligés d'autre part, les variables du milieu retenues se réduisent aux paramètres édaphiques.

Leur prise en compte se situe d'ordinaire à des niveaux de perception différents : type d'humus, type de roche-mère ou type de sol. Ce dernier niveau s'avère généralement suffisant dans la mesure où il existe une bonne représentation de ces différents types au sein de la zone d'étude. Dans le cas présent cette condition n'est pas réalisée puisqu'une seule unité pédologique y est représentée (carte pédologique au 1/50 000e). Aussi, a-t-il fallu s'appuyer sur les variables physico-chimiques les plus classiques (DUCHAUFOR, 1970) pour trouver des sous unités édaphiques.

Comme sur les 18 profils effectués, 16 ne présentaient sous les couches holorganiques, qu'un seul horizon différencié morphologiquement les deux horizons profonds (ceux des placettes 13 et 80) n'ont pas été pris en compte dans un souci d'homogénéité.

L'épaisseur du profil a été le premier paramètre utilisé. Ensuite sur chaque échantillon ont été pris en compte (Tableau n° 1).

- ◊ pH dans l'eau
- ◊ Granulométrie (pipette de Robinson)
- ◊ Calcaire actif (méthode Drouineau)
- ◊ Azote total (méthode Kjeldahl)
- ◊ Capacité totale d'échange (méthode Metson)
- ◊ Acides humiques et acides fulviques (méthode d'extraction au pyrophosphate et dosage des carbones correspondants par la méthode de Anne)
- ◊ Carbone total (méthode de Anne)
- ◊ Cations métalliques échangeables Mg^{++} , Ca^{++} , K^+ , méthode de Schollenberger et Dreidelbis pour l'extraction et dosage par la méthode spectro-photo-métrique).

III.2. - Regroupement des stations en fonction des paramètres écologiques.

Une analyse factorielle des correspondances prenant en compte les modalités des variables mesurées a conduit à discriminer quatre types de "milieux édaphiques" (BONIN et THINON, 1980) : (29) - (2,59) - (13,23) - (6, 20, 34, 39, 52, 55, 56, 65, 66, 67, 74 - 77 - 80).

| NUMERO DES STATIONS | 29 | 2 | 59 | 6 | 39 | 65 | 13 | 55 | 80 | 23 | 74 | 20 | 56 | 66 | 52 | 67 | 77 | 34 |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| VARIABLES | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| pH | 7,3 | 6,3 | 7,3 | 6,7 | 6,8 | 7,5 | 7,3 | 7,3 | 7,2 | 7,2 | 7,5 | 6,8 | 7,3 | 7,4 | 6,8 | 7,3 | 7,3 | 7,5 |
| Calcaire total % | 32,2 | 00,41 | 0,77 | 1,17 | 0,95 | 4,44 | 4,6 | 0,50 | 1,09 | 0,58 | 1,20 | 1,77 | 1,00 | 4,36 | 0,50 | 0,50 | 2,87 | 2,64 |
| Calcaire actif % | 72,5 | 17,75 | 28,75 | 52,50 | 41,25 | 52,50 | 46,87 | 52,50 | 20,00 | 68,13 | 41,25 | 47,50 | 30,62 | 35,60 | 38,10 | 18,45 | 45,60 | 53,75 |
| Argile % | 30,4 | 46,72 | 43,18 | 50,18 | 45,57 | 51,45 | 33,70 | 37,03 | 39,23 | 32,87 | 41,88 | 25,04 | 36,35 | 36,35 | 38,17 | 31,13 | 42,05 | 43,69 |
| Limons fins % | 24,59 | 16,07 | 20,21 | 20,88 | 20,21 | 20,68 | 27,22 | 15,36 | 17,80 | 23,83 | 16,36 | 12,97 | 21,87 | 27,90 | 9,52 | 32,26 | 22,39 | 19,43 |
| Limons grossiers % | 15,24 | 14,75 | 12,63 | 12,92 | 13,66 | 10,81 | 12,67 | 10,40 | 23,44 | 13,62 | 11,35 | 15,08 | 16,69 | 3,07 | 10,70 | 15,52 | 16,53 | 12,68 |
| Sables fins % | 11,64 | 10,93 | 16,74 | 7,97 | 18,44 | 7,27 | 7,51 | 22,68 | 23,26 | 16,94 | 20,61 | 33,90 | 14,95 | 14,37 | 26,60 | 14,16 | 13,14 | 13,93 |
| Sables grossiers % | 11,09 | 1,02 | 2,10 | 0,60 | 1,63 | 4,81 | 2,77 | 4,96 | 0,13 | 0,99 | 2,61 | 1,54 | 9,70 | 1,61 | 10,34 | 2,51 | 2,61 | 3,25 |
| Carbone total % | 52,39 | 50,50 | 66,47 | 63,68 | 29,85 | 45,67 | 107 | 82,38 | 27,99 | 95,52 | 22,70 | 58,28 | 69,86 | 15,73 | 19,41 | 27,37 | 34,54 | 36,07 |
| Azote total % | 4,90 | 3,24 | 3,69 | 3,10 | 1,79 | 2,84 | 5,63 | 5,02 | 1,00 | 4,01 | 1,46 | 3,80 | 3,19 | 1,18 | 1,20 | 1,76 | 2,01 | 2,48 |
| Composés humiques totaux % | 10,35 | 14,70 | 14,85 | 12,90 | 6,90 | 9,90 | 18,60 | 13,80 | 3,60 | 29,85 | 4,35 | 14,25 | 12,30 | 3,68 | 6,00 | 5,70 | 9,00 | 12,60 |
| Acides humiques % | 5,81 | 11,43 | 12,00 | 6,56 | 2,25 | 5,06 | 13,65 | 3,94 | 3,00 | 19,68 | 0,00 | 5,62 | 7,50 | 3,40 | 4,50 | 5,25 | 5,25 | 8,62 |
| AH/AF | 1,28 | 7,62 | 4,21 | 1,03 | 0,48 | 1,05 | 2,75 | 0,40 | 5,00 | 1,94 | 0,00 | 0,65 | 1,57 | 12,14 | 3,00 | 11,17 | 1,40 | 2,17 |
| Acides fulviques % | 4,54 | 1,50 | 2,85 | 6,34 | 4,65 | 4,84 | 4,95 | 9,86 | 0,60 | 10,17 | 4,35 | 8,63 | 4,80 | 0,28 | 1,50 | 0,47 | 3,75 | 3,98 |
| Capacité totale d'éch. m.e./100 g. (T.F) | 36,43 | 45,71 | 41,93 | 43,70 | 35,35 | 41,50 | 44,28 | 44,43 | 26,71 | 56,64 | 27,28 | 35,50 | 36,07 | 23,00 | 29,78 | 22,64 | 32,21 | 37,07 |
| Calcium échangeable m.e./100 g. (T.F) | 44,84 | 38,47 | 32,75 | 36,57 | 33,39 | 42,61 | 47,06 | 38,80 | 34,34 | 54,06 | 31,16 | 37,52 | 33,39 | 24,80 | 28,94 | 27,66 | 31,48 | 41,02 |
| Magnésium échangeable m.e./100 g. (T.F) | 9,06 | 1,60 | 2,20 | 1,98 | 1,65 | 1,90 | 0,50 | 2,68 | 1,81 | 2,78 | 1,69 | 2,43 | 2,04 | 0,97 | 0,94 | 0,97 | 1,02 | 3,09 |
| Potassium échangeable m.e./100 g. (T.F) | 1,03 | 1,00 | 0,88 | 0,64 | 0,68 | 0,62 | 0,50 | 0,70 | 0,34 | 0,74 | 0,34 | 0,40 | 0,38 | 0,17 | 0,40 | 0,23 | 0,34 | 1,03 |
| Epaisseur de la couche meuble (cm) | 29 | 2 | 59 | 6 | 39 | 65 | 13 | 55 | 80 | 23 | 74 | 20 | 56 | 66 | 52 | 67 | 77 | 34 |
| | 80 | 35 | 25 | 30 | 30 | 25 | 60 | 40 | 70 | 25 | 20 | 20 | 35 | 30 | 30 | 25 | 20 | 15 |

TABLEAU N° 1 : VARIABLES EDAPHIQUES

Ces quatre lots de stations sont liés à des modalités particulières des variables édaphiques considérées. Ainsi la station 29 s'individualise nettement des autres par des taux de magnésium et de calcaire actif élevés. Les placettes 2 et 59 se distinguent par des taux de composés humiques totaux et d'acides humiques forts. Les stations 13 et 23 sont plus particulièrement caractérisées par des taux élevés d'acides humiques, d'acides fulviques, et un pourcentage notable d'azote total.

La nature de ces caractères catégoriels conduit à se demander si ces sous-ensembles traduisent bien des milieux différents et s'ils sont en relation avec les sous-ensembles de productivités discriminés par ailleurs ?

IV - REGROUPEMENT DES STATIONS EN FONCTION DE LA PRODUCTIVITE

L'étude exhaustive de la productivité sera publiée par ailleurs. Les stations d'étude ont été classées en trois micro-classes dépendantes de la hauteur moyenne et de l'âge des peuplements comme le montre le tableau n° 2

| DISCRIMINATION DES PLACETTES SUIVANT LEUR PRODUCTIVITE | | | DESCRIMINATION DES PLACETTES SUIVANT LES CRITERES: ECOLOGIQUES | |
|---|-------------------------------------|----------------------------|--|--|
| Classes | Hauteur moyen. : en m à 30 ans : | Numéro des stations | | |
| I | 3,58 - 2,88 | 2-6-29-59 | (29) - (2 et 59) | |
| II | 2,88 - 2,18 | 13-20-23-65 74-39-80-55 | (13 et 23) | |
| III | 2,18 - 1,46 | 77-52-56-66 67-34 | 6, 20, 34, 39, 52, 55, 56, 65, 66, 67, 74, 77, 80. | |

TABLEAU N° 2

CLASSEMENT DES STATIONS D'APRES LA PRODUCTIVITE ET D'APRES
LES CRITERES ECOLOGIQUES (Analyse factorielle).

Celui-ci ne comporte que les données nécessaires à l'approche écologique envisagée dans cet article.

V - RELATIONS ENTRE EDAPHISME ET PRODUCTIVITE

V.1. - Au niveau global

L'examen du tableau n° 2 montre que :

- ◊ les stations 13 et 23 affines quant aux facteurs du milieu appartiennent à une même classe de productivité, il en est de même pour le couple 2 et 59,

◊ mais, la majorité des stations (13 sur 18) qui appartiennent pourtant à un même ensemble de milieux édaphiques sont distribuées dans les trois classes de productivité différentes.

La seule prise en compte de la globalité des critères édaphiques ne permet donc pas de retrouver dans tous les cas les différences de productivité. On doit en plus remarquer que des productivités équivalentes (2,59,29) sont en relation avec des modalités de variables édaphiques différentes, ce qui conduit aux considérations suivantes :

- 1) Les facteurs écologiques envisagés dans leur ensemble ne sont en liaison directe avec la productivité et par conséquent ne peuvent en expliquer les fluctuations.
- 2) Certaines de ces variables sont liées directement à la productivité sans qu'il y ait de relation de cause à effet entre elles. Elles peuvent être dépendantes de facteurs écologiques situés en amont et dont l'influence n'est pas manifeste au cours de cette analyse mais qui expliquent et la variation de productivité et l'importance apparente de certaines variables mise en évidence par le traitement numérique.

Par ailleurs, certaines des variables édaphiques sont peut-être liées plus ou moins directement à la productivité ou à des facteurs susceptibles de la déterminer, mais elles peuvent être masquées dans le traitement numérique par le poids relatif de celles qui en sont indépendantes et qui paraissent orienter fortement l'information au niveau édaphique.

Cette dernière considération incite alors à tester une analyse où chacune des variables interviendrait isolément.

V.2. - Au niveau individuel

Une analyse discriminante a été appliquée aux données du tableau n° 1. Cette technique permet d'établir l'ordre d'importance des variables édaphiques en fonction du classement des stations tel qu'il ressort de l'analyse de la productivité, (BONIN, BOUROCHE, 1977). Ainsi les variables taux de potassium échangeable, pourcentage d'acides fulviques, taux de magnésium échangeable, profondeur apparente du substrat contribuent le mieux à la variation de productivité observée.

V.2.1. - La profondeur apparente du substrat

Il est tout-à-fait instructif que l'analyse discriminante fasse ainsi apparaître le dernier paramètre bien qu'il ne puisse être considéré comme une mesure fidèle du volume de terre offert aux racines. Il en donne cependant un aperçu intéressant qui reflète sans doute le rôle fondamental joué dans l'économie de l'eau dans ces zones karstiques et sous ce climat.

Pour tenter d'expliquer les relations mises en évidence entre le volume de terre et la productivité des taillis deux hypothèses peuvent être avancées :

◊ la première considère un certain degré de relations entre les propriétés physico-chimiques de la couche superficielle étudiée et celles du volume de terre prisonnier des diaclases en profondeur, l'ensemble réglant le fonctionnement du système sol et en particulier les migrations d'eau et d'éléments biogènes.

◊ suivant la seconde, il existerait une certaine dépendance entre la productivité du taillis et l'appareil racinaire de surface, quelle que soit l'importance du système racinaire profond dans l'alimentation en eau du chêne vert. Ce qui pourrait être rapproché d'observations du même ordre concernant le Peuplier ou le Hêtre pour lesquels "les systèmes racinaires superficiels paraissent intervenir dans des rôles respiratoires et de capteurs d'eau. (DELABRAZE, 1981, communication verbale).

V.2.2. - Les éléments chimiques

Hormis la profondeur du substrat, le taux de potassium échangeable, le pourcentage d'acides fulviques et le taux de magnésium échangeable, sont trois des composants du complexe argilo-humique, ce qui oriente les interprétations vers les problèmes d'échanges d'éléments minéraux entre ce complexe et les racines des Chênes.

Bien que les prélèvements analysés ne traduisent qu'un état ponctuel du cycle annuel des éléments biogéniques, deux hypothèses peuvent être envisagées :

- ◊ la corrélation constatée entre la productivité et la concentration ou K^+ , Mg^{++} , A.F. pourrait résulter d'une meilleure production en biomasse foliaire, elle même relarguant une plus grande quantité d'éléments biogènes.
- ◊ la productivité des peuplements serait liée, en autres, à des problèmes de nutrition minérale et plus particulièrement à la disponibilité en ions potassium et magnésium du complexe absorbant, seuls ici étudiés.

a) Etude de la première hypothèse : si l'on admet selon cette première hypothèse, qu'il y a un équilibre entre la production d'éléments minéraux et organiques par les litières et les concentrations entre cations et acides fulviques du complexe absorbant, la comparaison de la terre fine de l'"intra-taillis"* d'une part, et de l'"inter-taillis" d'autre part, devrait être significativement différente.

Dans le tableau n° 3, les valeurs en potassium, magnésium et acides fulviques de douze stations sont comparées. (voir page suivante).

L'analyse de la variance (LAMOTTE, 1962) appliquée successivement à chacune des trois variables a montré qu'il n'y a pas de différences significatives entre sols de l'intra-taillis et sols de l'extra-taillis. Les litières sont donc sans influence sur le sol, ce qui semble indiquer que la vitesse de décomposition des litières est fort lente et pose dans toute sa dimension aussi bien le problème de la remontée biologique immédiate et de la formation du sol par la chênaie verte, que celui de la fragilité des sols qui la portent.

* Dans la suite du texte le terme d'intrataillis désignera les surfaces couvertes par le chêne vert alors que l'extrataillis désignera les clairières.

| NUMERO DES PLACETTES | K ⁺ (m.e.) / 100 g T.F. | | Mg ⁺⁺ (m.e.) / 100 g T.F. | | Acides fulviques % T.F. | |
|----------------------------|------------------------------------|--------|--------------------------------------|--------|-------------------------|--------|
| | intert. | intra. | intert. | intra. | intert. | intra. |
| 2 | 0,99 | 1,00 | 1,65 | 1,60 | 0,52 | 0,33 |
| 6 | 0,74 | 0,64 | 1,37 | 1,98 | 0,07 | 0,63 |
| 20 | 0,20 | 0,40 | 0,85 | 2,43 | 0,15 | 0,87 |
| 23 | 0,99 | 0,74 | 2,44 | 2,78 | 0,38 | 1,02 |
| 34 | 0,91 | 1,03 | 2,14 | 3,09 | 0,52 | 0,40 |
| 39 | 0,81 | 0,68 | 0,99 | 1,65 | 0,48 | 0,46 |
| 55 | 1,07 | 0,70 | 3,40 | 2,68 | 0,46 | 0,98 |
| 56 | 0,35 | 0,38 | 0,91 | 2,04 | 0,57 | 0,48 |
| 59 | 1,20 | 0,88 | 2,39 | 2,23 | 0,41 | 0,29 |
| 65 | 0,47 | 0,62 | 1,77 | 1,90 | 0,70 | 0,48 |
| 77 | 0,28 | 0,34 | 0,99 | 1,02 | 0,06 | 0,36 |
| 80 | 0,87 | 0,34 | 0,89 | 1,81 | 0,20 | 0,06 |

TABLEAU N° 3

VALEUR DE K⁺ Mg⁺⁺⁺ ACIDES FULVIQUES RENCONTREES
DANS DES SOLS PRELEVES SOUS COUVERT DU TAILLIS ET DANS
L'INTER TAILLIS

Une approche plus fine réalisée en fonction des classes de productivité conduit au tableau n° 4.

| STATIONS | MAGNESIUM (m.e./100g T.F.) | | POTASSIUM (m.e./100 g T.F.) | | ACIDES FULVIQUES (%) | |
|--------------------|-------------------------------|-----------|--------------------------------|---------|-------------------------|---------|
| | EXTRAT. | INTRAT. | EXTRAT. | INTRAT. | EXTRAT. | INTRAT. |
| CLASSE I | 2 : 1,65 | 6 : 1,60 | 59 : 0,99 | 1,00 | 0,52 | 0,33 |
| ECART DES MOYENNES | m1 - m2 = -0,14 | | m1 - m2 = +0,14 | | m1 - m2 = -0,09 | |
| CLASSE II | 20 : 0,85 | 23 : 2,44 | 39 : 0,99 | 2,43 | 2,78 | 0,15 |
| ECART DES MOYENNES | m1 - m2 = -0,40 | | m1 - m2 = +0,17 | | m1 - m2 = -0,32 | |
| CLASSE III | 34 : 2,14 | 56 : 0,91 | 77 : 0,99 | 3,09 | 2,04 | 0,52 |
| ECART DES MOYENNES | m1 - m2 = -0,70 | | m1 - m2 = -0,07 | | m1 - m2 = -0,03 | |

* m1 = valeurs des moyennes par classes de l'extrataillis.

* m2 = valeurs des moyennes par classes de l'intrataillis.

TABLEAU N° 4

CONCENTRATION EN MAGNESIUM, POTASSIUM ECHANGEABLES ET ACIDES FULVIQUES.

| CLASSE DE PRODUCTIVITE | NUMERO DES STATIONS | INDICE DE PRODUCTIVITE Cm x an ⁻¹ | K ⁺ m.e/100g T.F. | Mg ⁺⁺ m.e/100 gT.F. | Ca ⁺⁺ m.e/100g T.F. | $\frac{K^+}{Ca^{++}} \times 100$ | $\frac{Mg^{++}}{Ca^{++}} \times 100$ | $\frac{K^+}{Mg^{++}}$ |
|-----------------------------|---------------------|---|---------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|-----------------------|
| I | 29 | 11,38 | 1,03 | 9,06 | 44,84 | 2,30 | 20,2 | 0,11 |
| | 2 | 11,04 | 1,00 | 1,60 | 38,47 | 2,60 | 4,15 | 0,63 |
| | 59 | 11,00 | 0,88 | 2,23 | 32,75 | 2,69 | 6,81 | 0,39 |
| | 6 | 10,75 | 0,64 | 1,98 | 36,57 | 1,75 | 5,41 | 0,52 |
| II | 39 | 9,64 | 0,68 | 1,65 | 33,39 | 2,04 | 4,94 | 0,41 |
| | 65 | 9,00 | 0,62 | 1,90 | 42,61 | 1,46 | 4,46 | 0,33 |
| | 13 | 8,93 | 0,50 | 1,27 | 47,06 | 1,06 | 2,70 | 0,39 |
| | 55 | 8,87 | 0,70 | 2,68 | 38,80 | 1,80 | 6,91 | 0,26 |
| | 80 | 8,31 | 0,34 | 1,81 | 54,34 | 0,99 | 5,27 | 0,19 |
| | 23 | 8,30 | 0,74 | 2,78 | 54,06 | 1,37 | 5,14 | 0,27 |
| | 74 | 8,29 | 0,34 | 1,02 | 31,16 | 1,09 | 3,27 | 0,10 |
| 20 | 8,04 | 0,40 | 2,43 | 37,52 | 1,07 | 6,48 | 0,16 | |
| III | 56 | 7,12 | 0,38 | 2,04 | 33,39 | 1,14 | 6,11 | 0,19 |
| | 66 | 6,64 | 0,17 | 0,97 | 24,80 | 0,69 | 3,91 | 0,18 |
| | 52 | 6,27 | 0,40 | 0,94 | 28,94 | 1,38 | 3,25 | 0,43 |
| | 67 | 5,87 | 0,23 | 0,97 | 27,66 | 0,83 | 3,51 | 0,24 |
| | 77 | 5,27 | 0,34 | 1,02 | 31,48 | 1,01 | 3,24 | 0,33 |
| 34 | 4,68 | 1,03 | 3,09 | 41,06 | 2,51 | 7,53 | 0,33 | |
| Coefficients de corrélation | | | r= 0,857 | r= 0,524 | r= 0,411 | r= 0,827 | r= 0,503 | r= 0,33 |

TABLEAU N° 5

DONNEES DE BASE SERVANT AU CALCUL DU COEFFICIENT DE CORRELATION ENTRE L'INDICE DE PRODUCTIVITE ET LES CONCENTRATIONS EN ELEMENTS K⁺ - Mg⁺⁺ - Ca⁺⁺ AINSI QUE LES RAPPORTS K⁺/Ca⁺⁺ x 100 - Mg⁺⁺/Ca⁺⁺ x 100 - K⁺/Mg⁺⁺.

L'effectif faible de chacune des classes de productivité n'autorisant pas l'application de tests statistiques les informations apportées traduisent seulement des tendances.

Au niveau du potassium, pour les classes I et II la moyenne des concentrations est plus forte dans les sols de l'intertaillis. Pour la classe III le taux de potassium est plus élevé dans l'intrataillis.

Au niveau du magnésium, les moyennes de l'intrataillis sont supérieures à celles de l'intertaillis.

Au niveau des acides fulviques l'intrataillis est le plus riche partout.

Cet ensemble d'observations semble indiquer qu'aux meilleures productivités correspondent des taux de potassium échangeables plus faibles dans l'intrataillis que dans l'intertaillis, alors que le phénomène s'inverse pour le magnésium et les acides fulviques. Ces résultats vont dans le même sens que ceux que rapporte RAPP (1971) pour le Languedoc.

Au niveau de la présente analyse cela supposerait que le prélèvement de potassium par les racines dans l'horizon supérieur est plus important au niveau de l'intrataillis.

A moins que n'intervienne un tout autre phénomène, par exemple la restitution au sol d'une plus importante concentration en K^+ par la couverture herbacée de l'intertaillis, ce qui reste à démontrer.

De toute façon, la prise en compte des paramètres abordés ici ne permet pas de trouver une explication satisfaisante aux trois classes de productivités.

b) Etude de la seconde hypothèse : On sait depuis DROUINEAU (1943), que dans les sols sur roche mère calcaire le calcium en excès peut gêner l'absorption d'autres ions par antagonisme.

Ces relations entre trois des principaux cations du complexe absorbant (Ca^{++} , K^+ , Mg^{++}) abordées par le biais des rapports K^+/Ca^{++} , K^+/Mg^{++} , Mg^{++}/Ca^{++} peuvent être déduites du tableau n° 5 qui réunit les 18 placettes d'étude de l'intrataillis classées suivant l'indice de productivité décroissant.

Les valeurs en K^+ et Mg^{++} des placettes 34 et 29 nettement plus élevées que celles des autres stations n'ont pas été retenues. Elles sont modifiées par l'intervention de facteurs extrinsèques (éboulis fixés, dalle calcaire superficielle).

Les relations sont qualifiées par le calcul du coefficient de corrélation linéaire (r) dont les valeurs sont portées dans le tableau n° 5 en dessous de la colonne réservée à la variable concernée.

Ces calculs montrent que :

- ◊ les concentrations en potassium et magnésium échangeables sont positivement et significativement corrélées à l'indice de productivité des peuplements.
- ◊ la concentration en calcium échangeable n'est pas liée significativement (seuil 5 %) à ce même indice de productivité.
- ◊ dans tous les cas les valeurs de (r) faisant intervenir les concentrations des cations sont plus fortes que celles obtenues avec les rapports Mg^{++}/Ca^{++} et K^+/Ca^{++} . Le calcium étant largement excédentaire au niveau du complexe argilo-humique, les variations des rapports K^+/Ca^{++} et Mg^{++}/Ca^{++} paraissent plus dépendantes des valeurs de K^+ et Mg^{++} que celles de Ca^{++} .

Ces résultats tendent à montrer que les productivités sont, au moins dépendantes de la disponibilité simultanée des deux éléments potassium et magnésium. Toutefois, RAPP (1971) ayant montré que le bois fort du chêne vert contient quatre fois plus de potassium que de magnésium, on peut penser que les exigences de cette essence sont plus importantes pour le premier élément que pour le second. Comme par ailleurs, les analyses de la terre fine l'ont établi, les réserves du sol sont plus grandes en ions Mg^{++} on peut-être tenter de penser aussi que c'est le potassium qui joue un rôle de facteur limitant vis-à-vis de la productivité.

CONCLUSION

L'étude des groupes de stations obtenus en considérant les variables écologiques d'une part, la productivité des taillis de chêne vert d'autre part, conduit à des résultats différents. Ceci montre que la prise en compte, dans leur globalité, des variables relatives à l'analyse de la terre fine ne conduit pas à une justification des classes de productivité.

Par contre, la considération de ces variables prises une à une a révélé quatre liaisons significatives entre productivité et paramètres du sol.

Ainsi, les teneurs en potassium et magnésium échangeables, les taux d'acides fulviques et l'épaisseur de l'horizon meuble évoluent dans le même sens que l'indice de productivité.

Ces résultats démontrent qu'un bon nombre de paramètres édaphiques étudiés traditionnellement n'apportent pas de renseignements dans le cadre précis de cette recherche des relations entre sol et productivité du taillis de chêne vert. Au contraire, une partie de l'information est masquée par une fraction de ces paramètres lorsqu'ils sont tous intégrés dans la même analyse factorielle des correspondances.

De plus les corrélations mises en évidence risquent de ne pas pouvoir à elles seules renseigner sur les véritables relations de causalité liant la productivité des taillis aux variables du "milieu édaphique". En effet, les relations statistiques observées peuvent elles mêmes résulter de l'action d'un ou de plusieurs facteurs non considérés qui placés en amont pourraient être susceptibles de déterminer la productivité d'une part, et les états du complexe argilo-humique d'autre part. Tel peut être le cas de la dynamique de l'eau dans ces milieux.

Les difficultés rencontrées dans la caractérisation de relation entre milieu et productivités permettent alors de souligner la nécessité de prendre en compte les facteurs intrinsèques au taillis lui même, tels que la nature de l'ensouchement d'une part, la variabilité génétique d'autre part.

Ainsi émerge un triple axe de recherches.

- ◊ la dynamique de l'eau dans les couches profondes des substrats
- ◊ l'étude des relations entre nature de l'ensouchement et productivité
- ◊ l'étude des relations entre type génétique et productivité.

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier Monsieur BONIN Gilles Maître Assistant au Laboratoire de Botanique et Ecologie Méditerranéenne Aix - Marseille III, ainsi que Monsieur le Professeur NEGRE pour leur collaboration à ce travail

BIBLIOGRAPHIE

- BICHARD D. (1982). Essai sur les relations entre milieu et productivité du chêne vert au Luberon
Thèse 3^o cycle. Aix-Marseille III., 126p.
- BONIN G., BOUROCHE JM. (1977). Utilisation de l'analyse discriminante dans l'étude écologique des pelouses de l'Apennin méridional.
Biom. et Ecol., Paris, 1, 37-43.
- BONIN G., THINON M. (1980). Relations entre variables du "milieu édaphique" et groupements végétaux préforestiers et forestiers du Mont Ventoux.
Ecol. Médit., 5, 315-326.
- DROUINEAU G. (1943). Méthode rapide d'appréciation du pouvoir chlorosant des sols calcaires.
Ann. Agro., 1, 16-18.
- DUCHAUFOUR Ph. (1970). Précis de pédologie. *Paris.*
- GUINOCHET M. (1973). Phytosociologie. *Paris.*
- LACOSTE A., ROUX M. (1972). L'analyse multidimensionnelle en Phytosociologie et en Ecologie. II l'analyse des données écologiques et l'analyse globale.
Oecol. Plant., 7(2), 125-146.
- LAMOTTE M. (1962). Initiation aux méthodes statistiques en biologie. *Paris.*
- RAPP M. (1971). Cycle de la matière organique et des éléments minéraux dans quelques écosystèmes méditerranéens.
C.N.R.S. Paris, 184p.
- RAPP M., LOSSAINT P. (1978). La forêt méditerranéenne de chênes verts (*Quercus ilex* L.) in Problèmes d'écologie: structure et fonctionnement des écosystèmes terrestres.
Paris. 345p.

Sulla produttività primaria in colture erbacee della Sicilia

S. LEONARDI*

RIASSUNTO - In questo lavoro vengono presentati sinteticamente i risultati delle ricerche condotte in 18 campi riguardanti 6 colture erbacee della Sicilia (*Vicia faba*, *Triticum durum* cultivar *Capeciti*, *Hedysarum coronarium*, *Zea mays*, cultivar "Delkab" e cultivar "Delkab XL 365", *Daucus carota*).

I dati sono stati raccolti, in diversi anni di osservazioni, nei territori delle province di Caltanissetta, Catania, Enna e Ragusa, al fine di evidenziare le relazioni tra superficie fotosintetizzante (L.A.I. e G.A.I.), biomassa (Kg/ha) e produzione agricola (q/ha).

Dai risultati ottenuti si è rilevato che, durante la fase di massimo sviluppo dello apparato vegetativo delle piante, che presentano una notevole variabilità in base al tipo di coltura, i valori del L.A.I. variano da 1,7 a 4,0 e quelli del G.A.I. da 2,0 a 6,0, nelle colture non irrigue, mentre in quelle irrigue i valori sono tutti più elevati oscillando il L.A.I. da 2,6 a 9,6 ed il G.A.I. da 5,5 a 11,7.

Un dato significativo, degno di nota ai fini dello studio condotto, è il valore del G.A.I. (6,9) rilevato nel campo di *Sulla* non irrigato della Piana di Catania. Tale valore viene raggiunto per il sopravvento nel campo delle erbe infestanti, il cui G.A.I. è 3,7, superiore quindi a quello della specie coltivata (G.A.I. 3,2). Valori di G.A.I. lievemente diversi sono stati rilevati nella stessa coltura in altre condizioni ambientali per diversità di clima, di pratiche colturali, ecc. Ciò conferma come anche negli ecosistemi artificiali si possa arrivare ad un massimo di produttività indipendentemente dall'intervento antropico.

I valori del L.A.I. e del G.A.I. sono stati inoltre messi in relazione con la biomassa e la produzione agricola.

Dai risultati ottenuti si è rilevato che la biomassa dipende dal tipo e dalla struttura della coltura. I suoi valori oscillano nelle varie stazioni da 1.872 a 7.293 Kg/ha per la *Fava*, da 2.515 a 11.635 Kg/ha per il *Grano*, da 4.705 a 15.304 Kg/ha per la *Carota*, da 4.043 a 8.020 Kg/ha per la *Sulla*. Meno variabili sono i valori per quanto riguarda il campo di *Sulla*, ove la biomassa oscilla tra 6.915 e 8.752 Kg/ha. Valori molto elevati sono stati rilevati per il *Mais*, la cui biomassa varia da 21.323 a 31.721 Kg/ha.

La notevole variabilità riscontrata in funzione dell'altitudine, del tipo di coltura, della struttura del campo, ecc., è stata anche rilevata mettendo in rapporto i valori della biomassa con quelli della superficie fotosintetizzante.

Viene, infine, sottolineato il significato dell'indagine condotta che può fornire indicazioni utili in campo applicativo per interventi al territorio.

SUMMARY - In this paper we synthetically proposed the results of the researches made in 18 fields concerning 6 herbaceous cultivations of Sicily (*Vicia faba*, *Triticum durum* cultivar *Capeciti*, *Hedysarum coronarium*, *Zea mays* cultivar "Delkab" and cultivar "Delkab XL 365", *Daucus carota*).

The data have been taken in several years of observation in the provinces of Caltanissetta, Catania, Enna and Ragusa in order to point out the connections within green area (L.A.I. and G.A.I.), biomass (Kg/ha) and agricultural production (q/ha).

From the results obtained we have revealed that during the greatest growth of the

* Istituto di Botanica dell'Università di Catania, Via A. Longo, 13 - 95125 Catania, Italia.

vegetative apparatus of the plants, the values of L.A.I. are comprised between 1.7 and 4.0 and those ones of G.A.I. between 2.0 and 9.0 in the no wellwatered fields while in those well-watered fields swing between 2.6 and 9.6 the L.A.I. and 5.5 to 11.7 the G.A.I.

A very significative datum is the value of L.A.I. (6.9) pointed out in the no well-watered field of *Hedysarum coronarium* of the Plane of Catania.

This value is attained in the field of infesting grasses whose G.A.I. is 3.7 superior to that of cultivated species (G.A.I. 3.2).

L.A.I. and G.A.I. values have been compared with the biomass and agricultural production.

From the data we have point out that the biomass depends from the type and the structure of the cultivation. Its values swing from 1.872 to 7.293 Kg/ha for *Vicia faba*, from 2.515 to 11.635 Kg/ha for *Triticum durum*, from 4.705 to 15.304 Kg/ha for *Daucus carota*, from 4.043 to 8.020 Kg/ha for *Hedysarum coronarium*.

Less variables are the values of the field of *Hedysarum coronarium* where the biomass swings between 6.915 to 8.752 Kg/ha. We have showed very high values in the field of lea mays where the biomass varies from 21.323 to 31.721 Kg/ha.

This is due to the altitude, the type of cultivation, the structure of the field.

In conclusion we wish to lay stress on the significance of the research made that is very significative for the information in applied field for intervention on the territory.

Nel corso delle ricerche che da anni conduciamo sulla produttività primaria in ambiente mediterraneo abbiamo ritenuto opportuno fermare la nostra attenzione sulla produttività in ambienti colturali, partendo dalla considerazione che una più approfondita conoscenza delle relazioni che intercorrono nelle colture fra produttività primaria dell'agroecosistema nel suo complesso, produzione agraria e fattori dell'ambiente, sia naturali, sia dovuti all'intervento antropico (pratiche colturali), potrà fornire elementi utili per una migliore utilizzazione del territorio dell'isola, ove molte sono le aree sottoposte a continua ed irreversibile degradazione.

I primi contributi, relativi a due delle colture qui considerate, sono stati oggetto di precedenti ricerche (DI BENEDETTO, LEONARDI, LUCIANI, MAUGERI, POLI, 1979); in questo lavoro viene affrontato globalmente il problema della produttività primaria in alcune colture erbacee siciliane (Carota, Fava, Grano duro, Mais da foraggio, Mais da granella, Sulla), considerato il ruolo di primaria importanza che esse, sin dai tempi più remoti (età del bronzo, pre-ellenica, dei siculi, della dominazione greca, romana (1), bizantina, araba, ecc.), hanno avuto in Sicilia, ove sono ampiamente diffuse, offrendo la nostra isola una variabilità di condizioni ambientali nelle varie zone e nei diversi periodi dell'anno.

Della superficie dell'isola attualmente sfruttata a scopo agricolo e forestale, ca. il 93,6% dell'intero territorio (2.381.141 ha), le colture erbacee occupano ca. il 58% (1.495.011 ha). In particolare il 46,5% (1.195.358 ha) è adibito a seminativi, l'11,4% (293.067 ha) a colture foraggere permanenti, lo 0,1% (2.586 ha) a colture ortive, vivai e semenzai (da: ANNUARIO DI STATISTICA AGRARIA, 1980).

La produttività varia nelle diverse regioni in relazione alle comunità vegetali e ai fattori dell'ambiente, fattori che nelle colture agrarie vengono modificati con l'intervento antropico.

Nelle colture erbacee considerate, la produttività è stata indagata facendo ricor-

(1) Periodo nel quale la Sicilia era ritenuta il "Granaio di Roma".

so a significativi parametri quali: L.A.I. (Leaf Area Index), G.A.I. (Green Area Index) e Biomassa (1).

L'importanza di tali parametri, ai fini della determinazione della produttività primaria nelle comunità vegetali, è stata ampiamente illustrata da ELLENBERG (1939), WATSON (1947), LIETH (1962), ecc.

In particolare ELLENBERG fin dal 1939 ha evidenziato il significato della superficie fogliare; altri, come WATSON (1947), GEYGER (1964), ecc., hanno sottolineato che i dati forniti dal L.A.I. e dal G.A.I. rispetto a quelli forniti da altri parametri, quali ad esempio assimilazione netta, fotosintesi netta, accrescimento, produzione in sostanza secca, ecc., sono quelli che maggiormente evidenziano le variazioni delle condizioni ambientali, oltre che le variazioni a livello interspecifico dei vegetali. VARESCHI (1951) inoltre sostiene che la superficie totale degli organi assimilanti della pianta è da considerare quale fattore di produzione ("Produktionsfaktor").

KREH (1966) e GEYGER (1971), in seguito a sperimentazioni in ambienti colturali, hanno rilevato che il L.A.I. e il G.A.I. variano in funzione di certe pratiche colturali, quale ad esempio la fertilizzazione.

Tenuto conto di quanto già noto a questo riguardo, si è voluto affrontare, in questo lavoro, il problema della produttività in colture in pieno campo, sulla base della determinazione dei parametri sopra indicati, ritenendoli significativi al fine di poter rilevare le correlazioni tra produttività primaria e produzione agricola nelle colture considerate.

A tal fine sono stati presi in considerazione le colture di Grano duro (*Triticum durum* Desf. cultivar Capeiti), di Mais (*Zea mays* Desf. cultivar "Delkab XL 365" da foraggio e da

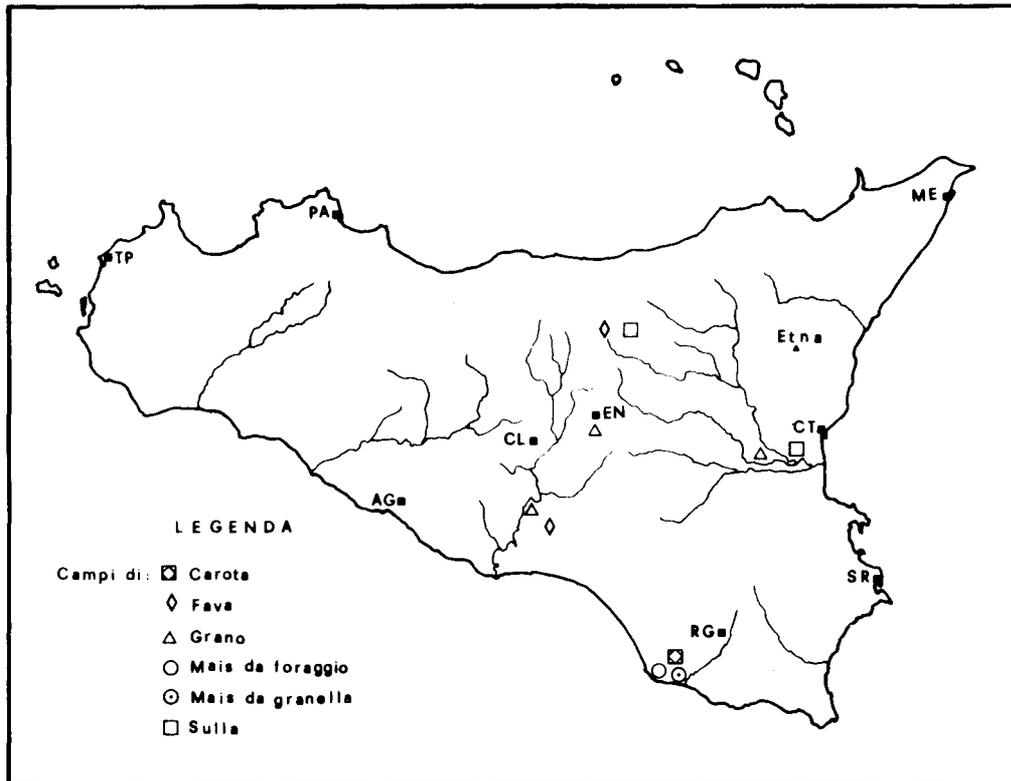


Fig. 1 - Localizzazione dei campi oggetto di studio, nel periodo 1977-1981, nelle province di Caltanissetta, Catania, Enna e Ragusa.

(1) Con il termine L.A.I. viene indicato il valore ottenuto dal rapporto della superficie fogliare per unità di superficie del suolo (mq/mq), mentre il G.A.I. è il valore che si ottiene dal rapporto superficie verde (foglie, fusto, brattee, ecc.) / unità di superficie del suolo; la biomassa, espressa in Kg/ha, si riferisce a materiale essiccato.

granella cultivar "Delkab"), di Sulla (*Hedysarum coronarium* L.), di Fava (*Vicia faba* L.) e di Carota (*Daucus carota* L.) in campi ubicati nelle province di Caltanissetta, Catania, Enna e Ragusa, territori questi molto rappresentativi per le colture indagate (Fig. 1).

CENNI SULL'AMBIENTE E SULLE COLTURE

CARATTERISTICHE AMBIENTALI DELLE ZONE CONSIDERATE

Le nostre ricerche sono state condotte in campi ubicati in tre diversi territori della Sicilia, aventi caratteristiche ambientali differenti: la Piana di Catania; una zona pianeggiante alluvionale della provincia di Ragusa in prossimità del mare; una vasta zona interna collinare.

Nella Piana di Catania, vasta pianura alluvionale attraversata dal fiume Simeto, dai suoi affluenti (Dittaino e Gornalunga) e da alcuni canali (Benante, Buttaceto, ecc.), sono stati scelti i campi di Sulla e di Grano duro, localizzati rispettivamente in contrada "Passo Cavaliere" (25 m s.l.m.) e contrada "Stimpato" (80 m s.l.m.).

Dal punto di vista pedologico i terreni della Piana di Catania adibiti alla cerealicoltura e alla foraggicoltura vengono classificati quasi tutti come suoli alluvionali (associazione n. 21 secondo la classificazione di BALLATORE e FIEROTTI, 1961). Per quanto riguarda le loro caratteristiche fisiche e chimiche (GIOVANNINI e Coll., 1960, 1961) si ha una netta predominanza di terreni forti con reazione prevalentemente subalcalina e ricchi o ben dotati di calcare.

La zona è fra le più xeriche della Sicilia: la temperatura media del mese più freddo è 10°C ca. e quella del mese più caldo 27°C; le precipitazioni medie annue raramente superano i 500 mm. La stagione estiva è quasi priva di precipitazioni con un periodo secco di circa 150 giorni; le piogge sono concentrate tra l'autunno e l'inverno con un massimo in ottobre. Ne deriva un clima a carattere tipicamente termomediterraneo.

In provincia di Ragusa, nel territorio di Marina di Ragusa, in contrada "Gravina" (45 e 50 m s.l.m.), sono stati scelti dei campi delle seguenti colture: Mais da foraggio, Mais da granella e Carota.

Si tratta di una zona litoranea intensamente sfruttata a scopo agricolo e per ampi tratti utilizzata per le colture in serra. Dal punto di vista climatico è una delle più calde e più asciutte della Sicilia. Alla lunga siccità estiva seguono, nel periodo autunno-inverno, le precipitazioni con un primo massimo in ottobre ed un secondo tra dicembre e gennaio e con un valore medio annuo di 513 mm. La temperatura media annua è di 17,08°C.

Il terreno è di tipo alluvionale e la presenza d'acqua nel sottosuolo (una volta vi ricadevano le Paludi di Scicli), consente la pratica dell'irrigazione nel periodo di maggiore siccità. E' possibile pertanto l'impianto di colture a ciclo autunno-vernino-primaverile, colture a ciclo primaverile-estivo e colture irrigue estive, ortive e di cereali.

Nella Sicilia centro-meridionale, nelle province di Caltanissetta ed Enna e precisamente nei territori di Butera (contrada "Finocchiara" a 318 m s.l.m.), Riesi (contrada "Pozzillo" a 369 m s.l.m.), Pergusa (650 m s.l.m.) e Sperlinga (contrada "Capostrà" a 650 m s.l.m. e "Timpone Bianco" a 750 m s.l.m.) sono stati presi in considerazione campi di Grano e di Sulla.

Si tratta di una zona, tipicamente collinare, appartenente alle formazioni argilloso-calcaree e sedimentarie del Miocene, del Pliocene e del Quaternario e comprendente rilievi montuosi con altitudini comprese tra 526 e 1.333 m.

Per quanto riguarda i suoli ci limitiamo ad indicare i principali: regosuoli da rocce argillose che occupano la maggior parte della zona ed interessano le aree di affioramento delle formazioni argilloso-marnose; regosuoli da rocce sabbiose collegati alla presenza del piastrone sabbioso-arenaceo; vertisuoli in corrispondenza delle zone di affioramento della formazione marnosa del Miocene superiore; regosuoli da gessi e da argille gessose; vertisuoli e litosuoli.

Questa vasta zona collinare ha un clima tipicamente mediterraneo, con accentuata siccità estiva preceduta da un periodo di siccità primaverile che incide sulla resa colturale; le precipitazioni medie annue variano da ca. 550-600 mm per Butera e Riesi, a 750 mm per Sperlinga, raggiungendo 900 mm a Pergusa. La temperatura media del mese più freddo è intorno a 5,5°C a Sperlinga e Pergusa, 8,5°C a Riesi e 9°C a Butera; mentre la temperatura media del mese più caldo è compresa per le quattro stazioni tra 23,5°C e 26,5°C.

NOTIZIE SULLE COLTURE E SUI CAMPI INDAGATI

La cerealicoltura, molto diffusa nelle zone collinari, occupa un posto preminente nella nostra isola; fra i cereali è stato prescelto il Frumento duro, che in Sicilia è molto diffuso, e, nelle zone con disponibilità di acqua nel sottosuolo, il Mais da granello e da foraggio.

Fra i cereali il Frumento (tenero e duro) complessivamente ha in Sicilia un'estensione di 580.590 ha, di cui 106.385 nelle zone montuose, 416.154 nelle colline e 58.051 nelle pianure; in particolare i campi di Grano duro hanno un'estensione complessiva di 576.205 ha, di cui 102.906 nelle zone montuose, 415.262 in collina e 57.983 in pianura. La quasi totalità del Grano coltivato in Sicilia è quindi il Grano duro che viene prodotto in massima parte in collina. Nelle tre province prese in considerazione in questo lavoro la coltura di Grano ha un'estensione di ben 332.500 ha, pari al 44% della superficie destinata a tale coltura in Sicilia.

I campi indagati, ad eccezione di quello di Pergusa, ove è stata effettuata una semina a spaglio, sono stati seminati a righe; essi presentano differenze per quanto riguarda l'avvicendamento colturale e gli interventi agronomici quali le zappature, le scerbature e le concimazioni.

La coltura di Mais, praticata in Sicilia esclusivamente nelle province di Messina, Agrigento, Catania e Ragusa (ANNUARIO DI STATISTICA AGRARIA, 1980), ha complessivamente una estensione di 1.638 ha, di cui 675 nella sola provincia di Ragusa. Qui 543 ha sono coltivati con forme ibride di Granoturco, che costituiscono il 96% della superficie occupata da questa coltura in tutta la Sicilia; mentre solo 130 ha sono coltivati a Granoturco nostrano.

La maiscoltura, sia per quanto riguarda il Mais da granella che da foraggio, viene praticata nel periodo primaverile-estivo. Nella zona considerata (Marina di Ragusa) si ritiene che la coltura abbia raggiunto l'optimum di specializzazione (1).

Fra le leguminose da granella, ruolo predominante ha la Fava (*Vicia faba* L.), i cui semi, utilizzati per fini zootecnici, hanno un elevato contenuto proteico (23,4%).

La coltura della Fava è fra le più antiche, essendo praticata da oltre 6.000 anni. In alcune città lacustri svizzere era già conosciuta 5-4 mila anni a.C. e veniva praticata fin dalle prime dinastie egiziane ed in seguito dai Romani.

La Fava, in Sicilia, con il suo ciclo autunno-vernino-primaverile, ha conservato una discreta superficie perchè, nonostante i magri raccolti, assicura una fertilità residua nel terreno che consente di saldare positivamente il bilancio attraverso la successiva coltura granaria, per la quale non è stata trovata finora precessione più valida (FOTI, 1979).

Tale coltura nel territorio siciliano si estende su 81.306 ha, di cui 18.500 sono ubicati nelle zone montuose, 1.753 nelle pianure e la restante parte (61.053) nelle zone collinari. Nei territori delle province di Caltanissetta ed Enna essa occupa una superficie di 26.500 ha pari al 33% della superficie totale che la coltura occupa nell'intera isola.

I campi di Fava da noi indagati, ubicati ad altitudini diverse, sono stati sottoposti a pratiche colturali differenti, soprattutto per quanto riguarda il sesto, le lavorazioni, le concimazioni, ecc.

La Sulla (*Hedysarum coronarium* L.) è, tra le foraggere spontanee, quella maggiormente coltivata nella Piana di Catania. In Sicilia essa occupa una superficie complessiva di 119.110 ha, che si può ritenere molto vasta se si considera che in Italia tale coltura ha un'estensione di 245.576 ha. Nella nostra isola essa viene utilizzata essenzialmente per lo sfalcio, mentre solo una piccola parte è destinata al pascolo.

Questa leguminosa un tempo era molto usata nell'avvicendamento col Frumento. Sui terreni argillosi ed a pH subalcalino e alcalino, ove trova le condizioni ottimali, riesce a dare produzioni simili a quelle di altre foraggere. Caratteristica peculiare di questa coltura è la semina su terreno non lavorato, pratica che viene seguita dalla maggior parte degli agricoltori (RESTUCCIA, 1968) e che non pregiudica la produzione di foraggio.

I campi da noi presi in considerazione sono ubicati nella Piana di Catania e nel territorio di Sperlinga (in provincia di Enna), a 750 m di altitudine. Essi si trovano in condizioni diverse sia per quanto riguarda le condizioni stazionali (altitudine) che la pratica della irrigazione. Nei campi non irrigati l'azione dell'uomo è limitata alla sola semina, che viene effettuata in autunno o in estate, mentre il taglio avviene per lo più in primavera; si riesce ad effettuare un secondo taglio quando l'annata è particolarmente piovosa.

L'uso recente dell'irrigazione nella tecnica colturale consente di anticipare la semina e di favorire l'accrescimento della pianta per averne un buon taglio all'inizio dell'inverno ed un abbondante ricaccio a fine primavera.

Per le caratteristiche peculiari della pianta nè l'irrigazione, nè l'epoca della semina, nè l'avvicendamento, nè i tagli esercitano influenze determinanti sulla vegetazione infe-

(1) Per ulteriori informazioni sulla maiscoltura meridionale irrigua e sugli aspetti agronomici della coltura in Sicilia rimandiamo ai lavori di FOTI (1963), CASSANITI (1969, 1975) ed altri.

stante il prato, come è stato già evidenziato da MAUGERI (1975).

La coltura della Carota, fra le colture da pieno campo, è stata introdotta in Sicilia soltanto nel 1960. Attualmente essa occupa un'estensione di 3.030 ha ed è localizzata quasi esclusivamente (97%) nelle province di Siracusa e Ragusa.

In queste zone è possibile attuare la coltivazione della Carota in ciclo autunno-vernino-primaverile, anzichè in ciclo primaverile-estivo, che è quello adottato nelle tradizionali regioni di coltivazione.

Oltre all'elevato valore economico della produzione, altri fattori concorrono alla continua diffusione della coltura, nei terreni ricchi d'acqua, come la resistenza ai repentini abbassamenti di temperatura che possono compromettere le produzioni di altre ortive in pieno campo.

Inoltre, a differenza di altre ortive, la Carota presenta caratteristiche colturali molto vantaggiose, come la raccolta contemporanea del prodotto, il risparmio di sostegni e soprattutto una integrale meccanizzazione delle operazioni colturali.

Tra le pratiche colturali che presentano maggior interesse in questa coltura, ai fini della produttività, sono le modalità, l'epoca e la densità di semina. La semina a file ad esempio viene preferita a quella a spaglio, non solo perchè consente la meccanizzazione delle operazioni colturali, ma anche perchè, come è stato già evidenziato (LIPARI, 1969), favorisce, con un regolare investimento unitario, una maggiore produzione di radici.

Le nostre ricerche sono state effettuate in contrada "Gravina" del territorio di Marina di Ragusa.

METODOLOGIA

Nelle colture sopra indicate, nei campi considerati, sottoposti a pratiche agricole tradizionali, sono state prescelte delle aree campione di un metro quadrato di superficie e sufficientemente omogenee.

Il campionamento, nei vari campi, è stato effettuato nel periodo antecedente la maturazione dei frutti, periodo che si ritiene coincida con la massima produzione di superficie assimilante da parte delle piante in oggetto.

In ciascuna area campione sono state prelevate, per coltura e per anno, tutte le piante, comprese le infestanti.

In laboratorio le piante relative ad ogni area campione sono state distinte nelle varie parti (radici, fusto, foglie e semi).

Seguendo la metodologia proposta dalla GEYGER (1964, 1971) e con l'ausilio di un moderno fotoplanimetro ("Automatic Area Meter") si è pervenuti per tutte le piante, comprese le infestanti, alla determinazione della superficie fogliare, che è stata espressa in cmq. La superficie verde dei fusti, che in qualche specie (ad es. il Mais) ha importanza rilevante, è stata calcolata assimilando i medesimi a note figure geometriche.

Riportando i valori ottenuti sull'unità di superficie del suolo sono stati ricavati rispettivamente i valori del L.A.I. e del G.A.I. il cui significato è stato sopra evidenziato.

La biomassa di tutte le piante raccolte è stata determinata in peso secco (Kg/ha).

La produzione agricola (foraggera, in granella, ecc.) per tutte le specie coltivate è stata calcolata in Kg/ha, riferendosi i relativi valori al peso fresco per quanto riguarda la Sulla, il Mais da foraggio e la Carota, alla produzione finale di granella al 15% di umidità per quanto riguarda le colture da granella (Mais, Grano, Fava).

DISCUSSIONE DEI RISULTATI

SUPERFICIE FOTOSINTETIZZANTE

Dall'analisi dei dati sintetizzati nella tabella I (in cui vengono evidenziate le singole colture, distinte tenendo conto dell'irrigazione) emerge che, per ogni coltura, la superficie fogliare varia in funzione del tipo di semina, dell'ubicazione del campo, delle condizioni stagionali nei diversi anni considerati, ecc.

Nella coltura di Grano duro, dove la semina è stata effettuata a righe (Piana di Catania 80 m e Riesi 369 m s.l.m.), i valori del L.A.I. sono rispettivamente di 2,3 e 3,9 e quelli del G.A.I. di 2,6 e 4,6; mentre nel campo di Pergusa, seminato a spaglio, si registrano rispettivamente i valori di 1,7 e 2,0 (Fig. 2 a, Fig. 3). Queste variazioni riscontrate sono in parte dipendenti dalla diversità di semina, che fa variare il numero di piante per mq (nei campi in cui la semina è stata effettuata a righe abbiamo riscontrato 348 e 342 piante, mentre 237 piante per mq in quello seminato a spaglio), dipendendo anche dalla diversa altezza delle piante che ha influito in qualche modo sui valori registrati (Tab. I).

Se analizziamo i campi indagati nel 1977 possiamo affermare che, oltre alla diversa densità delle piante nel campo, hanno influito sulla coltura altre pratiche colturali (come ad esempio il diserbo chimico effettuato nel campo di "Stimpato" della Piana di Catania), la diversa altitudine delle stazioni (Piana di Catania 80 m, Pergusa 650 m s.l.m.) e conseguentemente i fattori climatici che agiscono alle rispettive quote. Mentre la maggiore produzione a Riesi (369 m s.l.m.) nel 1978 è da mettere in relazione, oltre che al tipo di semina, al fatto che l'altezza media delle piante del campo è di 90 cm, dipendendo sicuramente dalle favorevoli condizioni climatiche dell'annata durante il ciclo colturale e dal tipo di interventi colturali (1).

Per quanto riguarda la Fava, l'analisi dei dati rilevati nel 1980 a Butera (318 m s.l.m.) e a Sperlinga (650 m s.l.m.), considerate le condizioni climatiche favorevoli di quello anno durante il periodo del ciclo colturale, considerato che i due campi sono stati sottoposti

(1) L'anno precedente il terreno in cui era ubicato il campo era stato seminato a fave, prima della semina è stato arato, alla fine del mese di febbraio è stato concimato e scerbato per ben due volte.

Tabella 1

| | Specie coltivata | Località | Anno | Tipo di semina: | Specie coltivata | | | | | C a m p o (Specie coltivata + infestanti) | | | |
|-------------------------|--|-------------------------|---------|-----------------|----------------------|---------------------------|--------|--------|-----------------------------|--|--------|--------------------|---------------------|
| | | | | | Numero piante per mq | Altezza media piante (cm) | L.A.I. | G.A.I. | Biomassa peso secco (Kg/ha) | Biomassa | | | |
| | | | | | | | | | | L.A.I. | G.A.I. | peso secco (Kg/ha) | |
| Colture non irrigue | Vicia faba | Butera (318 m) | 1980 | gruppi | 30 (1) | 80 | 1,9 | 2,4 | 4.702 | 2,0 | 2,5 | 4.792 | Colture non irrigue |
| | | Sperlinga (750 m) | 1981 | gruppi | 25 | 53 | 2,0 | 2,2 | 1.872 | 2,2 | 2,5 | 2.108 | |
| | | Sperlinga (650 m) | 1980 | gruppi | 48 | 81 | 3,8 | 4,8 | 7.293 | 4,2 | 5,2 | 7.687 | |
| | Triticum durum | Piana di Catania (80 m) | 1977 | righe | 348 | 50 | 2,3 | 2,6 | 9.440 | 2,5 | 2,8 | 9.475 | |
| | | Riesi (369 m) | 1978 | righe | 342 | 90 | 3,9 | 4,6 | 11.635 | 4,2 | 5,1 | 13.178 | |
| | | Pergusa (650 m) | 1977 | spaglio | 237 | 76 | 1,7 | 2,0 | 2.515 | 1,7 | 2,4 | 4.196 | |
| Hedysarum coronarium | Piana di Catania (25 m) | 1981 | spaglio | 124 | 55 | 2,3 | 3,2 | 4.043 | - | 6,9 | 7.628 | | |
| | Sperlinga (750 m) | 1981 | spaglio | 156 | 48 | 4,0 | 6,0 | 6.848 | - | 6,2 | 6.915 | | |
| | Piana di Catania (25 m) | 1981 | spaglio | 158 | 44 | 4,0 | 5,5 | 8.020 | - | 6,1 | 8.752 | | |
| Colture irrigue | Zea mays da granella da foraggio | Marina di Ragusa (45 m) | 1978 | righe | 8 | 123 | 4,7 | 6,1 | 21.323 | - | 6,3 | 21.514 | Colture irrigue |
| | | Marina di Ragusa (45 m) | 1978 | righe | 11 | 215 | 9,6 | 11,7 | 28.470 | - | 11,8 | 28.570 | |
| | | Marina di Ragusa (45 m) | 1981 | righe | 13 | 233 | 8,3 | 11,0 | 31.721 | - | 11,3 | 31.721 | |
| | Daucus carota | Marina di Ragusa (50 m) | 1979 | spaglio | 40 | 45 | 3,1 | - | 4.705 | 3,1 | - | 4.711 | |
| | | Marina di Ragusa (45 m) | 1979 | spaglio | 82 | 32 | 2,6 | - | 7.422 | 2,6 | - | 7.422 | |
| | | Marina di Ragusa (45 m) | 1979 | spaglio | 60 | 35 | 2,9 | - | 7.186 | 2,9 | - | 7.186 | |
| | | Marina di Ragusa (50 m) | 1980 | righe | 216 | 40 | 4,7 | - | 13.582 | - | 5,1 | 17.031 | |
| Marina di Ragusa (50 m) | 1981 | righe | 112 | 45 | 6,4 | - | 13.550 | 6,4 | - | 13.553 | | | |
| Marina di Ragusa (45 m) | 1981 | righe | 100 | 45 | 6,2 | - | 15.304 | - | 6,8 | 15.466 | | | |

(1) Per quanto riguarda la Fava la cifra indicata si riferisce al numero di fusti per mq, comprendendo ciascuna pianta un numero di fusti variabile da 1 a 5.

allo stesso tipo di pratiche agronomiche (1) - non esistono infatti neanche differenze nell'altezza media delle piante -, consente di evidenziare che le differenze del L.A.I. e del G.A.I. riscontrate nei due campi sono da riferire alla densità delle piante nel campo e alla diversità di condizioni climatiche dovute alla diversa altitudine in cui sono ubicati i due campi.

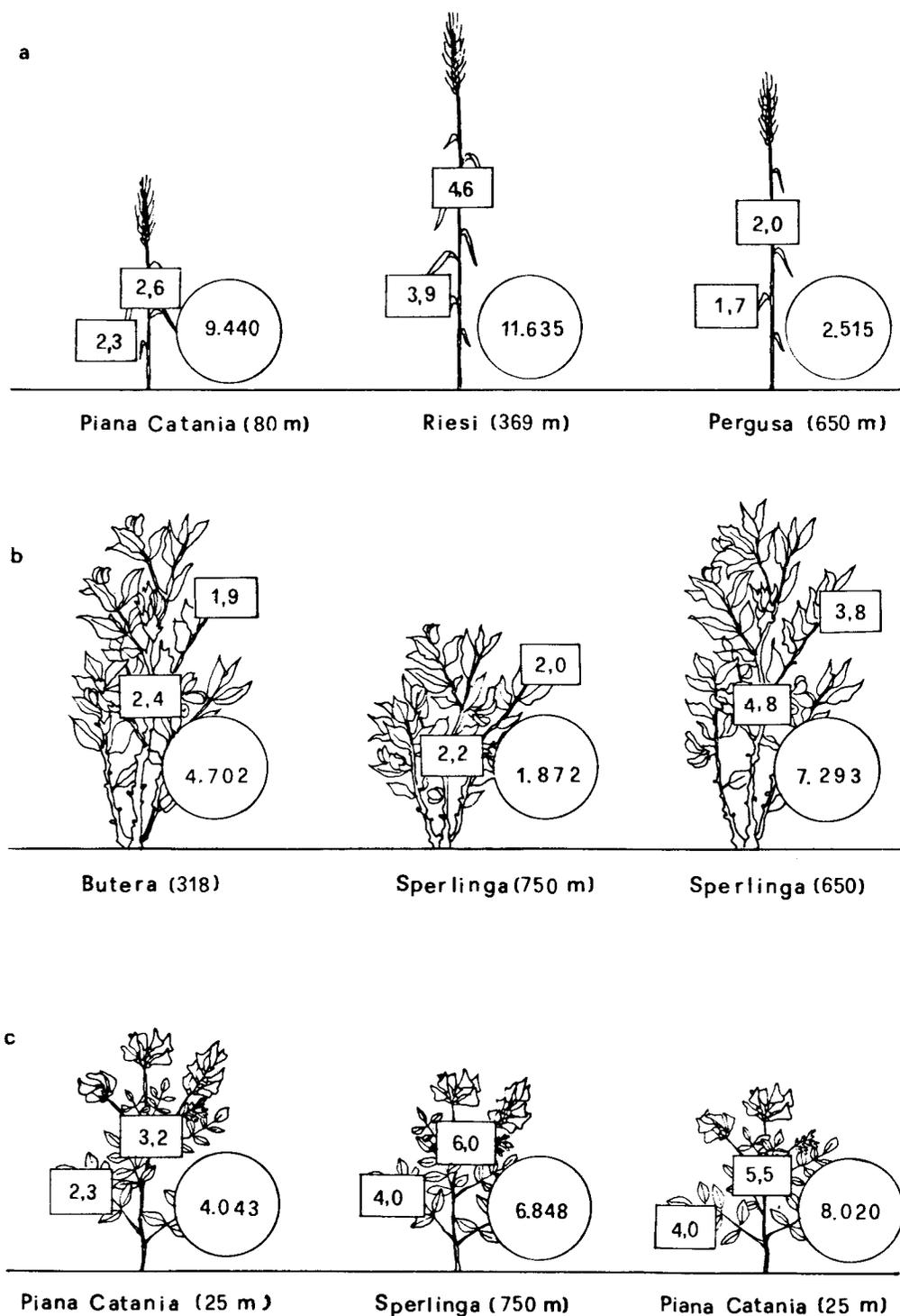


Fig. 2 - Rappresentazione schematica dei campi di Grano duro (a), Fava (b) e Sulla (c) nei territori indagati. Vengono riportati i relativi valori del L.A.I. e del G.A.I. in mq/mq (rettangoli) e i valori della biomassa in Kg/ha (cerchi).

(1) Le lavorazioni al terreno differiscono solo per essere state effettuate mediante mezzi meccanici a Butera, mentre con i metodi tradizionali, cioè con l'aratro a mano ed il mulo, a Sperlinga. Tutte le pratiche colturali sono quasi identiche nei due campi, l'anno precedente il terreno era stato coltivato a Grano ed in ambedue si sono effettuate regolari concimazioni, zappature e scerbature.

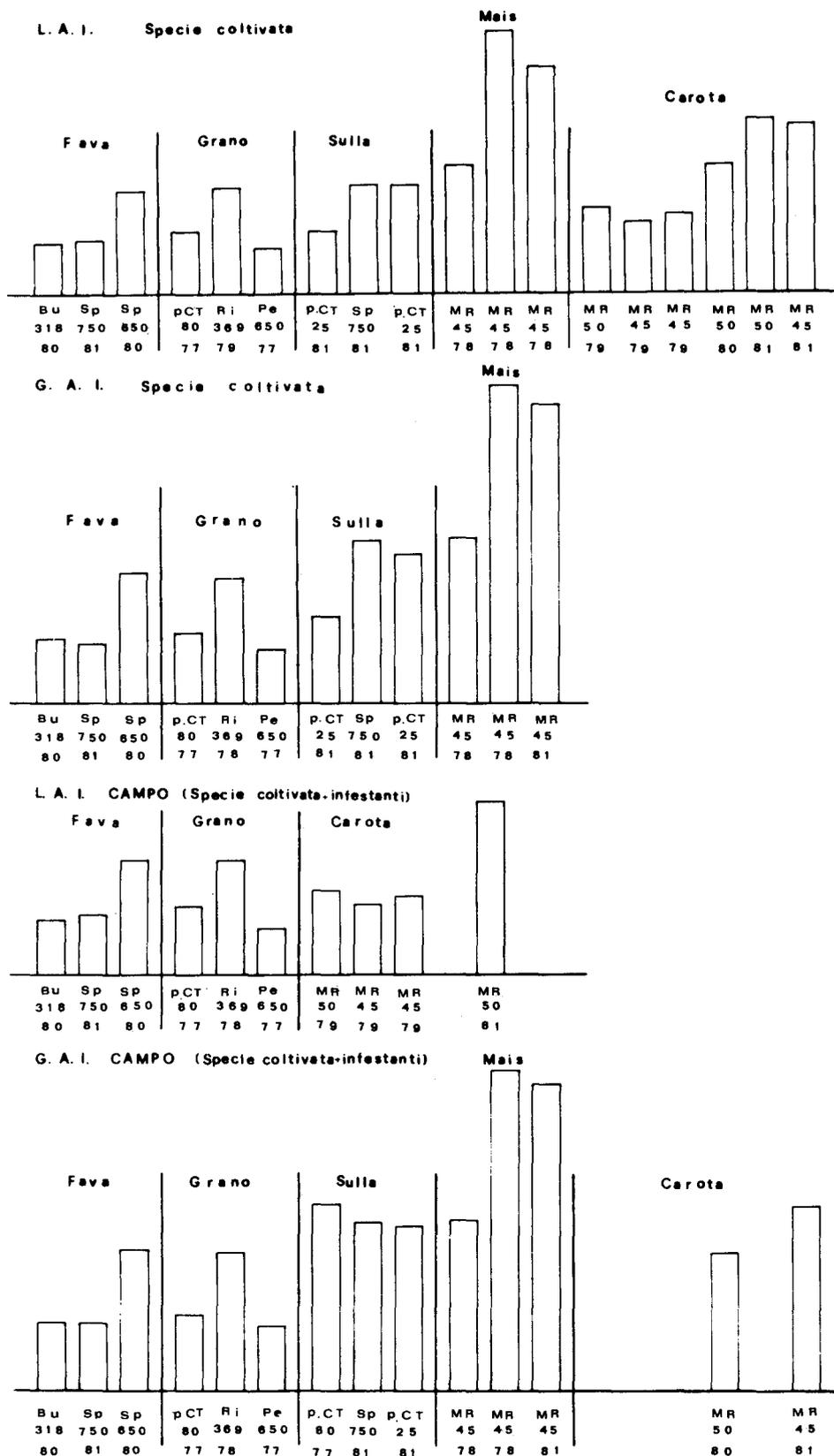


Fig. 3 - Diagrammi relativi ai valori del L.A.I. e del G.A.I. nei campi indagati (specie coltivata e campo nel suo insieme).
 Con Bu, Sp, Ri, Pe, p.CT e MR vengono indicati i campi ubicati rispettivamente nei territori di Butera, Sperlinga, Riesi, Pergusa, Piana di Catania e Marina di Ragusa.
 Per ogni campo vengono riportati inoltre: l'altitudine (m s.l.m.) e l'anno in cui sono state effettuate le osservazioni.

I dati a nostra disposizione (Fig. 2 b, Fig. 3) ci consentono di ritenere che la maggiore produzione di superficie fotosintetizzante (L.A.I. 3,8 e G.A.I. 4,8) rilevata nel campo di Sperlinga, è stata favorita dal tipo di semina, effettuata a gruppi di 5-6 semi distanti 70x70 cm, che ha creato le condizioni ottimali di densità della specie coltivata impedendó l'ulteriore sopravvento delle infestanti nel campo.

Mentre nel campo di Sperlinga nel 1981, dove la disposizione dei gruppi nella semina (100x50 cm) è diversa, determinando la presenza di 25 fusti per mq con altezza media di 53 cm, i valori del L.A.I. e del G.A.I. sono rispettivamente 2,0 e 2,2. Dal confronto fra i valori relativi ai due campi (Fig. 3) rilevati nella stessa zona (Sperlinga) ed in anni diversi è possibile evidenziare che i valori sono molto differenti, anche se riferiti al campo nel suo insieme (L.A.I. 2,2 e 4,2; G.A.I. 2,5 e 5,2). Ciò si può attribuire al fatto che nel 1981 le condizioni climatiche sono state molto sfavorevoli per la coltura, poichè è caduta abbondantemente la neve all'inizio del mese di marzo con conseguenze negative sul ciclo vegetativo della coltura.

I prati di Sulla, nei quali si è praticato lo stesso tipo di semina (a spaglio), si riferiscono allo stesso anno.

Dal confronto fra le due colture non irrigue (Fig. 2 c e Fig. 3) si evidenzia: una produzione di superficie fotosintetizzante per la Sulla (L.A.I. 4,0 e G.A.I. 6,0) notevolmente superiore a Sperlinga, ove l'altitudine (750 m), con le maggiori precipitazioni, ha favorito la produzione di un maggior numero di piante per mq, che tuttavia sono più basse, forse a causa della temperatura più rigida.

Il valore più elevato del G.A.I. (6,9) nell'agroecosistema della Piana di Catania è da riferire ad una maggiore presenza di infestanti in un campo ove la densità della specie per mq è inferiore.

Inoltre dal confronto fra le due stazioni della Piana di Catania si rileva che nel campo irrigato i valori del L.A.I. e del G.A.I. per la specie coltivata sono quasi il doppio, mentre considerando lo stesso campo irrigato nel suo insieme (con le infestanti) si rileva una produzione di superficie assimilante simile a quella del campo irrigato, ma posto a 750 m di altitudine. Da ciò è possibile dedurre che la Sulla, coltivata in montagna in condizioni favorevoli, sarebbe molto più economica, potendosi qui risparmiare la pratica dell'irrigazione.

Da quanto sopra si può affermare che l'irrigazione o l'altitudine hanno scarsa influenza sulla struttura del prato. Analizzando infatti il G.A.I. di tutto il campo, si rileva che il valore relativo al campo non irrigato della Piana di Catania (6,9) supera leggermente quello degli altri campi: 6,2 (a Sperlinga) e 6,1 (nel campo non irrigato della Piana di Catania). Del resto, sulla base di quanto affermato da RESTUCCIA (1975), neanche la densità di semina "comporta differenze apprezzabili nelle produzioni complessive (Sulla + specie spontanee)".

I campi di Carota, complessivamente sei, sono ubicati tutti nel territorio di Marina di Ragusa (Fig. 3 e Fig. 4 a).

Nell'anno 1979 sono stati presi in considerazione tre campi tutti con semina a spaglio; il più elevato valore di L.A.I. (3,1) è stato rilevato nel campo in cui il numero di piante per mq è inferiore (40). La maggiore altezza media raggiunta dalle piante (45 cm) ha favorito una più elevata produzione dell'apparato vegetativo, che ha conseguentemente determinato una maggiore superficie fogliare.

Nel 1980, nel campo con semina a righe, i valori del L.A.I. sono di gran lunga su-

periori (4,7). Ciò è da collegare col diverso tipo di semina, che consente una maggiore specializzazione della coltura (a causa della meccanizzazione delle pratiche colturali), e con l'elevatissimo numero di piante per metro quadro.

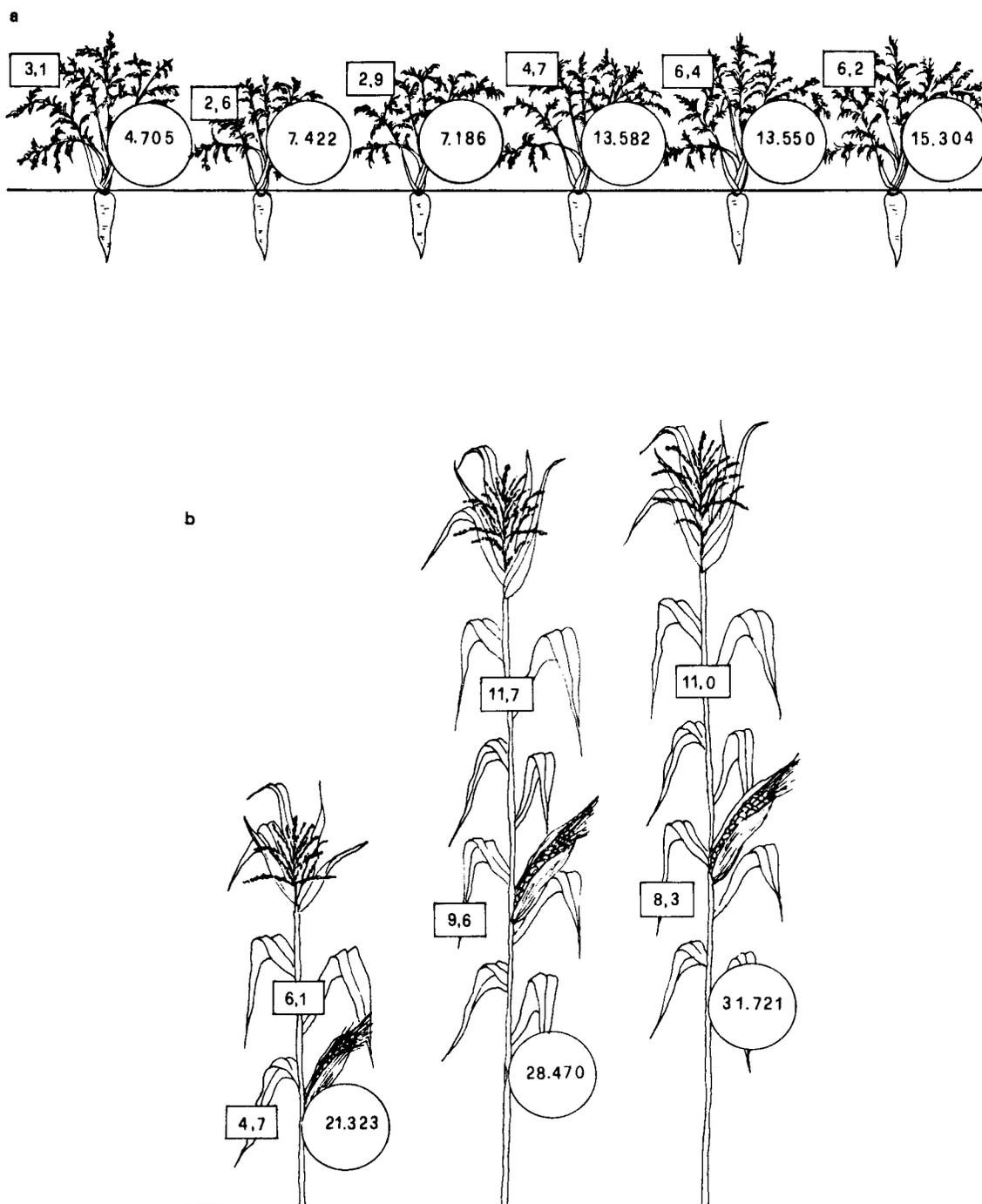


Fig. 4 - Rappresentazione schematica dei campi di Carota (a) e di Mais da granella e foraggio (b) del territorio di Marina di Ragusa. Vengono riportati i relativi valori del L.A.I. e del G.A.I. in mq/mq (rettangoli) e i valori della biomassa in Kg/ha (cerchi).

Nei campi indagati nel 1981, con semina a righe, si rilevano i massimi valori di L.A.I. (6,2 e 6,4); ciò è da mettere in relazione al numero di piante per mq, che è quello ottimale ai fini della produttività, come già evidenziato da LIPARI (1975), e al tipo di concimazione effettuata.

E' da rilevare che nei campi di Carota indagati - tranne in due (G.A.I. 5,1 e 6,8) i valori del L.A.I. dell'agroecosistema sono uguali ai rispettivi valori del L.A.I. della specie coltivata; ciò è causato dal diserbo chimico nella preparazione del terreno e dalla scerbatura durante il periodo colturale (Fig. 3).

Per quanto riguarda i campi di Mais da granella indagati nello stesso anno (1978), si rinvennero valori di L.A.I. e G.A.I. di gran lunga superiori (con valori circa il doppio) nel campo ove la densità di semina è di 11 piante per mq (e non 8), a causa del maggiore accrescimento e di una più adeguata concimazione del campo (Fig. 3 e Fig. 4 b).

I valori del L.A.I. e del G.A.I. nel campo di Mais da foraggio sono leggermente inferiori a quelli del campo di Mais da granella, con densità 11 piante per mq, nonostante il Mais da foraggio raggiunga altezze maggiori.

I risultati da noi ottenuti si avvicinano a quelli riportati in letteratura per altri territori, come già evidenziato in un precedente lavoro (DI BENEDETTO, LEONARDI, LUCIANI, MAUGERI, POLI, 1979).

Da quanto esposto si rileva che nelle colture non irrigue considerate i valori del L.A.I. e del G.A.I. delle specie coltivate variano da 1,7 a 4,0 e rispettivamente da 2,0 a 6,0; se riferiti al campo nel suo complesso (ecosistema) i corrispondenti valori del L.A.I. e del G.A.I. variano da 1,7 a 4,2 e rispettivamente da 2,4 a 6,9 (Tab. I, Fig. 3). Di gran lunga più elevati sono nel complesso i suddetti valori, com'è ovvio, nelle colture irrigue.

I valori del L.A.I. e del G.A.I. sono da correlare inoltre con lo sviluppo dell'apparato vegetativo; in particolare con l'altezza delle piante, per quanto riguarda le piante con fusto (ad es. il Mais), con il numero delle foglie per le piante acauli (ad es. la Carota), oltre che con i fattori ambientali a cui ciascuna coltura è sottoposta, così ad esempio i valori più alti di superficie assimilante si registrano per il Grano duro a Riesi, per la Fava a Sperlinga.

BIOMASSA

Ai fini di meglio definire la produttività delle colture indagate oltre che la superficie fotosintetizzante è stata determinata, nei diciotto campi considerati, la biomassa valutata in peso secco (Kg/ha).

I dati sono stati riuniti nella tabella I in cui i valori della biomassa, molto variabili per ogni coltura, vengono messi a confronto con i rispettivi valori del L.A.I. e del G.A.I.

Nella coltura di Fava la biomassa relativa al campo di Butera è 4.702 Kg/ha, mentre nello stesso anno nel campo di Sperlinga si ha un valore di gran lunga superiore (7.293 Kg/ha), essendo qui il numero di piante per mq più elevato. Molto basso è invece il valore della biomassa nel campo di Sperlinga, considerato nel 1981, riducendosi fino a meno di 1/3 (1.872 Kg/ha) del rispettivo valore ottenuto per la stessa località nel 1980 (Tab. I, Fig. 2 b).

Le variazioni della biomassa nei campi di Grano duro si possono correlare ai rispet-

tivi valori di L.A.I. e G.A.I. (Tab. I, Fig. 2 a), sia per quanto riguarda la pianta coltivata, sia per quanto riguarda il campo nel suo complesso. I più alti valori, rispettivamente 11.635 e 13.178 kg/ha sono stati riscontrati nel campo di Riesi, ubicato in collina. Mentre i più bassi valori (2.515 e 4.196 Kg/ha) si hanno nel 1977 nel campo di Pergusa.

Dal confronto fra questo campo e quello ubicato nella Piana di Catania considerato nello stesso anno (1977), si evidenzia una produzione di biomassa (9.440 e 9.475 Kg/ha) di gran lunga superiore in quest'ultimo. Ciò è da attribuire in parte alle più intense e razionali pratiche colturali effettuate nel campo della Piana di Catania, ove fra l'altro le infestanti non hanno ruolo significativo ai fini della produzione totale della biomassa, a differenza di quanto avviene negli altri due campi.

Per quanto riguarda i campi di Sulla la maggiore produzione di biomassa (8.020 e 8.752 Kg/ha) si rileva nel campo irrigato della Piana di Catania.

Confrontando i valori della biomassa nei campi non irrigati di Sperlinga e rispettivamente della Piana di Catania, si rileva che la biomassa raggiunge il valore più elevato (6.848 Kg/ha) nel campo di Sperlinga ubicato a 750 m; a tale valore di biomassa corrisponde un più alto valore di L.A.I. e G.A.I. (Fig. 2 c).

Di un certo significato, riteniamo, siano i valori della biomassa nei tre campi di Sulla considerati nel loro insieme, cioè comprese le infestanti, presentando essi una produzione di biomassa pressochè differenziata, a cui corrispondono lievi differenze nei valori del G.A.I. Ciò dimostra che, indipendentemente dalla irrigazione e dall'altitudine, i campi di Sulla pervengono a determinati valori di superficie assimilante (intorno a 6) e di biomassa (intorno a 7 - 8.000 Kg/ha), che si possono considerare probabilmente molto prossimi ai valori massimi possibili.

Le colture di Mais da granella, ubicate ambedue a Marina di Ragusa, presentano differenze nei valori della biomassa nei diversi anni e nello stesso anno (1978) in funzione degli interventi colturali fra cui particolare significato pare abbia la densità di piante per mq. Tralasciando quanto già evidenziato a questo riguardo in un nostro precedente lavoro (cfr. DI BENEDETTO, LEONARDI, LUCIANI, MAUGERI, POLI, 1979), al quale rinviamo per maggiori chiarimenti, ci limitiamo qui a rilevare (Tab. I, Fig. 4 b) che i valori più elevati di biomassa si hanno nel campo con densità di semina 11 (28.470 e 28.570 Kg/ha).

Per il campo di Mais da foraggio, con densità di semina 13, la biomassa raggiunge il valore di 31.721 Kg/ha, nonostante i valori di L.A.I. e G.A.I. siano inferiori rispetto a quelli ottenuti nel campo di Mais da granella con densità 11.

Nelle colture di Carota è possibile riunire i campi in due diversi gruppi sia per quanto riguarda la produzione di biomassa, sia per quanto riguarda il L.A.I., tenendo conto essenzialmente del tipo di semina. Precisamente i valori della biomassa oscillano tra 4.705 e 7.422 Kg/ha nei campi con semina a spaglio, ove i valori del L.A.I. variano tra 2,6 e 3,1; mentre nei campi con semina a righe sia la biomassa sia il L.A.I. presentano valori di gran lunga superiori (Tab. I) con un massimo di biomassa di 15.304 Kg/ha, per quanto riguarda la specie coltivata, nel campo con densità 100, e di 17.031 Kg/ha per quanto riguarda tutto il campo (1980) nella stazione ove è abbondante la presenza delle infestanti.

RELAZIONE FRA PESO SECCO E SUPERFICIE FOTOSINTETIZZANTE

Ai fini dello studio condotto riteniamo significativo mettere in relazione i valori del peso secco con i relativi valori della superficie fotosintetizzante.

Di solito il rapporto peso secco/superficie verde raggiunge i valori più bassi all'inizio del periodo vegetativo, quando cioè la pianta tende a sviluppare la superficie fotosintetizzante, presentando in questo stadio il maggiore contenuto in acqua. Man mano che la pianta passa verso stadi più maturi essa tende sempre più ad incrementare la produzione di sostanza secca, per cui il valore di tale rapporto aumenta fino a raggiungere il massimo prima della maturazione dei frutti.

Questo rapporto consente pertanto di evidenziare il diverso grado di "igromorfismo" o "xeromorfismo" (come inteso dalla GEYGER, 1964) degli organi fotosintetizzanti, considerati singolarmente, e della pianta nel suo insieme.

In particolare, per quanto riguarda le foglie, tale rapporto è stato anche definito "densità fogliare specifica" (MASSANTINI, CAPORALI, 1975) e può essere considerato un parametro indicativo per esprimere il grado di efficienza produttiva della coltura.

Esprimendo in milligrammi il peso secco ed in centimetri quadrati la superficie fotosintetizzante si ottengono i valori presentati nella tabella II ed espressi nella figura 5.

Considerato che i nostri campionamenti sono stati effettuati prima della maturazione dei frutti (periodo in cui il rapporto peso secco/superficie fotosintetizzante ha il massimo valore), si rileva che i valori, per quanto riguarda le foglie nei campi di Fava variano da 2,1 a 4,7, nei campi di Grano da 4,8 a 6,6, di Sulla da 7,8 a 10,1, di Mais da granella da 12,2 a 14,9, limitandosi a 5,5 nel campo di Mais da foraggio; nei campi di Carota i valori oscillano tra 5,0 e 8,2. Per quanto riguarda i fusti il rapporto considerato presenta valori generalmente più elevati che variano per la Fava da 14,4 a 28,7, per il Grano da 10,6 a 24,0, per la Sulla da 13,0 a 24,0 e per il Mais da granella da 58,1 a 73,1, valori questi ultimi molto elevati a causa delle notevoli dimensioni raggiunte dai fusti del Mais.

Considerata la pianta nell'insieme delle sue parti verdi, il rapporto peso secco/superficie fotosintetizzante presenta valori intermedi tra quelli relativi alle foglie e al fusto, sopra indicati; nella Carota tali dati coincidono, com'è ovvio, con quelli delle foglie.

Le differenze riscontrate nei confronti dei diversi organi delle piante sono da collegare alla specifica funzione dei medesimi. In particolare nelle foglie i valori si mantengono piuttosto bassi, come avviene in quasi tutti gli stadi dello sviluppo della pianta. Pertanto le foglie manifestano un grado di "igromorfismo" che è molto più elevato rispetto a quello del fusto, ove, specialmente negli stadi più maturi della pianta, il rapporto peso secco/superficie verde raggiunge valori elevati, in dipendenza anche della sua funzione di riserva.

I più alti valori di tale rapporto sono stati rilevati nelle colture di Mais, essendo qui relativamente elevata la quantità di biomassa e quindi la produzione agricola; nelle colture non irrigue, sia pure con variazioni da specie a specie e da campo a campo, i valori sono inferiori, come del resto nella Carota, che pur essendo una coltura irrigua viene qui considerata limitatamente alle foglie, uniche porzioni assimilanti.

Tabella 2

| Specie coltivata | Località | Anno | Tipo di semina: | Numero piante per mq | Altezza media piante (cm) | Rapporto (mg/cm ²) peso secco/superficie verde | | | | |
|-------------------------|-------------------------|--|-------------------------|----------------------|---------------------------|--|-------|-----------------|------|---------------------|
| | | | | | | Foglie | Fusto | Pianta completa | | |
| Colture non irrigue | Vicia faba | Butera (318 m) | 1980 | gruppi | 30 | 80 | 4,7 | 25,0 | 12,5 | Colture non irrigue |
| | | Sperlinga (750 m) | 1981 | gruppi | 25 | 53 | 2,1 | 14,4 | 8,4 | |
| | | Sperlinga (650 m) | 1980 | gruppi | 48 | 81 | 4,6 | 28,7 | 15,3 | |
| | Triticum durum | Piana di Catania (80 m) | 1977 | righe | 348 | 50 | 6,6 | 24,0 | 18,6 | |
| | | Riesi (369 m) | 1978 | righe | 342 | 90 | 4,8 | 22,5 | 14,4 | |
| | | Pergusa (650 m) | 1977 | spaglio | 237 | 76 | 5,2 | 10,6 | 9,4 | |
| | Hedysarum coronarium | Piana di Catania (25 m) | 1981 | spaglio | 124 | 55 | 7,8 | 17,9 | 12,5 | |
| | | Sperlinga (750 m) | 1981 | spaglio | 156 | 48 | 7,8 | 13,0 | 11,3 | |
| | Colture irrigue | Zea mays da granella da foraggio | Piana di Catania (25 m) | 1981 | spaglio | 158 | 44 | 10,1 | 24,0 | |
| Marina di Ragusa (45 m) | | | 1978 | righe | 8 | 123 | 14,9 | 73,1 | 35,1 | |
| Marina di Ragusa (45 m) | | | 1978 | righe | 11 | 215 | 12,2 | 58,1 | 24,3 | |
| Marina di Ragusa (45 m) | | 1981 | righe | 13 | 233 | 5,5 | 64,2 | 28,8 | | |
| Daucus carota | | Marina di Ragusa (50 m) | 1979 | spaglio | 40 | 45 | 5,6 | - | 5,6 | |
| | | Marina di Ragusa (45 m) | 1979 | spaglio | 82 | 32 | 5,3 | - | 5,3 | |
| | | Marina di Ragusa (45 m) | 1979 | spaglio | 60 | 35 | 5,0 | - | 5,0 | |
| | Marina di Ragusa (50 m) | 1980 | righe | 216 | 40 | 8,2 | - | 8,2 | | |
| Marina di Ragusa (50 m) | 1981 | righe | 112 | 45 | 5,6 | - | 5,6 | | | |
| Marina di Ragusa (45 m) | 1981 | righe | 100 | 45 | 6,6 | - | 6,6 | | | |

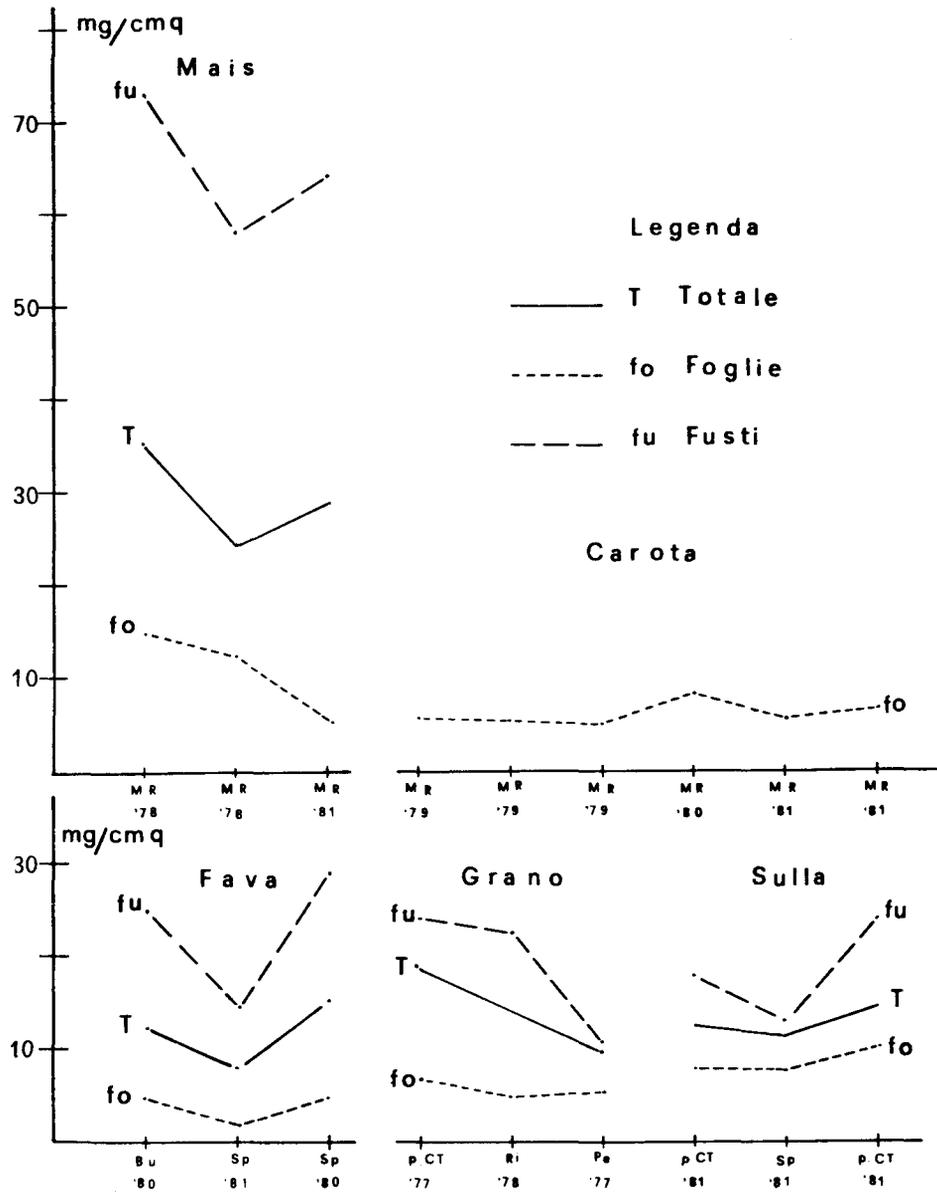


Fig. 5 - Valori del rapporto peso secco/superficie verde (mg/cm²) in relazione alle porzioni verdi (foglie, fusto) e alla pianta nel suo insieme.

Con Bu, Sp, Ri, Pe, p.CT e MR vengono indicati i campi ubicati rispettivamente nei territori di Butera, Sperlinga, Riesi, Pergusa, Piana di Catania e Marina di Ragusa.

Per ogni campo vengono riportati inoltre: l'altitudine (m s.l.m.) e l'anno in cui sono state effettuate le osservazioni.

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Dai dati sopra esposti, relativi ai valori di L.A.I., G.A.I. e biomassa, è stato possibile evidenziare delle differenze nella produttività fra alcune colture siciliane e, per la stessa coltura, fra campi sottoposti a condizioni ambientali differenti.

In generale si può osservare che, indipendentemente dai caratteri specifici propri della specie coltivata e dalle condizioni in cui si viene a trovare il singolo campo, nelle colture non irrigue i valori della superficie fotosintetizzante (L.A.I. e G.A.I.) e i valori della biomassa si mantengono per lo più a livelli inferiori rispetto ai corrispondenti valori riscontrati nei campi irrigati.

Per quanto riguarda inoltre i valori relativi al rapporto peso secco/superficie fogliare, indicato come "densità fogliare specifica", si può rilevare che tali valori nelle colture non irrigue si mantengono più bassi rispetto a quelli delle colture irrigue. Ciò sta a dimostrare una maggiore produzione in sostanza secca nelle foglie delle piante coltivate in campi irrigui, le quali sviluppano pure, com'è ovvio, per unità di superficie del suolo una maggiore superficie assimilante.

I valori più elevati di produttività, nelle colture irrigue, raggiungono il loro massimo nei campi di Mais, ove il L.A.I. è 8,3 e 9,6, il G.A.I. 11,0 e 11,7, la biomassa 28.470 e 31.721 Kg/ha.

Considerando le singole colture si rileva che il L.A.I. e il G.A.I. raggiungono i valori massimi per la Fava a Sperlinga, nel campo rilevato nel 1980, per il Grano a Riesi, per la Sulla a Sperlinga e nel campo irrigato della Piana di Catania, per il Mais da granella nel campo con densità 11 e per la Carota nei campi con semina a righe, rilevati nel 1981. A questi valori corrispondono per le stesse colture i più alti valori di biomassa.

Prendendo poi in esame per ciascuno dei campi considerati la produzione agricola e mettendola in rapporto coi valori di L.A.I., G.A.I. e biomassa si rileva che ai più bassi valori di L.A.I., G.A.I. e biomassa corrispondono i più bassi valori di produzione agricola e viceversa ai massimi valori di L.A.I., G.A.I. e biomassa corrispondono i più alti valori di produzione agricola, potendosi così evidenziare il ruolo dei parametri considerati ai fini della valutazione per fini produttivi dei singoli campi.

In particolare, considerando che i valori di produzione agricola variano da 9,1 a 29,2 q/ha per la Fava, da 7,8 a 22,4 q/ha per il Grano, da 221,7 a 438,6 q/ha per la Sulla, da 75,3 a 100,1 q/ha per il Mais da granella e da 275,5 a 761,2 q/ha per la Carota, si rileva che i più alti di tali valori, per ogni coltura, che corrispondono come già evidenziato ai più alti valori dei parametri di produttività considerati, sono superiori ai valori di produzione agricola noti per le zone ove ciascun campo è ubicato.

Da ciò si evidenzia che i campi che hanno maggiore produttività e allo stesso tempo maggiore produzione agricola si trovano, relativamente alle singole colture, nelle migliori condizioni ambientali, sia per quanto riguarda i fattori naturali dell'ambiente, sia per quanto riguarda i fattori dipendenti dagli interventi colturali, che sono quelli tradizionalmente praticati nelle singole zone, rispondenti quindi a concrete situazioni locali.

I risultati conseguiti, basati su dati che, per quanto numerosi, non si possono ritenere completi, trattandosi di un territorio tanto vasto quale quello della Sicilia, ove le colture erbacee, che occupano il 58% della superficie, si estendono dal livello del mare fino ad oltre 1.000 m e ove molteplici sono le condizioni edafo-climatiche e colturali, hanno consentito tuttavia di evidenziare alcuni dei principali rapporti tra piante e ambiente, rapporti che si sono manifestati fra i più significativi per una valutazione delle singole colture per fini produttivi.

Le correlazioni individuate riteniamo, pertanto, potranno fornire indicazioni utili in campo applicativo, sia per quanto riguarda gli aspetti agronomici specifici, sia per quanto riguarda gli aspetti connessi col vasto problema dell'uso razionale del territorio.

BIBLIOGRAFIA

- ANNUARIO STATISTICO ITALIANO (1958). Istituto Centrale di Statistica, Roma.
- ANNUARIO DI STATISTICA AGRARIA (1980). Istituto Centrale di Statistica. Roma, 27, 1981.
- ATLANTE DI IDROLOGIA AGRARIA PER LA SICILIA (1971). Istituto di Idraulica, Università di Palermo.
- BALLATORE G. P. (1961). Il problema delle cultivars di Frumento in Sicilia. *Sementi elette*, anno 7, 6: 10-28.
- BALLATORE G. P. (1962). Il problema delle cultivars di Frumento in Sicilia. *Sementi elette*, 1: 32-45.
- BALLATORE G. P. (1971). Prova triennale di confronto di cultivar di frumenti teneri e duri in Sicilia. *Ann. Speriment. Agr.*, 1956, 10, 5: 1971-2005.
- BALLATORE G. P., FIEROTTI G. (1968). Carta dei suoli della Sicilia (Scala 1: 250.000) con nota illustrativa. *Comitato per la carta dei suoli d'Italia, Industria Grafica Nazionale, Palermo*.
- BONVICINI M. (1956). Contributo allo studio dei grani duri. *Sementi elette*, anno 2, 7: 16-26.
- CARTE BIOCLIMATIQUE DE LA ZONE MEDITERRANEENNE (1963). *Notice explicative. UNESCO-FAO, Parigi-Roma*.
- CASSANITI S. (1969). Un biennio di ricerche sperimentali su alcuni mais ibridi italiani coltivati in Sicilia. *Tecnica Agricola*, 5: 3-16.
- CASSANITI S. (1975). Influenza dell'investimento unitario e della concimazione azotata sulle rese del Mais da granella in coltura irrigua. *Riv. di Agron.*, 9, 2-3: 125-129.
- DAVIDSON J. L., DONALD C. M. (1958). The growth of swards of subterranean clover with particular reference to leaf area. *Austr. Journal of Agric. Research*, 2: 53-73.
- DAVIS R. G., ROBERSON G. M., JOHNSON W. C., WIESE A. F. (1966). A modified optical planimeter for measuring leaf area. *Agron. Journal*, 58: 106-107.
- DI BENEDETTO L., LEONARDI S., LUCIANI F., MAUGERI G., POLI E. (1979). Variazioni del L.A.I., del G.A.I. e della Biomassa in colture di Mais della Sicilia meridionale. *Boll. Acc. Gioenia Sc. Nat. Catania*, se. 4, 13, 7-8: 345-361.
- DI BENEDETTO L., LEONARDI S., LUCIANI F., MAUGERI G., POLI E. (1979). Valori del L.A.I. e del G.A.I. in colture di Grano duro della Sicilia. *Boll. Acc. Gioenia Sc. Nat. Catania*, se. 4, 13, 9: 63-74.
- DIETRICH M. (1925). Die Transpiration der Schatten- und Sonnenpflanzen in ihren Beziehungen zum Standort. *Jb. Wiss. Bot.*, 65: 98-194.
- DI PRIMA G., LO CASCIO B., SARNO R. (1975). Rapporti tra densità d'investimento, superficie fogliare e produzione in erbaio di Mais e *Vigna sinensis*. *Riv. di Agron.*, 9, 2-3: 111-116.
- ELLENBERG H. (1939). Über Zusammensetzung, Standort u. Stoffproduktion bodenfeuchter Eichen- und Buchen-Mischwaldgesellschaften Nordwestdeutschlands. *Mitteilungen d. floristisch-soziolog. Arbeitsgem. in Niedersachsen. Heft 5*.
- FOTI S. (1963). Ricerche sul comportamento biologico e produttivo di alcuni mais ibridi da granella in un comprensorio irriguo meridionale. *Sementi elette*, 9, 5-6: 1-21.
- FOTI S. (1979). Prospettive delle leguminose da granella in Italia. *Riv. di Agron.*, 13, 1: 5-23.

- FOTI S., LIPARI V., GALOPPINI C., RUSSO C. (1969). Ritmo di accrescimento, caratteristiche morfologiche e composizione della radice in differenti varietà di Carota (*Daucus carota* L.) coltivate in ciclo autunno-vernino-primaverile. *Riv. Ortoflorifrutticoltura Ital.*, 93 anno, 53, 4: 342-355.
- FREAR D. E. H. (1935). Photoelectric apparatus for measuring leaf areas. *Plant Physiology*, 10: 569-574.
- GEYGER E. (1964). Methodische Untersuchungen zur Erfassung der assimilierenden Gesamtoberflächen von Wiesen. *Ber. Geobot. Inst. Eth. Stif. Rübel, Zürich*, 35: 41-111.
- GEYGER E. (1971). Green area indices of grassland communities and agricultural crops under different fertilizing conditions. *Ecological Studies, 2. Integrated Experimental Ecology*, Ed. Ellenberg: 68-71. Springer Berlin, Heidelberg, New York.
- GIOVANNINI E., ACCORDI B., LUGO P. e Coll. (1960). I terreni della Piana di Catania. *Tecnica Agricola, Catania*, 12, 3: 209-350.
- GIOVANNINI E., LUGO P., FICHERA P. e Coll. (1961). I terreni della Piana di Catania, II. *Tecnica Agricola, Catania*, 13, 4: 279-364.
- HIGGINS J. J., HAUN J. R., KOCH E. J. (1964). Leaf development: index of plant response to environmental factors. *Agron. Journal*, 56: 489-492.
- INDELICATO S. (1968). Sulle caratteristiche delle precipitazioni annue ed estive in Sicilia. Contributo all'analisi dei dati pluviometrici. *Tecnica e Ricostruzione, Catania*, 4: 1-13.
- JANNACCONE A. (1958). I frumenti duri nel mezzogiorno d'Italia. *Italia Agricola*, 4: 1-12.
- JENKINS H. V. (1959). An airflow planimeter for measuring the area detached leaves. *Plant Physiology*, 34: 532-535.
- KASANGA H., MONSI M. (1954). On the light transmission of leaves and its incaning for the production of matter in plant communities. *Jap. J. Bot.*, 14: 304-324.
- KRANZ A. (1964). Ein Beitrag zur Methodik der photoelektrischen Blattflächenbestimmung. *Z. Angew. Bot.*, 37: 335.
- KREH R. (1966). Untersuchung über den Aufbau und die Stoffproduktion von Sonnenblumen- und Maisbeständen sowie über die im Innern herrschenden Lichtverhältnisse. *Dissertation, Institut für Botanik der Landwirtschaftlichen Hochschule, Stuttgart-Hohenheim*.
- LAL K. N., SUBBA RAO M. S. (1951). A rapid method of leaf area determination. *Nature*, 167: 72.
- LANZA F., BRANDOLINI A., NOZZOLINI V. (1960). Densità d'investimento nelle coltivazioni di Mais. (Nota preliminare - Correlazioni tra numero di spighe/mq, peso granellare di spighe e resa/ha nelle parcelle di controllo resa per tipi e per concimazione). *Maydica*, 5: 115-127.
- LANZA F. (1962). Densità d'investimento nelle coltivazioni di Mais. (Nota prima - L'influenza di densità basse ed elevate sulla resa unitaria in tipi ibridi di differente classe di maturità). *Maydica*, 7, 3: 88-96.
- LANZA F., ELITROPI C., NOZZOLINI V. (1963). Densità d'investimento nelle coltivazioni di Mais. (Nota seconda). *Maydica*, 8, 3: 73-89.
- LIETH H. (1962). Die Stoffproduktion der Pflandendecke. *Votr. u. Diskussionsergebnisse des Internat. Oköl. Symposiums in Stuttgart-Hohenheim*. G. Fischer Verlag, Stuttgart.
- LIPARI V. (1969). Varietà e modalità di semina nella coltivazione della Carota (*Daucus carota* L.) in ciclo autunno-vernino-primaverile. *Tecnica Agricola, Catania*, 5, 21: 3-16.
- LIPARI V. (1975). Rese, ritmo di accrescimento e caratteristiche morfologiche della radice nella Carota (*Daucus carota* L.) in ciclo autunno-vernino-primaverile, in rapporto all'investimento unitario ed alla concimazione. *Riv. di Agron.*, 9, 2-3: 240-245.
- MASSANTINI F., CAPORALI F. (1975). Relazione tra produzione, superficie fogliare e radiazione luminosa nella coltura del Mais. *Riv. di Agron.*, 9, 2-3: 104-110.
- MAUGERI G. (1971). La vegetazione infestante i prati di Sulla della Piana di Catania ed influenze sul corteggio formistico dei turni d'irrigazione e dei livelli di acqua ad ettaro. *Giorn. Bot. It.*, 105, 4: 189-191.
- MAUGERI G. (1975). Una nuova associazione dell'*Echio-Galactition* nei prati di Sulla della Piana

- di Catania. *Arch. Bot. e Biogeogr. It.*, 51, se. 5, 20, 3: 83-113.
- MAXIMOV N. A. (1929). The Plant in Relation to Water. A Study of the physiological basis of drought resistance. London, 451.
- MILLER E. E. , SHABOLD C. A., HOLM E. (1956). Use of optical planimeter for measuring leaf area. *Plant Physiology*, 31: 484-486.
- MONSI M. (1968). Mathematical models of plant communities. *Functiony of terrestrial ecosystems of primary production level*. 131-149.
- POLI E. (1978). Indice fogliare e relativa problematica. *Inf. Bot. It.*, 10, 1: 181-187.
- RESTUCCIA G. (1968). Ricerche sperimentali sull'impianto del prato di Sulla (*Hedysarum coronarium* L.). *Riv. di Agron.*, 2, 2: 123-126.
- RESTUCCIA G. (1975). La densità di semina nella tecnica colturale del prato di Sulla. *Riv. di Agron.*, 9, 2-3: 339-341.
- SARNO R. (1974). Grano duro, un'apprezzabile fonte di reddito. *Inform. Agrario*, 7: 17044-17058.
- THOMPSON F. B., LEYTON L. (1971). Method for measuring the leaf surface area of complex shoots. *Nature*, 229: 572-574.
- SCHEIBE A. (1927). Morphologische-physiologische Untersuchungen über die Transpirations-verhältnisse bei der Gattung *Triticum* und deren Auswertung für Pflanzenzuchtung und Kulturpflanzenökologie. *Angew. Bot.*, 9: 199-281.
- TOMASELLI R. (1977). Gli aspetti fondamentali della vegetazione del mondo (Ecologia e corologia). 1. *Tipologia ecologico-strutturale della vegetazione*, 48, 46, Roma.
- VARESCHI V. (1951). Zur Frage der Oberflächenentwicklung von Pflanzengesellschaften der Alpen and Subtropen. *Planta*, 40: 1-35.
- WATSON D. J. (1947). Comparative physiological studies on the growth of field crops. 1. Variation in net assimilation rate and leaf area between species and varieties, and within and between years. *Annals of Botany*, 11, n.s.: 41-76.
- WILLIAMS R. F. (1954). Estimation of leaf area for agronomic and plant physiological studies. *Australian Journal of Agricultural Research*, 5: 235-246.

Relations of the climate to the latitudinal situation and altitudinal zonation

D. VOLIOTIS[★]

SUMMARY - The effects of the rise and fall of the daily and annual temperature range, the fall of atmospheric pressure with the altitude, and the exposition on the plant covering are investigated, as well as the composition and the shift of the forest edges in connection with the temperature and precipitation.

In order to prove the relation climate-cultivations, the map of xerothermic index of Greece as it was taken out of the meteorological data of forty meteorological stations and the corresponding map of olive cultivation at the Greek area are compared. Phenological differentiations of life-cycle of plants as period of flowering, as well the increase of endemism with the altitude is mentioned. The vertical and extensive distribution of vegetation as it is biologically expressed with the biospectra is commented.

Finally, according to the plantgeographic structure of Greece on the basis of vegetation zones and the climate, the proposed by the author classification is summarized as follows:

CENTRAL EUROPEAN MOUNTAIN TYPE
South Central Balkanic subtype
GREEK PARAMEDITERRANEAN MOUNTAIN TYPE
Aegean paramediterranean subtype in the North-East
Ionic paramediterranean subtype in the West
Hellenic paramediterranean subtype in the Middle
GREEK MEDITERRANEAN MOUNTAIN TYPE.

KEY-WORDS : Greece, Zonation of vegetation, climate, altitude, olive cultivation.

GENERALITIES

Between soil, climate and vegetation there exists an interdependence and a cause-and-effect relation in which whenever a factor in the climate-soil-vegetation trinomial changes there occurs a disturbance of the existing balance which sometimes becomes evident also in the rest of the factors.

A safe criterion for climate is wild vegetation. More over, the determination of certain temperatures critical to vegetation has been pursued. Such a temperature is that of 18° C, since all herbaceous and ligneous plants bear fruit at temperatures higher than 18° C, on condition, however, that the necessary moisture is present. Another important temperature is that of 10° C, since the existence of a forest is not possible unless one month, at least, has a temperature higher than that of 10° C. Thus the temperatures of 10° C and 18° C are prohibitive for part of the plant world and can constitute the basis for a climate classification. But plants too have been classified, on the basis of the average annual temperature, as Megistotherms, Megatherms, Mesotherms, Microtherms and Hekistotherms. This classification was introduced by de CANDOLLE (1974) and retained by KÖPPEN (1923) in the classic, ever since, method of climate classification, based on temperature and precipitation, both being closely related with plant development. KÖPPEN's classification remains valid up to the present, while more recent classifications have only slightly modified it.

[★]Aristoteles University - THESSALONIKI (Greece).

The climatic factors (temperature, light, air, water and especially precipitation) undoubtedly exercise a decisive influence on vegetation, determining the form of the plant covering of large or small areas of earth. These factors, however, may be locally affected more or less by edaphic, topographical and other similar ones, an event which implies the development of a different form of vegetation in relation to that of a neighbouring region. Thus the region near the top of a mountain bulk shows more balanced temperature conditions while, on the contrary, valleys are characterized by very extreme ones. The areas on the mountain slopes obviously occupy a middle position. In the valleys temperature minima are lower and maxima higher, which means that temperature fluctuations are higher in the valley than those at the top of the mountain. And while, during the night, cold air descending over the slopes, as it is heavier, creates the valley breezes, during the day heated air ascends the slopes. The microclimatic variations thus created, affect natural vegetation as well as cultivations. In fact, inside secluded valleys because of the accumulation of cold air masses during the night and hence the formation of frost, even in the middle of summer, the growth of woody vegetation becomes difficult if not impossible ; while, on the contrary, the formation of ligneous vegetation, even of a forest, is favoured in locations (regions) situated higher up on valley slopes under more balanced temperature conditions.

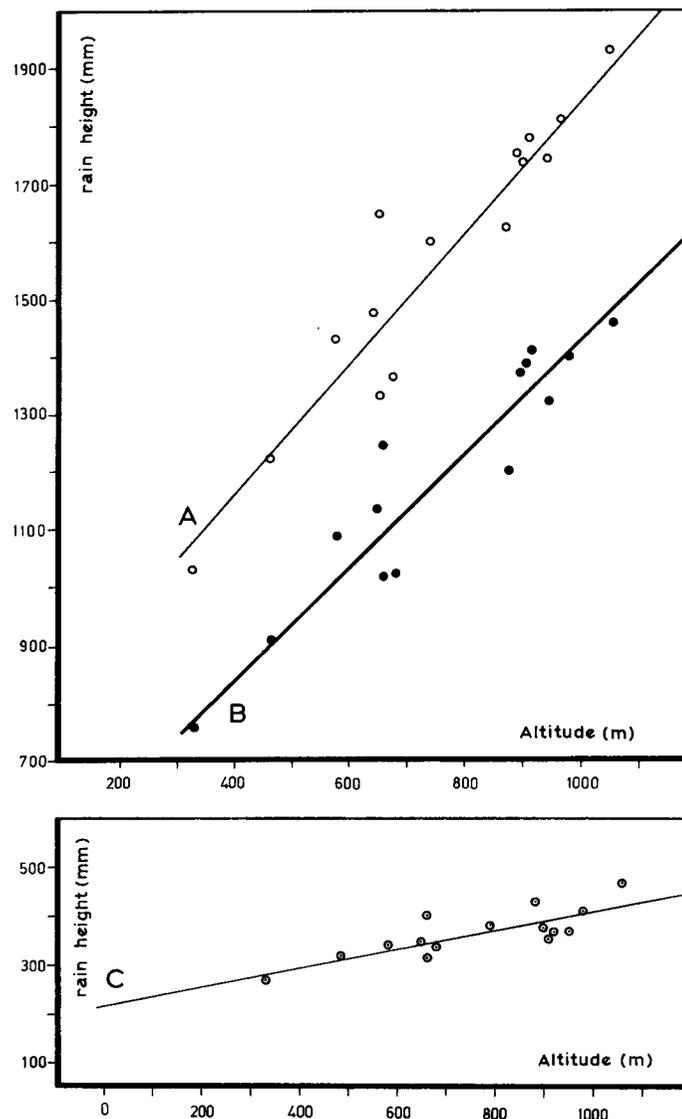


Fig. 1 - Altitudinal variation of rainfall during the year (A), the cold (B) and the warm (C) period in a mountain system in Central Greece. (by KARAPIPERIS)

The annual temperature range decreases likewise along with altitude. Suggestive of this fact are the following values : 19°4 C at 460 m, 17°1 at 880 m, 14°5 C at 1,800 m, 13°8 C at 2,500 m and mere 2° C at 7,700 m. Which means that on high mountains beyond a certain altitude the discrimination between seasons is not possible at all.

The fall of atmospheric pressure along with the altitude above sea-level is already known. In hypsometric variations of 1 km, the corresponding values of pressure expressed in mm of Hg are as follows : at 0 m 760 mm at 1,000 m 674 mm, at 2,000 m 595 mm, at 3,000 m 520 mm, at 4,000 m 468 mm a.s.o. the rarefaction of air on mountains affects the rest of the climatic factors and, in a substantial degree, solar radiation, and consequently the temperature and relative moisture of the air. The intensity of solar radiation increases slightly along with altitude, while its enrichment in ultraviolet and ultrared rays also increases simultaneously. Moreover, the alpine belt is characterized by a time of exposure to sunlight longer than that of the plains while at the same time the surface soil is intensely heated (VOLLIOTIS 1976b).

Exposition also plays an important part on the mountains ; and the temperature and vegetation differences between slopes exposed to sunlight and those which are not is often significant. In S. Europe the warmest expositions are oriented towards the South and South - East and the coldest towards the North and North-East. This means a difference of extreme values in the range of 3° - 4° for the same altitude.

The composition and growth of wooded areas is usually completely different between slopes of differing orientation. An examination of vegetation on mountains of increased Mediterranean features initially reveals an ever increasing influence of the exposition on the zonation of the vegetation. On the Mediterranean mountains the vertical extent of the zones varies a great deal according to the orientation of the mountain slopes. It is accepted that on many mountain ranges, zones with a somewhat northern expansion-center are restricted to the most advantageous sides of the mountains, as is the case with beech-forest, which on some mountains, e.g. Thessalian Olympos Ossa et al, occupy the northerly slopes (VOLLIOTIS 1976a, 1977).

Because on the various mountain masses the last arboreal vegetation consists of ligneous species, they therefore have different ecological demands, the most significant of which is the part played by reduced temperature. It has been established that flora-elements, which appear on the lower plains of northern countries, are found at a high altitude in Southern territories. Thus arctic flora-elements are found in the Alpine zone of the Central European mountain ranges and similarly sub-mediterranean elements are found in the mountain belts of the Mediterranean region. This ascent of the various species from North to South, as is vividly observed by MEUSEL (1943) for *Fagus sylvatica*, *Acer pseudoplatanus* and *Abies alba*, is ecologically understandable as it follows the fall in temperature according to altitude. The temperature affects the plant-world of high mountain regions and the structure of ligneous vegetation and, especially the forest edge and arboreal vegetation mainly in connection with precipitations and wind. More particularly, unfavourable heat conditions during the summer, which reduce the period of vegetation growth and the cold winter with the freezing of plants by frost, restrict the higher forest edges. The lower and higher forest edges and tree-edges in Greece are influenced by the average minimum and maximum temperature during January and July. The temperature in January affects the upper edge of the specifically Mediterranean species ; July temperatures influence the highest edge of Central European species. As a result of this, the edge of the arboreal vegetation is found on the warm sun - exposed southern mountain slopes 100 - 200 m. higher than the Northern edges. The fluctuations of temperature on the higher forest edges are usually great ; this shows that the degree of resistance of species to cold and heat is wide.

But the size of the precipitations can cause a shift upwards or downwards of the forest brow. The extent of the waterlevel has a positive influence on the tree edges of Central European forest-species and negatively on xerophile Mediterranean species (ZERLENTIS 1952). The change in amount of rainfall according to altitude is of great importance, both from a theoretical point of view and from the point of view of practical applications. Many factors are involved

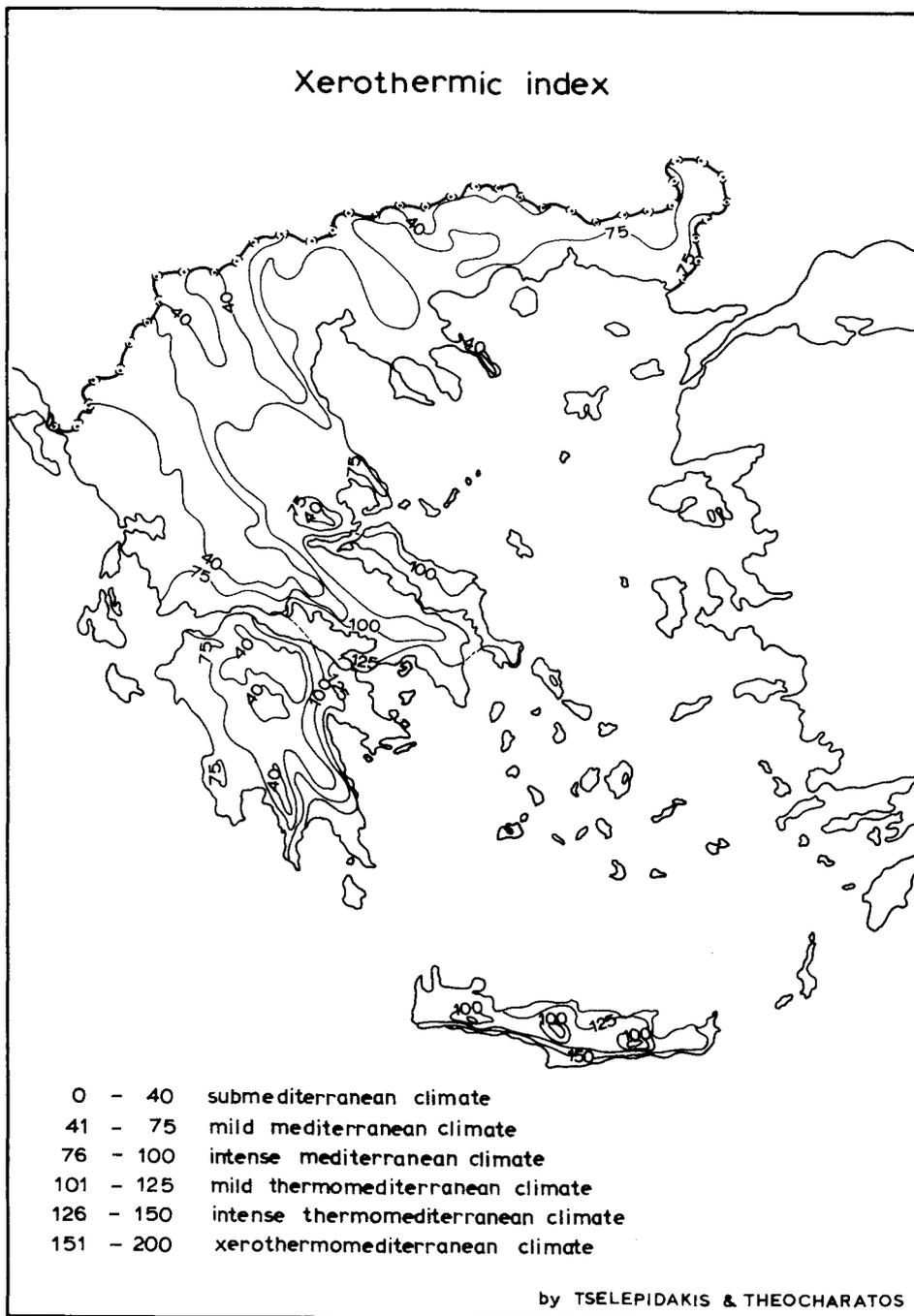


Fig. 2

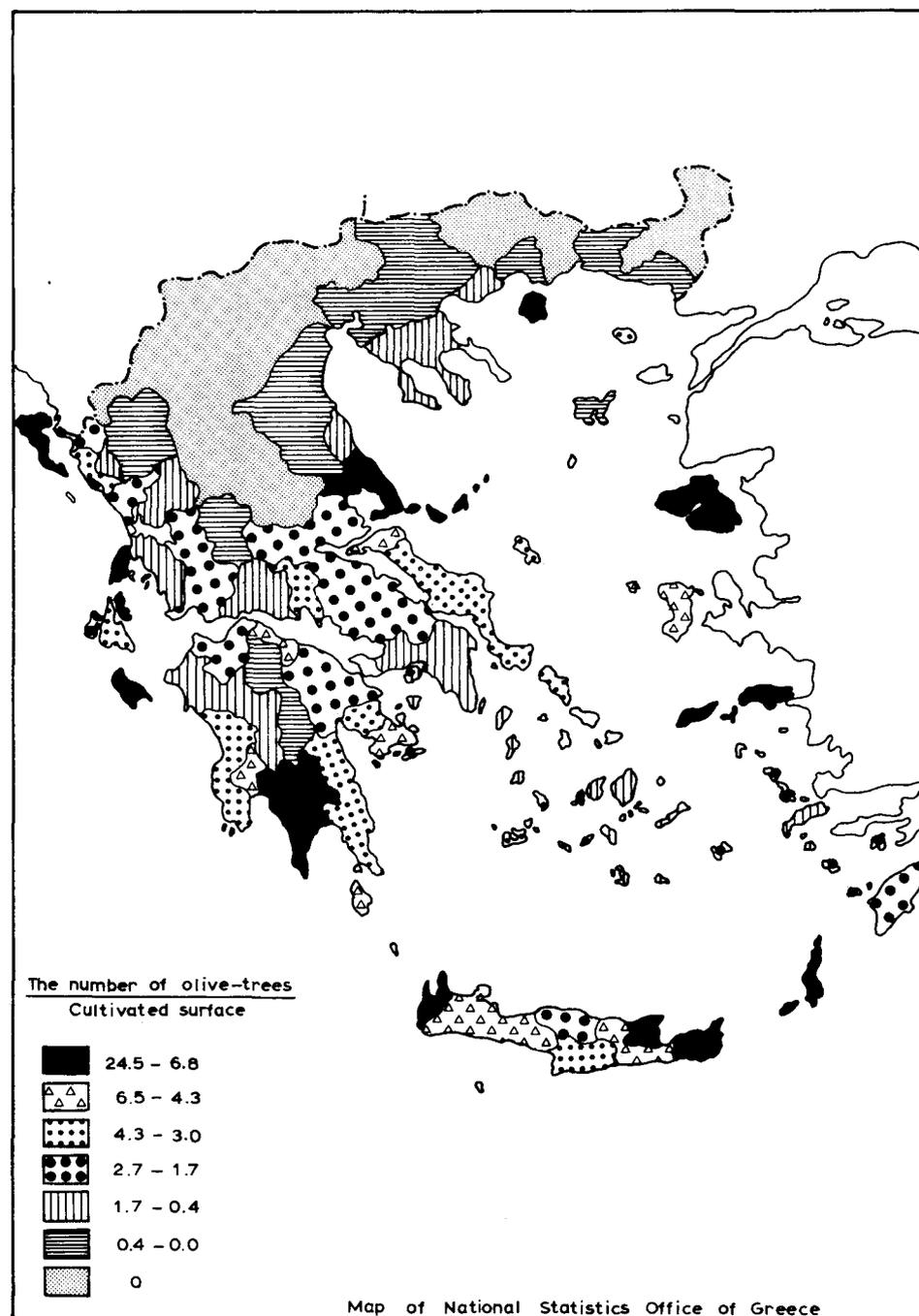


Fig. 3

in this change, viz. topographical formation, the slope of the land, the exposition of the area in relation to the prevailing winds and atmospheric disturbances in the area vegetation et. al. To clarify this, we provide, in the form of co-ordinates (Fig. 1) the change rainfall according to altitude both on an annual basis (A) as well as on the basis of cold (B) and warm (C) periods from a group of meteorological stations on a mountain system in central Greece (KARAPIPERIS 1974).

In order to conduct ecological surveys and to improve agricultural cultivation, over and above the combination of rainfall/temperature, it is necessary to bear other factors in mind, especially those which depend on the prevalent atmospheric humidity and this is so because it is possible that the monthly rainfall may be great without benefiting vegetation, if it is the result of downpours.

Thus GAUSSEN, (1952, 1953) taking into account except for rain and temperature the relative humidity and the number of days rainfall, dew, and mist, proposed the xerothermic index whose values determine the average annual number of biologically dry days and fluctuate from 0 (Sub-Mediterranean climate) to 350 (purely desert climate) covering the whole of the paramediterranean zone.

TSELEPIDAKIS and THEOCHARATOS (1978) applying the xerothermic index on the basis of the meteorological data of the period (1950-1975) forty M.S. throughout Greece, having taken into account the influence of the sea and altitude on the values of the index, drew up the various zones of the xerothermic index on the map of Greece (Fig. 2).

Subsequently, comparing the classification on the basis of the GAUSSEN index and the existing olive cultivation in Greece as revealed on a map of the National Statistical Office (Fig. 3), which represents by region the number of olive trees per unit of cultivated area, they concluded that the existing production of olives in specific areas coincides at many points with the zone determined by GAUSSEN within which olive-trees flourish. We must take into account that olive-groves should be absent from those areas where the xerothermic index registers values below 40 - where, be it noted, the growth of forest is favoured - while their appearance should be considerably reduced in the areas where the index values exceed 125.

The interdependence of climate and vegetation is shown amongst other things, in the phenological observations of the life-cycle of plants. In evidence of this we shall refer to the flowering period in Greece which is very brief compared with that in Central and Northern Europe. It lasts only a few weeks and after May, the month during which most of the Greek plants bloom, it is usually either restricted or it ceases nevertheless, this is true only of the plains and the Southern regions of Greece, where Spring begins February because at higher mountain altitudes especially the more northerly not only does the flowering period last longer, but Spring arrives much later in June or even July (VOLIOTIS, unpubl.).

Worthy of special mention is the increase of endemism with altitude. As far as Greece is concerned the middle and highest mountain belts possess the most endemic species (TURRILL 1929). The change in conditions in combination with altitude does not of course bring about immediate genetic differentiations nevertheless the different environment of the high mountains may act selectively on appropriate plant varieties through mutations or hybridism and in this way contribute to the formation of new taxons which, isolated more easily in mountain biotopes, may in the long term become new species.

I - VERTICAL ZONATION OF VEGETATION

In the high mountains around the Mediterranean, the zonation of vegetation is already familiar. In general we may observe the following typical sequence. At the foot of the mountains are found : evergreen sclerophylls formations, Macchia, whose removal allows the cultivation of *Citrus* fruits and vineyards. The Macchia-vegetation in the E. Sub-Mediterranean region give way to deciduous shrubs, the Sibljak. There follow further up deciduous forests, mainly oak with beech higher up where they occur. Conifers in many places appear above the deciduous zones. Sometimes,

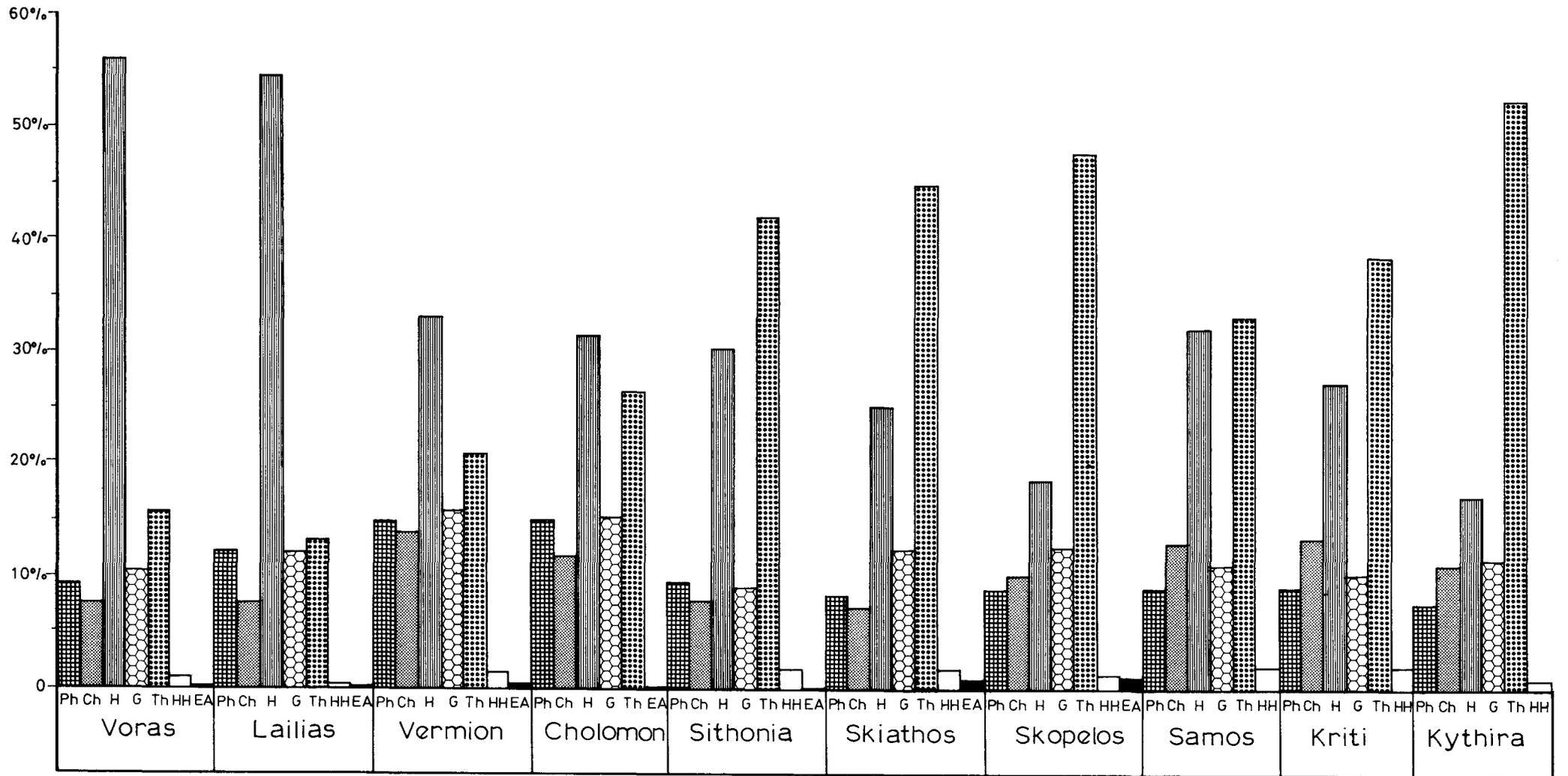


Fig. 4

these are succeeded on the altitude scale by a Sub-alpine zone with scattered stunted, crooked trees or bushes and then the completely treeless alpine zone. Finally, on the higher mountains where the average yearly snowfall is greater than the amount that melts the climatic limits of eternal snow begin, which on the southern slopes are found in locations higher than on other slopes by 150 - 500 m. Here we find moss-plants and lichens.

II - SPECTRA OF LIFEFORMS (BIOSPECTRA)

Taking as a starting point the fact that the upper zonation of vegetation develops according to its latitudinal structure in the European region and that the temperature of the air on the mountains falls by ± 0.5 C per 100 m altitude, while an ascent of 1 km corresponds, in relation to temperature to a shift of 1 000 km to the North, we shall examine two examples on the basis of the lifeforms, which as is well known express biologically to a satisfactory degree the climatic conditions of an area via the biospectra.

In the first example are shown the biospectra of the summit region of Mt. Rothorn in the Alps according to BRAUN in WALTER (1960).

| Altitude Zones | Number of species | P | Ch | H | K | Th |
|----------------|-------------------|---|------|------|-----|-----|
| 3050-3150 m | 82 | - | 40.3 | 52.5 | 2.4 | 4.8 |
| 3150-3260 m | 42 | - | 53.3 | 34.9 | 2.3 | 9.3 |
| 3260-3350 m | 31 | - | 64.6 | 29.0 | 3.2 | 3.2 |
| over 3350 m | 16 | - | 69.0 | 31.0 | - | - |

In the higher belts of high mountains as indeed in the cold polar regions the hemicryptophytes at first predominate in number followed by chamaephytes, which are protected by thick layers of snow. The organs of germination of this plant - group winter and exploit at the same time the brief duration of the germination period. Indeed, the weaker the climatic conditions the greater is the manifestation of the chamaephytes as is shown in the table.

In the second example, are shown the biospectra of ten typical regions of Greece, from the most northern mountain ranges on the frontier in the North, to the islands of Kriti and Kythira (Fig. 4).

Here, the gradual reduction from North to South of the hemicryptophyta and the corresponding increase of the therophytes is clearly revealed. This means a change from the sub-Mediterranean climate of the mt. Voras and mt. Lailias ($\approx 55\%$ H, climate of the hemicryptophytes of the temperate zone) to the purely Mediterranean climate of the Aegean islands, the intensely Mediterranean climate of which is expressed clearly in the high quantity of therophytes increasing according to the diminishing of geographical latitude there we may note incidentally that the average annual level of rainfall in the mt. Voras fluctuates between 800 - 1 000 mm and in the mountain range of Lailias at ± 1 100 mm ; in the island of Kythira it falls to near 660 mm (VOLIOTIS 1976b, 1979 ; YIANNITSAROS, 1969). Interesting correlations and conclusions may be drawn of course if there were biospectra on the mountains in the above table in the vertical zones comparable to those of Mt. Rothorn in the Alps, which, however, could be object of further investigations.

III - PLANTGEOGRAPHIC STRUCTURE ON THE BASIS OF VEGETATION ZONES

Concerning the plantgeographic structure and the spatial distribution of vegetation zones we shall refer to S.E. Europe and the classification proposed by the author (VOLIOTIS, 1976a, 1977) for mainland Greece, which reflects at many points the variability of the climate of the Greek peninsula. This is :

1 - Central European Mountain Type :

South Central Balcanic subtype :

The climate here is transitional between Mediterranean and continental in the mountainous hinterland which is characterized by the relatively large annual temperature range (greater than 20° C) with minimal temperatures falling to such levels and below, 25° under zero and also characterized by the more regular distribution of rainfall due to the reduction of the dry period to 1 - 2 months and the common appearance of frost and snow during the cold season and the generally high humidity of the air.

The vertical formation of the belts follows the Central-European pattern. At the foot of the mountains there are no evergreen formations. Similarly there are no secondary evergreen associations of *Coccifero - Carpinetum* or the other corresponding associations. The zonation begins with forest of *Quercion frainetto*, *Quercetum frainetto-cerris* on the lower regions and forest of *Tilia tomentosa*, *Quercus dalechampii*, *Q. pycarpa* (towards the NE) and *Castanea sativa* (the corresponding zone to the sub-zone *Quercetum petraeae*) in the sub-mountainous belt. Above this, a beech or beech-fir belt develops in which beech may appear in all expositions. *Abies borisii - regis* appears with features close to *A. alba*. *Pinus sylvestris* is found in mixed or slightly mixed formations. Of the subspecies of *Pinus nigra*, ssp. *nigra* predominate over ssp. *pallasiana*. The higher forest edges are formed either by beech formations, fir or mixture of both or there are sometimes forests of the *Pinion peucis* zone with *Pinus peuce* on silicate substratum and *Pinus heldreichii* or *P. leudodermis* on limestone substratum. The higher mountain vegetation includes several associations with tufts of thorny - plants on dry limestone ground verdurous formations nevertheless predominate. Lush alpine pastures with enclosed carpets of grass, are widespread.

Apart from many isolated species, the presence of Northern-alpine species is still significant. The higher mountain vegetation is therefore counted amongst that in the *Sesleriatelia* - Zone.

The shift toward the more southerly para-mediterranean type first becomes manifest in the lower locations of the coastal regions there are deep, warm valleys, benefiting from human influence ; evergreen elements are stimulated (in most cases substituted associations of *Coccifero - Carpinetum*) as far as the foothills (VOLIOTIS 1976a).

2 - Greek Paramediterranean Mountain Type :

As a criterion for this mountain type we can refer to the strong dependence of the vertical zonation of vegetation on exposition. On this basis, apart from locations exposed to sunlight and also shaded locations the direction of the rain - bearing winds plays an important part. The presence of beech - stress diminishes. Enclosed zone of this tree is not formed, are restricted to sheltered locations and slopes with increased rainfall. Of fir species, *Abies borisii - regis* predominates. *Abies alba* is found sometimes. On warm and dry slopes, on the other hand only *Abies cephalonica* may be found. *Pinus nigra* ssp. *pallasiana* is the main subspecies of black pine. The higher forest edges are formed mainly of fir-forests. On some mountains even in the sub-alpine belt forest of the *Pinion peucis* - zone are found. *Pinus peuce* are not found but *Pinus heldreichii* is found occasionally in clumps (Olympos, Pindos, Gorilas). On the summit vegetation of the mountains tufts of thorny bushes are frequently encountered. Nevertheless, formations with predominantly the grasses are even more widespread. The number of plants northern origin is insignificant. The summit vegetation of the mountains belongs to the *Daphno - Festucetalia* zone (cf. QUEZEL 1964, 1967 and HORVAT, GLAVAC & ELLENBERG, 1974).

Three sub-type may be distinguished of the lower zonation locations :

- a) Aegean paramediterranean subtype in the north-east ;
- b) Ionic paramediterranean subtype in the west ;
- c) Hellenic paramediterranean subtype in the middle.

We will not elaborate on these here, for lack of space. Those interested may consult the references (VOLIOTIS 1976a, 1977).

3 - Greek Mediterranean Mountain Type :

This type appears from Sterea Ellas as far as the South of Tymfristos. The climate is Mediterranean, mild and particularly in the S.E. with much sunshine and unique limpidity of atmosphere. As for the influence, of rainfall, according to THORNWHITTE, mountain Peloponnisos and a part of Western Sterea Ellas have a damp to very damp climate transitional between semi-damp in the lower and coastal regions except for the most southern tip of Attica, Trizinia, to the Southern Cyclades and the eastern tip of Kriti. Where it becomes semi-dry. The annual temperature amplitude in S.E. Greece, Kriti and some Aegean island is below 19° C. ; in the Cyclades lower than 13° C., a typical transitional climate towards the Cs Mediterranean. The main characteristic feature, however of the Aegean climate is the great frequency and intensity sometimes even stormy nature, of the etesian winds that blow during the warm period of the year, which make the summer dry, accelerate the transpiration of plants, bend the trees and oblige the inhabitants, in order to protect the hesperids and orchards to plant in wind-swept locations, erecting wind-barriers of dense avenues of trees, particularly cypresses.

In coastal areas the upper belts fall within the *Oleo-Ceratonion* zone. The *Quercion ilicis* zone takes up a broad upper expanse and flourishes above all on the southern slopes in direct but occasional contact with the Mediterranean - mountain conifer forest belt.

The deciduous wide-leafed zone of mixed forest is sparsely developed and develops better on shaded slopes. *Ostrya-Carpinion* withdraws almost completely and is not formed at all in the Southern. S. Greece enclosed zone. In Sterea Ellas it appears clearly but sporadically and in a weaker form. *Quercion frainetto* is represented only by *Quercetum frainetto brachyphyllae* namely on association which fades in the north - eying mountains. In the mountainous belt pine forest flourish almost exclusively. *Abies cephalonica* and *Pinus nigra* ssp. *pallasiana* predominate. Fortunately on sheltered shaded slopes deciduous wide - leafed trees are mixed with Central European Centre of distribution. Beech is absent. The last appearance of beech on the mt. Oxya, which expresses a transitional mountain type between the paramediterranean and Mediterranean must be omitted as azonal and be considered an exception. The *Pinion peucis* zone is completely absent.

In mountain summit vegetation dry-type plant formations predominate. Tufts of thorny-plants are present to a greater extent. Alpine pasture formations with enclosed verdure expanses are encountered now again and are even restricted to specific sites as, e.g. the dolines grounds. Their appearance nowadays is partially explained perhaps by human influences. On some mountains alpine pasture formations prevail below the natural forest-edges on the potential region of *Albietion cephalonicae*. The great proportion of semispherical tufts of thorn-bushes on the mountain summit proper constitutes vegetation of natural transitional type toward *Acantholino-Astragalitalia* of the near East (Asia Minor) mountains.

DISCUSSION AND CONCLUSIONS

We can naturally conclude from the above that under the present world circumstances the interdependence of climate and vegetation is manifested mainly within the framework of the topoclimate and micro-climate. To bring about significant climatological changes and consequently analogous vegetational changes we must act upon great expanses. If, e.g. it becomes possible to transform the Sahara Desert to an enormous forest or vast sea not only would the temperature have to fall by many degrees but the atmospheric movements brought about by this would have to be transformed. Hence, the Greek climate in general would be made cooler, although partially the climate of E. Greece would in the summer months would become warmer since the etesian winds which are particularly the result of the high temperature during the summer days in the Sahara would cease to blow over the Aegean. In the region of the Sahara there undoubtedly exists a zone which begins

over the Aegean. In the region of the Sahara there undoubtedly exists a zone which begins over the Mediterranean and is dangerous to vegetation. In this zone however it has less influence in relation to the damage resulting from local conditions (cf. PALMGREN 1953).

More particularly, as far as the absolute annual level of the waterlevel in Greece is concerned, very important differences are observed both as regards their geographic distribution as well as and above all between the plains and the mountains, given that on the mountains nearly 80 % of the total atmospheric watersheds of the Greek region fall (KARAMITROS 1974) which, as has been shown, reflects directly on the composition the zonation and the spread of vegetation.

On the plains with the exception of W. Sterea Ellas and coastal Epirus, the watersheds are generally small and more importantly are significantly lower than the yearly loss of water through evaporation or the transpiration of vegetation. Consequently, there is a permanent scarcity of water within the low territory of Greece. Even if it were possible to store within the ground all the surplus watersheds during the winter to be used on the vegetation during the summer, it would not be adequate to meet the water requirements.

REFERENCES

- BAGNOULS F. & GAUSSEN H. (1953). Saison sèche et indice xéothermique.-*Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse* 88 (3-4) : 193 - 239.
- ECONOMIDOU EVA (1973). Contribution à l'étude de la flore et de la phytogéographie de l'île de Skopelos. Phytogeographie des Sporades du Nord II. *Biologia Gallo-Hellenica* 5 (1) : 77 - 121.
- GANIATSAS K. (1939). Botanical studies of mt. Vermion. *Sci. Annals, Fac. Phys. & Mathem., Univ. Thessaloniki* 5 : 225 - 264.
- GAUSSEN H. & BAGNOULS F. (1952). L'indice xéothermique. *Bull. Ass. géogr. Fran.* p.p. 222, 223.
- HORVAT I., GLAVAC V. & ELLENBERG H. (1974). Vegetation Südosteuropas. *Geobotanica selecta, Herausgeg. von R. TUXEN VEB G. FISCHER Verlag, Jena.*
- KARAMITROS E. (1974). Investigations on experimental watersheds of Greece. *Bull. Geol. Soc. Greece Annals of the A' Panhellenic seminary of hydrology* 11 (1) : 155 - 173.
- KARAPIPERIS L. (1974). The apportionment of rainfall in greek area. *Ibid.* 11 (1) : 1 - 27.
- KÖPPEN W. (1923). Die Klimate der Erde. *Grundriss der Klimakunde. Berlin und Leipzig.*
- MEUSEL H. (1943). Vergleichende Arealkunde. *Bornträger - Verlag. Berlin*
- PALMGREN E. (1953). Entwaldung, Versteppung und Wüstenbildung in Südeuropa. *Zeitschr. Weltforsch-wirtschaft* 16 (2) : 41 - 57.
- PAVLIDIS G. (1976). On the flora and vegetation of the Sithonia Peninsula (Chalkidiki, Greece). *Thesis Univ. Thessaloniki.*
- QUEZEL P. (1964). Végétation des hautes montagnes de la Grèce méridionale. *Vegetatio* 12 (5-6) : 289 - 386.
- QUEZEL P. (1967). La végétation des hauts sommets du Pinde et de l'Olympe de Thessalie. *Vegetatio* 14 : 127 - 228.
- TSELEPIDAKIS H. & THEOCHARATOS C. (1978). Climatic classification of the Greek area based on the xerothermic index. *Bull. Hellenic meteor. soc.* 3 (2) : 21 - 34.
- TURRILL W.B. (1929). The plant-life of the Balkan peninsula. Oxford.
- VOLIOTIS D. (1967). Researches on the vegetation and flora of mt. Cholomon and especially on the aromatic, medicinal and apiaristic one. *Thesis Univ. Thessaloniki.*
- VOLIOTIS D. (1973). Beziehungen zwischen Klima, Boden und Vegetation und Vegetationszone in Griechenland. *Sci. Annals, Fac. Phys. & Mathm., Univ. Thessaloniki* 13 : 221 - 239.
- VOLIOTIS D. (1976a). Die Gehölzvegetation und die Vegetationszonierung des nordgriechischen

Gebirgszuges Voras - Vermion - Pieria - Olyp - Ossa. *Bot. Jahrb. Syst.* 97 (1) : 120 - 154.

- VOLIOTIS D. (1976b). Flora and vegetation of mt. Lailias, northern Greece. *Biologia Gallo Hellenica* 6 : 1 - 90 supplm.
- VOLIOTIS D. (1977). Über Klima und Vegetation in Griechenland. *Ber. Symp. Intern. Ver. Vegetationskunde 1975 Rinteln, herausgeg. von R. TUXEN* : 425 - 452.
- VOLIOTIS D. (1979). Flora and vegetation of the Voras mountains. *Sci. Annals, Fac. Phys. & Mathem., Univ. Thessaloniki* 19 : 189 - 278.
- VOLIOTIS D. unpubl. Phenological study of the flowering period and the flower colours of the aromatic plants in Greece.
- WALTER H. (1960). Grundlagen der Pflanzenverbreitung. I. Standortlehre. *Einführung in die Phytologie III/1*.
- YANNITSAROS A. (1969). Contribution to the knowledge of the flora and vegetation of the island of Cythera. *Thesis Univ. Athens*.
- ZERLENTIS K. (1952). Contribution to the phytogeography of Kyclades. *Athens*.

Contribution à l'étude de l'écologie d'*Aphyllanthes monspeliensis* L.

1) Place et rôle dans la végétation du Sud-Est français

D. BICHARD*
G. BONIN**
G. VEDRENNE**
Ph. VIDAL**

RESUME - Dans cette première partie d'un travail d'ensemble sur l'écologie d'*Aphyllanthes monspeliensis*, les auteurs répertorient les groupements et faciès de végétation où l'espèce est présente dans le Sud-Est français.

Ils soulignent son appartenance à différentes entités écologiques : les unes se rapportent à des pelouses se rattachant ou non à l'*Aphyllanthion* les autres à des pelouses et garrigues arborées dont la plupart relèvent de la dynamique de la chênaie à *Quercus pubescens*.

L'examen des classes d'abondances d'*Aphyllanthes monspeliensis* permet de discerner une variation du cortège floristique au sein d'un même groupement ou de groupements affines ainsi que quelques relations privilégiées entre cette espèce et certains autres taxons.

SUMMARY - In this first part of a comprehensive study about the ecology of *Aphyllanthes monspeliensis*, the authors analyse the groupings and facies of vegetation where this species is present in the South-East of France.

They emphasize the fact that *Aphyllanthes monspeliensis* can be found in various ecological environments : grasslands related to the *Aphyllanthion* ; grasslands non related to the *Aphyllanthion* ; grasslands and garrigues the largest part of which being related to the dynamics of the forests of *Quercus pubescens*.

The study of the abundance-classes of *Aphyllanthes monspeliensis* shows up variations related to the composition of the groupings and especially some clear relationships between *Aphyllanthes monspeliensis* and some other taxa.

Mots clés : *Aphyllanthes monspeliensis*, Phytoécologie, Analyse multivariante, Sud-Est français.

I - INTRODUCTION

Aphyllanthes monspeliensis est très largement répandue au sein des groupements de pelouses et de fruticées du Sud-Est français. Elle caractérise au plan phytosociologique l'*Aphyllanthion* sr-B1 (1931) 1937 et constitue à ce titre une indicatrice de milieu particulier. Ces deux observations, en apparence contradictoires, ainsi que l'intérêt pratique de cette espèce pour le pâturage des ovins, incitent à porter l'attention sur les conditions d'extension de ce taxon. En premier lieu il importe d'inventorier les groupements au sein desquels cette espèce apparaît occasionnellement et ceux où elle abonde. En second lieu, il convient de préciser les conditions du milieu les plus favorables à sa présence. On se propose donc d'établir le profil écologique de cette espèce.

Quelques auteurs ont déjà abordé l'étude phytoécologique de cette espèce, soit directement, soit indirectement. TOMASELLI (1948) a analysé en région languedocienne les conditions d'extension au sein des groupements de l'*Aphyllanthion*. VANDERN BERGHEN (1963) a précisé la position de cette même unité en région cevenole. ARCHILOQUE et coll. (1970) traitant d'une caractérisation phytosociologique de la série méditerranéenne du chêne pubescent, soulignent l'importante transformation floristique des "landes de l'*Aphyllanthion*" liée à une "translocation écologique" que subit la formation en allant des bords de la Méditerranée aux marges des

* Laboratoire de Botanique et Ecologie méditerranéenne, Université AIX MARSEILLE III
Rue Henri-Poincaré - 13397 MARSEILLE CEDEX 13.

** Laboratoire de Taxinomie et Ecologie végétale
Université d'AIX-MARSEILLE III
Rue H. Poincaré-13397 MARSEILLE

massifs alpins". Ils insistent aussi sur "le degré d'évolution de la lande" qui peut être imprégnée d'espèces appartenant à des unités phytosociologiques différentes. L'analyse de ces auteurs amène à considérer les formations à *Aphyllanthe* comme appartenant toujours à l'*Aphyllanthion*, alliance qui évolue dans sa composition floristique en fonction de l'altitude et de la latitude. LOISEL (1976) dans son analyse des associations et alliances des *Rosmarinetalia* du Sud-Est français évoque aussi ce problème. On peut alors se demander si l'*Aphyllanthe* n'a pas en fait, des potentialités d'extension plus larges que celles de l'*Aphyllanthion* et si elle ne joue pas un rôle écologique notable dans d'autres unités.

C'est pourquoi notre démarche a été orientée vers la recherche des groupements et faciès indépendamment de leur position phytosociologique initiale et en ne recherchant à identifier celle-ci qu'a posteriori.

II - CADRE DE L'ÉTUDE ET MÉTHODES UTILISÉES

Aphyllanthes monspeliensis est une espèce essentiellement localisée au Nord-Ouest de la région méditerranéenne. Il s'étend de l'Italie septentrionale où il est très rare, à tout le Sud-Est français jusqu'au Lyonnais, aux zones Sud du Massif Central, au Languedoc. Il pénètre profondément en Espagne et atteint l'Afrique du Nord.

L'échantillonnage choisi pour notre étude s'étend des coteaux de la Drome aux collines de Provence littorale, suivant un transect Nord-Sud incluant des zones de basse altitude thermophiles et d'autres d'altitude plus élevée, en particulier au Ventoux et dans le Valencinois méridional. Tout au long d'un gradient latitudinal, il englobe des lieux aux conditions bioclimatiques différentes avec des groupements végétaux qui diffèrent tant par leur physionomie que par leur appartenance phytosociologique.

Cet échantillonnage peut-être considéré comme aléatoire. Il concerne 265 relevés de végétation réalisés suivant la méthode sigmatiste et appartenant à un lot beaucoup plus vaste de relevés qui avaient été effectués sur le terrain à d'autres fins (étude générale de la végétation). Seuls ont été retenus ici les relevés présentant *Aphyllanthes monspeliensis* et sans sélection d'aucune sorte.

A ce sujet, deux possibilités s'offraient à nous, soit répertorier les groupements au sein desquels l'*Aphyllanthe* est présente dans quelques-uns ou dans la totalité des relevés, soit limiter l'échantillonnage aux seuls relevés où ce taxon est présent.

La première démarche présente l'avantage de permettre une analyse des fréquences de l'*Aphyllanthe* mais l'inconvénient de devoir manipuler un contingent de relevés trop volumineux. La seconde, plus pragmatique et que nous avons choisie, s'appuie sur la certitude d'installation de l'espèce pour répertorier les groupements.

L'abondance de l'espèce constituera l'indicateur de la qualité du milieu au maintien et à la prolifération du taxon.

Pour individualiser les groupements et faciès, nous nous sommes appuyés sur une série de trois analyses des correspondances tenant compte pour la première de la seule présence des espèces, pour la seconde de leur abondance, enfin pour la troisième de la présence des taxons à fréquence supérieure à deux dans l'ensemble de l'échantillonnage (ceci pour éliminer un lot important d'espèces très peu fréquentes). Ces trois analyses ont été complétées par une classification ascendante hiérarchique qui visualise plus nettement les différents groupes de relevés.

Il a ainsi été possible d'isoler un certain nombre de lots de relevés plus ou moins bien discriminés. Leur valeur phytosociologique n'est certes pas identique comme il sera possible d'en juger plus loin. Certains représentent des associations, d'autres de simples faciès.

Aussi a-t-il été nécessaire de préciser quelles étaient les espèces les plus significatives de chaque entité dans le cadre de notre échantillonnage, ce qui a été fait à l'aide

d'un indice proposé par l'un de nous (VEDRENNE, 1982).

Cet indice a pour but de mettre en évidence les espèces qui permettent le mieux la discrimination d'un lot de points-relevés du reste des points-relevés du nuage. Les espèces les plus significatives étant celles dont la fréquence générale dans l'échantillon est égale à la fréquence dans le groupement, elle-même égale au nombre de relevés formant celui-ci.

L'indice de caractérisation est :

$$IC = \frac{2 f(x)}{F(x) + N}$$

dans lequel $f(x)$ = fréquence de l'espèce dans le groupement

$F(x)$ = fréquence de l'espèce dans l'ensemble des relevés de l'échantillonnage analysé.

N = nombre de relevés du groupement.

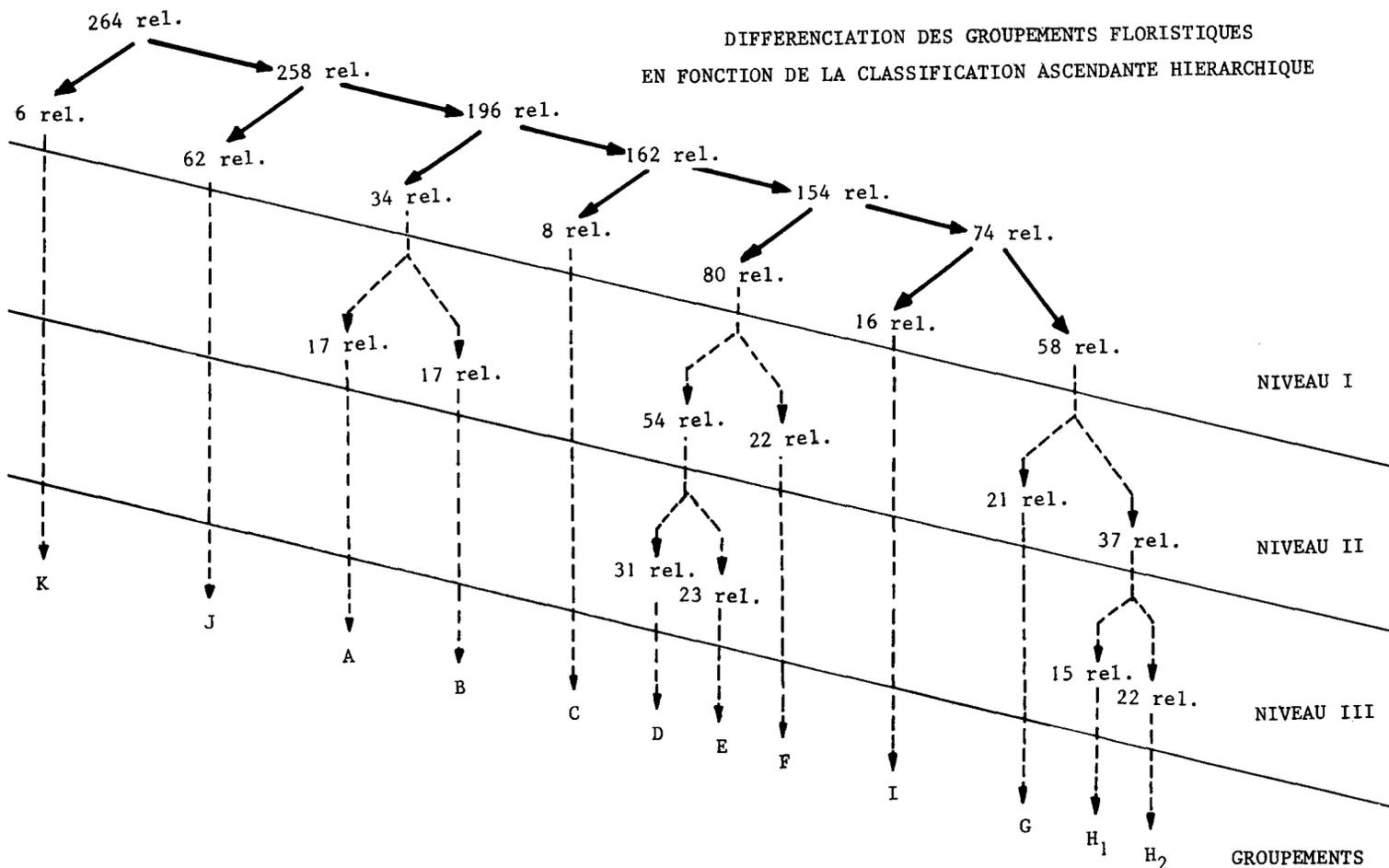
Ainsi, plus ce rapport tend vers 1, plus l'espèce est caractéristique du groupement considéré.

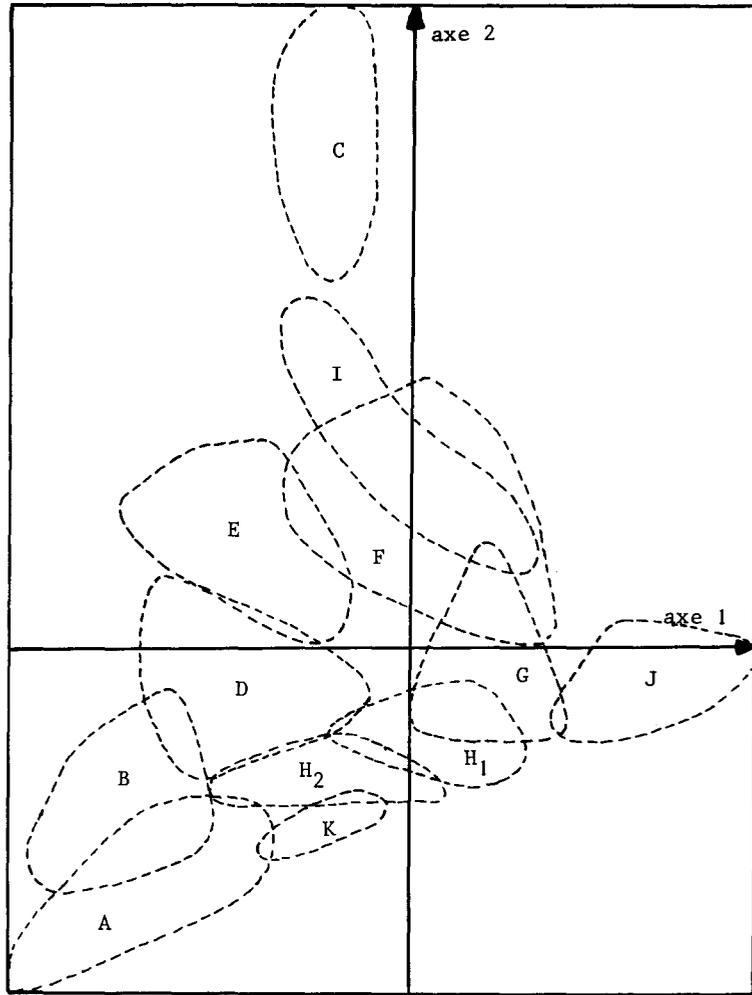
Pour chaque groupement ainsi différencié on pourra alors retenir les espèces les plus significatives, les plus abondantes et les taxons notoires au plan phytosociologique indicateurs de l'appartenance de cette entité à une unité phytosociologique déterminée.

Dans un second temps, pour chaque milieu précédemment défini, on s'est attaché à suivre la variation du cortège floristique en fonction des classes d'abondance de l'Aphyllanthe. L'objectif est alors de rechercher s'il existe, au sein du contingent spécifique de chaque groupement ou de groupements affines, des lots d'espèces plus particulièrement liées à l'une ou l'autre des classes d'abondance.

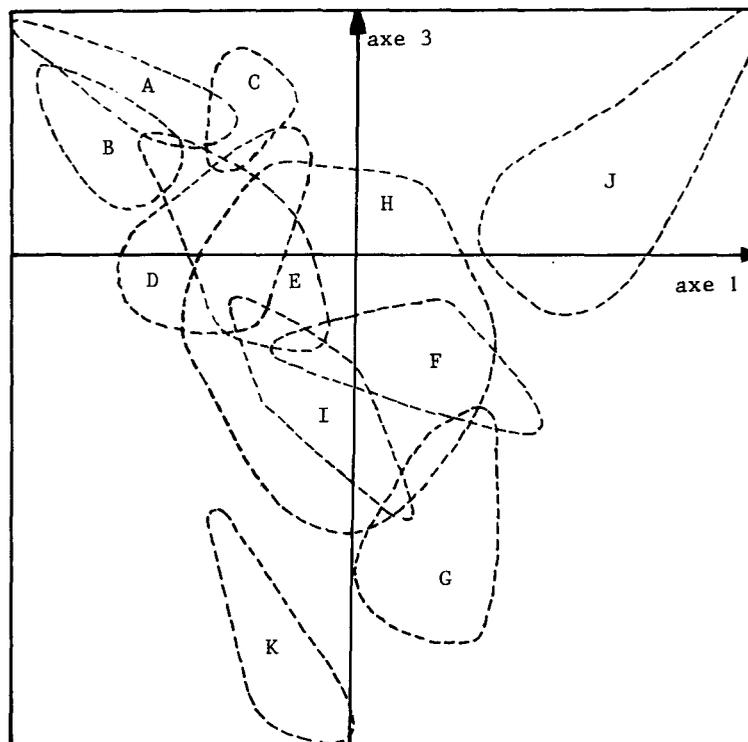
III - LES GROUPEMENTS VÉGÉTAUX

Nous examinerons les groupements végétaux suivant l'ordre de sortie de la classification ascendante hiérarchique, c'est-à-dire suivant un degré de différenciation décroissante.





Situation des groupements définis par la C.A.H.
dans le plan factoriel 1-2.



Situation des groupements définis par la C.A.H.
dans le plan factoriel 1-3

IIIa - Le groupement K

Représenté par 6 relevés, il paraît selon l'analyse numérique le plus aisé à individualiser. Il s'agit d'une pelouse au recouvrement moyen de 80 % dominée par *Brachypodium ramosum*. Les espèces dont l'abondance est la plus notable sont :

| | Abondance moyenne |
|---|-------------------|
| <i>Brachypodium ramosum</i> | 2 |
| <i>Aphyllanthes monspeliensis</i> | 1 |
| <i>Thymus vulgaris</i> | 1 |
| <i>Stipa capillata</i> | + , 1 |
| <i>Bromus erectus</i> | + , 1 |

L'individualisation marquée du groupement par rapport à l'ensemble des autres relevés est due à une série d'espèces qui lui sont plus particulièrement liées et qui présentent un indice de caractérisation élevé :

| | | | |
|--------------------------|------|-----------------------------|------|
| <i>Stipa capillata</i> | 0,67 | <i>Clypeola microcarpa</i> | 0,67 |
| <i>Trifolium scabrum</i> | 0,67 | <i>Arenaria leptoclados</i> | 0,67 |
| <i>Vicia amhicarpa</i> | 0,67 | | |

Il convient de noter que l'individualisation de ce groupement est beaucoup moins nette lorsqu'on tient compte des coefficients d'abondance lors de la réalisation de l'analyse factorielle des correspondances. Le poids de chacune des espèces citées est alors plus faible.

Du point de vue phytosociologique, ces relevés s'intègrent incontestablement aux pelouses du *Brachypodieto - Stipetum méditerranæe* (O. de BOLOS 1954). On note parmi les espèces à fort indice de caractérisation de nombreuses caractéristiques des *Thero-Brachypodietea* et de ses alliances : *Stipa capillata*, *Vicia amhicarpa*, *Clypeola microcarpa*, *Centaurea paniculata*, *Micropus erectus*, *Trifolium scabrum*, *Teucrium botrys*.

Il n'est pas étonnant que cette association apparaisse dans cette étude concernant l'Aphyllanthecar, ainsi que le fait remarquer LOISEL (1976), elle contient en Catalogne comme en région méditerranéenne française, de nombreuses caractéristiques de l'Aphyllanthion et en particulier *Aphyllanthes monspeliensis*. Elle paraît cependant se situer aux limites des possibilités d'extension de ce taxon.

IIIb - Le groupement J

Ce groupement est constitué dans sa totalité par des relevés effectués dans la Drome dans des pelouses réparties entre 500 et 1 000 mètres d'altitude et présentant un recouvrement moyen de 80 %.

Physionomiquement ce groupement est marqué par l'abondance de l'Aphyllanthe (coefficient d'abondance le plus fréquent ≈ 2), de *Bromus erectus*, de *Brachypodium pinnatum* et à un degré moindre de *Lavandula vera* et de *Dorycnium suffruticosum*. Il revêt de ce fait, un aspect de fruticée basse. D'autres espèces sont également abondantes, mais du fait de leur taille réduite elles influencent moins le paysage végétal. On signalera surtout à ce propos : *Teucrium chamaedrys*, *Coronilla minima*, *Genista jordanii* et *Festuca ovina*.

Au plan floristique les espèces les plus significatives sont d'après l'indice de caractérisation : *Linum tenuifolium* ($I_c = 0,70$) *Bromus erectus* (0,68), *Hieracium pilosella* (0,62), *Echinops ritro* (0,62).

Au plan phytosociologique ces formations se distinguent par un lot à peu près équivalent d'espèces des *Ononido-Romarinetea* et d'espèces relevant des *Brachypodio - Brometea*. Ces dernières possèdent cependant des indices de fréquences supérieurs alors que les précédentes marquent davantage l'aspect physionomique de cette unité.

Ce groupement peut être rapporté à l'étage supraméditerranéen ou tout au moins aux

Principaux éléments du groupement J

| | FRQ | Ic |
|--|-----|------|
| † Bromus erectus..... | 60 | 0.68 |
| † Aphyllanthes monspeliensis..... | 62 | 0.38 |
| † Thesium divaricatum..... | 35 | 0.57 |
| † Eryngium campestre..... | 36 | 0.52 |
| † Teucrium chamaedrys..... | 53 | 0.49 |
| † Coronilla minima..... | 40 | 0.56 |
| † Hippocrepis comosa..... | 34 | 0.59 |
| † Genista pilosa var. Jordani..... | 36 | 0.60 |
| † Fumana procumbens..... | 30 | 0.53 |
| † Thymus serpyllum ssp. serpyllum..... | 31 | 0.55 |
| † Carex glauca..... | 25 | 0.54 |
| † Lavandula vera..... | 40 | 0.52 |
| † Galium mollugo ssp. corradæefolium.. | 40 | 0.59 |
| † Linum tenuifolium..... | 34 | 0.70 |
| † Hieracium pilosella..... | 36 | 0.62 |
| † Ononis cenisia..... | 18 | 0.45 |
| † Lotus delortii..... | 14 | 0.59 |
| † Koeleria vallesiana..... | 23 | 0.39 |
| † Carex halleriana..... | 32 | 0.43 |
| † Doronicum suffruticosum..... | 29 | 0.44 |
| † Potentilla verna..... | 20 | 0.43 |
| † Festuca ovina..... | 29 | 0.46 |
| † Knautia purpurea var. meridionalis.. | 28 | 0.56 |
| † Teucrium montanum..... | 33 | 0.54 |
| † Cirsium acaule..... | 23 | 0.52 |
| † Echinops ritro..... | 33 | 0.62 |
| † Catananche coerules..... | 25 | 0.49 |
| † Chrysanthemum leucanthemum..... | 22 | 0.50 |
| † Carlina acanthifolia..... | 22 | 0.48 |
| † Linum catharticum..... | 18 | 0.45 |
| † Brunella hyssoxifolia..... | 13 | 0.33 |
| † Acer monspessulanum..... | 25 | 0.49 |
| † Onobrychis supina..... | 16 | 0.40 |
| † Leontodon hirtus..... | 19 | 0.42 |
| † Brachypodium pinnatum..... | 31 | 0.50 |
| † Linum salsoloides..... | 15 | 0.24 |
| † Ononis spinosa..... | 13 | 0.31 |
| † Globularia cordifolia ssp. nana..... | 16 | 0.41 |
| † Hieracium murorum..... | 13 | 0.23 |
| † Carex humilis..... | 22 | 0.32 |
| † Chloris perfoliata..... | 14 | 0.37 |
| † Briza media..... | 11 | 0.29 |
| † Carlina vulgaris..... | 23 | 0.50 |

Le groupement J ayant des dimensions importantes(62 relevés) n'a pu être présenté ici.Seules figurent,dans ce tableau,les espèces principales,leurs fréquences FRQ, la valeur de leur indice de caractérisation Ic.

INDICATIONS GENERALES SUR LES TABLEAUX

Dans tous les tableaux,à l'exception de J,les espèces sont disposées par ordre de fréquence (FRQ) décroissante.La colonne Ic donne la valeur des indices de caractérisation.Les espèces à faible fréquence ont été éliminées pour faciliter la présentation puisqu'elles n'apportent pas d'élément d'information particulier.

limites des étages mésoméditerranéen et supraméditerranéen.

Les groupements K et J s'opposent donc par leur écologie très différente. Ils se situent, parmi les groupements non arborés aux limites des possibilités d'extension du taxon étudié. On remarquera que si l'Aphyllanthe est peu abondante dans K, pelouse de milieu thermophile, elle semble privilégiée par l'ambiance de J où son recouvrement est remarquable.

IIIc - Le complexe des groupements A + B

Les groupements A & B sont des pinèdes claires installées sur des garrigues méditerranéennes à *Quercus coccifera* et *Rosmarinus officinalis*. Le recouvrement végétal moyen du tapis arbustif et herbacé atteint 70 à 80 %.

Ces deux formations très proches physionomiquement se distinguent surtout l'une de l'autre par le degré d'abondance de certains taxons. Ainsi *Rosmarinus officinalis*, *Brachypodium ramosum* et *Pinus halepensis* possèdent en B des coefficients d'abondance plus élevés qu'en A. Quant à *Quercus coccifera*, il est très abondant en B et peu représenté en A. Inversement, on note l'apparition en A d'*Ulex parviflorus* et de *thymus vulgaris* sans que ces espèces aient un recouvrement particulièrement notable.

Le groupement A apparaît donc comme une pinède plus claire où les arbustes sont moins étendus qu'en B.

Du point de vue floristique les espèces les plus significatives sont pour :

| <u>A</u> | | <u>B</u> | |
|-------------------------------|------|-------------------------------|------|
| <i>Coronilla juncea</i> | 0,70 | <i>Phyllirea angustifolia</i> | 0,50 |
| <i>Stipa juncea</i> | 0,68 | <i>Quercus coccifera</i> | 0,45 |
| <i>Globularia alypum</i> | 0,58 | <i>Juniperus oxycedrus</i> | 0,34 |
| <i>Coronilla australis</i> | 0,48 | <i>Smilax aspera</i> | 0,33 |
| <i>Rosmarinus officinalis</i> | 0,45 | <i>Stachelina dubia</i> | 0,30 |
| <i>Linum campanulatum</i> | 0,44 | <i>Lonicera implexa</i> | 0,30 |
| <i>Ulex parviflorus</i> - | 0,48 | | |
| <i>Fumana thymifolia</i> | 0,44 | | |
| <i>Coris monspeliensis</i> | 0,43 | | |

Le groupement B apparaît comme plus sylvatique si l'on s'en tient à sa composition floristique.

- Au plan phytosociologique A peut être rapporté au *Rosmarino - Ericion* par la présence de *Stipa juncea*, *Globularia alypum*, *Rosmarinus officinalis*, *Coris monspeliensis* caractéristiques d'alliance et de *Coronilla australis*, *Linum campanulatum* caractéristiques du *Rosmarino-lithospermetum*

Par rapport à A, le groupement B marque une évolution vers les *Quercetea ilicis* par l'enrichissement de *Phyllirea angustifolia*, *Juniperus oxycedrus*, *Quercus coccifera* ou *Smilax aspera*. Il n'en garde pas moins une affinité avec les *Ononido - Rosmarinetea*, puisqu'on y retrouve *Ononis minutissima*, *Rosmarinus officinalis*, *Stachelina dubia*.

Aphyllanthes monspeliensis apparaît dans ces deux groupements avec des coefficients d'abondance faibles (essentiellement +) ce qui correspond aux valeurs les moins importantes parmi celles rencontrées dans les groupements analysés. Ces valeurs sont comparables à celles que nous avons noté dans le tableau phytosociologique du *Rosmarino - lithospermetum* de LOISEL (1976). Sur ce document, la fréquence de rencontre de l'espèce est de 60 %.

Ces informations montrent que l'Aphyllanthe atteint ici des biotopes où les phénomènes de concurrence inter-spécifique jouent en sa défaveur au profit d'espèces plus thermophiles.

IIIId - Groupe ment C

Le groupement C est une formation sylvatique dominée par le chêne pubescent. Dans la strate arborescente on remarque également *Quercus ilex*, *Acer monspessulanum*, *Phyllirea latifolia* et plus sporadiquement *Taxus baccata*. La strate herbacée est composée surtout par *Brachypodium pinnatum* accompagné de *Rubia peregrina* et de *Genista hispanica*...

Du point de vue floristique on constate que de nombreuses espèces ont un indice de caractérisation élevé ce qui traduit une bonne "caractérisation" de cette unité dans le cadre de notre échantillonnage.

Dans le contexte, *Daphne laureola* est exclusive de l'ensemble C. Elle est accompagnée d'*Euphorbia amygdaloides*, *Geum sylvaticum*, *Taxus baccata*, *Hepatica triloba* soit autant de taxons représentatifs des *Quercio-Fagetea*.

Au plan phytosociologique, cette entité peut-être rapportée aux *Quercetalia pubescentis* et sans doute plus précisément au *Buxo-Quercion* (rappelons pour justifier cette position la présence de *Melittis melissophyllum*, *Acer monspessulanum*, *Sorbus torminalis*, *Sorbus domestica*

Ce groupement peut donc s'intégrer dans la série supraméditerranéenne du chêne pubescent parmi les premiers stades sylvatiques qui constituent l'aboutissement de cette série. Certaines espèces témoignent d'ailleurs d'un milieu très mésophile tels que *Daphne laureola*, *Hepatica triloba*, *Euphorbia dulcis*.

Le tapis herbacé est essentiellement occupé par *Brachypodium pinnatum*.

La place de *Aphyllanthes monspeliensis* dans ce groupement est tout à fait réduite. Il faut constater que l'abondance moyenne est très faible (coefficient le plus fréquent +) ce qui traduit la gêne de cette espèce à subsister dans ce milieu. Par ailleurs, si l'on examine ce type de groupement sur des tableaux phytosociologiques étrangers à notre échantillonnage, on remarque que l'*Aphyllanthe* y est tout à fait occasionnelle.

IIIe - Complexe des groupements D, E, F.

L'ensemble D, E, F est formé de relevés correspondant à des faciès de prébois qui constituent des stades de transition.

D correspond à une chênaie verte dégradée mélangée de garrigue à *Quercus coccifera* et de pelouse à *Brachypodium ramosum*. Il s'agit d'un faciès de végétation très fréquent en Provence voisin du groupement B. Les taxons à fort recouvrement sont *Brachypodium ramosum* et à un degré moindre *Thymus vulgaris* et *Genista hispanica*.

Les espèces les plus significatives sont :

| | |
|-----------------------------|------|
| <i>Quercus coccifera</i> | 0,42 |
| <i>Cistus albidus</i> | 0,40 |
| <i>Brachypodium ramosum</i> | 0,37 |
| <i>Osyris alba</i> | 0,36 |
| <i>Rubia peregrina</i> | 0,36 |
| <i>Phyllirea latifolia</i> | 0,35 |

Quercus coccifera et *Rosmarinus officinalis* déjà rencontrés dans les unités A et B sont encore bien représentés ici mais avec des abondances plus faibles. La présence de nombreuses espèces des *Quercetalia ilicis*, *Quercion ilicis* et *Quercetalia pubescentis* montre qu'il s'agit bien d'un stade préforestier plutôt que d'une fruticée arborée.

Aphyllanthes monspeliensis y apparaît presque toujours avec des coefficients d'abondance très faible.

Le groupement E.

Il s'agit d'un stade de végétation physionomiquement très voisin du précédent mais plus marqué par l'influence du chêne pubescent.

Les espèces à fort recouvrement sont *Quercus pubescens*, *Quercus ilex*, *Buxus sempervirens*, *Amelanchier ovalis* et *Genista hispanica* ont aussi avec l'*Aphyllanthe* et le thym

une abondance notable.

Les espèces présentant les indices de caractérisation les plus élevés sont *Quercus ilex* 0,39 - *Rubia peregrina* 0,37 - *Amelanchier ovalis* 0,37 - *Quercus pubescens* 0,35. On remarque que ces indices sont tous très faibles par rapport à ceux d'autres unités ce qui traduit bien qu'il s'agit de groupements de transition.

Au plan phytosociologique, on note un contingent très limité de caractéristiques des *Rosmerinetalia*, deux espèces des *Festuco - Brometea* mais un nombre appréciable de taxons relevant des *Quercetalia ilicis* et *Quercetalia pubescentis*. Les espèces de cette dernière unité ont d'ailleurs un recouvrement plus important. L'évolution de cette formation vers une forêt à *Quercus pubescens* est très probable.

Le groupement F.

Il s'agit là d'un cas particulier correspondant à des reboisements en Cèdres et Pin noir sur des fruticées à *Buxus sempervirens*. Ces buxaias sont pénétrées d'*Amelanchier ovalis* et de *Cytisus sessilifolius*. *Aphyllanthes monspeliensis*, *Genista hispanica* et *bromus erectus* sont largement infiltrés dans ce type de formation.

Floristiquement cette entité est difficile à définir. Aucune espèce n'apparaît comme significative et, phytosociologiquement bien sûr, cette formation est inclassable.

Du point de vue dynamique, elle entre dans la catégorie des groupements artificiels qui sans intervention humaine ultérieure évolueraient vers la chênaie à *Quercus pubescens* (cf. BONIN et coll., Vegetatio).

Les trois faciès énumérés ci-dessus sont donc très proches les uns des autres tant du point de vue floristique qu'au plan dynamique.

III f - Groupement I

Au même titre que les groupements précédents, il représente une formation préforestière constituée par une chênaie clairsemée à *Quercus pubescens* sur une strate arbustive à *Juniperus communis*, *Acer monspessulanum*, *Amelanchier ovalis*. La strate herbacée y est importante avec *Aphyllanthes*, *Thymus vulgaris* et *Genista hispanica*.

On note la présence d'espèces liées à des substrats superficiels tels que *Rhamnus saxatilis*, *Asphodelus cerasifer* et *Genista lobelii*. D'ailleurs ces deux derniers taxons sont parmi les espèces les plus significatives de l'unité I.

| | |
|-----------------------------|------|
| <i>Asphodelus cerasifer</i> | 0,71 |
| <i>Genista lobelii</i> | 0,60 |
| <i>Centaurea paniculata</i> | 0,54 |
| <i>Acer monspessulanum</i> | 0,52 |
| <i>Rhamnus saxatilis</i> | 0,51 |
| <i>Cerastium arvense</i> | 0,51 |

Ce groupement constitue du point de vue dynamique un stade préforestier plus jeune que l'unité C, dans la dynamique de la chênaie à *Quercus pubescens* supraméditerranéenne.

La présence d'espèces de milieux frais permet de différencier ce stade I du complexe D.E.F. plus thermophile.

Aphyllanthes monspeliensis occupe en sous-bois une place remarquable qui se traduit par des recouvrements toujours supérieurs à ceux constatés en C.

III g - Groupement G.

Cette entité correspond aux buxaias claires sur pelouses à chamaephytes suffrutescents. Entre les touffes de buis sur des sols essentiellement superficiels se développe une pelouse au recouvrement variable (de 50 à 80 %) où les espèces physionomiquement les plus représentatives sont *Aphyllanthes monspeliensis*, *Lavandula vera* et *Thymus vulgaris*.

Au plan floristique plusieurs espèces présentent un fort indice de caractérisation :

| | |
|---------------------------|------|
| <i>Iberis saxatilis</i> | 0,68 |
| <i>Potentilla cinerea</i> | 0,66 |
| <i>Trinia glauca</i> | 0,61 |

Ces espèces à fort indice appartiennent pour la plupart aux *Anthyllidetalia montanae* et plus particulièrement au *Potentillon velutinae* installé sur substrat superficiel.

Le nombre de taxons caractéristiques des *Rosmarinetalia* reste appréciable.

Ainsi que le montre l'examen de tableaux phytosociologiques publiés par divers auteurs *Aphyllanthes monspeliensis* présente dans les groupements se rapportant aux *Anthyllidetalia montanae* une fréquence de 80 à 60 %.

Nos relevés effectués pour la plupart au Mont-Ventoux montrent une meilleure représentation de cette espèce. De plus *Aphyllanthes monspeliensis* a souvent dans ces milieux une abondance importante. Comme les groupements J et F, l'ensemble G entre dans la dynamique des chênaies à *Quercus pubescens* supraméditerranéennes.

IIIh - Le groupement H.

Constitué, en fait, par plusieurs faciès de végétation, ce groupement représente les formations les plus typiques de l'*Aphyllanthion*. Deux faciès sont discernables et individualisés par la classification ascendante hiérarchique :

- L'un, H₁ est une pelouse dense où *Aphyllanthes monspeliensis* est très abondante. Cette espèce marque le paysage, les autres taxons lui sont alors subordonnés.

L'indice de caractérisation est élevé pour certains taxons :

| | |
|-----------------------------|------|
| <i>Euphorbia nicaensis</i> | 0,64 |
| <i>Globularia vulgaris</i> | 0,61 |
| <i>Potentilla australis</i> | 0,58 |
| <i>Onobrychis saxatilis</i> | 0,50 |

L'importance des autres espèces est beaucoup plus faible. Ces espèces ont déjà été retenues par différents auteurs pour caractériser soit l'*Aphyllanthion*, soit l'un ou l'autre des associations appartenant à cette alliance. Au plan phytosociologique on peut rapporter ce groupement à l'*Aphyllantho - Genistetum hispanicae* d'ARCHILOQUE et Coll.

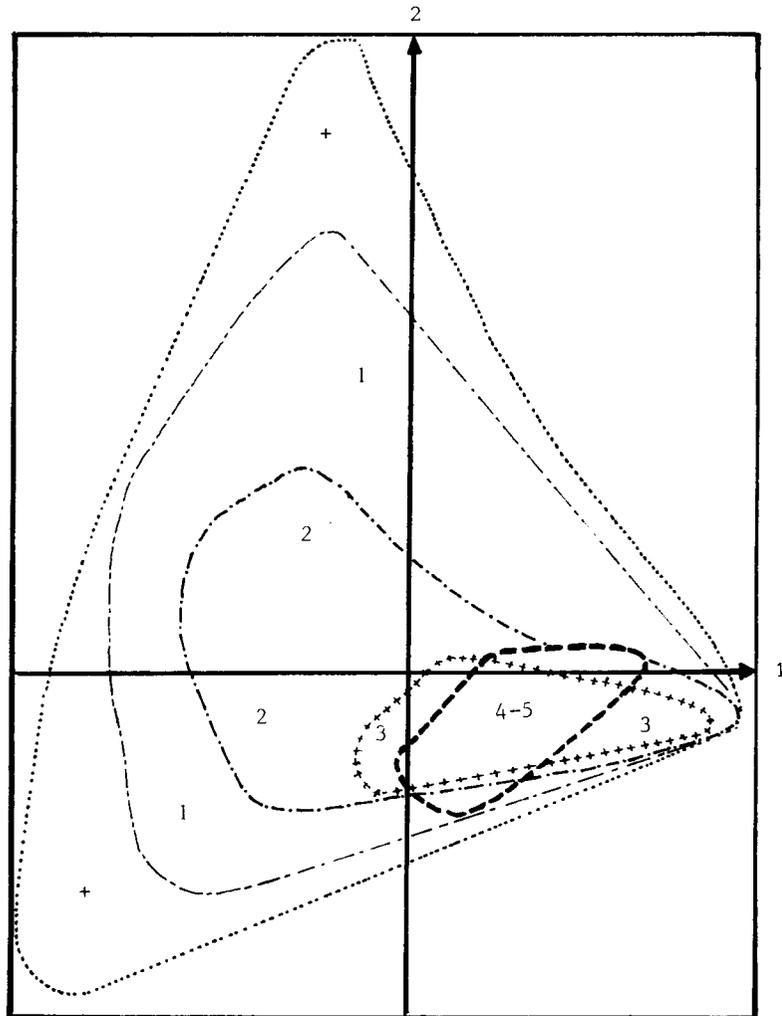
Aphyllanthes monspeliensis atteint ici son maximum de développement. Il n'est pas rare qu'elle ait un coefficient de 4. Quand son abondance faiblit, c'est alors *Genista hispanica* qui devient dominant.

Il faut noter aussi la disparition d'espèces comme *Lavandula vera*, *Coronilla minima*, *Satureja montana*, *Buxus sempervirens* et l'apparition de *Lavandula latifolia*, *Avena bromoides*, *Linum salsoloides*.

- L'autre, H₂ correspond à une pelouse piquetée de *Buxus sempervirens*. Physiologiquement, cette formation ressemble à G, à quelques différences près comme la présence ici de *Satureja montana* et *Brachypodium ramosum*. On note dans H₂ de faibles indices de caractérisation ce qui souligne qu'il s'agit en fait d'entités de transition entre plusieurs unités phytosociologiques.

Le panorama succinct des groupements que nous avons pu identifier nous amène à faire quelques réflexions plus générales.

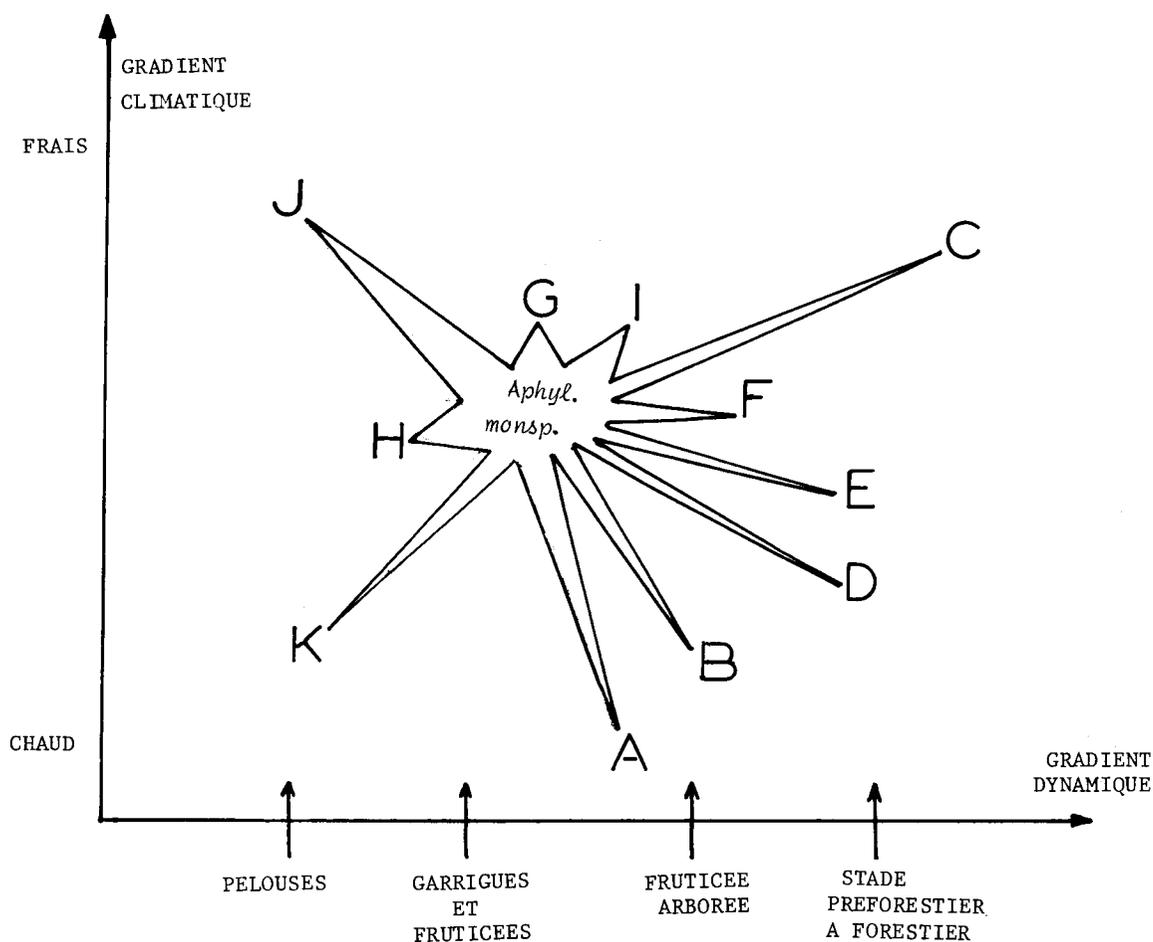
Si on localise sur les cartes factorielles issues de l'analyse factorielle des correspondances (ne tenant compte que de la seule présence des espèces) les relevés se rapportant aux différentes classes d'abondances d'*Aphyllanthes monspeliensis* cf. carte n° 3 et figure n°), on constate que le nuage des points - relevés correspondant aux coefficients d'abondance maximum de cette espèce (coefficients 4 & 5) chevauche les ensembles de points-relevés des groupements H, J et G. Cette observation permet de penser que c'est dans ces unités floristiques que ce taxon trouvera les conditions optimales à son extension.



Localisation des aires de répartition des relevés se rapportant à chaque classe d'abondance d'*Aphyllanthes monspeliensis* sur la carte factorielle des axes 1-2 de l'A.F.C. sur les données floristiques en présence-absence.

De la même manière, on s'aperçoit que l'aire de répartition des points-relevés relatifs aux différentes classes d'abondance de cette espèce se range de manière concentrique et dégressive autour de ces unités (H, J et G). Inversement, on observe qu'*Aphyllanthes monspeliensis* n'est jamais présent avec de forts recouvrements dans certaines unités. C'est le cas dans les ensembles A et B représentant le pôle le plus thermophile et dans le groupement C correspondant au stade le plus forestier.

Ces observations peuvent être représentées par un schéma où les groupements sont positionnées en fonction de l'interprétation des cartes factorielles et où l'importance relative d'*Aphyllanthes monspeliensis* dans chacun des ces ensembles est traduite par la largeur de la base des branches de "l'étoile" ainsi formée.



Importance physiologique d'*Aphyllanthes monspeliensis* dans les différents groupements.

En résumé, si l'on ne tient pas compte des particularités édaphiques propres à chaque milieu la répartition spatiale de l'espèce étudiée est limitée soit par une trop forte thermophilie, soit par un recouvrement arborescent important.

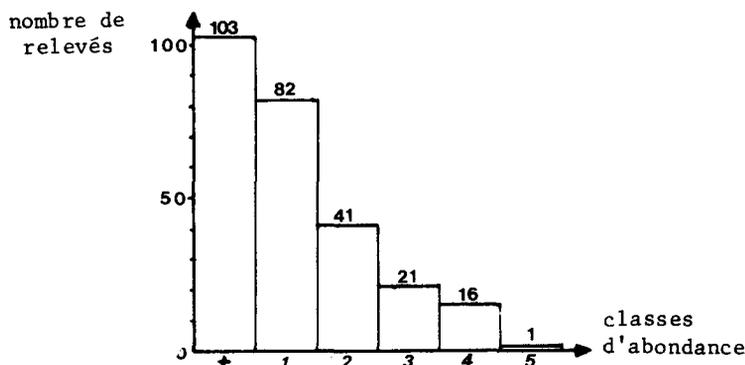
Dans ces limites, la fréquence et l'abondance d'*Aphyllanthes monspeliensis* est fonction de certains paramètres édaphiques que nous préciserons dans une note ultérieure.

IV - RELATIONS ENTRE LE RECOUVREMENT D'*APHYLLANTHES MONSPELIENSIS* ET LA COMPOSITION FLORISTIQUE DES GROUPEMENTS

Ainsi que nous l'avons exprimé précédemment, le fait qu'*Aphyllanthes monspeliensis* ait, dans un milieu donné, un recouvrement important, est l'indice de conditions favorables à son extension et à sa dissémination.

C'est pourquoi, nous avons examiné, sur l'ensemble de notre échantillonnage, les lots de relevés rassemblés en fonction du coefficient d'abondance de l'espèce étudiée.

Ainsi que l'illustre la carte factorielle n° 3 et le schéma ci-dessous, les lots relatifs à un fort coefficient d'abondance



(soit 3 et 4-5) ne comprennent qu'un nombre limité de relevés alors que ceux correspondant aux faibles coefficients (2, 1 et +) comportent un nombre de relevés important se rapportant à tous les groupements analysés. Pour ces derniers lots, on constate bien évidemment, une grande diversité du cortège floristique, qui ne permet pas de mettre en évidence des relations particulières entre l'abondance d'*Aphyllanthes monspeliensis* et certains autres taxons.

Par contre, l'examen et la comparaison des deux lots relatifs aux relevés dans lesquels *Aphyllanthes monspeliensis* a des coefficients 4-5 et 3 est plus intéressante.

On constate pour les abondances supérieures une valeur d'indice de caractérisation acceptable pour *Globularia vulgaris* ce qui traduit l'affinité de cette espèce pour les formations où *Aphyllanthes* a un fort recouvrement. Inversement, *Brunella hyssopifolia* semble plutôt lié aux recouvrements correspondant au coefficient 3.

Enfin si l'on regroupe ces deux lots de relevés on constate que *Thesium divaricatum* y apparaît alors comme l'espèce la plus significative ($I_c = 0,51$) accompagnée à un degré moindre de *Coronilla minima* (0,45), *Catananche coerulea* et *Linum salsoloides* (0,40). Par ailleurs, certains taxons tendent à disparaître lorsqu'*Aphyllanthes monspeliensis* atteint son maximum de recouvrement. Notons *Potentilla verna*, *Globularia nana*, *Linum tenuifolium*, *Leontodon crispus*, *Carlina vulgaris*, *Carlina acanthifolia*.

Compte tenu de la disparité des groupements considérés, il a paru préférable de limiter ce type d'investigation au niveau des groupements ou complexes de groupements qui par l'éventail des recouvrements d'*Aphyllanthes monspeliensis* paraissent les plus intéressants. Les groupements G et H ont été retenus conjointement compte-tenu de leur affinité. J a été envisagé, par ailleurs, puisqu'il est nettement différencié par son cortège floristique des groupements précédents.

Complexe G + H -

Quatre classes ont été retenues permettant d'établir quatre tableaux. Celui qui correspond aux abondances les plus faibles d'*Aphyllanthes* (6 relevés) révèle trois espèces à coefficients d'abondance élevés : *Genista villarsii*, *Buxus sempervirens*, *Brachypodium ramosum*. Ces relevés assez différents constituent des éléments quelque peu marginaux dans l'entité G + H.

En classe d'abondance 1 sur 23 relevés, *Thymus vulgaris* accompagne 21 fois *Aphyllanthes monspeliensis* avec des recouvrements faibles. Les espèces les plus fréquentes avec le

thym sont *Genista hispanica*, *Satureja montana* et *Anthyllis montana*.

On peut remarquer plusieurs faciès dans lesquels une espèce domine :

- faciès à *Lavandula vera*
- faciès à *Buxus sempervirens*
- faciès à *Bupleurum ranunculoïdes*
- faciès à *Sesleria coerulea*
- faciès à *Genista hispanica*.

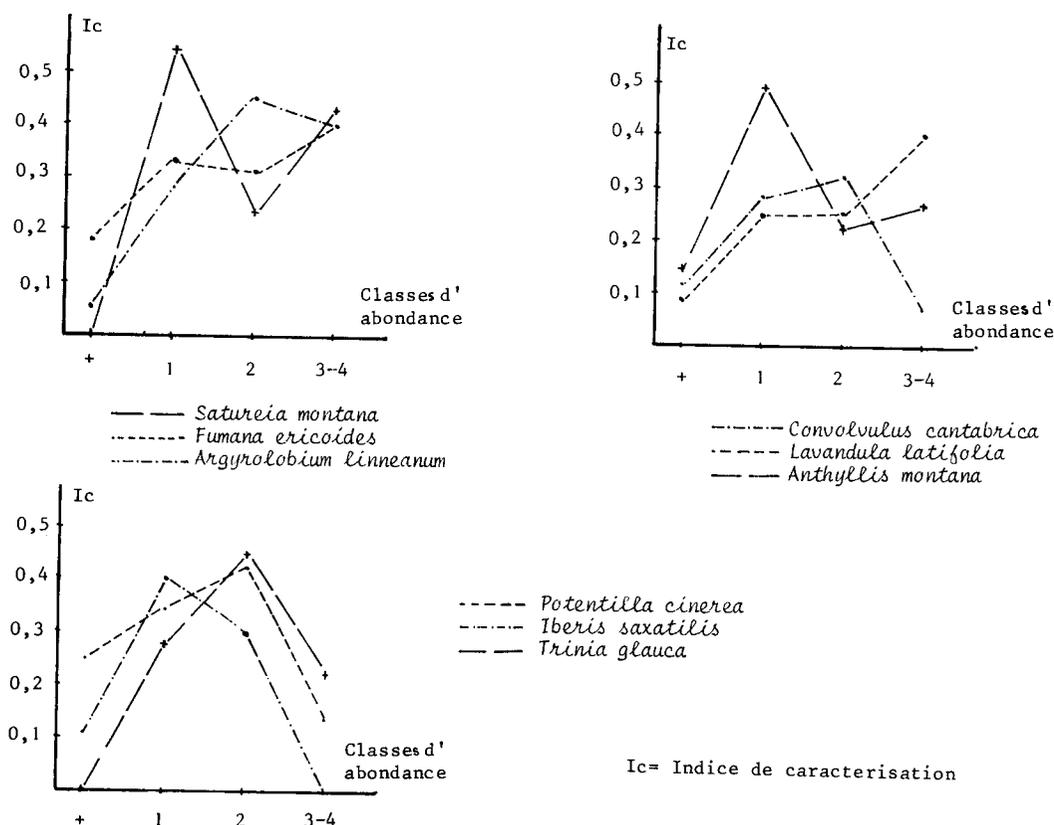
En classe d'abondance 2, sur 14 relevés *Aphyllanthes monspeliensis* est accompagné 14 fois par *Thymus vulgaris* dont les recouvrements sont comparables à ceux de l'espèce précédente. Seuls *Lavandula vera*, *Buxus sempervirens* et *Potentilla cinerea* ont occasionnellement un recouvrement supérieur.

Classe d'abondance 3-4. Aux recouvrements majeurs d'*Aphyllanthes monspeliensis* correspond une plus grande fréquence de *Linum salsoïdes* et une constance des fréquences élevées de *Genista hispanica* et *Thymus vulgaris*.

L'augmentation de recouvrement d'*Aphyllanthes monspeliensis* s'accompagne d'un affaiblissement de la diversité spécifique. Sur 14 relevés, on ne compte 112 espèces alors que dans le tableau précédent pour le même nombre de relevés 144 taxons peuvent être dénombrés.

Dans le cadre de l'entité G + H (buxaies claires et pelouses de l'*Aphyllanthion*) le comportement de certaines espèces paraît donc influencé par le degré de recouvrement d'*Aphyllanthes monspeliensis*. Puisqu'il n'est pas possible de considérer tous les taxons présents dans le cortège floristique, seul les cas de quelques espèces intéressantes à des titres divers ont été retenus. Ce sont les caractéristiques de l'*Aphyllanthion* et quelques espèces dont l'indice de caractérisation est élevé en H et en G. Au sein de chaque classe d'abondance, considérée alors comme entité, les indices I_c ont été calculés. Ils témoignent de la représentativité de l'espèce dans celle-ci.

Il est alors possible de schématiser ces informations ainsi :



REPARTITION EN FREQUENCE DE QUELQUES ESPECES SUIVANT LES DIFFERENTES CLASSES D'ABONDANCE D'*Aphyllanthes monspeliensis* DANS LES GROUPEMENTS G + H

- CLASSE 2 G+H - 14 relevés - 144 especes differentes

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | |
|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|-----------|
| Numero des relevés : | 1 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 5 | 2 | 1 | FRQU11.C1 |
| Aphyllanthes monspeliensis..... | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 141.111 |
| Thymus vulgaris..... | + | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 141.141 |
| Bromus erectus..... | 4 | 4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 91.131 |
| Arctostaphylos uva-ursi..... | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 91.281 |
| Erysimum australe..... | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | 91.31 |
| Seseli montanum..... | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | 81.241 |
| Lavandula vera..... | 4 | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | 71.131 |
| Leuzea conferta..... | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | 71.171 |
| Potentilla cinerea..... | + | + | + | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 71.41 |
| Eranium campestre..... | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | 71.151 |
| Teucrium polium..... | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | 71.231 |
| Teucrium chamaedrus..... | + | + | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 71 - 1 |
| Coronilla minima..... | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | 61.121 |
| Fumana ericoides..... | 1 | + | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 61.131 |
| Linum salsoloides..... | 1 | + | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 61.161 |
| Trinia glauca..... | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | 61.371 |
| Ruxus sempervirens..... | 1 | 1 | 1 | 3 | 2 | 1 | + | + | + | + | + | + | + | + | 61.131 |
| Sedum nicaeense..... | 1 | + | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 61.251 |
| Festuca duriuscula..... | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 61.161 |
| Anthyllis vulneraria..... | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 61.291 |
| Brachypodium ramosum..... | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 61.121 |
| Stachelina dubia..... | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | 61.171 |
| Satureia montana..... | 2 | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | 51.141 |
| Inula montana..... | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | 51.21 |
| Festuca ovina..... | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 51.121 |
| Lactuca perennis..... | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | 51.241 |
| Fumana procumbens..... | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 51.181 |
| Helianthemum italicum..... | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 51.121 |
| Koeleria valesiana..... | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 51.141 |
| Galium mollusc ssp. corrudefolium..... | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 51.111 |
| Teucrium montanum..... | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | 51.131 |
| Teucrium polium ssp. aureum..... | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | 41.281 |
| Thesium divaricatum..... | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 41.11 |
| Sedum anopeltium..... | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | 41.241 |
| Juniperus oxcedrus..... | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | 41.11 |
| Linum carbonense..... | + | + | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 41.221 |
| Arabis hirsuta..... | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | 41.181 |
| Iberis saxatilis..... | + | + | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 41.251 |
| Galium mollusc..... | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 41.131 |
| Trigonella coerules..... | + | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 41.11 |
| Anthyllis montana..... | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 41.141 |
| Convolvulus cantabricus..... | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 41.291 |
| Helichrysum staeche..... | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | 41.21 |
| Lavandula latifolia..... | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 41.121 |
| Carlina acanthifolia..... | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 31.131 |
| Knaulia purpurea var. meridionalis..... | 1 | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | 31.111 |
| Stipa pennata..... | + | + | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 31.171 |
| Astragalus monspessulanus..... | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | 31.111 |
| Valeriana tuberosa..... | 1 | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | 31.281 |
| Genista villarsii..... | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | 31.281 |
| Aethonema saxatile..... | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | 31.331 |
| Muscari racemosum..... | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | 31.31 |
| Genista hispanica..... | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | 31 - 1 |
| Dianthus sylvestris ssp. virginicus..... | + | + | + | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 31.161 |
| Amelanchier ovalis..... | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | 31 - 1 |
| Genista scorpius..... | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 31.151 |
| Carex humilis..... | + | + | + | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 31 - 1 |
| Bunium bulbocastaneum..... | + | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 31.331 |
| Euphorbia characias..... | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | 31.151 |
| Doronicum suffruticosum..... | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | 31 - 1 |
| Euphorbia serrata..... | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | 31.281 |
| Cephalaria leucantha..... | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | 31.21 |

- Classes 3-4 relevés(G+H) - 14 relevés - 112 especes differentes

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | |
|---------------------------------|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|-----------|
| Numero des relevés : | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9 | 9 | 2 | 2 | 0 | 6 | 2 | FRQU11.C1 |
| Aphyllanthes monspeliensis..... | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 141.111 |
| Linum salsoloides..... | 1 | 2 | 1 | 2 | 3 | 1 | 1 | + | + | + | + | + | + | + | 111.291 |
| Genista hispanica..... | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | 101.171 |
| Thymus vulgaris..... | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | 101.111 |
| Coronilla minima..... | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | + | + | + | + | + | + | + | + | + | 101.211 |
| Leuzea conferta..... | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | + | + | + | + | + | + | + | + | + | 91.231 |
| Satureia montana..... | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | 91.261 |
| Fumana ericoides..... | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | 81.181 |
| Arctostaphylos uva-ursi..... | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 81.251 |
| Catananche coerules..... | + | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 81.31 |
| Lavandula vera..... | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | 71.131 |
| Doronicum suffruticosum..... | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 71.161 |
| Teucrium montanum..... | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | 71.181 |
| Lavandula latifolia..... | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | 61.191 |
| Inula montana..... | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | 61.241 |
| Stachelina dubia..... | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 61.171 |
| Globularia vulgaris..... | 1 | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | 61.541 |
| Trigonella coerules..... | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 61.151 |
| Thesium divaricatum..... | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | 61.161 |
| Avena bromoides..... | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 61.231 |
| Bromus erectus..... | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | 61 - 1 |
| Teucrium chamaedrus..... | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 61 - 1 |
| Potentilla australis..... | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 51.431 |
| Carex humilis..... | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 51.111 |
| Eranium campestre..... | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 51.111 |
| Anthyllis montana..... | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 51.181 |
| Onobrychis saxatilis..... | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 41.341 |
| Sideritis hirsuta..... | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 41.41 |
| Leontodon hirtus..... | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 41.181 |
| Lotus delortii..... | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 41.131 |
| Carex halleriana..... | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | 41 - 1 |
| Astragalus monspessulanus..... | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | 41.151 |
| Erysimum australe..... | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | 41.131 |
| Sedum nicaeense..... | 1</ | | | | | | | | | | | | | | |

Ces graphiques soulignent que *Fumana ericoïdes*, *Argyrolobium linneanum*, *Lavandula latifolia* sont favorisés par l'augmentation du recouvrement de l'espèce étudiée. Inversement, *Potentilla cinerea*, *Iberis saxatilis*, *Trinia glauca* semblent, dans ce cas défavorisés.

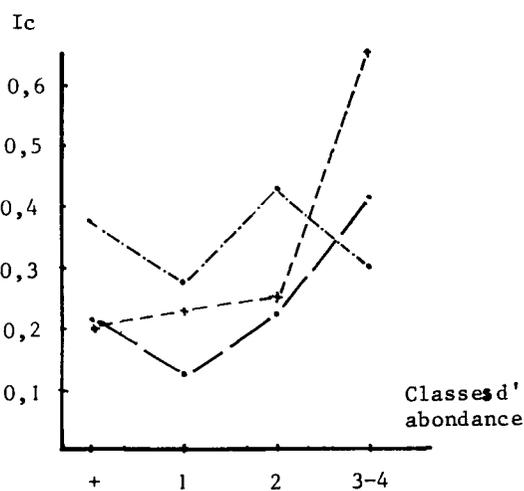
Groupement J

La même stratégie a été appliquée pour le groupement J puisque celui-ci représente un des biotopes où *Aphyllanthes monspeliensis* s'épanouit le mieux.

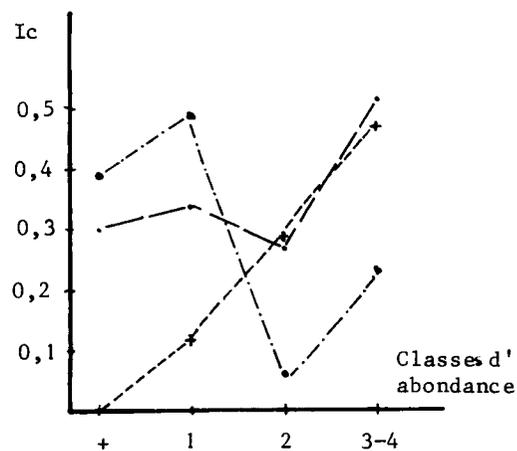
On remarquera que *Thesium divaricatum*, *Coronilla minima*, *Linum salsoloïdes*, *Brunella hyssopifolia*, *Potentilla verna*, *Hippocrepis comosa*, *Fumana procumbens* voient leur fréquence augmenter simultanément à l'accroissement de l'abondance d'*Aphyllanthes monspeliensis*. L'inverse se produit pour *Carlina vulgaris* et *Teucrium montanum*.

Par ailleurs, comme pour l'entité G + H, la diversité spécifique diminue quand l'*Aphyllanthe* domine, phénomène que l'on peut sans doute lier aux exigences écologiques que crée l'environnement des touffes de cette espèce.

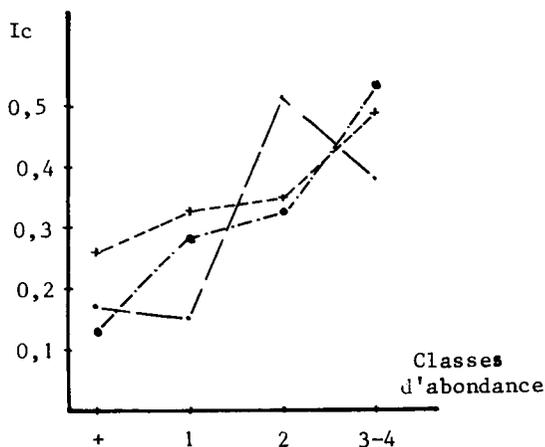
Les graphiques suivants illustrent la variation de fréquence de quelques taxons.



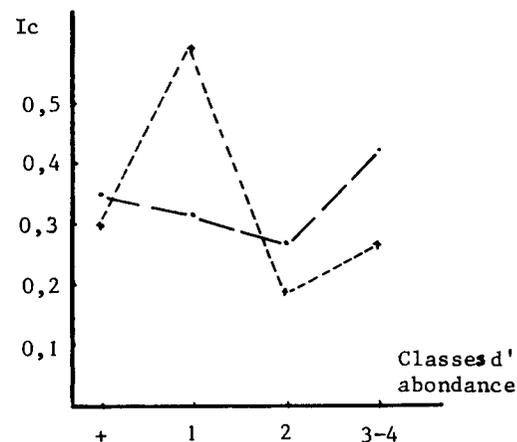
----- *Thesium divaricatum*
 - - - - *Linum salsoloïdes*
 - · - · *Linum tenuifolium*



----- *Coronilla minima*
 - - - - *Brunella hyssopifolia*
 - · - · *Carlina vulgaris*



----- *Potentilla verna*
 - - - - *Hippocrepis comosa*
 - · - · *Fumana procumbens*



----- *Echinops ritro*
 - · - · *Teucrium montanum*

Ic = Indice de caractérisation

REPARTITION EN FREQUENCE DE QUELQUES ESPECES SUIVANT
 LES DIFFERENTES CLASSES D'ABONDANCE D'*Aphyllanthes*
monspeliensis DANS LE GROUPEMENT J.

CONCLUSION

Des différents aspects abordés dans cette note, il ressort que :

- Les groupements dans lesquels *Aphyllanthes monspeliensis* peut atteindre un développement important, indicateur de son optimum écologique, s'intègrent dans la dynamique de la chênaie à *Quercus pubescens* ; ceci confirme les observations faites en 1970 par ARCHILOQUE et Coll.

- les formations où *Aphyllanthes monspeliensis* est dominant, n'appartiennent pas nécessairement à l'*Aphyllanthion*. Ceci tend à montrer que cette espèce a une amplitude écologique beaucoup plus large que l'alliance à laquelle elle a donné son nom. En effet, elle peut abonder dans des groupements n'ayant qu'un rapport éloigné avec cette unité phytosociologique. (exemple du groupement J).

- l'examen floristique des groupements a permis de préciser deux limites écologiques à l'extension du taxon étudié. Il s'agit d'une part de la fermeture du couvert végétal des strates arbustives et arborescentes et d'autre part du degré de thermophilie du milieu.

La précision de ces limites doit permettre, dans l'étude des conditions édaphiques liées au développement d'*Aphyllanthes monspeliensis*, d'optimiser notre échantillonnage à des stations où l'abondance de cette espèce est indépendante de ces paramètres.

BIBLIOGRAPHIE

- ARCHILOQUE A., BOREL L., DEVAUX J.P., LAVAGNE A., MOUTTE P. & WEISS H. (1970). Vers une caractérisation phytosociologique de la série méditerranéenne du chêne pubescent. *Ann. Fac. Sc. Marseille*, XLIV : 17-42
- BARBERO M. & LOISEL R. (1971). Contribution à l'étude des pelouses à Brome méditerranéennes et méditerranéo-montagnardes. *Inst. Bot. Cavanilles*, 284 : 93-165.
- BARBERO M., LOISEL R. & QUEZEL P. (1972). Etude phytosociologique des Pelouses à *Anthyllis montana*, *Ononis striata*, *Sesleria coerulea* en France méridionale. *Bull. Soc. Bot. Fr.*, 119, 141-168.
- BARBERO M., QUEZEL P. (1975). Végétation culminale du Mont Ventoux. Sa signification dans une interprétation phytogéographique des Préalpes méridionales. *Ecologia mediterranea*, 1, 3-33.
- BARBERO M., DU MERLE P., QUEZEL P. (1976). Les peuplements sylvaux naturels du Mont-Ventoux (Vaucluse). *Documents phytosociologiques*, 15-18 : 1-14.
- BONIN G., AUBERT G., BARBERO M., GAMISANS J., GRUBER M., LOISEL R., QUEZEL P., SANDOZ H., THINON M., & VEDRENNE G. - Mise en évidence de la dynamique de quelques écosystèmes forestiers et préforestiers provençaux aux étages méditerranéens s.l. *Vegetatio (sous presse)*.
- LOISEL R. (1976). La végétation de l'étage méditerranéen dans le Sud-Est continental français. *Thèse Doc. d'Etat Université d'Aix-Marseille III - 384 p + annexes*.
- MOLINIER R. (1934). Etude phytosociologiques et écologiques en Provence occidentale. *Ann. Mus. Hist. Nat. Marseille*, 27, 273 p.
- TOMASELLI R. (1948). La pelouse à *Aphyllanthes (Aphyllanthion)* de la garrigue montpellieraine. *Atti. Instit. Botan. Pavia*, 5, VII, 103-236.
- VANDEN BERGHEM (1963). Etude de la végétation des Grandes Causses du Massif Central de la France *Mem. Soc. royale Botan. de Belgique . Bruxelles* 96-108.
- VEDRENNE G. (1982). L'analyse multivariable et la mise en évidence d'indicateurs biologiques. Application à l'étage méditerranéen de Provence calcaire. *Thèse Doc. 3ème cycle. Université d'Aix-Marseille III*, 110 p + annexes.
- VIDAL Ph. (1982). Les pelouses de la Drome. Caractéristiques floristiques. Relations avec les facteurs géopédologiques et physiographiques. *Thèse de Doc. 3ème cycle. Université d'Aix-Marseille III*. 78 p + annexes.

SOUTENANCES de THESES

THESES DE DOCTORAT D'ETAT

ALCARAZ Claude - "La végétation de l'ouest algérien". Université de Perpignan. 2 juin 1982

I - Texte : 415 p. ; II - Encartype ; III - Annexe.

JURY : A. BAUDIERE, H. JUPIN, R. LOISEL, P. PENON, P. QUEZEL (Président).

Le mémoire de Monsieur ALCARAZ est impressionnant par la quantité de données qu'il apporte sur une partie mal connue de la région méditerranéenne.

Après une analyse fine des connaissances relatives à la flore et à la végétation algérienne, le cadre géographique des recherches est précisé, sans excès, en mettant en relief ce qui a une incidence sur la répartition et la diversité des bioclimats et de la végétation.

L'étude climatique détaillée, qui fait suite, est documentée et critiquée ; l'auteur propose une solution originale qui paraît satisfaisante pour expliquer la végétation.

Les aspects édaphiques de l'Oranie sont ensuite exposés.

La plus grande partie du mémoire est consacrée à la végétation. Si l'on peut regretter que la méthodologie phytosociologique ne soit pas intégralement utilisée, il n'en reste pas moins que la description des ensembles de végétation à laquelle l'auteur arrive est séduisante compte tenu de l'indigence des données bibliographiques sur la végétation de cette région. M. ALCARAZ utilise une méthode rappelant celles permettant de mettre en évidence les groupes écologiques : il s'appuie sur des classements des relevés de végétation, en cascade, dans un premier temps en fonction du type de sol, puis en fonction des variantes bioclimatiques. Les grands ensembles de végétation décrites réunissent la pinède de Pin d'Alep, la Tetraclinaie les chênaies vertes et la formation littorales à genevriers.

Ce mémoire constitue indiscutablement une étape importante de la connaissance de la végétation de l'Oranie et servira de base aux futures recherches phytoécologiques.

R. LOISEL

PELTIER Jean-Paul - "La végétation du bassin versant de l'oued Sous (Maroc)". Université scientifique & médicale de Grenoble, 201 p. Le 8 octobre 1982.

JURY : F. JOLY, R. NEGRE, P. OZENDA, P. QUEZEL, L. RICHARD.

Conduites avec le double objectif de l'intérêt pratique et de la connaissance exploratoire de la végétation, ces recherches avaient pour but de rendre compte des caractères surtout sociologiques de la végétation, tout en s'efforçant, malgré la faible importance des moyens, de réunir les données écologiques essentielles de façon à mettre en évidence les gradients climatiques de la région, en rapport avec la dynamique atmosphérique.

Si on s'en tient à la définition d'EMBERGER, le climat de la région est méditerranéen, mais un méditerranéen fortement teinté d'océanité, ce qui a pour effet d'amortir la variation des températures extrêmes et de provoquer, surtout au voisinage de la côte, un net adoucissement du climat. Le phénomène le plus remarquable est l'envahissement des plaines, vallées et cuvettes, dans lesquelles s'étale l'Arganier, par les brumes liées à l'importante évapotranspiration de jour. Ce phénomène prend une importance d'autant plus grande du point de vue écologique que la pluviométrie est faible.

L'inventaire floristique souligne la richesse relative du pays qui abrite près du tiers de la flore du Maroc (1240 espèces et sous-espèces sur 4215). Ce sont surtout des thérophytes, témoins biologiques de l'aridité. Véritable "carrefour botanique", la région regroupe de nombreux éléments : méditerranéen (632 taxons), ibérique (94 taxons), saharien (42 taxons), tropical (17 taxons), macaronésien (13 taxons), pour ne citer que les mieux représentés. L'élément endémique, bien que ne renfermant que 52 taxons propres à la région (auxquels il faut cependant ajouter 90 taxons strictement marocains), lui imprime une marque physiologique tout à fait particulière.

Au plan phytosociologique, les techniques numériques appliquées aux 1205 relevés retenus pour le traitement ont permis d'individualiser 48 associations pratiquement toutes nouvelles. L'emploi de l'analyse factorielle des correspondances utilisant le critère présence - absence a facilité la définition objective des associations présentes sur le terrain, uniquement sur la base de disjonctions spatiales. Cependant, il faut insister sur le fait que les résultats dépendent de l'échelle de travail, du choix des observations, de leur nombre, c'est-à-dire de la façon dont a été analysée la complexité du milieu. Au niveau de la distribution des associations, les cartes factorielles ont mis l'accent sur l'importance des espèces dominantes. Ce sont elles qui contribuent, par leur forte participation, à élaborer les plans factoriels. Les disjonctions mises en évidence par l'analyse factorielle se superposent aux discontinuités physiologiques fon-

dées sur l'analyse des transects de végétation. Les associations ainsi délimitées par la double approche floristique et physiognomique se distribuent sur le terrain d'abord en fonction des paramètres macro et mésoclimatiques, eux-mêmes en lien étroit avec la topographie, principale régulatrice des conditions hydriques, tant au niveau du climat que du sol. De plus, l'action des paramètres climatiques est souvent conditionnée au niveau de l'édaphisme par la nature du substrat. A l'ensemble de ces actions qui tendent à différencier des unités naturelles de végétation s'oppose tout un ensemble d'actions anthropozoogènes qui tendent à uniformiser tous les milieux par régression. Ces deux ensembles de facteurs agissant en sens inverse compliquent beaucoup le travail analytique de terrain et les synthèses ultérieures. Exprimer cette réalité était un des buts de l'étude. Aussi a-t-il paru indispensable de comparer tous les types de végétation présents sur le terrain, donc toujours des relevés géographiquement proches et de constitution floristique voisine. Le tableau général résultant de cet exercice peut paraître difficile à lire, mais pas plus que la nature, dont il reflète la réalité. Etant donné la façon dont a été conduit le relevé, en prenant en compte simultanément les éléments thérophytiques, chamaephytiques et arborés, on doit considérer ces combinaisons, si l'on se réfère à la tendance actuelle de la phytosociologie, comme des ensembles d'associations. En fait, nos groupements s'apparentent aux grandes associations classiques d'antan. Ils ont donc, comme elles, une valeur collective, correspondant le plus souvent aux alliances.

Les relations entre espèces d'une part et variables du milieu d'autre part ont été appréhendées pour une trentaine de taxons à la fois par l'observation des aires de répartition et par les profils écologiques. Il a été alors possible de comprendre la répartition de ces espèces, à la fois dans le Sous et le Haouz.

L'étude des relations de filiation entre les groupements végétaux pose un réel problème : les observations révèlent, surtout dans la zone aride, une absence de dynamisme progressif, au moins autant déterminé par le climat que par l'homme, rendant fort difficile leur hiérarchisation sérielle. Les unités décrites doivent être considérées comme des structures stables, parfaitement en équilibre avec les conditions du milieu. Elles sont le résultat de l'intrication stationnelle des facteurs biotiques et abiotiques, plutôt qu'une expression dynamique de la formation.

Les groupements ne distribuent que quatre étages : inframéditerranéen, thermoméditerranéen, mésoméditerranéen et méditerranéen supérieur. Ce sont les valeurs de m qui ont été utilisées pour définir les étages altitudinaux de végétation. Il ne s'agit toutefois que d'une approximation car il est clair qu'elles ne sont en aucune façon susceptibles d'être utilisées à elles seules pour définir les étages altitudinaux de végétation. D'ailleurs, tout laisse penser que la définition des étages altitudinaux de végétation doit prendre en compte non pas une, mais l'ensemble des variables essentielles au développement du végétal ; l'étage en exprimerait en quelque sorte la synthèse.

La carte des climax de végétation montre que l'Arganier joue dans la région le rôle primordial dans la strate arborée de la végétation. A l'intérieur de cette formation comme des autres, il est possible de reconnaître des tonalités correspondant soit à des types de substrats particuliers, soit à des conditions climatiques différentes. Au total, près de vingt tonalités ont été distinguées.

Au plan biogéographique, tous les faits permettent de proposer une subdivision de la région en domaines, secteurs et districts floristiques. La plus grande partie de la région se situe dans le domaine méditerranéen nord-africain. Il comprend les plaines, les piémonts ainsi qu'une grande partie des pentes des Atlas. On peut y reconnaître trois secteurs, sept sous-secteurs et onze districts. Le domaine steppique nord-africain est caractérisé par un endémisme prononcé et coïncide avec la steppe à armoise blanche. Le secteur marocain macaronésien a une végétation qui rappelle celle des îles Canaries. Il n'intéresse que la côte atlantique. Le domaine montagnard ouest-méditerranéen ne touche que quelques hauts massifs éruptifs de l'Anti-Atlas.

M'HIRIT Omar - "Etude écologique et forestière des cédraies du PIF Marocain. Essai sur une approche multidimensionnelle de la phytoécologie et de la productivité du cèdre (*Cedrus atlantica* Manetti)". Université de Droit, D'économie et des Sciences d'Aix-Marseille. Le 15 octobre 1982.

JURY : M. BARBERO, G. BONIN, M. BONNEAU, J. PARDE, P. QUEZEL, G. ROMANE, A. SCHOENEMBERGER.

Ce mémoire comprend cinq parties. Dans chacune d'elle on a essayé de faire progresser, d'une manière concomitante, la connaissance des phénomènes en cause : écologie et productivité du cèdre de l'Atlas, et l'essai sur une approche multidimensionnelle de leur analyse. L'esquisse climatologique de l'ensemble des cédraies du pourtour méditerranéen permet de nuancer la variabilité génécologique du cèdre, et de mettre en relief les types bioclimatiques des cédraies rifaines.

L'analyse critique des différentes approches utilisées pour l'étude du milieu forestier conduit à proposer une méthodologie, sur le plan du concept, et de l'analyse multidimensionnelle. Cette méthodologie est alors exploitée pour la description typologique des communautés végétales des cédraies du Rif. La caractérisation morphométrique des profils de tiges permet l'évaluation de tarifs de cubage précis et fiables pour l'évaluation de la production ligneuse. Les résultats écologiques et dendrométriques obtenus, permettent d'aborder l'étude des liaisons station-production qu'on traduit enfin par une typologie des classes de croissance.

ALOUI Ali - "Recherches dendroclimatologiques en Kroumirie (Tunisie).

I - Texte : 109 p. ; II - Cartes, figures et tableaux : 48 p.

JURY : J. GUIOT, A. PONS (Président), P. QUEZEL, A. SCHOENENBERGER, A. SEIGUE, F. SERRE-BACHET.

Les recherches concernent le Chêne Zen (*Quercus canariensis* Willd.) de six sites étagés entre 250 et 950 m d'altitude et le Pin maritime (*Pinus pinaster* Soland) d'une seule station de basse altitude étudiée à titre de comparaison. Dans une des stations de chênes, l'épaisseur des cernes est considérée à trois niveaux différents des arbres. Les 7 sites se répartissent dans les régions de Tabarka et D'ain Draham.

L'analyse des seules variations de l'épaisseur des cernes des chênes sur environ 90 ans, en permettant la reconstitution de l'histoire des coupes et de leur impact, montre que la croissance peut être améliorée avec une sylviculture adaptée aux conditions de la station. Elle souligne aussi la supériorité de la croissance moyenne des arbres de basse altitude sur la croissance des arbres d'altitude élevée, la présence d'une texture plus hétérogène du bois dans les sites à conditions de végétation a priori difficiles quelle que soit l'altitude.

Il existe une forte dépendance de la croissance annuelle en épaisseur vis-à-vis de la croissance antérieure et des facteurs de croissance annuels en particulier dans les sites où, avec une mauvaise alimentation en eau, les conditions de végétation sont a priori difficiles.

Chez les arbres analysés à différents niveaux est mise en évidence la décroissance de l'épaisseur des cernes et de l'hétérogénéité de la texture du bois de la base vers le sommet de l'arbre. L'excellent synchronisme des variations de l'épaisseur des cernes examinée à 1 m du sol entre les rayons de plusieurs arbres justifie le bien fondé des prélèvements courants à 1,30 m du sol.

La recherche de la signification des principaux axes dégagés par l'analyse factorielle des correspondances des séries de cernes aboutit à une interprétation climatique de l'axe 1 (importance du bilan hydrique du mois de novembre précédant la formation du cerne, puis des mois d'avril, mai surtout, et enfin juin) et à une interprétation plus complexe des axes 2 à 5 faisant appel au comportement individuel des arbres sous l'emprise du facteur 1 et des conditions stationnelles.

Les données climatiques (précipitations et températures) proviennent des stations météorologiques de Tabarka et d'Ain Draham dont les relevés remontent au début du siècle. Une analyse approfondie en est faite et un certain nombre de paramètres bioclimatiques (E.T.P., E.T.R., déficience hydrique, quotient pluviothermique d'Emberger, indice de Giacobbe) sont calculés.

Dans la recherche des relations de l'épaisseur des cernes avec le climat de la période 1940-75, il ressort que l'épaisseur des cernes est surtout liée directement au bilan hydrique de la période où se situe l'activité cambiale proprement dite et que la contrainte exercée par les facteurs climatiques est d'autant plus grande que les arbres se trouvent dans des conditions de végétation difficiles. Les conditions climatiques qui interviennent au cours de la période de réactivation cambiale, de la fructification et de la constitution des matières de réserve influencent aussi l'élaboration du cerne annuel. Les différences observées d'un site à l'autre entre le moment d'intervention des paramètres climatiques et entre leur intensité sont liées aux décalages du cycle biologique du chêne avec l'altitude.

La connaissance de la réponse de l'arbre aux conditions climatiques dans ses différents milieux peut rationaliser la pratique des coupes d'éclaircie et des plantations

Françoise SERRE-BACHET

THESES DE 3ème CYCLE

VEDRENNE G. - "L'analyse multivariée et la mise en évidence d'indicateurs biologiques. Application à l'étage méditerranéen de Provence Calcaire". Université de Droit, D'Economie et des Sciences d'Aix-Marseille. Le 11 janvier 1982.

JURY : G. BONIN, R. LOISEL, P. QUEZEL (Président), M. ROUX.

En région méditerranéenne, les altérations du tapis végétal sont telles que les milieux sont constamment soumis à des variations évolutives ou regressives. C'est pourquoi, l'auteur s'est attaché à mettre en relief des espèces ou groupes d'espèces susceptibles de caractériser le degré d'altération de la couverture végétale et les potentialités dynamiques en Provence calcaire.

L'ensemble de la démarche est basé sur l'utilisation de techniques numériques dont les différentes modalités d'utilisation en phytoécologie et plus particulièrement pour répondre au problème posé, sont exposées en premier lieu.

L'application de l'analyse factorielle des correspondances aux données floristiques a été particulièrement fouillée. De nombreux traitements tenant compte de la présence des espèces puis de leur abondance dans les relevés de végétation ont permis de discriminer les stades de la dynamique de la végétation et de mettre en évidence des indicateurs biologiques représentatifs de ceux-ci. Cette démarche a été complétée par l'utilisation d'un indice de caractérisation mis au point par l'auteur et tout a fait utile pour sélectionner les espèces les plus significatives.

L'investigation phytoécologique a été développée sur soixante dix stations. Une

très large analyse des problèmes d'échantillonnage des données écologiques, de la hiérarchisation de celles-ci, a permis d'en considérer certaines comme prépondérantes dans la caractérisation des sols provençaux dans le cadre de l'étude des relations entre sol et végétation.

Ces relations sont étudiées afin de préciser quelles sont les modalités de variables du milieu édaphique le plus souvent liées aux indicateurs sélectionnés dans la première partie du mémoire. Ceci débouche sur l'établissement de profils écologiques élaborés.

Ces différentes investigations ont conduit l'auteur à soulever un certain nombre de problèmes d'ordre méthodologique et d'ordre phytoécologique.

La conclusion du mémoire constitue une réflexion sur la notion d'indicateur biologique et sur les techniques de mise en évidence.

VIDAL Philippe - "Les pelouses de la Drome : Caractérisation floristique, Relations avec les facteurs géopédologiques et physiographiques". Université de Droit, d'Economie et des Sciences d'Aix-Marseille. Le 11 janvier 1982.

JURY : M. BARBERO, G. BONIN, G. CALLOT, P. DUMERLE, R. NEGRE, P. QUEZEL (Président).

Cette étude s'est plus particulièrement attachée à différencier floristiquement et écologiquement les types de pelouses naturelles existant dans la région du Diois-Baronnies.

Dans une première partie l'auteur a ordonné les 357 relevés de végétation en fonction du cortège floristique. Il a utilisé à cet effet l'analyse factorielle des correspondances. Ceci lui a permis de différencier une dizaine de groupements essentiellement supraméditerranéens. Sous l'influence d'une augmentation d'altitude, deux évolutions sont constatées l'une liée aux substrats calcaires durs, l'autre aux grès et calcaires gréseux.

L'étude des relations entre milieu et végétation s'appuie sur des paramètres indiquant l'ambiance générale et la morphologie du sol et sur des paramètres physico-chimiques correspondant aux vingt premiers centimètres du sol. L'auteur s'est attaché à développer deux démarches parallèles. Il a cherché d'une part à distinguer les grands systèmes édaphiques de la zone d'étude ainsi que la valeur discriminatoire de la nature de la surface du sol, d'autre part, à situer la répartition de chaque groupement floristique dans les différentes classes de variables prises séparément. Il ressort de ces investigations que la végétation des pelouses de cette région est discriminée par la fraction grossière du sol et par la nature de la roche-mère. L'auteur rappelle la vocation des terres de chaque groupement floristique.

L'étude des potentialités pastorales des groupements floristiques constitue la troisième partie du mémoire. Il comporte l'inventaire et la répartition des meilleures espèces pastorales au sein de chaque type de pelouse et l'évolution de la valeur pastorale actuelle de chaque groupement floristique.

ARNAUD-ÉRAUD M.T. - "Etude phyto-écologique des Cévennes siliceuses en Basse-Lozère". Université de Droit, d'Economie et des Sciences d'Aix-Marseille. Le 23 février 1982.

JURY : G. AUBERT, G. BONIN, J. GAMISANS, M. GRUBER, P. QUEZEL (Président), J. RIOUX.

Ce mémoire comprend trois parties. La première traite de l'étude floristique de la végétation et permet de distinguer 30 types de faciès différents se rattachant à 6 classes phytosociologiques classiques : *Quercetum* - *Fagetum*, *Epilobietum angustifolii*, *Quercetum ilicis*, *Cellunetum ulicetum*, *Cistetum lavanduletea*, *Asplenictum rupestris* parmi lesquelles certains ordres et associations ont été reconnus.

La seconde partie expose de l'organisation spatiale de la végétation.

La variabilité de la végétation est liée à la situation géographique et à l'histoire des parcelles.

La hiérarchie des facteurs responsables de la répartition de la végétation dans l'espace est : par ordre d'importance :

- l'humidité, c'est-à-dire le mésoclimat ;
- le degré de sécheresse du sol ;
- l'exposition.

Certains états de ces trois principales grandes variables ou de celles qui leur sont directement ou indirectement corrélées peuvent se compenser. Cette compensation explique assez bien l'arrangement des divers types de faciès dans l'espace.

La troisième partie est consacrée à l'organisation temporelle de la végétation. Plusieurs séquences évolutives ont été proposées en fonctions des différentes situations écologiques existantes.

Ces séquences aboutissent à quatre types de climax ou subclimax.:

- La Chenaie verte de l'étage meso-méditerranéen ;
- Aux étages supraméditerranéen et collinéen de type atlantique les séquences sont diversifiées, mais le dernier maillon est très souvent représenté par un stade à chataigner.
- Enfin à l'étage montagnard les séries conduisent à la Chênaie sessile (sur le versant méditerranéen) ou à la Hêtraie acédophile sur le versant atlantique.

BICHARD D. - "Essai sur les relations entre milieu et productivité du Chêne vert au Lubéron". Université de Droit, d'Economie et des Sciences d'Aix-Marseille. Le 25 février 1982.

JURY : G. BONIN, P. DELABRALE, J. DEMONTGOLFFIER, R. NEGRE (Président).

Ce mémoire traite de quelques problèmes concernant les taillis de chênes verts du Massif du Lubéron (Vaucluse).

L'objectif fixé était de déterminer les facteurs du milieu susceptibles d'avoir une incidence sur la productivité de ces taillis.

Pour mener à terme ce programme une méthode d'analyse basée sur un processus d'enquête a été retenue. Elle s'est appuyée sur la prise en compte de caractéristiques dendrométriques (hauteur moyenne, hauteur dominante, surface terrière, densités en brins et en cèpées des populations de tige) d'une part, et de l'évaluation parallèle de paramètres du milieu, au sein de 18 stations, d'autre part. Ces dernières sont choisies de manière à représenter un gradient de xérothermique déduit d'une analyse floristico-écologique de la végétation des clairières associées aux bouquets de Chêne vert.

Dans une ultime étape l'auteur met en relation les données du milieu et les caractères dendrométriques observés sur chaque placette de deux ares.

Du point de vue des méthodes utilisées, la procédure employée s'est largement inspirée du "protocole d'installation et de mesures des placettes de production semi-permanentes" de DECOURT (1973). Cette technique mise au point pour l'étude des futaies équiennes a dû être adaptée aux particularités des taillis sondés, (densités entiges fluctuant entre 5 000 et 20 000 tiges à l'hectare en peuplement complet, hauteur moyenne oscillant entre 2m et 2m80...). En particulier une approche méthodologique succincte a permis de préciser qu'il était plus adéquat de mesurer les circonférences à 0,50 m du sol, plutôt qu'au niveau traditionnel 1,50 m.

En outre, il a été établi que les productions sur écorce à la découpe 2 cm de diamètre oscillent entre 32,2 m³ et 157,8 m³ à l'hectare. Celles-ci sont estimées après établissement d'un tarif tige de la forme $v = 0,0037 C^2 \times h + 0,87$ avec une surestimation d'environ 16 %.

Les paramètres édaphiques pris en compte se sont limités aux variables physico-chimiques les plus classiques telles qu'elle sont définies dans l'ouvrage de DUCHAUFOR (1970).

La démarche méthodologique basée sur la recherche de similitudes entre type de productivité apprécié d'après la hauteur moyenne du peuplement à l'âge de 30 ans et les types de "milieux édaphiques" n'a débouché sur aucune correspondance significative.

Par contre la considération des variables édaphiques une à une, à l'aide d'une analyse discriminante, a permis de lier la productivité de ces taillis à trois paramètres : le taux de magnésium et de potassium échangeables ainsi que la profondeur apparente du substrat.

L'approche réalisée précise que ces relations ne paraissent pas caractériser les véritables facteurs limitants de la productivité qu'elles doivent être recherchés au niveau de la dynamique de l'eau, dans les couches profondes du substrat.

Trois axes de recherches émergent de diverses réflexions :

- la caractérisation de divers types d'ensouchement susceptibles de jouer un rôle sur la productivité de certains peuplement ;
- la prise en compte de l'économie de l'eau dont il convient de définir les méthodes d'approche ;
- l'établissement d'une typologie de ces taillis en relation avec les facteurs limitants de la productivité.

COQUILLARD P.D - "Approche phytoécologique d'une enclave saharienne au Maroc oriental : le Tafilalet." Université de Nice. Le 21 mai 1982.

JURY : J.P. BARRY (Président), G. BONIN, J.C. CELLES, P. QUEZEL, J. RISER.

Le Tafilalet est une région du Maroc sud-oriental que l'on peut assimiler à la réunion des bassins versants de deux oueds endoreiques importants : l'Oued Ziz et l'Oued Rheris. Tant par ses caractères climatiques, géomorphologiques que bioclimatiques et biogéographiques, cette région est teintée d'une ambiance saharienne typique. L'étude de la végétation comporte deux volets : une étude phytosociologique, dans laquelle quatre associations sont décrites ; les groupements sont rattachables au domaine du Saharanord-occidental défini par P. QUEZEL (1965) ; l'étude phytoécologique intègre des variables physiques aussi bien que biotiques. Les résultats montrent que les espèces dominantes revêtent une excellente qualité d'intégrateur des conditions édaphoclimatiques stationnelles, mais aussi, jouent un rôle prépondérant dans le conditionnement de la végétation. L'adéquation physionomie-physiosociologie, déjà pressentie par divers auteurs, est ici confirmée. Enfin, le comportement différentiel des espèces, autécologique et synécologique, est précisé. La prépondérance de la synécologie dans la logique de répartition des espèces est mise en évidence. Les groupes écologiques sont décrits. L'ensemble de l'étude a été effectuée au moyen des techniques d'analyse numérique : analyse factorielle des correspondances. Classification Hiérarchique Ascendante, intervenant après des programmes de mise en forme des matrices brutes : forme disjonctive complète, tableaux de contingences etc.

FENNANE Mohamed* "Analyse phytogéographique et phétoécologique des Tetraclinaie marocaines". Université de Droit, d'Economie & Des Sciences d'Aix-Marseille. Le 17 décembre 1982.

JURY : M. BARBERO, R. LOISEL, P. QUESEL (Président), A. SCHOENENBERGER.

Ce travail représente la première synthèse globale concernant la répartition, l'écologie et la phytosociologie des Tetraclinaies marocaines.

Au sujet de la répartition du Thuya, d'importantes précisions sont données en com-

plément à la carte phytogéographique du Maroc 1938) et à celle des forêt de METRO et al. (1958).

Sur le plan phytosociologique, l'auteur démontre que si le Thuya domine largement dans les groupements préforestiers des *Pistacio-Rhamnetalia*, il n'en arrive pas moins en situations maraboutiques et aux niveaux supérieurs de quelques peuplements à organiser des unités qui s'encartent dans les *Quercetalia ilicis*.

Etant donné la variabilité bioclimatique des secteurs phytogéographiques qu'il colonise le Thuya parvient à individualiser des associations intéressantes dans les complexes se rapportant aux *Acacio-Arganietalia* et aussi plus localement aux *Ephedro-Juniperetalia* dans les zones intra-atlassiques.

Avec près de 300 relevés floristiques réalisés selon la méthode phytoécologique, l'auteur a décrit 14 associations qui sont pleinement justifiées au regard de leur écologie et de leur dynamique.

L'autoécologie du Thuya a été également précisée dans ce travail, surtout en ce qui concerne les facteurs édaphiques. 24 profils géopédologiques ont été étudiés en plus des exemples d'autres auteurs.

Enfin une discussion sur l'aspect pratique et économique du Thuya est développée notamment les problèmes de production, de reboisement et de dégradation.

ANALYSES d'OUVRAGES

"Ecologie du plancton des eaux continentales". POURRIOT Roger, CAPBLANCO J., CHAMP P. & MEYER J.A. MASSON Ed.

La richesse et la diversité des plans d'eau (lacs naturels, lacs de barrage, lacs périurbains, étangs de pisciculture, marais, etc.) constituent un patrimoine naturel vital pour l'homme. Par son activité, celui-ci perturbe continuellement ces écosystèmes dont le fonctionnement commence juste à être appréhendé, grâce, entre autre, au programme biologique international. Or, l'on ne maîtrise bien que ce que l'on connaît bien.

Depuis le traité de B. Dussart : "Limnologie", parue en 1966, bien peu d'ouvrages français ont été entièrement consacrés aux milieux aquatiques. C'est pourquoi, il est apparu nécessaire de faire le point sur les connaissances acquises -et sur celles qui restent à acquérir- concernant le plancton des eaux continentales en s'orientant essentiellement vers les transferts d'énergie et de matière.

Cependant la productivité des milieux, et en particulier la partie exploitable par l'homme, n'est pas uniquement fonction du flux d'énergie qui entre dans l'écosystème et qui détermine sa capacité photosynthétique. Elle dépend également des processus de réajustement interne, c'est-à-dire des stratégies développées par les biocénoses ou les populations en réponses à des pressions sélectives variées.

Vues sous l'angle des stratégies adaptatives, les interactions entre les organismes vivants prennent tout leur sens et débouchent, tout naturellement sur la génétique des populations et les mécanismes de la sélection naturelle.

Enfin, le développement des techniques informatiques, dont on peut prédire sans grand risque de se tromper qu'elles modifieront profondément notre mode de vie, a conduit à présenter succinctement, mais de manière parfaitement compréhensible pour un non initié, quelques exemples soulignant le rôle, l'intérêt et les limites de la modélisation.

Cet ouvrage regroupe ainsi en quatre grands chapitres les principales orientations de recherche qui se sont récemment développées et qui donnent toute leur cohérence aux études de planctologie continentale.

"Analyse fréquentielle de l'écologie des espèces dans les communautés". DAGET Ph, GODRON M. Collection "Ecologie" MASSON Ed.

Cet ouvrage se propose de faire connaître un ensemble de méthodes originales destinées à la caractérisation des conditions de milieu favorables à la vie des espèces dans les conditions naturelles. Basées sur une approche analytique des conditions stationnelles, caractérisées par l'emploi de relevés réalisés selon des normes strictes et permettant une codification rigoureuse, ces méthodes conduisent à mettre en évidence les espèces dont la présence est liée aux valeurs prises par un ou plusieurs des éléments du milieu ainsi que les valeurs de ces éléments qui autorisent la présence de chaque espèce.

Il s'agit donc d'un document de référence indispensable aussi bien aux étudiants soucieux de maîtriser les méthodes de l'écologie générale qu'aux chercheurs intéressés par tout ce qui concerne l'étude des espèces indicatrices, des indicateurs biologiques et des déterminismes écologiques.

Les méthodes présentées ont été mises au point par les chercheurs de l'Ecole d'EMBERGER à MONTPELLIER au cours des 20 dernières années. Axées sur une approche écologique, elles complètent les méthodes de la phytosociologie classique de BRAUN-BLANQUET mais sont de plus applicables à de nombreux problèmes de zoo-écologie.

L'ouvrage comporte de nombreux exemples concrets et un très grand nombre d'autres sont cités en référence. Ils se répartissent dans tous les grands biomes, de la toundra à la forêt tropicale, tout en mettant l'accent sur le biome méditerranéen.

Imprimé en France
au C.R.D.P. de Marseille
en janvier 1983
D.L. Imprimeur
1er trim. 1983

INSTRUCTIONS AUX AUTEURS

Les articles proposés doivent être renvoyés, 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 25 pages dactylographiées.

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 |

Participation au frais d'expédition : France : 10 F
Etranger 30 F

Achats groupés (trois volumes et plus) : Remise de 30 %

Collection ECOLOGIA (Tomes I à VII inclus) 250 F

Etudiants : Remise de 50 %

Abonnement pour 1983 (fascicules 1, 2, 3, 4) (frais d'expédition inclus) :

France : 230 F

Etranger : 290 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 III Centre St-Jérôme, CCP n° 9404. 68 M MARSEILLE |
|--|

SOMMAIRE

| | |
|---|-----|
| POINSOT-BALAGUER N. – Contribution à l'étude des relations trophiques microarthropodes - matière organique : collemboles - litière de pin | 3 |
| BIGOT L., GAUTIER G. – La communauté des arthropodes des rives de l'Ouvèze (Vaucluse) | 11 |
| PALLO F. – Influence de la culture du mil sur trois pédonis situés entre Fada n'Gourma et Piega (Haute-Volta) | 37 |
| BEN TIBA B. – Relations pluie pollinique-végétation en Kroumirie (Tunisie septentrionale) | 61 |
| BEN TIBA B., REILLE M. – Recherches pollanalytiques dans les montagnes de Kroumirie (Tunisie septentrionale) : premiers résultats | 75 |
| NICOL-PICHARD S. – Analyse pollinique de sédiments littoraux post-glaciaires de l'embouchure du Pailon (Nice) | 87 |
| TRIAT-LAVAL H. – Pollenanalyse de sédiments quaternaires récents du pourtour de l'Etang de Berre | 97 |
| TEISSIER L., PONS A., SERRE-BACHET F. – Analyse dendroclimatologique comparée de quelques populations de chêne pubescent (<i>Quercus pubescens</i> Willd.) de la Drôme et du Var | 117 |
| BICHARD D. – Relations entre quelques paramètres édaphiques et la productivité du chêne vert au Luberon | 131 |
| LEONARDI S. – Sulla produttività primaria in colture erbacee della Sicilia | 143 |
| VOLIOTIS D. – Relations of the climate to the latitudinal situation and altitudinal zonation | 165 |
| BICHARD D., BONIN G., VEDRENNE G., VIDAL Ph. – Contribution à l'étude de l'écologie d' <i>Aphyllanthes monspeliensis</i> L. - 1) Place et rôle dans la végétation du Sud-Est français | 177 |
| Soutenances de thèses | 201 |