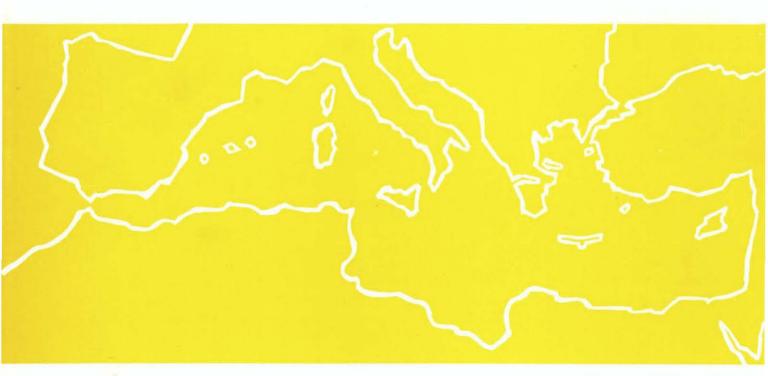
ISSN: 0153-8756

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

# ecologia mediterranea

revue d'écologie terrestre et limnique



**TOME X-1984** 

Fascicule 3/4

#### 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, M. DOUGNY et de M. C. GABOURIAUT.

#### Comité de rédaction :

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

#### **COMITE DE LECTURE**

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

## ecologia mediterranea

revue d'écologie terrestre et limnique

Contribution à l'étude des peuplements des Invertébrés des milieux extrêmes .

II ) Distribution des Crustacés de la macrofaune des plages du delta du Rhône

D. BELLAN SANTINI\*
J. PICARD\*
M.L. ROMAN\*\*

RESUME - Les plages de sable fin, en mode battu, du delta du Rhône recèlent des peuplements d'Invertébrés très mobiles dont la répartition est profondément altérée dès qu'interviennent de fortes perturbations de certains facteurs abiotiques. Chaque espèce subsiste alors dans les "espaces refuges", mais revient très rapidement à sa localisation d'origine lorsque cesse la perturbation. La distribution des Crustacés est donnée suivant les différents Etages bionomiques, avec la localisation précise des espèces en fonction de leurs propres exigences. Sur quinze espèces vivant habituellement dans ces milieux extrêmes, huit d'entre elles étaient mal connues ou inconnues sur les côtes françaises méditerranéennes.

SUMMARY - Battered fine sandy beaches along the Rhone delta give shelter to very mobile Invertebrate populations, the repartition of which is strongly altered as soon as hard perturbations from certain abiotic factors happen.

Then, each species remain in refuges, but comes back very quickly to its original position when perturbations cease.

In the present work, the distribution of Crustaceans is given in connection with the coastal zonation as well as the strict location of species correlated to their own needfulness.

Amidst 15 species living habitually in those extreme areas, 8 was bad knowned or unknowned on the french mediterranean coast.

MOTS CLES - Crustacés - Milieux extrêmes - Distribution écologique - plages de sable - Mode battu - delta du Rhône - Méditerranée nord-occidentale.

#### **GÉNÉRALITÉS**

Dans le premier article de cette série concernant les milieux extrêmes des rivages méditerranénens, Bigot et alia (1982) ont longuement décrit le cadre de vie des organismes que l'on rencontre sur une plage du delta du Rhône. La poursuite de l'étude systématique des Crustacés récoltés, et l'extension de la prospection à d'autres plages du même appareil deltaïque (Bigot et al., 1984) ont abouti à préciser encore la distribution des Crustacés, le présent article étant le développement d'une communication présentée à Liège, lors de la VIIIe Réunion des Carcinologistes de Langue Française (septembre 1983).

Les sables fins presque continuellement émergés, alternativement émergés et immergés, ou toujours immergés des plages de mode battu du delta du Rhône (They de la Gracieuse, They de Piémanson, Pointe de Beauduc, Golfe des Saintes-Maries-de-la-Mer et Pointe de l'Espiguette) (fig. l), recèlent des peuplements d'Invertébrés, tous très mobiles, qui se répartissent non seulement selon la zonation climatique verticale ou Etagement, mais aussi, à l'intérieur des Etages, en fonction des particularités édaphiques locales. Dans ces milieux extrêmes, cette distribution différentielle des organismes disparaît plus ou moins complètement dès qu'interviennent de fortes perturbations de certains facteurs

<sup>★</sup>Station Marine d'Endoume, U.R.A. 41, 13007 Marseille

<sup>★★</sup>Centre Sc. St-Jérôme, Laboratoire de Zoologie Marine, 13397 Marseille Cedex 13

abiotiques (vents violents, déplaçant les sables émergés, tempêtes marines entraînant remaniements et transferts des sables littoraux, ...), chaque espèces subsistant alors dans des "espaces refuges". Dès que cessent les causes perturbatrices, les organismes reviennent à leurs localisations d'origine, en quelques heures tout au plus, du fait de leur forte mobilité.

On obtient ainsi la reconstitution de groupements d'espèces localisées en fonction des exigences propres à chacune d'entre elles :

- envers le bilan d'eau (dans le cas des sables émergés, entrent en jeu, non seulement les projections momentanées d'eau de mer sous forme de vagues et d'embruns, mais aussi l'imbibition du substrat par contact avec une nappe phréatique ou par les précipitations, ainsi que l'évaporation du fait des vents -en particulier du mistral- et des périodes de forte insolation );
  - envers les variations thermiques entre le jour et la nuit, ou en fonction des saisons ;
- envers les apports exogènes de matières organiques susceptibles d'augmenter la richesse du milieu (laisses de mer, bois et troncs en épave, organismes terrestres et marins affaiblis ou morts et entraînés hors de leur milieu d'origine, écume de mer, résidus alimentaires ou fécaux dus à la fréquentation humaine, ...).

En chaque point des plages étudiées, la densité des populations des diverses espèces ne cesse de varier, parfois en quelques heures, du fait de déplacements tantôt passifs, tantôt actifs (souvent alors en essaims dans le domaine marin); cette simple constatation oblige à exclure toute idée d'utilisation rationnelle des données quantitatives.

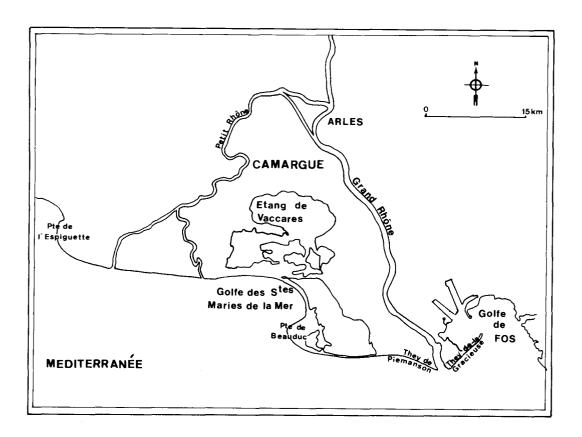


Fig. 1 - Localisation de la zone d'étude

#### DISTRIBUTION DES CRUSTACÉS DE LA MACROFAUNE

Cette distribution est présentée en fonction de la succession des différents étages bionomiques, du haut vers le bas, et de la terre vers la mer (fig. 2). Selon les localités, la largeur de certaines zones peut varier de quelques mètres à plus de cent mètres : c'est pourquoi nous n'avons pas indiqué d'échelle pour le schéma synthétique qui illustre ce travail.

#### I - ÉTAGE ADLITTORAL

(Etage appartenant au domaine terrestre, dont il constitue la bordure parhalienne). Cet étage n'est envisagé ici que parce que l'Amphipode Talitrus saltator hiverne souvent à la base de la dune, lorsqu'il y a été repoussé par les vagues lors des tempêtes automnales et hivernales. Ces Talitres, peu mobiles durant la période fraîche, y subsistent jusqu'au printemps et sont alors très recherchés par certains oiseaux qui s'en nourrissent (Gravelots, Bergeronnettes, ...).

#### II - ÉTAGE SUPRALITTORAL

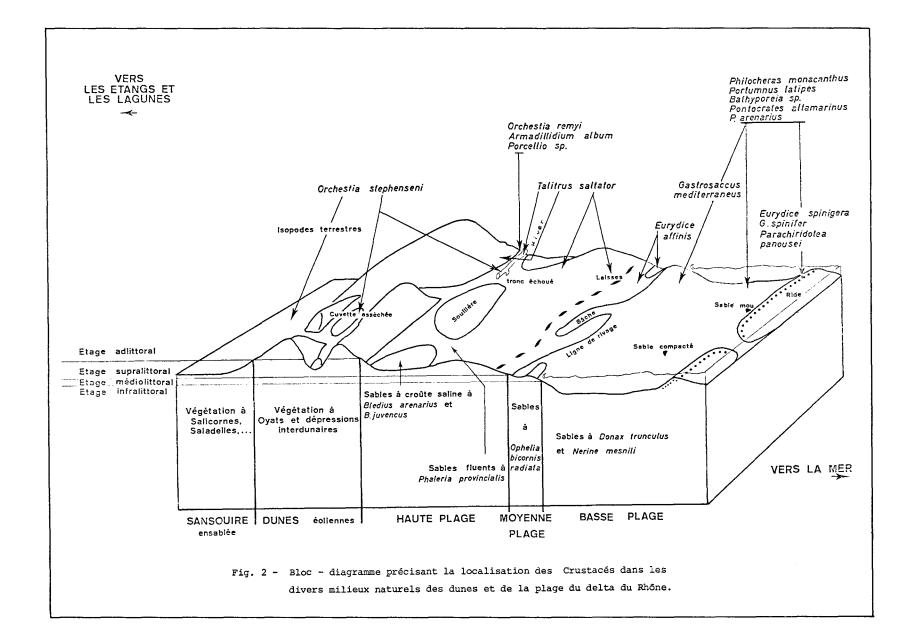
(Etage humecté par la mer seulement pendant les tempêtes et recevant une forte quantité d'embruns provenant des déferlements des vagues en contrebas). Il correspond à la haute plage · Deux modalités s'y individualisent : les sables à croûte saline de la "souillère" asséchée à Bledius arenarius et B. juvencus (Coléoptères Staphylinidés), et les sables fluents à Phaleria provincialis (Coléoptères Ténébrionidés). Des dépôts de "laisses de mer" enrichissent localement ces milieux. Nous y avons récolté les Crustacés suivants :

les Amphipodes Talitrus saltator (Montagu, 1808),
Orchestía stephensení Cecchini, 1928 et
Orchestía remyi Schellenberg, 1950;
les Isopodes Armadillidium album Dollfus, 1887 et
Porcellio sp.

Alors que le Talitre se rencontre partout dans l'Etage, les quatre autres espèces de Crustacés sont, avec le Diplopode Volichoiulus tongiorqui (cf. Mauriès, 1982) et quelques Coléoptères, localisées au-dessous des troncs d'arbres échoués et spongieux. Talitrus saltator admet une variété mediterranea Chevreux, 1893, décrite d'après un mâle, qui a un corps plus comprimé, ainsi que des péréiopodes plus grêles et plus longs que chez la forme typique : nos exemplaires du delta du Rhône, bien qu'ayant une couleur grisâtre et une taille toujours petite, ne présentant pas de différence morphologique singificative avec les échantillons provenant des rivages de l'Océan Atlantique. Orchestia stephenseni, espèce qui n'était connue que par de rares signalisations sur les côtes méditerranéennes et qui vient d'être récemment retrouvée dans l'estuaire du Tage par Calvario et Marquès (1983), est surtout abondante en arrière des dunes dans la "sansouire" ensablée où elle s'abrite sous toutes sortes de débris ; elle atteint les troncs d'arbres de la haute plage en transitant par les cuvettes plus ou moins asséchées qui parsèment les dépressions entre les dunes. Le type d'Orchestia remyi avait été récolté dans une grotte corse proche de la mer et l'espèce n'était pas connue du littoral du Golfe du Lion ; elle est pour le moins vicariante et peut-être même cospécifique d'O. microphthalma décrite par Amanieu et Salvat (1963) des troncs d'arbres échoués sur les plages de l'Océan Atlantique. Armadillidium album ne se trouve pas sur toutes les plages: alors qu'il abonde à la Pointe de Beauduc et au They de la Gracieuse, nous ne l'avons jamais observé à la Pointe de l'Espiguette. Porcellio sp. est une petite espèce rosée à pruinosité blanche, en cours d'étude, et probablement non encore décrite. Enfin, nous n'avons pas observé d'Isopodes du genre Tylos sur les plages du delta du Rhône.

#### III - ÉTAGE MÉDIOLITTORAL

(Etage passant par des alternances d'immersions et d'émersions par temps calme, du fait des variations du niveau du plan d'eau ; il est fréquemment mouillé par les vagues, même de faible intensité). Il correspond à la moyenne plage. Les sables à Ophelia bicornis radiata (Annélide Polychète)



nous ont fourni une seule espèce de Crustacés : l'Isopode Eurydice affinis (Hansen, 1905).

Cet Isopode détritivore est parfois très abondant dans le sable humide ; il nage souvent activement dans les "bâches" et mares temporaires, où il se nourrit surtout d'animaux morts.

#### IV - ÉTAGE INFRALITTORAL

(Etage correspondant à la zone normalement immergée, mais dont la frange supérieure peut, sur nos côtes, émerger dans le creux des fortes vagues, ou lorsque les eaux sont exceptionnellement basses). Son niveau supérieur, seul pris ici en considération, correspond à la basse plage qui atteint tout au plus la profondeur de - 5 m dans les endroits les plus battus. Deux modalités s'y opposent : les sables compacts et les sables mous. L'ensemble du peuplement comporte des espèces hautement représentatives telles que Donax trunculus (Mollusque Pélécypode) et Nerine mesnili (Annélide Polychète); à ce propos, il convient de préciser que, dans l'article Bigot et alii(1982), Mactra corallina var. lactea (à valves entièrement blanches) a été répertoriée par erreur sous la dénomination alba. On y observe les Crustacés suivants :

- . le Décapode Macroure Philocheras monacanthus (Holthuis, 1961);
- . le Décapode Brachyoure Portumnus latipes (Pennant, 1777);
- . les Mysidacées Gastrosaccus mediterraneus (Bacescu , 1970) et Gastrosaccus spinifer (Goës, 1864);
- . les Amphipodes Bathyporeia sp., Pontocrates altamarinus (Bate and Westwood, 1862), Pontocrates arenarius (Bate, 1858);
- . les Isopodes Eurydice spinigera Hansen, 1890 et Parachiridotea panousei El Kaïm et Daguerre de Hureau, 1972.

Les trois espèces, Gastrosaccus spinifer, Eurydice spinigera et Parachiridotea panousei, se localisent sous quelques décimètres dans les sables mous de la ride submergée parallèle au rivage, Gastrosaccus mediterraneus ne se trouve que dans le sable compact de la pente de la plage là où déferlent les vagues, tandis que les cinq autres espèces se rencontrent indifféremment dans tous les sables, qu'ils soient compacts ou mous (nous devons à Michel Ledoyer la détermination précise de nos récoltes de Philocheras et de Gastrosaccus : qu'il en soit ici vivement remercié). Philocheras monacanthus est une espèce méditerranéenne très rarement signalée. Portumnus latipes est surtout un prédateur des Donax trunculus qu'il sait fort bien entrouvrir au moyen de ses pinces. L'enfouissement rapide dans le sable des essaims de Gastrosaccus mediterraneus lorsque la vague se retire est un comportement que les auteurs avaient attribué à G. Sanctus (dont la présence sur les plages du delta du Rhône reste à prouver), les deux espèces ayant été confondues jusqu'en 1970 sous le nom de G. sanctus. Bathyporeia sp. ne pourra être spécifiquement déterminée avec certitude que lorsqu'il existera une révision complète des espèces méditerranéennes de ce genre. La présence de Pontocrates arenarius dans des sables fins est de nature à surprendre, car il avait surtout été signalé en Méditerranée dans les sables grossiers à Amphioxus : il apparaît que l'augmentation de l'intensité de l'hydrodynamisme et du renouvellement de l'eau interstitielle du sédiment correspond à la localisation de P. arenarius dans des sables de plus en plus fins (une constatation similaire peut être faite dans les sables médiolittoraux avec l'Annélide Polychète Ophelia bicornis radiata). Eurydice spinigera était surtout connue par des captures effectuées en pleine eau, et son habitat benthique précis restait à découvrir. Parachiridotea panousei n'avait, jusqu'à maintenant, été récoltée que sur les côtes atlantiques marocaines d'où elle fut récemment décrite des sables fins infralittoraux de l'estuaire de Bou Regreg, entre l'horizon de résurgence et une profondeur de 10 à 11 m.

On remarquera que le Pagure sabulicole Diogenes pugilator ne figure pas dans la liste précédente : dans les milieux trop battus, les coquilles de Gastéropodes susceptibles de l'abriter sont très rapidement enfouies dans le sable ou rejetées à la grève. Après les tempêtes, ou du fait de l'utilisation de certains filets (bouliers) par les pêcheurs, quelques espèces qui vivent à de plus grandes profondeurs (divers Pagures, les Crabes sabulicoles Macropipus barbarus et Corystes cassivelaunus, l'Amphipode Urothoe grimaldii, ...) peuvent être accidentellement remontées sur la basse plage où elles se maintiennent parfois plusieurs jours. Enfin, les tempêtes peuvent aussi entraîner sur la plage des Crustacés (tels les Crabes Carcinus mediterraneus et Pachygrapsus marmoratus, et aussi divers Amphipodes) arrachés par les vagues aux épis rocheux localement implantés en vue d'arrêter l'érosion du littoral. La Crevette sabulicole Crangon crangon est accidentellement observée sur ces plages de mode trop battu pour elle.

#### CONCLUSIONS

On peut dire que les plages du delta du Rhône ont été, jusqu'à présent, particulièrement négligées par les carcinologistes. La présente étude nous a, en effet, permis de préciser la distribution, dans les milieux naturels, de huit espèces remarquables, car mal connues ou inconnues sur les côtes françaises (Philocheras, monacanthus, Gastrosaccus mediterraneus, G. spinifer, Orchestia stephenseni, O. remyi, Eurydice spinigera, Parachiridotea panousei et Porcellio &p.), c'est-à-dire un peu plus de la moitié des quinze espèces de Crustacés vivant habituellement sur les plages de cet appareil deltaïque.

Il est vrai qu'il s'agit là des côtes sableuses les plus exposées du littoral méditerranéen français. Par exemple, le peuplement des sables des hauts niveaux de l'Etage Infralittoral du delta
du Rhône correspond à une modalité à Donax trunculus, Nerine mesnili, ... tandis que le peuplement des
mêmes niveaux dans les sites moins exposés du Golfe de Marseille admet une modalité différente à Donax
semistriatus, Spio decoratus, Nerinides cantabra, ... dont les Crustacés sont, eux, bien connus depuis
longtemps.!

L'inventaire, tous Etages confondus, des Crustacés vivant habituellement sur les plages méditerranéennes de mode battu du delta du Rhône doit être comparé à celui qui fut effectué par Lagardère (1966) sur les plages équivalentes de la côte atlantique des Landes et de la côte basque. On constate que six espèces sont communes aux deux inventaires : Portumnus latipes, Gastrosaccus spinifer, Talitrus saltator, Pontocrates arenarius, Eurydice affinis, et Armadillidium album, tandis qu'Orchestia remyi du littoral du Golfe du Lion et O. microphthalma du littoral du Golfe de Gascogne sont soit vicariantes soit cospécifiques. Sept autres espèces récoltées sur les plages battues des Landes et de la côte basque n'ont pas été rencontrées sur les plages battues du delta du Rhône : Gastrosaccus sanctus, Paramysis nouveli, Talorchestia brito, Haustorius arenarius, Eurydice pulchra, Tylos latreillei et Porcellio scaber. Enfin, huit espèces présentes sur les plages battues du delta du Rhône n'ont pas été observées par Lagardère sur les plages battues des Landes et de la côte basque : Philocheras monacanthus, Gastrosaccus mediterraneus, Orchestia stephenseni, Bathyporeia sp., Pontocrates arenarius, Eurydice spinigera, Parachiridotea panousei et Porcellio sp. Pour chacune des deux provenances, environ la moitié des espèces de Crustacés qui y sont actuellement recensées se retrouve donc à la fois sur les plages de mode battu du delta du Rhône et sur celles des Landes et de la côte basque : il y a donc une grande parenté faunistique entre les plages de mode battu des deux mers. On remarquera encore que, dans les deux cas, il s'agit de la même modalité de peuplement à Donax trunculus et Nerine mesnili, cette dernière espèce, d'abord mentionnée comme Nerúne sp. par Lagardère (1966), ayant été par la suite formellement identifiée par Bellan et Lagardère (1971).

Une comparaison entre les plages fins infralittoraux du delta du Rhône et ceux de l'estuaire du Bou Regreg près de Rabat (Maroc) peut aussi être effectuée grâce à une liste de huit espèces d'Invertébrés cités du Bou Regreg par El Kaim et Daguerre de Hureau (1976) : ces auteurs mentionnent, en effet, cinq espèces répertoriées par nous dans les sables de l'horizon supérieur de l'Etage Infralittoral du delta du Rhône (Donax trunculus, Nerine mesnili, Portumnus latipes, Gastrosaccus spinifer et Parachiridotea panousei), deux espèces appartenant à une faune un peu plus profonde (5 à 7 m, donc en mode plus calme) sur les côtes de Camargue d'après Massé (1972) (Donax vittatus représenté par sa vicariante méditerranéenne D. Semistriatus et Urothoe grimaldii), la dernière espèce (Eocumadolljusi) n'existant pas, à notre connaissance du moins, sur les côtes du delta du Rhône. L'équivalence entre les peuplements des sables fins de mode battu de Méditerranée et ceux des côtes atlantiques du Maroc est donc évidente.

L'étude comparative des peuplements des sables fins littoraux du delta du Rhône avec ceux des autres grands appareils deltaïques méditerranéens (Ebre, Nil, Vardar, Pô) est, dans le cadre d'une future synthèse, particulièrement souhaitable. Mais, pour être sûr d'avoir une bonne équivalence avec les milieux battus du delta du Rhône, il conviendra alors de rechercher plus particulièrement les plages qui présentent, dans l'Etage Infralittoral l'association du Mollusque Pélécypode Donax trunculus et de l'Annélide Polychète Nerine mesnili : à priori, une telle modalité paraît avoir plus de probabilité d'être observée sur les rivages deltaïques les plus exposés de l'Ebre et du Nil, que sur ceux, plus abrités, du Vardar et du Pô.

#### BIBLIOGRAPHIE

- AMANIEU M. & SALVAT B., 1963 Note sur la présence à Arcachon de deux Talitridae : Talorchestia spinifera (E. MATEUS 1962), Orchestia microphthalma sp. n. P. V. Soc. lin. Bordeaux, 99 : 1-4.
- AMANIEU M. & SALVAT B., 1963 Orchestia microphthalma Amanieu et Salvat, 1963. Description et affinités (Crustacea Amphipoda Talitridae). Bull. Mus. national Hist. nat., Paris, 2e série, 35 (3): 302-310.
- BELLAN G. & LAGARDERE J.-P., 1971 Nerine mesnili n. sp., Spionidien méconnu des plages sableuses de la province lusitanienne. <u>Bull. Soc. zool. France</u>, 96 (4): 571-579.
- BIGOT L., PICARD J. & ROMAN M.-L., 1982 Contribution à l'étude des peuplements des Invertébrés des milieux extrêmes. 1/ La plage et les dunes vives de l'Espiguette. Ecologia mediterranea, 8 (3): 3-29.
- BIGOT L., PICARD J. & ROMAN M.-L., 1984 Signification des peuplements d'Invertébrés des plages et dunes du delta du Rhône ; délimitation des domaines marin et terrestre. C. R. Acac. Sc. Paris, 298 (1), série III : 5-7.
- CALVARIO J. & MARQUES J.-C., 1983 Etude systématique et écologique d'une collection d'Amphipodes de la zone intertidale de l'estuaire du Tage (Portugal). Occurence d'Orchestia kossivigi Ruffo, 1949 et d'Orchestia stephenseni Cecchini, 1928. Ciencia Biologica, 5 (1): 79-96.
- EL KAIM B. & DAGUERRE DE HUREAU N., 1972 Contribution à l'étude des Isopodes marins du Maroc :

  Parachiridatea panousei nouveau genre, nouvelle espèce.

  Bull. Soc. Sci. nat. et phys.

  du Maroc, 52 : 147-149.
- EL KAIM B. & DAGUERRE DE HUREAU N., 1976 Contribution à l'étude des Isopodes marins : le genre Parachiridotea et la sous-famille nouvelle des Parachiridoteinae (Valvifère, Idoteidae). Arch. Zool. exp. gén., 117 : 275-293.
- LAGARDERE J.-P., 1966 Recherches sur la biologie et l'écologie de la macrofaune des substrats meubles de la côte des Landes et de la côte basque. Bull. Cent. Etude Rech. Sci., Biarritz, 6 (2): 143-209.
- MASSE H. 1972 Contribution à l'étude de la macrofaune des peuplements de sables fins infralittoraux des côtes de Provence. V. La côte de Camargue. Téthys, 3 (3) : 539-568.
- MAURIES J.-P., 1982 *Dolichoiulus tongiorgii* (Strasser), Diplopode halophile nouveau pour la faune de Fance. Bull. Mus. Nat. Hist. nat., Paris, 4e série, 4 (A) : 433-444.

Les communautés animales ripicoles du bassin versant de la rivière Aille (Var-France).

III: Composition biotique du peuplement endogé

A. BOUMEZZOUG

RESUME: La faune ripicole endogée et interstitielle est étudiée dans deux affluents de l'Aille au sud de Vidauban (Massif des Maures). Deux stations sont prospectées, l'une sur un ruisseau temporaire, l'autre sur un ruisseau semi temporaire. Des comparaisons sont effectuées entre les deux ruisseaux et concernent la composition biotique et structurale ainsi que la dynamique des populations d'Invertébrés ripicoles édaphiques.

L'inventaire spécifique global groupe 130 taxons. Parmi les espèces strictement ripicoles, dominent les Oligochètes (Eiseniella tetraedra), les Coléoptères (Dryopidae) et de nombreuses larves de Diptères.

SUMMARY: The ripicoly Invertebrate community is dwelling in various wet habitats along streamlets. Interstitial and edaphic fauna are studied on affluents of river bank of Aille in the south east of France (chain of Maures-Var). Two types of streamlets have been prospected: temporary and subtemporary. Comparisons have been carried out between these two stations: composition, structure and dynamic of their animal populations are exposed according to differents habitats.

The Invertebrate edaphic community comprises 130 species: the ripicoly fauna is domined by Oligochaetes, Beetles and especially by Diptera larvae.

Mots clés : Communautés animales ripicoles épigées et interstitielles, ruisseaux subtemporaires, temporaires, Provence cristalline.

#### INTRODUCTION

Plusieurs appelations existent pour qualifier les communautés animales vivant dans les milieux hygrophiles (cf.BIGOT & GAUTIER, 1981). Parmi celles-ci on réserve plus spécialement le terme de ripicole aux espèces localisées en bordure des eaux continentales (fleuves, rivières, étangs, mares, lacs, etc...). Une partie de cette faune est épigée bien qu'elle demeure de préférence sous les pierres (faune lapidicole), sous les laisses, les troncs d'arbres morts échoués, etc... Elle appartient, comme l'indique COINEAU (1974) aux communautés animales peuplant les "annexes superficielles du sol". Des relations étroites et importantes doivent donc exister entre ces populations épigées et la véritable faune hypogée inféodée aux horizons superficiels et profonds du sol.

Ce peuplement de surface semble bien connu à l'heure actuelle et plusieurs travaux récents lui ont été consacrés (FAVET, 1981; BOUMEZZOUGH, 1983 a et b;

<sup>\*</sup>Laboratoire d'Ecologie : Département de Biologie, Faculté des Sciences, Bd de Safi B.P. S.15 MARRAKECH MAROC.

BOUMEZZOUGH & MUSSO, 1983; ATGAY, 1983). Il n'en est pas de même des organismes édaphiques et interstitiels. En effet, en raison des multiples difficultés dues à la détermination spécifique des individus, l'ensemble de ces populations, composées essentiellement d'Acariens, de Collemboles et de larves de Diptères et de Coléoptères, est très peu connu. Quelques études très diverses ont été réalisées: TREHEN (1971) sur les Diptères Empididae des berges de ruisseaux, VAILLANT (1970) et plus récemment SALMAN (1984) sur les Diptères Psychodidae aquatiques de la frange humide ou à peine immergée d'un grand nombre de rivières et ruisseaux, GACHET (1978 a et b, 1981) sur l'ensemble des communautés d'Invertébrés peuplant les bords d'étangs et de fleuve (Rhône).

Ce travail relatif à la composition biotique du peuplement d'Invertébrés ripicoles endogés de deux affluents de l'Aille fait suite à deux études récentes (BOUMEZZOUGH, 1983 b; BOUMEZZOUGH & MUSSO 1983) réalisées dans le même milieu sur l'écologie de la macrofaune ripicole superficielle

#### I - HORIZONS SUPERFICIELS DU SOL (0-5 CM)

#### 1 - Méthodes de prélèvement et d'extraction

Les prélèvements de sol sont effectués en bordure du ruisseau, sur une distance n'excédant pas 50 cm du bord de l'eau. Le sédiment sec ou imprégné d'eau est recueilli sur une surface de 15 x 15 cm à l'aide d'une bêche; le volume du substrat est mesuré au moyen d'un récipient gradué. On recueille séparément les niveaux superficiels (0-5 cm) et profonds (5-15 cm) (Fig. 1). Trois méthodes d'extraction ont été utilisées(Fig. !).

a) Méthode de BERLESE - TULLGREN

Elle est utilisée pour la faune superficielle (0-5 cm)

b) Méthode de YOUNG (in GACHET 1978 a)

Elle est dérivée de la méthode de BERLEZE, elle consiste à placer le sédiment sur une grille posée sur un récipient contenant de l'eau. Cette méthode permet d'utiliser une plus grande quantité de sédiment et de recueillir les animaux vivants.

c) Méthode de lavage

Je l'ai utilisée pour le sédiment profond (5-15 cm). En réalité, aucune méthode prise séparément n'est parfaite, mais la combinaison des trois permet un bon échantillonnage de la faune en place.

#### 2 - Inventaire faunistique

La liste des taxons figure dans le tableau I, le nombre d'individus et le pourcentage respectif de chaque groupe zoologique sont visualisés dans le Tableau II.

#### 3 - Analyse des résultats

Parmi les 130 taxons dénombrés dans les deux stations, on observe :

- 33 espèces de Coléoptères (soit 3 814 individus) réparties en 14 familles dont 9 sont composées de Coléoptères terrestres et 5 de Coléoptères aquatiques (Dryopidae, Hydraenidae, Dytiscidae, Hydrophilidae). Ces individus sont récoltés à l'état larvaire ou imaginal.
- 18 familles de Diptères (7 528 individus) dont les représentants sont tous recueillis à l'état larvaire. La détermination spécifique de cet ordre, surtout aux stades immatures est le plus souvent difficile, voire impossible. Six familles ont pu faire l'objet d'une détermination générique ou spécifique (Psychodidae, Tipulidae, Cecidomyiidae, Tabanidae, Rhagionidae, Sciomyzidae). Les spécimens de certaines familles sont rares (Bibionidae, Therevidae, Sciomyzidae) et plusieurs n'ont été récoltés qu'une seule fois pendant toute la période d'étude. Des élevages de larves tentés au laboratoire dans le but d'identifier certaines espèces n'ont pas abouti, exception faite de l'obtention de 2 imagos appartenant l'une, à la famille des Tabanidae (Chrysops caecutiens), l'autre à la famille des Tipulidae (Tipula solsticialis).
- 27 espèces de Collemboles (2 836 individus) répartis en 5 familles : Entomobryidae, Poduridae, Sminthuridae, Onychiuridae, Isotomidae, cette dernière étant la mieux représentée.
  - 5 799 Acariens dont la détermination n'a pu être réalisée.
  - 574 Annélides Oligochètes avec pour seule espèce Eiseniella tetraedra.
- La localisation géographique des stations est précisée dans le travail de BOUMEZZOUCH 1983 b.

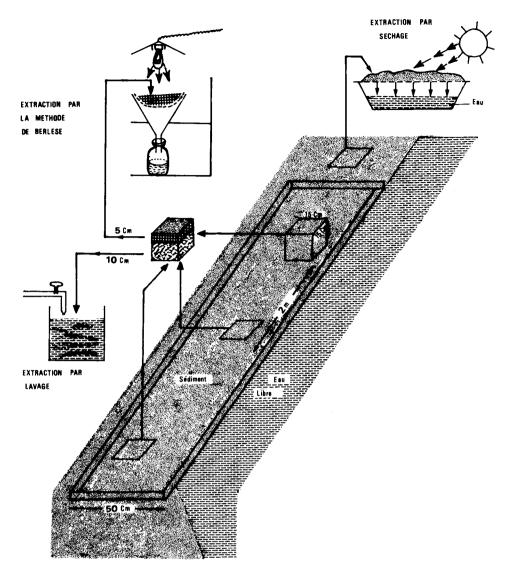


Fig. 1 - Méthodes de prélèvement et d'extraction de la faune.

Des groupes zoologiques divers : Aranéides, Pseudo-scorpions, Myriapodes, Crustacés, Insectes (cf. Tableau II.) dont les représentants sont le plus souvent en petit nombre.

#### 4 - Etude quantitative et dynamique du peuplement

a) Fluctuations globales des populations dans les stations des Fenouils et de la Nible.

Les effectifs des deux stations subissent des fluctuations très irrégulières au cours du cycle annuel (Fig. 2b'et 3b).

- Dans la station des Fenouils, deux pics peuvent être mis en évidence, l'un en hiver, l'autre en été. Le premier pic hivernal croît dès le mois de novembre pour atteindre sa phase maximale en mars (1 741 individus, soit 85,97 individus par litre de sédiment (cf. Fig 2b); la chute brutale de la population intervient dès le mois d'avril. Le deuxième pic, de moindre amplitude (1 085 individus, soit en moyenne 53,58 individus/litre de sédiment) et de plus courte durée (3 mois), se situe au mois de juillet. La densité moyenne globale sur un cycle de 1 an est de 39,69 individus/litre de sédiment.

Ces deux périodes d'abondance, hivernale et estivale, sont interrompues par une baisse importante des effectifs au cours du printemps (mai : 400 individus) et de l'automne (octobre : 250 individus).

		T
Especes	NIBLE	FENOUILS
ANNELIDES OLIGOCHETES		
LUMBRICIDAE Eiseniella tetraedra-Savigny	+	+
TUBIFICIDAE	+	+
ARACHNIDES Aranéides		İ
LINIPHIIDAE LYCOSIDAE	+	<u> </u>
Pseudoscorpions Acariens		<b>+</b>
MESOSTIGMATA Gamasida		
PROSTIGMATA		
Actinedida ORIBATES	, ÷	+
CRUSTACES		
Isopodes		
ONISCOIDAE Amphipodes GAMMARIDAE	,	Ť
Gammarus pulex - Linné	+	
Copépodes HARPARCTICOIDA		+
MYRIAPODES		
Symphyles SCUTIGERILLIDAE		
Pauropodes Diplopodes		•
CYLINDROIULIDAE		+
POLYDESMIDAE Polydesmus sp.		ĺ
GLOMERIDAE CRASPEDOSOMATIDAE	+	_
POLYXENIDAE		,
<i>Polyxenus sp.</i> Chilopodes	+	
LITHOBIIDAE Lithobius sp.	1 .	1
INSECTES	·	
Collemboles	İ	
PODURIDAE Bilobella sp.	+	+
Brachystomella parvula - Schäffer Pseudachorutes subcrassus - Tullberg	1 ‡	†
Neanura sp. Bypogastrura armata - Nicolet Podura aquatica - Linné	1	ļ .
ONYCHIURIDAE Tullbergia affinis - Börner		
Onychiurus sp.1 Onychiurus sp.2	‡	l :
ISOTOMIDAE		
Vertagopus abeloosi - Poinsot Isotomurus maculatus - Schäffer I. fucicola - Reuter	<u> </u>	:
Isotoma viridis - Bourlet Isotomiella minor - Schäffer	1 ‡	<u>+</u>
Folsomides parvulus - Stach Isotomodes sp.		1 :
Hydroisotoma schaefferi - Stach Cryptopygus thermophilus - Axelson	‡	:
ENTOMOBRYIDAE ' Heteromurus major - Moniez	+	+
Lepidocyrtus sp. Tomocerus sp.	<b>†</b>	‡
Orchesella sp. Entomobrya nivalis - Linné	<b>+</b>	
SMINTHURIDAE	}	
Sminthurinus aureus - Lubbock S. elegans - Fitch Sphaeridia pumilis - Krausbauer	+	:
Arrhopalites sp.	Ť	+
Diploures  JAPYGIDAE		
Japyx sp. Psocoptères	+	† +
Thysanoptères Hétéroptères	+	÷
LYGEIDAE! SALDIDAE	<b>+</b>	+
Lépidoptères Hyménoptères ( Fourmis )	÷	‡
Homoptères	+	+
Coléoptères TRECHIDAE Peryphus genei - Müller	+	ļ
Synechostictus elongatus - Dejean S. ruficornis - Strum	+ +	‡
Ocys harpaloides - Serville		· ·
PTEROSTICHIDAE Agonum nigrum - Dejean	+	1
Anchus ruficornis - Goeze Abacetus salsmanni - Germar	<b>*</b>	<u> </u>
Larves	+	, + 1

ESPECES	NIBLE	FENOUILS
HARPALIDAE		
tenolophus teutonus - Schrank . mixtus - Herbst	+	+
STAPHYLINIDAE		
tenus ater - Mannh . guttula - Müller	+ +	†
eterothops dissimilis - Gravenhorst uedius tristis - Gravenhorst	† +	†
athrobium multipunctum - Gravenhorst	+	•
copaeus laevigatus - Gyll. antholinus linearis - Olivier	<b>+</b>	-
ypomedon fagniezi - Peyerh. hilonthus rufimannus - Erichson		+ +
hilopora longitarsus - Erichson	+	+
aederus rubrothoracicus - Goeze CYMINDIDAE	†	†
ymindis coadunata - Dejean	+	
ANOBIIDAE		
asioderma kiesenwetteri - Schilky	+	+
PSELAPHIDAE rachygluta helferi - Schmidt	+	+
PTILIDAE	+	
CHRYSOMELIDAE	+	
DRYOPIDAE ryops rufipes -Krynicki	+	1
. algiricus - Lucas arves	<u> </u>	†
ELMIDAE		T
ulimnius rivularis - Rosenhausez	+	+
HYDRAENIDAE		1 .
ydraena sp. HYDROBIIDAE	†	†
accobius sp. (Larves)	+	+
elochares lividus - Förster nacaena globulus - Paykull	+ +	
SPHERIDIIDAE		
elostoma hispanicum - Küster	+	
HYDROPORIDAE qabus sp. (Larves)		_
Lptères	7	,
CHIRONOMIDAE		
rthocladiinae	+	+
hironomini znypodinae	‡	+
CERATOPOGONIDAE	•	
asyhelea sp.	†	† ‡
ulicoides sp. orcipomyia sp.	*	+
LIMONIIDAE		
Limoniinae imonia sp.	+	+
icranomyia sp.	+	1
Eriopterinae olophilus sp.	+	
onomyia sp. Hexatominae	+	+
hylidorea sp.	+	
DOLICHOPODIDAE	+	+
PSYCHODIDAE atchelliella nubila - (Meigen)	1	1
lutocomus conllamia 2 miMetaen )	+	1
animerus gr. albifacies - (Tonn.) hornburghiella quezeli -(Vaillant)	‡	
sychoda alternata - Say	+	
MUSCIDAE		
Phaoniinae imnophora sp.	+	+
SYRPHIDAE		
Eristalinae CECIDOMYIIDAE	7	
estodiplosis sp.		+
zrepidosis ulmicorticis ? - Mamaev rashomyia sp.	+ +	
eromyia sp. of sanguinea - Kieffer	<u> </u>	
Lestremiinae TABANIDAE*	1	1
zbanus bromius - Linn <b>é</b>	+	1
ibanus sp. Trysops caecutiens -(Linné)	‡	+
TIPULIDAE		
ipula solstitialis - Westhoff	+ +	
. maxima - Poda . lateralis - Meigen	<b>i</b> +	
. rufina - Meigen ipula sp.	‡	†
ephrotoma analis ? - Meigen		+
EPHYDRIDAE	+	
ydrellia sp. RHAGIONIDAE		
hrysopilus auratus - F.	+	+
STRATIOMYIDAE	1 .	1
ermione sp.	†	
SCIOMYZIDAE etanocera ferruginea - Fall.	+	
BIBIONIDAE	+	
THERIVIDAE	1	+
SCATOPHILIDAE	+	
SCIARIDAE	1 .	1 .

 $\underline{\text{Tab. I}}$  - Inventaire de la faune endogée (Horizon : 0-5 cm).

	NIBLE		FENOUI	L S
ORDRES	nombre d'individus	%	nombre d'individus	%
01igochètes	430	3,53	144	1,62
Isopodes oniscoïdes	4	0,03	4	0,04
Copépodes	5	0,04	1	0,01
Amphipodes	2	0,01	-	-
Pseudoscorpions	-	-	7	0,07
Aranéides	8	0,06	10	0,11
Acariens	2.427	19,93	3.372	38,13
Pauropodes	-	-	13	0,14
Symphyles	28	0,23	110	1,24
Diplopodes	12	0,09	12	0,13
Chilopodes	4	0,03	3	0,03
Collemboles	808	6,63	2.028	22,93
Diploures	2	0,01	30	0,33
Coléoptères	2.738	22,49	1.076	12,16
Diptères	5.587	45,90	1.941	21,95
Psocoptères	9	0,07	3	0,03
Thysanoptères	5	0,04	3	0,03
Homoptères	41	0,33	7	0,07
Hétéroptères	51	0,43	78	0,88
Hyménoptères	~	-	47	0,52
Lépidoptères	10	0,08	3	0,03
TOTAL	12.172	100 %	8.889	100 %

Tab. II. - Nombre d'individus et % respectifs de chaque ordre zoologique dans les deux stations étudiées.

La station de la Nible est caractérisée par 3 pics d'intensité inégale, le pic correspondant à l'abondance maximale (2 731, soit une densité moyenne de 134,86 individus/litre de sédiment) se situe à la fin de la période estivale et au début de l'automne (septembre); les deux autres apparaissent, l'un en automne (novembre : 1 580 individus), l'autre à la fin de l'hiver et au début du printemps (mai : 1 376 soit 67,95 individus/litre de sédiment). Trois périodes défavorables correspondant aux effectifs les plus bas, se situent en janvier, mai et octobre. La densité moyenne globale sur un cycle annuel correspond à 54,64 individus/litre de sédiment. En comparaison, les relevés de GACHET (1978 a) sur un étang de la région grenobloise et pour une année atteignent 126,80 individus/litre de vase dans la zône la plus proche de l'eau; au cours des périodes d'abondance, en hiver ou en été "les comptages dépassent souvent la valeur de 300 individus/litre de vase (maximum de 944 individus/litre de vase".

Un examen détaillé des fluctuations globales du peuplement ripicole endogé, montre que les pics correspondent à l'abondance maximale des principaux groupes. Ces pics varient suivant les stations, les décalages étant liés vraisemblablement aux conditions d'installation de la pédofaune.

Dans la station des Fenouils, on constate que le pic hivernal est dû en grande partie à l'abondance des populations de Collemboles, Acariens et Diptères, les autres groupes étant peu représentés; le pic estival est constitué par les mêmes populations auxquelles s'ajoutent les Coléoptères. Dans cette station, l'installation des populations est sans doute liée à la matière organique présente sur les bords du ruisseau (apport de litière par la ripisilve et le couvert végétal, arbustif ou herbacé).

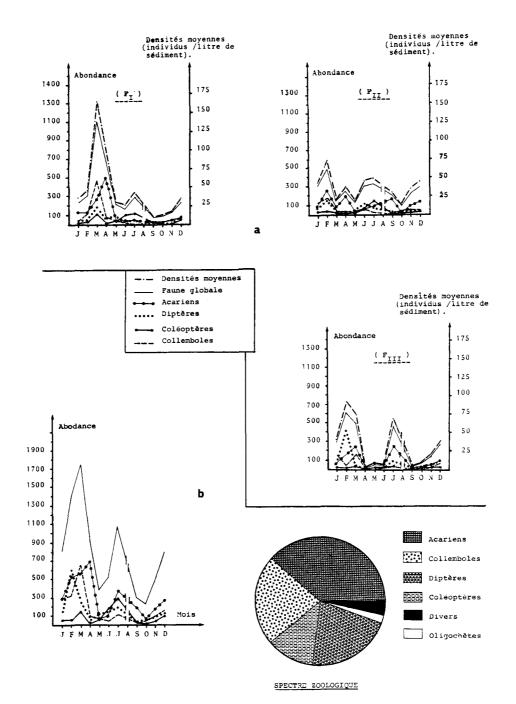


Fig: 2 - Fluctuations mensuelles du peuplement ripicole endogé dans la station des Fenouils. **a**- dans les différents micromilieux ( $\bar{\mathbf{F}}_{\mathbf{I}}$ ,  $\mathbf{F}_{\mathbf{II}}$  et  $\mathbf{F}_{\mathbf{III}}$ ). **b**- dans l'ensemble de la station.

En effet, ce sont surtout des groupes phytophages ou détrivores qui apparaissent les premiers dès l'arrivée de l'hiver (cas de certaines familles de Diptères, de Collemboles et d'Acariens Oribates) période où la décomposition de la matière organique est activée par les nombreuses pluies automnales. A partir de la fin du printemps jusqu'à la fin de l'été, les densités globales mensuelles des Coléoptères sont supérieures à celles des Diptères et des Collemboles, alors que les Acariens représentés essentiellement par le groupe des Gamasida, déjà important pendant l'hiver, conservent des densités élevées. Ce phénomène est lié vraisemblablement au régime trophique des espèces, en effet la plupart des larves de Coléoptères récoltées sont carnassières et on peut considérer, selon TRAVE (1963), les Gamasida comme des prédateurs de Collemboles et d'Oribates".

Ces fluctuations mensuelles des effectifs au sein des groupes zoologiques sont peu différentes selon la nature du micromilieu prospecté (texture du substrat, présence ou absence de végétation etc...); les figures 2a semblant le démontrer. Ainsi dans le micromilieu  $F_1$  caractérisé par du sable et de la végétation, dominent les Collemboles et les Acariens, la porosité du milieu

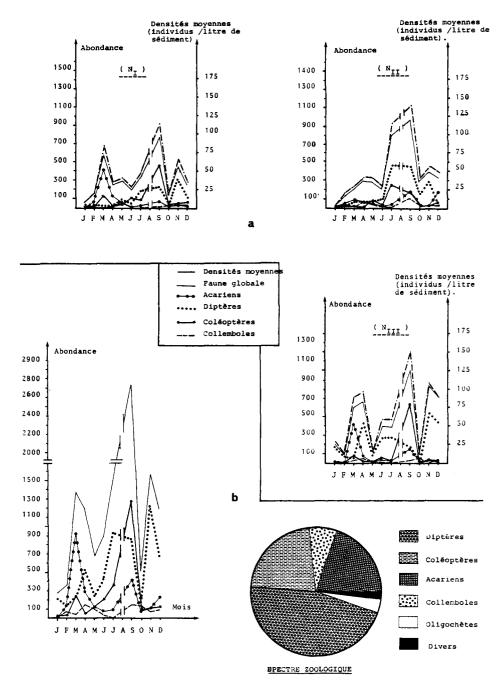


Fig: 3 -Fluctuations mensuelles du peuplement ripicole endogé dans la station de la Nible. **a**: dans les différents micromilieux.( $\aleph_{\text{I}}$ ,  $\aleph_{\text{II}}$  et  $\aleph_{\text{III}}$ ). **b**- dans l'ensemble de la station.

(BOUMEZZOUGH 1983 a) est sans doute le facteur principal et permet la pénétration des individus dans le sol. Le micromilieu F<sub>II</sub> composé de sable nu se montre favorable aux larves de Coléoptères (*Dryopidae* en particulier) bien que les Acariens et les Collemboles y soient encore bien représentés. Le micromilieu F<sub>III</sub>, constitué de graviers et de sable semble un milieu propice aux larves de Diptères, avec toujours, une représentation assez nette des Acariens et des Collemboles.

Dans la station de la Nible, on observe, comme dans les Fenouils une prédominance des Acariens et des Diptères pendant la fin de l'hiver et le début du printemps, les Collemboles et les Coléoptères présentant une plus faible densité. La période optimale qui s'échelonne de juin à septembre voit la dominance des Coléoptères mais aussi des Diptères, avec une plus faible densité des Acariens et des Collemboles. Le pic automnal est caractérisé presque uniquement par la

présence des Diptères (1 220 individus en novembre). Les relevés de GACHET (1978 a) ont montré, comme à Nible, l'abondance des Diptères d'octobre à décembre et en juillet-août, et le fort pourcentage des Coléoptères entre juin et septembre. Il est vrai que la station de la Nible, par ses eaux calmes, ses zones marécageuses, sa végétation riveraine constituée de *Thypha angustifolia* rappelle, par bien des points, un écosystème lénitique.

Cet effectif important des Coléoptères et des Diptères (stades immatures et imagos) dans la station de la Nible se retrouve nettement dans les trois micromilieux étudiés malgré quelques différences dans la nature du sol et de végétation (Fig. 3a).

#### b) Discussion

En définitive, ces deux stations qui dans le domaine de la faune ripicole épigée présentaient de nombreuses similitudes (BOUMEZZOUGH 1983 b) apparaissent ici comme assez dissemblables malgré la prépondérance dans les deux secteurs étudiés de quatre groupes dominants : les Diptères, les Coléoptères, les Acariens et les Collemboles. Encore faut-il signaler que les densités de ces populations sont très différentes d'une station à l'autre. La Nible est caractérisée par une forte dominance des Diptères (5 587 individus soit 45,90 % de la population), la station des Fenouils par l'abondance des Collemboles (2 028, soit 22,93 % de la population)et des Acariens (3 372, soit 38,13 % de la population). De plus la densité du peuplement global et la richesse spécifique présentent des écarts importants (12 172 individus répartis en 108 taxons à Nible, 8 889 individus et 84 taxons dans les Fenouils).

D'autres caractères séparent encore ces deux stations, outre le fait que l'une est située sur un ruisseau temporaire (la Nible), l'autre sur un ruisseau semi-temporaire (les Fenouils). En effet, les pics d'abondance maximale des espèces varient d'une station à l'autre, le plus important est situé en mars dans les Fenouils; il apparaît en septembre à Nible, les autres pics ne recouvrent aucune période commune. Les affinités faunistiques de la station de Nible avec une faune d'eau calme et marécageuse (comparaison avec les travaux de GACHET) est peut-être à l'origine de ces dissemblances. De même si l'on compare l'évolution mensuelle des abondances de la faune épigée et de la faune endogée, on constate que les courbes se superposent dans la station de la Nible (Fig. 3 b) alors qu'elles n'ont rien de commun dans la station des Fenouils; ce fait n'est pas surprenant puisque les fluctuations de la faune endogée sont dues essentiellement aux Collemboles et aux Acariens, individus qui ne sont pas pris en compte en surface.

Nible présente donc par la nature et la variété des micro-habitats, constitués selon les milieux, de vase avec ou sans végétation, d'une litière riche en humus et matières organiques (milieu très favorable aux Diptères et Coléoptères), un biotope plus favorable que les Fenouils.

#### c) Remarques

Comme pour la faune ripicole épigée, il est possible de distinguer parmi les communautés animales endogées, des organismes terrestres, ripicoles et aquatiques.

Par analogie aux individus psammophiles qui vivent dans le milieu interstitiel, GACHET (1978 a et b) utilise, pour cette faune hypogée une terminologie particulière à savoir d'une part les formes "macroépiripixènes" qui regroupent tous les animaux typiquement aquatiques ou terrestres qui vivent rarement ou irrégulièrement dans la frange capillaire. J'utiliserai pour ma part, le terme "macrohyporipixènes" qui me semble mieux convenir pour la faune hypogée et, d'autre part, les formes "macrohyporipiphiles" (terme équivalent à l'appelation : ripicoles endogés "sensu stricto" (BOUMEZZOUGH 1983 b) qui sont plutôt liées au substrat et à l'humidité mais que l'on ne retrouve qu'exceptionnellement en eau libre et dans le domaine terrestre xérique.

L'examen des pourcentages d'abondance établis pour chaque groupe (Tab. II) permet de constater que la plupart des ordres présente un pourcentage inférieur à 1. Parmi ces groupes à effectifs très réduits, deux types d'animaux peuvent être distingués :

- des animaux franchement aquatiques tels les Copépodes (0,025 % pour les deux stations réunies) et les Amphipodes (Gammaridae : 0,01 %).
- des animaux typiquement terrestres comme la plupart des Arachnides et des Însectes (Psocoptères, Thysanoptères, Homoptères, etc...).

Les groupes à effectifs élevés sont les Oligochètes, les Acariens, les Collemboles, les Diptères et les Coléoptères.

Les Collemboles et les Acariens sont terrestres : parmi les 27 espèces de Collemboles recensées, aucune n'est véritablement hygrophile, la plupart étant ubiquiste et eurytope. Il en est

de même, sans doute, de la majorité des Acariens récoltés.

Tous ces groupes que nous venons d'énumérer peuvent être classés parmi les formes "macrohyporipixènes" c'est-à-dire contenant des espèces aliénées et hôtes (BOUMEZZOUGH 1983 b) donc étrangères au milieu.

Les ordres restant concernent les Oligochètes (2,75 % pour la moyenne des deux stations), les Coléoptères (17,32 %) et les Diptères (33,92 %).

Pour Eiseniella tetraedra (Oligochètes) son appartenance aux formes "macrohyporipiphiles", ne fait aucun doute. Cette espèce peut se rencontrer parmi la faune benthique des torrents, mais la vase grossière, humide et aérée, constitue son biotope de prédilection. Une certaine difficulté demeure lorsqu'il s'agit de classer les Diptères et les Coléoptères.

#### - Les Coléoptères

Trente trois espèces de Coléoptères, réparties en quatorze familles, ont été récoltées, soit aux stades immatures, soit à l'état imaginal. Parmi ces quatorze familles, cinq appartiennent au domaine aquatique, neuf sont terrestres. (Le Tableau III donne , pour chaque station, et seulement pour les Coléoptères et les Diptères, le nombre d'individus et le pourcentage de chaque famille, à l'état larvaire et imaginal).

Parmi ces Coléoptères, plusieurs espèces avaient déjà fait l'objet de prélèvement en surface du sol, il s'agit de trois espèces de *Trechidae*, trois espèces de *Pterostichidae*, quatre espèce de *Staphylinidae* et une espèce de *Sphaeridiidae* (*Hydrophilidae*), l'ensemble constituant 7,43 % de la richesse totale de la faune endogée de la station de Nible et 7,14 % pour les Fenouils. Quatre autres espèces de Coléoptères endogés appartenant à la famille des *Staphylinidae* ont été récoltées, parmi lesquelles une seule (*Scopaeus taevigatus*) est véritablement ripicole.

Examinons successivement dans les deux stations étudiées l'importance numérique des différentes familles au sein de l'ensemble Coléoptères-Diptères (Tab. III). On constate, aussi bien à Nible que dans les Fenouils, un fort pourcentage de larves de Coléoptères aquatiques (31,43 % et 33,21 %), ce pourcentage n'atteignant que 1,25 % et 0,67 % pour les larves de Coléoptères terrestres. Ces différences disparaissent si on ne prend en compte que les imagos (0,90 % et 0,63 % pour les espèces aquatiques, 1,60 % et 0,81 % pour les Coléoptères terrestres).

Il faut donc reconnaître que l'horizon superficiel du sol (0 - 5 cm) constitue un biotope préférentiel pour les larves de Coléoptères aquatiques et plus particulièrement pour les Dryopidae (Dryops rufipes, D. algiricus) qui, présents toute l'année, atteignent un effectif global de 2 379 individus à Nible, soit 10,69 individus par litre de sédiment et 847 dans la station des Fenouils. Cet effectif élevé des larves de Dryopidae a déjà été observé sur les bords d'étangs (GACHET, 1978 a), ces individus étant considérés comme des espèces indigènes hétérozones (BOUMEZ-ZOUGH 1983 b) qui passent leurs stades immatures dans le sol humide puis leur vie imaginale en bordure de l'eau sous les cailloux en "position ripicole". Comme GACHET (1978 a), on a également observé que les larves de cette famille dominaient en période de hautes eaux, les Hydrophilidae étant plus abondants aux basses eaux.

A ces deux familles benthiques, font suite par ordre d'importance quatre autres familles de Coléoptères nectoniques : les Hydrophilidae (Laccobius sp., Helochares lividus, Anacaena globulus, Celostoma hispanicum) les Dytiscidae (Agabus sp.) les Elmidae (Oulimnius rivularis) les Hydraenidae (Hydraena sp.).

#### - Les Diptères

Dix huit familles sont représentées à l'état larvaire ce qui rend difficile la détermination spécifique et pratiquement impossible, en l'absence d'élevages, la distinction entre espèces aquatiques et terrestres.

Cependant on peut considérer que ces Diptères, dans leur quasi totalité, ont fait du sédiment marginal humide leur habitat préférentiel et peuvent être considérés comme des formes "macrohyporipiphiles" à l'état larvaires, l'imago étant aérienne.

Les larves de Diptères sont très nombreuses dans le sédiment humide, 18 familles dont 7 782 individus dans les deux stations réunies, soit 66,26 % de l'ensemble Coléoptères-Diptères à Nible et 62,87 % dans les Fenouils. Les *Chironomidae* avec 42,06 % (Nible) et 40,01 (Fenouils) dominent très nettement et peuvent présenter à certaines périodes de l'année des pullulations importantes ou inversement des effectifs très bas.

Viennent ensuite dans l'ordre d'importance, les Ceratopogonidae (10,89 % à Nible,

ORDRES	N	IBLE		FE	NOUILS	
	Nombre d'individus	Pour	centages	Nombre a'individus	Pour	entages
COLEOPTERES <u>Larves</u> Aquatiques			·			
Dryopidae Hydrophilidae Dytisoidae Elmidae Hydraenidae	2379 113 128 5 4	28,46 1,35 1,53 0,05 0,04	Total= 31,43%	847 69 89 7 2	27,76 2,26 2,91 0,22 0,06	Total= 33.21%
Terrestres Carabiques Staphylinidae Cantharidae Elateridae Chrysomelidae	14 12 25 5 3	0,16 0,14 0,29 0,05 0,03	Total= 0,67%	16 6 13 2 2	0,52 0,19 0,42 0,06 0,06	Total= 1,25%
Adultes Aguatiques Elmidas Dryopidas Hydrophilidas	8 14 32	0,09 0,16 0,38	Total= 0,63%	2 10 16	0,06 0,32 0,52	Total= 0.90%
Terrestres Pterostichidae Trechidae Harpalidae Cymindidae	3 10 3 1	0,03 0,11 0,03 0,01		1 7 3	0,03 0,22 0,09	
Staphylinidae Anobiidae Pselaphidae Ptilidae	38 14 2	0,45 0,16 0,02	Total= 0,81%	33 3 1 2	1,08 0,09 0,03 0,06	Total= 1,60%
DIPTERES						
*Chironomidae *Cenatopogonidae *Limontidae *Dolichopodidae *Muscidae Cecidomytidae *Stratiomytidae *Tabanidae *Syrphidae *Ephydnidae Tipulidae Tipulidae Soiomysidae *Paychodae	3516 911 250 452 53 118 14 68 11 3 18 2	42,06 10,89 2,99 5,40 0,63 1,41 0,16 0,81 0,03 0,03 1,25		1221 66 218 258 3 69 42 2	40,01 2,16 7,14 8,45 0,09 2,26 1,37 0,06 0,91	
*Sciaridae Scatophilidae Bibionidae Rhagionidae Therevidae	3 1 1 19	0,03 0,01 0,01 0,22	Total= 66,26%	13 1	0,42 0,03	Total=62,84%
TOTAL	8358	100%		3051	100%	

TABIII - Pourcentages des individus aquatiques et terrestres parmi les
Diptères et les Coléoptères dans les deux stations étudiées
( Horizon: 0 - 5 Cm ).

2,16 dans les Fenouils), les Dolichopodidae (5,40 % et 8,45 %), les Limoniidae (2,99 % et 7,14 %), les Cecidomyiidae (1,41 % et 2,26 %) et les Psychodidae (1,25 %) les représentants de cette dernière famille étant considérés par GACHET (1978 a et b) comme des espèces "macrohyporipiphiles" typiques. Cet auteur signale également l'extraordinaire pullulations de certaines larves de Diptères dans ces prélèvements, avec une prédominance toute partifulière pour les Limoniidae, Cerapogonidae et Chironomidae.

On constate donc, dans les milieux étudiés, l'importance des larves de Coléoptères et plus particulièrement des Coléoptères aquatiques et surtout des Diptères à l'état Iarvaire. Dans la station de Nible, cette abondance est vraisemblablement liée à la présence d'une matière organique importante (carbone organique élevé : C = 30,23 g/l 000 g de terre,  $\frac{C}{N}$  plus faible; 9,78, cf. BOUMEZZOUGH, 1983 a) et à la porosité du sol, ce second facteur étant favorisé par les migrations journalières et saisonnières des animaux fouisseurs (Vers, cas de nombreuses larves d'Insectes, Fourmis et la plupart des Myriapodes). Cette aération du sol et la teneur relativement riche en oxygène

<sup>\*:</sup> Familles de Diptères dont certaines espèces sont ripicoles à l'état larvaire et les imagos terrestres (espèces indigènes hétérozones).

dissous dans l'eau d'infiltration (51,66 % du taux de saturation à Nible, 59,33 % dans les Fenouils) permet aussi à la faune non fuisseuse de pénétrer dans les galeries creusées dans le sol (cas des imagos de Coléoptères ripicoles endogés).

#### d) Conclusion

Ce travail réalisé sur la faune du sédiment superficiels du sol (0 - 5 cm) permet de donner un aperçu sur la composition, les caractéristiques, la physionomie de la population ripicole endogée. Plusieurs remarques peuvent être formulées.

Cette communauté endogée est constituée, comme pour la faune épigée de 3 types d'organismes : aquatiques, terrestres et ripicoles. C'est un peuplement extrêmement riche puisque 130 taxons y ont été dénombrés, Acariens non compris (la détermination spécifique n'ayant pu être réalisée). Cette richesse faunistique, constatée sur les rives de la Nible et des Fenouils, ruisseaux de type temporaire et semi-temporaire, surprend si on compare nos résultats avec ceux de GACHET (1978 a et b) relatifs à une plage vaseuse en bordure d'étangs où seulement 47 espèces ont été recensées. Cette différence s'explique sans doute par la proximité immédiate du domaine terrestre au contact de l'eau dans le ruisseau et par son éloignement dans le cas d'un étang ou d'une mare présentant une plage ou une arrière plage plus étendues.

Cependant, si nous examinons en détail la faune qui compose ces populations, on constate que ce milieu si richement pourvu en éléments minéraux et en matière organisque, est relativement pauvre en espèces typiquement ripicoles c'est-à-dire "macrohyporipiphiles". En effet, outre les onze espèces de Coléoptères ripicoles endogés sensu stricto qui avaient déjà fait l'objet de prélèvements quantitatifs et semi-quantitatifs de surface et qui appartiennent donc à la fois à la communauté ripicole endogée et épigée, seuls les Oligochètes Eiseniella tetraedra et les Coléoptères Dryopidae peuvent être considérés comme des formes macrohyporipiphiles, toutes les autres espèces appartenant soit au domaine aquatique (Crustacés, Coléoptères) soit au domaine terrestre. Il faut toutefois inclure parmi les formes véritablement ripicoles endogées toutes les larves de Diptères (espèces indigènes hétérozones) qui sont liées au substrat humide à l'état larvaire mais dont les imagos sont aériennes. Cette faible diversité spécifique de la faune endogée "sensu stricto" avait déjà été observée parmi le peuplement ripicole épigé (BOUMEZZOUGH 1983 b) mais dans les deux cas les effectifs des deux communautés sont supérieurs au reste du peuplement ripicole global, situation tout à fait normale dans le cas d'un milieu extrême comme celui des bords d'eau.

Une dernière remarque concerne les deux stations étudiées où de très nettes différences concernant le nombre d'individus et les fluctuations saisonnières avaient été constatées ; elles ont cependant en commun le même pourcentage d'individus aquatiques et terrestres parmi les populations de Coléoptères et de Diptères endogés (cf. Tabl. III).

#### II - HORIZONS PROFONDS (5 - 15 cm)

#### | - Introduction

GACHET (1978 a) s'étant limité à la couche de vase superficielle de 5 cm d'épaisseur, aucune recherche, sur la faune ripicole globale des niveaux profonds du sol n'avait été réalisée jusqu'à présent.

Les prélèvements que j'ai effectués concernent donc les horizons profonds du sol (5 - 15 cm) et sont localisés, comme pour les niveaux superficiels (0 - 5 cm) dans une bande côtière de 50 cm de large, le long du ruisseau (cf. Fig. 1).

Selon la quantité d'eau d'infiltration (ou eau interstitielle) qui apparaît dans le fond de la cavité, après le retrait de la motte de terre humide ou de vase, les sédiments recueillis sont classés en deux catégories :

- des sédiments "secs", en l'absence d'eau d'infiltration (mais où existe cependant une certaine humidité), la faune est considérée comme appartenant à une faune endogée proprement dite.
- des sédiments imprégnés d'eau (vitesse d'infiltration forte à moyenne), la faune contenue dans le sédiment sera qualifiée d'interstitielle.

La faune endogée et interstitielle a été extraite par Berlèse au cours des trois premiers mois de l'année, puis pour des raisons d'ordre matériel, le tri s'est poursuivi par lavage jusqu'à la fin de l'étude. Ces deux types de méthodes de tri, très différents, ne nous ont pas permis d'exploiter l'ensemble de nos résultats et rendront très difficile la comparaison de certaines données.

Faune stations endogée (5-15cm)	N I	BLE	FENOUILS			
Ordres zoologiques	Nombre d'individus	%	Nombre d'individus	%		
Annélides(Olig <b>ochète</b> :	) 19	10,85	9	1,98		
Aranéides	3	1,71	-	-		
Pseudoscorpions	-	-	2	0,45		
Acariens	17	9,71	163	35,90		
Isopodes(Oniscoidés)	-	-	5	1,13		
Ostracodes	11	6,28	1	0,22		
Copépodes	12	6,85	1	0,22		
Symphyles	1	0,57	19	4,29		
Collemboles	40	22,85	90	19,82		
Diploures	-	-	2	0,45		
Psocoptères	5	2,85	-	-		
Hyménoptères (Fourmis)	<del>-</del>	-	75	16,96		
Thysanoptères	-	_	1	0,22		
Lépidoptères	2	1,14	-	-		
Hétéroptères	-	-	9	2,03		
Coléoptères	19	10,85	43	9,47		
Diptères	46	26,28	22	4,85		
Total	175	100 %	454	100 %		

Tableau IV - Nombre d'individus et % respectif de chaque ordre zoologique dans les deux stations étudiées.

## 2 - Faune endogée

## a) Inventaire faunistique

Comme pour la faune endogée superficielle, il a été établi dans les stations de la Nible et des Fenouils. Les résultats figurent dans les Tableaux IV et V.

b) Composition globale du peuplement

Dans la station de la Nible, 37 taxons et 175 individus seulement ont été recensés qui se répartissent comme suit :

```
- Oligochètes
                : 2 taxons
- Myriapodes
                : 1 taxon
- Arachnides
                : 5 taxons
- Crustacés
                : 4 taxons
- Collemboles
                : 9 taxons
- Psocoptères
                : 1 taxon
- Lepidoptères
                : 1 taxon
                                Insectes: 25 taxons
- Coléoptères
                : 5 taxons
- Diptères
                : 9 taxons
```

Comme pour la faune ripicole épigée et endogée superficielle, les trois catégories d'organismes (aquatiques, terrestres et ripicoles) sont présents dans cette station. Parmi les animaux terrestres, figurent par ordre décroissant, les Collemboles (22,85 %), les Arachnides (11,42 %), les Lépidoptères et les Symphyles.

La faune strictement aquatique est assez bien représentée en Crustacés avec 6,28 % d'Os-tracodes, 6,85 % de Copépodes et un seul représentant de la famille des Coléoptères *Hydrophilidae* et *Dytiscidae*; les Oligochètes représentant 10,85 % du peuplement.

STATIONS	JAN'	VIER	FEVE	IER	MAR	₹S	MA	11	JU	1N	SEP	Dre	oc.	TOBRE	NOV	Mbre	DE	Cpr
ESPECES	N	F	N	F	N	F	N	F	N	F	N	F	N	F	N	F	N	F
NNELIDES OLIGOCHETES		-l- · · ·																
LUMBRICIDAE							!											
Elseniella tetraedra-Savigny TUBIFICIDAE			7	2	2			4	1				6		1		2	
ARACHNI DES																		
Aran <b>éides</b> ERIGONIDA <b>E</b> LYCOSIDAE					1									i	1			
LINTPHIIDAE Pseudoscorpions					1													
Acariens MESOSTIGMATA																		
amasida ORIBATES		68	5	6 8				2	1			1 5	9	2	8	14	1	1
RUSTACES	-															_		
niscoides . estracodes																5		
CYPRIDIDAE Candona neglecta - Sars C. albicans - Brady Clyodromus olivaosus-(Brady et					1				1				3 2 3		1			
Copépodes Novman)  BARPACTICOIDA					3								4		5			
YRIAPODES													•					
Σγmphyles		11		2					1							1		
NSECTES Collemboles																		
ISOTOMIDAE ryptopygus thermophilus -Axelson sotomiella minor -Schäffer sotoma viridis-Bourlet . notabilis -Schäffer		17 2 1	15 7					1					2 2	13 1 4		1 3 4 4	1	1
octomurus fucicola -Reuter (ertagopus abeloosi -Poinsot (ydroisotoma schaefferi -Stach SMINTHURIDAE		1	1										1					
phaeridia pumilis -Krausbauer Eminthurinus elegans - Fitch		1	1											3		1 4		
ENTOMOBRYIDAE 'omocerus ep. .epidocyrtus ep. PODURIDAE								4				2	3				1	
rachystomella parvula -Schäffer ?seudachorutes subcrassus -Tullberg illobella sp.			1									1		1				
ONYCHIURIDAE leanura sp. nychiurus sp.											•	3	2		1	6		
Psocoptères Diploures Dyménoptères		2										1	5			8		6
hysanoptères epidoptères (chenilles) létéroptères (larves) loléoptères	1	1			1							1		1		ı		
Larves DRYOPIDAE HIDROPHILIDAE	2	6	2		1			1	11			4	2		3			
DYTISCIDAE CANTHARIDAE STAPHYLINIDAE					1			1										
CHRYSOMELIDAE ELATERIDAE																		
Imagos DRYOPIDAE												·						
ryops rufipes - Krynicki TRECHIDAE															2			
ynechostictus ruficornis -Strum cys harpaloides - Serville PSELAPHIDAE	ļ											3	3		4	1 2		
rachygluta helferi -Schmidt ipt <b>ères</b>																	1	
CHIRONOMIDAE **shocladiinae						10			2						ı	1	1	
DOLICHOPODIDAE LIMONIIDAE CECTOMYITAE		1	6			5 6			1			1			1	4		
CECIDOMIIIDAE PSYCHODIDAE TIPULIDAE CERATOPOGONIDAE SYRPHIDAE		1 1 3 1	4	_		1 7				1								
TABANIDAE STRATIOMYIIDAE				1						İ	! 							

TAB. V. - INVENTAIRE DE LA FAUNE ENDOGEE (HORIZON : S - 15 Cm) dans les 2 stations étudiées.

( Tous les mois de l'année ne sont pas représentés,l'absence de relevé au cours de certaines périodes est due, soit à l'impossibilité,au niveau de la zone de prospection, d'atteindre le sédiment profond à cause de la proximité de la roche mêre , soit au fait que le prélèvement correspondait à du sédiment "interstitiel" ,soit encore à l'absence totale de faune dans le prélèvement)

N: NIBLE , F: FENOUILS

Pour la faune macrohypripiphile ou ripicole endogée on signalera, comme dans les horizons supérieurs : les Oligochètes Eiseniella tetraedra (deux individus), quelques Dryopidae, un Coéoptère Trechidae : Synechostictus ruficormis, espèce strictement ripicole mais fréquentant de préférence les niveaux supérieurs du sol ou la partie épigée, et neuf familles de Diptères (26,28 %) dont les larves vivent vraisemblablement dans ce milieu.

Dans la station des Fenouils, les 33 taxons correspondent à 454 individus (nombre bien supérieur à la station précédente). Ces taxons se répartissent de façon hétérogène au sein de cinq classes.

Oligochètes
Arachnides
Crustacés
Myriapodes
I taxon
taxons
1 taxon

- Insectes : 24 taxons ( - Collemboles : 9 taxons

( - Coléoptères : 7 taxons ( - Diptères : 5 taxons ( - Diploures : 1 taxon ( - Hyménoptères : 1 taxon ( - Thysanoptères : 1 taxon

Les Arthopodes terrestres dominent dans cette station avec 36,87 % d'Acariens, 20,36 % de Collemboles, 16,96 % d'Hyménoptères (Fourmis) et un nombre très réduit d'Arachnides, de Crustacés terrestres et de Coléoptères (Trechidae, Staphylinidae, Chrysomelidae, Elateridae).

Les organismes aquatiques sont rares : 1 Ostracode et 1 Copépode (cette différence avec la station de la Nible, plus riche, est vraisemblablement liée à la présence de la retenue collinaire située en amont de la Nible où se trouve le plancton); On note aussi 15 larves d'Hydrophilidae.

Les formes "macrohyporipiphiles" sont également peu abondantes avec quelques larves de Dryopidae et cinq familles de Diptères seulement : Chironomidae, Dolichopodidae, Limonidae, Cecidomyii-dae, Tipulidae. Cette diminution des larves de Diptères, par rapport à la Nible, avait déjà été signalée pour la faune endogée superficielle.

c) Dynamique du peuplement.

Il est extrêmement délicat, comme je l'ai indiqué précédemment, de comparer les fluctuations saisonnières du peuplement en raison de l'utilisation de deux méthodes de tri différentes. Les avantages et les inconvénients de chaque méthode ne seront pas discutés ici, mais il faudra vraisemblablement en tenir compte dans l'interpétation des résultats et des données recueillies.

Plusieurs remarques concernant les fluctuations saisonnières des communautés ripicoles endogées peuvent être faites :

- à la lecture des courbes de la Figure 4, illustrant les variations de l'abondance globale du peuplement endogé, il ne semble pas "a priori" se manifester de différences notables entre le nombre des individus récoltés par Berlèse et par lavage. Il semble en effet, que l'on puisse récolter les animaux en aussi grand nombre avec l'une ou l'autre méthode.
- la station des Fenouils est caractérisée par la présence d'un pic hivernal constitué essentiellement par l'abondance des Acariens, des Collemboles et des petits groupes divers (Fig. 5 a) (172 individus, soit 17,60 individus/litre de sédiments). Un pic hivernal de forte amplitude existait déjà dans les fluctuations de la faune endogée superficielle de cette station (Fig. 2 a), il était lié à la dominance des Acariens, des Collemboles et des Diptères. Un pic de plus faible amplitude apparaît en septembre, il correspond à la période optimale des Coléoptères (22 individus, soit une densité de 2,18 individus/litre).
- dant la station de la Nible, le tracé de la courbe est marqué par des effectifs peu abondants ; trois pics peu élévés sont présents. Le premier à la fin de l'hiver et le second au début du printemps (41 individus soit 6,01 individus/litre de sédiment en moyenne) correspondent à la présence des Collemboles et des Diptères, le troisième, en automne, caractérise les groupes divers ; la faune est presque inéxistante de mai à septembre. Contrairement à la station des Fenouils, les effectifs endogés profonds ne reflètent pas les mêmes variations que la faune endogée superficielle (Fig. 3a). Le petit nombre d'individus récoltés ne permet pas d'expliquer l'origine des différentes variations mensuelles des populations.

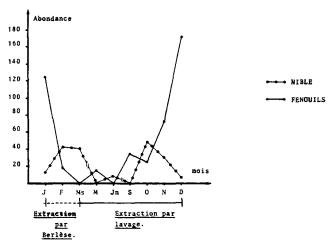


Fig: 32 - Abondances glebales du peuplement endogé (horizon: 5-15cm)dans les deux stations prospectées.

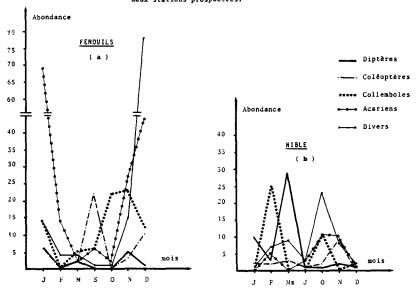


Fig: 5 -Fluctuations mensuelles de l'abondance des différents groupes zoologiques dans l'horizon profond (5 - 15 cm) des stations des Fenouils et de la Nible

## 3 - Faune interstitielle

## a) Inventaire faunistique

Les relevés correspondent à des prélèvements effectués dans une terre ou une vase imprégnée d'eau (vitesse d'infiltration moyenne ou forte). Sept mois seulement présentaient des prélèvements de ce type dans la station de la Nible, cinq dans la station des Fenouils.

Les résultats figurent dans les Tableaux VI et VII.

b) Composition globale du peuplement

Vingt deux et vingt neuf taxons sont présents dans les stations de la Nible et des Fenouils ; les individus, comme pour la faune endogée proprement dite, sont plus nombreux dans la station des Fenouils. Comme pour la faune épigée et endogée les trois catégories d'individus, terrestres, aquatiques et ripicoles, sont présents :

- La faune terrestre est bien représentée avec les Acariens (32,54 % et 18,84 %) et les Collemboles (17,75 % et 33,33 %).
- Paradoxalement, la faune aquatique n'est caractérisée que par un seul Ostracode (Candona neglecta) et deux larves de Coléoptères Dytiscidae et Hydrophilidae.
- La faune macrohyporipiphile (ou ripicole interstitielle) est assez abondante avec 81 larves de *Dryopidae* et 113 larves de Diptères réparties en 8 familles, avec une dominance particulière pour les *Chironomidae* et les *Limoniidae*.

Ordres stations zoologiques	NIB	LE	FENOUILS				
de la faune interstitielle	Nombre d'individus	%	Nombre d'individus	%			
Annélides oligochètes	10	5,91	2	0,58			
Pseudoscorpions	6	4,25	-	-			
Acariens	55	32,54	65	18,84			
Ostracodes	1	0,70	-	-			
Symphyles	-	-	2	0,58			
Collemboles	30	17,75	115	33,33			
Hyménoptères	2	1,41	-	-			
Thysanoptères	1	0,70	-	-			
Lépidoptères	-	-	3	0,93			
Hétéroptères	1	0,70	-	<del>-</del>			
Coléoptères	19	11,24	64	18,55			
Diptères	27	15,98	86	24,93			
Total	169	100 %	345	100 %			

Tab. VI - Nombre d'individus et % respectif de chaque ordre zoologique dans les deux stations étudiées.

#### c) Dynamique du peuplement

Les échantillons de terre ou de vase imprégnés d'eau n'ayant été récoltés que pendant cinq mois dans la station des Fenouils et sept à Nible, il était pratiquement impossible, sur une période si courte, de donner une vue globale des fluctuations des diverses communautés ripicoles.

Cependant l'examen du Tableau VII permet de constater une densité plus élevée de l'ensemble des taxons pendant les trois premiers mois de l'année, période au cours de laquelle, le tri s'est effectué par Berlèse. Doit-on en conclure que dans ce cas cette dernière méthode est plus efficace que la méthode de lavage ou y-a-t-il véritablement une abondance des individus pendant la période hivernale comme nous l'avons constaté pour la faune endogée proprement dite ? Le nombre peu élevé de prélèvements ne permet pas, pour l'instant d'apporter une réponse définitive.

## d) Discussion

L'étude de la faune endogée peuplant les horizons profonds du sol (5 - 15 cm) a montré que le peuplement Arthropodien et plus particulièrement les principaux groupes, comme les Annélides, les Acariens, les Collemboles, les Coléoptères et les Diptères, récoltés dans les niveaux superficiels existent aussi en profondeur (Fig. 6). Le passage des couches superficielles aux zones endogées proprement dites (5 - 15 cm) s'accompagne cependant d'une chute brutale de la richesse spécifique et des effectifs des populations. Le Tableau VIII illustre les différences constatées pour les trois milieux étudiés dans les stations de Nible et des Fenouils.

La zone endogée profonde avait été primitivement séparée (5 - 15 cm) selon deux types de sédiments : des sédiments "secs" dépourvus d'eau d'infiltration dont la faune avait été qualifiée d'endogée proprement dite, et des sédiments imprégnés d'eau dont le prélèvement avait été considéré comme appartenant à la faune interstitielle. En fait très peu de caractères les différencient, les principaux groupes terrestres et aquatiques y sont, ainsi que les ripicoles "vrais". On constate paradoxalement une plus grande quantité d'organismes aquatiques (onze Ostracodes, douze Copépodes) dans le sédiment "sec" que dans le sédiment imprégné d'eau (un Ostracode) ; le terme de faune interstitielle ne paraît pas entièrement justifié dans ce travail. Il est certain que les organismes aquatiques suivent les fluctuations du niveau de l'eau ; ces recherches ont montré qu'ils peuvent survivre dans un sédiment sec ou présentant un certain degré d'humidité.

STATIONS	JANV	I ER	FEVR	IER	MAR	s	AVRI	L	MAI		JUIN		DEC	re
ESPECES	N	F	N	F	N	F	N	F	N	F	N	F	N	F
ANNELIDES OLIGOCHETES														
TUBIFICIDAE		]	)	}		1		1	2		'n		7	
		1			1		ļ							
ARACHNIDES Pseudoscorpions Acariens													6	
MESOSTIGMATA Gamasida	18	24	6		16	36	3	1 2	2	2	2		1	
ORIBATES	2	}		1	}	}	1	1	١,	1 "	'		1	1
CRUSTACES Ostracodes CYPRIDIDAE Candona neglecta - Sars							<u>.</u>				1			
					1			1						
MYRIAPODES Symphyles		2												
INSECTES														
Collemboles					1									
ISOTOMIDAE		}			ļ	13	1	}	1	1		·	ı	
Isotomiella minor - Schäffer Isotoma viridis - Bourlet		1		17	7	11	3	ļ	1	2			1	
I. notabilis - Schäffer				1					1					
Isotomurus maculata - Schäffer Hydroisotoma schaefferi - Stach	1			1 5	Į	l		1	Į I	[				
Cryptopygus thermophilus - Axelson	1			1	İ	12					[			
Isotomodes sp.		1		1		4	]			İ				
Folsomides navacerradensis - Selga F. parvulus - Stach Vertagopus abeloosi - Poinsot						2							1	
SMINTHURIDAE Sminthurinus elegans - Fitch Sphaeridia pumilis - Krausbauer			}			2 3								
PODURIDAE	1			ì		ì	1		}	'				·
Bilobella sp. Pseudachorutes subcrassus -Tullber Hypogastrura armata - Nicolet	9 1			3 3		6								
ONYCHIURIDAE	1		ł	1	}	1	Ì	1						
Onychiurus sp.1 Tullbergia affinis - Börner				1		2	3							
ENTOMOBRYIDAE Lepidocyrtus sp.			i	l	1			 	1		1			
Hétéroptères Lépidoptères Thysanoptères Hyménoptères (Fourmis)					1	2		1			1		2	
Coléoptères  DRYOPIDAE  DRYMICCIDAE	7	28	3	21	5	14	1 1			1	1			
DYTISCIDAE HYDROPHILIDAE							1							
Diptères						l								
TIPULIDAE	2	3		8	3	1,,	1	1 3	1				2	
CHIRONOMIDAE DOLICHOPODIDAE	l ı	2.	5	12	1	17		ا ا					*	ļ
CECIDOMYIIDAE	1	1		3	1	ī	ļ	1					1	
TABANIDAE LIMONIIDAE	1 2	4	1	3	1	22		1					ĺ	
PSYCHODIDAE	1 1	}		]	1			1				١.		
MUSCIDAE	<b>!</b>	7	1		1	}	}	<b>\</b>	1			. !		1

TAB. VII - INVENTAIRE DE LA FAUNE ENDOGEE INTERSTITIELLE ( Horizon: 5 - 15 Cm DANS LES DEUX STATIONS ETUDIEES :

F : FENOUILS
N : NIBLE

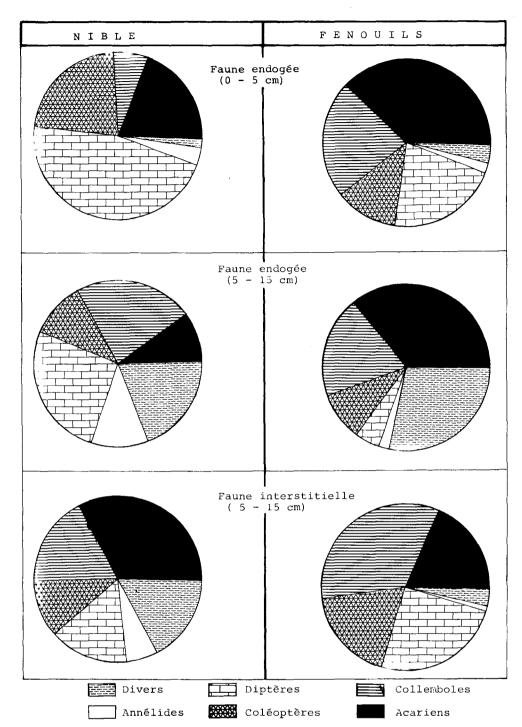


Fig: 6 - Spectres zoologiques des différents peuplements.

Faunes Stations	Endogée superficiel ( 0 - 5	le cm )	Endogée p ( 5 - 15		Endogée "interstitielle ( 5 - 15 cm )				
	Nombre d'individus	Taxons	Nombre dindividus	Taxons	Nombre d'individus	Taxons			
Nible	12.172	108	175	37	169	22			
Fenouils	8.889	84	454	33	345	29			

Tab. VIII

#### CONCLUSION

Ces recherches ont permis de mettre en évidence que la faune des bords de ruisseaux appelée communément faune ripicole se subdivise à tous les niveaux en trois types d'organismes : des animaux aquatiques, terrestres et ripicoles vrais.

Cette séparation, déjà constatée chez les organismes épigés (cf. BOUMEZZOUGH, 1983 b) est valable aussi pour la faune endogée superficielle et profonde ou l'on peut distinguer successivement :

- des animaux aquatiques comme les Copépodes, les Ostracodes, les Amphipodes (Gammaridae), les larves de Coléoptères Hydrophilidae, Hydraenidae, Dytiscidae et Elmidae.
  - des animaux typiquement terrestres comme la plupart des Insectes et des Arachnides.
- Enfin, des animaux ripicoles vrais ou macrohyporipiphiles qui vivent dans cet habitat marginal; ce sont essentiellement des Oligochètes (Eiseniella tetraedra) des Coléoptères Dryopidae à l'état larvaire et la quasi totalité des larves de Diptères.

#### REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier Monsieur J.J. MUSSO (Laboratoire d'Ecologie, St. Jérôme, Marseille) qui a bien voulu relire mon manuscrit, Messieurs GARNIER et HABAI pour leur aide matérielle sur le terrain et Mademoiselle LIMON pour la dactylographie.

#### BIBLIOGRAPHIE

- ATGAY F. (1983). La communauté des Arthropodes des bords de mare à niveau variable de la Crau (Bouches du Rhône). Thèse de spécialité (Zoologie), Aix-Marseille III, 192 p.
- BIGOT L. & GAUTIER G. (1981). Originalité et intérêt de la communauté ripicole et pélophile de surface.

  Bull. Mus. Hist. Nat. Marseille. 51, 13-130.
- BOUMEZZOUGH A. (1983 a). Les communautés animales ripicoles épigées et endogées du bassin versant de la rivière Aille (Var, France). Thèse de spécialité (Zoologie). Aix-Marseille III. 191 p.
  - (1983 b). Les communautés animales ripicoles du bassin versant de la rivière Aille (Var, France). II) Composition et structure de la faune épigée. *Ecologia Mediterranea*. <u>IX</u>, <u>2</u>, 3-33.
- BOUMEZZOUGH A. & MUSSO J.J. (1983). Etude des communautés animales ripicoles du bassin versant de la rivière Aille (Var, France). I) Aspects biologiques et écoéthologiques. *Ecologia Mediterranéa*, <u>IX</u>, <u>1</u>, 31-56.
- COINEAU Y. (1974). Introduction à l'étude des microarthropodes du sol et ses annexes. DOIN Edit. 118 p.
- FAVET C. (1981). Communautés ripicoles de la basse Durance. Thèse de spécialité (Zooécologie). Aix-Marseille III, 371 p.
- GACHET M. (1978 a). Etude des fluctuations de la faune ripicole macroscopique dans les étangs de la région grenobloise. III. Etude qualitative et dynamique des populations dans l'étang de Brié (Isère). Trav. Lab. Hydrobiol. Grenoble., 69-70, 7-32.
  - (1978 b). Etude des fluctuations de la faune macroscopique dans quelques étangs de la région grenobloise. IV. Etude faunistique comparative de trois séries de mesures à l'étang de Brié (Isère). Trav. Lab. Hydrobiol. Grenoble., 69-70, 33-69.
  - (1981). La macrofaune ripicole des milieux de lisière du Rhône français (Extrait du document du Comité Faune et Flore : les milieux aquatiques de lisière dans la vallée du Rhône en amont de Lyon). Grenoble : 1-63.
- TRAVE J. (1963). Ecologie et biologie des Oribates (Acariens), saxicoles et arboricoles. Hermann édit,,
  Paris. 267 p.
- TREHEN P. (1971). Recherches sur les Empidides à larves édaphiques. Thèse doctorat Sci. nat., Rennes, 280 p.
- SALMAN S.A. (1984). Etude morphologique et écologique sur les larves de quelques espèces de Diptères Psychodidae dans l'Est, le Sud-Est et le centre de la France. Thèse doctorat Sci. Nat., Grenoble. 220 p.
- VAILLANT F. (1970). Les exigences écologiques des larves de Diptères Psychodidae. Bull. Soc. Zool. Fr., 92, 305-315.

Etude d'un écosystème lacustre en région méditerrannéenne: l'étang d'Entressen.

III) Le zooplancton (copépodes et cladoceres)

J.P. BERTAZZON \*
Y. BRESSAC \*\*

MOTS CLES - Zooplancton, étang, impact agriculture, impact oiseaux.

RESUME - L'étang d'Entressen subit depuis plusieurs années les impacts du développement de l'agriculture sur son bassin versant et de la présence de colonies de Laridés. Cet environnement influe sur le peuplement zooplanctonique. Au printemps, l'épandage d'engrais sur les terrains agricoles provoque un enrichissement des eaux d'alimentation de l'étang et contribue à la prolifération des crustacés. En été, le retour des oiseaux sur le plan d'eau induit un changement brutal dans la composition du peuplement phytoplanctonique qui se répercute au niveau du zooplancton.

SUMMARY - Entressen pound is subject to agricultural development and Laridae colonies presence. This environment sway on zooplankton. At spring, manure spread on agricultural grounds of its drainage basin, occasion inflow enriching and contribute to crustacean bloom. In summer, birds winding lead at a raw phytoplanktonic community change and consequently at a density and composition change in zooplanktonic community.

#### INTRODUCTION

L'étang d'Entressen, situé en Provence, au centre de la plaine de Crau, représente par son étendue (plus de 90 hectares), et sa profondeur (plus de 7 m en hiver), une importante pièce d'eau douce naturelle en région méditerranéenne (fig.!).

Avec sa double utilisation (réserve d'eau pour l'irrigation et déversoir du réseau de drainage des eaux de pluie), l'étang d'Entressen subit des variations de niveau pouvant atteindre 2m. Au cours de l'été, ce marnage peut provoquer l'exondation des importantes roselières qui occupent la zone littorale.

Le biotope subit depuis plusieurs années les impacts du développement de l'agriculture sur son bassin versant et de la présence des colonies de Laridés en provenance de la décharge d'ordures de la ville de Marseille (située à 1 km au sud-ouest de l'étang).

Le but de ce travail est de montrer l'influence de cet environnement sur la composition et l'évolution saisonnière du peuplement zooplanctonique, en regard des caractéristiques hydrologiques, hydrochimiques et du peuplement phytoplanctonique de l'étang en 1982 (BERTAZZON, 1984; BERTAZZON et CAZAUBON, 1984).

<sup>★</sup> Laboratoire de Biologie animale-Ecologie, avenue R.Poincarré, 13397 MARSEILLE Cedex 4

<sup>\*\*</sup>Laboratoire d'Hydrobiologie, Université de Provence, 1,place Victor Hugo, 13331 MARSEILLE Cedex 3.

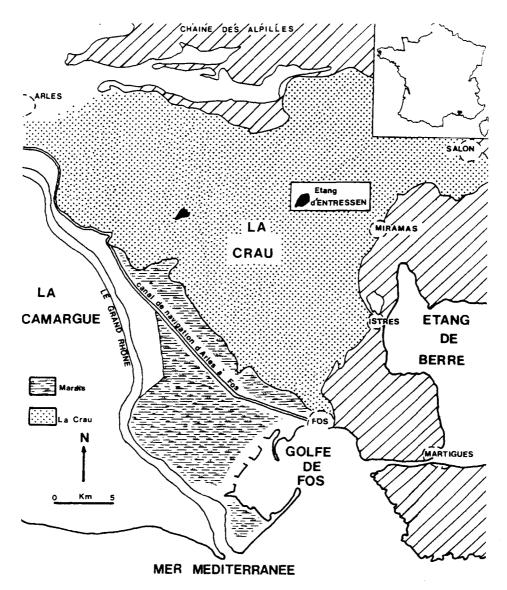


Fig.1 - L'étang d'Entressen : situation géographique.

## I - MÉTHODES

Les prélèvements quantitatifs ont été effectués une fois par mois, de février à décembre 1982. La station prospectée est située en pleine eau, au centre de l'étang (station 1, fig.2).

L'échantillonneur utilisé est un filet fermant conique de type Nansen, de 2 m de long, 0,50 m d'embouchure et 75  $\mu$ m de vide de maille. Chaque prélèvement correspond à deux traits verticaux (fond-surface).

A chaque campagne, des échantillons qualitatifs sont également prélevés au niveau des roselières (stations 2 et 3).

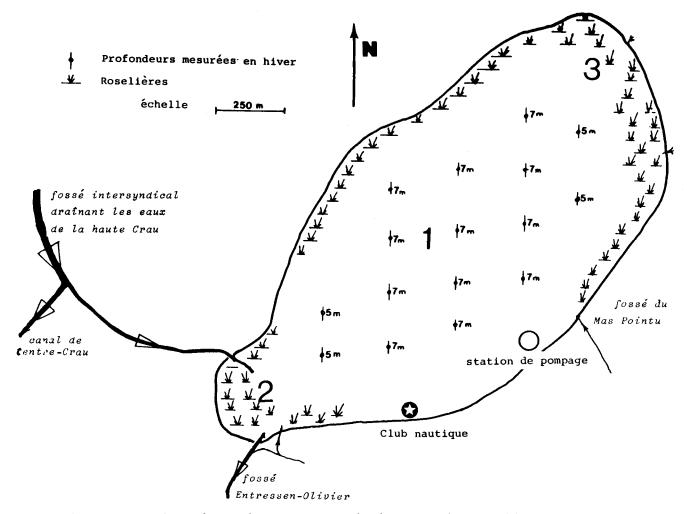


Fig.2 - Morphologie de l'étang d'Entressen et localisation des stations de prélèvement.

## II - RÉSULTATS

## 1 - Composition du peuplement

### - Cladocères :

Sididae : Sida crystallina (O.F.MULLER) ★

Daphniidae: Daphnia hyalina LEYDIG

Daphnia ambigua SCOURFIELD Simocephalus exspinosus (KOCH) \*

Bosminidae: Bosmina longirostris var. similis (LILLJBORG)

Bosmina coregoni BAIRD

Chydoridae: Biapertura affinis (LEYDIG) \*

Chydorus sphaericus (O.F.MULLER) ★
Eurycercus lamellatus (O.F.MULLER) ★

Pleuroxus aduncus JURINE \*

- Copépodes : cyclopoida

Eucyclopinae : Macrocyclops albidus (JURINE, 1820) \*

Acanthocyclops robustus (G.O.SARS,1863) Cyclops vicinus vicinus (ULJANINE,1875)

harpacticoida

Canthocamptidae : Canthocamptus staphylinus (JURINE, 1820) \*

calanoida

Diaptomidae : Eudiaptomus sp.

Les espèces signalées par un astérisque (\*) ne se rencontrent que sporadiquement dans la masse d'eau et sont plutôt cantonnées aux roselières (stations 2 et 3). Le peuplement de la zone centra-le de l'étang est essentiellement composé de Crustacés, avec 4 espèces de cladocères et 2 de copépodes cyclopides.

Avec une densité moyenne sur l'année de l'ordre de 90.10<sup>3</sup> ind./m3, l'étang d'Entressen peut être considéré comme un milieu riche en zooplancton. Cette valeur moyenne de l'effectif est inférieure à celle mesurée dans des eaux stagnantes méridionales réputées très productives, comme les rizières de Camargue (900.10<sup>3</sup> ind./m3, PONT,1983) mais très supérieure à celle des grands lacs de barrage du sud est de la France (3 à 8.10<sup>3</sup> ind./m3 à Serre-Ponçon, BRESSAC, 1983; 1,7.10<sup>3</sup> ind./m3 à Sainte Croix, BRESSAC et CHAMPEAU,1984).

#### 2. Evolution saisonnière du peuplement

Ces résultats concernent uniquement la station centrale de l'étang.

#### 2.1. L'ensemble du peuplement

Le suivi du peuplement zooplanctonique d'Entressen en 1983 (fig.3, tabl.1) montre :

- des effectifs réduits pendant toute la période froide avec 14 à 36.10<sup>3</sup> ind./m3 de février à mai, les copépodes représentent alors plus de 50% du peuplement;
- une "explosion" du zooplancton fin juin avec 227.10<sup>3</sup> ind./m3 représentés en grande majorité par les cladocères (83%);
- une chute importante de la densité en septembre (42.10<sup>3</sup> ind./m3) où les copépodes représentent de nouveau la moitié du peuplement;
  - un nouveau pic d'abondance en novembre (185.10<sup>3</sup> ind./m3) marqué par la prolifération des cladocères.

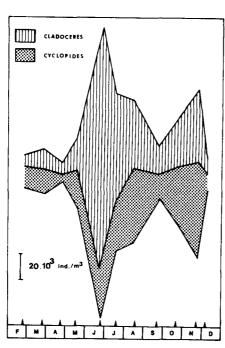


Fig.3 - Evolution saisonnière du peuplement
zooplanctonique à la station 1 en 1982.
Les 2 groupes dominants cladocères et
copépodes sont différenciés.
Les dates de prélèvement sont marquées
par des triangles.

## 2.2. Les cladocères

L'essentiel des effectifs est assuré par deux espèces : Daphnía hyalina et Bosmina conegoni. Les phases de prolifération de ces deux espèces ne sont pas simultanées mais se succèdent au cours du cycle annuel étudié.

D.hyalina présente trois pics d'abondance. Le premier, en mai, est de faible amplitude
(11.10<sup>3</sup> ind./m3); le deuxième, en août, correspond au maximum de développement de la population
(50.10<sup>3</sup> ind./m3); le troisième ne se manifeste qu'en novembre avec 30.10<sup>3</sup> ind./m3.

B.coregoni montre deux phases de prolifération à des périodes où les effectifs des autres cladocères sont très bas. Un premier pic se manifeste en juin avec des densités très fortes (187.10 ind./m3). La population est encore abondante en juillet. En revanche les bosmines ont presque disparu en août (10<sup>3</sup> ind./m3). Les effectifs ne redeviennent importants qu'en septembre et octobre avec 20.10<sup>3</sup> ind./m3.

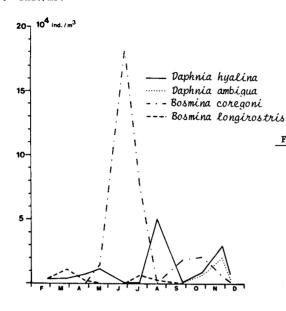


Fig. 4 - Evolution saisonnière des densités des quatre espèces de cladocères dominantes à la station 1 en 1982.

Deux autres espèces de cladocères sont également récoltées à la station 1 mais leur densité ne dépasse pas 1 à 2.10<sup>3</sup> ind./m3 au cours du cycle étudié : ainsi Bosmina longinostris n'apparaît qu'en mars et en juillet et Daphnia ambigua n'est récoltée qu'en automne (septembre à décembre).

La présence éphémère de *D.ambigua* dans le cycle annuel, à Entressen comme dans les étangs piscicoles des Dombes (AMOROS et JUGET, 1970; AMOROS, 1973) peut contribuer à expliquer les récentes de cette espèce en France.

#### 2.3. Les copépodes

Les calanides sont représentés uniquement par de rares individus du genre Eudiaptomus, récoltés en mai et juin.

Les cyclopides dominants à la station centrale appartiennent aux espèces Cyclops vicinus vicinus et Acanthocyclops robustus. Comme pour les cladocères dominants, les phases de prolifération de ces deux espèces au sein de la masse d'eau sont décalées dans le temps (fig.5)

A. robustus n'est pas présent dans la masse d'eau pendant l'hiver. Au printemps, la population se développe très rapidement puisque la densité atteint aussitôt  $25.10^3$  ind./m3 (mai).

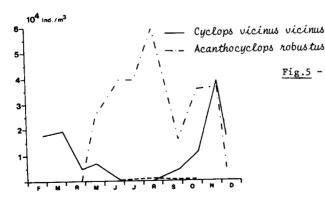


Fig.5 - Evolution saisonnière des densités des cyclopides C.vicinus vicinus et A.robustus à la station 1 en 1982.

L'espèce est récoltée en abondance pendant tout l'été avec un maximum en août (58.10<sup>3</sup> ind./m3). Une chute importante des densités est à noter en septembre avec une valeur de 16.10<sup>3</sup> ind./m3. Les effectifs remontent un peu à l'automne puis l'espèce disparaît de la masse d'eau en décembre.

Inversement *C.vicinus vicinus* est assez bien représenté pendant l'hiver. L'effectif diminue au cours du printemps et l'espèce disparaît de la masse d'eau de juin à septembre. A l'automne, les densités augmentent de nouveau, le maximum annuel pour cette espèce est enregistré en novembre avec 38.10<sup>3</sup> ind./m3.

Tableau 1 - Densités	de s	principales	espèces	zooplanctoniques	a	la :	station	1
de févrie	r à	décembre 19	82.					

DATES ESPECES	25.02	26.03	22.04	17.05	25.06	19.07	17.08	22.09	20.10	23.11	06.12
Daphnia hyalina	4253	4515	7231	11437	640	546	50240	1205	8792	29755	7418
Daphnia ambigua	-	-	-	-	-	- 1	+	1132	7689	20041	3077
Bosmina coregoni	-	-	-	14029	187280	79470	1056	19532	21968	5852	1758
B.longirostris	4263	11187	2039	- '	-	6500	2400	-	-	-	-
Cyclops vicinus	17732	18500	4900	6000	-	-	+	4000	12455	38341	17373
A.robustus	-	-	-	25000	39280	38427	58560	16000	35980	36659	4783
TOTAL	26248	34202	14170	56466	227200	124943	112256	154125	86884	130648	34409

### III - DISCUSSION

Pour l'année 1982, les plus fortes valeurs de densités zooplanctoniques sont enregistrées au printemps. Cette période, deux facteurs peuvent contribuer à expliquer cette prolifération :

- l'importante baisse du niveau de l'étang, qui induit une "concentration" des organismes;
- l'enrichissement en nutriments des eaux d'alimentation, suite à l'épandage d'engrais sur les terrains agricoles du bassin versant (BERTAZZON, 1984).

L'observation du fond des cuves de sédimentation, utilisées pour le comptage du phytoplancton, montre, en effet, en juin-juillet, une eau chargée en bactéries et détritus mais pauvre en cellules algales (BERTAZZON et CAZAUBON, 1984). Cette remarque contribue à expliquer que B.conegoni constitue la quasi totalité du peuplement d'Entressen au printemps, puisque cette espèce se nourrit de bactéries, détritus et algues nannoplanctoniques (GLIWICZ, 1969, 1974).

Le mois d'août est marqué par un changement brutal dans la composition et la biomasse du peuplement phytoplanctonique qui coıncide avec le retour des Laridés sur l'étang. L'observation des cuves de sédimentation montre alors un milieu très peu chargé en bactéries et détritus mais très riche en volvocales. Conjointement, les effectifs de B.coregoni sont très faibles alors que les daphnies sont à leur maximum annuel. GEORGE et EDWARDS (1974) montrent une étroite relation entre l'essort de D.hyalina et celui des petites cellules de chlorophycées. De plus cette prolifération des daphnies est favorisée par une température élevée de l'eau (24,5°C) qui raccourcit le temps de développement embryonnaire et juvénile (NAUWECK et coll.,1980). De même, GREEN,1967; VIJVERBERG,1976; PORTER,1977; LAMPERT, 1978; BLAZKA,BACKIEL et TAUB,1980, montrent que l'abondance et la qualité de la nourriture, fournie ici par les volvocales, favorisent la fécondité de D.hyalina.

En septembre, les effectifs du zooplancton sont très bas. Trois facteurs peuvent être invoqués pour expliquer cette chute des densités :

- la dilution entraînée par les entrées d'eau importantes à la fin de l'été;

- les perturbations créées par le courant entrant, chargé en matières en suspension néfastes aux organismes filtreurs (ZURECK,1980), qui peuvent induire une forte mortalité des daphnies, comme celle provoquée par la crue printanière à Serre-Ponçon (BRESSAC,1983);
- le développement des cyanophycées (colonies de Merismopedia) qui entraîne une forte mortalité et un arrêt de la reproduction chez les daphnies (ARNOLD,1971; GEORGE et EDWARDS,1974).

L'automne est marqué par une nouvelle phase d'abondance du zooplancton. En octobre et novembre, la température est encore élevée, l'effectif phytoplanctonique abondant et la proportion des cyanophycées diminue.

### BIBLIOGRAPHIE

- AMOROS C. (1973). Evolution des populations de Cladocères et Copépodes dans trois étangs piscicoles de la Dombes.

  Annls limnol. 9 (2): 135-155.
- AMOROS C. et JUGET S. (1970). Données préliminaires sur la faune planctonique et benthique de deux étangs piscicoles de la Dombes. (Ain).

  Annls limnol. 6 (2): 215-227.
- ARNOLD D.E. (1971). Ingestion, assimilation, survival and reproduction by Daphnia pulex fed seven species of blue green algae.

  Limnol.Oceanogr., 16: 906-920.
- BERTAZZON J.P. (1984). Etude d'un écosystème lacustre en région méditerranéenne : l'étang d'Entressen. I. hydrologie et hydrochimie. Ecologia Mediterranea, 23 p.
- BERTAZZON J.P. et CAZAUBON A. (1984). Etude d'un écosystème lacustre en région méditerranéenne : l'étang d'Entressen. II. le phytoplancton. Ecologia Mediterranea, 26 p.
- BLAZKA P., BACKIEL T., TAUB F.B. (1980). Trophic relationships and efficiencies in "the functioning of freshwater ecosystems". LE CREN E.D. and LOWE Mc CONNEL R.H.

  IBP 22 Cambridge University Press 393-410.
- BRESSAC Y. (1983). Recherches sur le peuplement zooplanctonique d'un lac de barrage : la retenue de Serre-Ponçon. Interprétation du cycle de Daphnia longispina O.F.MULLER (Crustacé, Cladocère).

  Revue française des Sciences de l'Eau, 2 : 173-188.
- BRESSAC Y. et CHAMPEAU A. (1983). Le cycle biologique de Cyclops vícinus vicinus (Copepoda, Cyclopoida) dans la retenue de Serre-Ponçon (Hautes-Alpes).

  Annls limnol., 19 (3): 187-194.
- GEORGE D.G.et EDWARDS R.W. (1974). Population dynamics and production of Daphnia hyalina in a eutrophic reservoir.

  Freshwater Biol., 4: 445-465.
- GLIWICZ Z.M. (1969). The share of algae, bacteria and trypton in the food of the pelagic zooplankton of lakes with various trophic characteristics.

  Bull.Acad.Pol.Sci. 17: 159-165.
- GREEN J. (1966). Seasonal variation in egg production by Cladocera.

  J.Animal Ecol., 35: 77-104.
- LAMPERT W. (1978). A field study on the dependence of the fecundity of *Daphnia sp.* on food concentration.

  \*\*Oecologia\*, 36: 363-369.
- NAUWERCK A., DUNCAN A., HILLBRICHT-ILKOWSHA A., LARSSON P.(1980). Zooplankton: in "Secondary production in the functioning of freshwater ecosystems": LE CREN E.D. et LOWE Mc CONNEL R.H..

  IBP. 22. Cambridge University Press: 251-285.
- PONT D. (1983). Recherches quantitatives sur le peuplement de Copépodes, Cladocères et Ostracodes des rizières de Camargue.

  Thèse d'Etat Université de Provence Marseille : 353 p.
- PORTER K.G.(1977). The plant-animal interface in freshwater ecosystems.

  American Scientist., 65 : 159-170.
- VIJVERBERG J. (1976). The effect of food quantity and quality on the growth, birth rate and longevity of Daphnia hyalina Leydig.

  Hydrobiologia, 51: 99-108.
- ZURECK R. (1980). The effect of suspended materials on the zooplankton. I : patural environments.

  \*\*Acta hydrobiol. 22 (4): 449-471.

# Impact de la dérivation des eaux du Haut-Tavignano. (Haute-Corse)sur la communauté des algues épilithiques

A. CAZAUBON\*
M. LOUDIKI\*

SUMMARY: The Tavignano, regulated stream, exhibits many modifications of chemical and physical parameters below the dam.

The effects of impoundments on the environmental factors and on the epilithic communities will be Eystematically discussed.

<u>Key words</u>: Cours d'eau régulé - Corse granitique - Communautés algales épilithiques - Structure et composition; richesse spécifique.

### INTRODUCTION

Le Tavignano est, après le Golo, le deuxième fleuve de Corse (GIUDICELLI, 1968). Il prend naissance sur les pentes du Mont Tozzo (Haute-Corse), au lac de Nino (altitude 1743 mètres)dont il est l'émissaire. Il a 80 kilomètres de long. Environ 25 kilomètres séparent la source de la ville de Corté (altitude 400 mètres). Dans sa partie supérieure, ce cours d'eau a une pente très forte (53 °/°°) et un lit très encaissé suivant une direction Est-Nord-Est.

La dérivation partielle des eaux du Tavignano vers la retenue de Calacuccia a été réalisée en 1974, par E.D.F., grâce à un seuil situé à la côte 1080 N.G.F.; elle entraîne des modifications du régime hydrologique du cours d'eau; celles-ci varient au cours de l'année suivant les divers modes d'exploitation de la prise d'eau.

Le débit maximum dérivé est de 6 m<sup>3</sup>/s. Le "débit réservé" est de 50 1/s. De 1974 à 1979, le débit moyen dérivé a été de 1.82 m<sup>3</sup>/s, et les prélèvements ont été irréguliers. Par contre en 1983, les prélèvements ont été continus du ler janvier au 30 juin.

De nombreux travaux (LOWE, 1979) prouvent que la régulation des cours d'eau modifie directement quelques descripteurs physiques et chimiques des eaux. Ainsi, en aval du barrage, la température varie moins (l'eau est moins chaude en été, moins froide en hiver) ; le débit y est, également, plus modéré et plus stable qu'en amont. Par ailleurs, les eaux sont plus claires, favorisant une meilleure pénétration de la lumière. Quant aux éléments nutritifs, soumis à une décantation par la retenue, ils tendent à provoquer une eutrophisation des eaux.

L'objectif de cette étude est d'évaluer l'impact de cette dérivation sur les biocénoses algales du cours d'eau et les éventuelles perturbations frappant leur structure : en effet, les algues, niveau inférieur de la vie, repésentent un des premiers maillons de la chaîne trophique directement soumis à l'influence de ces perturbations.

En l'absence quasi-totale, dans le secteur prospecté, d'algues phytoplanctoniques et de

<sup>★</sup> Laboratoire de Biologie Animale Ecologie. Faculté des Sciences et Techniques de St Jérôme - Rue Henri Poincaré - 13397 Marseille cédex 13.

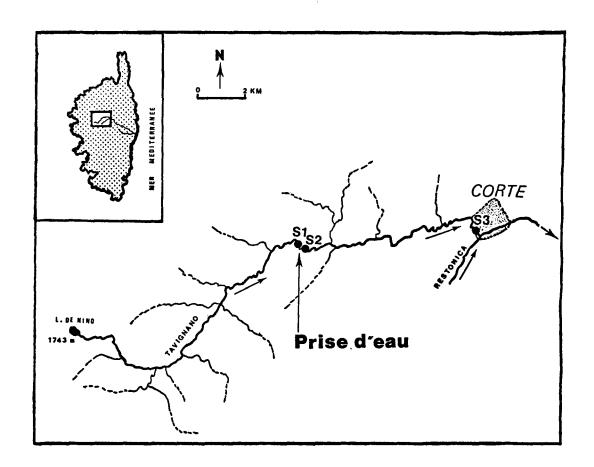


Fig. 1 - Bassin versant du Haut Tavignano et localisation des stations d'étude.

macrophytes aquatiques, seules sont prises en compte les algues benthiques, épilithiques, considérées comme les plus étroitement associées aux conditions locales (COSTE, 1978); nous analysons ici, à l'aide d'études qualitatives et quantitatives des populations algales, leur composition et leur structure.

### I - LE MILIEU

Les 3 stations choisies sont localisées de part et d'autre de la prise E.D.F. (fig. !) :

- station | (SI) : en amont immédiat de la dérivation ; elle représente le cours d'eau non perturbé. (altitude : 1080 mètres).
- station 2 (S2) : à l'aval immédiat de cette dérivation, à quelques mètres de la station l. (altitude 1080 mètres).
- station 3 (S3) : au pied de la citadelle de Corté, à une dizaine de kilomètres en aval de la station 2 et en amont de la confluence de la Restonica (altitude : 420 mètres).

Leur prospection a été faite lors de quatre campagnes (septembre 82 - novembre 82 - mars 83 - juin 83).

### CARACTERES PHYSICO-CHIMIQUES DES EAUX

Le Tavignano, dans son cours supérieur, possède les caractères typiques du réseau hydrographique de la Corse granitique.

Les eaux sont pauvres en éléments minéraux dissous ; leur pH est légèrement acide. La teneur en oxygène dissous est supérieure ou égale à la saturation, dans le cours supérieur car le brassage des eaux y est intense (torrent montagnard) ; elle diminue légèrement, à hauteur de Corté, la diminution de la pente au sortir des gorges provoquant un ralentissement des eaux.

En conclusion, en l'absence de tout rejet dans cette partie du fleuve, la qualité des eaux est bonne.

# II - LES ALGUES

### METHODES D'ETUDE

Le peuplement algal est étudié directement sur substrats naturels représentés ici, essentiellement par des cailloux, ce qui est aisé, ici, le lit étant tapissé de blocs et de cailloux de taille variable. Il s'agit donc ici d'algues épilithiques.

Sur le terrain, des cailloux de même nature (granitique), de tailles voisines (5 à 15 centimètres de diamètre) sont prélevés, puis immédiatement fixés par de l'eau formolée (formol à 5 %). Le choix porte toujours sur des cailloux dont la face supérieure, la plus colonisée, est à peu près plate, ceci afin d'uniformiser les conditions d'échantillonnage. (GALVIN et CAZAUBON, 1983).

L'inventaire systématique des Diatomées nécessite certains traitements chimiques préalables (méthode de COSTE : élimination de la matière organique par traitement à chaud des frustules, en présence d' $\rm H_2O_2$  à 120 volumes).

La détermination de toutes les espèces est effectuée au fur et à mesure des comptages. L'abondance des algues est donc exprimée par unité de surface (: nombre de cellules par centimètres carré).

# RESULTATS

Etude réalisée avec l'aide technique de Messieurs GARNIER (R) et HABAI (J.C.)

### 1/ Analyse qualitative

Au total 86 espèces sont recensées, réparties en 8 classes d'algues :

classes	espèces	
Diatomophycées	50	
Cyanophycées	9	
Euchlorophycées	8	
Zygophycées	8	
Ulothricophycées	7	
Rhodophycées	2	
Chrysophycées	2	
Euglénophycées	1	

L'examen de l'inventaire floristique donné en annexe révèle que les Diatomées, les Algues vertes et les Cyanophycées sont les groupes les mieux représentés, ce qui est conforme au spectre de répartition algale obtenu dans les petites rivières ayant des substrats de pierre (HASLAM, 1978).

# 1.1. Composition des principaux groupes

- 1.1.1. Certaines DIATOMOPHYCEES sont pérennes constituant un groupement bien caractéristique du phytobenthos du Haut-Tavignano :
- Achnanthes minutissima (Lange-Bertalot): espèce périphytique, à la fois épilithique et épiphytique, préfèrant des eaux hautement oxygénées (CHOLNOKY, 1968; FLINT, 1950; VANDAM, 1974; EVANS et MARCAN, 1976). Elle domine dans toutes les stations, ce qui confirme sa nature ubiquiste.
- Ceratoneis arcus : récoltée dans toutes les stations étudiées, elle abonde en mars, associée à la Chrysophycée montagnarde sténotherme froide Hydrurus foetidus, ce qui a déjà été souvent signalé (BOURRELLY, communic. verb.); c'est une espèce rhéophile mentionnée également par MILLERIOUX et coll. (1981) dans le Haut-Verdon.

D'autres algues, liées vraisemblablement aux faibles températures des eaux sont présentes dans ces eaux : ce sont les sténothermes froides Achnanthes lapponica et Diatoma hiemale var. mesodom ainsi que Meridion circulare, fréquemment récoltée dans les torrents montagnards (LOUDIKI, 1983).

La présence de Tabellaria flocculosa, Fragilaria virescens, Eunotia exigua, Eunotia pectinalis, Gomphonema gracile et Surirella linearis, espèces caractéristiques des eaux acides, apparaît ici en relation avec la nature chimique des eaux sur substrat granitique.

Notons, enfin, à la station 2, la prolifération de nombreuses Diatomées telles Synedra vaucheriae, Fragilaria intermedia, Cymbella leptoceros et plus particulièrement de Synedra ulna, Gomphonema angustatum, G. parvulum, Cymbella ventricosa, Nitzschia romana, Nitzschia palea, Nitzschia fruticosa, Pinnularia brebissonii et Gomphonema constrictum, toutes indicatrices de zones mesosaprobes (ZELINKA et MARVAN, 1971; SLADECEK, 1973; GALVIN et CAZAUBON, 1982; ANGELI, 1979) traduit l'existence d'un niveau de trophie élevé à l'aval immédiat du barrage. (fig. 2)

La densité de ces Diatomées diminue fortement ou devient nulle quand on s'éloigne de la dérivation (en S3, par exemple).

Le fort développement de ces algues témoigne d'une présence importante de sels nutritifs, ce qui est en accord avec les observations de LOWE (1979).

1.1.2. En ce qui concerne les Chlorophytes inventoriées, ce sont, pour la plupart, des algues filamenteuses (ULOTHRICOPHYCEES et ZYGOPHYCEES); elles constituent l'élément prédominant du phytobenthos du Haut-Tavignano; nous relevons Ulothrix sp., Chlorhormidium sp., Zygnema sp., Mougeotia sp., Spirogyra sp. souvent mentionnées dans des conditions similaires (WARD, 1976; PENÁZ et al., 1978).

Leur plus grande prolifération aussitôt après la prise d'eau met en lumière le rôle du barrage. Il s'y ajoute un certain nombre de Chlorococcales mesosaprobes (développement accentué en été).

Enfin, cette tendance a l'eutrophie est confirmée par la présence de Volvocales (Chlamydo-monas sp.) et d'Euglénales (Euglena sp.), communes dans les eaux riches en éléments nutritifs (LUDWIG

et al., 1951; MUNAWAR, 1972; ROUND,1973; ANGELI in PESSON, 1973 et BERTAZZON et CAZAUBON, 1984).

Généralement les Diatomées prédominent le peuplement algal dans les milieux lotiques; il en va de même dans les cours d'eau régulés, à l'exception de l'été, où les algues vertes filamenteuses deviennent prépondérantes; c'est le cas de l'Ontario (SPENCE et HYNES, 1971) et de la Dordogne (DECAMPS et al, 1979).

La composition et l'évolution du peuplement périphytique du Haut-Tavignano se révèlent différentes puisque les Chlorophytes filamenteuses dans la plupart des cas dominent le peuplement algal, à l'exception toutefois du mois de mars.

- 1.1.3. Les CYANOPHYCEES sont essentiellement représentées par des espèces filamenteuses comme  $Oscillatoria\ sp.$ ,  $Lyngbya\ sp.$ et  $Plectonema\ sp.$  Leur développement est également plus abondant en aval de la dérivation (S<sup>2</sup>).
- 1.1.4. Les RHODOPHYCEES ne semblent pas atteintes par les perturbations provoquées par la prise E.D.F. Leur abondance est forte en été.

# 1.2. Evolution de la richesse spécifique

A l'exception du mois de mars où les variations du nombre de taxons sont faibles, la richesse spécifique est la plus grande à l'aval immédiat de la retenue (fig. 2). Ensuite elle décroît en S3.

Ainsi, en septembre 82, sont inscrits 9 taxons à la station 1, 30 à la station 2, puis 22 à la station 3. Le nombre d'espèces de Diatomées et de Chlorophytes évoluent de la même manière.

En novembre également, la richesse spécifique passe de 7 en S1, à 38 en S2, en l'espace donc de quelques mètres.

Par contre, en mars, l'évolution du nombre de taxons est différente; les basses températures des eaux ont un effet inhibiteur, freinant la croissance des algues notamment des filamenteuses, s'opposant peut-être même, à la fixation de nouvelles algues venant coloniser les substrats. Par contre le nombre élevé de taxons en S2 est inexplicable pour nous.

### 2/ Analyse quantitative

# 2.1. Données globales

La densité algale augmente de l'amont vers l'aval du cours d'eau (tabl. I ; fig. 3). Le

Stations	sej	pt 8:	2		nov	82	2		mars	83		Jui	n 83	
Nombre de cellulles/cm <sup>2</sup>	sı	s <sub>2</sub>	s <sub>3</sub>	s	1	s <sub>2</sub>	s <sub>3</sub>	sı	S <sub>2</sub>	83	si	s <sub>2</sub>	s <sub>3</sub>	
DIATOMOPHYCEES	171	2006	4416.	3	4.	210	106.	520.	2180	3620.	94	620	2840	
CHRYSOPHYCEES	0	0	0	ļ	0	ı	0	0	o	40	0	0	0	
CHLOROPHYCEES	1912	5839	5125		ο	410	8	o	420	620	1500	4650	50	
CYANOPHYCEES	8	340	2395		0	87	90	0	200	0	240	1070	1980	
EUGLENOPHYCEES	0	10	6		0	5	0	0	0	0	680	700	24200	
TOTAL	2091	8195.	11942	3	4	713	204	520	2800	4280	2514	7040	29070	
INDICE DE DIVERSITE (bits)	0,61	1,99	2,62	2,	633	,45	2,67	2,93	1,81	2,91	1,76	3,44	1,94	
EQUITABILITE %	19,38	40,72	58 <b>,</b> 95	93,	736	5 <b>,</b> 92	70,32	88,34	57,28	72,78	44,02	72,78	44,94	

Tab. 1 : Densité globale des différents groupes d'algues. Indice de diversité et Equitabilité pour chaque station (S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub> et S<sub>3</sub>) en sept. 82, nov. 82, mars 83 et juin 83.

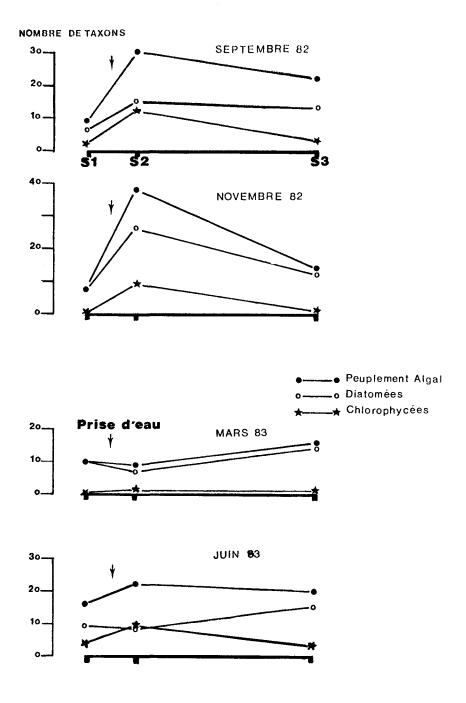
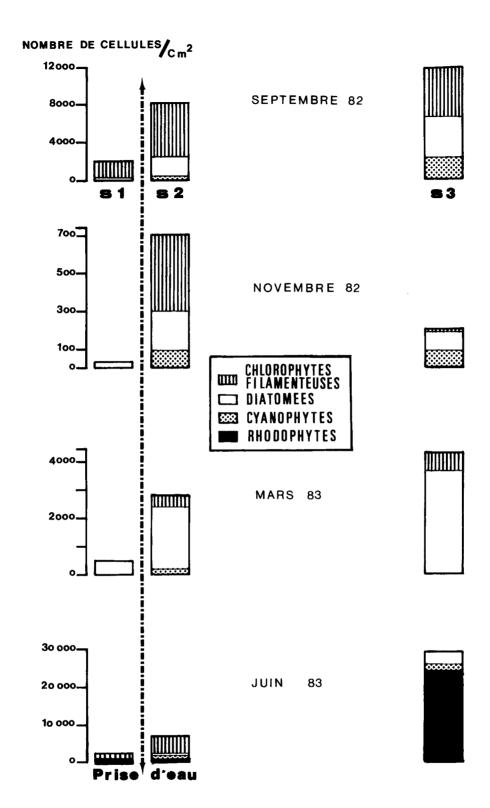


Fig. 2 - Evolution spatiale de la richesse spécifique algale



 $\underline{\text{Fig.3}}$  - Evolution spatiotemporelle de la densité algale.

maximum est atteint en juin grâce à la prolifération des Rhodophycées principalement (Batrachospermum sp. et Audouinella sp.).

En novembre, à la suite des fortes pluies d'automne, la crue par son puissant effet de chasse, a,d'une part, arraché les filamenteuses fixées et,inhibé,d'autre part,l'installation et le développement d'espèces périphytiques ce qui se traduit par l'absence des algues filamenteuses dans les stations les plus exposées (S<sub>1</sub> et S<sub>3</sub>) ; par contre,la biomasse algale est relativement plus élevée en aval du réservoir, les algues y trouvant des conditions de vie plus stables.

D'une manière générale, il y a beaucoup plus de Chlorophycées, Diatomophycées et Cyanophycées en aval immédiat du barrage (S2) entraînant un fort accroissement de la biomasse algale (fig. 4) ce qui s'intègre parfaitement aux résultats obtenus par de nombreux auteurs (MILLERIOUX et coll., 1981; LOWE, 1979; BROOK and RZOSKA, 1954).

## 2.2. Evolution de la structure des populations algales épilithiques

L'approche de la structure des communautés algales est abordée par le calcul des Indices de diversité spécifique (SHANNON, 1963) et des équitabilités (tabl. I, fig. 4)

En septembre, période durant laquelle la totalité du débit naturel est laissée dans le cours d'eau (70 l./s. en amont de la prise,65 l/s en aval), les indices de diversité et des équitabilités évoluent progressivement de l'amont vers l'aval, traduisant ainsi un bon équilibre de la structure du peuplement épilithique.

Pendant la période où l'écoulement est dérivé(novembre et mars, périodes des hautes eaux) les valeurs sont plus faibles en aval immédiat de la prise (S<sub>2</sub>). En novembre, la légère augmentation de la diversité est due au nombre élevé d'espèces accidentelles dont l'abondance relative n'atteint pas 1 % (CHOLNOKY, 1968).

En mars, la richesse spécifique est très réduite, seules quelques espèces de Diatomées prolifèrent (Synedra ulna, Nitzschia romana et Gomphonema angustatum var. producta.

Le détournement d'une grande partie de l'eau de la rivière et la restitution d'un débit réservé faible peuvent être à l'origine de cette instabilité structurale du peuplement : développement d'une flore algale relativement abondante mais peu diversifiée.

Enfin, en juin, le développement d'une florule algale assez diversifiée avec, essentiellement la réapparition des algues vertes filamenteuses traduit une amélioration de la structure du peuplement à ce niveau.

### CONCLUSION

Malgré une bonne qualité des eaux dans le cours supérieur du Tavignano, l'installation de la retenue entraîne des perturbations hydrologiques et secondairement, biologiques et écologiques.

Les algues épilithiques répondent de trois façons différentes à ces modifications :

l/ Le développement du phytobenthos est toujours considérablement accru en aval immédiat de la retenue.

2/ La prolifération d'algues mesosaprobes en aval de la retenue, souvent inexistantes en amont, indique une augmentation du niveau trophique. C'est le cas de quelques Diatomées: Synedra ulna, Gomphonema parvulum, Gomphonema constrictum, Cymbella ventricosa, par exemple, et surtout de plusieurs algues vertes filamenteuses: Oedogonium sp., Microspora willeana, Zygnema sp., Chlorhormidium sp.

Les Cyanophycées filamenteuses (Oscillatoria sp, Lyngbya sp, Plectonema sp...) abondent également après la retenue.

Comme WARD, 1976, ZIMMERMAN, 1961 et 1962, nous estimons que la réduction du courant et sa stabilité, l'absence de turbidité,associées à l'augmentation de la teneur en sels nutritifs sont à l'origine de ce haut degré de trophie en aval immédiat du barrage. Mais il nous paraît délicat de dissocier ou d'évaluer l'importance respective de chacun de ces facteurs.

3/ Pendant la période de dérivation de l'écoulement, la structure du peuplement phytobenthique est perturbée. Il en résulte un accroissement de la biomasse et une réduction de la diversité spécifique des algues épilithiques.

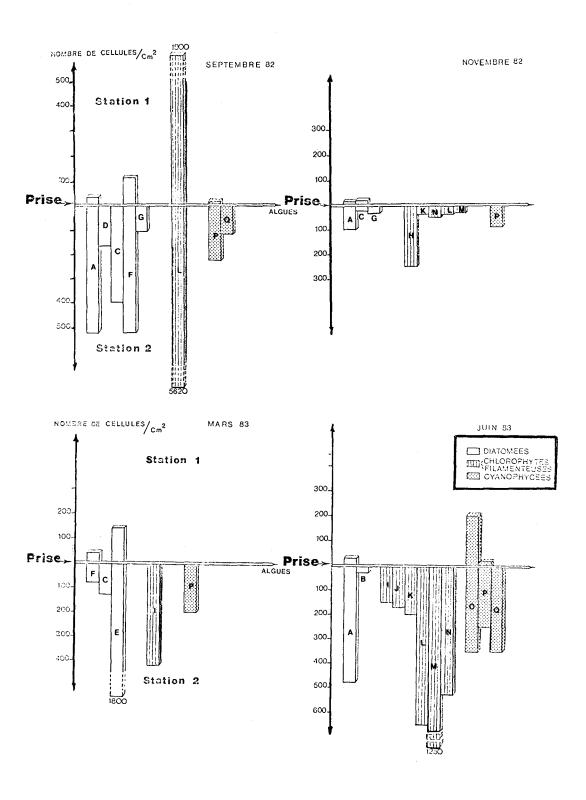
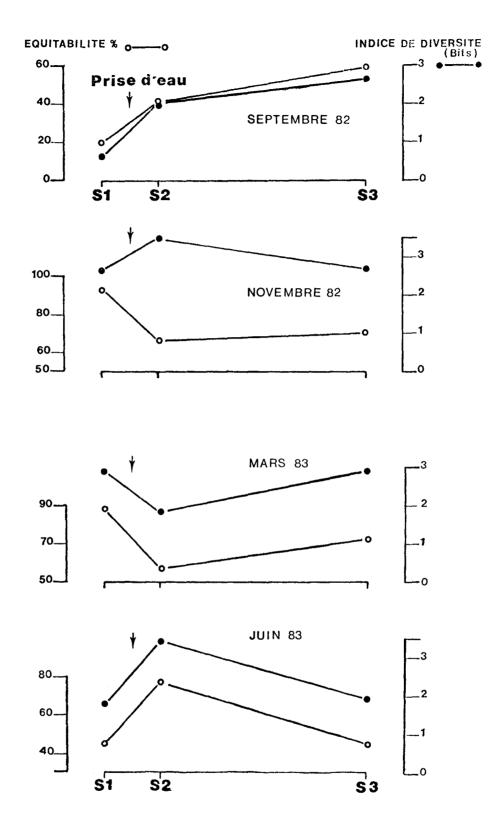


Fig. 4 - Impact de la prise d'eau sur la distribution de certaines algues : A = Achnanthes minutissina, B Cymbella ventricesa, C Gomphonema parvulum, D Gomphonema constrictum, E Nitzschia remana, F. Synedra ulna, G. Tabellaria flocculosa, H. Binuclearia sp. I Oedogonium sp. J. Bulbochaete sp. K. Microspora willeana L. Zygnema sp. M. Mougeotia sp. N Spirogyra sp. O Lyngbia sp. P Oscillatoria sp. Q Flectonema sp.



 $\underline{\text{Fig. 5}}$  - Evolution spatiale des indices de diversité et des équitabilités.

En résumé, la dérivation partielle des eaux du Haut-Tavignano modifie considérablement l'évolution de la communauté algale.

Il serait particulièrement intéressant d'étudier et de suivre, régulièrement, les variations de cette communauté algale épilithique et phytoplanctonique, spécialement en été (période très perturbatrice) en vue de contrôler le niveau trophique du fleuve, à ce niveau et d'éviter ainsi d'atteindre un seuil critique pour la fiabilité des eaux.

### BIBLIOGRAPHIE

- ANGELI (N.). 1979 Relations entre le plancton et la qualité des eaux. Thèse Doct. Sci. Nat., U.S.T. Lille, 277 p et annexes (51 fig. et 53 tabl.).
- BERTAZZON (J.P.) et CAZAUBON (A.) 1984 Etude d'un écosystème lacustre en région méditerranéenne : l'étang d'Entressen Bd. R France - 2 - Les Algues - *Ecologia mediterranea*.
- BOURRELLY(P.) 1966 Les algues d'eau douce. I Algues vertes. Boubée, Paris, 511 p.
- BOURRELLY (P.) 1968- Les algues d'eau douce II Algues jaunes et brunes : Chrysophycées, Phéophycées, Xanthophycées et Diatomées Boubée, Paris, 438 p.
- BOURRELLY(P.). 1970 Les algues d'eau douce. III Les algues bleues et rouges. Les Euglèniens, Péridiniens et Cryptomonadines. Boubée. Paris. 512 p.
- BROOK (A.J.) and RZOSKA (J.). 1954 The influence of the gebel Aulya Dam on the development of Nile plankton. J. anim. Ecol., 23: 101 115.
- CHOLNOKY (B.J.) Die Okologie der Diatomeen in Binnengewassern. Cramer Ed., 699 p.
- COSTE (M.). 1978 Sur l'utilisation des diatomées benthiques pour l'appréciation de la qualité biologique des eaux courantes. Méthodologie comparée et approche typologique. Thèse doct.

  Etat. Université de Franche-Comté: 143 p.
- DAGET J. 1976 Les modèles mathématiques en Ecologie Masson et Cie Paris.
- DECAMPS (H.) CAPBLANC (J), CASANOVA (H.) et TOURENQ (Q).1979 Hydrobiology of some regulated rivers in the Southwest of France  $In\ WARD$  pp 273 288.
- EVANS (G.H.) et MARCAN (E.). 1976 Diatom community response to variations in effluent concentration. Environ. Pollut., 10 (2): 115 - 126.
- FLINT (E.A.), 1950 An investigation of the distribution in time and space of algae of a Bristish water reservoir Hydrobiologia, 2:217 p.
- GALVIN (N) et CAZAUBON (A) 1983 Etude du periphyton d'un secteur pollué d'une rivière varoise, l'Argens.

  Evolution spatiale du peuplement algal en période d'intense pollution. Annls Limnol.

  19 (3) pp 169 178
- GALVIN (N) et CAZAUBON (A) 1982 Impact d'une pollution organique sur un peuplement périphytique de Diatomées. C.R 4e Colloque ADLF Museum Hist. Nat. 18-20 janv. 83.
- GERMAIN (H.) 1981 Flore des Diatomées. Boubée Paris : 444 p
- GIUDICELLI (J.), 1968. Recherches sur le peuplement, l'écologie et la biogéographie d'un réseau hydrogra phique de la Corse centrale . 230 p. Thèse d'Etat. Univ. AIX MARSEILLE.
- GREGOIRE (A.) 1981 Contribution à l'étude hydrobiologique d'une rivière aménagée : le Verdon (Alpes de Haute-Provence) les lacs de barrage et les tronçons de cours d'eau à débit régulé.

  Thèse Doct. Sci Nat. Univ. Aix Marseille I, 213 p et annexes (64 figures)
- HASLAM (S.M.) 1978, "River plants", Cambridge Univ. Press, London, England.
- HYNES (H.B.N.), 1970, "The ecology of running water", Liverpool Univ. Press.
- HUSTEDT (F.), 1930, Die Süsswassers Flora Mitteleuropas, Helt 10, Bacillariophyta. Iema Verlag Von Gus-
- LOWE (R.L.), 1979 Phytobenthic Ecology and Regulated Streams. In Ward and Standford 1979 pp 25-34
- LOUDIKI (M.), 1983 Etude des communautés d'algues benthiques de cours d'eau méditerranéens (Maroc Corse) Impact de certaines perturbations 32 p.
- LUDWIG (H.F.), OSWALD (W.J.), GOTAAS (H.B.) and LYNCH (V.), 1951 Algae symbiosis in oxidation ponds. I

  Growth Charateristics of Euglena gracilis cultured in sewage. Sew. Ind. Wastes, 23 (11):
  1337 1355.

- MILLERIOUX (G.), GREGOIRE (A.) et CHAMPEAU (A.). 1981 Les populations de Diatomées d'une rivière à débit régulé : le Verdon . Annls Limnol. 17 (1) : 63-77
- MUNAWAR (H.), 1972 Ecological studies of Eugleninae in certain Polluted and Unpolluted Environments Hydrobiologia, 39 (3) = 307 - 320.
- PENAZ (M.), KUBICEK (F), MARVAN (F) and ZELINKA (M), 1968, Influence of the Vir River Valley reservoir on the hydrobiological and ichthyological conditions in the River Svratka, Acta Sci. Nat. Brno, 2 (1): 1 60.
- PESSON (P.), 1976 La pollution des eaux continentales. Incidence sur les biocénoses aquatiques Gauthiers - Villars, Paris 285 p.
- Aapport E.D.F., 1983 Impact hydrobiologique de la dérivation des eaux du Haut-Tavignano sur le cours d'eau en amont de Coré. *Université AIX MARSEILLE*
- ROUND (F.E.) 1973 The biology of the Algae Arnold London 2e edition, 278 p.
- SHANNON (C.E.), WEAVER (W.), 1949 The mathematical Theory of communication. Univ. Int. Verein. Limnol., 18:1011 1017
- SLADECEK (V.), 1976 System of water quality from the biological point of view. Ergebnisse der limnologie. 7 = 218 p.
- SPENCE (J.A.) and HYNES (H.B.N.), 1971 Différences in benthos upstream and downstream of an impoundment. Y. Fish. Res. Board. Can: 28 = 35 p 43 p.
- VAN DAM (H.)., 1974 The suitability of Diatoms for biological water assessment Hydrobiol. Bull, 8 (3): 274 284 p.
- WARD (J.V.) and STANFORD (J.A.), 1979 The ecology of Regulated Streams. Plenum Press New-York and London 398 p.
- ZELINKA (M.) et MARVAN (P.), 1961 Zur Prazisierung der biologischen klassification der Rünheut fliessender gewässer. Arch. Hydrobiol., 57 (3): 389 407.
- ZIMMERMAN, (P.) 1961 1962 In WARD and STANFORD

Inventaire et Densité (nombre de cellules/cm²) des algues

Dates	SE	PT.	982	NC	V. 195	2	MAR	S 1983	3	JUI	N 198	3
Espèces Stations	Sl	S2	<b>S</b> 3	SI	S2	<b>S</b> 3	Sl	S2	<b>S</b> 3	SI	S2	S3
CHROMOPHYTAE					,							
======== DIATOMOPHYCEAE												
Achnanthes lanceolata de Brebis- son					1							i
lapponica Hustedt minutissima Kütz	36	520	355	4	93	32	120	80	20 760	30	480	20 600
Amphora ovalis Kütz		10			3	4	40	40	1,690	10	10	
Ceratoneis arcus Kütz Cocconeis placentula Ehrenberg Cyclotella sp.	12 8	25	3090	6	6 4 1	10	40	40	1480 40	10	10	900
Cymbella cistula (Hemprich) Grunow				!	1							
leptoceros (Ehr.) Grun.			1		2		<u> </u>	40				
microcephala Grun. ventricosa Kütz Denticula tenuis Kutz		5 10	10 5		3 6 : 1		60		120	2	30	400
Diatoma elongatum (Lyngbye) Agardh				į	4							
hiemale var. mesodon (Ehr.) Grun.									60	20		260
vulgare Bory Eunotia exigua (Brebisson)Grun. pectinalis Kütz					2 2 3	4					10	
Fragilaria capucina Desmazieres construens (Ehr.) Grun.		1			3		20		260			80
intermedia Grun. producta Langerstedt		65					20					20 20
virescens Ralfs Gomphonema acuminatum Ehr			30	8			1		20		20	60
angustatum (Kütz) Rabh var. producta Grun		15	23	3	6	7	21	13	38	3		
constrictum Ehr gracile Ehr	2	265	45						60	10	10	
intricatum Kütz parvulum (Kütz) Grun Mastogloia smithii Thwaites		380	147	5	1 14 1	17	19	67	402	10		160
Mastogtota smithtt Indattes Melosira varians Agardh Meridion circulare Agardh			70		1					60		20
Navicula cryptocephala Kütz grimmei Krasske	1	25	35	4	3 1	2	20			10		20
halophila Grun. imbricata Bock					4 3					:		22
lanceolata (Agardh)Ehr Witzschia dissipata Kütz						6		ļ	20		, .	20
fruticosa Hustedt linearis W. Smith		90				.,	40			ł	40	
palea (Kütz) Smith pusilla Kütz			5	2	8	16						
romana Grun. Pinnularia brebissonii (Kütz)					2		20	120				
Rabh. viridis(Nitzsche )Ehr. Rhoicosphenia curvata (Kütz)			5				20					
Grun. Surirella linearis W.Smith			, _		•			20				
Synedra rumpens Kütz ulna Nitzsche (Ehr.)	112	10 520	475 120	2	9 2	2	140	1800	200		20	1
vaucheriae Kütz Tabellaria flocculosa (Roth) Kütz		60 105			26	1			80	2		220
TOTAL DES DIATOMEES	171	2006	4416	34	210	106	520	2180	3620	94	620	2840
CHRYSOPHYCEAE		-										-
Dinobryon sp. Hydrurus foetîdus Vill.					1				40			
TOTAL DES CHRYSOPHYCEES					ı	<u> </u>		1	40	<del>                                     </del>		<del> </del>

Dates	SE	PT. 19	82	NO	ov. 19	82		MARS 1	983		JUIN 1	983
Stations Espèces	Sl	S2	<b>S</b> 3	Sl	S2	S3	SI	S2	S3	Sl	S2	S3
EUGLENOPHYTAE												
Euglena sp.		10	6		5				Ì			
TOTAL DES EUGLENOPHYCEES	0	10	6	0	5	0	0	0	0	0	0	0
CHLOROPHYTAE									<del> </del>			
Binuclearia sp	1				247		]			1		ļ
Bulbochaete sp.			530		4	1		i	1	1	170	
Chaetophora sp.			4590			1				ľ	1	
Chlamydomonas sp.		5			1	1			Į			
Chlorhormidium sp.	l	١.	;		44				1	1160	1640	
Closterium sp.		1			1	1					20	Ì
Cosmarium subcreatum Hantzsch Cosmarium sp.	1	12			1	1	}	1	1	]	10	1
Dispora sp.	İ					1			620			Į
Kirchneriella sp.	İ	15				Ì	i	i		ı	1	ĺ
Microspora willeana Lagerheim	ĺ				36	!					200	İ
Monoraphidium sp.		5	5		İ	1		1		1		1
Mougeotia sp.	ļ				31	Ì		1,		20	1250	
Oedogonium sp.	}	15				1		420	1 ,,	150	40	
Penium sp. Scenedesmus falcatus Chod.					4		1	1	10	20		1
sp.	12	120			8	8		1				
Spirogyra sp.		120							1		550	ĺ
Staurastrum sp.		1						1	1	10		İ
Tetraedron sp.		5			l		1		ŀ	1	1	ļ
Tetrastrum sp.		20	ì				1		1			
Ulothrix sp.	1000	20	<u>'</u>	Ì	25	1	1	)	1	1	650	Ì
Zygnema sp.	1900	5620			35	<u> </u>	<u> </u>	<u> </u>	L		630	
TOTAL DES CHLOROPHYCEES	1912	5839	5125	0	410	8	0	420	630	1360	4530	0
CYANOSCHIZOPHYTAE												
Ammatoidea sp.			1050					1				
Anabaena sp.			35						1		l	
Lyngbya autumnale (A.G.)Gomont								1		200	350	1980
Oscillatoria annae van Goor		•						1			120	1
ormata var crassa RAO,						i				22		
C.B.		005					1				25.0	
sp. Plectonema sp.	8	225 115	1160		87	90	1	200	<b>!</b>	18	250 350	
Stichosiphon sp.		113	65			ı			1		350	]
Tryponema sp.			85									
TOTAL DES CYANOPHYCEES	8	340	2395		87	90		200		240	1070	1980
RHODOPHYTAE									<del>                                     </del>			
=========							1					
Audouinella sp Batrachospermum sp.										680	700	12640 11560
TOTAL DES RHODOPHYCEES	0	0	0	0	0	0	0	0		680	700	24200
TOTAL ALGAL	2091	8195	11942	34	712	204	520	2800	4290	2374	6920	29020
NOMBRE DE TAXONS PAR STATION	9	31	24	8	39	15	11	10	17	19	22	28

# Croissance de la jacinthe d'eau en eau résiduaire urbaine et effet épuratoire de la culture (2<sup>eme</sup> partie)

F. SAUZE

RESUME - Une seconde campagne d'expériences a été effectuée en 1983 sur la culture d'E. crassipes en vue de la production de biomasse et de la dépollution, de façon à compléter et affiner les résultats de la première campagne entreprise en 1982.

Des valeurs optimales plus précises ont été ainsi établies pour certains paramètres, notamment les durées de séjour dans les bassins de prélagunage et dans ceux des cultures, ce qui a conduit à une amélioration des performances des deux systèmes étudiés, utilisant l'un l'effluent brut, l'autre l'effluent après lagunage. Des mesures d'assimilation de métaux lourds par la plante, et de décontamination bactérienne, ont été effectués. L'ensemble des résultats a fourni une première évaluation de l'efficacité de la culture d'E. crassipes pour ce type d'épuration, en comparaison avec d'autres procédés.

La synthèse des deux campagnes a fourni des données de base pour la recherche appliquée et la mise en oeuvre de pilotes à l'échelle réelle : ordre de grandeur des dimensions à prévoir pour les bassins, système de culture et de récolte ; rendements en biomasse, et performances épuratoires à escompter dans les conditions climatiques régionales, enfin perspectives offertes à la valorisation de la biomasse.

SUMMARY - A second annual run of experimental cultures of Eichhornia crassipes was made in 1983, in view to complete and accurate results of the first experience started in 1982.

More optimized values could be established for a few parameters, especially retention times in prelagooning basins and in the ones of cultures of water jacinths, that has resulted in an improvement of behaviours of the two systems studied, one using raw effluent, the other, effluent after lagooning. Hard metals assimilation by the plant, and bacterial decontamination, was also measured. All these results gave a first evaluation of efficiency of E. crassipes for domestic waste water cleaning, compared with classic systems.

Synthesis of the two experimental runs has brought basic elements for applied researches and making of larger scale pilots: approach of dimensions of basins, principles of growing and harvesting system; biomass previsible yielding, and efficiency of depollution in regional climatic conditions; at least prospects offered for valorization of biomass.

MOTS CLES - BIOMASSE - EAUX RESIDUAIRES - EPURATION - JACINTHE D'EAU

\*Institut National de la Recherche Agronomique, Station d'Oenologie et de Technologie Végétale Laboratoire Bioconversion 11104 NARBONNE CEDEX

### SECONDE PARTIE

### ESSAIS D'OPTIMISATION DU MODE DE CULTURE ET DU SYSTEME D'EPURATION

COLLABORATEURS: I. BRILLOUET, M. BROCHET, J. ROUSSEL.

# A. OBJECTIFS

L'expérience commencée en 1982 avec une campagne estivale de culture<sup>(1)</sup>est menée dans un objectif général qui est l'utilisation des hydrophytes flottants et plus spécialement de la jacinthe d'eau (<u>Eichhornia crassipes</u>) dans un système extensif d'épuration d'eaux résiduaires, pouvant inclure

(1) Voir lère partie, Ecol. Médit., IX, 3, 4, 1983.

Fig. 1 DISPOSITIF EXPERIMENTAL



VUE GENERALE DES BASSINS DE CULTURE



MESURE DES RENDEMENTS

le séjour en bassins dits de lagunage. Le but plus précis des essais présente un double aspect : maximisation de la production de biomasse macrophytique, en vue de sa valorisation, et optimisation de la qualité de l'eau résiduaire servant de milieu nutritif, à l'issue du traitement constitué par le passage dans le système.

Les résultats de la première campagne, dans laquelle on se limitait à s'assurer de l'adaptabilité de l'espèce à un milieu très eutrophe par rapport aux eaux naturelles, et à dégrossir la mise au point d'une méthode de culture, avaient conduit à la nécessité d'essais ultérieurs plus précis, permettant d'affiner les valeurs optimales des paramètres de culture les plus importants :

- la charge initiale introduite dans les bassins, qui dépend à la fois de l'épuration préalable éventuelle (effluent brut, ou dilué, ou pré-laguné), et du débit admis dans le système de bassins.
- la densité de macrophyteslaissée dans la culture à chaque récolte, qui est fonction du coefficient de croissance, donc de conditions externes et internes. Cette densité détermine la biomasse moyenne présente dans les bassins au cours de la culture.
- Le premier paramètre est d'importance capitale, car dans la pratique il déterminera les conditions d'insertion des macrophytes dans les systèmes extensifs du type lagunage, et par conséquent, le choix entre des systèmes épurateurs différents : utilisation de la culture en tant que traitement complet, en l'alimentant avec l'effluent brut, ou comme traitement dit tertiaire, à l'aval d'un traitement préalable secondaire, en station classique ou en station du type lagunage. Dans ce dernier cas, le système d'épuration peut être dit mixte (à microphytes et à macrophytes), et toutextensif. Dans chaque cas de figure, la connaissance précise de la qualité initiale et finale de l'effluent est indispensable pour juger de la valeur du système de traitement.

L'objectif de la seconde campagne était en particulier une meilleure approche du paramètre essentiel qui est la durée de séjour, ainsi que des performances résultantes en dépollution : par ailleurs, compléter les données relatives aux critères physico-chimiques classiques par des données d'ordre sanitaire, fondées sur l'évolution des teneurs en germes-tests de contamination fécale, et éventuellement en métaux toxiques.

Sous l'aspect de la production de biomasse, il a été prévu un suivi régulier des rendements dans chaque système, afin de mieux préciser les rapports entre production et épuration, en tentant de mettre en évidence le rôle particulier des macrophytes.

# B. MATERIEL ET METHODES

Les moyens matériels ont été dans l'ensemble les mêmes que dans l'expérience de l'année précédente.

Les quatre bassins expérimentaux, de surface utile 18 m² chacun pour une hauteur d'eau de 45 à 50 cm, ont été alimentés en sub-continu -une fois par semaine- avec les divers milieux utilisés, effluent pré-laguné ou effluent brut. L'un des bassins servait à effectuer le pré-lagunage du brut pour alimenter les bassins consacrés aux essais de culture de longue durée, sur 18 m². Ce processus permettait de disposer d'un effluent laguné dans des conditions choisies et bien déterminées, en durée de séjour et hauteur d'eau notamment, ce qui n'avait pas été le cas avec l'effluent issu du premier bassin (ou lagune) de la Station de Salles d'Aude, utilisé précédemment. Le même processus a été appliqué à l'intérieur de l'un des bassins expérimentaux, consacrés au système mixte, qui a été divisé en plusieurs compartiments dont l'un servait au pré-lagunage, et où ont été réalisés des essais de durée limitée. Les systèmes expérimentés (tableau 1) sont définis en premier lieu par le type de milieu alimentaire, ensuite par les durées de séjour du milieu dans le bassin de pré-lagunage, le cas échéant, et dans le bassin de culture de jacinthes d'eau.

Comme indiqué ci-dessous, certains essais ont été écourtés en raison soit de résultats irréguliers, soit de difficultés techniques, et même certains systèmes définitivement abandonnés, les résultats apparaissant trop peu satisfaisants.

#### TABLEAU 1

### SYSTEMES EXPERIMENTES

: Essais		:	Séjour en pré- lagunage (jours)	:	Séjour en culture (jours)	:	Observations	:
:		:		:		:		:
: Systèmes mixtes	{	<b>A</b> :	3	:	7	:	- Système éliminé	:
:	Į	в:	7	:	7	:		:
:(Pré-lagunage +	ł	с:	. 7	:	14	:	- Essai écourté	:
: Jacinthes d'eau)	}	D :	21	:	7	:		:
:		:		:		:		:
: Systèmes à	ſ	E :	=	:	18	:	- Essai écourté	:
: effluent brut	}	F :	-	:	21	:		:
:		<u>.</u>		<u>:</u>		<u> </u>		_:

Le système A a dû être abandonné assez rapidement, en début de saison, en raison d'un mauvais état de la végétation pouvant résulter de temps de séjour trop courts. Il en a été de même pour un essai de culture alimenté en effluent brut séjournant sept jours. L'essai C, qui n'était qu'un prolongement de B dans un second bassin de culture avec séjour d'une semaine, en série avec le premier, a été interrompu après un mois et demi : le doublement de séjour en doublant la surface de culture, en milieu pré-laguné, n'offrait pas d'influence significative. Il en a été de même pour E, dont les résultats étaient très voisins de ceux de F, et qui a soulevé des problèmes techniques.

Les essais B et F, qui offraient apparemment les meilleurs résultats, ont été poursuivis durant toute la campagne.

Les hauteurs d'eau ont été fixées à un niveau moyen de 0,50 m. L'alimentation des bassins en eau résiduaire s'effectuait comme d'habitude de façon subcontinue, avec une fréquence fonction de la durée de séjour programmée ; en vue de compenser la baisse de niveau due à l'évaporation, la hauteur d'eau était rétablie, avant chaque renouvellement d'eau, à l'aide d'eau pure, alors qu'au cours de la campagne précédente, elle ne l'était que par le remplissage avec l'effluent.

De ce fait, l'influence de l'évaporation ou de l'évapo-transpiration, qui entachait d'une erreur systématique et désavantageuse les données sur la qualité des eaux de sorties, a pu être éliminée en prélevant les échantillons après correction du niveau et juste avant le renouvellement d'eau.

Les prélèvements ont été effectués deux fois par semaine dans l'effluent brut, et une fois dans les milieux issus des bassins de pré-lagunage ou de culture de jacinthes d'eau. Quelques prélèvements de sondage ont été en outre pratiqués dans deux bassins, pour analyses de métaux lourds, ainsi que dans l'effluent issus du bassin primaire et du dernier bassin de la Station de lagunage, en vue de comparer les performances des systèmes expérimentés à celles d'un traitement réel par lagunage ordinaire à microphytes.

Les analyses d'eau physico-chimiques ont été réalisées comme lors de la première campagne, par les méthodes normalisées. La chlorophylle a été dosée par la méthode Scor-Unesco (calcul du total des chlorophylles a, b, et c).

Des mesures d'élimination des principaux germes pathogènes présents dans les effluents domestiques ont été effectués à partir de trois séries de prélèvements, dans l'effluent brut et dans chacun des milieux issus des systèmes ci-après : lagunage à microphytes (bassins de pré-lagunage en sept jours, bassins de la station d'épuration), et cultures de jacinthes d'eau. En outre, un essai unique de prolongation du séjour des effluents, brut ou pré-laguné, avant renouvellement au rythme normalement prévu, a été effectué en vue d'avoir une idée de l'influence du facteur temps sur la décontamination.

Les analyses bactériologiques ont été conformes aux prescriptions de la circulaire "Eaux superficielles" du 10 janvier 1969, comportant le dénombrement des germes-tests de contamination fécale et la détection de salmonelles dans les échantillons non décantés ni filtrés.

Les bassins ou fractions de bassins servant aux cultures de macrophytes ont été ensemencés en plants d'<u>Eichhornia</u> issus des cultures de la première campagne, et ayant hiverné sous serre. La reprise de la multiplication et de la croissance, survenue en mars-avril, a permis de garnir environ 2,7 bassins de 18 m2, soit en gros 50 m2, à partir de la surface de 35 m2 cultivée sous serre.

La densité initiale de biomasse macrophytique, au départ de chaque essai de culture, était ainsi d'environ 10 kgs de poids humide par m2 (mesuré comme à l'habitude après égouttage). La biomasse présente après chaque récolte est demeurée de cet ordre, s'accroissant néanmoins jusqu'à 14 kgs durant la période de pointe de croissance.

Le rythme de récoltes a été maintenu à une par semaine, le taux de récolte ayant varié entre 15 et 30 % de la biomasse présente en fonction de la production. Un essai de cultures simultanées avec deux densités différentes a été seulement réalisé, pour confirmer l'influence de ce paramètre (cf. D, I-2).

Les facteurs atmosphériques essentiels ont été mesurés par appareils enregistreurs installés sur place : l'énergie reçue, par pile solarimétrique SIMEL CE 180 et intégrateur à mémoire CE 261 ; les températures de l'air et du milieu liquide de culture, par thermocouple et enregistreur RUSTRACK GULTON 288.

# C - RESULTATS

# O - CONDITIONS EXPERIMENTALES

### O - 1 Facteurs atmosphériques

- E.S.: énergie solaire reçue (moyennes mensuelles en joule cm<sup>-2</sup> jour<sup>-1</sup>)

- D : durées d'ensoleillement, en heures par mois

- T : température de l'air (moyenne mensuelle des moyennes journalières en degré C)

1983	E.S	<u>D</u>	<u>T</u>
Janvier	750	209	7,7
Février	810	144	4,5
Mars	1 354	216	9,2
Avril	1 532	166	10,8
Mai	2 069	245	14,4
Juin	2 766	296	18,5
Juillet	2 244	328	22,2
Août	1 889	277	20,7
Septembre	1 604	235	19,1
Octobre	1 151	224	15,0
Novembre	545	109	11,5
Décembre	498	148	6,9

Moyennes juin - octobre(inclus):

1982	:	1 883	265	19,5
1983	:	1 931	272	19,1

Les valeurs entre lesquelles ont varié les autres paramètres importants sont :

		Min.	Max.
-	Température du milieu liquide (°C)	8,5	31,0
_	Evaporation (mm par jour)	2,5	10,5
-	Evapo-transpiration (mm par jour)	9,5	16,0
	(cultures d'Eichhornia)		

## O - 2 Composition moyenne des milieux utilisés

Les concentrations portées sur le tableau 2 sont les moyennes en mg  $1^{-1}$ , relatives aux essais ayant porté sur toute la période d'expérimentation (mai - novembre). La variabilité de la charge a été assez importante, au cours de cette période, et caractéristique des effluents urbains (valeurs maximales entre juin et septembre).

TABLEAU 2

Nature du milieu	:	DCO	: _ <del>:</del> _	MEST	:	MESO	:	N <sub>K</sub>	: ÷	NO 3	: PO <sub>4</sub>
Effluent brut	:	305,5	:	135,5	:	66,6	:	29,1	:	8,0	: : 40,3
Effluent pré-laguné			:		:		:		:		:
(7 jours) Effluent pré-laguné	:	161,0	:	90,5	:	29,3	:	6,3	:	4,8	: <sup>37,1</sup>
(21 jours)	:	194,7	:	48,1	:	20,0	:	6,1	:	5,7	: 43,6

Les concentrations moyennes de l'effluent brut originel ont été dans l'ensemble plus faibles que celles observées au cours de la campagne 1982, qui avait été il est vrai limitée à la période août-octobre, sauf la teneur en azote Kieldahl qui ici est nettement plus élevée. Les concentrations en phosphates sont demeurées fortes.

L'effet du pré-lagunage, fonction du temps de séjour, a été en général bien marqué, et a fourni des milieux déjà beaucoup moins chargés, sauf en phosphate. L'épuration des matières en suspension a été meilleure dans ce lagunage à brève durée de séjour, effectué en bassins expérimentaux, que dans celui réalisé par la Station de Salles d'Aude (l'effluent utilisé en 1982 était extrait du bassin primaire); par contre, l'épuration de l'azote a été moins poussée.

# I - PRODUCTION DE BIOMASSE

# I - 1 Rendements en macrophytes et microphytes

Le tableau 3 indique les rendements journaliers de biomasse macrophytique sèche en mg m<sup>-2</sup>j<sup>-1</sup> (moyenne des mesures hebdomadaires) d'une part pour des essais limités dans le temps (effectués entre le 1er mai et le 15 juillet, période de température élevée) et pour les essais de plus longue durée, au cours de la même période ; d'autre part pour les trois essais de longue durée, dont deux se sont poursuivis de mai à novembre (B et F).

TABLEAU 3

PRODUCTION JOURNALIERE DE BIOMASSE MACROPHYTIQUE

:		:	Période chaude	:	Ensemble période	:
:	Essai	:	(g m <sup>-2</sup> j <sup>-1)</sup>	:	de culture	:
<u>:</u>		<u> </u>		<u>:</u>	(g m <sup>-2</sup> j <sup>-1</sup>	<u>.</u> :
:		:		:		:
:	В	:	28,2	:	24,2	:
:	С	:	33,1	:	-	:
:	D	:	33,4	:	25,4	:
:	F	:	30,5	:	24,3	:
<u>:</u>		:		<u>:</u>		:

Le tableau 4 indique les valeurs de deux indices de la biomasse microphytique, relevées au cours de certains essais : teneurs en chlorophylle (total des chlorophylles a, b, et c), et nombre de cellules en suspension.

TABLEAU 4

CONCENTRATION EN BIOMASSE MICROPHYTIQUE

:	Essai (système)	:	Chlorophylle	:	No de cellules	:
:		:	ha <sub>1_1</sub>	:	x 10° m 1'	:
:	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	:		:		:
:	В	:	0,23	:	6	:
:	С	:	0,24	:	3	:
:	D	:	1,14	:	-	:
:	Pré-laguné (7 j.)	:	2,90	:	20	:
:		:		:		:

# I - 2 Composition chimique des macrophytes

Le tableau 5 indique les teneurs des jacinthes d'eau en % du poids sec, relatives à quelques éléments essentiels et aux cultures ayant paru le mieux réussir. Les autres éléments ont été mesurés au cours de la campagne précédente (Cf. Première Partie de l'étude).

TABLEAU 5

:	Essai	:	С	:	N	:	P	:	K	:	s	:
<del></del>	<del></del>	<del></del>	<del></del>	•				•	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·		······································	<del>-:</del>
:	В	:	29,0	:	2,5	:	1,4	:	4,6	:	1,0	:
•	С	•	29,7	:	3,0	:	0,8	•	2,9	•	0,4	:
:	F	:	26,7	:	3,9	:	0,7	:	2,0	:	0,5	:
<u>:</u>		<b>:</b>		:		:				. :		_ <u>:</u>

Un dosage des <u>corps gras</u> a été réalisé sur les plantes alimentées en effluent brut, et a donné les résultats ci-après :

Extrait à l'hexane (% du p.s.) 1,45 et 3 (2 échantillons)

Indice d'iode (degré d'insaturation) 17,90

L'analyse détaillée des acides gras a révélé les acides les plus représentés :

A. laurique (C12) 11,0 (% du total A. gras)

A. palmitique (C16) 35,8
A. oléique (C16: 1) 11,8

# II - DEPOLLUTION DU MILIEU

# II - 1 Epuration chimique

Le tableau 6 indique les concentrations des principaux facteurs polluants dans l'eau brute, alimentant les divers systèmes (In, influent) et dans les milieux sortant des cultures d'Eichhornia (Ef, effluent), ainsi que les taux d'épuration % du système (rapportés à la concentration du brut) :  $T = 100 - \frac{100 \text{ Ef}}{\text{In}}$ ). Le taux propre d'épuration assuré par la culture est également porté, en bas du tableau.

Un coefficient global d'épuration qui n'a qu'une valeur pratique et comparative, a été calculée à partir de la moyenne des taux de trois facteurs essentiels, ainsi qu'un indice de pollution résiduelle.

Ces indices permettent une meilleure comparaison des différents systèmes.

Des métaux lourds, figurant parmi les plus toxiques, ont été dosés :

- dans l'effluent brut à l'aide de deux prélèvements effectués l'un en période chaude, l'autre en fin de saison (octobre). Moyennes des teneurs observées (mg  $1^{-1}$ ) :

Plomb

1.5

Cadmium

Mercure

- dans le brut et le milieu sortant des essais de culture B et F. Les teneurs et les taux d'épuration sont portés dans le tableau 7.

TABLEAU 6

Essai	:	: DC0		:	MEST		:	MESO		: 	NK		:	NO <sub>3</sub>		:	P		Pr :	$T_{G}$
	: In	Ef	: T	: In	: Ef	: т	: In	: Ef	: T	In	: Ef	: т	: In	Ef	т.	: In	Ef	: T	: :	
A	:280,0	: 230,0	:17,7	-	-	: -	:377,0	:80,5	: 78,7	43,0	: 26,7	: 37,9	: 3,7	3,8	3,0	: 38,8	: 60,3	: -	: 177,0:	44,7
В	305,5	137,5	55,0	135,5	74,0	45,3	: 66,6	10,2	84,6	29,1	6,3	78,3	8,0	2,8	65,8	40,3	45,1	;- 1	61,6	72,6
С	: 305,5	:142,1	53,4	: 135,5	: 40,7	: 70,0	: 66,6	: 7,8	: 88,8	29,1	: 8,0	: 72,5	: 8,0	1,8	: 77,5	: 40,3	: 53,0	÷-31,5	: 68,8:	71,5
D	305,5	129,4	57,6	135,5	50,1	62,7	66,6	18,0	73,0	29,1	1,6	94,5	8,0	2,8	65,0	40,3	31,3	+22,0	50,9	75,0
F	: 305,5	:102,2	:66,5	: 135,5	: 16,7	: 87,7	: 66,6	: 7,8 :	: 89,3 :	29,1	: 11,0	: 61,1	8,0	2,8	64,0	: 40,3	46,8	-10,2	65,6	72,3
	÷	:	т,	: :	:	:	: :	:	т.		:	. T'	: :			:	: :	:		T'G
A	:	:	10,0	:	:	:	:	:	78,5	:	:	37,9	: :		: :	:	:	:	: :	42,1
В	:	:	14,6	:	:	:	:	:	65,1		:	-26,5	: :		:	:	:	:	: :	17,7
С	:	:	19,3	:	:	:	:	:	85,0	:	:	. 0,1	: :	:		:	:	:	: :	34,7
D	:	:	33,5	:	:	:	:	:	59,4		:	88,0	: :		:	:	:	:	: :	60,3
E	:	:	53,5	:	:	:	:	:	86,4	:	-	75,8	: :	:		:	:	:	: :	71,7
F	:	:	66,5	:	:	:	:	:	89,3	:	:	61,1	: :	:		: .	:	:	: :	72,3

In : Concentration dans l'eau brute, alimentant le système (mg 1<sup>-1</sup>)

T'G : Taux d'épuration % global par la culture (moy. DCO, MESO, N )

In : Concentration dans le milieu sortant de la culture (mg 1<sup>-1</sup>)

Ef : Concentration dans le milieu sortant de la culture (mg 1<sup>-1</sup>)

TG : Taux d'épuration global % par le système (dans les systèmes de culture directe avec effluent brut :

T : Taux d'épuration % par le système (rapporté à l'eau brute) T' : Taux d'épuration % par la culture (rapporté au milieu alimentaire)

 $T = T' \text{ et } T_G = T'_G)$ 

Pr : Pollution résiduelle globale du système

Les matières non solubles, manifestation la plus visible de l'épuration, ont été mises en évidence par l'observation d'échantillons d'eau (photo ci-dessous).



A gauche, Système F : liquide un peu trouble, faible coloration ;

Au milieu, Système B : limpide, brunâtre ;

A droite, lagunage à microphytes : trouble, vert sombre.

Les systèmes à jacinthes renferment encore un peu de MES minérales, mais le plancton y est pratiquement absent.

TABLEAU 7

ELIMINATION DES METAUX LOURDS

:		:		Cor	centra	atic	on g 1	-1		:								:
:		:	Pb	:	Cd	:	Hg	:	Cu	:	Pb	:	Cđ	:	Hg	:	Cu	-:
:		:-		-:-		<b>-</b> :-		- ÷		-:-		-:-		; -		-;		-:
:	Effluent brut	:	10,5	:	2,5	:	0,3	:	10,2	:	-	:	-	:	-	:	-	:
:	Essai B	:	2,1	:	1,3	:	0,4	:	4,0	:	80,0	:	48,0	:	-33,3	:	60,8	:
:	Essai F	:	6,1	:	1,9	:	0,2	:	16,3	:	41,9	:	24,0	:	33,2	:	-61,8	:
<u>:</u>		:		:_		:		:		. :		:		:		:		_:

# II - 2 Epuration bactérienne (Tableau 8)

L'élimination des principaux germes pathogènes habituels des effluents domestiques a été mesurée à partir de trois séries de prélèvements dans les milieux suivants : effluent brut, lagunages à microphytes (lagunes de la Station d'épuration, bassin de pré-lagunage en 7 jours), et cultures de jacinthes d'eau selon les systèmes B et F, dont les performances en épuration chimique sur une longue période sont apparues dans l'ensemble les meilleures. Une série supplémentaire de dosages a été effectuée sur les milieux issus de ces deux systèmes après avoir prolongé exceptionnellement le séjour jusqu'à un mois environ, de façon à suivre l'évolution du milieu avec le temps.

TABLEAU 8

DECONTAMINATION EN GERMES PATHOGENES

: Milieu	: Col	ifor	mes	totaux	::	Coli	for	mes	fécaux	: : 	Str	ept	ocoq	ues	:	Salmonelles : (Présence ou Absence)
· :	:	N		. T	:		N	:	T	:		N	:	T	:	:
Effluent brut	12,6	x 1	o <sup>7</sup>	: - :~ 0	-:	13,3	х	103		_:	19,0	х	1026:		-:	:
Bassin prim. Station	:23	x 1	0	: <b>~</b> 0	:	36	Х	10:	~100	:	23	Х	10 :	100 له	:	:
Sortie Station	11 :	X 1	o <sup>4</sup>	· 99,8			x	10 <sup>4:</sup> :	100	:	13	х	10 <sup>3</sup> :	100	:	Absence :
Bassin de pré-	:			:	:					:			:		:	:
:lagunage (7 jours)	:23	X 1	o <sup>6</sup>	: 81 <b>,</b> 7	, :	63	x	10 <sup>5:</sup>	95,	3:	22,5	х	104:	98,	8	Absence :
:Sortie essai B	:23	X 1	$o^4$	99,8	:	16	х	10 <sup>4:</sup>	99,	8	7,6	х	102:	<b>~</b> 100	:	Présence dans un :
:	:			:	:			:		:			:		:	échant. sur deux :
:Sortie essai B' (1)	:	360		:~100	:		91	:	<b>N</b> 100	:	9	910	:	<b>~</b> 100	:	Absence :
:Sortie essai F	:16	X 1	o <sup>5</sup>	: 98,7	5:	63	x	104:	99,	5:	50	х	104:	97,	3:	Présence dans un :
:	:		•	:	:			:		:			٠:		:	échant. sur deux :
: Sortie essai F'(2)	:23	X 1	o²	. <sup>√100</sup>	:	9	910	:	<b>~</b> 100	:	23	X	102:	<b>~</b> 100	:	Absence :

<sup>(1)</sup> Séjour dans la culture de jacinthe d'eau : prolongé à 30 jours au lieu de 7.

<sup>(2)</sup> Séjour dans la culture de jacinthe d'eau : prolongé à 40 jours au lieu de 21.

 $<sup>{\</sup>tt N}$  : moyenne des nombres de germes par 100 ml

T (%) : taux de décontamination : 100 -  $\frac{100 \text{ N (Ef. brut)}}{\text{N (milieu)}}$ 

<sup>→ 100 :</sup> valeurs supérieures à 99,9

### D - DISCUSSION

Dans les commentaires ci-après, on s'efforcera de tirer la synthèse des résultats des deux campagnes successives de culture, en 1982 et 1983.

Comme dans la première partie de l'étude, on examinera successivement la production de végétation macrophytique et la dépollution du milieu, avant d'étudier les interférences pouvant exister entre ces deux facteurs.

### I - PRODUCTION DE BIOMASSE MACROPHYTIQUE

## I - 1 Productions comparées des différentes systèmes (Fig. 2)

Rappelons à titre d'observation liminaire que les résultats d'essai de certains systèmes portent sur de longues durées, la totalité de la période de croissance pour deux d'entre eux ; la production correspondant à la période froide -décembre à avril- même sous serre, ne représente qu'une fraction très faible de la production totale annuelle sous notre climat. Il n'en est pas de même dans les pays chauds, où une croissance notable subsiste même en hiver.

Les rendements portés dans le tableau 2, première colonne, sont ceux obtenus avec les systèmes à pré-lagunage, au cours de la période la plus favorisée quant à l'ensoleillement et la température (mai à juillet). Elles sont données à titre comparatif, l'essai C n'ayant porté que sur cette période. Bien que les différences de productivité entre ces systèmes soient peu marquées, le meilleur est celui dont le séjour en pré-lagunage est le plus long : le moins bon, celui dont le séjour n'est que d'une semaine suivie d'une semaine de séjour dans la culture de jacinthes d'eau ; un certain accroissement est obtenu en portant cette dernière durée à deux semaines. La production, en période de pointe, des systèmes les plus performants a pu ainsi dépasser légèrement celle obtenue pendant la période correspondante de la première campagne.

Grâce aux essais de longue durée, il est cette fois possible de calculer une moyenne représentative d'un cycle complet, et permettant d'établir une production totale annuelle, en vue des applications. La seconde colonne du tableau montre que les productions des trois systèmes ainsi testés sont très voisines, le maximum restant néanmoins fourni par le système à pré-lagunage en 21 jours.

Ces productions correspondent à un rendement au m2 de 4,5 et 4,7 kg de biomasse sèche. Comparés aux rendements obtenus dans des expériences analogues réalisées dans d'autres stations, notamment celui de 5,2 kg à Disney-world en Floride, (Lee et Mc Kim, 1981), ces chiffres sont relativement

Rendements en mat. sèche de macrophytes Période chaude R g.m<sup>-2</sup>i<sup>-1</sup> Ensemble période de récolte 40 c D B(1982) 30 20 10 ٥ ESSAI | DUREES DE SEJOUR prélagunage culture Effluent I 4 prélaguné 21 7 Effl.brut 21

14

Fig.2 PRODUCTION DE BIOMASSE

B(82)

ělevés compte tenu des différences climatiques (Energie reçue à Disney-world : maximum annuel du même ordre, mais minimum d'environ 1 000 kj/cm2 par jour, contre 500 (moyenne de décembre) à Salles d'Aude. L'expérience de Coral Spring (Floride), menée de mai à début août avec un effluent de station secondaire, a montré une croissance moyenne de 16 à 17 g.m-2j-1, soit 1,7 kg.m-2 sur 100 jours (De Busk et al., 1983).

Seuls les climats tropicaux peuvent donner des rendements nettement plus élevés, bien que la littérature ne fournisse guère de données acquises dans ces conditions et sous contrôle scientifique.

On peut penser par ailleurs que les productions portées dans le tableau 2 sont susceptibles d'amélioration. Bien que l'on se soit efforcé de déterminer et d'appliquer les "valeurs optimales" de la densité de biomasse maintenue après chaque récolte (cf ci-dessous paragraphe I - 2), il est presque certain que techniquement ce paramètre n'a pu être ajusté de façon continue au taux de croissance, qui est variable avec les conditions extérieures : d'où possibilité d'une limitation de la croissance par excès de densité. En outre, il est possible que d'autres facteurs défavorables interviennent, par exemple l'excès de certains éléments plus ou moins toxiques tels que des métaux. Les chercheurs précités ont fait allusion à la possibilité d'un excès de fer dans le milieu utilisé.

La comparaison des deux principaux systèmes expérimentés, utilisant l'effluent soit brut soit pré-laguné comme milieu alimentaire, fait ressortir une opposition apparente entre les résultats des deux campagnes, l'effluent pré-laguné s'étant révélé le plus productif au cours de la première, alors que ce fut le contraire dans certaines expériences de la seconde. Mais on doit noter que les conditions de pré-lagunage n'étaient pas les mêmes : l'eau utilisée dans le premier cas pour alimenter les bassins de culture provenait de la lagune primaire d'un système de lagunage réel (tranche d'eau de un mètre de hauteur, station fonctionnant depuis plusieurs années, d'où accumulation ancienne de sédiments), alors que dans le second cas le pré-laqunage a été réalisé dans l'un des bassins expérimentaux, identique à ceux recevant les cultures de macrophytes (hauteur d'eau 0,50 m). Par ailleurs, l'expérience de 1983 a été constituée d'essais permettant une optimisation du paramètre essentiel, soit le temps de séjour du liquide, qui dans la première expérience se trouvait imposé par le fonctionnement de la station. Enfin, le succès relatif des cultures alimentées en effluent brut dans les conditions particulières du site, caractérisé notamment par des eaux modérément chargées en polluants divers -DCO un peu inférieure à la normale-, n'autorise pas à affirmer la valeur générale de ce système, tout au moins sous le climat considéré : cf. à ce sujet les chapitres Dépollution, et Conclusions.

Il a été observé en fin de saison, après le 15 Novembre, un fléchissement dans l'état de la végétation chez les macrophytes alimentées en eau brute : feuilles moins hautes, couleur plus jaunâtre, en même temps qu'une diminution un peu plus rapide de la production. Ceci peut faire penser que les plantes vivant dans ce milieu s'adaptent plus difficilement que dans des effluents pré-lagunés à des conditions extérieures moins favorables.

En définitive, cependant, les différences de production obtenues avec les deux types de milieu sont faibles, ce qui traduit peut-être le fait que le potentiel nutritif de l'effluent urbain, que celui-ci soit plus ou moins minéralisé et transformé par le lagunage, est assez riche pour ne pas constituer un facteur limitant de la croissance. Seule une concentration excessive en éléments toxiques pourrait intervenir, ce qui ne risque de se produire que dans le cas d'eaux résiduaires très chargées (cas des grandes villes, ou d'effluents industriels).

La comparaison des systèmes comportant différentes durées de séjour de l'effluent montrent que ce facteur influe surtout pour le séjour en bassin de pré-lagunage. Dans les bassins de culture de macrophytes qui suivent, on observe un léger gain lorsque le séjour passe de une à deux semaines. Dans les cultures alimentées directement en effluent brut le gain n'est sensible qu'en passant de une semaine à 18 jours, et devient négligeable de 18 à 21 jours.

Des durées parfois très courtes, de 5 à 7 jours, sont citées par les auteurs étrangers, mais peuvent s'expliquer par des concentrations moins élevées de l'effluent utilisé et surtout par des conditions climatiques plus favorables.

# I - 2 Influence de la densité de la biomasse

Au cours de la précédente campagne (cf 1ère Partie, C II - 1) des essais de densité en eau pré-lagunés avaient permis d'obtenir un rendement maximal de plus de 20 g m $^{-2}$ j $^{-1}$  avec une

densité de biomasse présente après récolte égale en moyenne à 7 kg m<sup>-2</sup> de poids humide, soit environ 450 g m<sup>-2</sup> de poids sec. Au cours de la seconde campagne la densité maintenue dans les bassins de culture a été en général élevée, de l'ordre de 750 g m<sup>-2</sup>, ceci plus ou moins involontairement en raison de difficultés pratiques pour accroître les quantités récoltées en période de forte production.

Les productions obtenues en eau pré-lagunée ayant été plus élevées qu'en 1982 au cours de la même période (septembre), un dernier essai comparatif a été réalisé en ensemençant dès le départ les deux moitiés d'un même bassin, avec deux densités, l'une de 450, l'autre de 720 g au m2 ; au bout d'un mois de culture simultanée, les résultats obtenus ont été les suivants :

Bien que la croissance observée soit légèrement inférieure dans le cas de la plus forte densité, celle-ci entraine un rendement en biomasse plus élevé : on en conclut que les densités accrues pratiquées en 1983 ont pu améliorer la production, dans la proportion de plus d'un tiers, par rapport à ce qu'elle aurait été en conservant les densités de l'année précédente.

Néanmoins l'abaissement du taux de croissance montre que l'on de doit pas espérer améliorer notablement la production en dépassant la densité moyenne pratiquée en seconde campagne, qui correspond d'ailleurs à une couverture de surface de plus de 80 %, et doit se situer non loin de l'optimum sous climat tempéré. Un essai de culture sans aucune récolte pendant plus d'un mois a d'ailleurs montré que, bien que la biomasse continue à augmenter, la production journalière augmente au début, puis stagne et diminue ensuite, la croissance moyenne restant du même ordre que dans les cultures avec récolte.

Si donc la densité moyenne de biomasse présente au cours de la culture ne semble pas avoir d'influence prépondérante sur le rendement, elle peut par contre modifier l'épuration : la surface liquide, selon la couverture végétale, est plus ou moins exposée à des facteurs externes de la biodégradation, par exemple la pénétration de lumière et les échanges gazeux avec l'atmosphère. Cependant il est difficile de connaître avec précision ces diverses influences, et quoi qu'il en soit, le rôle d'écran joué par la végétation est probablement bénéfique à certains égards et néfaste à d'autres. Une trop grande occultation n'est certes pas souhaitable, ce qui impose une limite inférieure au taux et au rythme des récoltes.

# I - 3 Influence de la hauteur d'eau

En l'absence d'une étude indépendante de ce paramètre, il n'est possible que d'estimer son incidence. Celle-ci ne paraît pas être prépondérante vis-à-vis des autres paramètres, dans la zone des hauteurs adoptées dans les deux campagnes d'essais : l'accroissement de 10 à 15 cm dans la seconde, par rapport à la hauteur de 0,35 m dans la première, n'a pas profondément modifié les phénomènes internes du milieu, même ceux relatifs au phytoplancton et à la sédimentation.

Il faut atteindre des hauteurs de tranche d'eau nettement supérieures ; telles que celles des lagunes d'épuration réelles, de l'ordre de 1 m pour qu'apparaisse une influence plus marquée. Les bassins-témoins réservés au lagunage à microphytes et où la tranche d'eau était de 35 ou de 50 cm ont fourni dans l'ensemble une épuration meilleure que le lagunage du bassin primaire de la Station intercommunale, à durée de séjour sensiblement égale. Les causes essentielles peuvent en être une sédimentation plus rapide, ainsi qu'une oxygénation plus complète, au sein d'une tranche d'eau de faible hauteur.

# I - 4 Production primaire microphytique

Les teneurs en chlorophylle et les nombres de cellules, indices représentatifs de cette production, montrent qu'elle est fortement inhibée dans les systèmes à jacinthes d'eau, même dans les cultures précédées d'un lagunage prolongé. Elle est au contraire très élevée dans le lagunage lui-même, que sa durée soit de 7 ou de 21 jours : le calcul de la production exprimée en chlorophylle totale, donne une valeur de 0,145 g m $^{-2}$ j $^{-1}$ ; soit environ 10 fois celle des bassins à jacinthes d'eau.

Ces résultats concordent bien avec ceux des mesures de MESO, dont le phytoplancton représente une part constante et prépondérante :  $5 \text{ à 6 g m}^{-1} \text{ j}^{-1}$  dans le second cas, contre 60 environ dans le premier;

# I - 5 Composition chimique des jacinthes d'eau

La composition de la biomasse récoltée est légèrement différente de celle observée l'année précédente. On remarque des teneurs un peu moins élevées en N, -les plantes alimentées à l'effluent brut étant toujours les plus riches-, ainsi qu'en P, sauf dans le cas des plantes alimentées à l'effluent pré-laguné durant 7 jours, qui sont cette fois de beaucoup les plus riches. Par contre les teneurs en soufre et en divers éléments minéraux sont plus élevés que celles des plantes de la première campagne.

La composition en <u>protéines</u> et acides aminés avait été déjà étudiée (cf. première partie). La teneur en <u>corps gras</u> n'a fait l'objet que de mesures succintes, mais qui donne une première idée des potentialités de la plante. Bien que les taux de 1,45 et 3 % soient assez faibles -d'autres auteurs citent des valeurs allant de 1,6 à 2,2 % (Wolverton et al, 1978)-, le rendement possible à l'hectare dépasserait 1,5 tonne d'huile, valeur de l'ordre de grandeur des rendements d'oléagineux actuellement cultivés.

L'indice d'insaturation est faible, malgré la teneur en acide palmitique, et les acides dits essentiels (C18 : 2, C18 : 3 et C20) sont peu représentés. La composition en corps gras de la jacinthe d'eau est donc mal adaptée à leur utilisation en alimentation, mais pourrait convenir pour de nombreux usages industriels. La teneur en phosphore de la plante est l'indice d'une grande richesse en phospholipides.

### II - DEPOLLUTION DU MILIEU

### II - 1 Efficacité d'élimination des principaux polluants

### II - 1.1. Epuration chimique

Deux observations générales peuvent être tirées des résultats d'analyses des milieux liquides, et notamment des chiffres du tableau 6.

- Les systèmes expérimentés sont dans l'ensemble plus performants que ceux de la première campagne, même ceux ayant fait l'objet des essais de longue durée et ayant de ce fait fourni une production journalière moyenne en macrophytes moins élevée. Cette amélioration suggère qu'un progrès a été réalisé vers l'optimisation de ces systèmes en tant que procédés d'épuration, concurremment avec celle de la technique culturale et de la production de biomasse.
- Les systèmes à pré-lagunage fournissent les concentrations résiduelles les plus faibles, et les meilleurs taux d'épuration ; les performances sont en gros fonction de la durée de traitement préalable.

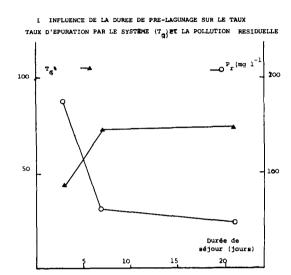
### II - 1.1.1. Systèmes à pré-lagunage

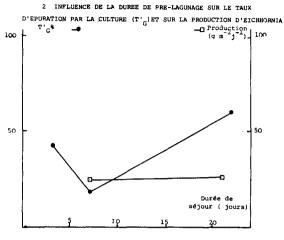
Fig. 3 : Les graphiques 1 et 2 montrent que pour un même séjour postérieur dans la culture de jacinthe d'eau, d'une durée de 7 jours, le lagunage préalable de 3 jours ne fournit qu'un taux global  $T_G$  assez faible, ce taux croît assez vite entre 3 et 7 jours, puis très lentement jusqu'à 21 Jours. L'indice de pollution résiduelle  $P_R$  varie en sens inverse, dans des proportions analogues. L'action épuratoire de la culture elle-même, évaluée d'après le taux  $T_G$ , est également fonction croissante de cette durée de pré-lagunage, mais dans un rapport bien supérieur à celui de la production en macrophytes, qui d'après le tableau 2 n'augmente que faiblement.

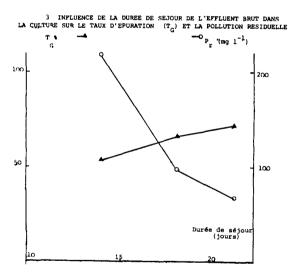
Ceci confirme que malgré l'existence certaine d'une corrélation entre cette production et la dépollution, d'autres phénomènes internes au milieu de culture viennent accroître l'épuration globale du liquide : notamment la décantation, et un peu la métabolisation par les organismes monocellulaires.

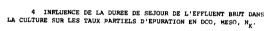
L'influence du temps de séjour dans la culture paraît moins marquée : les meilleurs

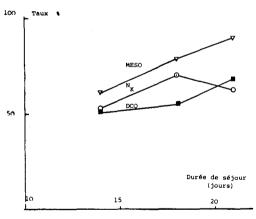
# FIGURE 3 EPURATION CHIMIQUE INFLUENCE DES DUREES DE SEJOUR











résultats sont obtenus avec une semaine, l'extension à deux semaines n'apporte guère d'amélioration (taux d'épuration du système pratiquement identiques, épuration relative par la culture plus marquée mais augmentation de pollution résiduelle sauf pour les matières en suspension).

### II - 1.1.2. Système à culture alimentée en eau brute

Il n'en est pas de même si la culture constitue un traitement primaire de l'effluent : pratiqué avec un séjour de trois semaines-, ce système a fourni des performances épuratoires nettement meilleures, dépassant parfois celles des systèmes à pré-lagunage. La pollution résiduelle n'est que de très peu supérieure à celle de la culture avec durée de 7 jours après lagunage de même durée, qui selon ce critère s'est révélée la meilleure. Seule l'épuration en N et P est un peu moins bonne, ce qui confirme que l'action du laqunage à microphytes reste difficile à remplacer en totalité par celle des plantes supérieures. Les graphiques 3 et 4 montrent l'influence de la durée de séjour de l'effluent brut dans la culture, qui se traduit par une amélioration presque générale de l'épuration entre 14 et 21 jours, un inconvénient de cette plus longue durée étant néanmoins un accroissement important du phosphore résiduel. Il est vraisemblable qu'une fraction du P de l'effluent brut, incluse, notamment dans les matières organiques particulaires est solubilisée par la minéralisation ou accumulée dans les sédiments, puis remise en solution. En résumé, les systèmes à lonque durée de séjour (D et F) fournissent les performances les meilleures, malgré une réduction un peu moins bonne de l'azote et du phosphore dans le cas de la culture avec effluent brut. Les mesures relatives à l'ammoniaque ont par ailleurs révélé dans ce système des teneurs résiduelles assez importantes au cours de la pointe estivale, provenant il est vrai en partie d'une forte charge initiale du brut : 120 à 180 mg  $1^{-1}$ . Le système mixte B3 a pu par contre réduire ce polluant d'environ un tiers.

Les comparaisons avec les performances obtenues dans d'autres expériences, notamment aux Etats-Unis, montrent que celles données par le tableau 6 se situent dans la moyenne, et même nettement au-dessus pour l'azote organique : par exemple 30 à 50 % de réduction, à Disneyworld (Lee et Mac Kim, 1979), 43 à 62 % à Austin, Texas (Dinges, 1978), 67 à 73 à Bay St Louis, Mississipi (Wolverton et Mc Donald, 1979), 40 à 60 à Coral Spring, Floride (De Busk et al, 1983), 32 à Zellwood, Flor. (REDDY et al, 84).

Enfin la comparaison est intéressante entre le système à macrophytes et les autres procédés d'épuration actuellement utilisés, sous l'aspect de l'auto-adaptation aux fluctuations importantes des effluents domestiques. Par exemple l'amplitude de variation de l'azote, par rapport à la moyenne arithmétique, qui était de 214 % dans l'effluent brut, a été déjà réduite à 95 % par le lagunage en 7 jours, puis est tombée à 86 % à la sortie de la culture d'Eichhornia consécutive. Pour les matières en suspension, ces coefficients de variabilité ont été pour le brut de 366 %, puis respectivement de 324 et 124 % après le lagunage et après la culture.

L'effet tampon de ces systèmes extensifs constitue en tout cas un avantage capital par rapport aux procédés conventionnels, tels que celui des boues activées, dont le fonctionnement pose des problèmes bien connus au cours des périodes de charges maximales.

### Métaux lourds

Les taux d'élimination selon le tableau 7, sont assez variables -on note même parfois une accumulation-, mais dans l'ensemble, beaucoup moins élevés dans le système à effluent brut (exception faite du mercure, d'ailleurs peu abondant dans cet effluent). L'influence du pré-lagunage semble dont plutôt favorable d'après ce critère.

L'assimilation par <u>Eichhornia</u> peut être estimée d'après les teneurs obtenues par analyse chimique, pratiquée sur le végétal entier  $(\mu g. g^{-1}PS)$ :

		Pb	<u>Cd</u>	<u>Hg</u>
Système	В	3,9	1,7	2,1
Système	F	7,8	1,2	2,05

Le tableau 9 permet de comparer les quantités d'éléments absorbés et exportés aux flux par unité de surface introduits dans les bassins.

TABLEAU 9

FLUX DE METAUX LOURDS (  $q m^{-2} j^{-1}$ )

:	:	Pb	:	cd	:	Hg	:
: Système B	:		:		:		:
: Introduit	:	735	:	175	:	21	:
: Absorbé	:	94	:	41	:	51	:
:	:		:		:		:
: Système F	:		:		:		:
: Introduit	:	559	:	44	:	4,6	:
: Absorbé	:	190	:	29	:	51	:
:	:		:		:		:

Hormis le mercure, dont les concentrations sont trouvées plus fortes dans les milieux sortants que dans les eaux brutes, les quantités absorbées par la plante semblent en rapport avec les flux introduits, les coefficients d'assimilation étant pour le cadmimum et pour le plomb de 25 et 13 % dans l'effluent brut. Pour le cadmium, élément qui parait être le plus facilement assimilé, ce coefficient est plus élevé que le taux global d'élimination dans le milieu, ce qui suggère des échanges possibles entre celui-ci et les sédiments.

#### II - 1.2 Epuration bactérienne

L'examen des nombres de germes résiduels et les taux de décontamination par rapport à l'effluent brut (tableau 5) font apparaître dans l'ensemble une légère supériorité du système à prélagunage (essai B). Bien que décontamination en coliformes du milieu pré-laguné en 7 jours ne soit encore que très partielle, le passage dans la culture l'élève à un niveau relativement élevé compte tenu de la faible durée de séjour dans la culture, bien inférieure à celles pratiquées dans le cas d'un lagunage à microphytes qui fournit pratiquement le même résultat (ici celui de la Station de Salles d'Aude, où la durée minimum, en été, est de 50 jours).

Le milieu issu de la culture avec effluent brut, malgré la durée de séjour de 21 jours (essai F) est un peu moins décontaminé, surtout en streptocoques ; la destruction des salmonelles est toutefois identique en moyenne à celle observée dans l'essai B.

Les teneurs des milieux issus des essais B' et F' montrent que le facteur temps joue un rôle hautement positif dans la destruction des germes, phénomène habituel et déjà bien connu par les travaux relatifs au lagunage à microphytes (Marais et Shaw, 1981 : Sauze et Gervais, 1978).

- La prolongation à 30 jours de séjour, du milieu pré-laguné dans la culture de jacinthes d'eau assure une destruction pratiquement totale des germes de chaque espèce;

- La prolongation à 40 jours du séjour de l'effluent brut dans la culture, au lieu de 21 jours en alimentation subcontinue, fournit un milieu sortant presque aussi pur que dans le cas ci-dessus, malgré la forte charge de l'effluent d'alimentation ; seuls les taux relatifs aux coliformes totaux et aux streptocoques sont un peu plus élevés.

Il est intéressant de comparer ces rendements d'épuration avec ceux obtenus à la sortie du lagunage à microphytes de la Station de Salles d'Aude, où les durées de séjour oscillent au cours de l'année entre 50 et 100 jours. Le traitement de l'effluent brut par le système à pré-lagunage en 7 jours permet le même abaissement moyen du nombre de germes, soit d'un facteur  $10^3$  (99,9 %) et même une meilleure élimination des streptocoques. Si le séjour ultérieur dans la culture est porté de 7 a 30 jours, on obtient un facteur d'abaissement variant de  $10^4$  à  $10^5$  pour les coliformes (pratiquement de 100 %), avec des nombres de germes résiduels de l'ordre de  $10^2$  à  $10^3$ , rarement obtenus dans les stations d'épuration actuelles, même du type lagunage, et une absence totale de salmonelles. A titre indicatif, les normes officielles recommandent une concentration maximum de  $10^3$  pour le rejet en milieu naturel.

On constate donc un remarquable accroissement du pouvoir épuratoire apporté par l'introduction des macrophytes dans le traitement par lagunage, dont l'efficacité paraît être en gros

triplée, si l'on tient compte du rapport des durées de séjour. Par ailleurs celle du pré-lagunage était limitée à 7 jours dans l'essai C,et des mesures analogues dans un système tel que celui de l'essai D, non encore effectuées (pré-lagunage de 21 jours) auraient peut-être révélé un rendement plus élevé encore.

Des réserves sont certes nécessaires concernant ces résultats, trop ponctuels, et qui ne portent que sur une seule campagne : la poursuite de recherches exigera un véritable suivi de la décontamination, comme il a été fait pour les paramètres de la production de bicmasse et de l'épuration chimique. Notons cependant que l'époque où se sont situées les mesures -fin de l'été et début de l'automne- n'étaient pas la plus favorable pour l'épuration par les macrophytes, puisque la production commençait alors à décliner.

Les travaux effectués dans ce domaine par d'autres auteurs sont peu nombreux, et les conditions de l'épuration sont assez différentes. L'une des rares installations ayant fait l'objet d'un suivi bactériologique est celle de William son Creek (Austin, Texas), déjà citée, qui traitait par culture d'Eichhornia un effluent de lagunage aéré suivi de bassins de stabilisation, donc nettement moins chargé à l'entrée de la culture que dans le cas de la présente étude : DCO de l'ordre de 80 à 150, nombres de coliformes totaux/100 ml de l'ordre de 10<sup>4</sup> à 10<sup>5</sup>. Les nombres résiduels dans le milieu sortant de culture étaient du même ordre qu'à Salles d'Aude : 6 000 coliformes totaux environ, et 275 coliformes fécaux/100 ml, avec toutefois un temps de séjour de 4 à 5 jours seulement dans la culture (Dinges, 1978). Dans une expérience effectuée à Bastia, en Italie Centrale, utilisant un effluent mixte (industriel-domestique), des mesures ont été faites durant une semaine en août, en nombres de bactéries totales. Une réduction moyenne de 91 % (de 4.10<sup>6</sup> à 3,8.10<sup>5</sup>) a été observée, avec un temps de séjour de 5 jours\* On constate que même sous les climats figurant parmi les plus ensoleillés ces durées sont trop faibles pour permettre une épuration bactérienne très satisfaisante. \* (BONETTI et al, 1979).

# II - 2 Pouvoir épurateur propre des macrophytes

L'ensemble des données fournies par les deux campagnes montre clairement le rôle important joué par la présence d'<u>Eichhornia</u> dans le milieu et par l'insertion de sa culture dans le système de lagunage.

Les quantités d'azote total fixées ont été de 0,64 à 0,72 g m $^{-2}j^{-1}$  dans les systèmes à pré-lagunage, et de 0,95 à 1,45 avec l'effluent brut : dans les deux cas elles représentent 60 à 80 % de l'azote éliminée dans le milieu initial. Les quantités sont nettement supérieures à celles observées dans les expériences de culture sur des effluents de stations secondaires, de charge nettement plus faible : 0,36 g m $^{-2}j^{-1}$  par exemple à Coral Spring. Le phosphore fixé, bien qu'ayant conduit à une teneur maximum de 1,4 % du P.S dans le végétal est encore très insuffisant pour absorber notablement les fortes charges introduites. On enregistre même un fort excédent d'ammoniac, qui n'est pas assimilé par les macrophytes, 2,5 g m $^{-2}j^{-1}$ , contre 0,42 absorbés.

Une part importante du rôle épurateur d'<u>Eichhornia</u> réside dans le piégeage des particules en suspension de toute nature, -donc incluant une fraction de la pollution chimique- selon deux processus : filtration - absorption, par le système radiculaire, et sédimentation, que l'on a pu constater plus importante dans les bassins à jacinthes d'eau. La limpidité du milieu sortant, frappante même dans ceux alimentés en eau brute où les MES résiduelles sont inférieures à 17 mg 1<sup>-1</sup>, constitue une remarquable supériorité de la culturevis-à-vis du traitement limité au lagunage à microphytes.

Il en est de même pour l'épuration en germes pathogènes, surtout lorsque le séjour dans la culture a été prolongé à 30 ou 40 jours : la décontamination qui n'était que de 95 à 98,8 % dans le liquide pré-laguné durant 7 jours a été constatée pratiquement totale à la sortie de la culture.

Le pouvoir décontaminant pourrait être dû surtout à l'effet d'absorption, déjà invoqué pour la rétention des matières en suspension et s'exerçant sans doute également vis-à-vis du phytoplancton. Le processus est donc assez différent de ceux, très complexes, intervenant dans le lagunage, où les microphytes jouent un rôle antagoniste des germes; effet auquel s'ajoutent ceux de bien d'autres facteurs, par exemple la décantation, les radiations ultra-violettes, ou les bactério-phages. Il n'est cependant pas impossible qu'un macrophyte tel qu'Eichhornia soit également capable d'actions biochimiques à l'encontre des pathogènes, soit directes, soit par influence sur le milieu (élévation du PH, réduction de l'oxygène dissous).

## D - CONCLUSIONS

### I - SYNTHESE DES DONNES DE L'EXPERIMENTATION

En conformité avec les objectifs initailement fixés, on peut tirer des deux campagnes d'essai les propositions qui suivent, considérant successivement l'espèce étudiée en tant que ressource en biomasse et en tant que facteur de dépollution.

## I - 1 Adaptation de l'espèce au milieu et productivité

Sous l'aspect de la production macrophytique, les effluents domestiques constituent un bon substrat alimentaire, comme avaient permis de constater des travaux antérieurs sur d'autres espèces aquatiques (CHASSANY DE CASABIANCA et SAUZE, 1980; SAUZE et al, 1980; SAUZE, 1982). Les taux de croissance et les productions obtenues montrent dans l'ensemble une très bonne adaptation d'Eichhornia crassipes à ce milieu.

Des différences sont néanmoins constatées, dues à l'influence de divers facteurs :

- La charge polluante de l'effluent, d'où résulte après minéralisation le potentiel nutritif du milieu de culture, influe sur la croissance jusqu'à un certain seuil. Au-delà, les macrophytes n'accroissent plus leur taux d'assimilation, ce qui impose ipso facto une limite à leur pouvoir épurateur vis-à-vis du milieu; des concentrations excessives, en éléments toxiques par exemple, sont même susceptibles de jouer un rôle néfaste pour la végétation.
- La culture directe des jacinthes d'eau, en utilisant les eaux sortant d'un réseau, est néanmoins possible, -ce qui se vérifie d'ailleurs par les opérations ou expériences pratiquées à l'étranger-, sous certaines réserves concernant l'effluent et les conditions de culture : charge organique modérée, pouvant être de l'ordre de 500 mg 1<sup>-1</sup> en DCO, faibles teneurs en éléments toxiques ; température et ensoleillement suffisants, comme ce fut le cas pendant la majeure partie de la durée des campagnes de culture à Salles d'Aude ; enfin temps de séjour de l'effluent dans le bassin de culture s'élevant au minimum à deux semaines. La production peut dès lors atteindre 25 à 30 g m<sup>-2</sup>j<sup>-1</sup>.
- Dans un système comportant une minéralisation préalable de l'effluent en bassin de lagunage, on peut s'attendre à une production unitaire macrophytique du même ordre, à condition là encore que le passage des eaux dans le premier bassin dure assez de temps pour que soit mise à la disposition des plantes une quantité suffisante de nutriments, malgré la consommation concurrente du phytoplancton.

Toutefois, pour une même durée de séjour globale, incluant celle de lagunage et celle du passage dans la culture (donc pour une même surface occupée par le système), la formule du pré-lagunage ne fournira qu'un poids total de biomasse macrophytique moins élevé, inconvénient qui pourrait être compensé par les avantages retirés au plan de la dépollution.

- La conduite de la culture d'<u>Eichhornia</u> présente certes quelqu'influence sur la production, en particulier la densité de biomasse maintenue par la programmation de la récolte ; cependant les variantes expérimentées quant à ce paramètre paraissent se situer dans une zone quasi-optimale, à l'intérieur de laquelle les gains de production obtenus sont faibles.

Des recherches ultérieures de développement seraient utiles pour parfaire la technique de récolte.

# I - 2 Pouvoir épuratoire des systèmes à Eichhornia

- Ce pouvoir, tout au moins celui revenant en propre à la culture, est lié à la production de biomasse, dans la limite déjà évoquée : à savoir le seuil nutritionnel couvrant les besoins minimaux de la plante.

Celle-ci intervient alors selon plusieurs modes :

- a) absorption d'éléments chimiques en solution, (qui constituent la pollution la plus abondante et la plus nuisible au milieu récepteur de l'effluent),
- b) élimination quasi-totale des matières en suspension, par inhibition de la croissance de phytoplancton, par adsorption, ou par sédimentation.

c) destruction des bactéries pathogènes, grâce également à des processus biologiques ou biochimiques.

- Dans le cas de l'alimentation de la culture en effluent brut, l'élimination de la pollution soluble est en gros satisfaisante, la DCO elle-même ayant été abaissée au cours de la seconde campagne à un niveau voisin de la valeur maximale réglementaire de 90 mg 1<sup>-1</sup>, dépassée seulement durant les semaines les moins favorisées par les conditions atmosphériques. L'épuration en azote et surtout en phosphore est moins efficace, encore que pour l'azote elle soit plus élevée que dans la plupart des expériences rapportées dans la littérature.

Ce système a par ailleurs fourni la meilleure élimination des matières en suspension, dépassant sur ce point les systèmes comportant un prélagunage.

Enfin les quelques essais d'accroissement de la durée de séjour ont montré qu'un système à <u>Eichhornia</u> peut assurer des performances en épuration bactérienne (non imposéesil est vrai par des normes réglementaires) voisines de la perfection, ce qui n'est le cas pour aucun des procédés habituellement utilisés dans les stations de type classique. Des études concernant la décontamination virale analogues à celles réalisées dans le cas du lagunage à microphytes (SAUZE, 1977, Baylet et al., 1978, 1980), seraient également à entreprendre.

Le système mixte comportant un lagunage préalable a fourni les meilleures performances relativement à l'azote et au phosphore. Cependant la durée de séjour dans le bassin primaire assurant ce lagunage devra être d'autant plus longue que l'on désire un effluent à la fois mieux épuré en DCO ou en matières organiques, et néanmoins plus riche en éléments minéraux : ceux-ci seront alors assimilés par les macrophytes, capables ainsi de parfaire l'épuration en éliminant par surcroît la majeure partie des éléments particulaires et du phytoplancton.

Cette disparition quasi-totale des MES est observée dans tous les systèmes s'ils sontmis en compétition avec le système du lagunage ordinaire. Il est probable qu'une certaine fraction de ces particules est fixée par adsorption au niveau des organes immergés de la plante, accroissant la biomasse exportée à la récolte, et diminuant d'autant l'accumulation de sédiments sur le fond des bassins. Hormis peut-être une qualité d'effluent légèrement supérieure en DCO et en fraction dissoute d'N et P, la lagunage à microphytes ne peut concurrencer les systèmes à jacinthes d'eau qu'au prix d'une durée de séjour, donc d'une dimension de bassins, nettement plus importantes. Comme il ne produit par ailleurs qu'une biomasse monocellulaire, habituellement laissée dans le milieu et rejetée en sortie d'installation, l'introduction des macrophytes dans le système durant les saisons les plus chaudes offrent un avantage évident.

- Une optimisation plus poussée, grâce notamment à la seconde campagne, a abouti à des productions d'Eichhornia sensiblement identiques, que la culture soit alimentée en effluent brut ou en pré-laguné. En conséquence on peut penser qu'il y a plutôt intérêt à pratiquer un prélagunage, même si l'épuration n'est pas l'objectif principal et a fortiori si des conditions spécialement sévères sont imposées pour le rejet de l'effluent (niveau e, par exemple).

- Enfin la biomasse aquatique des systèmes extensifs s'avère jouer un rôle important de régulateur vis-à-vis des variations de charge et de composition de l'effluent admis dans les bassins : l'effet d'écrêtage des pointes estivales en particulier, déjà bien connues dans les bassins de lagunage, est plus frappant encore dans les sytèmes à macrophytes.

# I - 3 Potentialités de l'espèce pour la valorisation de la biomasse

L'un des éléments les plus notables de la composition chimique de la jacinthe d'eau est la matière azotée : la teneur globale importante en protéines constatée en culture sur effluent brut, ainsi que les teneurs en acides aminés essentiels, sont prometteuses pour une valorisation dans le domaine alimentaire.

Certains des corps gras contenus dans la plante seraient intéressants pour divers usages industriels : lubrifiants, saponification, extraction de phospholipides tels que tocopherols, voire estherification ou cracking pour l'obtention de carburants liquides légers.

D'autres dérivés peuvent exister, compte tenu des teneurs en fibres (papier, textiles), et en carbone : l'insertion de la fermentation méthanique, qui fait l'objet d'expérimentations paralèles, est probablement possible dans plusieurs des filières précitées et en particulier dans celle des protéines, en venant améliorer leur bilan énergétique.

#### II - DONNEES DE BASE POUR LE DEVELOPPEMENT

A partir des résultats de cette expérimentation initiale, qui s'ajoutent à ceux obtenus par les autres chercheurs avec des effluents un peu différents, quelques bases peuvent être fournies pour des travaux ultérieurs plus proches des applications, et même pour les premières réalisations pilotes à échelle opérationnelle. Ces bases seront utiles soit dans les problèmes de traitement d'eaux résiduaires, soit dans des cas plus généraux (milieux naturels eutrophes) ou spéciaux (rejets d'eaux chaudes, fertilisées par nutriments artificiels), où des macrophytes flottants tels qu'Eichhornia peuvent être cultivés.

# II - 1 Principes de l'application au traitement des eaux résiduaires

# II - 1-1 Cultures sur effluents secondaires

Parmi les divers cas possibles, on peut tout d'abord évoquer celui des stations d'épuration conventionnelles, de type intensif,qu'il serait généralement nécessaire de compléter par un système extensif assurant un traitement tertiaire dit d'affinage : lagunage, et/ou culture de plantes flottantes, et/ou marais à plantes enracinées.

Des systèmes utilisant des cultures de jacinthes d'eau font actuellement l'objet de recherches expérimentales homologues de celles rapportées ci-dessus (1). Les effluents sortant des stations municipales -du type à boues activées- sont riches en sels nutritifs, azotés et phosphatés, et fournissent des rendements en macrophytes de même ordre de grandeur que ceux obtenus avec les effluents bruts ou lagunés de Salles d'Aude. Des données manquent encore sur l'absorption des métaux lourds et sur la décontamination microbienne, critères d'autant plus à considérer que dans nos pays les grandes agglomérations et les centres industriels, aux effluents souvent très chargés en polluants de ces catégories, sont généralement équipés de telles stations conventionnelles, avec rejet en rivière ou en mer.

Reste également à résoudre le problème d'assurer en hiver l'épuration complémentaire, comme c'est d'ailleurs le cas même dans les systèmes tout-extensifs, évoqués ci-après.

# II - 1-2 Systèmes tout-extensifs

Contrairement au précédent, où seul le traitement tertiaire est extensif, ces systèmes reçoivent les eaux pratiquement brutes, et constituent un traitement "complet" puisqu'ils remplacent le traitement secondaire classique et l'éventuel traitement de finition. Ils pourront dans certains cas débuter directement par la culture de macrophytes : par exemple si l'effluent à traiter est peu chargé (communes rurales, bassins d'aquaculture, etc.), lorsqu'un niveau très élevé de qualité n'est pas exigé pour le rejet, ou lorsque celui-ci s'effectue sur un épandage.

Ce système sera également appliqué si les cultures se font en eaux chaudes de récupération, ainsi qu'en eaux naturelles, où ne se posent guère -sauf en cas d'eutrophisation- le problème d'épuration chimique. Le principal paramètre à considérer et à calculer est alors le flux alimentaire nécessaire : il est fonction de la superficie cultivée, et le plus souvent fourni sous forme d'engrais artificiels.

Dans les autres cas, où la dépollution constitue l'objectif prioritaire, le système toutextensif est possible sous réserve d'un lagunage préalable de durée limitée, comme l'ont montré les
expériences rapportées ci-dessus. Le problème qui se pose avec acuité -et ne peut que s'accroître dans
l'avenir- est d'épurer avec des moyens simples et sans investissement excessif des effluents
d'agglomérations nouvelles ou en extension, voire d'industries agro-alimentaires, qui sont soit rejetés
sans traitement, soit épurés de façon partielle ou inefficace, quoi que coûteuse. La solution pourra
consister à réserver ou dégager les superficies nécessaires pour l'application de tels procédés
extensifs.

Enfin, l'on peut songer aux cultures d'<u>Eichhornia</u>, compte tenu de son haut pouvoir d'assimilation de toxiques tels que les métaux lourds, et en excluant dans ce cas tout usage alimentaire , pour épurer des effluents urbains ou industriels spécialement chargés.

(1) Bassins expérimentaux utilisant les effluents secondaires des stations de Toulouse (Société Hydro-M), et de Saint-Gély-du-Fesc (CNRS Montpellier).

# II - 2 Superficie à prévoir - Technologie des bassins

Que le pré-lagunage soit ou non pratiqué, il est préférable de prendre pour base, dans le calcul des bassins, le flux polluant minimal annuel, qui se produit généralement en hiver. Durant cette saison aucun bassin d'épuration ne sera ensemencé en macrophytes, un stock de plants étant seulement conservé en bassins recouverts de serres et alimentés avec un flux très réduit. On peut donc établir un ordre de grandeur de la superficie totale en utilisant le mode de calcul du lagunage ordinaire. Elle sera en général inférieure à celle des stations actuelles de ce type, que l'on est obligé actuellement de calculer sur la base de la pointe de charge estivale.

A partir d'avril-mai et jusqu'en novembre, tout au moins sous la latitude du Languedoc, la culture de macrophytes s'intercale dans le système, sur tout ou partie de la superficie des bassins, la surface à ensemencer étant calculée d'après le débit maximal d'été du réseau, et de la durée de séjour souhaitable dans la culture. En reprenant l'exemple de l'effluent ayant servi aux essais de Salles-d'Aude sur la jacinthe d'eau, cette durée ne devrait pas être inférieure à deux ou même trois s'emaines, ce qui exigerait une surface de 1 à 1,5 hectares, soit 5 à 6 m2 par équivalent-habitant, si l'effluent subit auparavant un pré-lagunage d'au moins deux semaines. Elle pourrait être très probablement réduite d'une semaine si la durée du pré-lagunage est augmentée d'autant, les surfaces des deux bassins correspondants étant dans une certaine mesure complémentaires.

Au total la superficie nécessaire pour l'ensemble d'un tel système serait de l'ordre de 2,5 à 3 hectares, pour 30 à 40 jours de séjour.

Ces valeurs impliquent une hauteur d'eau de l'ordre du mètre, utilisée le plus fréquemment en lagunage. Or les hauteurs observées par divers auteurs pour les cultures de plantes flottantes sont très diverses (0,25 à 2 mètres), et cette variabilité ne semble pas offrir d'incidence notable sur les rendements. On peut donc adopter sans inconvénient 0,50 à 0,60 m si l'on dispose d'une surface de terrain suffisante, soit 5 à 6 hectares. Des avantages peuvent en résulter, d'une part pour la quantité de biomasse produite, sensiblement proportionnelle à la superficie, et d'autre part, pour l'efficacité d'épuration dans les bassins fonctionnant en lagunage à microphytes.

On doit déterminer la fraction de superficie des bassins qui devra rester sous abri en hiver, pour constituer une pépinière. Pour pouvoir réaliser l'ensemencement assez rapidement au printemps, en atteignant par exemple la densité de 10 kg/m2 en un mois, il faut pouvoir disposer d'un tonnage de plants correspondant à 3 ou 4 kg/m2, le temps de doublement à cette saison étant de 15 à 20 jours. Les plants, qui poussent peu en hiver, même sous abri du genre serre, peuvent être stockés à haute densité, environ cinq fois celle adoptée pour la culture. Une surface 5 fois plus faible, soit de l'ordre d'un demi hectare dans l'exemple ci-dessus, devrait donc suffire.

Comme le reste de l'installation, la pépinière sera constituée de bassins allongés et parallèles, d'une dizaine de mètres de largeur pour assurer une bonne répartition de l'effluent, et faciliter les travaux d'exploitation, en particulier la récolte. Les abris sont à constituer avec des armatures de faible hauteur, en tubes ou profilés légers, recouverts de films plastiques, l'ensemble devant être facile à démonter ou déplacer pour la saison de production.

# II - 3 Conditionnement de la biomasse, filières de valorisation

Quel que soit le mode de valorisation de la biomasse, il y aura lieu en général de lui faire subir des traitements préalables, d'ordre physique ou mécanique.

- <u>Séchage</u> ou pressurage (sauf en certains cas d'utilisation directe, en alimentation par exemple, ou par voies fermentaires : méthanisation, compostage).
- Il y aura généralement intérêt à abaisser la teneur en humidité, jusqu'à 20 ou 30 % de façon à assurer une meilleure conservation si le stockage est nécessaire, ainsi que des manutentions et transports moins coûteux. Le pressurage sera pratiqué notamment pour certaines filières où sont utilisées les substances contenues dans les jus.
- <u>Hachage</u>, plus ou moins poussé, nécessaire dans le cas d'espèces riches en fibres et celui de filières où doivent être activées les réactions de bioconversion : fermentation par exemple.

Les traitements peuvent aller jusqu'au broyage fin et la trituration, pour d'autres filières telles que celles de la papeterie ou de l'huilerie.

Les <u>systèmes de valorisation</u> de la biomasse aquatique qui ont été envisagés et le plus fréquemment cités dans la littérature sont les filières dites par voie humide : méthanisation, compostage, ensilage, ainsi que l'extraction de protéines alimentaires, de produits industriels tels que les alginates (algues marines), etc...

Dans le cas de la jacinthe d'eau, la filière méthane peut n'être pas à négliger, même si elle ne doit pas constituer la finalité principale. La richesse de la plante en carbone, qui a atteint pratiquement 30 % du P.S, correspond à un rendement théorique d'environ 230 litres de méthane pur par kg de matière sèche (pour une teneur en C de 30 %). On a obtenu expérimentalement plus de 200 litres, ce qui atteste une bonne dégradabilité. La teneur en azote demeure en gros la même après fermentation, et le digestat obtenu possède ainsi une bonne valeur fertilisante ou alimentaire.

L'extraction de protéines offre a priori un intérêt certain, compte tenu du problème national de l'approvisionnement dans ce secteur et des difficultés de développement des cultures de protéagineux sur sol. Le rendement espéré de cultures d'<u>Eichhornia</u>, que l'on peut évaluer à environ 2 tonnes d'azote, soit environ 12 tonnes de protéines à l'hectare, dépassant largement ceux de la luzerne et du soja. D'autres espèces flottantes, telles que des algues ulvacées et des lemnacées (CULLEY et EPBS, 1973; SAUZE, 1980, 1981, HARLIN, 1978) pourraient également fournir des tonnages importants.

L'exploitation des corps gras dont quelques genres sont assez bien pourvus, notamment des algues marines comme Fucus et Laminaria, n'ont guère retenu l'attention des chercheurs. Le grand intérêt de cette filière serait cependant, comme dans le cas des oléagineux terrestres, l'utilisation possible des tourteaux d'huilerie pour l'alimentation azotée. Dans le cas d'<u>Eichhornia crassipes</u> le rendement global entrevu, en huile provenant du tissu végétal - notamment en phospholipides- atteint déjà un seuil intéressant; des recherches seraient néanmoins à poursuivre sur l'orientation de la culture vers la production de fleurs et de graines, dont on peut attendre une plus grande richesse en huile que celle du reste de la plante.

Sous l'aspect de la faisabilité et des coûts, les éléments qui précèdent sont de nature à justifier des études technologiques et économiques relatives à ces diverses filières. Certaines sont déjà entreprises, et il reste à conçevoir et réaliser des installations pilotes en vue de confirmer les résultats.

On peut néanmoins penser dès à présent que de bonnes chances de faisabilité existent pour un système intégré à faible coût de revient, fondé sur des cultures de jacinthes d'eau avec recyclage de déchets et valorisation de la biomasse végétale par l'une des filières ci-dessus décrites.

# REMERCIEMENTS

Nous adressons nos remerciements à l'Agence française pour la Maîtrise de l'Energie, qui a apporté une aide financière à cette expérience; ainsi qu'aux Organismes de recherche qui ont apporté leur concours, en particulier pour la partie analytique: GERDAT, Institut de recherche des Huiles et Oléagineux, Institut BOUISSON-BERTRAND, Faculté des Sciences de Marseille, ainsi que la Station d'Amélioration des Plantes (INRA Montpellier).

# BIBLIOGRAPHIE

- ALLIRAND J.M et De PARCEVAUX S. (1983). Détermination des potentialités de production de la jacinthe d'eau. Rapp. Journée d'Echange sur la jacinthe d'eau. EDF-DER, Chatou.
- BAYLET R., SINEGRE F., SAUZE F., et GERVAIS M. (1978, 1980). Lagunage et virologie des eaux usées.

  La technique de l'eau et de l'assainissement, n° 374, 383, 384, 399.
- BONNETTI M. et al (1979). Impiego del hiacinto acquatico per l'utilizzazione produttiva di effluenti termici ed organici. Suinicoltura XX. ?.
- CHASSANY DE CASABIANCA M.L. et SAUZE F. (1980). First experiments of production of macrophytes with Waste water and methanization of biomass. Rapp. Ière conférence "Energy from biomass", Brighton, 672-677. Appl. Sc. Publish., London.
- CHASSANY DE CASABIANCA M.L. (1983). Données préliminaires sur la production d'Eichhornia crasipes sur eaux résiduaires. Rapp. Journée d'Echange sur la jacinthe d'eau. EDF-DER, Chatou.
- CORNWELL D.A. et al, (1977). Nutritional removal by water hyacinths. J. Wat, Poll, Control., 49,
- CULLEY D. et EPBS E.A. (1973). Use of duckweed for wastetreatment and animal feed. Journ. WPCF.
- De BUSK T.A., WILLIAMS L.D., RYTHER J.H. (1983). Removal of nitrogen and phosphorus from wastewater in a Waterjacinth-based treatment system. J. Environ Qual. 12, 2, 257-262.
- DINGES R. (1978). Upgrading stabilization pond effluent by water hyacinth culture. Journ. Wat. Poll. Control. Fed., mai, 833-845.
- HARLIN M.M. (1978). Nitrate uptake by *Enteromorpha* spp. Application to aquaculture systems.

  Aquaculture, 15, 373-376.
- LEE Ch. et Mc KIM T. (1981). "Water Hyacinth Wastewater Treatment System", Symposium Papers, Energy From Biomass and Wastes V, Orlando, Florida, 26-30, sponsored by the Institute of Gas Technology (1981).
- MARAIS G.R. et SHAW V.A. (1961). A rational theory for the design of stabilisation ponds in Central and South Africa. Civil Eng South Africa 3 (11) 1-20.
- REDDY K.R. et SUTTON D.L. (1984). Waterhyacinths for water quality improvement and biomass production. J. Environ. Qual. 13, 1, 1-6.
- SAUZE F. (1977). Présence et survie des virus dans les eaux résiduaires urbaines. *Technique de l'eau* et de l'Assainissement, 371, 41-45.
- SAUZE F. et al, (1980). Exploitation de la végétation aquatique en vue de la production d'énergie.

  Utilisation des eaux résiduaires pour la culture des plantes aquatiques. Possibilités de méthanisation de la biomasse. La tech. de l'eau et de l'Assain., n° 398, 27-43.
- SAUZE F. (1981). Potentiel énergétique et chimique de la biomasse aquatique. Premiers résultats de recherches en méthanisation. La technique de l'eau et de l'assainissement, n° 413, 7-23.
- SAUZE F. (1982). Production de biomasse macrophytique flottante et épuration des eaux résiduaires.

  Cultures en alimentation su-continue, influence de certains paramètres. La technique de l'eau et de l'assainissement, n° 422, 27-39.
- SAUZE F. (1983). Cultures expérimentales de jacinthes d'eau en vue de la production de biomasse et la dépollution. Coll. vALVA, (Valorisation des Végétaux Aquatiques).
- VOLVERTON B.C. et Mc DONALD R.C. (1978). Nutritional composition of water hyacinths grown on domestic sewage. *Economic Botany*, 32, n° 4, oct déc., 363 370.
- VOLVERTON B.C. et Mc DONALD R.C. (1979). Upgrading facultative wastewater lagoons with vascular aquatic plants. Journ. Wat. Poll. Control., 51, n° 2, 305-313.



# Biomasa y producción de poblaciones de Inula viscosa en campos abandonados

# L.LÓPEZ SORIA\*

RESUME - Inula viscosa est un arbrisseau colonisant les cultures abandonnées et devenant l'espèce la plus visible dans quelques parts de la Catalogne espagnole. Les individus de cette espèce sont composés de quelques "cohorts" de branches naissant chaque année des pieds.

Le chagement et transport de biomasse entre les composants: biomasse vivante, biomasse

Le chagement et transport de biomasse entre les composants: biomasse vivante, biomasse morte, accroissement normal et déchets ont été estimés de 1975 a 1978 dans un champ abandonné depuis 6 ans. Le composant biomasse morte s'acroît de 300 g.m. jusqu'à 1000 g.m. mais, tout a l'envers, la biomasse vivante diminue de 700 g.m. à 250 g.m. L'acroissement normal subit une variation de 227 g.m. and en 1976 jusqu'à 139 g.m. and en 1978. La biomasse et cette croissance normal dans une culture abandonné depuis 2 ans sont 534 g.m. et 492 g.m. and en 1976 jusqu'à 139 g.m. and et 492 g.m. and en 1976 jusqu'à 1979 de 1979 et 492 g.m. and en 1970 et 492 g.m. and

D'après ces données nous pouvons suggérer le modèle suivant d'evolution: la population atteint un niveau a peu près constant de biomasse dans les 2-3 ans après colonisation; arrive à maturité vers les 6-7 ans pour commencer à décliner vers 8-10 ans. Pendant la transition vers l'etape sénescente la composition de la biomasse des individus montre un changement assez dramatique car seulement quelques "cohorts" des branches les plus jeunes restent vivantes. Les causes entraînant cette disparition ne sont pas connues mais quelques hypothèses sont discutées.

SUMMARY - Inula viscosa is a shrub that colonize abandoned arable lands and becomes the most conspicous species of this kind of habitat in some parts of Catalunya. The individuals of this species are composed of several cohorts of branches which grow up from the stumps every year.

The changes and transference of biomass between the components: alive biomass, dead biomass, current growth and shed meterial were estimated in a field of 6 years from 1975 to 1978. The dead biomass component increased from 300 g.m.<sup>-2</sup> to 1000 g.m.<sup>-2</sup> but, conversely, the alive biomass component decreased from 700 g.m.<sup>-2</sup> to 250 g.m.<sup>-2</sup> The current growth chaged from 227 g.m.<sup>-2</sup> year<sup>-1</sup> in 1976 to 139 g.m.<sup>-2</sup> year<sup>-1</sup> in 1978. The biomass and current growth in a younger field (2 years old) were 534 g.m.<sup>-2</sup> and 492 g.m.<sup>-2</sup> y<sup>-1</sup> respectively.

The data suggested the following model of development: these populations attain a rough ly constant level of biomass within the 2-3 years of colonization, reach maturity when they are 6-7 and become declining at ages of around 8-10 years. The biomass composition of individuals during the transition to the declining stage showed a dramatic chage and only some of the younger cohorts of branches persisted alive. The causes which induced the decline are unknown and several candidates are discussed briefly.

KEY WORDS: Colonization, oldfield, biomass, production, stem cohorts, aging in shrubs.

# INTRODUCCION

De entre los muchos aspectos que se estudian sobre la estructura y función de los sistemas mediterráneos cabe destacar dos perspectivas que atraen actualmente la atención de los ecólogos. Una, se ocupa de la evolución convergente entre diversos sistemas (Di Castri & Mooney 1973, Miller 1981, Kruger et al. 1983) y, otra, de la respuesta de dichos sistemas al fuego (Biswell 1974, Naveh 1974, Hanes 1971, Zedler et al. 1983). Las comunidades herbáceas han sido menos estudiadas que las arbustivas desde ambas perspectivas (Sweeny 1956, McNaughton 1968), probablemente por su carácter transitorio y porque las arbustivas son el elemento dominante en la región. Un tercer aspecto poco considerado es el de la persistencia de las poblaciones de las especies dominantes de dichas comunidades. En algunas la persistencia puede ser notable: Merino & Vicente (1981) citan un matorral en Doñana que después de 80 años, desde el último incendio, no presenta signos de declive. En otras situaciones la persitencia es menor, como en poblaciones de Ceanothuc (Schlesinger & Gill 1978), que inician el declive hacia los 40 años de su desarrollo. Este aspecto tiene interés para comprender los mecanismos de substitución de

<sup>★</sup> Departament d'Ecologia, Facultat de Ciències, Universitat Autonoma de Barcelona Bellaterra (Barcelona) Espana.

especies que operan en la sucesión y, también, en programas de gestión de la vegetación (Juhren & Montgomery 1977).

Las comunidades arbustivas de la península Ibérica apenas han sido consideradas en los contextos mencionados, a excepción del estudio de Merino & Vicente. El presente trabajo describe los cambios de biomasa y producción durante el declive de una población de Inula viscosa, dominante durante el primer decenio de sucesión en campos abandonados en gran parte de la depresión central y prelitoral catalanas. Los cambios demográficos que acontecieron fueron considerados en un trabajo anterior (López Soria 1980).

#### MATERIAL Y METODOS

# I - AREA DE ESTUDIO

El presente estudio se realizó en el campo experimental de la U.A.B. (Bellaterra) y también, aunque con menor énfasis, en otros campos abandonados próximos a dicha localidad. El campo experimental se abandonó como tierra de cultivo en el verano de 1970, estuvo sometido a presión de pastoreo moderado durante los primeros cuatro años y fue vallado a principios de 1975. La comunidad desarrollada en el campo estuvo integrada por un estrato herbáceo, rico en especies, y otro arbustivo, dominado por Inula viscosa (L) Aiton. Los individuos de dicha especie presentan porte arbustivo, son perennes, caducifolios y están formados por varias ramas que surgen de las zocas. La pauta de crecimiento de las ramas es simpodial y ello facilita su datación así como la de los individuos.

El estudio realizado consideró dos tipos de condiciones: zonas de densidad relativamente baja, con un estrato herbáceo bien desarrollado, y zonas de mayor densidad con estrato herbáceo menos vigoroso. La estimación de la biomasa y producción se realizó mediante la medición de tres variables: densidad de individuos por unidad de área, densidad de ramas por individuo, y biomasa media ponderada por rama.

# II - DENSIDAD DE INDIVIDUOS

En las zonas relativamente densas se estimó la densidad sobre cuadrados de 3 m de lado dispuestos en dos transecciones paralelas, cada una conteniendo 9 y 8 cuadrados respectivamente. Para obtener una aproximación de la variación de la densidad en zonas densas, se realizaron censos complementarios en otros campos, y utilizando en cada caso un par de transecciones (tabla 1). Solamente para el campo Cerdanyola 2 se realizaron estimaciones de biomasa y producción.

Tabla l. Características de las muestras utilizadas en la estimación de la densidad de individuos.

Población	edad (años)	n° parcelas	<sub>m</sub> 2	ind/m <sup>2</sup>
Cerdanyola l	2	16	144	2,3
Cerdanyola 2	2	5	45	2,0
Sant Quirze	2	9	81	1,6
Campus	3	4	16	3,6
Campo exp.	6	17	153	0.8

En las zonas de menor densidad la estimación de dicha variable se realizó sobre una parce la de 0,5 Ha (100,50) m) y según un muestreo estratificado. El número de estratos y sus pesos relativos se aproximaron mediante la parcelación de área indicada en unidades de 10 m de lado, en las que se contaron todos los individuos que excedían los 30 cm de altura.

# III - DENSIDAD DE RAMAS POR INDIVIDUO

Para cada individuo presente en las parcelas tomadas para las zonas densas se anotó el número de ramas vivas y sus edades. El total de individuos censados en los tres años de muestreo (1976, 1977 y 1978) fue 63, 62 y 42, y el número de ramas censadas y datadas 908, 885 y 558 en cada año respectivamente. En el campo Cerdanyola 2 los contajes y dataciones de ramas se realizaron sobre una muestra de 90 individuos, que dieron un toal de 774 ramas.

#### IV - BIOMASA MEDIA PONDERADA POR RAMA

Para cada una de las clases de edad de las ramas que reconocimos (seis), se estimó el peso medio por clase según tamaños de muestra apropiados. Siguiendo los métodos usuales de estratificación (Pielou 1974) se obtuvo la biomasa media ponderada por rama. Las ramas recolectadas se separaron en el laboratorio en los siguientes componentes: tallitos del crecimiento anual(T.ca.), hojas (H), capítulos (C), tallos de más de un año (T.v.) y fracciones muertas (T.m.).

Por último, a partir de los datos obtenidos referidos a la unidad de área, se consideró la biomasa por individuo medio de cada clase de edad, según los métodos de estratificación mencionados.

# **RESULTADOS**

# I - BIOMASA Y PRODUCCION EN POBLACIONES VIEJAS DE ALTA DENSIDAD

En las zonas densas la biomasa viva total al final del periodo de crecimiento de los tres años estudiados fue 582,2, 436,3 y 197,3 (g.m.<sup>-2</sup>) respectivamente. Tomando el valor del primer año como referencia hubo un descenso del 25 % en 1977 y del 66 % en 1978. Para 1978 únicamente se calcularon los valores globales de ambos parámetros.

La contribución de hojas y capítulos en 1976 y 1977 fue muy similar, 80 y 20 g.m.-2 respectivamente. (Tabla 2). El componente de tallos de más de un año disminuyó considerablemente de un año al siguiente, un 70%, mientras que la fracción muerta (T.m.) aumentó en unas trece veces.

Tabla 2. Composición de la biomasa  $(g.m.^{-2})$  según los órganos indicados en material y métodos.

	Н	F	Tca	Tv	Tm	Ca	Total
1976	85,1	20,1	122,0	351,7	3,1	227,2	582,2
1977	73,1	21.7	187.3	111.7	42.5	282.1	436.3

La estructura de la biomasa según las seis clases de edades de las ramas fue muy diferente en los tres años. (Tabla 3). De una situación relativmente homogénea en 1976 se pasó a otra confuerte dominancia de una sola clase: la de l año en 1977, con el 45 % del total de biomasa viva, y la de 2 años en 1978, que supuso el 50 %.

Tabla 3. Distribución de la biomasa, B,  $(g.m.^{-2})$  y producción, Ca,  $(g.m.^{-2}$  año $^{-1})$  según las clases de edad de las ramas.

	19	976	19	77	1978		
Edad	Ca	В	Ca	В	Ca	В	
1	87,4	87,4	195,4	195,4	53,2	53,2	
2	56,1	126,7	26,7	39,0	71,5	103,8	
3	30,9	114,8	22,3	44,2	9,4	18,7	
4	36,5	163,6	16,8	62,4	2,8	10,5	
5	12,3	72,9	13,1	61,9	0,9	4,1	
<	4,0	16,8	7,8	33,1	1,6	7,0	

La producción estimada para cada año de muestreo fue 227,2, 282,2 y 139,4 g.m.<sup>-2</sup> año<sup>-1</sup> respectivamente. En 1976 las clases de uno y dos años supusieron el 60 % del total (Tabla 3). En 1977 la clase de un año repesentó el 70 % y en 1978 la producción de las clases de 3 a 6 años fue despreciable frente a la de uno y dos años, que contribuyeron con el 90 % (figura 1).

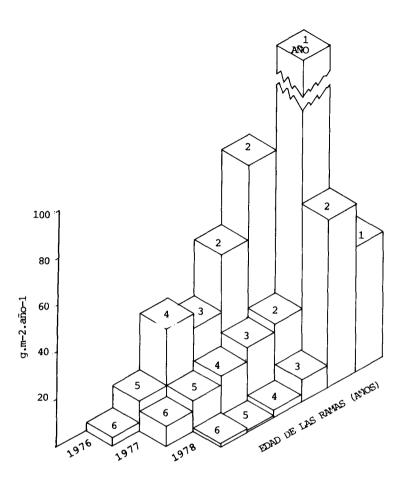


Fig. 1. Composición de la producción de Inula viscosa según las clases de edad de las ramas.

La biomasa de los individuos medios presentó gran variación en los dos años: la clase de 6 años fue de 4 a 7 veces superior a la de 2 años (tabla 4). La diferencia de procucción entre las mismas clases fue algo menor, de 3 a 4 veces superior en la más vieja.

Tabla 4. Biomasa, B,  $(g.m.^{-2})$  y producción, Ca,  $(g.m.^{-2}a\tilde{n}o^{-1})$  de los individuos medios de cada clase de edad.

	19	976	1977			
Edad	В	Ca	В	Ca		
2	199,3	139,1	172,7	150,8		
3	309,3	149,6	313,0	252,4		
4	424,4	194,3	240,5	194,1		
5	924,0	355,2	492,5	385,0		
6	1206,3	382,7	1195,9	673,2		

La figura 2 muestra que el cambio de estructura de la biomasa fue profundo en todas las clases de edad.

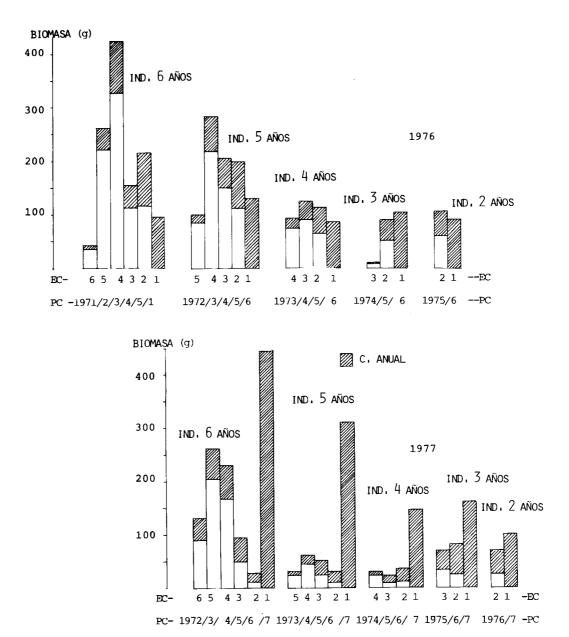


Fig. 2. Estructura de la biomasa del individuo medio por clase de edad en 1976 y 1977. EC indica la edad de la cohorte en cichos años y PC el año de su primer ciclo vegetativo.

# II - EVOLUCION DE LA BIOMASA EN EL TIEMPO

En septiembre de 1975 se tomó una muestra de 111 individuos para stimar el peso total de ramas vivas y ramas muertas por individuo; la edad del campo, en este mismo año, era de 5años. Los individuos se tomaron de entre los presentes en cuatro parcelas de 100 m² cada una. La biomasa (viva y muerta) obtenida fue 800 g ( $s\bar{x}$  = 58 g). Una vez descontada la biomasa perdida durante el invierno, hojas y capítulos (125 g), se estimó la biomasa presente al inicio de 1976 (725 g). Mediante estos datos se pudo conocer la biomasa muerta acumulada hasta 1976, la muerta entre 1976 y 1977, y a partir de aquí obtener una aproximación del cambio de la biomasa en el tiempo.

Los valores indicados en la figura 3 muestran que las poblaciones estaban en declive. La biomasa viva que persistió en 1977, de la presente en 1976, fue del 30 %, mientras que, de la presente en 1977, sólo el 17 % persistió al año siguiente. La predicción del crecimiento en 1979, según el cuadro, no fue superior a los 100 g, y la biomasa total probablemente se situó en algo más de 1300 g. Según

observaciones de campo en 1979, apenas hubo supervivencia de las ramas nacidas en 1978, es decir, que la biomasa viva de 1979 fue básicamente la de las nacidas en 1979; de aquí el valor de 241 g añadido en la casilla de biomasa muerta en 1979.

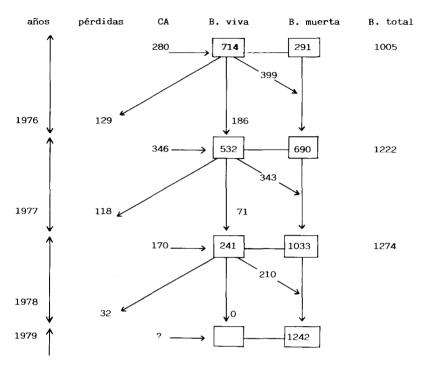


Fig. 3. Variación interanual de la biomasa por individuo medio de Inula viscosa. El producto de cada valor por 0,81 (densidad de individuos) da la biomasa en g.m. $^{-2}$ .

# III - BIOMASA Y PRODUCCION EN POBLACIONES VIEJAS DE BAJA DENSIDAD

La densidad de individuos estimada para dichas poblaciones fue 0,31 y su intervalo de confianza 0,26-0,36. Los valores de biomasa y producción se indican en la tabla 5.

Tabla 5. Biomasa (g.m.-2) y producción (g.m.-2  $\tilde{a}$ no-1) en zonas de baja densidad de individuos.

	1976	1977	1978
В	221,6	164,9	74,6
Ca	86,8	107,5	52,7

# IV - BIOMASA Y PRODUCCION EN POBLACIONES JOVENES

En el campo Cerdanyola 2 se estimó la biomasa presente en 1977 en 534,2 g.m.<sup>-2</sup> y la producción en 491,8 g.m.<sup>-2</sup> año<sup>-1</sup>. La composición de la biomasa según la edad de las ramas, en 1977, se indica en la tabla 6. Los valores de cada componente fueron en general superiores a los estimados para el campo experimental, siendo la producción dos veces mayor.

Tabla 6. Producción, Ca, (g.m-2.año-2), biomasa (g.m-2.año-1) y su composición en órganos de una población joven de Inula (Cerdanyola 2).

Edad	F	H	Tca	Ca	Tv	Total
ramas						
1	44,4	88,8	248,8	382,0		382,0
2	9,4	30,2	70,2	109,8	49,4	152,2
Total	53,8	119,0	319,0	491,8	49,4	534,2

#### DISCUSION

#### I - DECLIVE DE LAS POBLACIONES

El importante cambio de la estructura de las poblaciones, durante el periodo estudiado, parece corresponder a una transición de madurez a declive.

En este periodo se observó un aumento del cociente P/B ( en referencia a la unidad de área), de 0,39,en 1976, se pasó a 0,71 en los dos años siguientes. La variación de dicho cociente, de un año a otro, en los individuos fue mayor en las clases de edad de 4,5 y 6 años ( $\bar{x}$  = 1,39;  $S_{\bar{x}}$  = 0,09) que en los de 2 y 3 años ( $\bar{x}$  = 1,15;  $S_{\bar{x}}$  = 0,03). Pero dichas variaciones fueron resultado de una renovación generalizada en todas las clases de edad de las ramas: muy similar en las de 2 a 6 años ( $\bar{x}$  = 1,39;  $S_{\bar{x}}$  = 0,09) y la mitad en las de 1 año (0,68). El aumento de la tasa de renovación global se dió tanto por una disminución de la biomasa como por un aumento de la producción.

La producción de 1977 fue un 25 % superior a la de 1976. Pueden darse dos interpretaciones a este hecho. De una parte, pudo existir un reciclado de los nutrientes de las ramas que murieron. Por otra parte, el mantenimiento de la importante fracción de biomasa vieja presente en 1976 pudo suponer un drenaje de la energía fijada por las ramas jóvenes para mantener las más viejas. Esta interpretación la sugiere el hecho de que la biomasa de hojas fue muy parecida en ambos años (80 y 73 g.m.<sup>-2</sup>) y que el valor de la relación hojas/tallos en 1977 (0,24) fuera mayor que el de 1976 (0,18). La alternativa a ambas interpretaciones plantea el problema de si los individuos presentan cierta integración fisológica o una independência funcional de las ramas que los forman (Hartnett & Bazzaz 1983). Este hecho es meritorio de una investigación.

La producción de 1977 fue similar a la biomasa que murió en este mismo año, unos 300 g. Ello sugiere que la población alcanzó un estado estacionario, es decir, que la acomodación de nueva biomasa sólo pudo ser posible a expensas de la pérdida de una misma cantidad de biomasa viva. La biomasa observada en el campo Cerdanyola 2 sugiere que el techo de biomasa se alcanzó muy rápidamente, en el se gundo año de colonización. Parece razonable admitir que se mantuvo relativamente poco variable hasta el declive.

La causa del declive de la población no parece ser la competencia entre individuos pues no hubo beneficio de alguno a expensas de los otros, sino más bien pérdidas generalizadas. Una causa común de la muerte de ramas en arbustos está relacionada con el diseño de los haces conductores, que no persisten funcionalmente activos durante mucho tiempo (Zimmerman & Brown 1971). Sin embargo, una mortalidad generalizada indica más bien que las causas fueron extrínsecas a las ramas, y que pudieron ser de diversos tipos (patógenos que afectaron a las raíces, una excesiva compactación del suelo, etc.).

Por último, el hecho de que durante el ciclo de crecimiento (tanto en campos jóvenes como viejos) mueran ramas producidas en el mismo año, indica que no existen mecanismos de regulación del número de yemas producidas por año, a diferencia de lo que puede ocurrir en especies de crecimiento clonal de hábitats con escasos recursos, y que se interpreta en el sentido de minimizar la interferencia entre tallos del mismo individuo. La inexistencia de este mecanismo es quizás esperable en una especie colonizadora, pues lo que prima es la selección de genes que maximizan ante todo la fitness del individuo en la juventud, incluso a expensas de que sean letales en edades más avanzadas. En este contexto se interpreta la existencia de la senescencia (Williams 1966). Sin embargo, la senescencia es más bien rara en poblaciones naturales, y el caso de *lnula* no parece ser un ejemplo, dado que las plantas en ningún momento dejaron de producir semillas (Gatsut et al. 1980).

# II - PRODUCCION DE INULA

Resulta difícil encontrar en la literatura sobre campos abandonados especies con características de dominancia, forma de crecimiento, longevidad, et. similares a las de lnula. No obstante, parece necesaria una comparación, dentro de un marco amplio, para conocer el valor productivo de Inula. Las especies tomadas como referencia corresponden a otras zonas de carácter mediterráneo.

Las especies de vegetación del tipo "frigana" (Margaris 1976) Phlomis fruticosa y Euphorbia acantothamnus, que pueden ocupar zonas perturbadas, presentan valores de biomasas comparables a los de Inula (366 y 270 g.m.-2), y los niveles de producción, 160 y 100 g.m.-2año-1, resultan parecidos a los de zonas de baja densidad de Inula. En la zona central de Chile los arbustos que pueden colonizar zonas perturbadas, Thevoa trinervis y Satureja gillieri, también presentan valores de producción similares a los de Inula: 551, Thevoa, y 344, Satureja (Rundel 1981). En communidades del tipo "coastal sage" codominadas por Salvia Leucophyla y Artemisia californica, que también ocupan áreas perturbadas, la producción estimada por Gray (1983) fue 291 g.m.-2año-1.

En comunidades de etapas más avanzadas de la sucesión o de mayor persistencia, como el matorral de *trica* y *Cistus* en Doñana, la producción de tres parcelas localizadas en un gradiente de humedad fueron 89, 269 y 385 g.m-2año-1 (Merini&Vicente 1981). Specht (1981) cita para especies del "mallee" auatraliano (*Eucaliptus*), chaparral (*Adenostoma fasciculatum*) en California y garrigas en el Languedoc tasas de acumulación anual de biomasa de 170, 250 y 340 g.m-2año-1 respectivamente, en el primer año de crecimiento después de incendio, y valores de 40, 60 y 180 al cabo de diez años. Asimisotras garrigas estudiadas por Rapp & Lossaint (1981) producen tras 17 años después de incendio unos 370 g.m-2año-1.

Los niveles de biomasa de los ejemplos citados suelen ser mayores que los de Inula, pero tal como destacan Rundel & Rutherford (1981), a pesar de la gran variación de la biomasa, la producción primaria neta oscila mucho menos, entre 340 y 650 g.m-2año-1, siendo el valor medio, tanto para arbustos perennifolios como subleñosos, 400 g.m-2año-1 y las tasas anuales de acumulación de biomasa entre los 100 y 200 g.m-2año-1 (Mooney 1981). Las poblaciones de Inula viscosa parecen por tanto ajustarse a estas generalizaciones, a pesar de su estatus sucesional.

# BIBLIOGRAFIA

- BISWELL H.H. (1974). Effects of fire on chaparral. En Kozlowski T.T. Ahlgren (Ed.) Fires and ecosystems. pp: 321-360.
- DI CASTRI F. &MOONEY H. (1973). Mediterranean type ecosystems. Origen and structure.Springer-Verlag.
- GATSUT E., SMIRNOVA L., VORONTZOVA L., ZAUGOLNOVA L. & ZAUKOVA A. (1980). Ages states of plants of various growth forms: a review.

  \*\*Journal of Ecology.,68, 675-696.\*\*
- GRAY J. (1980). Nutrient use by evergreen and decidous shrubs in southern California I.Community nutrient cycling and nutrient use efficiency.

  Journal of Ecology, 71, 21-41.
- HANES T L. (1971).Succession after fire in the chaparral of southern California. Ecological Monographs, 41, 27-52.
- HARNET D.C. & BAZZAZ F.C. (1983). Physiological intergration among intraclonal ramets in Solidago canadense.

  Ecology, 64, 779-788.
- JUHREN M.C. & MONTGOMERY K.R. (1977). Long-term response of Cistus and certain other introduced shrubs on disturbed wildland sites in southern California. Ecology, 58, 129-138.
- KRUGER F., MITCHELL D. & JARVIS J. (1983). Mediterranean type ecosystem: the role of nutrients. Springer-Verlag. Berlin.
- LOPEZ SORIA L. (1980). Aspectos de la biología de poblaciones de *Inula viscosa* en un campo abandonado. *Mediterranea*, 4, 115-131.

- MARGARIS N.S. (1976). Structure and dynamics in a phyganic (East mediterranean) ecosystem.

  Journal of Biogeography, 3, 249-259.
- MARGARIS N.S. & MOONEY H. (1981, Ed.). Components of productivity of Mediterranean-climate regions:

  Basic and applied aspects. Junk . The Hague.
- MCNAUGHTON S. (1968). Structure and function in California grasslands. Ecology, 49, 962-972.
- MERINO J. & VICENTE M. (1981). Biomass, productivity and succession in the scrub of the Doñana biologi cal reserve in southewest Spain. En Margaris & Mooney (1981, Ed.). Components of produc tivity of Mediterranean-climate regions: Basis and applied aspects. Junk. The Hague.
- MILLER PH.C. (1981, Ed.). Resource use by chaparral and matorral. A comparaison of vegetation function in two mediterranean type ecosystem. Springer-Verlag. Berlin.
- MOONEY H. (1981). Primary production in Mediterranean-climate region. En Di Castri & Goodall (Ed.) Mediterranean type shrublands. Elsevier Sc. Publ. Co. Amsterdam. pp: 249-255.
- NAVEH Z. (1974). Effects of fires in the Mediterranean Region. En Kozlowski &Alhgren (Ed.) Fires and Ecosystems. pp: 401-431.
- PIELOU E. C. (1974). Population and community ecology: Principles and methods. Gordon Breach. Berlin.
- RAPP M. & Lossaint P. (1981). Some aspects of mineral cycling in the garrigue of southern France. En Di Castri & Goodall (Ed.) Mediterranean type shrublands. Elsevier Sc. Publ. Co. Amsterdam. pp : 289-301.
- RUNDEL P.W. (1981). The matorral zone of central Chile. En Di Castri & Goodall (Ed.) Mediterranean type shurblands. Elsevier Sc. Publ. Co. Amsterdam. pp : 175-201.
- RUNDEL P.W. & RUTHERFORD M.C. (1981). Stand productivity, an overview. En Margaris & Mooney (Ed.). Components of productivity in Mediterranean-climate regions: Basic and applied aspects.

  Junk. The Hague.
- SPECHT R. L. (1981). Primary production in mediterranean climate ecosystems regenerating after fire. En Di Castri & Goodall (Ed.) Mediterranean type shrublands. Elsevier Sc. Publ. Co. Amsterdam. pp: 257-268.
- SCHLESINGER W.H. & GILL D.S. (1978). Demographic studies of the chaparrral shrub, Ceanothus megacarpus in the Santa Ynez Mountains, California.

  Ecology, 59. 1256-1263.
- SWEENY J.R. (1956). Response of vegetation to fire: A study of the herbaceous vegetation following chaparral fires. Univ. of California Publ. in Botany, 28, 143-250.
- WILLIAMS G.C. (1966). Adaptation and Natural Selection. Princeton Univ. Press, Princeton. New Yersey.
- ZEDLER P.H., CLAYTON R.G. & MCMASTER G.S. (1983). Vegetation change in response to extreme events: the the effects of a short interval between fires in California chaparral and coastal shrub. Ecology, 64, 809-818.
- ZIMMERMAN M. & BROWN C. (1971). Tree structure and function. Springer-Verlag. Berlin.



Réflexions sur le dynamisme actuel de la régénération naturelle du pin d'Alep (Pinus halepensis Mill.) dans les pinèdes incendiées en Provence calcaire. (de 1973 à 1979)

H. ABBAS \*
M. BARBERO \*
R. LOISEL \*

RESUME- La regénération naturelle du pin d'Alep après incendie est variable, et la croissance des semis est inversement proportionnelle à la couverture des arbres restant sur les parcelles. Pour augmenter la germination des grains et pour assurer l'établissement et la pérennité des semis, certains travaux du sol sont nécessaires afin d'améliorer les conditions du lit de semences, par dégagement des couches superficielles de manière à retrouver le sol minéral. Pour augmenter le développement des semis et pour régénérer les forêts brûlées, les parcelles doivent être éclaircies pour former des vides.

SUMMARY - The natural regeneration of Aleppo pine is not uniforme in all stands after fire. Seedling growth was inversely to the crown cover of hermaining stands.

To increase seed germination and sedling etablishment, some sait treatement may be required to improve sedd bed conditions by loorening the top sail, exposing the mineral sail.

To improve the developement of the seedlings and to regenerat, the forest, the remaining stands should be old cut out.

MOTS CLES: Régénération naturelle, pin d'Alep, incendie, sol, groupements végétaux, arbres vivants, arbres brûlés, semis.

# I- INTRODUCTION

Les résultats présentés dans ce travail ont été obtenus dans le cadre d'une étude de l'influence des feux sur la régénération naturelle du pin d'Alep dans les pinèdes incendiées des Bouches-du-Rhône.

Cette étude concerne la liaison entre l'époque de l'incendie (problème de maturation des graines) et la régénération naturelle du pin d'Alep, ainsi qu'avec d'autres facteurs très importants à prendre en compte : arbres brûlés encore vivants, arbres brûlés non coupés, souches d'arbres coupés soit après, soit avant l'incendie, pente, etc...).

Cette étude montre l'importance des feux comme facteur écologique déterminant entraînant à la fois le bouleversement des communautés végétales\*, dans leur composition et leur structure, et des conditions de sols (PLAISANCE, 1974).

La moyenne annuelle de la superficie brûlée en France est de l'ordre de 35 000 ha. dont 26 000 pour la seule forêt méditerranéenne (BLAIS, 1979 ; GADANT, 1979). Les pinèdes sont les plus touchées par l'incendie.

La dégradation de la végétation méditerranéenne est le résultat de l'action de l'homme qui, déjà au néolithique, défrichaît la forêt, brûlait la végétation pour ses cultures, le pâturage... (QUEZEL, 1979); depuis, le feu est devenu la cause principale de la dégradation (TRABAUD, 1980; GROSSMAN, 1981). LOISEL (1976 b) montre que "l'incendie a souvent été évoqué pour expliquer la substitution du pin d'Alep au Chêne vert notamment au niveau de la zone inférieure où cette essence est à son optimum; Comme l'indique par ailleurs DELEUIL (1961) le Chêne vert résiste mieux à la flamme et repousse de souche après le passage du feu". Mais la périodicité qui caractérise les incendies dans la région méditerranéenne est telle que le feu finit par avoir raison des espèces les plus résistantes dont le Chêne vert.

<sup>\*</sup> Nos observations sur la régénération naturelle du pin d'Alep (Pinus halepensis Mill) après incendie dans le département des Bouches du Rhône (France) et dans le département de Lattaquié (Syrie).

<sup>\*</sup> Laboratoire de Botanique et Ecologie Mediterranéenne Faculté de St Jérôme- 13397 MARSEILLE CEDEX 13.

Dès lors, il est certain que le pin d'Alep, par ses semences légères est avantagé par rapport au Chêne vert quant à la dissémination des diaspores. Mais cela ne signifie en aucune manière que le pin d'Alep est favorisé par l'incendie pour la reconquête des sols et des écosystèmes qui les portent. C'est ce que nous avons remarqué dans l'ensemble des forêts brûlées des Bouches-du-Rhône.

LOISEL (1976 b) affirme que le pin d'Alep, au cours de ses toutes premieres années (et singulièrement pendant l'été qui suit la germination) craint particulièrement les fortes insolations, synonymes pour les jeunes plantes de dépérissement. Pour se maintenir, ceux-ci recherchent l'abri de la végétation en place à condition que celle-ci ne soit pas complètement fermée. En effet, si le recouvrement est trop fort et surtout continu, les semis n'arrivent pas à survivre.

Nous essaierons dans ce travail, d'aborder le problème de la régénération du pin d'Alep après incendie, problème posé depuis longtemps et précisément dans les Bouches-du-Rhône où ce sujet présente un intérêt certain en aménagement forestier, comme d'ailleurs sur l'ensemble du pourtour méditerranéen, et notamment en Méditerranée orientale (PAPOT, 1954; NAHAL, 1962 b; QUEZEL, 1976; ABBAS, 1981, 1982, 1983; BARBERO, CHALABI, NAHAL, QUEZEL, 1976).

#### II- METHODOLOGIE

Nous avons, dans un premier temps, consulté le fichier des incendies (fichier prométhée) délivré par la prefecture des Bouches-du-Rhône de manière à en extraire la liste des forêts brû-lées de plus d'un hectare entre 1973 et 1979.

Nous avions commencé avec une superficie minimum d'un hectare de forêt brûlée, mais compte tenu des difficultés d'observation et de repérage de toutes les placettes incendiées, nous avons volontairement choisi de ne repertorier que les zones incendiées de plus de cinq hectares sur lesquelles nous avons effectué principalement nos observations.

Les comptages des semis, des arbres vivants, des souches, des arbres brûlés coupés et des arbres brûlés non coupés, ont été effectués dans une cinquantaine de forêts incendiées du département des Bouches-du-Rhône, sur des échantillons de parcelles dont la surface était de 100 m², ceci afin d'établir une corrélation entre l'époque de l'incendie et le nombre de semis de pin d'Alep observés à l'hectare et pour chercher aussi d'éventuelles relations entre, semis et arbres vivants, semis et arbres brûlés non coupés, semis et arbres brûlés coupés, tout en prenant en compte d'autres facteurs du milieu (altitude, sol...). Les forêts brûlées étaient situées à des altitudes comprises entre 20 à 500 m envíron, la variabilité des pentes entre 5 et 60 %; par ailleurs toutes les expositions ont été prises en compte. Les substrats montrent une grande diversité de classes : calcaires dolomatiques et les sols les plus fréquemment rencontrés, ont été des rendzines, des sols rouges et des sols bruns méditerranéens. Les observations ont été chaque fois étendues à l'ensemble des superficies br² lées dans chaque station pour prendre en compte au mieux l'hétérogénéité des milieux.

# III- RESULTATS OBTENUS

La régénération naturelle du pin d'Alep après incendie est dûe dans la pluaprt des cas au fait qu'il reste une grande quantité de graines dans les vieux cônes dispersés sur la couche superficielle du sol, à condition que ceux-ci ne soient pas carbonisés en totalité par le feu. La régénération naturelle du pin d'Alep est favorisée aussi par l'augmentation des éléments nutritifs libérés par les cendres du bois brûlé (BOUDY, 1950; NAHAL, 1962; KARSCHON, 1973; TRABAUD, 1980). La déshydratation des graines sons l'efffet de la chaleur augmente aussi l'énergie et le pourcentage de germination (KARSCHON, 1973; TRABAUD, 1980). Les effets sur la régénération des conditions du site et de la composition de la couverture du sol sont très variables dans les stations.

L'action du feu détruit la forêt de pin d'Alep qui, à son tour, se transforme en garrigue (chêne kermes, romarin, *Ulex*, cistes) ; sur les sols dégradés, les conditions écologiques diffèrent notamment de celles obervées en milieu non impacté par une plus grande sécheresse (GROSSMAN, 1981 BOUDY, 1950 ; TRABAUD, 1957 ; LAURENT, 1937). Durant les années qui suivent l'incendie, il y a échelonnement des germinations. Ceci se vérifie aisément apr une grande variabilité dans les hauterus des pins observés dans une même station. ACHERAR (1981) conclut à l'inexistence de dormance chez les graines du pin d'Alep et NAHAL (1962) indique que les graines tombées à terre ont une vitalité qui ne dépasse pas deux ans, à condition qu'elles n'aient pas été brûlées (TRABAUD, 1980).

Certaines années après l'incendie, la baisse de la densité de la régénération du pin d'Alep est dûe à des phénomènes de compétition intraspécifique. LOISEL (1966), ACHERAR (1981), trouvent que les mortalités les plus importantes sont obtenues dans les classes d'âge les plus jeunes (un et deux ans). Ces mortalités sont fortes en été, ce qui semble être dû à l'intensité de rayonnement solaire. Par ailleurs, le pin d'Alep produit des graines nues, à réserves limitées et sur lesquelles s'exerce une forte prédation par les rongeurs et les oiseaux (HARDI et TSCHINKEL, 1976; ELAOUNI, 1980).

L'exploitation des résultats obtenus sur les 50 stations étudiées contuit à établir les relations suivantes :

# 1 - RELATION ENTRE ARBRES BRULES (ENCORE VIVANTS) ET REGENERATION NATURELLE DU PIN D'ALEP APRES INCENDIE

Le tableau ci-après croise les variables : semis après incendie et arbres brûlés (encore vivants) sur 50 stations :

Semis	rbres brûlés encore	REPARTITION	REPARTITION EN CLASSES DU NOMBRE D'ARBRES BRULES ENCORE VIVANTS À L'HECTARE									
après incend:	ie vivants	(1) 0-10	(2) 10-50	(3) 50-100	(4) 100-500	TOTAL						
Répartition	1. 0-10	11	2	1	0	14						
en classes du nombre	2. 10-100	6	13	1	0	20						
de semis	3. 100-1000	1	10	2	0	13						
après in- cendie à	4.1000-10 000	0	1	1	0	2						
l'hectare	5. plus de 10 000	0	0	0	1	1						
	TOTAL	18	26	5	1	50						

En analysant ce tableau, on constate que la régénération du pin d'Alep après incendie est directement influencée par le nombre d'arbres qui ne sont pas touchés par l'incendie. ACHERAR (1981) montre également que la présence d'arbres semenciers qui n'ont pas été touchés de façon mortelle par le feu, augmente la densité de la régénération. C'est ce que nous avons été également conduits à observer nettement.

# 2 - RELATION ENTRE L'EPOQUE DE L'INCENDIE (MOIS) ET REGENERATION NATURELLE DU PIN D'ALEP APRES INCENDIE

Le tableau suivant croise les variables semis après incendie et l'époque (mois) des incendies.

Semis ap	rès	MOIS							
incend	ie	A	М	J	Jt	A	s	0	TOTAL
Répartition	1. 0-10	0	3	1	5	3	1	1	14
en classes du nombre	2. 10-100	1	1	0	9	8	1	0	20
des semis	3. 100-1000	1	2	2	5	2	2	0	13
après in- cendie à	4. 1000-10 000	0	0	0	0	2	0	0	2
l'hectare	5. plus de 10 000	0	0	0	0	1	0	0	1
	TOTAL	2	6	2	19	16	4	1	50

En analysant ce tableau, on constate que les trois feux ayant donné une bonne régénération (+ de 1 000 semis par ha) ont eu lieu au mois d'août, mais cela ne veut pas dire que le mois d'août ait une influence remarquable (significative) sur la régénération du pin d'Alep. On observe aussi clairement sur ce tableau que des forêts incendiées au mois de septembre et octobre et même certaines forêts incendiées au août, ont une régénération très mauvaise (voir en annexe tableaux 3.1.1., 3.1.2., et 3.1.3.).

Analysons les trois feux qui ont eu lieu au mois d'août dans les Bouches-du-Rhône.

- Le premier se situe en forêt domaniale de St-Mitre-les-remparts (5 août 1976), coordonnée "chass" N22-F28, superficie brûlée de pin d'Alep : 50 ha ; la régénération est de l'ordre de 50 000 plantules en moyenne à l'hectare et même plus de 1 500 000 1 700 000 semis/ha par endroits. C'est le nombre maximum qui a été trouvé. C'est ici un cas tout à fait exceptionnel rencontré nulle part ailleurs dans les stations visitées.
- Le deuxième feu a eu lieu le ler août 1976 sur la commune de Gémenos, coordonnée "chasse" 023 026. Superficie brûlée de pin d'Alep : 43 hectares ; la régénération est de l'ordre de 2 000 à 3 000 plantules à l'hectare en moyenne.
- Le troisième feu qui s'est déclenché le 25 août 1975 sur la commune de Marseille, coordonnée "chasse" 023 S16 ; la superficie brûlée de pin d'Alep : 8 hectares ; dans cette forêt, la régénération était d'environ 5 000 à 6 000 plantules par hectare.

Compte tenu de ces observations, on peut conclure que le nombre maximum de semis observés après les incendies de 1973 à 1979 s'élève à 170 semis au m² dans la forêt domaniale de St-Mitre-les-remparts; Six ans après le feu, la hauteur maximale des semis était de 100 cm; les comparaisons sont interessantes avec les valeurs proposées par d'autres chercheurs. Ainsi KARSCHON (1973) dans une étude comparable a montré que trois années après le feu, le nombre maximum des semis naturels de pin d'Alep était de 115 au m², et que les plus grands individus atteingnaient 125 cm.

Un deuxième groupe de trois stations réunit des densités moyennes de régénération (500 à 1 000 semis/ha) : Chateauneuf-le-Rouge (forêt de Cengle), la Roque d'Anthéron et Coudoux.

Pour les autres stations inventoriées, la densité est soit nettement inférieure, soit insignifiante, cas le plus général (tableaux 3.1.1., 3.1.2., 3.1.3.). Le nombre de graines tombées à terre au m² est supérieur aux cas mentionnés ci-dessus (ABBAS, 1983) mais toutes les graines n'ont pas germé et par ailleurs, plusieurs semis ont séché, durant le premier été, puis le deuxième ce qui confirme les résultats de semis réalisés "in nautre" par LOISEL (1967). Il faut aussi faire référence au fait qu'une partie du matériel a été consomméeou détériorée par les animaux et les insectes ainsi que les bactéries et les champignons.

# 3 - EFFETS COMBINES DE LA COMPETITION RACINAIRE ET DES CONDITIONS DE LUMIERE

# l - Relation entre semis après incendie et arbres brûlés non coupés

Dans ces stations l'abondance et la croissance des semis variaient considérablement; ces fluctuations étaient apparemment en partie liées aux effets combinés de la compétition racinaire et des conditions de lumière imposées par différents groupements végétaux de régénération, que ce soit les groupements de Chêne Kermès rejettant de souches, les groupements de cistes blancs, résultant de germination et de développement rapide et les pelouses à Brachypode rameux qui se développent bien après l'incendie dans les zones où elles étaient préalablement denses. La part de la concurrence interspécifique et du recouvrement est très importante, mias il serait nécessaire d'étudier d'une façon plus approfondie les mécanismes de compétition en passant au besoin par une approche expérimentale.

Tableau 3.3.1., croisant les variables semis après incendie et arbres brûlés non coupés sur 50 stations

Ar Semis	bres brûlés non coupés	REPARTITIO	EPARTITION EN CLASSES DU NOMBRE D'ARBRES BRULES NON COUPES								
après incendie		(1) 0-10	(2) 10~50	(3) 50-100	(4) 100-500	(5) + 500	TOTAL				
Répartition	1. 0-10	7	1	1	4	1	14				
en classes du nombre	2. 10-100	9	6	3	2	0	20				
des semis	3. 100-1 000	9	1	1	0	0	13				
après in- cendie	4. 1000-10 000	1	1	0	0	0	2				
	5. plus de 10 000	1	0	0	0	0	1				
	TOTAL	27	9	5	8	1	50				

Dans les forêts où les arbres brûlés ne sont pas tous enlevés, l'installation des semis était faible et la croissance était réduite.

Cette conclusion s'approche de celle à laquelle était parvenu KARSCHON (1973).

Les semis étaient rabougris, étiolés et épars (Voir graphique 3.3.1. et tableaux 3.1.1., 3.1.2., 3.1.3.). Les mêmes observations peuvenet être faites dans les parcelles forestières épargnées par l'incendie. La germination des graines y est éparse et par ailleurs si une installation des semis arrive à se faire probablement chaque année, la plupart d'entre eux ne survivent pas très longtemps. C'est pour cette raison que dans les pinèdes denses ne se forment que très rarement des sous-bois à pin d'Alep.

# 2 - Relation entre semis après incendie et arbres brûlés coupés

Tableau 3.4.4. croisant les variables semis après incendie et arbres brûlés coupés sur 50 stations

<i></i>	Arbi	es brûlés	REPARTITIO	REPARTITION EN CLASSES DU NOMBRE D'ARBRES BRULES COUPES										
Semis après incendie	coupés		(1) 0-10	(2) 10-50	(3) 50-100	(4) 100-500	(4) + 500	TOTAL						
Répartition	1.	0-10	1	2	1	7	3	14						
en classes du nombre	2.	10-100	0	3	5	8	4	20						
de semis	3.	100-1000	0	0	3	7	3	13						
après in~ cendie	4.	1000-10 000	0	0	0	1	1	2						
cendie	5.	plus de 10 000	0	0	0	1	0	1						
	тол	AL	1	5	9 .	24	11	50						

Dans les forêts où les arbres brûlés ont été coups entièrement ou en grande partie, la régénération était très variable. Dans certains secteurs, elle était meilleure et la croissance des semis y était vigoureuse (voir graphique 3.4.1.). C'est le cas en particulier dans les trouées, ainsi que dans les parties coupées à blanc. Le pin d'Alep se trouve aussi favorisé par la regression des facteurs d'inhibition comme la compétition pour la lumière et l'humidité mais aussi par l'enlèvement des arbres au moins la première année suivantle feu (KARSCHON, 1973), et par l'absence de couverture herbacée concurrente.

La variation de la densité de la régénération dans les stations démontre le besoin d'effectuer une coupe précoce pour réduire la compétition entre les semis et obtenir ainsi une distribution uniforme de la croissance. C'est le cas dans la forêt de St-Mitre-les-remparts.

La croissance en hauteur des régénérations est finalement inversement proportionnelle au pourcentage de recouvrement des couronnes ; Un dépressage dans le semis la favorisera.

# IV - LA DISSEMINATION NATURELLE DES GRAINES ET LE DEVELOPPEMENT DES SEMIS

La dissémination naturelle des graines de pin d'Alep survient dans quelques cônes de 2 ans et dans ceux de 3 ans vers la fin de juillet, en août et en septembre-octobre comme l'ont montré LOISEL (1967), FRANCLET (1970), ACHRAR (1981) ABBAS (1983). Le plus souvent, les plantules apparaissent à la fin du mois d'octobre ou au début du mois de novembre. C'est que nous avons aussi observé dans les Bouches-du-Rhône. Pour s'ouvrir, le cône doit subir un effet de chaleur une fois le début d'ouverture amorcé, les cônes auront la propriété de s'ouvrir alternativement plus facilement le jour, puis de se refermer avec l'humidité atmosphérique de la nuit. Les mécanismes d'ouverture ne semblent plus guère actifs sur les cônes de 4 et 5 ans qui peuvent cependant jouer un rôle dans le dissémination en cas de passage d'un incendie.

Si, la chaleur n'a pas été suffisante pour amorcer l'aouverture, le cône restera fermé même par temps très sec, car la résine empêche toute déssication interne. C'est donc un choc de chaleur sur une zone parfois limitée du cône qui provoque une faille dans les joints de résine existant entre les écailles et qui amorce la déssication du cône et l'ouverture des écailles comme l'a montré FRANCLET (1970). La persistance des cônes est à peu près indéfinie sur les arbres (DEBAZAC, 1966), cette particularité constitue un vrai danger au cours des incendies, car les cônes éclatent et vont propager le feu. Mais ces cônes par ailleurs sont d'une utilité considérable pour la régénération (LAPIE, 1928; BOUDY, 1950). S'ils ne sont pas trop touchés par le feu et, s'ils contiennent encore, comme nous l'avons déjà signalé des graines fertiles, ils donneront lieu à une régénération. Nous avons observé que dans un peuplement une bonne partie des cônes âgés de 4 à 5 ans et restés fermés contiennent des graines qui, fait exceptionnel chez les pins, ont conservé leur faculté germinatrice.

Compte tenu de ces résultats, on peut viser à l'obtention d'une régénération naturelle du pin d'Alep en pratiquant les opérations suivantes :

- Pour régénérer les forêts brûlées et augmenter le développement des semis après l'incendie, les arbres brûlés devront être coupés de manière à créér des vides et des petites clairières qui permettraient aux semis de s'installer facilement. Par ailleurs, dans le cas d'une régénération dense, une éclaircie précoce sera nécessaire pour prévenir une stagnation éventuelle de la croissance. Cette opération serait justifiée, par exemple, dans la forêt domaniale de St-Mitre-les-remparts.
- Pour augmenter la germination et l'installation des semis, certains traitements de sol peuvent être nécessaires de manière à améliorer les conditions du lit de semence par le dégagement des couches superficielles du sol libérant les horizonsminéraux. Il est nécessaire de réduire le pouvoir concurrentiel redoutable des strates arbustives et herbacées denses. C'est le cas notamment dans les forêts de pin d'Alep non brûlées. Dans les plans d'aménagement forestiers, il faudra prévoir lors des coupes de jardinage des prélèvements de 2 % supérieurs aux coupes normales, pour augmenter le développement des semis dans les clairières créées et pour régénérer aussi les forêts (KARSCHON, 1973).
- Le moment et la période de l'incendie ne semble pas avoir d'influence sur la régénération naturelle du pin d'Alep. Celle-ci peut ne commencer à se manifester qu'un certain nombre d'années après l'incendie (LAURENT, 1937; KARSCHON, 1973). Elle dépend en particulier des conditions stationnelles et climatiques ainsi que de la présence des semenciers au moment de l'incendie (LAPIE, 1928). Nos observations ont par ailleurs démontré que la présence de semenciers (arbres brûlés encore vivants après l'incendie) améliore très sensiblement la régénération si ces arbres ne sont pas trop touchés par le feu, car il peut exister en effet des arbres vivants après l'incendie mais qui, en réalité, ne produisent pas de cônes ou de graines fertiles. Les jeunes semis donnent ensuite un fourré, puis des gaulis, si leur densité est forte. Si durant vingt années suivant l'installation d'un peuplement, aucun incendie ne se produit, la survivance du peuplement est assurée, car les jeunes sujets de 20 ans peuvent fournir d'abondantes graines fertiles. Mais, si un nouvel incendie se produit pendant cette période, le jeune peuplement est définitivement détruit (BOUDY, 1950), sauf s'il a pu subsister en son sein quelques vieux semenciers. S'il y a répétition des mises à fau à court intervalle sur le même terrain, le pin d'Alep pourra être alors définitivement éliminé. Il est donc faux de dire que l'incendie favorise automatiquement le pin d'Alep ; cette affimation n'est valable que dans la mesure où le feu survient dans un peuplement fertile, apte, par conséquent, à se régénérer naturellement. La régénération naturelle du pin d'Alep est donc assez irrégulière, très variable, souvent lente et difficiel. Cela tient à plusieurs causes : les semences fertiles sont rarement abondantes, les insectes et

les petits rongeurs (fourmis, écureuils, mulats, campognols), les bactéries et les champignons en détruisant beaucoup; les circonstances atmosphériques sont souvent défavorables et néfastes, soit à la germination soit au développement et à la maintenance des plantules naissantes. Celles-ci sont par ailleurs très sensibles aux agents phytotoxiques (DEVAUX, LE BOURHIS, 1974). Par ailleurs, et de surcroît, les jeunes plants sont exposés à être mangés par les lapins, les oiseaux, etc...

En outre, sur sols superficiels pauvres en terre fine et à faible teneur en éléments minéraux nutritifs, les régénérations sont irrégulières, malvenantes et condamnées si la préparation du sol notamment est insuffisante. Ainsi, lors des incendies, l'humus est brûlé et les conséquences sont catastrophiques pour le complexe argilo-humique des sols qui intervient directement dans les échanges ioniques et la nutrition des plantes.

Si le feu "passe vite", seuls les arbres brûlent, mais s'il avance lentement, c'est le sol avec toutes ses composantes biòlogiques qui sera carbonisé. La régénération sur lesplacettes où l'incendie a tardé est extrèmement faible voire nulle en raison de fortes contraintes édaphiques.

Dans ces stations à substrat affleurant (Fig. 1), édaphiquement impropres au développement de plantules d'essences forestières, il est nécessaire que le sol "récupère". Cela demande plusieurs années. Les successions dynamiques passent obligatoirement alors par des stades à Thérophytes (espèces de stratégie R à fort taux de germination) — ou à chamrephytes suffrutescents de type Thymus vulgaris ou encore par des cistaies (Cistus albidus, Cistus monspeliensis) ou par des juniperaies à Juniperus oxycedrus. Ces stades semi arbustifs et arbustifs paraissent bloqués. Il ne sont que très progressivement colonisés par des graminées et des papillionacées vivaces qui contribueront à enrichir le milieu en clacium et en ozote en le rendant progressivement plus favorable à l'installation des plantules de pins dans le mesure où quelques porte-graines existent au voisinage. Par contre, sur sols profonds la colonisation par les plantules de pin est plus rapide mais là, par contre, la concurrence interspécifique joue à plein en la limitant. C'est le cas en particulier lorsque au voisinage des zones brûlées existent des colonies d'espèces arbustives à potentiel de germination important (Ulex parviflorus par exemple). La présence de nombreux pins adultes près des secteurs incendiés est une bonne garantie pour le développement futur de Pinus hallpensis qui doit s'installer avant ses concurrents arbustifs.

Enfin, lorsque un tapis graminéen à Brachypode rameux ou à Brachypodeum phœnicoides est préalablement installé, puis incendié, la reprise végétative de ce dernier sera un obstacle majeur au développement de jeunes semis de pin.

# CONCLUSION

Le but de cette étude était de suivre l'évolution des régénérations naturelles de Pin d'Alep après incendie dans des pinèdes de pin d'Alep et d'estimer la densité de régénération en relation avec certains facteurs importants comme : arbres brûlés encore vivants, arbres brûlés non coupés, arbres brûlés coupés, pente, exposition, caractéristiques édaphiques, caillous en surface, affleure-ents rocheux, principales espèces concurrentielles et degré de recouvrement.

Cinquante stations ont été sélectionnées sur le territoire de forêts ayant subi un incendie dans les Bouches-du-Rhône entre 1973 -1979.

- 1 Nous n'avons pas trouvé de relation significative entre l'époque de l'incendie et la régénération naturelle du pin d'Alep. La maturation des graines à lieu normalement à la fin du mois de juillet et août; au niveau des trois stations n° 19, 20, 26 incendiées au mois d'août, les régénérations se trouveraient ainsi favorisées; Cependant, pour treize autres stations brûlées entre août et octobre, la régénération a été très mauvaise ou nulle en raison vraisemblablement de phénomènes de prédation des graines mais aussi d'autres contraintes (concurrents végétaux, mauvaise qualité des sols).
- 2 La présence d'arbres brûlés encore vivants améliore très sensiblement la régénération naturelle du pin d'Alep après incendie.
- 3 La recherche de relation entre semis apèrs incendie et arbres brûlés non coupés a montré que dans les forêts où la densité des arbres brûlés non coupés était grande, les semis étaient faibles, épars et étiolés et que, par ailleurs, leur croissance était réduite (KARSCHON, 1973) par manque de lumière et d'humidité du sol. La compétition exercée par les arbres et groupements végétaux semble très forte.
- 4 La relation entre semis obtenus après l'incendie et arbres brûlés coupés est également significative. Dans les stations où les arbres étaient coupés à blanc ou en grande partie, la régénération varie avec la physionomie du peuplement: Elle est bien développée dans les trouées et la croissance des plants y est vigoureuse. Celà est certainement la conséquence de l'élimination de la compétition pour l'humidité et la lumière résultant de l'enlèvement des arbres la première année suivant le feu (KARSCHON, 1973). Cependant des observations complémentaires devront être faites avant de juger d'une façon significative de l'influence de l'importance et du rôle respectif de ces facteurs de compétition. Il faudrait donc étudier beaucoup plus de stations pour parvenir à des interprétations définitives.

Le pin d'Alep est l'essence résineuse la plus largement répandue en basse Provence calcaire : un nombre important de structures de végétation depuis des pinèdes sur pelouses jusqu'à des peuplements mixtes dont à sous-étage de feuillus : chêne vert et chêne blanc, en passant par toute une série de matorrals arborés : pinède-cistaie, pinède-romarin, pinède-uliçaie, pinède-cocciferaie, etc... Dans toutes ces structures, le niveau de régénération est d'autant plus marqué que le recouvrement végétal au sol est plus faible. C'est donc une essence qui dans ces jeunes stades reste mal à la concurrence.

Cependant, en terme de forêt de protection, les pinèdes à sous-étage de chênes (peuplements mixtes ou mélanges), constituent des structures interessantes, le sous-étage jouant des rôles divers :

- amélioration dans la vie biologique des sols grâce à la constitution de mull-moder actif.
- amélioration pour la régénération des chênes toujours difficile en milieux ouverts,
- protection contre la dessication du sol par évaporation,
- protection contre l'érosion pluviale,
- protection contre l'incendie : la situation s'améliore avec la présence de feuillus qui concurrencent fortement les strates arbustives et graminérées.
- protection contre les maladies dont la propagation est moins rapide dans les peuplements mélangés. Par ailleurs, la pression de croissance des feuillus en sous-bois de pin contribue à accélerer les tendances à l'élagage naturel de cette essence.

Les caractéristiques principales de la régénération du pin d'Alep tiennent à divers fac-

teurs : stock de graines au départ, en fonction de l'âge et de la densité de la pinède préexistante, devenir de ces graines (fertilité, prédation, conditions de germination, fertilité de la station).

- type de communauté végétale présente en sous-bois,
- proximité d'arbres semenciers, surtout si ceux-ci se trouvent à moins de 30 m,
- présence d'arbres brûlés encore vivants touchés partiellement par le feu.
- existence d'arbres brûlés non coupés, d'arbres brûlés coupés, d'arbres non brûlés coupés avant l'incendie.

Mais, il aurait fallu pour plus de précision se livrer à une recherche des graines présentes dans le sol les jours qui suivent l'incendie, les compter de manière à pouvoir évaluer par la suite le pourcentage de fertilité et les niveaux de prédation par les fourmis et les rongeurs et de détérioration par les attaques des bactéries et de champignons. Ces données sont indispensables pour aborder de façon significative la triple relation fertilité-stérilité-prédation. Il aurait fallu aussi vérifier la quantité de graines présentes sur les arbres brûlés mais encore vivants après le passage du feu et éventuellement leur consommation par les écureuils et les oiseaux. Il aurait fallu en outre assurer le suivi des semis dans les premières années pour déterminer les pertes dûes à la prédation par les animaux mais aussi la mortalité causée par la sécheresse ou les maladies, et étudier aussi d'autres mécanismes complexes et en particulier ceux qui relèvent de la mycorhization après le passage du feu.

La contribution présentée ici ne constitue donc qu'une première étape dans les études engagées. Certaines parcelles seront à suivre régulièrement afin de mieux cerner les problèmes de prédation, de concurrence interspécifique qu'il est difficile d'évaluer avec précision lorsqu'on étudie un grand nombre de stations spatialement dispersées qui permettent néanmoins de dégager les principales caractéristiques des stratégies de régénération d'une essence forestière dans des milieux soumis à des perturbations importantes (incendies) qui se sont répétées dans le temps.

#### BIBLIOGRAPHIE

- ABBAS H., 1981. La forêt syrienne, présentation de la forêt et son milieu, problèmes existants, perspectives pour l'avenir. Rapport final, E.N.G.R.E.F., Centre de Nancy. 44 p.
- ABBAS H., 1982. Contribution à l'étude de la régénération naturelle du Pin d'Alep (Pinus halepensis Mill) dans les pinèdes incendiées du département des Bouches-du-Rhône (1973 à 1979).

  D.E.A. Ecologie méditerranéenne, Université d'Aix-MarseilleIII, Faculté de St-Jérôme, 51 p.
- ABBAS H., 1983. Les forêts de Pin d'Alep (Pinus halepensis Mill) dans le Sud-Est méditerranéen français. Recherches écologiques, production sylvicole et aménagement. Thèse de Docteur ingénieur en écologie- Aménagement forestier. Université de Droit, d'Economie et des Sciences d'Aix-Marseille III. Faculté des Sciences et Techniques de St-Jérôme, 122 p. + annexes 5lp.
- ACHERRAR M., 1981. La colonisation des friches par le pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill) dans les basses garrigues du montpellierais, Thèse, Doctorat 3ème cycle, Académie de Montpellier, Université des Sciences et Techniques du Languedoc.
- ARBAUD A., 1957: Le pin d'Alep et ses peuplements en terrains calcaires. Voyage d'étude en France dans la région provençale, Ed. E.N.E.F., pp. 157-167.
- BARBRO M., CHALABI N., NAHAL I., QUEZEL P., 1976. Les formations à conifères méditerranéens en Syrie littorale. Ecologia Mediterranea, n° 2 pp. 87-89.
- BLAIS R., 1974. Les incendies de forêts en France, R.F.F., tome 1, pp. 18-20.
- BOUDY R., 1950 Economie forestière nord-africaine, t.1 : Monographie et traitement du pin d'Alep, pp. 639-690.
- DEVAUX J.D., LEBOURGIS M., 1974. Effet phytotoxique des poussières sur une carrière de calcaire. Etude de la perte de production ligneuse d'une population de Pinus halepensis, Revue biologie et écologie méditerranéenne, tome 1, n° 2, 1974, pp. 41-52.
- ELAOUNI M., 1980. Processus déterminant la production du pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill) : photosynthèse, croissance et répartition des assimilés, Thèse d'Etat, Univ. Paris VII, 164 p. + annexes.

- EL HAMROUNI A., SARSON M., 1975. Relation entre couvert végétal et régénération naturelle du Pinus halepensis, I.N.R.F., Tunis, pp. 10-11.
- FLAHAUT C., 1924. Les incendies de forêts, Rv. Bot. Appl. Agric. Colon, 4, pp. 1-20 .
- FRANCELET A., 1970. Stimulation de l'ouverture des cônes de pin, I.N.R.F., Tunis, Note technique n° 13
- GADANT J., 1974. Le problème des incendies de forêts, R.F.F. numéro spécial "Les incendies de forêts", time 1, pp. 115-116.
- GROSSMAN J., 1981. Evolution quantittative de la phytomasse de pinèdes du pin d'Alep dans la région montpelliéraine, D.E.A. Spécialisation Agronomie méditerranéenne, E.N.A. de Montpellier
- HADRI H., TSCHINKEL H., 1975. La régénération de *Pinus halepensis* après coupe rase et sous-peuplement I.N.R.F., Tunis, pp. 12-14.
- HADRI H., TSCHINKEL H., 1976. Semis direct de pin d'Alep en Tunisie, Ann. I.N.R.F., Tunis, 6(1), pp. 5-49.
- HUNZIKER Th., 1955. Observation sur rajeunissement naturel du pin d'Alep dansla région de Fontfroide, au nord de Montpellier, Schweiz, z., Forst., 106, pp. 59-64.
- KARSCHON R., 1973. Natural regeneration after fire of Alep pine, Forestry Division, Agricultural research organisation, Ilanot.
- LALLEMAND P., 1974. Incidence économique des incendies, R.F.F., Tome I, pp. 212-214.
- LANGLEY R., 1975. La densité du peuplement et le traitement du sous-bois ont-ils une influence sur la régénération, I.N.R.F., Tunis, pp. 16-19.
- LAPIE G., 1928. La sylviculture française dans la région méditerranéenne, la forêt du pin d'Alep, Ann. de 1'E.N.E.F., Tom fasc. 1, 1928.
- LAURENT L., 1937. A propos des incendies de forêts en basse-Provence, le Chêne, 44, pp. 139-148.
- LEHOUEROU H.N., 1969. La végétation de la Tunisie steppique, Ann. Inst. Nat. Rech. Agron., Tunisie, 42, 5, 617 p.
- LOISEL R., 1966. Germination du pin d'Alep au niveau de certaines associations végétales de basse-Provence, Bull. Soc. Bot. Fr., 113, pp. 324-330.
- LOISEL R., 1967. Contribution à l'étude biologique des pins de basse-Provence, Phénologie du pin d'Alep, Ann. de la S.S.S.N.A.T.V., pp. 73-82.
- LOISEL R, 1976 a. La végétation de l'étage méditerranéen dans le Sud-Est continental français, Thèse doc. es. Sc., Université d'Aix-Marseille III.
- LOISEL R., 1976 b. Place et rôle du genre Pinus dans la végétation du Sud-Est méditerranéen français, Ecologia Mediterranea, n° 2.
- MOLINIER R., 1954. Les climax côtiers de la Méditerranée occidentale, Lab. Biolog. Veg. Fac des Sciences, Marseile, vol. IV, fasc. 5, pp. 284-308.
- MOLINIER R., MOLINIER R., 1971. La forêt méditerranéenne en basse Provence, Bull. Mas. Hist. Nat. XXX, Marseille, 76 p.
- NAHAL I., 1962 a. Le pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill), Etude taxinomique phytogéographique, écologique et sylvicole, Ann. E.N.E.F., Nancy, 19(4), pp. 485-685.
- NAHAL I., 1962 b. Contribution à l'étude de la végétation dans le Baer-bassit et le Djebel Alaouite de Syrie, Webbia XVI, 2, pp. 477-641.
- NAHAL I., 1974. Reflexions et recherches sur le notion climax de la végétation sous le climat méditerranéen oriental, Biologie et écologie méditerranéenne, vol. 1, n° 1, pp. 1-10, tabl., bibl.
- PABOT H., 1954. La végétation naturelle de la Syrie. Aperçu floristique et écologique, pp. 80-89, S.L. A.A.C.C.S. de l'Unesco pour le Moyen-Orient, Colloque sur la protection et la conservation de la nature dans le Proche-Orient, S.L., Unesco, 176 p.
- PARDE J., 1957. La productivité des forêts de pin d'Alep en France, Ann. E.N.E.F., 15(2), pp. 369-414.
- PLAISANCE G., 1974. Conséquence des incendies, R.F.F., n+ sp. "Les incendies de forêts", tome 1, pp. 194-197.
- QUEZEL P., 1976. Les forêts du pourtour méditerranéen, forêt et maquis méditerranéens : écologie, conservation et aménagement (Note technique de MAB n° 2).
- QUEZEL P., 1979. La région méditerranéenne française et ses essences forestières, Signification écologique dans le contexte circum-méditerranéen, Forêt médit., tome 1, n° 1.
- QUEZEL P., 1980. Biogéographie et écologie des conifères sur le pourtour méditerranéen, Pesson, Act. Ecol. Forest. Gauthier-Villard, Paris, pp. 201-255.

- SERRE F., LUCK H.B., PONS A., . Premières recherches sur les raltions entre les variations des anneaux ligneux chez le Pinus halepensis Mill. et les variations annuelles du climat, Rev. Oecol. Plant., 1, pp. 117-136.
- TRABAUD L., 1970. Quelques valeurs et observations sur la phytodynamique des surfaces incendiées dans le bas-Languedoc (premiers résultats), Natural. Monspel.série Bot., 21, pp. 231-242.
- TRABAUD L., 1980 a. Influence du feu sur les semences enfouies dans les couches superificielles du sol .
  d'une garrigue de chêne kermès, Natur. Monspel., 39, pp. 1-12.
- TRABAUD L., 1980 b. Impact biologique et écologique des feux de végétation sur l'organisation, la structure et l'évolution de la végétation des zones de garrigues du bas-Languedoc, Thèse d'Etat, U.S.T.L., Montpellier.

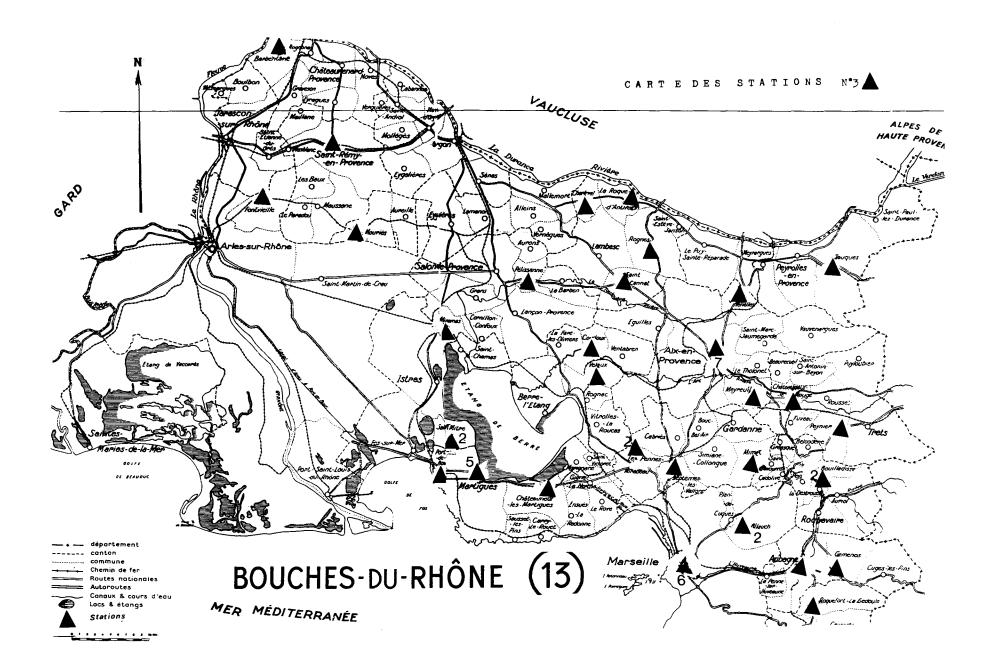


TABLEAU 3.1.1 REGENERATION NATURELLE DU PIN D'ALEP DANS LES PINEDES INCENDIEES des BdR. (1973 à 1979)

Station	: Nom de la commune : N° INSEE :	:	: résineux			Nbre de Souches (par ha)	: Nbre :d'arbres :imbrûlés :(par ha)	i Nbre :d'arbres :brûlés non :coupés p.hs	:de semis :(par ha)	Altitude : (m) : :	pente %	: Exposi- : tion :	:Affleur <sup>ts</sup> :rocheux : %		:Principales espèces : accompagnatrices :
I	FONTVIEILLE (38)	15/4/1977	43	81	N 21 A 18	+ de 500	10-50	100-500	100-1000	235	25	toutes	10	30	Qc,Br,Jo,Ro,Up
2	:MIMET (62)	16/4/1975	: 5	12	0 22 C 19	50-100	10-50	: 0-10	10-100	360	10	: S	: 10	: 30	: Qc,ca,Br,Up
3	AIX-en-PCE (I)	24/5/1973	20	30	0 22 J I9	50-100	10,50	0-10	100-100	425	5	N.E.	10	<b>3</b> 5	Qc,Br,ca
4	:ROQUE D'ANTHERON (84	24/5/1975	: IO	10	: 0 22 S I2	50-100	: IO-50	: 0-10	: 100-1000	320	30	: S.SE.	: I5	: 20	: QI,Qc,Ro,Br
5	MARTIGUES (56)	7/6/1974	19	32	0 23 S 02	100-500	10-50	0-10	1004000	75	5	toutes	5	20	Qc,Br,ca
6	:CHATEAUNEUF-Le- :ROUGE (25)	: I/7/I974	. 85 :	340	0 22 6 23	100-500	: 10-50	: 0-IO	: I 00-I000	: 400	40	: S	: 40	: 30	: Qc,Ro,ca,Jo,Up
7	MARTIGUES (56)	17/7/1975	5	185	0 23 R 02	100-500	10-50	: 0-I0	I 00-1000	<b>3</b> 5	10	toutes	20	40	Qe,Ro,Br,Up
8	:MIRAMAS (63)	19/7/1974	: 30	175	N 22 L 28	50-100	: 10-50	: 0-10	: 0-10	116	10	toutes	20	. I5	: Qc,Ro,ca,Tv,Br
9	MARSEILLE (55)	19/7/1974	25	120	0 23 K 17	10-50	10-50	0-10	10-100	280	25	s.sw.	70	50	Qc,ca,Br
10	: MARSEILLE (55)	:19/7/1975	: 6	8	0 23 Q 20	+ de 500	: IO-50	: 100-500	:100-1000	: 180	<b>3</b> 5	: S.E	: I5	: 30	: Qc,Ro,ca,Br,Up
II	AUBAGNE (5)	19/7/78	5	12	0 23 N 26	10-50	0-10	0-10	0-10	300	30	s	25	15	QI,Up,Pha
12	: ALLAUCH (2)	:21/7/1975	70	300	: 0 23 R 18	10-50	: 0-10	0-10	: 0-10	: 400	<b>I</b> 5	: toutes	: 20	: 30	: Qc,Ro,ca,Br
13	ROQUEFORT-La- BEDOULE (85)	21/7/1978	20	120	0 23 M 20	+ de 500	10-50	0-10	10-100	360	10	S.W.	: 20	50	Qc,Br, ca
14		:22/7/1976	8,5	10	: 0 22 F I6	50-100	: 10-50	0-10	: 10-100	: 180 :	40	: S	: 30	40	: Qc,ca,Br,Qp
15	MARSEILLE (55)	<b>25/</b> 7/1975	40	48	0 23 S 17	100-500	: 0-10	100-500	0-10	280	10	toutes	. I5	40	Qc,Ro,ca,Br,Up
16	MARSEILLE (55)	:26/7/1976 :	; 5 ;	: 20	0 23 0 19	10-50	: 0-10	: 0-10	: io-100	: 430	30	: N.W.	: I5	: 20	: Qc,Ro,Br
17	ST.MITRE-Les- REMPARTS (98)	29/7/1976	10	10	N 22 G 27	100-500	50-100	50-100	100-100	60	50	toutes	30	50	Qc,Ro,ca,Br,Pha

Arbres imbrûlés (encore vivants) : arbres brûlés encore vivants

Nombre de souches : Nombre d'arbres brûlés coupés.

						` <del></del>				<del></del>			3 2 2 0 0 0 0 0 0 0 13 7 8 13 3 1		
Station	Nom de la commune N° INSEE	Date du feu	Surf: résineux (en ha)	Surf. totale (en ha)	Coordonnées "chasse" anc.système	Nbre de souches (par ha)	Nbre d'arbres imbrûlés (par ha)	Nbre d'arbres brûlés mon coupés pha	de semis (par ha)	Altitude (m)	pente %	Exposi- tion	Affleur.	Surf.en cailloux	Principales espèce: accompagnatrices
18	LA BOUILLADISSE (16)	1/8/1975	8	8	0 23 Q 22	100-500	0-10	100-500	10-100	134	50	N.W.	10	10	Qc,Ro,Br,Up
19	: GEMENOS (42)	1/8/1976	43	43	0 23 0 26	: I00-500	: IO-50	: 0-I0	1000-10000	300	60	. N.W.	20	20	Qc,Ro,Br,Tv
20	ST.MITRE-Les- REMPARTS (98)	5/8/76	50	90	N 22 F 28	100-500	100-500	0-10	+dm I0000	65	50	toutes	30	IO	Qc,Ro,ca,Br
51		12/8/1975	20	160	0 22 L 08	: 100-500	: 0-10	0-IO	100-1000	150	25	S	20	40	Qc,Ro,ca,Br,Up
22	AIX-en-PROVENCE(I)	14/8/1975	108	108	0 22 M I7	100-500	10-50	0-10	100-1000	400	15-20	toutes	10	40	Qc,Ro,ca,Br,Up
23	:La BOUILLADISSE(I6):	14/8/1975	10	10	0 22 A 22	10-50	0-10	0-10	10-100	378	<b>3</b> 5	N.E. S	25	20	: Qc,ca,Qp
24	ST.REMY-de-PROVEN- CE (IOO)	16/8/1975	6	6	N 51 C 55	100-500	0-10	0-10	0-10	230	60	: s	20	60	Qc,Ro,Br
25		21/8/1976	5	. I5	0 22 M 19	50-100	: IO-50	: IO-50	10-100	420	I5 <b>-</b> 20	SE	10	40	: Qc,Br,Tv
26	MARSEILLE (55)	25/8/1975	8	8	0 23 8 16	+ de 500	50-100	10 -50	1000-10000	215	25	s.w.	20	30	Qc,Ro,ca,Br,Pha,Up
27	: CHARLEVAL (24)	26/8/1975	10	10	: 0 22 S IO	: 50-100	0-10	0-10	10-100	300	40	: toutes	: 30	: 40	QI,Qc,Ro,ca,Br
28	AIX-en-PROVENCE(I)	28/8/1974	8	20	0 22 M I4	50-100	0-10	0-10	10-100	306	10	s	5	20	QI,Br,Qc,ca,Ro,Tv
<b>2</b> 9	: ST.CANNAT (91)	1/9/1973	5	5 :	: 0 22 0 II	: 100-500	: 50-100	: IO-50	:100-1000	210	: 5 :	N.E., S.	: IO	: 30	: QI,Qc,Ro,Br,Up
30	SEPTEMES-Les- VALLONS (IO6)	17/9/1975	5	20	0 22 A I4	50-100	: 10-50	0-10	100-1000	293	20	s	40	30	Qc,Ro, Br, ca
31	PELISSANNE (69)	19/9/1978	10	42	0 22 0 04	0-10	50-100	100-500	0-10	300	5	s	25	. I5	Qc,Ro,ca,Br
32	BARBENTANE (IO)	21/9/1978	6	7	N 21 H 17	100-500	50-100	100-500	: 10-100	: 100	20	S	<b>.</b> 5	15	Qc,Ro,ca,Br
33	MOURIES (65)	1/10/1978	5	70	N 22 T 25	+ de 500	0-10	+ de 500	0-10	120	30	: s	. 10	60	Ro,Br,Pha

Qc :Quercus coccifera

Ro : Rosmarinus officinalis

Jo : Juniperus oxycedrus

ca : Cistus albidus

Tv : Thumus vulgaris

Br :Brachypodium ramosum

Up : Ulex parviflorus

QI : Quercus ilix

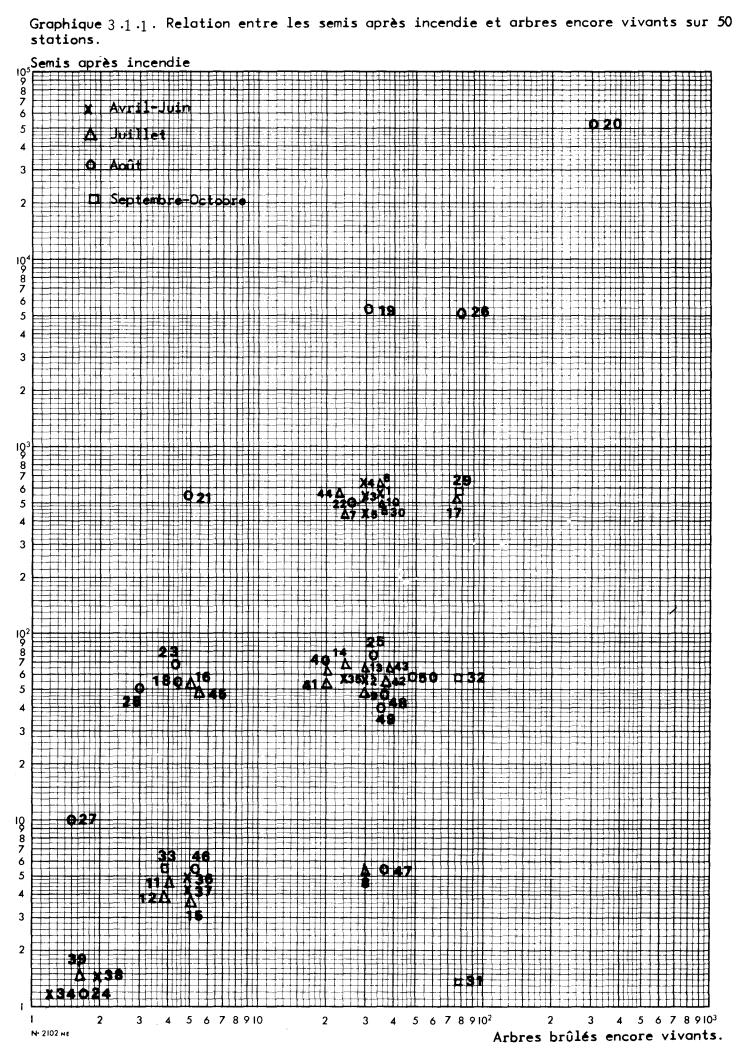
Pha : Phillyrea angustifolia

Qp : Quercus pubecens

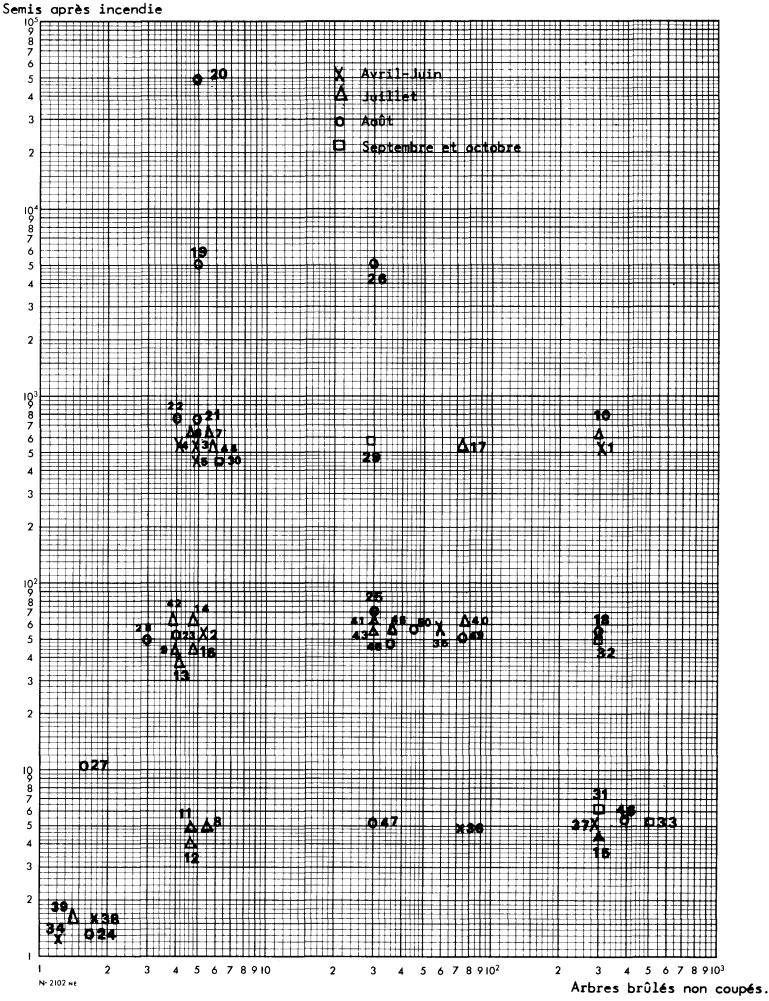
TABLEAU 3.1.3 REGENERATION NATURELLE DU PIN D'ALEP DANS LESPINEDES INCENDIEES DESB. du Rh. (1973 à 1979)

1 7 1	rru o 3.T.3 Kr		. 1 1 0 1											~~ (=J J = .	->1>,
Station	Nom de la commune N° INSEE	Date du feu	Surf. résineux (en ha)	Surf. totale (en ha)	Coordonnées "chasse" anc.système	Nbre de souches (par ha)	imbrûlés	Nbre d'arbres brûlés non coupés p.ha	Nbre de semis (par ha)	Altitude (m)	Pente %	Exposi- tion		Surf. en cailloux	Principales espèc accompagnatrices
34	: CEYRESTE (23)	: 5/5/79 :	: 8	8	: 0 23 L 26	+ 500	: 0-IO	0-10	0-10	475	05	. W	10	40	. Qc, Ro, ca, Br, Q
35	: VELAUX (II2)	: <b>12/5/</b> 79	: 60	531	: 0 22 H IO	+ 500	: IO-50	50-100	: IO-IOO	: 250 :	10	tutes:	: IO	I5	: QT, Qr, Ro, Br
36	: MARTIGUES (36)	: I2/5/79	: 9	10	: 0 23 T 0I	: 100-500	: 0-I0 :	50-100	: 0-I0	: 30 :	10	: SE.S	: 10	20	: QI, Qc, Br
37	: MARTIGUES (36)	: 17/5/79	: 30	30	: 0 23 S 03	: 100-500	: 0-10	100-500	0-10	: I <sup>4</sup> O :	10	: NW	: 10 :	20	: QI, Qc, Br :
38	: ALLAUCH (2)	: 30/6/79	: 5	5	: 0 23 T 2I	: 100-500	: 0-I0	0-10	: 0-IO	: 506	20	: S	: 20	20	: QI, Qc, Ro, ca, B
39	: SEPTEME-LES : VALLONS (106)	: 4/7/79 :	: 60	60	: 0 22 A I4	100-500	: 0-10	0-10	: 0-I0 :	: 290	20	: toutes	: 20 :	30	: QI, Qc, Ro, ca, B
40	: MARTIGUES (36)	: 4/7/79 :	: 6	6	: N 22 B 29	: 100-500	: IO-50	50-100	: 10-100	: 50 :	10	: NE	: 20 :	20	: Rc, Ro, ca, Br
41	: AIX (I)	: 8/7/79 :	: 40	: 40 :	: 0.22 H I4	+ 500	: IO-50 :	: 10-50	: IO-IOO :	: 110	15	toutes	: I5	25	: Qc, Ro, Br
42	: PORT-DE-BOUC (77)	: 8/7/79	: IO	10	: N 22 E 28	: 100-500	: IO-50	0-10	: IO-IOO	: 20	10	: S.SW	: IO	30	: QI, Qc, Ro, Br
43	: JOUNGUES (48)	: 9/7/79	: 220	656	: 0 22 P 25	: I00-500	: IO-50	IO <i>-</i> 50	10-100	: 330	20	toutes	: I5	25	: QI, Qc, Ro, ca, B
44	: PEYNIER (72)	: 10/7/79	: 900	1736	: 0 22 D 24	+ 500	: I0-50	0-10	: 100-1000	: 228	20	: toutes	: 20	: 30	: QI, Qc, Ro, ca, B
45	: MARSEILLE (55)	: I5/7/79	6	6	: 0 23 Q 22	100-500	: 0-I0 :	10-50	: 10-100	: 450 :	30	: SE :	IO :	20	: Qc, Ro, Br
46	: CHATEAUNEUF LES : MARTIGUES (26)	: 9/8/79 :	: IO	10	: 0 23 T 05	: I00 <i>-</i> 500	: 0-I0 :	100-500	: 0-10	: 200	: I5	: SE	: 5	10	: QI, Qc, Br, Ro
47	: AIX (I)	: II/8/79 :	: 70	43I	: 0 22 G I9	+ 500	: IO-50	10-50	: 0-IO	340	20	toutes	<b>I</b> 0	30	: QI, Qc, ca, Br, R
48	: ROGNES (82)	: 11/8/79	: 89	419	: 0 22 R I3	100-500	: IO-50	10-50	: 10-100	190	20	toutes	: I5 :	35	: QI, Qc, Br, Ro
49	: PENNES - MIRA BEAU : (7I)	: 18/8/79	7	7	: 0 22 C I2	+ 500	: IO-50	50-100	: 10-100	220	20	: SE	: I5 :	20	: Qc, Ro, Br :
50	: AIX (I)	: 24/8/79	: 5	5	: 0 22 H I2	100-500	: IO-50	10-50	10-100	: I20 :	10-50	: SE-S	: 10 :	20	: Qc, Ro, Br

Graphique 3 .1 .1 . Relation entre les semis après incendie et arbres encore vivants sur 50



Graphique 3.1.2 . Relation entre les semis après incendie et arbres brûlés non coupés sur 50 stations.



Graphique  $\mathfrak{F}_{1.3}$ . Relation entre semis après incendie et d'arbres brûlés coupés sur 50 stations.

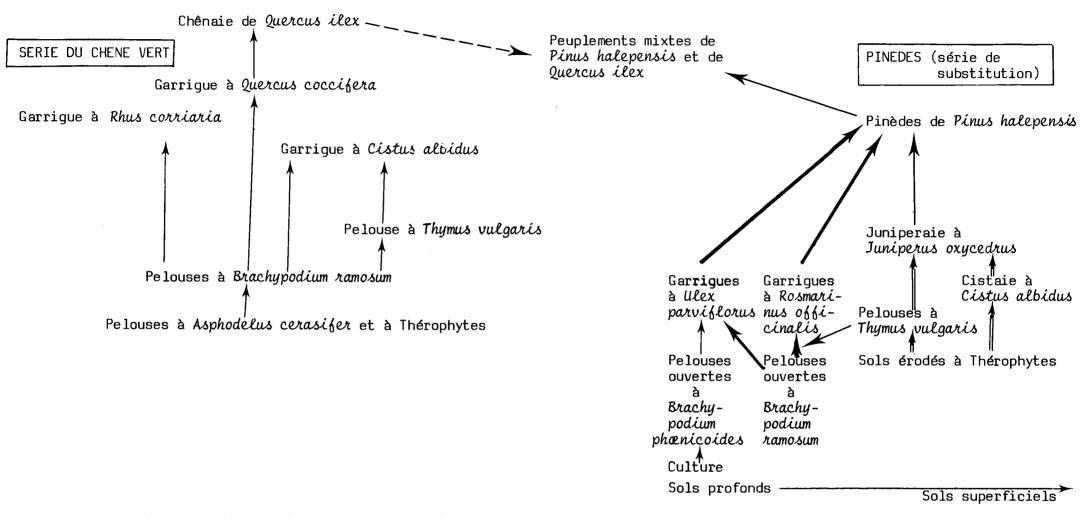


Figure nº4.1 : Installation du Pin d'Alep dans les écosystèmes méditerranéens.

rapide

lente

très lente

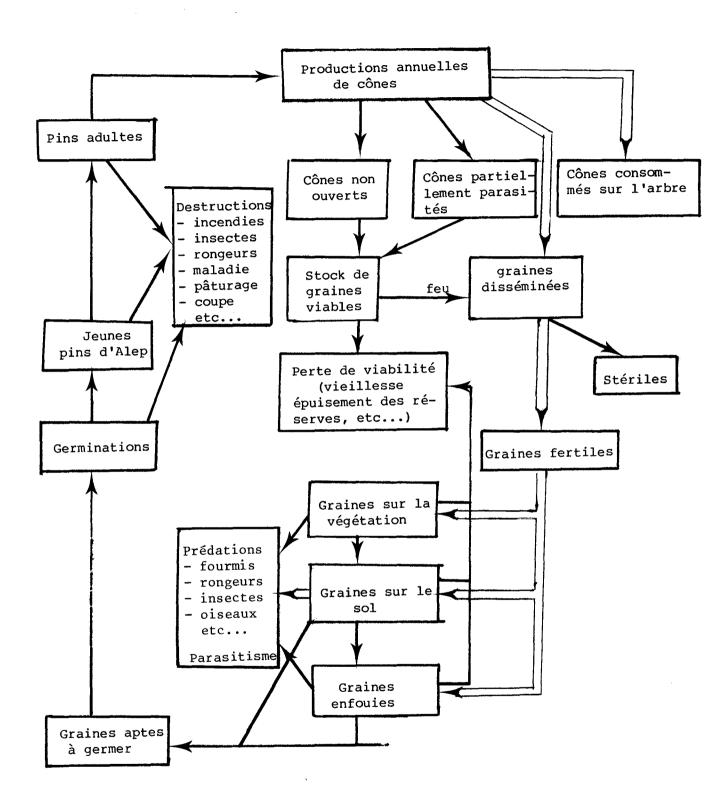


Figure 4.2: Représentation schématique des principales phases du cycle biologique des semis de Pin d'Alep.

Première approche de la dynamique des groupements à châtaignier (Castanea sativa Mill.) en région méditerranéenne :

- proposition d'une méthode d'étude .

M.Th. ARNAUD

RESUME – Après avoir discuté des raisons qui l'ont conduite à rechercher une méthode plus spécialement adaptée à l'étude dynamique des groupements à châtaigniers, l'auteur propose une méthode d'étude synchronique dans laquelle l'histoire de la station et le temps sont pris en compte. L'échelle de temps est basée sur l'âge des espèces ligneuses. Deux successions sont traitées à titre d'exemples.

SUMMARY - The author proposes a method to study the succession of different types of chestnut groves occuring after abandonment, based on description of spatial sequence of vegetation visible at one time in a landscape, but where time is considered. The ordination of stages is grounded on the ages of the different ligneous species. The method permits to understand a part of the story of any station. In the last paragraph, two sequences are described.

MOTS CLEFS - Méthode dynamique, chataignier, successions, végétation.

#### INTRODUCTION

Le châtaignier a été pendant très longtemps planté, cultivé, étendu et avantagé par l'homme en vue, dans la plupart des cas, de la production des fruits.

Plusieurs facteurs sociaux et économiques (Marcellin, 1951) ont été la cause de l'abandon de la châtaigneraie dans les régions où elle était cultivée et, par voie de conséquence, de son dépérissement. Cet abandon a eu des incidences écologiques désastreuses : érosion du sol, évolution des châtaigneraies vers des groupements pyrophiles, etc.

L'évolution de ces formations artificielles (vergers) avec le temps a conduit à une multitude de groupements dans lesquels le châtaignier s'est plus ou moins maintenu et où il n'est plus, dans beaucoup de cas, l'essence dominante.

Ces groupements (plus naturels) sont très variés :

- au niveau de la structure et de la physionomie, où tous les types de formations peuvent se rencontrer (formation ligneuse haute plus ou moins dense -, formation ligneuse haute ligneuse basse herbacée);
- au niveau des conditions écologiques (variables du milieu) dans lesquelles ils sont placés. Le châtaignier a en effet été introduit et cultivé jusqu'à ses limites écologiques maximales;
- au niveau de la composition floristique; ceci est lié à la grande diversité des milieux occupés par la châtaigneraie, cette variété étant due, d'une part, à l'amplitude écologique que l'homme a imposée au châtaignier, d'autre part au fait que les régions de culture du châtaignier sont très souvent (comme c'est le cas en Cévennes) des régions de transition climatique, de moyenne montagne, à relief très accidenté où une multitude de facteurs topographiques créent de nombreuses conditions microclimatiques (cf. bibliographie).

On constate actuellement que si, dans certaines situations, le châtaignier ne se maintient pas, il en est d'autres où, par contre, il se régénère naturellement (Arnaud, 1982) et où il arrive à constituer des peuplements apparemment stables et en équilibre avec le milieu.

Cette possibilité pour le châtaignier de pouvoir former des forêts présente un intérêt à la fois sur le plan écologique (le milieu étant très dégradé) et sur le plan économique. En effet,

<sup>&</sup>lt;sup>★</sup>Laboratoire de Botanique et Ecologie méditerranéenne, Fac. St-Jérôme, Rue Henri-Poincaré 13397 MARSEILLE CEDEX 13, France

en raison de la faible rentabilité de la châtaigneraie fruitière actuellement, une des nouvelles orientations en est l'exploitation pour le bois.

Une étude faite en vue d'un aménagement rationnel de ces régions (meilleure gestion des ressources naturelles) doit tenir compte à la fois des facteurs intrinsèques à l'espèce (sélection des clônes, Solignat, 1964), et des facteurs du milieu (Clements, 1949) c'est-à-dire qu'elle doit préciser quelles sont les conditions les plus favorables au maintien et à la culture du châtaignier.

Seule une bonne connaissance de la dynamique naturelle des groupements à châtaigniers (qui représentent actuellement et le plus souvent des stades de transition) peut permettre de trouver ces conditions et donc, corrélativement, de prévoir l'évolution des parcelles à châtaigniers, c'est-à-dire d'en connaître les potentialités.

L'étude dynamique de la végétation doit mettre en évidence les relations existant entre la végétation (composition floristique et structure), le milieu et le temps. Elle doit amener à une connaissance approfondie des processus d'évolution au niveau :

- de la végétation (changements dans la composition floristique, en particulier dans la strate herbacée);
- des variables : par le suivi des différents états de chacune d'elles en fonction du temps;
- du temps : vitesse d'évolution de chaque type de station.

Dans le cas du châtaignier, étant donné la grande diversité des groupements, tant au niveau de la composition floristique que des situations stationnelles, l'étude de l'évolution des groupements nécessite la prise en compte :

- d'un grand nombre de stations;
- de l'histoire de chaque parcelle dont dépend étroitement la dynamique du peuplement qu'elle supporte.

#### I - ASPECT METHODOLOGIQUE

#### I.1 - Discussion sur le choix de la méthode

Les diverses méthodes existantes ne permettent pas de résoudre l'ensemble de ces problèmes. En effet :

\* L'étude diachronique qui consiste à suivre l'évolution d'une parcelle au cours du temps (Clements, 1949) implique, d'une part, l'attente de nombreuses années avant l'obtention de résultats, d'autre part, l'impossibilité le plus souvent de travailler sur un nombre suffisant de parcelles.

Les méthodes d'étude diachroniques qui rendent possible l'étude d'un grand nombre de points (parcelles ou stations) sont basées sur la comparaison de plans cadastraux (Kunholtz-Lordat, 1949; Barry, 1952) ou de couvertures photographiques aériennes de diverses époques (matrices de succession de Godron et Lepart, 1973) qui sont souvent assez éloignées dans le temps et entre lesquelles on ne connaît pas l'histoire des différentes parcelles. D'autre part, les résultats obtenus ne concernent que les espèces dominantes, l'interprétation des photographies aériennes (ou la codification des parcelles sur le cadastre) ne pouvant aller au-delà de la reconnaissance du type de "formation générale".

On est donc obligé d'avoir recours à une méthode d'étude synchronique de la végétation.

\* L'étude synchronique, reconstitution de l'évolution d'un type de groupement, est possible à partir de l'étude simultanée de plusieurs stations qui en représentent théoriquement les différents stades dynamiques. Néanmoins, comme le font remarquer Godron et al. (1981) :
"La signification des espèces dans une succession dépend de l'ordre des stades les uns par rapport aux autres. Si cet ordre peut correspondre à la chronologie réelle de la succession, il est souvent diffi-

Dans le cas qui nous intéresse, cette difficulté est accrue du fait :

cile de dire si un stade doit être placé avant ou après un autre."

- d'abord, que le châtaignier ayant été très longtemps cultivé, les arbres les plus vieux ne sont pas toujours les arbres d'origine, donc l'âge de chaque peuplement ne peut pas, dans la plupart des cas, être connu. Cette connaissance n'apporterait d'ailleurs pas une grande information étant donné l'artificialisation qu'ont subie ces groupements; il est important surtout de savoir quel est le temps écoulé depuis leur abandon;
- ensuite, parce que le châtaignier se trouve actuellement dans des groupements où le recouvrement de

la strate arborescente n'a pas beaucoup évolué (souvent supérieur à 65 %), les changements au niveau de la flore ne sont donc pas assez importants pour permettre d'ordonner des stades à partir de l'évolution de la diversité des espèces en fonction du temps.

Il semble donc nécessaire :

- de pouvoir ordonner les stades dans l'ordre chronologique réel;
- de maîtriser une échelle de temps assez précise, afin de connaître le nombre d'années approximatif séparant deux stades successifs et d'en déduire la vitesse d'évolution des groupements; ceci nous a conduit à rechercher une méthode d'étude synchronique de la végétation permettant de compléter, par une analyse à une échelle de temps plus grande, les résultats obtenus par les méthodes d'étude diachronique (comme par exemple l'emploi de matrice de succession : probabilité de passage, à l'échelle régionale, d'un état de la végétation à un autre dans un laps de temps donné), et dans laquelle l'histoire de la parcelle ainsi que la variable "temps" soient prises en compte.

#### I.2 - Méthode proposée

Chaque station peut être caractérisée par sa végétation (son état à l'instant du relevé), son histoire et un certain nombre de variables du milieu. Ces variables peuvent être réparties en deux groupes :

- les variables stables avec le temps, qui sont des variables stationnelles (altitude, pente, exposition, topographie, etc.);
- les variables qui varient avec le temps (lumière, humidité, recouvrements des différentes strates, variables pédologiques, etc.).

Les différentes combinaisons des variables stationnelles permettent de classer les stations en différents "types" dont le microclimat, le mésoclimat et le substrat diffèrent. A l'intérieur de ces types, le milieu (et ses potentialités) est considéré comme équivalent.

Les groupements végétaux des stations appartenant à un même type représentent théoriquement des stades qui doivent évoluer vers un même état d'équilibre (stade climacique); c'est la démarche employée dans la méthode synchronique.

Dans le cas des groupements à châtaigniers qui sont très artificialisés, certaines des variables liées à l'aciton de l'homme doivent encore subdiviser les types stationnels, comme par exemple : le mode de culture, la plantation des arbres d'origine (géométrie de plantation et distance entre les arbres) etc. (1), ces variables pouvant modifier (par ouverture du milieu de départ, dans ce cas particulier) la vitesse d'évolution du stade initial (généralement un verger) jusqu'au stade climacique.

Lorsqu'un verger de châtaignier est abandonné, d'autres espèces, profitant de la lumière, apparaissent : des espèces herbacées qui jusqu'alors étaient éliminées par l'homme (comme par exemple Pteridium aquilinum), puis des espèces arbustives et des espèces arborescentes. Ces espèces viennent s'intercaler entre les châtaigniers originels, comblant les vides très éclairés, puis peu à peu entrent dans une concurrence plus serrée avec les châtaigniers. L'apparition de ces différentes espèces au cours du temps, leur remplacement (disparition), c'est-à-dire leur succession depuis l'abandon de la parcelle par l'homme, peut être daté avec une relative précision en comptant le nombre de cernes des individus les plus vieux de chaque espèce ligneuse (2).

<sup>(1)</sup> Les châtaigneraies pâturées doivent également être traitées séparément.

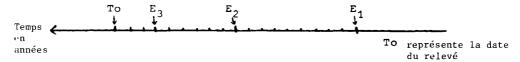
<sup>(2)</sup> Plusieurs auteurs ont étudié l'évolution de certaines variables (diversité des espèces, variables pédologiques, productivité) en fonction du temps dans les successions (voir Drury et Nisbet, 1973). Knapp (1974) et Horn (1975) utilisent l'âge des arbres et la structure des peuplements pour retracer l'histoire d'une parcelle (dominance des différentes espèces arborescentes au cours du temps, Horn 1975). Ces méthodes conduisent à des modèles de probabilités de remplacement d'une espèce arborescente par une autre au cours du temps (Waggoner et Stephens, 1970; Horn, 1975); les intervalles de temps restant assez importants, puisque seuls les arbres sont pris en compte, aucun résultat concernant la strate herbacée ne peut être déduit.

On obtient ainsi, pour chaque station, un certain nombre d'évènements (dates d'apparition et de disparition des espèces) témoignant des successions ayant eu lieu au cours du temps.

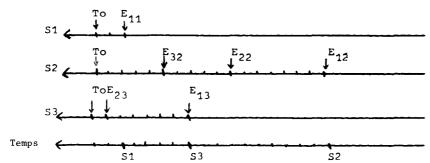
Pour les stations appartenant à la même succession, c'est-à-dire les stations écologiquement comparables, il suffit ensuite de confronter les renseignements obtenus dans chaque station pour reconstituer complètement (si le nombre de stations est suffisant) la succession.

Pour cela, on relève dans chaque station l'âge (à l'aide de la tarrière de Pressler) de l'individu le plus vieux (3) (apparition de l'espèce) ainsi que celui du plus jeune (disparition de l'espèce); et ceci, pour chaque espèce ligneuse autre que les châtaigniers d'origine, à condition que cette espèce soit suffisamment représentée, c'est-à-dire qu'il existe plusieurs individus de la même génération.

Pour chacun des stades de n successions Sn, on a alors un ensemble de i espèces, Ein, auxquelles sont associées la date d'apparition dans la parcelle (âge de l'individu le plus vieux) et une période d'existence (différence entre l'âge de l'individu le plus vieux et le plus jeune). Ceci permet de suivre pour chaque station les successions des différentes espèces ligneuses (arbustives et arborescentes) par ordination de leur âge sur une échelle de temps :

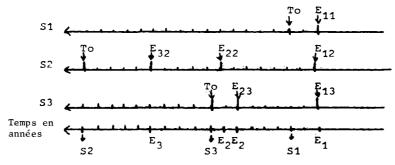


La superposition des renseignements obtenus pour chaque stade permet de les situer chronologiquement dans le temps :



L'ordre des stades est fourni en reportant, sur une droite représentant le temps, l'âge de l'espèce ligneuse la plus vieille au niveau de chaque stade. Le nombre de graduations entre chaque stade correspond au nombre d'années qui les séparent. Il est alors possible de suivre l'évolution d'un même type de station au cours du temps : évolution des variables liées au temps (4), modification du cortège floristique (apparition et disparition des espèces en fonction du temps et des variables).

Par recoupements, il est facile de suivre l'apparition de chaque espèce au cours du temps. Pour reprendre l'exemple précédent, on aurait :



<sup>(3)</sup> Du point de vue pratique, plusieurs individus sont sondés avant de trouver le plus vieux.

<sup>(4)</sup> Les mesures, en particulier l'éclairement et l'humidité relative, doivent toujours être effectuées à la même saison et par le même type de temps. Il est donc nécessaire de noter chaque fois l'heure et la date des relevés afin de pouvoir juger par la suite si les données ou les valeurs obtenues sont comparables.

Ceci revient à classer les espèces en fonction de leur âge relatif sur une même échelle de temps. Dans le cas particulier de cet exemple, après l'abandon par l'homme apparaît l'espèce  $\rm E_1$ ; on a ensuite un stade avec  $\rm E_1$  et  $\rm E_2$  à partir de 6 ou 7 ans après l'apparition de  $\rm E_1$ ; puis, 5 ou 6 ans après, apparaît  $\rm E_3$ .

Il est possible de retracer ainsi toute la succession et de retrouver donc théoriquement des stades qui ne sont pas présents dans la collection de relevés.

L'ordre chronologique des stades se retrouve lorsqu'on reporte la date du relevé sur la droite représentant le temps; on peut ainsi situer, par extrapolation sur les courbes représentant l'évolution des variables en fonction du temps, à quel moment et dans quelles conditions apparaissent les espèces. Afin de mieux comprendre cette méthode, deux exemples de successions sont traités dans le paragraphe suivant.

Pour chaque type de station, défini en fonction des variables stationnelles (altitude, pente, exposition, etc.), la vitesse d'évolution est donnée par le nombre d'années  $\Delta t$  qui séparent un stade d'un autre. Ceci permet de suivre la variation de la vitesse d'évolution d'un stade à un autre, en fonction des variables du milieu ou des variables liées à l'homme (mode de culture, par exemple) dans les successions aboutissant au même stade climacique et situées dans des conditions du milieu différentes mais équivalentes. C'est-à-dire que la vitesse d'évolution v d'un stade Sa à un stade Sb (a et b variant de 1 à n), caractérisés respectivement par l'apparition des espèces Ea et Eb d'une succession Si, est donnée par la différence  $\Delta t_{Ea}$  -  $\Delta t_{Eb}$  si  $\Delta t_{Ei}$  représente la différence entre la date d'apparition de l'espèce dans la station et la date du relevé. Pour n successions, il est alors possible de suivre la variation de la vitesse dv en fonction des différentes variables stationnelles dans lesquelles les successions sont placées.

#### 11- DEUX EXEMPLES DE SUCCESSIONS

Afin de mieux comprendre la méthode utilisée, deux successions (constituées par des stations situées près de Saint-Jean-du-Gard dans les Cévennes) ont été étudiées.

#### II.1 - Succession 1

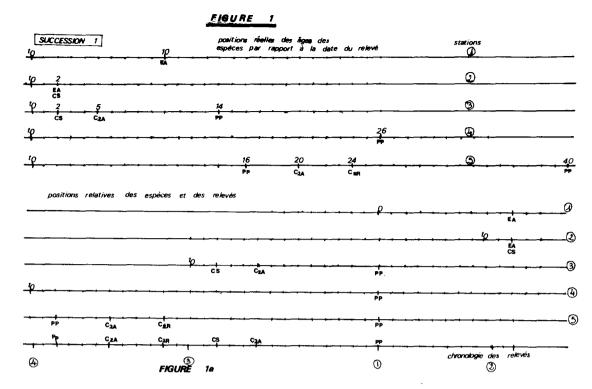
Elle est formée par un ensemble de cinq stations proches géographiquement, situées à 300 mètres d'altitude, à mi-pente, en exposition Nord, Nord-Ouest ou Nord-Nord-Ouest, sur schistes siliceux et dans la même zone mésoclimatique. Le climat lumineux, dépendant de la pente et de l'exposition (Bec-Ker, 1979), est identique.

Ces stations sont toutes d'anciens vergers sur terrasses dont les arbres d'origine ont été plantés au hasard, à une distance moyenne de 3,5 mètres les uns des autres.

Pour chaque station, on a effectué un relevé de végétation (méthode signatiste), un profil de sol avec prélèvement de deux échantillons sur lesquels certaines analyses ont été faites (5); d'autre part, certaines variables ont été notées : le recouvrement de la litière, l'éclairement du sousbois, etc. (voir tableau 1), ainsi que l'âge du plus jeune et du plus vieil individu de chaque espèce ligneuse. L'âge et le nom de ces espèces sont reportés sur la figure 1. Les relevés ont été faits dans la même journée. Les mesures de l'humidité relative et de l'éclairement ont été effectuées pour l'ensemble des cinq stations dans un intervalle de temps de 40 minutes.

La différence entre l'apparition de la première espèce et la date du relevé situe les relevés les uns par rapport aux autres; on voit ainsi que l'ordre chronologique des relevés est le suivant : 2-1-4-3-5.

<sup>(5)</sup> Celles concernant les variables qui, a priori, étaient susceptibles de varier à l'échelle de temps envisagée.



Le recoupement des séquences dans les différentes stations permet d'établir une échelle de temps et de placer les relevés sur cette échelle; il est alors possible de suivre les modifications du cortège floristique et l'évolution des variables en fonction du temps (voir tableau 1a et Figure 2a).

La succession 1 se présente ainsi : une fois le verger abandonné apparaissent des arbustes : Cytisus scoparius et Erica arborea. Ce stade est représenté par le relevé n°2; on peut constater que le cortège floristique comprend encore de nombreuses espèces que l'on rencontre généralement dans la châtaigneraie (Luzula forsteri, Viola riviniana, Festuca heterophylla, Teucrium scorodonia). Environ huit ans après, soit dix ans après l'abandon, apparaissent des germinations de Pinus pinaster. Parallèlement, les espèces du cortège floristique sont remplacées par d'autres moins mésophiles comme Festuca capillata, Genista pilosa, Calluna vulgaris. On observe ensuite un stade à Pinus pinaster, puis apparaissent de jeunes châtaigniers (entre 26 et 33 ans après l'abandon) sous les pins. Ce stade se maintient environ 4 ans; on assiste alors à la disparition des germinations de pin, ce stade se caractérise par la présence de nombreux jeunes châtaigniers. L'humidité augmente, le milieu se ferme (diminution de la luminosité) et les espèces plus mésophiles apparaissent : Prunus avium, Solidago virgaurea, ou réapparaissent: Teucrium scorodonia, Pteridium aquilinum.

# II.2 - Succession 2

Elle est formée par 5 relevés situés dans une même zone climatique (différente de la succession 1), à mi-pente, entre 400 et 450 mètres d'altitude, en exposition Nord-Est. Ces stations représentent également d'anciens vergers sur terrasses dont l'un est encore plus ou moins entretenu. Les arbres d'origine ont été plantés approximativement aux angles de carrés d'environ 5 mètres de côté. La collecte des données s'est effectuée comme pour la succession 1. Les résultats sont représentés sur le tableau 2, les figures 1b et 2b.

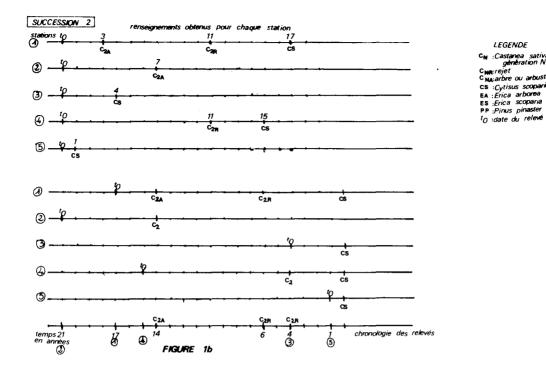
La succession peut être résumée de la façon suivante : environ 4 ans après l'abandon, on observe un stade à *Cytisus scoparius* (disparition d'espèces des prairies); ce groupement évolue ensuite vers un stade où le recouvrement du genêt devient presque continu, avec apparition de rejets puis de jeunes châtaigniers. La dominance de cette deuxième génération de châtaigniers augmente jusqu'à recouvrir le sarrothamne qui disparaît, dans ce cas, entre 15 et 17 ans après l'abandon.

TABLEAUX 1 et 2 Relevés de végétation (évolution de la composition floristique dans le temps) et mesures réalisées.

# TABLEAU 1

	_				
Relevés	2	, 1	4	3	5
Castanea sativa (arbres) Castanea sativa (rejets adultes) Castanea sativa (rejets jeunes) Castanea sativa (germinations) Deschampsia flexuosa Festuca heterophylla Hieracium murorum Asplenium trichomanes Viola riviniana Luzula forsteri Arenaria montana Teucrium scorodonia Poa nemoralis Cytisus scoparius (arbustes) Cytisus scoparius (germinations) Jasione montana Centaurea pectinata Asplenium onpteris Calluna vulgaris Erica arborea Erica scoparia Pinus pinaster (germinations) Erica cinerea Pteridium aquilinum Linaria repens Genista pilosa Rubus sp Festuca gr. capillata Rubia peregrina Epilobium collinum Hieraciun gr. sabaudum Pinus pinaster (arbres) Pinus pinaster (arbres) Pinus pinaster (arbustes) Solidago virgaurea Hedera helix Juniperus communis Clinopodium vulgare Lonicera periclymenun Frunus avium (germinations) Brachypodium sylvaticum	2.2 2.2 1.2 2.2 1.1 1.1 1.1 1.1 1.1 1.1	1 13 2 2 2 +	+ 4.4 2.2 1.2 2.2 2.2 2.2 2.2 2.2 1.1 2.2 1.1 2.2 1.2 2.2 1.2 2.2 1.2 2.2 1.2 1	1.1 1.12211.2 1.1 1.1 1.2 2.2 1.1 1.2 2.3 1.1 4.3.2 1.1 4.3.2 1.1	1.1 4.4 2.1 2.2 2.3 3.3 2.2 1.1 1.1 1.1 1.2 1.1 1.2 1.1 1.2 1.1 1.2 1.2
TEMPS en années	2	10	26	33	40
Lumière en Lux	3400	4400	5000	7100	650
Répartition des taches de soleil (1)	R	I	Ι	I	R
Humidité apparente (2)	14	ΛS	М	ΑS	F
Recouvrement de la litière en %	25	30	30	99	25
Recouvrement arborescent en 3	85	63	90	80	90
Surface du sol ombragée en S	90	80	95	99	99
Hauteur moyenne des arbustes en mètres	0,5	1,6	3	4	4
Hauteur moyenne des arbres en mètres	5	5	6	8	10
Teneur en azote (total), horizon 1 (4)	റ,5	0,02	0,12	୍, 12	0,08
Teneur en amote (total), horizon $2^{-(4)}$	0,12	0,22	0,02	0,04	o,14
Matière organique du sol, horizon 1 (5)	9	11	12,5	7,5	13
Matière organique du sol, horizon 2 (5)	9,5	7	7,5	8	9,5

rágulière: R; irrégulière:I
 moyenne: M; assem sèche: AS; fraîche:F
 pourcentage d'eau contenu dans la terre fine
 milligrammes d'azote contenus dans un gramme de terre fine
 pourcentage de matière organique obtenu par calcination



Dans ces deux types de station, l'évolution conduit par des chemins différents à la reconstitution de la châtaigneraie. On constate cependant que l'évolution vers l'état d'équilibre est
plus rapide dans la succession 2 que dans la succession 1. En effet, le temps écoulé entre l'abandon
du verger et le stade où les arbustes de châtaigniers ont un recouvrement assez important (coefficient
d'abondance-dominance > 2) est de 40 ans dans le premier cas alors qu'il est compris entre 15 et 17 ans
pour la succession 2. La différence entre les conditions stationnelles (mésoclimat, sol, altitude) de
ces deux types de stations doit permettre d'expliquer les différences de leur vitesse d'évolution.

# DISCUSSION ET CONCLUSION

La méthode proposée permet, dans le cas des groupements à châtaigniers, d'affiner les résultats obtenus par une méthode synchronique identique à celle utilisée habituellement. Cependant, il est nécessaire de faire certaines remarques :

Dans la plupart des cas, le recoupement des séquences de chaque stade n'est pas toujours simple. En effet, l'utilisation d'une séquence synchronique amène à comparer des stations dont l'environnement immédiat est différent. Le contexte extrastationnel de ces stations, s'il ne peut influencer leur sens d'évolution, peut par contre intervenir sur les stades intermédiaires; par exemple :

- Une espèce peut être absente ou remplacée par une autre qui joue le même rôle dans la succession.

  C'est le cas, par exemple, des châtaigneraies évoluant vers la chênaie verte : l'un des stades est représenté par des formations mixtes : ligneuse haute ligneuse basse, dont l'espèce arbustive dominante est parfois Erica arborea, parfois Erica scoparia ou Arbutus unedo selon le contexte.

Pour cela, il est nécessaire :

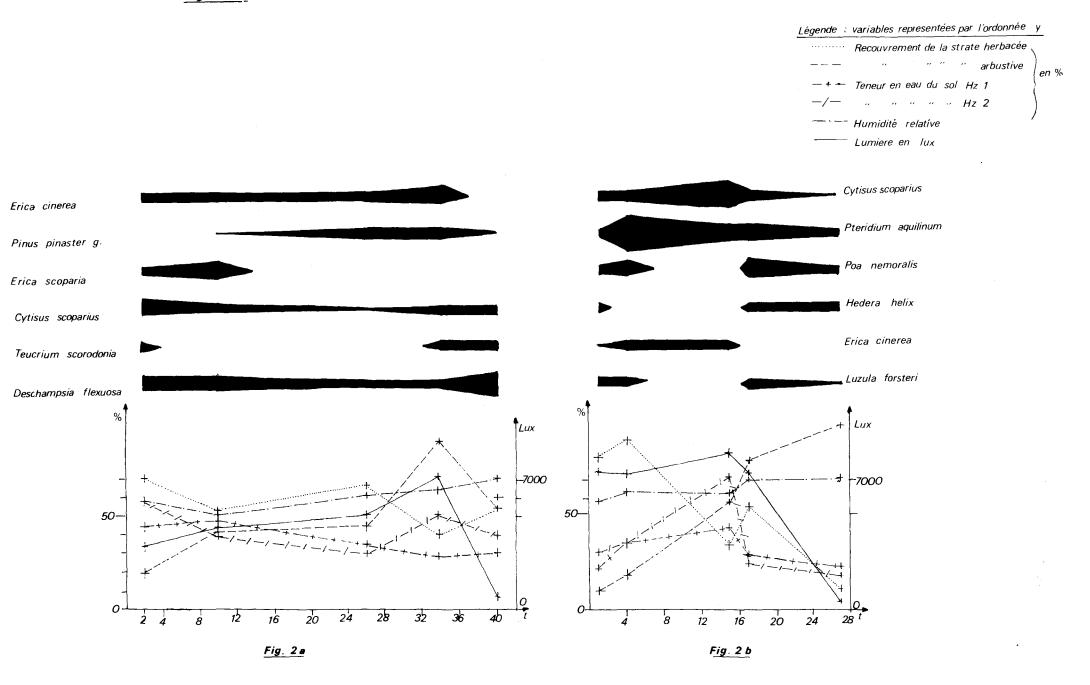
- de posséder un grand nombre de relevés par type de station;
- de travailler sur un petit nombre d'années de façon à ce que les "accidents" (incendies, coupes) pouvant avoir modifié l'évolution naturelle de la parcelle soient visibles.

# TABLEAU 2

Relevés	5	3	4	1	. 2
Castanea sativa (arbres)	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4
Castanea sativa (rejets adultes) Castanea sativa (arbustes)	•		1.2	4.4	5.5
Castanea sativa (rejets jeunes)	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
Castanea sativa (germinations)	1.2	2.1	2.2	3.3 2.2	2.2
Deschampsia flexuosa	3.3 2.3	2.2	2.2	1.2	1.2
Quercus petraea (germinations)	+			.	
Phyteuma spicatum	÷ +		l •	† +	:
Hieracium gr. sabaudum	+	1:	:	+	.
Carlina vulgaris	+	1.	•	1.	
Luzula forsteri	1.2	1.2	;	1.2	+
Trifolium pratense	1.2				
Euphrasia sp	2.2	1.2	1.2	1.2	· .
Hieracium murorum	+	1.2	1.2	1	
Calluna vulgaris	+	+	1.2		
Jasione montana	1.1	;	+	1.2	;
Campanula glomerata	+	.		1.1	
Fragaria vesca	+ 1.1		•	1.2	1.1
Anthoxanthum odoratum	1.2	1:	1:	1:	1 .
Viola riviniana	1.2	1.2		1.2	1.2
Arenaria montana	1.2 1.2	1.2	1.2	1.1	1 :
Asplenium trichomanes	± • € +	:	:	1.4	;
Solidago virgaurea	+ 7	1	•	+	1.
Proa nemoralisPrunus avium (qerminations)	1.2	2.2	1:	2.2	1.2
Veronica officinalis	+	+		1.2	1 .
Brachypodium sylvaticum	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
Teucrium scorodonia	+	1:6	1	1.2	
Lotus angustissimus	+			+	1.
Rosa gr. canina	+ 1.1	4.4	<b>2.</b> 3	2.3	1.1
Cytisus scoparius (arbustes)	1.1	1.1	3.3	1.1	( Dranto
Cytisus scoparius (germinations)	1.1	1.1	1.1	1.1	+
Holcus mollis	•	1.2		;	+
Veronica chamaedrys	•	+	•		
Agrostis capillaris	•	+ +	+	+	
Silene italica	•			1.2	•
Ilex aquifolium	•	1	1:	1.1	+
Geum urbanum	•	1:	:		+
Fraxinus excelsior (germinations)	•	<u> </u>	·	<u> </u>	
TEMPS en années	1	4	<b>1</b> 5	17	21
Lumière en lux	7200	7200	8200	7200	400
Répartition des taches de soleil (1)	R	I	I	I	R
Humidité app <b>arent</b> e (2)	М	М	۸S	M	11
Recouvrement de la litière en %	25	80	70	85	85
Recouvrement arborescent en S	70	70	<b>7</b> 0	<b>7</b> 0	70
Surface du sol ombragée en S	<b>7</b> 5	86	<b>8</b> 0	85	93
Hauteur moyenne des arbustes en mètres	1,5	7	2	1	4
Hauteur moyenne des arbres en mètres	14	13	8	15	15
Teneur en azote (total), horizon 1 (4)	0,06	0,12	0,10	0,04	0,04
Teneur en azote (total), horizon 2 (4)	0,12	0,40	0,24	0,08	0,80
Matière organique du sol, horizon 1 (5)	6	11	10	6	6
Matière organique du sol, horison 2 (5)	6	10	3	5,5	4,5

TABLEAUX I et 2: les valeurs obtenues pour les autres variables ont étés reportées sur les graphiques de la figure 2

Figure 2 : Evolution de plusieurs variables et de certaines espèces en fonction du temps





Station 2: stade à Erica et Cytisus scoperius



Station I



Station 4

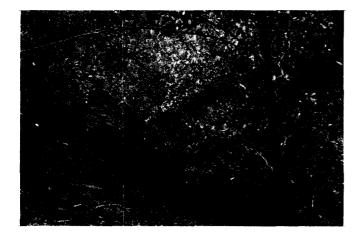


Station 3: apparition de jeunes châtaigniers



Station 5: Pinède envehie par le châtaignier

PLANCHE 1: STATIONS COMPOSANT LA SUCCESSION 1



Station 5: verger de châtaigniers



Station 3: stade à P. aquilinum



Station 4: stade à C. scoparius



Station I: apparition de jeunes châtaigniers



Station 2: sous-bois constitué par les jeunes châtaigniers

PLANCHE 2: STATIONS REPRÉSENTANT LA SUCCESSION 2

La connaissance de la dynamique des groupements, c'est-à-dire des changements dans la composition floristique et de l'évolution des variables au cours du temps, de la vitesse d'évolution pour chaque type de station, permettra d'envisager l'évolution de chaque parcelle ou tout au moins ses potentialités (à quel type de peuplement peut-on arriver? Combien de temps faudra-t-il pour l'attein-dre?) et donc, dans le cas d'une utilisation du milieu par l'homme, de prévoir un aménagement adapté. La connaissance de l'amplitude "temporelle" des espèces dans un type de succession devrait conduire à sélectionner des espèces indicatrices qui seraient une aide précieuse pour tout aménagement.

La méthode proposée présente plusieurs avantages. Il est ainsi possible :

- de placer les stades dans l'ordre chronologique réel;
- d'obtenir une échelle de temps pratiquement continue (les sauts dans le temps peuvent être d'une année) qui, si elle ne doit pas être considérée comme trop rigide, permet :
  - . d'une part, de comprendre ce qui se passe (au niveau des variables et des espèces herbacées) dans un court laps de temps, ce qui offre la possibilité de compléter éventuellement l'information obtenue par des modèles effectués à une autre échelle (de temps, de surface et de structure de végétation) comme, par exemple, la comparaison de cartes phytosociologiques, les matrices de succession;
    - d'autre part, de connaître la vitesse d'évolution d'un stade à un autre dans presque toutes les stations. On peut ensuite, par comparaison de diverses successions appartenant à la même séquence ou série, voir quelle est l'influence de certains facteurs biotiques (pâturage, géométrie de plantation des arbres, incendies, etc.) ou abiotiques (variables du milieu) sur la vitesse d'évolution:
- enfin, de suivre l'évolution des variables en fonction du temps. En effet, la connaissance actuelle du cortège floristique des groupements à châtaigniers n'est pas assez avancée (les études faites sont trop locales) pour permettre de trouver des espèces indicatrices des stades en équilibre avec le milieu. Si la châtaigneraie est un climax, elle occupe une place écologique (niche) caractérisée par des conditions de milieu qui lui sont particulières. Le sens de l'évolution des variables par rapport à l'état d'équilibre peut aider à prévoir le sens de l'évolution dynamique des groupements.

De plus, le prélèvement des carottes dans les arbres demande peu de temps et peut donc être effectué pour chaque relevé. Le nombre de stations étudiées (échantillons) peut ainsi être très grand.

Néanmoins, il ne faut pas oublier qu'il s'agit d'un modèle théorique qui, s'il apporte une information, doit toujours être considéré comme tel et qu'il sera nécessaire de tester. La comparaison des résultats avec ceux obtenus par d'autres méthodes devrait alors permettre de l'améliorer.

#### **BIBLIOGRAPHIE**

- ALLORGE P. (1921-1922). Les associations végétales du Vexin français. Thèse Fac. Sc. Paris, 324 p.
- ARNAUD M.T. (1982). Etude phyto-écologique des Cévennes siliceuses en Basse-Lozère : la dynamique de la végétation dans une région de transition climatique et de fort impact humain.

  Thèse 3ème cycle, Fac. Sc. Marseille, 73 p. + annexes.
- BARRY J.P. (1952). Contribution à la géographie agraire du Languedoc méditerranéen. La cartographie agraire de la commune de Boissières.

  Document ronée., 66 p. + annexes.
- BECKER M. (1979). Indices de climat lumineux combinant pente et exposition.

  Bull. Ecol., 10 (2), 125-137.
- CLEMENTS F.E. (1949). Dynamics of vegetation.
  H.W. Wilson Company, New-York, 296 p.
- DEBBUSCHE M. (1978). Etude de la dynamique de la végétation sur le versant Nord-Ouest du Mont Aigoual.

  Thèse Doct. Ing. Montpellier, 2 tomes.
- DRURY W.H., NISBET I.C. Succession.

  Jour. Arnold Arboretum, 54 (3), 331-368.

- GODRON M., GUILLERM J.L., POISSONET J., POISSONET P., THIAULT M., TRABAUD L. (1981). Dynamics and management of vegetation.
  in Mediterranean-type Shrublands, F. di Castri, D.W. Goodall and R.L. Specht ed., Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, 317-343.
- GODRON M., LEPART J. (1973). Sur la présentation de la dynamique de la végétation au moyen des matrices de succession.

  16ème Symposium Assoc. Internat. Phytosoc., Rinteln/Weser, Cramer, Vaduz, 269-287.
- GUILLERM J.L. (1976). Dynamique de quelques phytocénoses des cultures dans le Languedoc. in Comm. 5ème Coll. Int. Ecologie et Biologie des mauvaises herbes (C.O.L.U.M.A.), Dijon, France, 165-172.
- HORN H.S. (1975). Forest succession.

  Scient. Amer. 232 (5), 165-172.
- HORN H.S. (1975). Markovian processes of forest succession. in : Ecology and evolution of communities. Cody and Diamond ed., Belknapp press, Cambridge, Mass., 196-211.
- KNAPP E.P. (1974). Vegetation dynamics. Part VIII.
  Dr. W. Junk Publishers, The Hague, 364 p.
- KUNHOLTZ-LORDAT G. (1949). La cartographie parcellaire de la végétation, ses principes et ses applications agronomiques. I.N.R.A. Montpellier (Atlas déposé au Muséum d'Histoire Nat. Paris, et au C.E.P.E. Montpellier).
- LEAK W.B. Successional change in northern hardwoods predicted by birth and death simulation. Ecology, 51, 784-801.
- LEVIN S.A. Population dynamic models in heterogeneous environments.

  Ann. Rev. Ecol. Syst., 7, 287-310.
- LONG G., POISSONET J., THIAULT H., TRABAUD L. (1976). Etude expérimentale et diachronique d'une phytocénose de Quercus coccidera.

  Conférence M.A.B. Méditerranée, 22 sept.-4 oct., Montpellier, 16 p. + annexes.
- MARCELLIN P. (1951). Essai sur le dépérissement de la châtaigneraie. in : Semaine internationale du châtaignier, Commission du Châtaignier, E.N.G.R.E.F., Nancy, 78-94.
- POISSONET P., ROMANE F., AUSTIN M.A., VAN DER MAAREL E., SCHMIDT W. (1981). Vegetation dynamics in grass-lands, heathlands and mediterranean ligneous formations.

  Dr. W. Junk Publishers, The Hague, Boston, London, 286 p.
- SHUGART H.S., HETT J.M. Succession: similarities of species turn over rates. Science, 180, 1379-1381.
- SOLIGNAT G. (1964). Apritude fruitière et apritude forestière des clônes de châtaignier.

  Ann. de l'amélioration des plantes, 14 (1), 67-85.
- REY P. (1954). Le dynamisme de la végétation et l'intérêt économique de la notion de climax. 8ème Congrès Int. Bot. Paris, 7e Son., 93-99.
- VELAY L. (1956). Comment concevoir la reconversion de la châtaigneraie fruitière ? Rev. Forest. Franc., 12, 826-833.
- WAGGONER P., STEPHENS G. (1970). Transition probabilities for a forest.

  Nature, 225, London, 1160-1161.

# Sand dune vegetation in the Po Delta (N-Italy)

R.GERDOL\*

SUMMARY - The sand dune vegetation in the Po Delta region has been studied with the Braun-Blanquet method. Vegetation relevés have been classified and ordered by numerical methods. The five vegetation types resulting from the data treatment, ordered according to a gradient of increasing degree of sand consolidation, are: Cakiletum maritimae, Trachomitum venetum community, Ammophiletum arundinaceae, Vulpia membranacea-Ammophila littoralis community, Bromo tectorum-Phleetum arenarii. The correlation of the vegetation types with life forms and with phytogeographical elements has been studied by applying the analysis of concentration to the corresponding matrices of weighted spectra. The main dynamical trend in the psammophytic vegetation does not consist of a linear dynamical sere since the pioneer communities may evolve either to the Ovno-Quercetum ilicis or to a long-lasting stage (Bromo tectorum-Phleetum arenarii). The increasing human impact brought about during the last decades is clearly reflected in the vegetation: it results in the retreat of plant communities and in the invasion of adventive species.

RESUME - La végétation des milieux dunaires dans la région du Delta du Po a été étudiée selon les techniques de l'école phytosociologique sigmatiste. Les relevés ont été classifiés et ordonnés par des méthodes d'analyse numérique. Les 5 types de végétation définis à l'aide de la classification numérique, ordonnés selon un gradient de fixation croissante du sable, sont: Cakiletum maritimae, association à Trachomitum venetum, Ammophiletum arundinaceae, association à Vulpia membranacea et Ammophila littoralis, Bromo tectorum-Phleetum arenarii. La corrélation des groupements végétaux avec les formes biologiques et resp. avec les éléments chorologiques a été étudiée par l'analyse de concentration des spectres ponderés correspondants. La tendance dynamique principale ne consiste pas en une série évolutive linéaire, car les communautés pionnières peuvent évoluer soit vers une chênaie à chêne vert (Orno-Quercetum ilicis) soit vers un groupement permanent (Bromo tectorum-Phleetum arenarii). L'urbanisation du littoral qui menace sérieusement l'existence même des milieux dunaires se répercute sur la végétation en déterminant un appauvrissement de la diversité écologique et l'invasion d'espèces adventices.

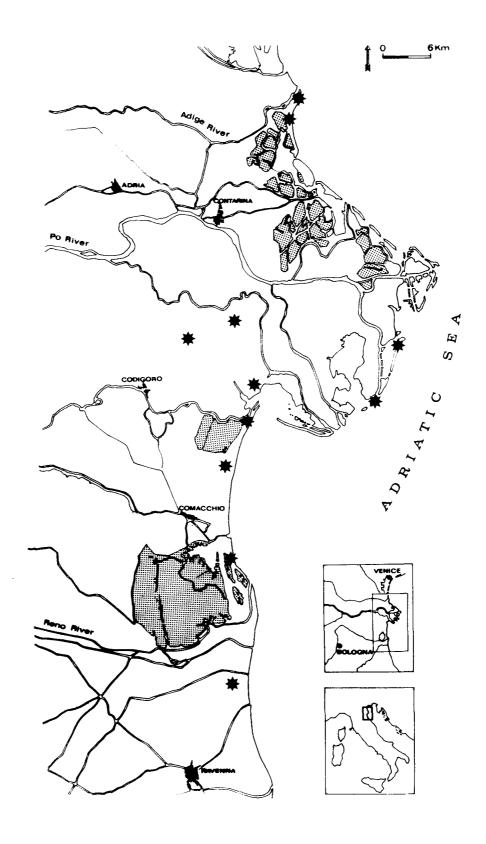
KEYWORDS: Chorology, Dunes, Dynamics, Life forms, Numerical analysis, Phytosociology, Po Delta.

# INTRODUCTION

Both scientific interest and natural beauty underscore the importance of sand dunes in the coastal environment. Unfortunately, the dunes are threatened by the growing human impact which has greatly modified, and in many cases completely destroyed, the coastal environments in the whole Mediterranean basin and especially in the Italian peninsula (ARRIGONI, 1981), so that only a very limited part of the coast can be regarded as natural.

Considering that human activity not only persists but even tends to increase, seriously menacing the complete disappearance of the dune vegetation in the whole Po Delta region, we decided to concentrate our efforts on the study of such vegetation. Field relevés were taken during the spring and summer of 1983, but they had been preceded by several floristic observations brought about over the last decade.

★Istituto ed Orto Botanico, Università degli Studi, Via S. Epifanio 14, I-27100 PAVIA, Italy ★★Istituto di Botanica, Università degli Studi, Corso Porta Mare 2, I-44100 FERRARA, Italy



 $\underline{\text{Fig. 1}}$  - Map of the study area. Asterisks indicate the relevé sites.

Research has been conceived with two purposes in mind: i) the evaluation of the human impact through the analysis of modifications induced in the vegetation; ii) the comparison of zonation and vegetation dynamics in the study area with those described in different regions of the Mediterranean basin.

This survey on sand dune vegetation is, however, only a part of extensive research regarding the coastal vegetation in the Po Delta, which is being conducted by researchers of the Universities of Ferrara, Pavia and Bologna. Part of the results is already being published (PICCOLI & GERDOL, 1980; FERRARI et al., 1983).

#### STUDY AREA

The area considered in this study is the Po Delta, administratively belonging to the regions Veneto and Emilia-Romagna. Geologically, this area is very recent since all its parts originated during the postglacial period. Not only the territories actually subject to sedimentation of the Po river have been considered in this study, but also those formed by the activity of ancient delta branches, which disappeared during the morphological evolution of the delta (Fig. 1).

The present dunes are only a remnant of a vast complex which lined the coast till the last decades. The main causes which determine the retreat of dunes are: i) coast erosion, due both to subsidence and to the diminished load transport of the river (the latter caused by excavation of sand from the bed of the Po and its affluents); ii) human intervention, essentially consisting of building resort facilities (BONDESAN, 1971; BONDESAN et al., 1979). At present, the dunes are very low (0.5-1.5 m); only exceptionally they are as high as 8 m. The mean grain size of the sand at the top of the dunes lies between 200 and 250 um. The pelitic fraction is always negligible except in the beaches where an intense erosion exposed older deposits which originated in marshes or alluvial plains (BONDESAN et al., 1979; DAL CIN, 1983). The substratum is basic: pH varies from 7.4 to 8.3.

The vegetation relevés have been made both on recent dunes lying immediately behind the present coastline and on fossil dune complexes (Fig. 1) corresponding to ancient beaches, the oldest of which lie several km from the sea and date back to pre-Etruscan periods (CIABATTI, 1967; BONDESAN, 1968).

The study area has a submediterranean climate. The climatic data collected during the period 1951-71 at Codigoro (see map in Fig. 1) are synthesized in the diagram of Fig. 2. The diagram clearly shows that precipitation has two maxima (spring and autumn) without any marked period of drought. The mean yearly temperature is 13.1°C. The prevailing winds blow from E and secondarily from W.

# METHODS

Vegetation relevés have been made following the Braun-Blanquet method. The original data set has been reduced by elimination of the rare species occurring in one relevé only. All the computations have been performed on the resulting matrix (92 species x 44 relevés).

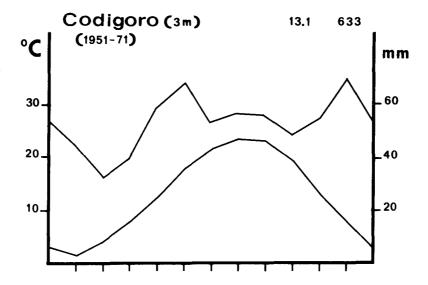


Fig. 2 - Climogram referred to Codigoro.

The relevés have been classified and ordered by numerical methods. The classification methods are: average linkage clustering based on the similarity ratio; sum of squares agglomeration based on the Euclidean distance. The ordination has been made by principal component analysis based on the log-transformation of the similarity ratio matrix. These calculations are based on cover data corresponding to the transformations of the Braun-Blanquet scale as proposed by VAN DER MAAREL (1979).

Weighted spectra of life forms and phytogeographical elements have been constructed for each of the vegetation types resulting from the classification. The relevance of considering weighted spectra in phytosociology has been discussed by AVENA & BLASI (1979). The resulting matrices of weighted spectra served as a basis for further elaborations consisting of: i) classification by average linkage clustering based on the similarity ratio and ii) reciprocal ordering.

Species nomenclature follows PIGNATTI (1982) for vascular plants, AUGIER (1966) for mosses and POELT (1974) for lichens. Life forms are those indicated by PIGNATTI (1982). The phytogeographical elements are drawn from PIGNATTI (1982) for vascular plants, AUGIER (1966) for mosses and OZENDA & CLAUZADE (1970) for lichens. The phytosociological syntaxonomy is, whenever possible, in accordance with OBERDORFER (1978, 1979). Only in some cases, decisions about the phytosociological rank of species have been taken following our personal experience. Descriptions of the numerical methods are given in ORLÓCI (1978).

#### RESULTS

# I - DEFINITION OF VEGETATION TYPES

The classifications obtained by average linkage clustering and resp. by sum of squares agglomeration have given identical results. The dendrogram obtained by average linkage clustering is reported at the top of the phytosociological table (Table 1). The five clusters distinguished at a similar-

ity level of about 0.25 are considered as the principal types in the studied vegetation. These clusters merge at the highest hierarchical level into two main groups which can be interpreted, from the phytosociological viewpoint, as vegetation classes. They are: 1) Anmophiletea, including the Cakiletum maritimae, the Trachomitum venetum community, the Anmophiletum arundinaceae and the Vulpia membranacea-Anmophila Littoralis community; 2) Sedo-Scleranthetea, including the Bromo tectorum-Phleetum arenarii. In the phytosociological table, the species are subdivided into character species of the two classes, notwithstanding their rank at lower phytosociological units, and resp. companion species (Table 1). The environmental data referred to the relevé sites are available on request by the authors. The characters of the above cited vegetation types are shortly described in the following.

#### 1 - Cakiletum maritimae (Table 1, rel. 1-7; CK)

This pioneer association, very poor in species (mean number of species per relevé: 5.3), is settled on the present beach and on recent very low dunes. Cakile maritima characterizes this association; also Xanthium italicum, a companion species, is frequent in this vegetation type.

Relevés 6 and 7 (Table 1) differ from the others owing to the abundance of *Phragmites australis* and the presence of *Inula crithmoides*. These relevés have been made on sites subject to erosion where the sea exposed loamy and clayey deposits and the salt water table appears on the surface. These conditions justify the presence of hygrophytes and halophytes in the corresponding relevés.

According to the numerical classification, the Cakiletum maritimae is fairly similar, from the floristic viewpoint, to the other associations of the class Ammophiletea, as noted by HORVAT et al. (1974). For this reason, the distinction of an independent class for the therophytic vegetation of sand dunes (Cakiletea maritimae) would not seem justified. We have, therefore, included the Cakiletum maritimae in the class Ammophiletea.

# 2 - Trachomitum venetum community (Table 1, rel. 8-9; TV)

This vegetation type is very rare in the Po Delta since it is found only in the northern-most part of the region, where it colonizes recent dunes. This community cannot be better defined from the syntaxonomical viewpoint. In fact, Trachomitum venetum has a broad ecological amplitude and cannot, therefore, be considered as a character species. In the study area, Trachomitum venetum behaves as a pioneer plant, so that the relevés characterized by the dominance of this species are floristically close to those of the Cakiletum maritimae (see the dendrogram in Table 1). In the Venice Lagoon, Trachomitum venetum is more frequent on fossil dunes within the Tortulo-Scabiosetum apocynetosum (PIGNATTI, 1959). For these reasons, Trachomitum venetum has been listed among the companion species in the phytosociological table.

# 3 - Annophiletum arundinaceae (Table 1, rel. 10-24; AM)

The Annuphiletum arundinaceae is settled on the recent dunes lying immediately behind the present beach. It is characterized by Annuphila Littoralis, often showing high cover values in the relevés. Also Echinophura spinosa and Medicago marina are considered as character species of the Annuphiletum arundinaceae (BRAUN BLANQUET et al., 1952; OBERDORFER, 1979). The mean number of species per relevé is 10.1.

Two main groups of relevés can be distinguished within the Ammophiletum arundinaceae. The first of them (Table 1, rel. 10-16) is characterized by a higher species diversity and by a greater abundance of the Ammophiletea species. The relevés of the second group (Table 1, rel. 17-24) are poorer

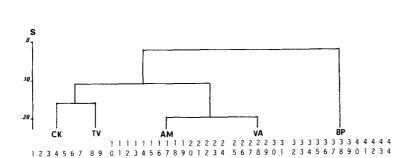


Table 1 - Phytosociological table.

CK - Cabiletum maritimae Van Dier. 1934 TV - izachomitum venetum community AM - Ammeghiletum uzundinneece Br.-81. 1933

VA - Vulpia membranacea-Annophila littoralis community BP - Bromo tectorum-Phleetum arenarii Korneck 1974

# AMMOPHILETEA

Relevé n.

Agropyron junceum
Ammophila littoralis
Calystegia soldanella
Cakile maritima
Eryngium maritimum
Echinophora spinosa
Cyperus kalli
Salsola kali
Medicago marina
Euphorbia paralias

#### SEDO-SCLERANTHETEA

1++ r + +1 111+2211+ Phleum arenarium 1121 11+1+1+1 Medicago minima + + 1 + 2311222212++1 Cerastium semidecandrum ++++ 1++1 +2+ Silene conica +1+112221++ 1 Poa bulbosa + + + + 2 1 1 + + + 1 Arenaria serpyllifolia +1+2113 +21 2 D Pleurochaete squarrosa ++12 +2 1++ + D Tortula ruraliformis + 111 1++ ++ D Bromus tectorum Erodium cicutarium ++ +1 +++ Trifolium arvense Petrorhagia saxifraga + + + + + + Trifolium campestre Veronica arvensis + + 1 1 Trifolium scabrum D Cladonia convoluta Kochia arenaria Sedum sexangulare Sedum acre Erophila verna Alyssum alyssoides Rumex angiocarpus Trifolium striatum

OTHER SPECIES																															
Xanthium italicum	1 + + +	- 1	1 1	1	+	1	1 1	1	1	1 2	1	1 +	+		1 1					+											+
Vulpia membranacea							+ +		+	+ +							2	1 2		1	+	+	+ +	1	+	2 2			+ 3	2	2
Cynodon dactylon		1	+	+	+		+		1	+		+		+	+							+	+ 1	+	1			1	+		
Lagurus ovatus								+	+								+	+ +			+	1	+	+	+	+		1	+ +		1
Agropyron pungens		+	1 +	+										ì	r +		+			+									+	+	
Spartina juncea			+								3	2 1	1	+			1	2 +	- 5	5 4	4										
Hypochoeris radicata																		+ +		+	+	+	+ +	+		+ +			+		+
Vicia pseudocracca																						+	+ +			+ 1	1		1 +		
Silene colorata							+		+									1 +											+ 1		
Silene vulgaris													+				+		+							+ +	+		<b>њ</b> ]	+	+
Ambrosia coronopifolia			+			+	1 +									1	3	2 2	1	+											
Bromus molliformis																						1			+	+	+	+	+		1
Bromus sterilis																		+	•			2	+			+		+	+ 1	*	3
Conyza canadensis				1			1		+		+				+						. 1							+		+	
Oenothera suaveolens													+	+			- 1	+	+	+ 4											
Catapodium rigidum																							+	+	+			*	+ +		
Cuscuta cesatiana			+			,	+ +		+		+							+ +	۲			+			+						_
Plantago lanceolata																	+	+						+ +				+	,		+
Carex liparocarpos																						r		,		+ 1			1		1
Scabiosa argentea																						r.		1 1					١,		
Vulpia ciliata Phragmites australis			2 2																+	,				, ,	'						
Euphorbia cyparissias	+ +		2 2									7							т				+ +		+		1				
Dasypyrum villosum																										2 .	13	2		+	
Trachomitum venetum			4	5	5	r									r											_		_			
Tribulus terrestris			,	,	,																			+	+	4	+ +	+			
Oenothera parviflora									+	+ +																			+	1	
Amorpha fruticosa			+														+	+ +	٠		+										
Plantago indica																							+			1 -	+				+
Sanguisorba minor																										+ -	+		+		+
Teucrium polium																									+		1	+	+		
Ambrosia maritima									+	+ 1																				2	
Dactylis glomerata																	+	+											+	+	
Cenchrus incertus							+		+	+ +																					
Ambrosia tenuifolia		+										1	1	+																	
Trifolium nigrescens																						3	2	1							
Avellinia michelii																							+	+							
Sherardia arvensis																						1	+								+
Helianthemum apenninum																							+					1			1
Teucrium chamaedrys																									+				1		+
Helianthemum nummularium																										+			+		+
Equisetum ramosissimum																								+	+						+
Holoschoenus romanus																								+		+		+	1		
Melilotus neapolitana																													1		
Fumana procumbens																								+	1	+				+	
Bromus squarrosus																						,	1	*	,						
Anthemis arvensis																							+								
Tuberaria guttata																						+	*					_			
Anthoxanthum odoratum Artemisia campestris																											,	+	1		
Stachys recta																										+	+	,	,		
Hieracium florentinum																											•		+	+	
Leopoldia comosa																											+ -		•		
Calamagrostis epigejos																												+	1		
Poa sylvicola																									+					4	٠
Senecio inaequidens									1	1															,						
Cycloloma atriplicifolia										+ +																					
Trisetaria sp.																					2 1										
To the second of the																															

1234567 89 012345678901234 5678901 2345678901 2345678901234

Relevé n.

Inula crithmoides

+ +

in species and often show high cover values of *Spartina juncea*. This adventive species has been gradually invading the Italian sandy coasts for some decades (VALSECCHI, 1966; SIMONETTI & MUSI, 1970). *Spartina juncea* has a considerable ecological amplitude. It prefers, however, sandy plains and low dunes, not being able to settle at the top of high dunes owing to excess drought (BAUDIERE & SIMONNEAU, 1971). The first group of relevés, where *Spartina juncea* is completely lacking, corresponds in fact to the few remains of high dunes, preserved from erosion and human disturbance, covered by well-developped ammophileta.

#### 4 - Vulpia membranacea-Ammophila littoralis community (Table 1, rel. 25-31; VA)

With respect to the Anmophiletum, this community occupies more ancient dunes, often forming a distinct belt behind the ammophileta. This vegetation type completely lacks character species and is, therefore, defined only on the basis of two psammophytes frequently occuring in the relevés: Vulpia membranacea and Anmophila Littoralis. Floristically, the Vulpia membranacea-Anmophila Littoralis community is defined by the presence of some Sedo-Scleranthetea species such as Phleum arenarium, Medicago minima, Silene conica, etc., together with the dominant Anmophiletea species. According to the classification dendrogram (see Table 1), this community belongs, however, to the class Anmophiletea. The physiognomy of the Vulpia membranacea-Anmophila Littoralis community is often given by Spartina juncea, which finds just in this environment the best ecological conditions for its development.

#### 5 - Bromo tectorum-Phleetum arenarii (Table 1, rel. 32-44; BP)

It settles on fossil dunes which lie in some cases even several km far from the sea (Fig. 1). The Sedo-Scleranthetea species are dominant in the relevés (Table 1). Phleum arenarium is regarded as character species for this association (OBERDORFER, 1979). Noteworthy is the presence, among the companions, of several species considered characteristic of the orders Brachypodietalia distachyae and Malcolmietalia, such as Lagurus ovatus, Avellinia michelii, Tuberaria guttata and Vulpia ciliata. These two orders, which include the Mediterranean therophytic vegetation, are now grouped in the class Tuberarie-tea guttatae (RIVAS-MARTINEZ, 1977). Even the Sedo-Scleranthetea species Medicago minima and Trifolium scabrum are considered as characteristic of the order Brachypodietalia distachyae in the Mediterranean phytogeographical district (OBERDORFER, 1979). That the Bromo tectorum-Phleetum arenarii belongs to the class Sedo-Scleranthetea cannot be questioned since the corresponding species clearly prevail as far as both frequency and cover are concerned.

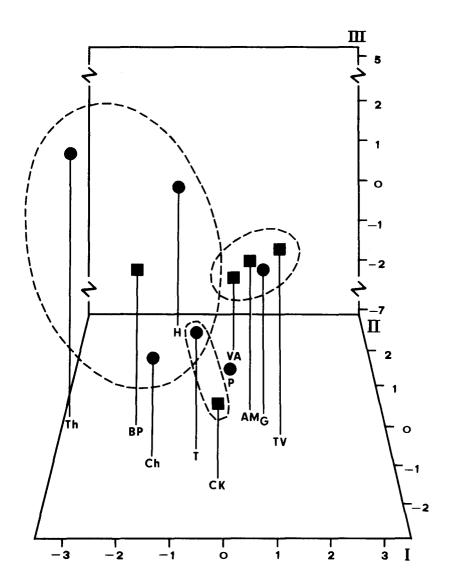
There are some affinities between the Bromo tectorum-Phleetum arenarii of the Po Delta and the Tortulo-Scabiosetum of the Venice Lagoon (PIGNATTI, 1959). The latter differs, however, owing to the dominance of Scabiosa argentea and the scarcity of Sedo-Scleranthetea species.

# II - LIFE FORMS

The weighted spectrum of life forms is given in Table 2. The correlation between life forms and vegetation types results from their reciprocal ordering according to the first three canonical variates (Fig. 3). The Cakiletum maritimae is associated with therophytes. The Trachomitum venetum community, the Ammophiletum arundinaceae and the Vulpia membranacea-Ammophila Littoralis community are all preferentially associated with geophytes. The Bromo tectorum-Phleetum arenarii is associated with therophytes, chamaephytes, hemicryptophytes and thallophytes. Only phanerophytes do not show any correlation with the vegetation types.

Table 2 - Weighted spectrum of life forms.

	CK	TV	AM	VA	ВР
G - Geophytes	39	76	60.8	49.8	6.7
T - Therophytes	55.2	24	29.4	26.6	61.3
Ch - Chamaephytes	3.9	-	1.4	1.5	5.4
H - Hemicryptophytes	-	-	8.4	19.1	18.4
P - Phanerophytes	1.9	-	-	3	-
Th - Thallophytes	-	-	-	-	8.2



 $\underline{\underline{\text{Fig. 3}}}$  - Reciprocal ordering of life forms and vegetation types. (Legend of symbols as in Table 1; further explanations in the text).

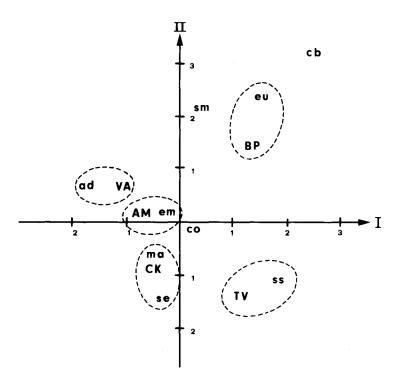
<sup>-</sup> life forms

<sup>-</sup> vegetation types

The classification dendrogram of the vegetation types according to life form spectra is reported in Fig. 5a. Its structure is very similar to the one shown by the dendrogram obtained with floristic data since the *Bromo tectorum-Phleetum arenarii* is separated at the highest hierarchical level from the vegetation types included in the class *Ammophiletea*.

 $\underline{\text{Table 3}}$  - Weighted spectrum of phytogeographical elements.

			CK	TV	AM	VA	ВР
em	-	Euri-mediterranean	11.4	20	42	20	19.9
sm	-	Steno-mediterranean	-	-	3.7	5.7	8.9
ma	-	Mediterranean-Atlantic	32.4	12	12.4	13.8	8.3
со	-,	Cosmopolitan	20	22	14	19.9	19.8
se	-	S European	20.9	10	9.1	0.8	2
ss	-	S European - S Sibiric	1.9	36	0.9	4.2	14.7
eu	-	Eurasiatic	3.9	-	0.9	3.1	24.2
cb	-	Circumboreal	-	-	-	-	1.7
ad	-	Adventive	9.5	-	17	32.6	0.5

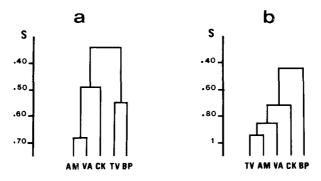


#### III - CHOROLOGY

The phytogeographical elements have been grouped into the 9 main categories reported in Table 3. The cosmopolitan element includes, besides cosmopolitan species, also the subcosmopolitan ones. The Eurasiatic element includes: Eurasiatic, Palaeotemperate and Centre-European species. The S European - S Sibiric element includes: S European - Caucasic, S European - Sibiric, E Mediterranean - Caucasic and steppic species.

Table 3 reports the weighted spectrum of phytogeographical elements. The reciprocal ordering of phytogeographical elements and vegetation types is given in the diagram of Fig. 4. This diagram clearly shows the following correlations: Cakiletum maritimae with both the Mediterranean-atlantic and the S-European element; the Trachomitum venetum community with the S European - S Sibiric element; Ammophiletum arundinaceae with the Euri-mediterranean element; the Vulpia membranacea-Ammophila littoratics community with the adventive element; Bromo tectorum-Phleetum arenarii with the Eurasiatic element. The high correlation of the Bromo tectorum-Phleetum arenarii with the Eurasiatic rather than with the Mediterranean element supports the attribution of this association to the class Sedo-Scleranthetea which includes, in fact, the therophytic vegetation of temperate regions.

The classification of vegetation types based on phytogeographical elements has given a dendrogram rather different from that obtained with floristic data. In the former dendrogram (Fig. 5b), the *Trachomitum venetum* community is not linked to the other *Ammophiletea* types but is fused with the *Bromo tectorum-Phileetum arenarii* in a distinct cluster.



 $\frac{\text{Fig. 5}}{\text{spectra of life forms (a) and phytogeographical elements}} - \text{Classifications of vegetation types based on the weighted}$  spectra of life forms (a) and phytogeographical elements (b). (Legend of symbols as in Table 1).

S - similarity ratio

# IV - ECOLOGY AND DYNAMICS

The ordination of the relevés according to the first two principal components (Fig. 6) individuates a gradient corresponding to an increasing consolidation of sand in the sense: Cakiletum maritimae, Trachomitum venetum community, Ammophiletum arundinaceae, Vulpia membranacea-Ammophila Littoralis community, Bromo tectorum-Phleetum arenarii (see arrow in the diagram of Fig. 6). That the degree of sand consolidation is the main ecological factor conditioning the vegetation pattern on sand dunes is proved by the fact that the two principal components account for 85% of the total variance.

The above outlined gradient does not necessarily correspond to a linear dynamical trend. In fact, the Vulpia membranacea-Ammophila littoralis community may tend to evolve either to the Bromo tectorum-Phleetum arenarii or to the Orno-Quercetum ilicis. Transitional shrub stages, not yet analyzed, are

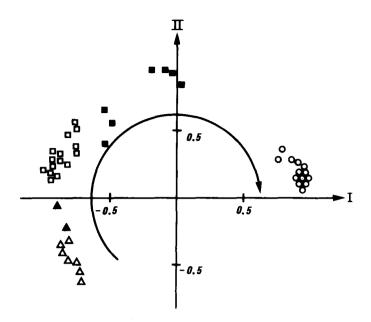


Fig. 6 - Ordination of the relevés according to the first two principal components. (Further explanations in the text).

- ▲ Cakiletum maritimae
- ▲ Trachomitum venetum community
- □ Ammophiletum arundinaceae
- - Vulpia membranacea-Ammophila littoralis community
- - Bromo tectorum-Phleetum arenarii

involved in the latter dynamical sere. The *Bromo tectorum-Phleetum arenarii* is settled, in some cases, on fossil dunes originated some millennia ago, and may then be regarded as a long-lasting stage, conditioned both by natural (aridity) and anthropic (cut of shrubs) causes.

The vegetation dynamics on sand dunes have several traits in common along the Mediterranean coasts of Europe. The dynamic seres generally start from therophytic communities (order Cakiletalia maritimae), leading to the Agropyretum mediterraneum and from the latter to the Ammophiletum arundinaceae. Ammophileta tend to evolve towards different vegetation types in the various phytogeographical districts, viz. the Crucianelletum maritimae along the coasts of W Mediterranean (KUHNHOLTZ-LORDAT, 1923;
BRAUN-BLANQUET et al., 1952; DE BOLOS, 1962; MOLINIER & TALLON, 1965), the Tortulo-Scabiosetum in the Venice Lagoon (PIGNATTI, 1959), the Centaurea sphaerocephala-Ononis ramosissima community in Sicily (BRULLO et al., 1974) and the Euphorbia terracina-Silene nicaeensis community in the Peloponnesos (LAVRENTIADES, 1964).

The dynamic scheme resulting from our research in the Po Delta differs from the above outlined ones, mainly owing to the lack of agropyreta. In this area, the Cakiletum maritimae, as discussed above, tends to evolve directly to the Ammophiletum arundinaceae. On the other hand, agropyreta were relatively abundant in the Venice Lagoon till about 30 years ago (PIGNATTI, 1959) and are likely to have been existed also in the Po Delta. The disappearance of the Agropyretum may have been caused both by the coastal retreat due to sea erosion (ARRIGONI, 1981) and by the environmental modifications brought about by man.

#### CONCLUSION

The results of our research clearly underline the menace which threatens the coastal environment. The environmental changes brought about by man resulted not only in the destruction of most dune areas, but also in numerous modifications of the plant cover. The latter are reflected firstly in the gradual reduction, or even disappearance, of typical phytocoena and secondarily in the invasion of adventive species which greatly modify the original psammophytic flora.

#### APPENDIX

#### List of rare species

Rel.14: Leontodon hispidus +. Rel.25: Rumex crispus +, Dorycnium hirsutum +. Rel.32: Geranium molle +, Ranunculus bulbosus +, Euphorbia helioscopia +, Allium sp. +. Rel.33: Capsella bursa-pastoris +, Salvia pratensis +, Lolium perenne +, Filago germanica +, Lophochloa cristata +, Lothyrus sphaericus +. Rel.36: Hornungia petraea +, Arabidopsis thaliana +, Saxifraga tridactylites +, Acinos arvensis+, Potentilla tabernaemontani +, Minuartia hybrida r, Valerianella sp. +. Rel.37: Tragus racemosus +. Rel. 38: Diplotaxis tenuifolia r, Verbascum sp. +. Rel.39: Corynephorus divaricatus +. Rel.40: Silene otites +, Orobanche loricata +, Bupleurum baldense +. Rel.42: Asparagus acutifolius +, Medicago litoralis +. Rel.43: Parapholis incurva +, Hordeum Leporinum +, Sonchus asper +. Rel.44: Avena fatua +, Lepidium campestre +, Osyris alba +, Echium vulgare +.

#### REFERENCES

- ARRIGONI P.V. (1981). Aspetti del paesaggio vegetale che scompaiono in Italia: la flora e la vegetazione dei litorali sabbiosi. Collana del Prog. Finalizzato "Promozione Qualità Ambiente", AC/1/101, 51-57. C.N.R., Roma.
- AUGIER J. (1966). Flore des Bryophytes. Lechevalier, Paris.
- AVENA G. & BLASI C. (1979). L'uso dello spettro corologico ponderato quale utile strumento per l'indagine fitogeografica. Arch. Bot. Biogeog. It., 55, 11-24.
- BAUDIERE A. & SIMONNEAU P. (1971). Les dunes basses à Spartina versicolor Fabre du Grau de la Vieille-Nouvelle (Aude). Colloques Phytosoc., 1, 107-115.
- BOLOS O. DE (1962). El paisaje vegétal Barcelonés. Univ. Barcelona, Barcelona.
- BONDESAN M. (1968). Nuovi dati sull'evoluzione dell'antico Delta Padano in epoca storica. Atti Accad. Sc. Ferrara, 43-44, 1-16.
- BONDESAN M. (1971). Ricerche sulla riduzione delle dune litoranee ferraresi dalla fine del XIX secolo al 1970. Mem. Geopal. Univ. Ferrara, 3, 17 pp.
- BONDESAN M., CALDERONI G. & DAL CIN R. (1979). Il litorale delle province di Ferrara e di Ravenna (Alto Adriatico): evoluzione morfologica e distribuzione dei sedimenti. *Boll. Soc. Geol. It.*, 97, 247-287.
- BRAUN-BLANQUET J., ROUSSINE N. & NEGRE R. (1952). Les groupements végétaux de la France méditerranéenne. C.N.R.S., Paris.
- BRULLO S., DI MARTINO A. & MARCENO' C. (1974). Osservazioni sulla vegetazione psammofila tra Capo Grani-

- tola e Selinunte (Sicilia occidentale). Boll: di Studi ed Informazioni del Giardino Coloniale di Palermo, 26, 103-108.
- CIABATTI M. (1967). Ricerche sull'evoluzione del Delta Padano. G. Geol., 34, 1-26.
- DAL CIN R. (1983). I litorali del delta del Po e alle foci dell'Adige e del Brenta: caratteri tessiturali e dispersione dei sedimenti, cause dell'arretramento e previsioni sull'evoluzione futura. Boll. Soc. Geol. It., 102, 9-56.
- FERRARI C., GERDOL R. & PICCOLI F. (1983). The halophilous vegetation of the Po Delta (Northern Italy).

  Symposium "Towards a synthesis of vegetation science, population dynamics and ecophysiology in coastal vegetation" (Haamstede, The Netherlands), 21-25 March 1983. (In press).
- HORVAT I., GLAVAČ V. & ELLENBERG H. (1974). Vegetation Südosteuropas. Fischer, Stuttgart.
- KUHNHOLTZ-LORDAT G. (1923). Essai de géographie botanique sur les dunes du Golfe de Lyon. *Thèse fac. des Sciences*, *Paris*, *PUF*, 307 pp.
- LAVRENTIADES G.J. (1964). The ammophilous vegetation of the Western Peloponnesos coasts. *Vegetatio*, 12, 223-287.
- MAAREL E. VAN DER (1979). Transformation of cover-abundance values in phytosociology and its effects on community similarity. *Vegetatio*, 39, 97-144.
- MOLINIER R. & TALLON G. (1965). Etudes botaniques en Camargue. 1) La Camargue Pays de dunes; 2) Vers la forêt en Camargue. La terre et la vie, 1 et 2, 1-172.
- OBERDORFER E. (1978). Süddeutsche Pflanzengesellschaften. 2. Aufl., Bd. 2. Fischer, Stuttgart.
- OBERDORFER E. (1979). Pflanzensoziologische Exkursionsflora. Ulmer, Stuttgart.
- ORLÓCI L. (1978). Multivariate analysis in vegetation research. Junk, The Hague.
- OZENDA P. & CLAUZADE G. (1970). Les lichens. Masson, Paris.
- PICCOLI F. & GERDOL R. (1980). Typology and dynamics of a wood in the Po Plane (N-Italy): the "Bosco della Mesola". *Colloques Phytosoc.*, 9, 161-170.
- PIGNATTI S. (1959). Ricerche sull'ecologia e sul popolamento delle dune del litorale di Venezia. Il popolamento vegetale. Boll. Mus. Civ. St. Nat. Venezia, 12, 61-142.
- PIGNATTI S. (1982). Flora d'Italia. 3 voll. Edagricole, Bologna.
- POELT J. (1974). Bestimmungsschlüssel europäischer Flechten. Cramer, Vaduz.
- RIVAS-MARTINEZ S. (1977). Sur la syntaxonomie des pelouses thérophytiques de l'Europe occidentale. Colloques Phytosoc., 6, 55-71.
- SIMONETTI G. & MUSI F. (1970). Segnalazione di *Spartina juncea* Willd. nuova per il litorale veneto. *Atti Ist. Veneto Sc. Lett. Arti Cl. Sc. mat. fis. e nat.*, 128, 87-95.
- VALSECCHI F. (1966). Contributo alla conoscenza dell'areale e dell'ecologia della Spartina juncea Willd. in Sardegna. Studi Sassaresi, sez. III Ann. Fac. Agr. Univ. Sassari, 14, 3-16.

Contribution à l'étude de la végétation de l'Attique orientale (NEA MAKRI) en Grèce (Prise en compte des impacts urbains et touristiques).

# M. THEOCHAROPOULOS \* Th. GEORGIADIS \*

RESUME - La végétation de la region étudiée (Nea Makri-Attique) appartient à l'étage thermoméditerranéen et plus particulierèment à l'association cadre potentielle du Prasio-Ceratonietum. Selon les conditions écologiques nous pouvons distinguer plusieurs ensembles:

- Prasio-Ceratonietum typicum
- Prasio-Ceratonietum Pinetosum halepensis
- Prasio-Ceratonietum Juniperetosum lyciae
- Formations dégradées à Quercus macrolepis

Tous les écosystems forestiers rencontrés sont très hétérogènes. Le tissu rural de la région est profondément marqué par les impacts de l'urbanisation. Les cultures de vignes et les olivettes sont aujourd'hui pratiquement abandonnées.

SUMMARY- In the present work the vegetation of Nea Makri (Attica, Greece) is studied. This vegetation belongs to the thermomediterranean zone and particulary to the association of Prasio-Ceratonic-fum.

Within this association and according to the ecological conditions of the area a number of groups can be distiquished:

- Prasio-Ceratonietum typicum
- Prasio-Ceratonietum Pinetosum halepensis
- Prasio-Ceratonietum Juniperetosum lyciae
- Degraded formations of Quercus macrolepis

  All the ecosystems examined have been influenced by the urban and the touristic development of the area.

MOTS CLES : Attique, végétation, impacts urbains et touristiques,

#### INTRODUCTION

Depuis plusieurs années, les mécanismes et les modalités de la croissance industrielle et urbaine engendrent de sérieuses conséquences directes et indirectes sur l'environnement, et plus particulierement sur les écosystèmes.

Leur détérioration accélérée pourrait mettre en cause le bien-être de l'espece humaine .

La département de l'Attique, qui présente un exemple caractéristique des dégâts sur l'environnement, occasionés par le développement urbain et touristique, est situé vers le 38 ème parallèle.

Il constitue l'extrémité sud-est de la Grèce continentale, dissocié d'elle par une chaîne de montagnes, qui s'étend du golfe de Corinthe jusqu'au golfe d'Evoikos. Il est entouré sur ses autres côtés par la mer.

Sa partie est qui occupe à peu près 58 540 hectares constitue une unité geographique assez bien individualisée. Elle est délimitée vers l'est par la partie sud du golfe Evoikos, et au nord, par la terminaison sud-orientale du massif du Parnis, qui arrive jusqu'au littoral.

Vers l'ouest, les confins sont assurés par la montagne Pentelique, au pied de laquelle se trouve, vers le nord-est, la plaine de Marathon.

Vers le sud, les limites se font avec les collines de la Péninsule de Lavrion et la ligne de crête de la montagne Hymette (Imitos), entourant la large plaine de Messogia.

En raison de l'étendue géographique considérable de ce secteur, nous avons décidé de limiter nos investigations à un secteur bien déterminé (Planche 1).

Le secteur choisi est très représentatif de l'ensemble de l'Attique orientale. Il suffira, donc, d'extrapoler les résultats obtenus sur cette zone pour avoir une reproductibilité sur l'ensemble.

Cette représentativité s'étend, plus particulièrement, à l'ensemble des facteurs environnementaux, et aux incidences des fortes pressions urbaines et touristiques sur ces facteurs.

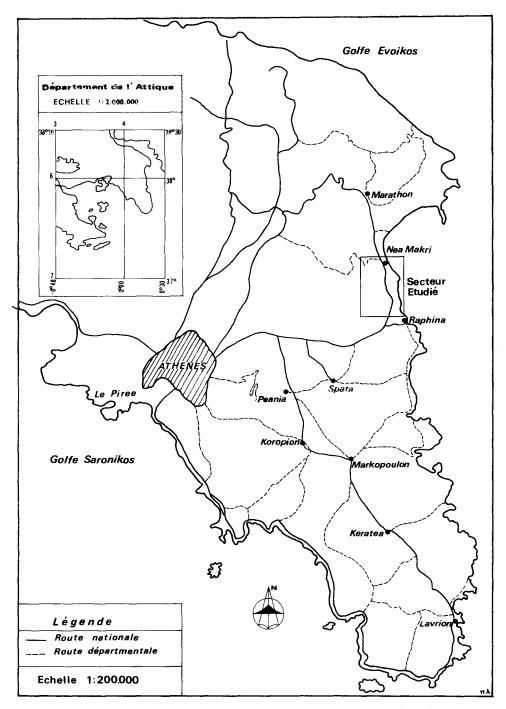


PLANCHE 1- Situation géographique de l'Attique orientale et du secteur étudié

Ainsi, le secteur prospecté s'etent depuis les villages littoraux de MATI jusque NEA-MAKRJ, il couvre approximativement une superficie de 24,5 km<sup>2</sup> (7X3,5 km).

#### GEOMORPHOLOGIE

Cette zone est constituée d'une frange littorale et de formations montagneuses, qui séparent morphologiquement vers l'ouest la partie littorale de l'arrière pays.

Le relief montagneux est formé par la partie est du massif Pentelique, qui s'étend du nordest vers le sud-ouest.

La frange littorale d'une pente très faible, et localement, faible à forte, se caractérise dans sa morphologie par une plage rocheuse, relativement abrupte, avec des baies de largeur et de profondeur petites vers le sud.

Par contre, vers le nord, se déroulent de belles plages de sable.

#### CLIMAT

Dans le secteur prospecté, il n'existe aucune station météorologique.

La plus proche se situe à un kilomètre au sud de notre zone d'etude, au village littoral de Raphina.

L'exploitation des données climatiques de cette station (Planche 2) permet d'élaborer le diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN (1957) et de définir le régime pluviometrique saisonnier correspondant. (Planche 3).

L'analyse de ce diagramme montre un régime hydrique de type HAPE, avec une période estivele sèche très nette et une periode pluvieuse en hiver.

Le maximum pluviométrique principal correspond à l'hiver et le deuxième maximum s'établit en automne.

La durée de la sécheresse est de plus de cinq mois et le calcul de l'indice xérothermique x donne la valeur de 135, x=135.

Cette valeur correspond à un climat thermoméditerranéen accentue (1).

D'ailleurs, une étude plus fine permet de situer le secteur dans l'étage bioclimatique semi-aride de la classification d'EMBERGER (1955) et plus particulièrement, dans la viariante tempérée (Q=61,45 m=6,2). (Planche 4).

De plus, le caractère méditerranéen du climat est confirmé par le coefficient d'EMBERGER et par l'indice de xéricité S=0,57, qui est très inférieur aux valeurs proposées par cet auteur pour le climat méditerranéen.

Les autres facteurs climatiques étudiés dans le secteur sont l'humidité relative, la nébulosité, l'insolation, la gélivité et le vent.

La première se caractérise par une moyenne annuelle de 67%. Février est le mois le plus humide et Juillet le mois le plus sec.

La nébulosité moyenne annuelle est de l'ordre de 45,5% et l'insolation annuelle dépasse les 2 300 heures.

Le gélivité est exceptionnelle surtout sur la frange littorale, mais elle augmente au fur et à mesure qu'on s'éloigne de la mer.

Les vents dominantes sont de direction nord. En automne, hiver et printemps, leur régime est instable, mais ce sont toujours les vents nord qui dominent. En été, les vents sont orientés au nordest (vents étésiens). A cause de la faiblesse des dépressions barométriques, ils se distinguent par une grande régularité. Ils commencent en Juin, où ils sont plutôt faibles, mais, à partit de la mi-Juillet et jusqu'à la fin d'Octobre, ils sont plus fréquents et plus forts. Au printemps, les vents sont rares (bonaces), tandis qu'en été, les courants atmosphériques sont fréquents, car, lorsque les vents étésiens s'arrêtent, la brise de mer souffle de façon continue.

<sup>(1)</sup> Selon la classification adoptée par l'Unesco-F.A.O. (1963)

Poste Pluviometrique de Raphina

Lat. 38° 01' 30" Alt. 25 m

Long. 24° 30' Periode d'observation: 1972/1980

1. Températures moyennes mensuelles et annuelles en °C

D	J	F	М	A	М	J	JT	A	S	0	N	Annuelle
10,9	9,2	10,5	11,8	15,3	19,9	24,3	26,6	25,6	22,8	18,8	14,1	17,5

2. Moyennes mensuelles de températures maximales M et températures minimales m

	D		J		F	7	м		A	М		J			JT	F	1		s	(	)	1	N
M 14		m ,8	M 12,1	m 6,2	M 13,7	m 6,5	M 14,7	m 7,6		M 23,2	m 14,4	M 27,5	m 18,1	м <u>3</u> 0	m 2 <b>0,</b> 8	м 28,1	m 2 <b>2,</b> 7	M 25,7	m 18,8	M 22	m 15, 3	M 18,1	m 10,6

3. Précipitations mensuelles et annuelles en mm

D	J	F	М	A	М	J	JT	A	S	0	N	Annuelle
49,4	40, 6	83,2	44,6	20,6	18,8	9,0	7,4	1,3	24,1	77,4	52,8	425,7
(H)	173,2=	м <sub>1</sub>	(P)	80	) = m <sub>2</sub>	(E	) 17	,7= m <sub>1</sub>	(A)	154,8	= M <sub>2</sub>	НАРЕ

4. Humidité relative moyenne mensuelle et annuelle (%)

D	J	F	М	A	М	J	JT	A	S	0	N	Annuelle
71	74	75	73	60	64	60	57	61	63	69	73	67

PLANCHE 2: DONNEES CLIMATOLOGIOUES

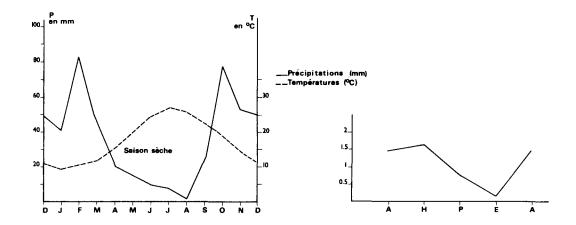


PLANCHE 3- Diagramme ombrothermique et régime pluviométrique saisonnier Station météorologique de RAPHINA

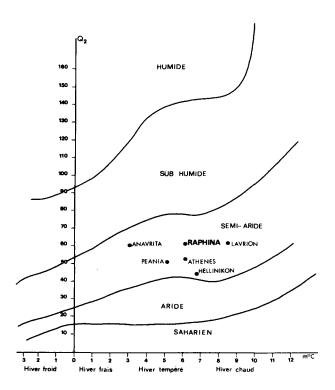


PLANCHE 4- Climagramme pluviométrique du coefficient d'Emberger
ARIDE:Etage bioclimatique méditerranéen

:Limite de l'étage
Hiver frais:Sous-étage bioclimatique méditerranéen

L'exploitation des données d'une série de stations météorologiques en Attique, et plus spécifiquement à Athènes, Anavrita, Hellinikon, Lavrion et Peania, a permis de situer ces stations sur les cartes bioclimatiques. (Planches 5-6) (MAVROMATIS G., 1980).

En adoptant la classification d'EMBERGER (1955) et celle de l'UNESCO-F.A.O. (1963), on obtient les valeurs suivantes:

Poste météorologique	Altitude en m.	Latitude	Longitude	Q <sub>2</sub>	en <sup>O</sup> C	Indice xerothermique
Athènes	107	37°58'	23°43'	52,7	+ 6,2	126,6
Anavrita	310	38 <sup>0</sup> 04'	23 <sup>0</sup> 48 †	60,2	+ 3,1	114,0
Hellinikon	10,2	37 <sup>0</sup> 54'	23 <sup>0</sup> 44	44,8	+ 6,8	132,6
Lavrion	10	37°43 <b>'</b>	24 <sup>0</sup> 04 <b>'</b>	61,7	+ 8,5	136,0
Peania	152,3	37057'	23°52 <b>'</b>	51,0	+ 5,2	133,8
Raphina	25	38 <sup>0</sup> 01'	24 <sup>0</sup> 30'	61,45	+ 6,2	135,0

Ainsi, on observe que l'Attique orientale se caractérise par un bioclimat semi-aride, dans sa variante chaude vers le sud, et tempérée vers le nord, à l'exception des zones de relief de la partie nord-ouest, qui ont un bioclimat sub-humide (variante surtout tempérée, plus rarement froide).

Selon la carte UNESCO-F.A.O., presque toute l'Attique orientale est caractérisée par un bioclimat thermoméditerranéen avec deux variantes, accentuée et atténuée, sauf pour la zone septentriona-le, qui a un bioclimat mésoméditerranéen accentué.

Il faut aussi remarquer les similitudes globales existant entre les deux cartes, en ce qui concerne les bioclimats semi-arides thermoméditerranéens et sub-humides mésoméditerranéens.

#### GEOLOGIE

Du point de vue géologique, le secteur prospecté appartient à la zone pélagonienne. Sa structure géologique se distingue par deux ensembles de formations rocheuses et par la suite stratigraphique suivante:

#### 1 - Formations sédimentaires

Ces formations sont constituées de dépôts du Quaternaire et du Tertiaire (Néogène). (KOU-NIS G., 1975).

# A - Quaternaire

Ces dépôts occupent principalement la majeure partie de la frange littorale et ils se présentent en éventail dans le secteur de AGIOS-ANDREAS NEA-MAKRI.

Ils présentent une héterogénéité lithologique considérable, verticalement et horizontalement, et sont représentés par une dominance de matériaux fins (agriles, sables, grès, conglomérats, brèches), mais, vers le nord, ils sont beaucoup plus homogènes.

# B - Tertiaire

(Néogène à marnes, grès, argiles conglomérats). Ces sédiments apparaissent vers AGIOS-AN-DREAS et plus au sud et au sud-ouest du secteur où ils occupent une partie de la frange littorale et surtout les collines de Xylokeratea.

#### 2 - Formations metamorphiques

Ces formations qui caractérisent la majeure partie des formations montagneuses du secteur appartiennent à l'unité métamorphique du Pentélique; elles contiennent principalement des schistes métamorphiques et des marbres.

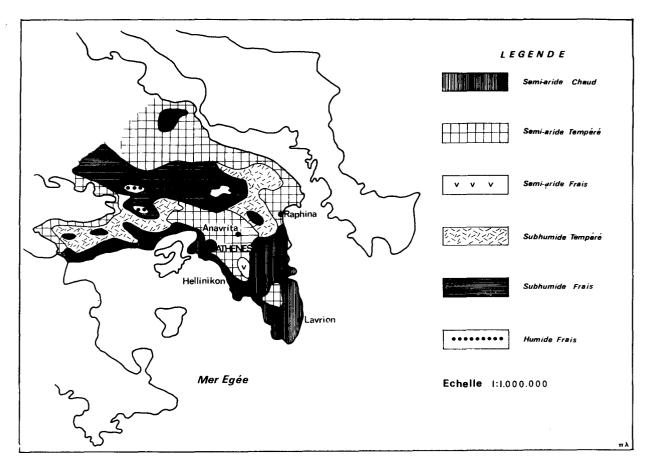


PLANCHE 5- Carte bioclimatique de l'Attique (d'aprés la classification d'Emberger)

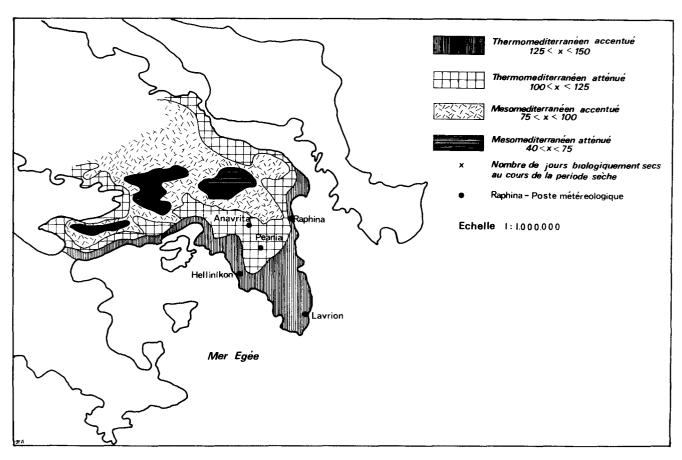


PLANCHE 6- Carte bioclimatique de l'Attique (d'après la classification de UNESCO-FAO)

#### PEDOLOGIE

On peut répartir les sols du secteur étudié en quatre catégories principales (MAVROMATIS G., 1976) - (NAKOS G., 1975), en prenant en compte les critères relatifs à la nature de la roche mère, sur laquelle ils se sont formés.

### 1 - Sols sur les dépôts du Quaternaire

Sols peu évolués, non climatiques, d'apport alluvial ou colluvial (pH=8).

#### A - Sols alluviaux

Ils occupent la majeure partie de la plaine alluviale de NEA-MAKRI, dont la plus grande surface a été cultivée. Ce sont des sols, en général, calcaires, élaborés à partir d'éléments calcaires.

- a) Sols alluviaux gris (peu altérés)
- b) Sols alluviaux brunifiés (riches en fer et provenant probablement du phénomène d'héritage, lié à la nature du matériau transporté).

#### B - Sols colluviaux

Ce sont les sols en situation de "Piémont", au fond de la vallée de NEA-MAKRI. Ils sont constitués d'un mélange de pierres, de graviers et d'éléments fins (colluvium grossier), riches en calcaires.

#### 2 - Sols sur les dépôts du Tertiaire

Sols calcimagnésiques (pH=8) et riches en carbonates (CaCO<sub>3</sub>). Ils existent principalement au sud du secteur et peuvent être bien caractérisés récents et monocycliques.

- a) Sols sur faible pente: rendzines brunifies primaires à vegétation dense.
- b) Sols à forte pente et soumis à l'érosion: il s'agit, alors, de rendzines jeunes à la partie amont des pentes et de rendzines colluviales à leur base.

#### 3 - Sols formés sur calcaires durs mesozoiques

A végétation potentielle fortement dégradée, et soumis, par consequent, à une érosion plus ou moins importante.

Ces sols peuvent être dissociés en:

- a) Sols rouges fersialitiques lessivés (tronqués) (pH=6,7-7)
- b) Lithosols
- c) Sols bruns calcaires sur materiau rubefié.

# 4 - Sols sur schistes métamorphiques

(Riches en mineraux alterables et en fer):

Ils sont légèrement acides (pH=6,5), se renouvellent et se mélangent facilement, à cause de la désagrégation rapide de la roche mère.

Ces sols peuvent être, suivant les stations, répartis en:

- a) Sols rouges fersialitiques lessivés désaturés, appauvris, généralement sur les replats et dans les zones où la végétation est plus stable.
- b) Sols bruns fersialitiques lessivés, généralement, sur pentes et dans les zones où la végétation est plus dégradée.

#### VEGETATION

L'analyse de la végétation du secteur prospecté a permis de mettre en évidence plusieurs groupements caractérisés au stade potentiel par une essence majeure, qui peut être soit Pínus halepensis Mill., soit Ceratonia siliqua L., soit Juníperus phoenicea L. et Quercus coccifera L.

Dans la plaine alluviale, se rencontrent des lambeaux de formations à Quercus macrolepis Kotschy, dont le territoire initial a été occupé par des olivettes ou des vignes, qui, aujourd'hui, dans leur grande majorité, sont abandonnées.

Il convient de noter que, dans toute la région, le pin d'Alep est particulièrement dynamique et joue le rôle d'essence de remplissage dans tous les types de milieux et sur les substrats les plus divers.

Ses groupements sont soit d'origine postculturale, soit de recolonisation sur les phryganas basses et hautes et les peuplements préforestiers.

L'étude de la végétation a été conduite selon la méthode zurichomontpellierain (GUINOCHET M., 1973) et 68 relevés ont été réalisés.

Leur classement en tableaux des ensembles forestiers et préforestiers à permis de rattacher ces ensembles à la classe de Quercetea ilicis, comme en attestent les espèces suivantes: Arbutus unedo L., Carex distachya Desf., Hypericum empetrifolium Willd., Asparagus acutifolius L., Cyclamen graecum Link., Smilax aspera L., Aristolochia clematitis L., Carex distans L., Lonicera implexa Ait., Phillyrea media L.

Par contre, depuis les travaux récents de BARBERO M. et QUEZEL P. (1980), ces groupements n'appartiennent plus au Quercetalia ilicis, mais à l'ordre des Pistacio-Rhamnetalia, auquel se rapportent les groupements préforestiers observés: Olea europaea L., Quercus coccifera L., Pistacia lentiscus L., Clematis flammula L., Juniperus phoenicea L., Rubia tinctorum L.

L'alliance représentée dans cette région correspond au Ceratonio-Rhamnion BARBERO M. et QUEZEL P. (1980) qui semble bien caracteriser les groupements thermoméditerranéens de Grèce continentale et insulaire et de Turquie égéenne.

Quand à l'association, elle répond pleinement au *Prasio-Ceratonietum*, décrit dans ces mêmes régions par ces auteurs.

Les caractéristiques de ces unités sont: Asparagus aphyllus L., Prasium majus L., Piptatherum coerulescens (Desf.) Beauv., Ceratonia siliqua L., Rhamnus graecus Boiss. et Reuter, Phagnalon graecum Boiss. et Heldr.

Le *Prasio-Ceratonietum* représente, en fait, l'association cadre de l'espace thermoméditerranéen à l'intérieur de laquel plusieurs ensembles s'individualisent, en fonction, généralement, de la nature physique des substrats.

Ces ensembles correspondent à des séries potentielles de végétation.

# 1 - Prasio Ceratonietum typicum - serie de caroubier

Le *Prasio-Ceratonietum typicum* se recontre exclusivement sur les substrats calcaires compacts, où se sont individualisés des sols rouges fersialitiques - terra rossa - aujourd'hui enclavés dans les poches calcaires. 13 relevés, consignés dans le tableaeu l, lui ont été raportés.

A leur niveau, le pin d'Alep, tout en étant plus rare que dans les peuplements qui vont suivre n'en individualise pas moins localement des faciès.

Il en est de même pour Juniperus phoenicea L. qui localement peut être très abondant.

Les autres essences, caroubier et oléastre, sont représentées par bouquets et par places. Ce sont les faciès à caroubier et oléastre de l'association.

L'état, particulierèment dégradé de ces forêts de type présteppique (ABI SALEH B. et al. 1976), est pleinement attesté par les espèces suivantes des phryganas basses et hautes avec, d'une part:

Fumana arabica (L.) Spach., Euphorbia acanthothamnos Heldr. et Sart., Phlomis fruticosa L., Micromeria juliana (L.) Benth. ex Reichenb. Coridothymus capitatus Reichenb., Ballota acetabulosa (L.) Benth., Micromeria graeca (L.) Benth. ex Reichenb. Sarcopoterium spinosum (L.) Spach. etc.

et d'autre part:

Cistus monspeliensis L., Genista acanthoclada D.C., Calicotome villosa (Poir.) Link., Cistus creticus L.

Sur les substrats calcaires compacts, la composition floristique des phryganas est tres différents de celle qui apparait sur marnes, calcaires marneux et schistes. Les espèces des phryganas, liées aux substrats de la série du caroubier, sont principalement:

Fumana arabica (L.) Spach., Euphorbia acanthothamnos Heldr., et Sart., Phlomis fruticosa L. et Micromeria juliana (L.) Benth. ex Reichenb. qui individualisent l'alliance Phlomido-Euphorbion qui s'integre aux Cisto-Micromerietalia (OBERDORFER, 1954).

Quand aux pelouses de dégradation de la série, elles appartiennent encore aux Thero-Bra-chypodietea. Leur étude détaillée reste encore à faire. Néanmoins, leurs caractéristiques pénêtrent lar-gement dans les écocystèmes préforestiers à caroubier, accentuant encore leur caractère hybride, lié à leurs multiusages.

JMERO DU RELEVE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
TITUDE	240	250	360	320	200	180	300	220	200	200	330	350	250	
RPOSITION	NORD-EST	EST	SUD	SUD	SUD-OUEST	EST	EST	NORD-EST	EST	EST	SUD-EST	SUD-OUEST		
ENTE	30	10	30	30	30	25	30	20	25	35	35	30	25	
UBSTRAT	-	Calc. comp.			p.Calc. comp. C		Calcaire	Calc. comp.			Calc, comp		Cala	
DESTRAT	terra ros.	terra ros.	terra ros.	terra ros	, terra ros.		,	terra ros.		curcure	terra ros.	terra ros.	terra ros.	
JRFACE	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
ECOUVREMENT (%)														
TRATE ARBONESCENDE	45	•	40	5	75	80	25	90	90	70	50	40	15	
TRATE ARBUSTIVE	70	80	30	50	35	30	50	60	50	50	15	50	15	
TRATE HERBACEE	75	75	35	30	60	90	50	60	50	60	25	70	20	
inus halepensis	3-2	+	3-1		43	34	2-2	44	44	3-3		21	2-2	:
aractérisitiques de l'Association														
rasio-ceratonietum et de l'alliance Ceratonio-Rhamnion														
sparagus aphyllus		+	+	1-1	+	1-1	1-1	1-1	+	+		+	•	
eratonia siliqua	1-2	1-1	1-1	1•2	•		14 14	1•3	12	22	+ 1•2	1:1 1:1	1-1	
rasium majus hammus graecus	+	•	:	•	÷		+	242	1.1	1•2		P1	:	
namnus graecus iptatherum coerulescens	•	•	1•1	1.2	1-2	•		1.2				2-3		
hagnalon graecum							+	1-1	1-1	+	•	•	•	
ifferentiels de faciés														
uniperus phoenicoea	+				1-2	2-2	1•1	20	3-2	3-2	36	32	+	
aractéristiques des Pistacio-Rhamnetalia														
lea europaea	1-2	2-3	2-3	2-3	2-2	2-2	1-2	1:3	2-2	22	1•1	3:3		
vercus coccifera	23	1.1	1-1		24	23	22	21	1-1	22	1-2	1•1	:.	
hillyrea media	2-2	32	+	23		• -	3-2	2-2	2·1 2·2	2·2 1·2	•	22	2·2 +	
istacia lentiscus	+	+	•	2·1	+	242	1-1	242	22	1.2	•	•	+	
lematis flammula	•	•	•	21	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
aracteristiques des Quercetea (alia) ilicis													+	
Supericum empetrifolium	1-1	•	•	1/1	•	•	1-1	•	•		•	•		
ālystegia sepi <b>um</b> Isparagus acutifolius	•	•	•	1/1	•	•	÷	•		:	:	:	·	
vistolochia clematitis	:	:	÷	:	•	÷							+	
spèces des phygana														
Caractéristiques de l'alliance Phlomido-Euphorbion														
rumana arabica			1-1				1-1	1•2	3-1	22	1-1			
Euphorbia acanthothamnus				2-2	1-1		1•1				1•1	22	:	
Phlomis fruticusa				22	2-2			•			•	12		
Micromeria juliana	•	•	•	•	14	•	•	•	•	•	•	•	•	
Caractéristiques de la classe des Cisto-micromerietea et de l'ordre des Cisto micromerietalia														
Cistus monspeliensis	1-1	2-2			1-1	2-2	1-1	242	1-1	1•2 +	•	+	+	
Genista acanthoclada Calicotome villosa	1-1	22 1-1	•		•	2.2 1·1	11	2-3	1/1 2-2	+ 1-1	•	•	•	
Cistus creticus	1-2	1-1			•			:	24	+	:	•	1-1	
Coridothymus capitatus			2-2					242		1.2		:	14	
Ballota acetabulosa			+	1-2	•	+		-					•	
Globularia alypum	•				•	+	•	•	+	+	•			
Fumana thymifolia Teucrium divaricatum	•	•	•		•	•	1•2	•	1-2	1-2	:			
		•	•	•	•	•	F2	•	•			•		
							_	+						
Micromeria graeca Anthyllis hermanniae	1-1	•	•	•	•	•		+	•		:	•	•	

elianthemetea annua														
	4-3	43	1-1	2-3		34	3-2	34	3-2	3-2		2:3		10
rachypodium retusum	22	1-1	1-1		·		22			+	22		1-1	7
inum strictum		1.2	••	1.2	1.2		+			1.2	1-1		1-1	
rifolium angustifolium	•		i-1			-	1.2		1-2	2-2	1-1	2-2	1-1	-
tractylis cancellata	•	•		:	22	+		•	+		1-1	1.2	1-1	6
edypnoïs cretica	•	•	1-1	•	22	2-3	1•1	23	1-2	•		12	1-1	é
romus madritensis	•	1.2		•	23	2-2	1.2	23			1:1	•	-	6
agoecia cuminoides	1-1			•		+	21		•	1-1		•	•	
cabiosa cretica	1-1	:.		12	+	1.2			•			1.2	•	9
agurus ovatus	•	1.2	1•2		2-3	1-2		•	•	•	1-1	2-3	1-1	-
rifolium campestre	•	•	1•2	•		•	•	•	•	•				_
upleurum glumaceum		1-2			23		1-2	•	•		•	2-3	•	4
rupina crupinastrum		1-2				+	+				• .	1-1	•	4
igella damascena		+			1-2				•		1-1	+	•	4
rucianella latifolia						+			+	+	1.1			4
lriza maxima		1-1					+			-		21		
entaurium erythraca	•	1-2	÷										+	
aucus carota	•	12	38	•							2-3		23	
rifolium arvense	•			•	:	-			1.2	+				
Bromus intermedius	•	F	1•2	•	1-2		-					1.2		
Juparrhenia hirta	•	•		•	36	•		-				22		
stipa capensis	•.	•	:.	•	3·0	•	•	•	•		_			
stipa bromoides	•	•	1•2	•	D1	•	•	22	•	•	•	2-2		
	•		•	•	•	•	•	+	•	•	•			
Centaurea raphanina		•		•	•		•	+	:.	1-2	•	•	•	
Centaurea attica ssp. Pentelica						•	•	•	1•2		•	•	•	
monis reclinata		i-1					1-1		•	•		•	•	
rifolium stelatum					•			•	1-2	+	•	•	-	
Bromus sterilis	-				2-1	1-2			•		•	•		
hegilops ovata		1.3							•			:	1.2	
ligella arvensis_	•				22						-	28		
Irospermum picroides	:										+	+		
Tordylium apulum		_	_		1-1							14		
Brachypodium distachyon	-		1-1											
Carthamus lanatus	•	•	••	•		1.2	_		_					
Crepis foetida	•	•	•	•	<b>i</b> -1		•							
Petrorhagia velutina	•		•	•		•	•	•	-					
Ononis pubescens	•	1-1	•	•	•	•	•	•	•	-	-			
Convolvulus althaeoides	-		•	•	•	•	•	•	•	:	•			
Tuberaria guttata	•	•	•	•	•	•	•		•	*	•	•		
Onobrychis caput-galli	•	• -	•	•	-	242	•	•	•		•	•	•	
Onobrychis aequidentata		1-2			•	•		•	•	•		•	•	
undiana arquarenta		1-1			:	-						•		
Medigago polymorpha		•			2-3							•	•	
Lotus ornithopodioides												+		
Daucus guttatus					1.2									
Scorpiurus muricatus				-				:	:	•			+	
Muscari Comosum	•	÷	:	•	·		:	:	•	•	•			
Allium luteolum	•	•		•		•	•	•	•	•	•		•	
	•	•	т	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
Autres espèces														
Avena barbata														
		1-1	1.2	1-2	+	1-1	1-1	1-2	1-1	1.2	1.2	1.2	1-1	l
Dactulis glomerata		1.2			1-1	1-1	1-1	1.2	1.2	2-1			1.2	
Asphodelus aestivus		1-1	1-1		1.1		+				<u>i-1</u>	+	1-2	
Piptatherum miliaceum	•			•	+	•	•	÷	•	•			-	
Teucrium polium	•	•	i•1	•		•	•	•	•	•	•	•	-	
Notobasis syriaca	•	•		1.2		•	•	•	•	•	•	•	•	
Anthullis vulneraria			•	1.2	• *	•						•	•	

	,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,							
NUMERO DU RELEVE	1	2	3	4	5	6	7	8
ALTITUDE (m)	220	200	30	230	60	200	180	50
			EST	N-E	N-E	S-E	S-E	EST
EXPOSITION	EST	N-E					35	5
PENTE (%)	20	30	5	10	10 Calcaires	35	Calcaires	Calcaires
SUBSTRAT	Alluvions Argileux	Calcaires	Calcaires Marneux	Calcaires Marneux	Calcaires Marneux	Calcaires Marneux	Marneux	Marneux
SURFACE (m²)	100	100	100	100	100	100	100	100
RECOUVREMENT (%)								
STRATE ARBORESCENTE	95	80	90	40	45	70	60	20
				50	90	60	30	50
STRATE ARBUSTIVE	60	60	60					80
STRATE HERBACEE	60	50	50	15	80	10	10	00
Caractéristiques du Prasio-majus ceratonion et du Ceratonion-Rhamnion								
Asparagus aphyllus	1.1	1.1	1.1	+	+			1.2
Prasium majus	+	1.2	2.2		2.3		1.1	
Piptatherum coerulescens Ceratonia siliqua		:	1.1	:	:			
Rhamnus graecus	•		•	•	•	1.1	•	•
Différentielles de la sous-association Pinotesum								
<u>halepensis</u> Pinus halepensis	5.5	4.3	4.5	3.3	3.2	4.5	4.4	2.1
Piptatherum miliaceum	1.2	1.1	1.2	1.1	•	1.1	•	3.2 2.2
Globularia alypum	•	1.1	•	***	•	-		
Différentielles de faciés				+	+			
Juniperus phoenicea Myrtus communis	3.4	:	•			:		•
Caractéristiques des Pistacio-Rhamnetalia								
Pistacia lentiscus	1.2	1.1	3.3	.•	2.2	2.2	1.2	2.2
Olea Europaea Quercus coccifera	+	1.1	2.3	2.2 1.2	+.1 1.3	2.3 1.2	2.2 1.2	2.2
Phagnalon graecum	•	+	1.2	1.1	2.2	1.2	1.3	2.3
Phillyrea media Rubia Tinctorum	÷			Ĭ	-:-	:	÷	
Caractéristiques des Quercetea (alia) ilicis								
Hypericum empetrifolium	+ 3.3	1.1	+	:		:	1.1	1.1
Carex distachya Asparagus acutifolius	1.2	1.1	•		-			+.1
Cyclamen graecum Smilax aspera	2.2	1.2			:	:	+	:
Arbutus unedo	÷		·	•	:	:	•	1.1
Carex distans Lonicera implexa	:	:	:				•	
Espèces des Phryganas								
Caractéristiques de l'alliance Corydothymion								
Coridothymus capitatus	+	+		2.2		1.2	2.3	1.2
Fumana thymifolia Satureja thymbra	:		÷	1.2	;	1.2	2.3	2.2
Mycromeria graeca		1.1	1.2	1.1		1.1	1.1	•
Teucrium divaricatum	•	1.1	•	•••	•			
Caractéristiques de la classe des Cisto-Micromerietea et de l'ordre des Cisto-Micromerietalia								
Cistus monspeliensis		1.1	1.3	1.2	4.3		1.2	2.3
Genista acanthoclada Erica verticilata	+	1.2		:		1.1	:	1.2
Cistus creticus Anthyllis hermaniae		:	:	+		1.2	2.2	1.2
Calicotome villosa			+		2.3	2.2	1.2	:
Thymelaea tartonraira Ballota acetabulosa	:	:		:	:			
Cistus salvifolius Sarcopoterium spinosum	:		:	:	:	:	:	:
Espèces des Thero-Brachypodietea et des Helianthemetea annua								2.0
Brachypodium retusum Helichrysum stoechas	1.2	3.3	2.2 1.2	2.2	3.4	1.2	1.2	3.2 1.1
Linum strictum		1.1	1.2	1.2	•	:	;	2.2
Convolvulus althaeoides Crupina crupinastrum		1.2				+		1.1
Daucus carota Centaurium erythraea	;	:		1.1	1.2	;		
Trifolium angustifolium Brachypodium distachyon	•	+.1	1.2	:		:	1.1	3.3
Centaurea attica sop Pentelica		:	÷	+	1.2		:	
Lagurus ovatus Aegilops ovata			Ĭ.			:	:	2.3
Stipa bromoīdes Trifolium stellatum		1.1	1.2	:	:	:		2.2
Onobrychis caput-galli Trifolium campestre		:	2.2			:		:
Crucianella latifolia Trifolium scabrum	•	:					:	2.3
Nigella damascena	:	1.2	:	•			•	
Stipa capensis Hyparrhenia hirta	:	:	:	:	:	:	:	
Helianthemum lavandulifólium Plantago lanceolata	:	:	:		:	:	+	:
Tuberaria guttata	:		:		:			
Atractylis cancellata Petrorhagia velutina	:	:				:		
Bromus intermedius Tremastelma palaestinum	:		•	:	:	:	•	:
Cichorium endivia Anagallis arvensis	:		:	:	:		*	:
Reichardia picroīdes	•	•						+
Lagoecía cuminoïdes Onobrychis aequidentata	•	:	:	:	:	:	:	
Centaurea raphanina Trifolium arvense		•	•		:			2.2
Nigella arvensis						:		2.2
Scabiosa cretica Blackstonia perfoliata		1.1	÷	:	:	:		:
Ononis pusilla Hippocrepis ciliata	:	:	+		:			
Lolium loliaceum Silene gallica		•	+	:		:	•	•
Limodorum abortivum		:	:				:	:
Linum bienne	•	•	•	•	•	•	•	•
Autres espèces								
Dactylis glomerata Teucrium polium	:	1.1	:	1.1	2.2	÷	•	1.2
Avena barbata Carlina graeca	:		1.2	:	1.2	•	1.1	
Asphodelus aestivus	:	1.1		•			•	1.1
Dorycnium hirsutum Spartium junceum	:	:	:			•	•	
Scolymus hispanicus	•	•	•	•	•	•	•	1.2

9 90 S-E 20 Calcaires Harneux 100	10 220 EST 5 Calcaires Marneux 100 30 80	11 240 N-E 25 Calcaires 100 50 80	12 230 S-E 20 Calcaires Marneux 100	13 65 N-E 5 Calcaires Marneux 100 40	14 40 EST 5 Calcaires Marneux 100 45	15 200 N-E 30 Marnes 100	16 180 N-E 30 Marnes 100	17 80 S-E 10 Marnes 100	18 70 S-E 5 Marnes 100	19 250 OUEST 30 Shistes 100	20 220 EST 35 Shistes 100	21 300 SUD 25 Shistes 100	P R E S E N
60	50	70	30	70	15	70	80	40	5	50	30	70	E
1.1		1.1 1.2	:	1.2	1.2 +	: : :	:		• • •	1.1	1.2	1.1	12 7 2 1
2.2	3.3	3.4	5.4 +	3.2	5.4	5.4 1.2	4.5	3.2 :	2.2 :	2.2 :	2.1	* •	21 7 5
:		:	:	:	:	:	:	•	•	3.3	4.4	2.1	6
1.2 1.1 1.2 2.2	1.2 2.3 1.2 1.1	1.2 3.3 1.2	1.1 1.1 1.2 1.1	+ 1.1 +	1.2 1.1	1.2	1.1	2.3	• • • •	2.2 2.3 +.1	2.2 3.3 +.1	+ 2.3 +	19 15 14 14 5
1.1	1.1 +	1.2	· · · · ·		1.2 +	1.2 + + + + + + + + + + + + + + + + + + +	1.2	1.1 : : : : :	• • • • • •			:	10 9 6 3 2 1 1
2.3 1.1 1.2	1.1 1.2 +	2.2	1.2 1.1,	1.3	1.2	1.2	1.2	2.2	2.2	: : :	1.3 1.2	1.1	15 11 9 5 4
1. 2 4. 5 1. 2 1. 2 1. 1	4.5 1.1 1.1	+ 4.3 2.2	3.2 1.2 1.1	1.1 2.3 1.2 +	1.1 2.1 3.3 +	1.1 5.4 1.2 1.1	1.2 5.5 1.2 1.1	1.1 3.3 1.1 1.2	2,2 2,3 1,2 1,2 3,3	2.2	1.2 1.2	2.1	14 14 12 12 10 5 2 2 1
3.3 1.2 2. 3.3 1.1 1.1 1.1 1.2 4. 3. 3. 3. 1.1 1.2 4. 3. 3. 3. 3. 3. 3. 3. 3. 3. 3. 3. 3. 3.	3.4 1.2	4.4 1.1	3.3 2.2	1.2  3.3 1.1  1.1  1.2  3.3 2.3 1.1     	1.2 1.2 1.2	4.5 + + 1.2	4.3	3,3		3.3	2.3	1.1 2.2 4 1.1 2.1 1.1 1.1 1.1 1.1 1.1 1.1 1.1 1.1	19 7 7 6 6 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5

#### 2 - Prasio-Ceratonietum Pinetosum halepensis - serie du pin d'Alep.

Comme cela a déjà été indiqué, les groupement à Pinus halepensis Mill.se rencontrent partout, que ce soit sur calcaires compacts, schistes metamorphiques, sols alluvionnaires littoraux, marnes et calcaires marneux.

Cependant, leur répartition fine montre qu'ils sont préférentiellement liés aux substrats meubles et friables calcaires (marnes et calcaires marneux).

Ils sont représentés par des pinèdes, d'âges très différents, et qui doivent être considérées dans leur état de maturation optimale (pinède de 80 ans et plus), comme potentielles.

Par contre, leur extension actuelle sur les calcaires compacts ou dans la plaine alluviale de NEA-MAKRI, est assentiellement secondaire et liée à une forte influence de l'homme.

Celle-ci a débuté par des défrichements de la végétation climacique de *Quercus macrolepis* Kotschy., dans la plaine alluviale, afin de favoriser les cultures, ou par des incendies fréquents, ou par surpaturage intensif sur les calcaires compacts, où dominaient les groupements de caroubier.

En effet, le pin d'Alep, espèce exigeante en lumière et anémochore, a pu facilement coloniser ces surfaces dénudées de leur végétation climacique.

Les 21 relevés que nous publions dans le tableau 2 montrent que le pin d'Alep participe aux mêmes structures phytosociologiques que les précédentes -même cortège floristique- mais en constituant une sous-association Pinetosum halepensis différenciée par Pinus halepensis Mill., Piptatherum miliaceum (L.) Cosson., Globularia alypum L., au niveau de laquelle on peut distinguer des facies à Myrtus communis L., localisés dans les microclimats humides, sur les sols alluvionnaires argileux, et des facies à Juniperus phoenicea L., plus spécialement liés aux schistes superficiels (Convergence avec les facies de la sous-association type).

La régression de cette série conduit à une phrygana assez différente de la précédente, puisque 1'on y trouve des espèces liées aux substrats meubles de l'alliance Coridothymion, ceractérisée principalement par Coridothymus capitatus (L.) Reichenb. Fumana thymifolia (L.) Spach. ex Webb., Satureja thymbra L., Micromeria graeca (L.) Benth. ex Reichenb., et Teucrium polium L. et des Cisto-Micromerietalia et Cisto-Micromerietae à Cistus monspeliensis L., Cistus creticus L., Genista acanthoclada DC., et Erica verticilata Forsk.

Ces deux dernières espèces constituent localement d'importants faciès très bien développés, et souvent caractérisés, par la dominance de l'une ou de l'autre, traduisant des passages fréquents d'incendie.

# 3 - <u>Prasio-Ceratonietum Juniperetosum lyciae</u> - série du Juniperus phoenicea L. ssp. lucia Molinier et <u>Bolos</u>.

Les groupements à Juniperus phoenicea L. constituent des brousses, assez clairsemées, de 5 à 6 mêtres de hauteur, en zones littorales et juxtalittorales, dans les stations principalement soumises aux embruns.

Ils appartiennent encore à l'association *Prasio-Ceratonietum*, liés à un facteur écologique déterminant (influence marine) et ils occupent des substrats assez variés: calcaires compacts, schistes, mais aussi marnes ou calcaires marneux et sols alluvionnaires littoraux.

Dans ces groupements qui dominent en bordure littorale proprement dite et quelquefois colonisent des sables et des conglomérats, Juniperus phoenicea L. ssp. lycia Molinier et Bolos est associé a Juniperus oxycedrus L. ssp. macrocarpa (Sibth. et Sm.) Ball.

Comme cela a déjà été indiqué, ces groupements entrent toujours dans le *Prasio-Ceratonie-tum*, dont ils constituent une sous-association différenciée par *Juniperus phoenicea* L. ssp. *Lycia* Molinier et Bolos et *Juniperus oxycedrus* L. ssp. macrocarpa (Sibth. et Sm.) Ball. (tableau 3).

Il s'agit indiscutablement de groupements potentiels à Genévrier, dont le territoire êlectif est presque détruit par l'action humaine, principalement à cause des constructions le long de la côte.

Leur degradation aboutit à des phrygana de Cisto-Micromerietea et à des pelouses de Thero-Brachypodietea et d'Helianthemetea annua, suivant la nature du substrat.

Il faut noter, bien qu'il n'ait pas été présenté dans un tableau, l'existence des groupements à Tamarix galica L., principalement localisés sur les sables.

NUMERO DU RELEVE	1	2	3	4	
NUMERO DU RELEVE ALTITUDE (m)	5	8	8	3	P
EXPOSITION	N-E	N-E	N-E	N-E	R
EXPOSITION PENTE (%)	35	0	0	10	E
SUBSTRAT	Marnes et	Marnes et	Conglomérats	Sables	s
20 23 1 2 4 1		Conglamérats			E
SURFACE (m²)	100	100	100	100	N
RECOUVREMENT (%)				_	c
STRATE ARBORESCENTE	15	70	50	0	E
STRATE ARBUSTIVE	50	40	40	0	
STRATE HERBACEE	100	60	80	90	
Pinus halepensis	•	1.1			1
Espèces caractéristiques du Prasio-Ceratonietum					
Asparagus aphyllus	1.1		+	+	3
Prasium majus	1.2	:	1.2		2
Phagnalon graecum	•	•	1.2	•	-
Caractérisitiques de la sous-association Juniperetosum Lyciae					
Juniperus phoenicea ssp lycia	+	2.2	1.2		3
Juniperus oxycedrus ssp macrocarpa	1.1	•	•	•	1
Espèces caractéristiques des Pistacio-Rhamnetalia					_
Pistacia lentiscus Olea europaea	1.3	2.3	2.2 1.2	:	3 1
Espèces caractéristiques des Quercetea ilicis	•	•			
Smilax aspera		1.2	+	+.1	3
Carex distachya	•		•	1.2	1
Espèces des Phrygana					
Caractéristiques des Cistomicromerietea					
Genista acanthoclada Anthullis hermaniae	1.2	1.2	1.2	:	3 2
Teucrium polium	1.1			·	1
Erica verticilata Teucrium divaricatum	-	+	1.2	:	1
Cistus creticus			+	:	1
Espèces des Thero-Brachypodietea et des Helianthemetea annua					
Lagurus ovatus	2.2	1.2	1.2	2.2	4
Urospermum picroïdes Trifolium angustifolium	1.2	1.1	+ 3.3	1.1	4
Aegilops ovata	2.2	2.3	2.2	1.2	4
Lolium Loliaceum Brachypodium retusum	1.1	1.1	1.1 3.3	1.0	4 3
Helichrysum stoechas	2.3	2.3		+	3
Galactítes tomentosa Plantago lanceolata	1.2 1.1	1.2	•	1.1	3
Trifolium scabrum	3.3	2.3	2.3	•	3
Sonchus oleraceus Medigago tourbinata	1.1 1.1		•	+ 1.1	2
Hirspheldia incana	1.2	•		1.2	2
Trifolium campestre Hordeum murinum	2.2	•	1.2	1.3	2
Torilis nodosa	+		•	÷	1
Petrorhagia velutina Hymenocarpus circinatus	++	•	•		1
Convolvulus oleifolius	2.2			:	1
Linum strictum Lophochloa cristata			1.1		1
Atractylis cancellata	÷	÷	3.3		1
Hipochoeris achyrophorus Papaver rhoeas	•	•	•	1.3	1
Echium arenarium	:	:		1.1	1
Cardaria draba Malva sylvestris	•	•	•	2.2	1
Hedypnois cretica				1.1	1
Sporobolus pungens Cichorium endivia			•	1.2	1
Atriplex hastata	·			1.2	1
Autres espèces					
Avena barbata	2.3	2.2	1.2	1.2	4
Piptatherum miliaceum Carpobrotus acinaciformis	3.3 1.2	1.2	•	+	3 2
Limonium graecum	2.3	1.3	•	•	1
Centaurea spinosa Medigago arborea		•	1.1		1
Thymelaea hirsuta	:		2.2	:	1
Scolimus hispanicus				+	1

NUMERO DU RELEVE	1	2	3	4	5	6	7	8	
ALTITUDE (m)	60	65	70	80	85	95	110	110	P
EXPOSITION	N-Ē	S-E	EST	N-E	S-E	EST	EST	SUD	R
P E N T E (%)	0	0	5	0	0	5	5	0	E
SUBSTRAT	Sols Alluviaux	Sols Alluviaux	Sols Alluviaux	Sols Alluviaux	Sols Alluviaux	Sols Colluviaux	Sols Colluviaux	Sols Colluviaux	s
SURFACE (m²)	100	100	100	100	100	100	100	100	E
RECOUVREMENT (%)									N
STRATE ARBORESCENTE	30	30	40	30	30	5	10	15	С
STRATE ARBUSTIVE	60	30	15	80	60	80	80	80	E
STRATE HERBACEE	30	20	90	60	60	75	35	80	
Pinus halepensis		+			+			1.1	3
Espèces caractéristiques des Pistacio-Rhamnetalia									
Olea europaea Prasium majus	1.1	1.2	1.1	+.1 2.1	1.1	1.2	1.2	1.1	7 6
Pistacia lenticus	2.3	:	+	+	:	1.1	1.2	1.1	5 5
Asparagus aphyllus Juniperus phoenicea	1.1		1.2			•	1.1	1.1	3 3
Rubía tinctorum Phagnalon graecum	1.1		:	1.2	1.2	÷	:	:	3
Ceratonia siliqua Quercus coccifera	:	:	:	•	•	:	1.2		1
Piptatherum miliaceum	•	•	•	٠	•	•	•	2.2	1
Vestiges des anciennes forêts de Quercus macrolepis Espèces caractéristiques des Quercetea ilicis									
Quercus macrolepis	(3).1	(3).1	(3).1	(3).1	(3).1	(1).1	(1).1 1.1	(1).1	B 8
Asparagus acutifolius Anistolochia clematitis	1.1	1.2	1.1	1.1	1.1	1.2	1		3
Pyrus amygdaliformis Phillyrea media	:	•	•			÷	:	:	1
Crataegus monogyna	+	•	٠	•	•	•	•	•	1
Espèces des Phryganas  Caractéristiques des Cistomicromerietea									
Micromeria graeca	+	1.3	1.2	2.2	1.2	+	2.2	1.1	8
Cistus monspeliensis Ballota acetabulosa	2.3 +.1	2.3 1.3	2.3 1.2	3.3 +	3.3 1.2	3.2	3.2 1.2	2.2 1.2	7
Coridothymus capitatus Phlomis fruticosa	1.2	:	:		2.2	3.4	1.2	+ 4.4	3
Calicotome villosa Sarcopoterium spinosum		:	+	2.3			:		2 1
Espèces des Thero-Brachypodietea et des									
Helianthemetea annua	1.2	1.1	2.2	2.2	1.2	2.2	3.3	2.2	8
Trifolium angustifolium Brachypodium distachyon	1.2	1.2	2.2	2.2	1.2	1.2	2.2	2.2	7
Trifolium campestre Lagurus ovatus	1.2	+		1.2		2.3	2.2	1.1	6 6
Aegilops ovata Medigago polymorpha			1.2 2.2	1.2 1.1	2.2	2.2	3.3	1.2	5
Onobrychis caput-galli Aegilops caudata	2.2	1.1	1.2	1.2	1.1	2.1	2.2	1.1	4
Bromus madritensis Nigella damascena	:	1.1	2.1	1.1		2.1	1.2	2.1	4
Briza maxima Urospermum picroïdes	+	1.1			· +	2.1	:		3
Daucus canota Linum strictum		:	•	•	•	3.4	2.3 1.1	2.2 1.1	3
Brachypodium retusum	2.3		•	•	:	2.3	2,2	3.4	3 2
Plantago lanceolata Lophochloa cristata	:	+ +		:	:	:		÷	2 2
Sanguisorba minor ssp muricata Allium subhirsutum	:	•	1.1				•	1.2	2
Cynosurus echinatus Crupina crupinastrum	:	:	:		2.2	1.2	1.2	1.2	2
Tremastelma palaestinum Petrorhagia velutina	:	:				1.2	++	•	2
Lagoecia cuminoides Trifolium scabrum	:		:	:		2.1	2.3	1.1	2
Bromus intermedius Ononis pubescens	÷	:				:	1.2	1.1	2 1
Allium guttatum Convolvulus althaeoides	+	1.3			•	•	•	•	1
Lathyrus aphaca	:	1.1	:	:	•	:	:	:	1
Hordeum murinum Bromus sterilis	:	1.1	:	:		:	•		1
Trifolium stellatum Hedypnoïs cretica	·		÷		:	:	:	:	1
Muscarí comosum Daucus involucratus	:	:	:	+.1 1.1	:	:			1
Hymenocarpus circinatus Rhagadiolus stellatus	:	:	:	:	1.1 +	:		:	1 1
Trifolium arvense Calendula arvensis	:	:	-				1.1	1.2	1
Tordylium apulum Tuberaria guttata		•	•	:	•	•	1.2		1
Carthamus lanatus	÷	:	:		•	:	1.1		1
Stipa capensis Medicago tourbinata	•	:	•	2.1	:	:	:	1.2	1
Autres espèces									
Dactylis glomerata Avena barbata	2.1	1.1	2.2 1.1	2.2 1.1	3.2 1.1	2.2	1.2	+	7 6
Carlina graeca	+	1.2	3.3	:	:	+.1	1.1	1.1	5
	<b>.</b>			:		•	1.2	1.1	3
Asphodelus aestivus Malabaila aurea									
Malabaila aurea Eryngium campestre Piptatherum miliaccum			2.2	•	1.2	÷	1.1	1.1	3
Malabaila aurea Eryngium campestre				: : :	1.2	: : :		1.1	

NUMERO DU RELEVE	•	2	_	4	-	
ALTITUDE (m)	1 75	2 95	3 100	4 110	5 95	
* *	S-E	EST	EST	S-E	S-E	P
EXPOSITION	9-E	0	10	10	5	R
PENTE (%)	Sols	Sols	Sols	Sols	Sols	E
SUBSTRAT	Alluviaux	Alluviaux		Colluviaux		s
SURFACE (m²)	100	100	100	100	100	E
RECOUVREMENT (%)						N
STRATE ARBORESCENTE	60	15	35	50	15	¢
STRATE ARBUSTIVE	80	55	85	70	40	E
STRATE HERBACEE	60	80	30	45	80	
Linus halepensis	3.1					
spèces caractéristiques des Pistacio-Rhamnetalia	3.1	•	-	•	•	1
Peratonia siliqua	(2).1	(2).1	(2).1	(2).1		5
Asparagus aphyllus	1.2	1.1	1.2	1.1	1.1	5
llea europaea Pistacia lentiscus	1.1	2.2	2.1	1.1	•	4
rasium majus	1.2	1.1	2.3 1.1	2.3 1.2		4
Iuniperus phoenicea			1.1	2.3		2
hagnalon graecum Quercus coccifera	1.2	÷	•			) 1
Spèves caractéristiques des Quercetea ilicis	*		-	•	•	,
sparagus acutifolius	1.2		1.1	+.1		3
ristolochia clematitis	•		+	•	•	1
Spèces des Phryghanas						
caractéristiques des Cistomicromerietea						
Cistus monspeliensis	2.2	2.2	2.3	2.3	2.2	5
Ballota acetabulosa Vicromeria graeca	+	1.2	1.1	+ 1.1	1.2	5 3
Sarcopoterium spinosum	÷	1.2				2
'oridothymus capitatus Calicotome villosa	•	1.1	•	•	2.2	1
Phlomis fruticosa	÷	•	•	:		1
spèces des Thero-Brachypodietea et des						
delianthemetea annua						
rifolium angustifolium naurus ovatus	1.2	1.2	2.3	2.3	1.2	5
retrornagia velutina	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2	5 5
rifolium campestre	1.3	1.1	2.3	1.3	2.2	5
Bromus madritensis Nobrychis caput-galli	1.2 2.3	2.3 1.1	1.1	1.2	1.1	5 5
Bromus intermedius	1.1	1.1		1.1	1.2	4
Paucus carota Negilops ovata	1.2	3.4 2.3		2.3	1.2	4
rifolium scabrum	1.1	2.3		2.1	2.2	4
ledigago polymorpha Brachypodium distachyon	1.1 3.3	•	2.2	1.2	2.2 1.1	4
Briza maxima	•	1.1	+		+.1	3
itipa capensis .ophochloa cristata	•	2.2		1.1	1.2	3
inum strictum	•	1.1	1.2	1.1	1.2	3
lordeum murinum	÷		1.1	•	+.1	3
Galactites tomentosa Negilops caudata	+	•	1.1	•	1.1	2
Cynosurus echinatus	1.2		1.1	:		2
Stackypodium retusum	1.3	2.2		:		2
Geranium rotundifolium Tordylium apulum	+.1	1.1			÷	2
ledypnoïs cretica		1.1	•	•	1.1	2
lllium subhirsutum Plantago lanceolata	•	1.2	+		•	2
agoecia cuminoides_	:	2.1	:		1.1	2
Convolvulus althaeoides	+	•	•	•		1
ligella arvensis Psoralea bituminosa	+.1	•		•		1
lilene galica	•	1.2		•	•	1
rupina crupinastrum remastelma palaestinum	•	1.1		•	•	1
ligella damascena		1.1			•	1
krospermum picroïdes Lipa bromoïdes	•		•	2.2	+	1 1
nonis pubescens	÷	·	÷	+		1
rifolium stellatum			•	1.1		1
dutrès espèces						
Asphodelus aestivus	+	1.2		1.1	1.1	4
Pactylis glomerata Carlína graeca	1.2	1.1	1.1	1.1	2.3	4
lvena barbita	1.1		+.1	+.1	1.1	4
Eryngium campestre Halabaila aurea	1.1	+	1.1	÷	+	3
			1.1	-		
	+				1.1	2
macarata dura Carduus macrocephalus Ruta montana Teucrium polium		· •		•	1.1	2 1 1

NUMERO DU RELEVE	1	2	3	4
ALTITUDE (m)	90	90	80	90
	EST	EST	EST	N-E
EXPOSTION	5	5	5	5
PENTE (%)				
SUBSTRAT	Sols Alluviaux	Sols Alluviaux	Sols Alluviaux	Sols Alluviaux
SURFACE (m <sup>2</sup> )	100	100	100	100
	100		100	
RECOUVREMENT (%)	-	•	-	•
STRATE ARBORESCENTE	5	0	5	0
STRATE ARBUSTIVE	90	90	70	70
STRATE HERBACEE	15	40	80	70
Pinus halepensis			1.1	
Espèces caractéristiques des Pistacio-Rhamnetalia				
Plea europaea	1.1	+	1.1	+
Asparagus aphyllus	2.1	+.1	+	1.2
ristacia lentiscus	1.3	1.2		+
Prasium majus Iuniperus phoenicea	1.2	+	1.1	
Pistacia terebinthus	1.3	:	÷	:
Piptatherum Miliaceum				
Phagnalon graecum	•	•	1.2	•
Spèces caractéristiques des Quercetea ilicis				
Isparagus acutifolius	+			
Pyrus amugdaliformis Vristolochia clematitis	•	•	1.1	•
	•	•	•	•
Espèces des Phryganas				
Caractéristiques des Micromerietea				
Cistus monspeliensis	5.5	4.4	4.3	4.3
licromeria graeca Phlomis fruticosa	1.2	1.2	1.1	2.2
allota acetabulosa	<b>+</b>	:		1.2
oridothymus capitatus		2.2		
arcopoterium spinosum Calicotome villosa	+		•	•
umana arabica	:	:	:	•
Espèces des Thero-Brachypodietea et des				
Helianthemetea annua				
Negilops caudata	1.2	3.3	2.2	4.4
rifolium campestre	1.2	3.2	2.2	4.4
Trifolium angustifolium Lagurus ovatus	•	3.3 2.2	2.2	2.2
Paucus carota	1.1	2.3	2.2	2.3
rifolium scabrum	1.1	2.2	2.2	2.3
Brachypodium distachyon	2.2	1.2		2.2
ledigago polymorpha Bromus intermedius	<b>+</b>	1.1	3.3	3.3 2.2
Inobrychis caput-galli		1.1	·	2.1
Bromus madritensis		1.2		•
Brachypodium retusum Plantago lanceolata	1.3	:	1.2	1.2
Lynosurus echinatus	;	:		1.2
inum strictum	•	1.2	•	
agoecia cuminoïdes remastelma palaestinum	•	1.1	1.2	1.1
ophochloa cristata		1.2		2.2
ledypnoïs cretica		+	•	
ordylium apulum	•	÷	•	1.2
Petrorhagia velutina Prupina crupinastrum	:	•	1.2	
iriza maxima			•	
Carthamus Lanatus		1.1		1.1
Ctipa capensis Uberaria guttata	•	•	•	
onvolvulus althaeoides			1.1	•
ligella arvensis	•	•	•	•
rifolium arvense Iymenocarpus circinatus				
rifolium stellatum	:	•		+
lordeum bulbosum	• •	•	•	1.2
nobrychis aequidentata Entaurea raphanina	2.2	•	•	:
rospermum picroïdes	:	÷		:
Silene galica	•	•	•	•
Psoralea bituminosa Nedigago coronata	•	•	•	•
ellium subhirsutum		+.1		
ligella damascena		1.2		•
Steptorhamphus tuberosus	•	•		• .
Tuphorbia characias Utractylis cancellata	:	:	•	:
Inagyris foetida			•	
Biscutella didyma	•		•	•
		:		:
Inonis pubescens	•	•	•	-
nonis pubescens orilis nodosa				
monis pubescens oxilis nodosa autres espèces				
monis pubescens orilis nodosa wtres espèces Pactylis glomerata	1.1	2.2	2.2	1.2
honis pubescens Forilis nodosa <del>Mutres espèces</del> Dactylis glomerata Asphodelus aestivus	1.1	1.1		+
Inonis pubescens forilis nodosa Autres espèces Dactylis glomerata Asphodelus aestivus Cantina graeca	1.1		1.2	2.2
Inonis pubescens Forilis nodosa Autres espèces Pactylis glomerata Asphodelus aestivus Carlina graeca Avena barbata Etyngium campestre	1.1 + 1.1	1.1 1.1 1.1		+
Ononis pubescens Torilis nodosa Autres espèces Dactylis glomerata Asphodelus aestivus Carlina graeca Avena barbata Etyngium campestre Malaballa durea	1.1 + 1.1	1.1 1.1 1.1	1.2 1.2 1.1	2.2 1.1 1.1
Ononis pubescens Torilis nodosa Autres espèces Pactylis glomerata Asphodelus aestivus Carlina graeca Eryngium campestre	1.1 + 1.1	1.1 1.1 1.1	1.2 1.2 1.1	+ 2.2 1.1 1.1

5 90 EST 0 Sols Colluviaux 100 20 70	6 90 EST 0 Sols Colluviaux 100 0 60	7 85 EST 5 Sols Colluviaux 100 0 80	8 130 EST 0 Sols Colluviaux 100 10 80 40	9 85 S-E 10 Sols Colluviaux 100 0 70 40	10 95 EST 5 Sols Alluviaux 100 0 80 40	11 70 EST 5 Sols Alluviaux 100 0 80 40	12 90 EST 5 501s Alluviaux 100 0 50	P R E S E N C
2.1	•						+	3
1.2 1.1  1.2 1.2 1.2 1.1	1.1 +	1.1 1.1 2.2 1.1	2.2 1.1 2.2 1.2	1.1 1.1 2.2	* 	1.1 +.1 +	1.1 + 1.1 +	11 10 9 7 5 3 1
:	1.3	· ·	:	•	1.2	:	:	3 1 1
4.3 2.2 1.2 1.2 +	3.2 1.1 1.3 1.1 + 1.1	2.3 1.1 2.3 + 1.2 1.1	2.3 1.2 3.3 1.2	4.4	1.1 1.2 4.4	1.1 4.4	1.1 2.1	11 9 8 7 6 4 3 2
1.1 1.1 3.3 1.1 2.2 2.2 1.2 2.2 2.2 2.3 2.3 1.1 1.1 2.2 2.2 2.3 2.3 2.3 2.3 2.3 2.3 2.3 2.3	3.3 2.2 2.3 1.2 2.3 1.1 1.1 1.1 1.1 1.1 1.1 1.1 1.1 1.1 1	2.2 2.3 3.3 1.2 2.2 2.2 1.1 1.1 3.3 1.2 + 1.1 1.1 - 1.2	3.3 1.3 3.4 1.1 1.2 2.3 1.1 1.2 2.3 1.1 1.2 1.1 2.3 1.1 1.2 1.2	2.2 2.3 2.2 2.3 2.2 1.2 1.2 1.1 1.2 1.2 1.2 1.2 1.1 1.2 1.2	1.2 2.2 2.2 1.2 2.1 1.2 2.1 1.2 2.1 1.2 2.1 1.2 2.1 1.2 2.3 +.1 1.2 +.1 +	3.3 3.3 3.3 2.2 2.3 2.3 1.3 2.1 1.1 2.2 1.1 1.2 1.2 1.1 1.2 1.2 1.3 1.1 1.3 1.1 1.1 1.2 1.1 1.1 1.1 1.1 1.1 1.1 1.1	2.3 2.3 2.2 2.2 2.2 2.2 1.1 1.1 1.1 1.2 1.2 1.2	12 12 11 10 10 10 10 9 9 8 8 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
1.1 1.1 	2.3 + 1.1 1.1 1.2	1.1 1.1 + +.1	1.1 1.1 1.1 1.1 1.2	1.2 1.1 1.2 1.2 +.1	2.2 +.1 1.1 +.1	1.2 1.1 1.1 +	1.1 1.1 1.1 1.1	11 11 9 8 7 6 5

# 4 - Les problèmes des groupements à Quercus coccipera L.

Les groupements à Quercus coccidera L. dominant se localisent principalement sur calcaires compacts; ils apparaissent, aussi sur calcaires marneux, marnes et schistes, mais en consituant toujours des buissons bas de 50 centimetres à 1 mêtre.

Ils participent à la série du pin d'Alep et, principalement, à la série de caroubier où ils peuvent constituer d'importantes formations, associées à Olea europaea L. et Pistacia lentiscus L.

La série thermophile de Chêne Kermès s'encarte dans l'association Oleo-lentiscetum aegeicum (BARBERO M. et QUEZEL P., 1976), au sein de laquelle nous pouvons distinguer quatre sous-associations:

- Oleo-lentiscetum aegeicum ceratonietosum sur les calcaires compacts,
- Oleo-lentiscetum pinetosum halepensis sur les calcaires marneux, flyschs ou serpentines,
- Oleo-lentiscetum Juniperetosum phoenicea sur les sols três variés dans les zones soumises aux influences maritimes.
- Oleo-lentiscetum cocciferetosum, sur calcaires compacts, pénétrant le plus largement vers l'intérieur des terres et en altitude.

Ces quatre ensembles, pour respecter les normes de la nomenclature phytosociologique, doivent être réunis, au titre de sous-association du *Prasio-Ceratonietum*, qui constitue bien l'association cadre de l'étage thermoméditerraneen.

#### 5 - Le problème de la végétation potentielle de la plaine alluviale à Quercus macrolepis Kotschy.

Les anciennes forêts de Quercus macrolepis Kotschy., qui occupaient les meilleurs sols, ont été défrichées par l'homme pour étendre les cultures et, notamment, les olivettes et les vignes.

Il s'agit d'arbres épars, qui, en âge général, sont bien développés. Ils occupent des sols profonds, mais ils existent aussi sur des sols plus caillouteux, enrobés dans une maille de terre fine, vers le fond de la vallée.

Ces groupements constituent la série vestigiale de Quercus macrolepis Kotschy(Tableau 4).

Ils se rattachent à la classe de Quercetea ilicis par Asparagus acutifolius L., Aristolochia clematitis L., Pyrus amygdaliformis Vill., Crataegus monogyna Jacq., Phillyrea media L.

Apparaissent aussi plusieurs espèces de Pistacio Rhamnetalia traduisant les impacts qu'ont subi ces groupements, dont l'état de dégradation avancée est parfaitement traduit par les espèces de phryganas, avec Cistus monspeliensis L., Micromeria graeca (L.) Benth. ex Reichenb, Ballota acetabulosa (L.) Benth., Coridothymus capitatus (L.) Reichenb. et Phlomis fruticosa L. Cette dernière se localise sur les sols calcaires caillouteux. Sont également présentes plusieurs espèces de pelouses de Thero-Brachypodietea de la Helianthemetea annua, suivant la nature chimique du substrat.

Les chênes ont été épargnés, à cause de leur haute valeur nutritive (glandaie abondante et pour l'utilisation de leur excellent tanin).

Il faut également signaler la présence, dans la plaine alluviale, d'arbres épars de Ceratonia siliqua L., bien développés et probablement cultivés pour la récolte de caroubes. Ces formations
d'origine anthropique sont à rattacher à la série de Quercus macrolepis Kotschy. (Tableau 5). Leur structure phytosociologique est en tous points la même que celle des groupements de chênes.

# 6 - Les groupements post culturaux

Nous avons reuni, dans ce paragraphe, quelques données, concernant la végétation postculturale du secteur et, notamment, celle des olivettes et des vignes.

Ces cultures existent exclusivement sur la frange littorale et, principalement, dans la plaine alluviale de NEA-MAKRI.

Les olivettes sont presque abandonnées, à l'exception de quelques parcelles, qui se cultivent périodiquement pour la production et l'utilisation locale.

La résultat de l'abandon a été la colonisation des terrains par la végétation sauvage des pelouses et phryganas, comme le montre nettement la lecture du Tableau 6.

Le degré de cette colonisation est directement lié au facteur temps, ce qui se traduit par une certaine héterogénéité, liée principalement aux structures de végétation naturelle (potentiel génétique) présentes à proximité des cultures.

Ainsi, on distingue une colonisation à Juniperus phoenicea L., Olea europaea L., Pistacia lentiscus L., mais aussi Pistacia terebinthus L., qui étaient associés aux forêts initiales de Quercus macrolepis Kotschy, et qui n'ont pas été totalement éradiquées. On doit aussi signaler l'existence de

nombreuses espèces anémochores et notamment le pin d'Alep.

Il faut aussi mentionner la présence de nomreuses espèces caractéristiques de Cisto-Micromerietea qui montrent une régéneration facile et notamment Cistus monspeliensis L., qui localement, constitue de faciès très importants, de Micromeria graeca (L.) Benth. ex Reichenb. qui existe à peu près partout, de Phlomis fruticosa L., qui se rencontre essentiellement sur les colluvium alluviaux, riches en
gros squelettes et, quelle que soit la nature chimique du substrat, de Ballota acetabulosa (L.) Benth.,
qui est bien développée dans les parties les plus fortement pâturées par les quelques troupeaux présents,
de Coridothymus capitatus (L.) Reichenb., installée sur des sols recouverts superficiellement d'un matelas de graviers et de Sarcopoterium spinosum (L.) Spach., sur les sols en terre fine et à menus squelettes.

Dans ces phryganas, physionomiquement très variées, suivant la nature des substrats apparaissent de très nombreuses espèces des pelouses, localement dominantes de Thero-Brachypodietea et des Helianthemetea, associées à des postculturales, comme Avena barbata Pott ex Link., Malabaila aurea (Sibth. et Sm.) Boiss. Bromus intermedius Guss.

Les vignes sont totalement abandonnées. Le vignoble, qui occupait les meilleures terres, est aujourd'hui pratiquement morcelé et désintégré par les nombreuses constructions.

Les relevés effectués (Tableau 7) montrent que sur les parcelles vignes non construites et abandonnées depuis longtemps, s'est opérée une colonisation importante par Pinus halepensis Mill., Juniperus phoenicea L., Pistacia lentiscus L., Olea europaea L.

Dans les vignes abandonnées depuis longtemps, ce sont les phryganas des Cisto-Micromerietea qui présentent le développement le plus important, avec Genista acanthoclada DC., dominant, Cistus creticus L., dominant, etc.

Au contraire, les vignes, récemment abandonnées (Tableau 7, relevés no 4 et 5), montrent un développement plus important des espèces caractéristiques des millieux culturaux, avec Scolymus hispanicus L. dominant, Avena barbata Pott. ex Link. dominant, Notobasis syriaca (L.) Cass., Bromus sterilis L. etc. et les pelouses des Thero-Brachypodietea et des Helianthemetea annua.

## 7 - Incidences sur la végétation occasionées par le developpement urbain et touristique

Parmi celles-ci, il faut signaler:

D'abord, une destruction directe de la végétation, premièrement à cause des activités de constructions (constructions, voies, ets..) et en second, en raison des activités touristiques pendand la période estivale, surtout sur la frange littorale, des destructions temporaires mais répétées:piétinement, camping sauvage, parking de voiture désordonné sous les arbres.

Cet impact est plus marqué en différents endroits de la côte, comme en témoigne la destruction presque totale de la série littorale de Juniperus phoenicea L. ssp. Lycia et aussi au sud, sudouest du secteur où les peuplements potentiels de Pinus halepensis Mill. subissent un fort, impact, non seulement du fait d'une intense activité constructive, mais aussi à cause du décapage de la végétation sur toute la surface du terrain.

Cette destruction de la végétation, d'ailleurs, provoque une augmentation de l'érosion, qui favorise une perte de fertilité de sols et par conséquent, une diminution de la productivité de la végétation.

Vers le nord du secteur et, plus particulièrement, dans la plaine alluviale de NEA-MAKRI, les activités de construction provoquent une élimination de la végétation des terres agricoles, dont la plupart sont abandonnées. Les constructions menacent aussi les dernières vestiges de végétation potentielle de Quercus macrolepis Kotschy. Ici il faut indiquer aussi que l'abandon des cultures (olivettes et vignes) et leur remplacement par des constructions favorise, dans un premièr temps, une recolonisation de ces surfaces comme le montrent les tableaux phytosociologiques 6 et 7 par des espèces postculturales, ce qui a pour résultat une évolution progressive de la végétation; mais il s'agit d'un stade temporaire à cause de l'installation rapide de futures constructions.

Modification de l'alimentation hydrique et du régime trophique des arbres, en liaison étroite avec les constructions.

Il faut souligner qu'il y a une forte relation entre les besoins hydriques des végétaux et les caractéristiques hydrodynamiques et la porosité des sols, qui conditionnent l'eau et l'air disponibles. Les racines sont non seulement des organes chargés de véhiculer l'eau du substrat édaphique vers la plante, mais ce sont, en outre, des organes qui respirent et, par conséquent, les pores du sol doivent laisser assez de place à l'eau comme à l'air.

NUMERO DU RELEVE	1	2	3	4	5	
ALTITUDE (m)	80	110	30	100	50	P
EXPOSITION (%)	OUEST	N-E	EST	S-E	EST	R
PENTE (%)	25	5	5	5	0	E
			Alluvions		Alluvions	s
SUBSTRAT	Marne	Marne	Calcaires	Marneux	Calcaires	E
SURFACE (m²)	100	100	100	100	100	N
RECOUVREMENT (%)						C E
STRATE ARBORESCENTE	50	10	50	_	0	ь
STRATE ARBUSTIVE	40	10	50	5	5	
STRATE HERBACEE	80	70	80	100	80	
SIRALE RERBACEE	80	70	00	100	00	
Pinus halepensis	3.3	2.1	2.1		•	3
Espèces caractéristiques de Pistacio-Rhamnetalia						
Pístacia lentíscus Asparagus aphyllus	+ 1.1	1.1	1.1	1.2 1.2	1.2	4
Phagnalon graecum	3.3	1.2	2.2		1.1	4
Olea europaea Juniperus phoenicea	1.2 1.1	:	:			3 1
Espèces caractéristiques des Quercetea ilicis						
Hypericum empetrifolium			1.2		1.2	2
Asparagus acutifolius	+	•	+	• .	٠	2
Espèces des Phrygana						
Caractéristiques des Cistomicromerietea						
Genista acanthoclada Cistus cretícus	2.1 2.3	1.1	3.3		•	3 2
Calicotome villosa	2.3		1.2	+	•	2
Coridothymus capitatus Satureja thymbra	•	•	1.2	1.2	•	2
Micromeria juliana	:	2.3				1
Anthyllis hermaniae	+	•	•	•	•	1
Cistus monspeliensis Teucrium polium		:	2.2 2.1		•	1
Fumana thymifolia	:	:	1.1	:	:	1
Sarcopoterium spinosum Lavandula stoechas	•	2.1	•	2.2	•	1
Espèces caractéristiques des milieux culturaux						
Scolymus hispanicus	2.3	2.2	+.1	2.2	1.1	5
Avena barbata		1.2	1.1	1.2	2.2	4
Inula viscosa	2.3	+.1	•	1.1	•	3 2
Cichorium intybus Lactuca graeca	2.2	2.1 1.1	:	2.2	:	2
Nigella damascena		•	2.2		•	1
Carthamus lanatus	•	•	•	2.2 1.1	•	1
Verbascum undulatum Notobasis syriaca				1.1	•	1
Bromus sterilis	:				2.2	1
Rumex pulcher	•	•	•	•	2.1	1
Espèces des Thero-Brachypodietea et des Belianthemetea annua						
Daucus carota Trifolium angustifolium	2.2 3.4	2.2 3.3	1.1	4.3 3.3	2.4	5 5
Palenis spinosa		2.1	2.2	1.1	+.1	4
Bromus madritensis Trifolium campostra	1.2		2.2	1.2	3.2	3
Trifolium campestre Linum strictum	•	1.3 1.1	1.1	2.2 1.1	3.2	3
Urospermum picroides	•	2.2		2.2	1.2	3
Crupina crupinastrum		•	1.2		2.2	2
Hedypnoîs cretica Lagoecia cuminoîdes	:	:	+.1 1.2	1.2	•	2
Helichrysum stoechas	•	2.2	1.2		•	2
Bromus intermedius Brachypodium retusum	3.4	•	1.1	+	•	2 1
Cymosurus echinatus	3.4	:	+.1		:	1
Atractyllis cancellata			2.2			1
Lagurus ovatus Ononis pubescens	•	•	1.2	•	•	1
Echium italicum	:	:	1.3	1.1	:	1
Trifolium arvense				1.2	•	1
Crepis foetida Medicago polymorpha	•	•	•	2.2	3.2	1
Tuberaria guttata	:	:	:	:	1.2	1
Plantago lanceolata Convolvulus althaeoides					2.1	1
Autres espèces						
Piptatherum miliaceum	2.1	2.2	1.2	1.2	2.2	5
Dorycnium hirsutum Dactylis glomerata	+	•	1.3	2.2	+	3
Thymelaea hirsuta	•	•	•	4.2	•	1

Dans le sol forestier en place, un équilibre s'est établi entre "besoins"et "disponibilités" équilibre souvent précaire (LONG G., 1975).

Des perturbations sont alors indroduites par les travaux d'urbanisation, comme, par exemple, la création de zones du secteur de mauvais drainage, par suite du tassement exagéré des immeubles ou par défaut encore, en raison du surdrainage de certaines zones.

Les traveaux de nivellement et terrassement entraînent aussi la mise en surface de couches profondes du sol, dont le chimisme est différent des couches de surface pré-existantes.

En effet, dans le secteur, les couches plus profondes des sols dans les zones de dépôts quaternaires et tertiaires, qui subissent aujourd'hui presque exclusivement les pressions urbaines, sont remises en surface, modifiant la composition chimique initiale des sols, notamment en calcaire actif,qui est un élément déterminant de leur qualité.

Il faut aussi ajouter la tendance des promoteurs ou des architectes à "humaniser" les espaces verts, par la plantation d'essences ornementales ou par la création de gazons, qui conduit souvent à des pratiques d'amendement, de fumure et de fertilisation, modifiant profondément le régime trophique du sol.

L'abandon des activités d'élevage a provoqué une atténuation considérable des pressions pastorales d'autrefois, ce qui, en contre partie, a pour résultat de faciliter la dynamique de la végétation.

Par exemple, la dégradation de la série potentielle du caroubier (Tableau 1) est due, en partie, au surpâturage et principalement à celui des caprins. Il faut tenir compte que la chèvre a une grande importance, car elle est plus rustique que le mouton, et parce qu'elle réussit à utiliser une quantité beaucoup plus grande d'espèces. Etant pourvue d'un palais et d'une langue très durs et de dents très fortes, elle peut s'attaquer aux feuilles coriaces et même aux branches épineuses (TOMASELLI R., 1976).

Aujourd'hui, le pâturage est limité et se pratique surtout dans la partie calcaire du secteur, et vers le fond de la vallée de NEA-MAKRI. Les présences de Asphodelus aestivus Brot. et de Ballota acetabulosa (L.) Benth., comme espèces indicatrices des zones de pâtures, confirment en effet cette action. Cependant, la principale action du pâturage d'aujourd'hui, comme nous l'avons constaté sur place, se porte sur la consommation des régénérations de jeunes plantes, principalement dans les endroits qui ont subi des incendies récents.

La fréquence et l'extension des incendies a été considérablement limitée pendant les deux dernières décennies (le dernier grand incendie a eu lieu il y a 40 ans).

Bien que les conditions climatologiques le type de végétation et les activités urbanisticotouristiques du secteur puissent favoriser l'incendie, les résidents assurent eux-mêmes une bonne prévention, surtout pendant la période estivale où de tels risques augmentent. Ainsi, par exemple, quelques uns des incendies qui ont eu lieu pendant les dernières années se sont limités à quelques hectares seulement.

A ce stade, il faut noter que le paturage pratiqué aujourd'hui au fond de la vallée de NEA-MAKRI en éliminant les plantes annuelles de pelouses, qui, pendant l'été, constituent un fort risque de départ d'incendie, permet d'éviter un risque pour les constructions avoisinantes. En effet, comme le montrent les tableaux phytosociologiques 6 et 7, ces espaces sont colonisés par un nombre important d'espéces annuelles et de phryganas, dont un certain nombre est essentiellement composé de pyrophytes, qui sont trés sensibles aux variations de teneur en eau et, par conséquent, trés inflammables et combustibles (par exemple, Cistus monspeliensis L., Cistus creticus L., Brachypodium retusum (Pers.) Baeuv., Quercus cocciféra L.

# CONCLUSIONS

La végétation de la région étudiée s'encarte parfaitement dans les unités phytosociologiques, mises en évidence, pour la Grèce, par BARBERO M. et QUEZEL P.

Elle appartient à l'étage thermoméditerraneen et plus particulièrement à l'association cadre potentielle du *Prasio-Ceratonietum*.

Un double échantillonnage stratifié en fonction des substrats, puis systématique dans chacune de ces grandes classes a permis d'établir un zonage écologique, qui a conduit à la distinction de plusieurs ensembles:

- A Prasio-Ceratonietum typicum sur calcaires compacts, correspondant à la série du caroubier.
- B Prasio-Ceratonietum Pinetosum halepensis sur schistes et calcaires marneux, représentant la série du pin d'Alep.
- C Prasio-Ceratonietum Juniperetosum lyciae en zone littorale et juxtalittorale, dans les zones où les embruns sont le facteur écologique déterminant. (série de Juniperus lycia Juniperus macrocarpa).

  D Formations dégradées à Quercus macrolepis des zones alluviales et colluviales de la plaine.

Tous les écosystèmes forestiers rencontrés sont très hétérogènes, du fait des modes de gestion agrosylvopastorale qu'ils ont subis. C'est ce qui explique la très grande diversité que l'on observe dans presque tous les relevés où cohabitent les espèces préforestières des Pistacio-Rhamnetalia, les espèces des fruticées des Cisto-Micromerietea et les espèces des pelouses des Thero-Brachypodietea et Helianthemetea.

Le tissu rural de la région est profondément marqué par les impacts de l'urbanisation.

Les cultures de vignes et les olivettes sont aujourd'hui pratiquement abandonnées, et l'étude des structures floristiques postculturales les caractérisant permet de définir et de décrire les différentes phases progressives d'abandon des parcelles.

Parmi les incidences sur la végétation il faut aussi signaler:

- A Une destruction directe de la vēgétation premièrement à cause des activités de constructions et deuxièmement, en raison des activités touristiques.
- B Modification de l'alimentation hydrique et du regime trophique des arbes, en liaison étroite avec les constructions.
- C L'abandon des activités d'élevage, qui a provoqué une attenuation considérable des pressions pastorales d'autre fois sur la végétation.

#### REMERCIEMENTS

Qu'il nous soit permis de remercier tout particulièrement Messieurs les Professeurs P. QUE-ZEL et M. BARBERO de l'Université de Droit d'Economie et des Sciences d'Aix Marseille, pour l'aide qu'ils nous ont apportée dans la réalisation du travail phytosociologique et les conditions excellents de travail assurées au sein du laboratoire de Botanique et d'Ecologie Méditerranéenne de St-Jérôme.

# TABLEAUX PHYTO-SOCIOLOGIQUES

- <u>Tableau 1</u>: Groupements de Caroubier
- Tableau 2: Groupements de pin d'Alep
- Tableau 3: Groupements de Juniperus phoenicea L. ssp. lycia Molinier et Bolos et Juniperus oxycedrus L. ssp. macrocarpa (Sibth. et Sm.) Ball.
- Tableau 4: Groupements de la série vestigiale de Quercus macrolepis Kotschy.
- Tableau 5: Groupements de Caroubier de la plaine alluviale.
- Tableau 6: Groupements post-culturaux des olivettes abandonnées de la plaine alluviale.
- Tableau 7: Groupements post-culturaux des vignobles abandonnés de la plaine alluviale.

# REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ABI-SALEH B., BARBERO M., NAHAL I. & QUEZEL P., 1976: Les séries forestières de végétation du Liban Essai d'interprétation schématique, Bull. Soc. Bot. Fr. 123: 541-560.
- BAGNOULS F. & GAUSSEN H., 1957: Les climats biologiques et leur classification Ann. Géog. 335:193-220.
- BARBERO M. & QUEZEL P., 1976: Les groupements forestiers de Grèce centroméridionale. Ecologia mediterranea no 2, 86 pages.

- BARBERO M. & QUEZEL P., 1980:La végétation forestière de la Crête. Ecologia mediterranea no 5:175-209.
- EMBERGER L., 1955: Une classification biogéographique des climats. Recl. Trav. Lab. Bot. Géol. Zool. Univ. Montpellier, 7: 3-43.
- GUINOCHET M., 1973: Phytosociologie Masson et Cie, Paris, 199 pages.
- KOUNIS G., 1975: Les conditions hydrogéologiques et les possibilités d'approvisionnement en eau de la commune de Néa-Makri d'Attique. Institut de recherches géologiques et minérales de Grèce,
  Rapport 17 pages + annexe (deux cartes hydrogéologiques).
- LONG G., 1975: Diagnostic phyto-écologique et aménagement du territoire. Tome II. Application du diagnostic phyto-écologique, examen des cas concrets. Collection écologique 5 - Masson et Cie, Paris. 219 pages.
- MARIOLOPOULOS H. KARAPIPERIS L., 1955: Les précipitations de Grèce (Période 1911-1940). Ministère de planification économique, Athènes.
- MAVROMATIS G., 1976: Les divisions écologiques de l'Attique (en grec avec résumé en anglais) no 78, Ministère de l'Agriculture greque, Athènes, doc. dact., 16 pages.
- MAVROMATIS G., 1980: Le bioclimat de la Grêce (en grec avec résumé en français) "Dassiki Ereuna" supl. 1-63 +annexe (3 cartes en couleur), Athènes.
- NAKOS G., 1975: Carte pédologique générale de la Grèce +notice explicative. Institut de recherche forestière d'Athènes. Direction générale des forêts et de l'environnement forestier Athènes.
- OBERDORFER E., 1954: Nordägaische Kraut-und Zwergstrauchfluren im Vergleich mit den entsprechenden Vegetationseinheiten des westlichen Mittelmeergebietes. Vegetatio 5-6: 88-96.
- TOMASELLI R., 1976: La dégradation du maquis méditerranéen. Unesco 35-76 (note technique de MAB no 2).
- UNESCO-FAO, 1963: Carte bio-climatique de la zone méditerranéenne (+ notice explicative) recherches sur la zone aride. XXI, Unesco Paris et Fao Rome.



La végétation de la Réserve Naturelle de la presqu'île de Scandola(Corse). Etude phytosociologique et cartographie au 1/10 000 ème.

J. GAMISANS\*
M. MURACCIOLE\*\*

RESUME - Les auteurs décrivent la végétation de la Réserve Naturelle de la Presqu'île de Scandola (Corse) d'un point de vue phytosociologique. Une trentaine de groupements végétaux ont été distingués. Les ceintures halophile et semi-halophile correspondent à divers groupements des Crithmo-Limonietea. Les formations à Pistacia lentiscus dominant, essentiellement littorales, peuvent être incluses dans l'Oleo-Ceratonion mais sont nettement moins riches en espèces thermophiles que les groupements sardes ou siciliens de cette alliance. Le reste de la végétation appartient à une série inférieure (ou thermophile) de Quencus ilex. Les groupements arborescents (subclimax) sont des bois de Quencus ilex et des maquis très élevés appartenant au Quencion ilicis. Les groupements de dégradation sont des maquis (Erico-Arbutetum), des cistaies (Helichryso-Cistetum), des fruticées très basses (Stachydi-Genistetum) et des pelouses (Helianthemetea anna, Thero-Brachypodietea). La végétation rupicole et ripicole est aussi individualisée. Le relief très accidenté et l'impact de l'homme apparaissent comme les principaux facteurs de la diversité actuelle des paysages végétaux de la prequ'île. Des schémas d'évolution probable de la végétation sont proposés. Une carte de la végétation au 1/10 000 accompagne ce travail.

SUMMARY - The authors describe the vegetation of the Reserve of Scandola (Corsica) from a phytosociological point of view.

About thirty vegetal communities are distinguished. Halophilous and semi-halophilous vegetation belongs to Crithmo-Limonictea communities.

The Pistacia lentiscus thickets, essentially localized on the sea-bord, are included in Oleo-cenatonion but they have fewer thermophilous species than sardinian or sicilian communities of this alliance. The rest of vegetation belongs to a thermophilous series of Quercus ilex. The arborescent communities are Quercus ilex woods or high thickets, belonging to Quercion ilicis. Degradation communities are thickets (Enico Arbutetum), distus communities (Helichryso-Cistetum), bushes (Stachydi-Genistetum) and meadows (Helianthemetea annua , Thero-Brachypodietea). Rupicolous and ripicolous vegetation are also individualized. The hilly topography and human influence are the most important factors of the actual diversity of vegetation. Possibilities of vegetation evolution are proposed. A vegetation map (scale 1/10 000) is annexed to the work.

 ${\tt MOTS} \ {\tt CLES: phytosociologie, cartographie, littoral, \'etage \it m\'esom\'editerran\'enen inf\'erieur, {\tt Corse.}$ 

#### A - LES CONDITIONS GÉNÉRALES DU MILIEU À SCANDOLA

# l - Position géographique

La Réserve est localisée à l'Ouest de la Corse, sur la façade maritime du Parc Naturel Régional, un peu au Nord de Porto.

Sa superficie terrestre est de 920 ha et sa superficie marine de  $1000\ \mathrm{ha}$ .

## 2 - Substratum géologique

La presqu'île fait partie d'un grand complexe volcano-plutonique qui recouvre le massif du Cintu et la vallé du Fangu (voir BRISSET et COCHENE, 1976). Celui-ci s'est installé en deux cycles

<sup>★</sup> Laboratoire de Botanique et Ecologie Méditerranéenne - Faculté des Sciences de St-Jérôme -13397 Marseille Cedex 13

<sup>★★</sup> Association pour la Gestion des Espaces Naturels Corses (A. G. E. N. C.) - 5, rue Général Campi - 20 000 Ajaccio Corse

volcaniques dont le second qui date probablement du Permien supérieur est seul visible dans la Réserve. Il est constitué de rhyolites, ignimbrites, pyroclastites et microgranites. Des roches métamorphiques sont aussi décelables dans la Réserve comme la serpentinite sur laquelle se localise souvent Cheilanthes marantae.

#### 3 - Géomorphologie

L'actuelle prequ'île s'est créée à la suite d'un basculement vers l'ouest de l'ensemble volcanique. Ainsi la façade maritime, très importante est surtout constituée de falaises avec des fonds marins très abrupts et de rares plages de galets dont la superficie est toujours modeste.

La diversité géologique des roches explique le relief accidenté avec des dénivellations importantes, de grandes falaises, et de grandes fissures. La présence de "Taffoni" rend le paysage encore plus étrange et tourmenté.

Cette topographie a fait que d'importantes surfaces verticales ou subverticales n'ont jamais été recouvertes de végétation dense. A ces surfaces naturellement rocheuses se sont ajoutées celles qui résultent de l'érosion des sols là où la végétation a été dégradée par les incendies, les cultures, Le surpâturage.

#### 4 - Les sols

Aucune étude spécifique des sols n'a été réalisée. Cependant les observations sur le terrain ont permis de noter que les sols étaient généralement peu épais, sauf au niveau de certains vallons boisés où il y a eu colluvionnement et où la productivité de la végétation semble la plus importante.

#### 5 - Hydrographie

Le réseau hydrographique est de type torrentiel. Seul les ravins d'Elbo et de Canalette sont parcourus par des ruisselets permanents. Quelques suintements existent au bas des vallons de Cala Vecchia, Muretta et Basgia Casgiu. Les rares sources se perdent souvent bien vite par infiltration.

## 6 - Le climat

Le climat de la Réserve n'est connu que par extrapolation à partir de données concernant d'autres points du littoral voisin (Galéria, graphique n° l). Il s'agit d'un climat méditerranéen à creux estival des précipitations bien marqué , à pluies importantes en automne et à un degré moindre au printemps. La moyenne des précipitations annuelles semble se situer autour de 750 mm d'eau (1981-1982). Les vents d'ouest et sud-ouest, souvent violents dominent largement.

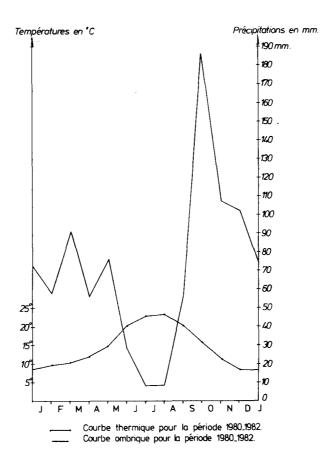
La température moyenne annuelle a été à Galéria de 14,8°C en 1981 et 15,4°C en 1982. Pendant les deux mêmes années les moyennes des minima du mois le plus froid ont été respectivement de 6°C (janvier 1981) et de 2,8°C (décembre 1982). Ces valeurs sont proches de celles qui caractérisent l'étage thermo méditerranéen (température moyenne annuelle > 16°C et m > 3°). Galéria offre donc des conditions de températures qui sont celles d'un secteur de transition entre l'étage mésoméditerranéen et l'étage thermoméditerranéen. Il en est probablement de même pour Scandola. Nous verrons plus loin que la végétation littorale ou sublittorale de la Réserve correspond effectivement à cette transition et comporte quelques éléments de l'étage thermoméditerranéen mais en nombre encore réduit.

# 7 - Milieu biotique

Par le passé, l'occupation humaine a été importante (RUGGIERI, 1981) et a marqué le milieu naturel. Aujourd'hui les activités se limitent à un élevage très extensif de quelques bovins, à la pêche en mer et à la présence de bateaux de plaisance dont les équipages ne s'aventurent guère dans l'intérieur de la presqu'île.

Jusqu'en 1930 le chêne vert, l'arbousier et le bruyère ont été exploités pour le charbon de bois, essentiellement dans les vallons colluvionnés où l'on retrouve de nombreuses traces de cette activité.

Des céréales étaient cultivées dans les secteurs les moins pentus comme en témoignent la présence d'une douzaine d'aires à blé, mais c'est surtout l'élevage en libre parcours, accompagné plus ou moins régulièrement de brulis pastoraux qui occupait les habitants saisonniers de la presqu'île. L'îlot de Gargalu conserve avec ses pelouses l'empreinte de ce pâturage.



Graphique n° 1 - Diagramme ombrothermique de la station de Galéria.

Par endroit, sur quelques croupes plates ou dans des vallons on décèle encore la présence d'oliviers greffés et dans la vallée d'Elbo végètent de la vigne et divers arbres fruitiers dont l'abandon est, par contre, très récent.

## B - LA VÉGÉTATION

#### I - Les divers groupements végétaux

La flore vasculaire de Scandola comprend environ 600 taxons (voir Conrad, 1980). La végétation qu'elle constitue est assez variée compte tenu de l'uniformité du substrat. L'influence maritime, la présence de reliefs vigoureux et l'occupation humaine sont responsables des principales variations physionomiques et floristiques. Cette végétation appartient à l'horizon thermophile de l'étage mésoméditerranéen et offre, sur la frange tout à fait littorale, quelques éléments d'un étage thermoméditerranéen.

# Nous étudierons successivement :

- les groupements végétaux spécialisés : groupements littoraux (Crithmo-Staticetea, Cakiletea), groupements rupicoles non littoraux (Asplenietea rupestria), groupements ripicoles (Caricion microcarpae), groupement à Vitex (Nerio-Tamaricetea), groupement à Juncus acutus (Juncetea maritimi), groupement de friches (Rudero-Secalietea).
- les groupements végétaux climaciques ou subclimaciques, ceux qui en dérivent par dégradation et ceux qui y conduisent par évolution progressive : groupements littoraux ou sublittoraux à Pistacia lentiscus dominant ou à P. lentiscus et Euphorbia dendroides (Oleo-Ceratonion, Quercetea ilicis) maquis élevés et chênaies à Quercus ilex (Quercetea ilicis), cistaies et maquis bas (Cisto-Lavanduletea, Quercetea ilicis), fruticées très basses sur sols dégradés (Teucrion mari) pelouses (Helianthemetea annuae, Thero-Brachypodietea).

Tableau 1 Crithmo-Limonietum et Armerio-Seseletum

Numéro de relevé Surface (m2) Recouvrement % Pente (°) Exposition Altitude (m)	7 100 20 60 N 20	5 100 20 90 SW 4	24 25 10 90 N 5	6 100 35 80 SW 8	25 50 15 80 N 8	10 100 20 90 N 40	115 30 30 70 N 80	107 100 30 80 S 12	8 50 50 60 N 30
Caractéristique et différentielle du Crithmo-Limonietum Crithmum maritimum Limonium articulatum	1-2 2-3	1-3 1-2	1-2 +	1-2		+			
Caractéristiques de l'Armerio-Seseletum Armería soleirolii Seseli bocconi subsp.praecox	1-2	<i>+</i>	1-1 +	1-1 2-2	1-1 2-3	1-2 2-3	1-2 1-3	1-2	1-2
Differentielles vis à vis du Crithmo Limonietum Helychrysum italicum subsp·italicum Genista corsica Senecto bicolor subsp·cineraria Rosmarinus officinalis	:	:		2-2 1-3 + 1-3	:	1-2 1-2	+ +	2-2 2-3 2-2 1-3	3-2
Caractéristiques de l'Erodenion corsici Erodium corsicum Allium acutiflorum	2-2	:	1-1		<i>+</i>	1-2	2-2 +	1-2	:
Caractéristiques du Crithmo-Limonion et Crithmo-Limonietea Lotus cytisoides Daucus carota subsp:hispanicus Senecio leucanthemifolius Euphorbia pithyusa subsp pithyusa Matthiola incana	<i>+</i>	1-3 :	+ + + -	1-3 1-2	<i>*</i> : : : : : : : : : : : : : : : : : : :	÷ :	1-2 1-3		1-2 2-1 1-2
Espèces des Asplenietes rupestris Piptatherum caerulescens Dianthus sylvestris subsp siculus Umbilicus rupestris Phagnalon saxatile	:	:		<i>+</i>	; ; :	:	· + : +	+ + +	
Autres espèces Pistacia lentiscus Reichardia picroides Dactylis glomerata subsp.hispanica Euphorbia dendroides Dittrichia viscosa Silene gallica Linum trigynum Asparagus acutifolius				1-2 1-1			1-2 1-2 1-2	1-3 1-3 1-1 2-2	2-3

Tableau n°4

Groupement à Daucus carota subsp-hispe	anicus	
	110	
Numéro de relevé	112	
Surface (m2)	100	
Recouvrement (%)	100	
Pente (*)	50	
Exposition	W	
Altitude (m)	120	
Espèces des Crithmo-Limonietes		
Daucus carota subsp. hispanicus	5-5	
Senecio bicolor subsp. cineraria	1-2	
Matthiola incana	+	
Autres espèces		
Carlina corymbosa	+	
Foeniculum vulgare subsp. vulgare	+	
Parietaria diffusa	1-2	
Dactylis glomerata subsp. hispanica	1-1	
Geranium purpureum	1-1	
	1-1	
Vicia villosa subsp. villosa	· +	
Clematis flammula	•	
Tableau n°5		
Groupement à Euphorbia pepli	8	
Numéro du relevé		4
Surface (m2)		5
Recouvrement % (h)		3
Pente (°)		_
Exposition	4	n
Altitude (m)	-	•
Altitude (m)		
Différentielles du groupement, caractéris des Euphorbion peplis et Cakiletea mariti		
Euphorbia peplis	<b>1</b>	_
	1	
Glaucium flavum	1	_
Espèces des Crithmo-Limonietea		
Crithmum maritimum	1	
Senecio bicolor subsp.cineraria	1	-
Autres espèces		
Dittrichia viscosa	1	_
Cynodon dactylon	2	_
Corrigiola telephiifolia		+
		Ŧ
Polygonum aviculare		+

Tableau 2

#### Thymelaeo - Helichrysetum italici

Numéro de relevé Surface (m2) Recouvrement global % Recouvrement des chamephytes % Pente (°) Exposition Altitude (m)	146 50 80 40 60 W	22 25 85 30 80 N 3	23 20 90 40 60 N 8	26 50 60 30 20 W	9 100 50 35 45 N 30	201 30 50 30 5 W 12	205 50 40 20 20 N 9	71 100 90 50 60 NW 8	72 50 80 45 60 NW 8	67 100 90 60 45 W	68 160 90 60 50 W 45	216 100 90 60 45 NW 60	142 50 95 50 45 W	149 100 80 70 50 N	206 50 70 50 15 N 12	Grou
Caractéristiques et differentielles de l'association Caractéristiques de l'Erodenion corsici Helichrysum italicum subsp.italicum	2-2	+	2-3		1-2			3-3		2-3		4-4			4-4	Numéro Surface
Euphorbia pithyusa subsp.pithyusa Allium acutiflorum Erodium corsicum	* 3-3	· 2-2	· :		1-1 1-2	1-1 :	2-2 + 1-2	1-2	2-2 2-2 2-4	2-3 3-3	÷ ÷	1-2 ·	2-3	2-2 :	:	Recouvr Pente ( Exposit
Caractéristiques des Crithmo-Limonion et Crithmo-Limonietea Limonium articulatum					3-3		•	+	1-2						ě	Altitud Différent
Limonium dictyocladum Crithnum maritimum Daucus carota subsp.hispanicus	1-2 3-2	1-2 2-2 1-1	+ + 2-2	1-2 · 1-2	1-2 1-1	:	+ 2-1	2-2	2-2	1-2	2-3	2-2	+ 2-2	2-2	1-1	<i>Mesembr</i> Caractéri
Senecio leucanthemifolius Lotus cytisoides Seseli bocconi subsp.praecox	2-2	:	· · 1-1	:	1-2	1-2	· 1-1	:	1-3 1-2	2-3	1-1	+ 1-1	1-2	1-1	1-1	et Crithm Lotus c
Armeria soleirolii Desmazeria marina Senecio bicolor subsp. cineraria	:	:	:	:	2-2 •	÷	÷		:	+	:	:	:	: 1-2	:	Limoniu Thymela Matthio
Différentielles  Bellium bellidioides	٠.	2-3			10	1-2	1-3		•	•	•	1-3			+	Daucus Crithmu Senecio
oettum vettuutuus Dactylis glomerata subsp.hispanica Brachypodium retusum	<u>2-4</u>	- <u>z-3</u>	:	;	1-2			2-3	1-2 2-2	1-2	2-3 1-2		3-2	2-2 1-2	3-4	Desmaze Autres es
Compagnes Carlina corumbosa			1-2	1-3		+		1-2	1-2		7-2	1-2	2-2		1-1	Lobular Dactyli
Reichardia picroides Aetheorhiza bulbosa Pancratiwm illyricwm	:		1-1	* ;	:	+	÷	2-2	2-2	•	1-2	1-1		1-1 1-2	1-1	Helichr Hedypno Polycar
Fumaria capreolata subsp.capreolata Briza maxima	:	:	:	:	:	:	•	1-2 2-2	1-1	+	2-2	٠	*			Plantag
Silene vulgaris subsp.vulgaris Carduus cephalanthus Bromus madritensis	:	:	:	:	:	:	:	2-2	2-2 + +	+	2-2 + 2-3	:	:	:	:	
Galium album subsp.album Plantago coronopus subsp.commutata	:	:	:	•	÷	÷	:	1-2	:	:	:	:	•	:	;	

#### Tableau 3

#### Groupement à Mesembryanthemum nodiflorum

Numéro de relevé	116	114
Surface (m2)	20	5
Recouvrement (%)	50	25
Pente (°)	20	0
Exposition	ESE	ind
Altitude (m)	80	90
Différentielle du groupement		
Mesembryanthemum nodiflorum	1-3	2-3
Caractéristiques du Crithmo-Limonion		
et Crithmo-Limonietea		
Lotus cytisoides	1-2	
Limonium articulatum	3-3	
Thymelaea hirsuta	2-3	•
Matthiola incana	1-2	
Daucus carota subsp. hispanicus	+	•
Crithmum maritimum	1-2	•
Senecio leucanthemifolius	1-2	•
Desmazeria marina	•	+
Autres espèces		
Lobularia maritima	1-1	+
Dactylis glomerata subsp.hispanica	+	
Helichrysum italicum subspritalicum	+	
Hedypnois rhagadioloides subsp. cretica	+	
Polycarpon tetraphyllum		2-2
Plantago afra		+

a : bellidietosum

# 1 - La végétation littorale des Crithmo-Limonietea

Les côtes de Scandola sont essentiellement rocheuses. Les vents fréquents et violents (en particulier le Libecciu) portent les embruns parfois assez loin du rivage, (secteurs à pentes faibles ou modérées) mais souvent très haut (fortes pentes). Ainsi apparaît une zonation où l'on peut distinguer une ceinture de végétation totalement halophile, constamment soumise aux embruns : le Crithmo-Limonietum, puis, en arrière, des groupements semi-halophiles c'est-à-dire soumis aux embruns seulement dès que les vents entrent en action. Deux groupements distincts s'individualisent alors en fonction du substrat : sur substrat rocheux à très forte pente (avec seulement quelques petites poches de sol) se développe l'Armerio-Seseletum dont le recouvrement moyen est de 30 % environ, sur les substrats plus riches en terre, souvent sur pentes moins fortes, apparaît une association distincte, le Thymelaeo-Helichrysetum dont le recouvrement moyen est d'environ 75 %.

D'autres groupements, de moindre extension, mais se rapportant toujours aux Crithmo-Limonietea sont également discernables à Scandola : groupement à Mesembryanthemum nodiflorum et groupement à Daucus.

Outre les caractéristiques du Crithmo-Limonion et des Crithmo-Limonietea, ces groupements corses ont en commun l'endémique Erodium consicum qui permet de caractériser une sous-alliance Erodenion consici, Gamisans & Muracciole, all. nov. (HolotypusCrithmo-Limonietum dictyocladae, Malcuit 1931) de répartition probablement cyrno-sarde. Localement, Allium acutiflorum peut aussi caractériser cette sous-alliance.

Globalement, pour Scandola, les côtes exposées au SW sont celles où les groupements de l'Erodenion consici sont les mieux développés et occupent le plus de surface, ceci étant lié à l'action du vent dominant, le Libecciu.

#### 1. 1. Crithmo-Limonietum dictyocladae Malcuit 1931

(Syn. : Crithmo-Limonietum articulatae René et Roger Molinier 1955 b) Tableau n° 1 a. Lectotypus : voir Malcuit 1931 : 34.

Ce groupement constamment soumis aux embruns est constitué seulement d'espèces halophiles. Limonium articulatum en est la meilleure caractéristique. Crithmum maritimum y est constant, Erodium corsicum très fréquent, le nombre d'espèces y est toujours réduit.

La hauteur que peut atteindre ce groupement sur les falaises littorales est variable et fonction de la pente et de l'exposition au vent. Généralement il est remplacé dès 4 ou 5 mètres d'altitude par l'Armerio-Seseletum.

Ce groupement a été cité de la plupart des côtes rocheuses de la Corse (MALCUIT 1931, Roger MOLINIER 1959, DIERSCHKE 1975 a).

1. 2. Armerio-Seseletum praecoci Gamisans & Muracciole assoc. nov. (Holotypus relevé n° 10, tableau n° 1b)

Cette association, irrégulièrement soumise à l'action des embruns, peut être qualifiée de semi-halophile. Elle apparaît souvent dès 4 ou 5 m d'altitude sur les rochers et falaises littoraux où elle peut atteindre les cotes 80 à 100 m.

Les espèces halophiles des *Crithmo-Limonietea* y sont encore bien représentées. Il faut y noter toutefois la faible fréquence de *Crithmum maritimum* et des *Limonium*, tandis qu'apparaissent des espèces non spécialement halophiles. Parmi ces dernières certaines constituent de bonne différentielles vis-à-vis du *Crithmo-Limonietum*.

La meilleure caractéristique de l'association est sans nul doute Seseli bocconi subsp. praecox. Il faut y adjoindre Armeria soleirolii mais cette espèce est également présente dans le Crithmo-Limonietum et il n'est pas exclu, lorsque sa répartition sera mieux connue, qu'elle apparaisse comme une caractéristique de l'Erodenion corsici.

L'Armerio-Seseletum constitue une association rupicole thermophile, semi-halophile. A partir des relevés cités elle peut être incluse dans la classe des Crithmo-Limonietea. Il faut toutefois noter la présence au sein du groupement d'un certain nombre de taxons thermophiles des Asplenietea rupestria qui renforcent son caractère d'association rupicole. Il est remarquable d'ailleurs que progressivement, le passage se fasse au-dessus de 20 à 120 m d'altitude suivent les secteurs, vers un groupement rupicole non halophile où Seseli bocconi subsp. praecox subsiste encore (Diantho-Asplenietum billotii seseletosum).

Il est intéressant de rapprocher l'Armerio-Seseletum de l'horizon thermophile du Festuco-Phyteumetum serrati (Litard. & Malcuit 1926) Gamisans 1975, association rupicole alticole (étages montagnard et supérieurs), où figurent, dans le massif du Cintu, Armeria leucocephala et Seseli djianeae (voir GAMISANS 1975 et 1976 : 456, 460). L'Armerio-Seseletum apparaît comme un vicariant thermophile du groupement cité, comme un ensemble à l'origine rupicole mais que des phénomènes géologiques (remontée du niveau de la mer ? ou enfoncement de la Corse vers l'Ouest ?) auraient amené en position littorale où il se serait adapté que conditions d'un groupement semi-halophile.

A côté des deux endémiques très localisés qui servent à le caractériser, l'Armerio-Seseletum abrite aussi une partie des rares populations corses de Piptatherum caerulescens.

# 1. 3. Thymelaeo-Helichrysetum italici Molinier Roger 1959 B2

Physionomiquement facile à distinguer, ce groupement semi-halophile se développe généralement entre le *Crithmo-Limonietum* et les formations basses à *Pistacia lentiscus* (ou le maquis), ceci sur des pentes d'inclinaison variable (20° à 60°), mais toujours moins accusées que celle qui porte 1'Armerio-Seseletum.

Le Thymelaeo-Helichrysetum est habituellement installé sur un sol terreux où son recouvrement est souvent supérieur à 50 % (75 % en moyenne). Il est lié aux zones littorales les plus exposées aux vents, où il peut parfois se développer jusqu'à plus de 50 mètres d'altitude. Il ne dépasse guère 40 à 50 cm de hauteur.

Certainement en partie naturel, il a pu aussi être étendu par l'homme dans les cas où celui-ci a éliminé les maquis littoraux : dans les secteurs fortement ventés, ces maquis n'ont parfois pas pu se réinstaller. Localement, il est possible que le pâturage contribue aussi à la persistance de ce groupement.

Assez répandu sur le littoral occidental de la Corse et dans le Cap (Roger MOLINIER 1959) il est aussi présent en Sardaigne (René et Roger MOLINIER 1955 b, VALSECCHI 1976). Dans le secteur de Scandola il faut noter la rareté de Thymelaea hirsuta (abondant seulement sur l'îlot de Gargalu) et l'absence de Thymelaea tarton-raira. Par contre, le groupement est ici enrichi d'une espèce semi-halophile Allium acutiflorum qui peut être considérée comme une caractéristique locale de l'Erodonion corsici, liée au secteur Galéria-Porto.

La caractéristique essentielle de l'association est Euphorbia pithyusa subsp. pithyusa, tandis qu'Helichrysumitalicum constitue une différentielle souvent abondante (il n'est pas exclu qu'il s'agisse là d'un écotype littoral).

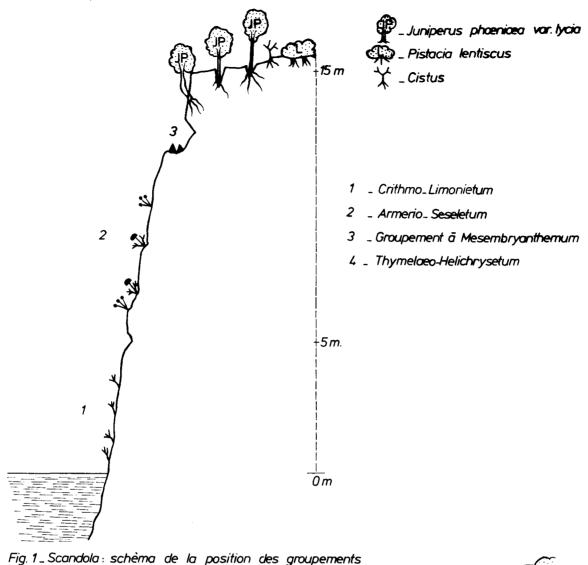
Deux sous-associations peuvent être reconnues à Scandola :

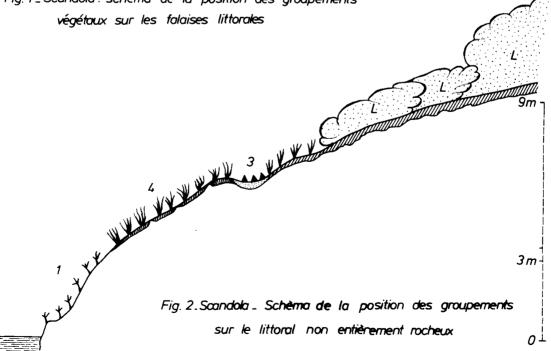
- sous-association bellidietosum (Holotypus relevé n° 146, tableau n° 2). La présence de Crithmum maritimum et la fréquence relative des Limonium la fait apparaître comme la plus halophile. Le recouvrement d'Helichrysum y est plus faible que dans la sous-association suivante, tandis que le sol y apparaît souvent plus humide (avec parfois des suintements). Elle abrite presque constamment Bellium bellidioides espèce bien plus rare dans l'autre sous-association (où les sols plus secs et la concurrence importante de Dactylis et Brachypodium semblent l'éliminer).

- sous-association brachypodietosum (Holotypus : relevé n° 72, tableau n° 2). Elle présente souvent un aspect de pelouse piquetée de chaméphytes. Moins halophile que la précédente elle est plus riche en espèces des Helianthemetea, Thero-Brachypodieta, Cisto-Lavanduletea. Elle est marquée par la dominance de Dactylis glomerata subsp. hispanica et Brachypodium retusum. A sa limite la plus éloignée de la mer, cette sous-association s'appauvrit en espèces halophiles et Euphorbia pithyusa finit même par disparaître (relevé n° 206).

Il faut enfin considérer l'existence d'une troisième sous-association, thymelaeetosum (Roger MOLINIER 1959) qui correspond au type nomenclatural de l'association (Lectotypus relevé n° 5, tableau X, MOLINIER 1959). Elle est écologiquement proche de la sous-association brachypodietosum, mais comporte en plus Thymelaea hirsuta (qui n'est présent à Scandola que sur l'îlot de Gargalu et dans des conditions distinctes) et correspond souvent à des conditions plus hétérogènes qui traduisent une transition vers des formations basses à Pistacia lentiscus (présence de Rosmarinus officinalis, Smilax aspera, Arisarum vulgare, Cistus monspeliensis, Myrtus communis, Pistacia lentiscus, ...). Cette sous-association est absente de Scandola.

Lorsque le substrat devient rocheux la transition se fait vers le Stachydi-Genistetum daucetosum.





Le Thymelaev-Helichrysetum peut être considéré comme un groupement permanent ne semblant pas évoluer facilement vers des formations arbustives (même si dans certains cas il peut en provenir par dégradation).

Cette association semi-halophile occupe la même position et est en partie comparable aux Astragalo-Plantaginetum (MOLINIER; 1934, littoral provençal calcaire), Thymelaeo-Plantaginetum (MOLINIER, 1937, littoral provençal siliceux), Centaureetum horridae (MOLINIER René & Roger, 1955, Sardaigne), Launeetum cervicornis (BOLOS & MOLINIER René, 1958, Majorque), Matthiolo-Helichrysetum errerae (BRULLO & al., 1977, Pantelleria).

# 1. 4. Groupement à Mesembryanthemum nodiflorum (tableau n° 3)

Il s'agit d'un groupement parfois halophile, le plus souvent semi-halophile, occupant les secteurs où se déposent des éléments sableux résultant généralement de l'érosion des rochers par le vent ou par l'action combinée vent-embruns. Ainsi ce groupement est souvent localisé au pied de surplombs ou de parois soumis à l'érosion et donnant des éléments fins ou bien dans des cuvettes où s'accumulent des arènes fines. Mesembryanthemum nodiflorum caractérise bien ce type de milieu, surtout observé sur l'îlot de Gargalu. Le nombre de relevés est insuffisant pour préciser s'il s'agit d'une association particulière. Ce groupement fait incontestablement partie des Crithmo-Limonietea. Le relevé l14, effectué dans un secteur où les oiseaux séjournent fréquemment apparaît appauvri en éléments halophiles et plus riche en espèces nitrophiles comme Polycarpon tetraphyllum.

#### 1. 5. Groupement à Daucus carota subsp. hispanicus dominant (Tableau n° 4) c'

Certains couloirs rocailleux ou terreux, ouverts sur la mer, sont colonisés par des formations herbacées hautes (50 à 80 cm) largement dominées par Daucus carota subsp. hispanicus. Il s'agit donc d'un groupement spécifiquement pauvre où dominent les espèces des Crithmo-Limonietea. Visà-vis des autres groupements semi-halophiles de cette classe, celui-ci semble un peu plus nitrophile. Il est surtout bien développé sur l'Îlot de Gargalu.

2 - Groupement des plages (Cakiletea maritimae): groupement à Euphorbia peplis (Tableau n° 5) \*\*\*\*

Les plages sont rares et toujours de petites dimensions dans la Réserve de Scandola.

Aucun groupement des Ammophiletea n'y a été observé. La plus grande est celle d'Elbo, faite d'un mélange de sable et de galets, ces derniers dominants. L'espèce la plus caractéristique de la végétation qui l'occupe est Euphorbia peplis qui, avec Glaucium flavum, permet de se référer à l'Euphorbion peplis et aux Cakiletea maritimae. A cela s'ajoutent quelques nitrophiles et deux espèces des Crithmo-Linomietea.

# 3 - Groupement à Juncus acutus (Juncetea maritimi)

A Scandola, ce groupement apparaît toujours très pauvre en espèces. Il est localisé au niveau des points humides littoraux et sublittoraux qui sont rares. Le relevé ci-dessous effectué près d'un petit marécage en arrière de la plage d'Elbo est un des peuplements de Juncus acutus les plus étendus de la Réserve. Tableau n° 6.

Numéro de relevé : 49 ; surface : 25 m $^2$  ; recouvrement 50 % ; pente : 0 $^\circ$  ; exposition indéterminée ; altitude 0 m.

Juncus actutus 3.3
Polygonum scoparium +
Tupha domingensis +

# 4 - Groupement à Vitex agnus-castus (Nerio-Tamariscetea) 🕒

Numéro de relevé:50 ; surface : 50 m<sup>2</sup> ; recouvrement arbustif (3 m) : 60 %, herbacé : 50% pente 0°; exposition indéterminée; altitude : 1 m. Tableau n° 7

Vitex agnus-castus (a) 4.4

Polygonum aviculare 2.3

Pittrichia viscosa 3.3

Corrigiola telephiifolia 1.2

Senecio bicolor subsp. cineraria 1.2

#### Tableau n°8

# Diantho-Asplenietum billotii seseletosum

Numéro de relevé Surface (m2)	11		34 100	
Recouvrement (%)				
Pente (°)	10	10	10 90	80
Exposition	WSW			
Altitude (m)	460		N 125	
Altitude (m)	400	440	160	00
Caractéristiques et différentielles de l'association				
Asplenium billotii	+	+	_	+
Dianthus sylvestris subsp. siculus	+	+	+	
Cymbalaria aequitriloba	+	+		•
Arenaria balearica	•	+	•	•
Silene nodulosa		1-1	+	1-2
Saxifraga corsica	•	+	•	1-2
Galium corsicum	•	· ·	•	1-2
GEDDAN COLODESIN	•	•	•	1 0
Seseli bocconi subsp.praecox	1-2	+	1-2	1-2
Armeria soleirolii			+	1-2
Allium acutiflorum		+		+
Erodium corsicum			1-2	1-3
Senecio bicolor subsp cineraria			+	
Caractéristique du Phagnalo-cheilantion				
Piptatherum caerulescens	_			
Pipiainerum caeruiescens	•	•	•	•
Caractéristiques des Asplenietea rupestria				
(essentiellement thermophiles)				
Melica pyramidalis	+	+		+
Polypodium cambricum		1-2	+	
Umbilicus rupestris		+		
Asplenium ceterach	+	•	•	
Ficus carica	•	•	+	
Asplenium trichomanes	+	+	•	•
Sedum dasyphyllum	+	+	•	•
Autres espèces				
Stachys glutinosa	+	+	•	+
Teucrium marum	1-2		٠.	•
Rosmarinus officinalis	1-2	•	•	•
Carduus cephalanthus	+	•	*	+
Reichardia picroides	+	•	•	+
Sedum album	+	+	•	٠.
Dactylis glomerata subsp.hispanica	•	+	٠	1-1

# Tableau nº11 Groupement à Polygonum scoparium

Numéro de relevé Surface (m2)	42 100
Recouvrement (%) h+a	50
cailloux et blocs	50
Pente (°)	0
Exposition	ind
Altitude (m)	6
Différentielle du groupement	
Polygonum scoparium	2-3
Autres espèces	
Cistus monspeliensis	2-2
Cistus creticus subsp.eriocephalus	1-2
Lavandula stoechas	+
Helichrysum italicum	1-2
Smilax aspera	+
Calycotome spinosa	+
Clinopodium vulgare	+
Rosa canina	1-3
Rubus sp.	2-2
Dittricha viscosa	2-2
Capsella rubella	+
Hordeum murinum subsp.leporinum	+
Galium album subsp. album	+

# Tableau nº12 Groupement de friche

Numéro de relevé	106
Surface (m2)	50
Recouvrement (%) h	80
cailloux	5
Pente (°)	0
Exposition	ind
Altitude (m)	7
Espèces de l'Echio-Galactition et	
des Rudero-Secalietea	
Avena barbata	1-1
Ferula communis	1-2
Bromus madritensis	1-2
Trifolium nigrescens	1-3
Rumex pulcher	1-2
Geranium molle	1-1
Carduus te nuiflorus	+
Plantago coronopus	1-2
Lolium rigidum	1-2
Fumaria capreolata	+
Euphorbia helioscopia	+
Heliotropium europaeum	1-2
Chondrilla juncea	1-1
Espèces des Helianthemetalia guttati	
Briza maxima	2-2
Ornithopus compressus	1-1
Vulpia myuros	1-2
Hypochaeris glabra	1-1
Trifolium campestre	+

# Autres espèces Hypericum perforatum 1-1 Carlina corymbosa 1-2 Hyoseris radiata 1-1 Andryala integrifoglia 2-2 Plantago lanceolata 1-1 Cerastium glomeratum + Sanguiscrba minor 1-1 Anthemis arvensis + Knautia hybrida 1-1 Ranunculus muricatus + Vicia lutea 1-1 Cynosurus echinatus + Clematis flammula 1-2 Medicago arabica + Phillyrea media (h) +

#### Tableau nº9 Tableau nº10 Groupement à Cheilanthes marantae Groupement ripicole à Osmunda regalis Numéro de relevé 88 et Carex microcarpa Surface (m2) 50 Recouvrement (%) 20 Pente (°) 50 Exposition W Numéro de relevé Altitude (m) 400 36 Surface (m2) 200 50 Différentielle du groupement Recouvrement (%) arbustif 20 10 Cheilanthes marantae 1-3 herbacé 30 15 muscinal 20 20 Espèces des Asplenietea rupestria litière 0 0 Polypodium cambricum Pente (°) 30 15 Umbilicus rupestris Exposition NW SSW Melica pyramidalis 1-2 Altitude (m) 80 35 Asplenium ceterach 1-2 Espèces des Caricion microcarpae Asplenium trichomanes 1-2 Fagetalia, Querco-Fagetea Phagnalon saxatile Parietaria lusitanica Carex microcarpa 2-2 1-1 Osmunda regalis Espèces des Thero-Brachypodietea Brachypodium sylvaticum Sedum album 1-2 Clematis vitalba Misopates orontium Tamus communis Trifolium stellatum Sideritis romana Autres espèces hygrophiles Sedum caeruleum Adiantum capillus-veneris 1-2 1-2 Samolus valerandi + Espèces du Teucrion mari Scirpus cernuus 1-3 Genista corsica Apium nodiflorum Carex distans Rosmarinus officinalis Cyperus longus subsp. badius Teucrium marum Espèces des Cisto-Lavanduletea Autres espèces Cistus monspeliensis Fraxinus ornus (a) 1-1 Cistus salvifolius - (h) Bellium bellidioides Briza maxima Myrtus communis (a) Autres espèces - - (h)Arbutus unedo (a) Rumex bucephalophorus 1-2 Theligonum cynocrambe - - (h)Pistacia lentiscus (h) Biscutella eriocarpa Selaginella denticulata 1-3 Ruscus aculeatus Asplenium onopteris Ficus carica (h) Pancratium illyricum Anagallis arvensis subsp. arvensis Muscari comosum Galium spurium Arisarum vulgare Geranium purpureum Ferula communis

Sherardia arvensis Sedum rubens Fumaria capreolata Avena barbata Ce petit peuplement de *Vitex* localisé en arrière de la plage d'Elbo sur les bords du torrent de Canalette, est constitué de vieux individus sans aucune trace de régénération. La fréquentation humaine et animale (bovins) de ce bosquet explique la rudéralisation complète du sous-bois (constitué uniquement de nitrophiles, aucune espèce des *Nerio-Tamariscetea* Br.-Bl& Bolòs (1956) 1957 n'y apparaît) et l'absence de régénération. De jeunes individus de *Vitex* ont toutefois été observés 100 m en amont du peuplement cité.

# 5 - La végétation rupestre non halophile (Asplenietea rupestria) R

Deux ensembles peuvent être reconnus à Scandola : le Diantho-Asplenietum billotii et un groupement à Cheilanthes marantae (Tableaux 8 et 9).

# 5. 1. Diantho-Asplenietum billotii Gamisans & Muracciole, assoc. nova, seseletosum praecoci Gamisans & Muracciole, subassoc. nova (Holotypus relevé n° 91, tableau n° 8)

Si les affleurements rocheux constituant des parois verticales ou subverticales sont fréquents à Scandola, ils ne portent pas tous une flore rupestre spécialisée. Bien souvent, les rhyolites n'offrent pas les systèmes de fentes étroites favorables à ce type de végétation ou bien elle présentent des cassures larges où s'installent des plantes non spécialement rupicoles. Toutefois, lorsque la microtopographie est favorable, la flore rupestre non halophile constitue un groupement thermophile particulier assez proche de l'alliance Phagnalo-Cheilanthion fragantis Loisel 1968 et du Phagnalo-Cheilanthetum fragantis (Molinier 1954) Loisel 1968, décrit à basse altitude en Provence siliceuse. Le groupement de Scandola correspond cependant à une association distincte caractérisée par Asplenium billotii et Dianthus sylvestris subsp. siculus (auxquels il faut joindre Asplenium obovatum observé fréquemment dans le groupement mais non présent dans les relevés cités). Trois autres espèces permettent d'individualiser cette association : Silene nodulosa , Galium consicum, Saxifraga consica. Les deux premières sont fréquentes en Corse seulement à partir de l'étage supraméditerranéen (dans des groupements de fruticées basses), mais dans le mésoméditerranéen inférieur, elles semblent être assez strictement rupicoles. Cymbalaria aequitriloba et Arenaria balearica sont présents dans les deux relevés alticoles. En fait, ces deux taxons se situent souvent dans des anfractuosités profondes et ombragées et constituent peut-être de ce fait un groupement différent.

Cette association apparaît plus thermophile que le Sedo-Dianthetum godroniani Litard.et Malcuit 1926 (voir Gamisans 1976 : 467) surtout développé à l'étage mésoméditerranéen supérieur. Le Diantho-Asplenietum est certainement réparti sur l'ensemble de la Corse, mais dans le secteur Galéria-Porto, il faut y noter la présence de Seseli bocconi subsp. praecox qui, à Scandola, monte jusqu'à près de 500 m d'altitude. Localement on peut donc définir une sous-association seseletosum du Diantho-Asplenietum billotii, où pénétrent certains éléments de l'Armerio-Seseletum (voir ce qui a été écrit à propos de cette association). Les relevés 34 et 69, moins alticoles montrent le passage vers cette association semi-halophile : les espèces des Asplenietea rupestria y diminuent en nombre alors que celles des Crithmo-Limonietea y sont plus nombreuses.

# 5. 2. Groupement à Cheilanthes marantae (Tableau n° 9)

A la différence du précédent, ce groupement n'est pas installé sur des surfaces rocheuses verticales mais sur des dalles rocheuses dont l'inclinaison varie de 40 à 60°. Très localisé à Scandola, il n'a pu être étudié qu'à partir d'un seul relevé. Comme le précédent, il est à inclure dans la classe des Asplenietea et à rapprocher de l'alliance Phagnalo-Cheilanthion. Au bas des dalles rocheuses qui le portent, la transition se fait vers des amas de rocailles recouvrant des sols peu épais où domine le groupement à Biscutella eriocarpa.

A côté des espèces rupicoles il faut y noter un cortège important d'herbacées, en parti culier des Thero-Brachypodietea, ainsi que des plantes buissonnantes du Teucrion mari et des Cisto-Lavanduletea qui trouvent là des conditions qui sont, en partie seulement, celles de leurs groupements habituels.

# 6 - Les groupements ripicoles à Osmunda regalis, Carex microcarpa, Hypericum hircinum (Tableau n° 10)

Les ruisseaux permanents sont rares dans le périmètre de la Réserve (Canalette, Elbo, Gattaghja). Encore faut-il remarquer qu'en dehors des périodes de pluies il ne s'écoule qu'un mince filet d'eau, souvent limité au tiers inférieur du cours d'eau. C'est probablement ce qui explique l'absence d'arbres et d'arbustes ripicoles. Il existe cependant un cortège surtout herbacé où l'on

retrouve un certain nombre d'éléments, qui permettent de se référer à l'alliance Caricion microcarpae Gamisans (1968) 1975 qui peut être classée dans les Fagetalia sylvaticae. Ce groupement ripicole de Scandola est surtout marqué par la présence d'Osmunda regalis (Canalette), Carex microcarpa, Hypericum hircinum (à Gattaghja et Caladi Ficaccia mais ne figure pas dans les relevés du tableau n° 10). Il est probable qu'il s'agit d'une forme appauvrie de l'Hyperici-Alnetum (Litard.1928) Gamisans 1975 (voir aussi DIERSCHKE 1975 b et GAMISANS 1977 : 175) même si les principales caractéristiques de cette association n'apparaissent pas.

# 7 - Groupement à Polygonum scoparium (Tableau n° 11)

Ce groupement se développe en ambiance littorale ou sublittorale sur des substrats sablonneux ou rocailleux (mais meubles). Il est difficile, à partir de sa seule observation à Scandola (où il est limité au secteur d'Elbo) de se faire une idée de son cortège floristique potentiel. Polygonum scoparium semble éliminé dès que la concurrence des autres végétaux devient importante. Par contre, localement il peut former des peuplements presque purs de 80 cm de hauteur. Dans les relevés d'Elbo il est accompagné d'éléments des Cisto-Lavanduletea et d'un certain nombre d'espèces nitrophiles. Ailleurs dans la région il apparaît souvent à l'arrière des plages au sein des groupements proches des Cakiletea maritimae (voir MALCUIT 1931).

## 8 - Groupement de friches (Tableau n° 12) F

Le seul relevé que nous ayons pu faire de ce type de végétation se situe dans le vallon d'Elbo, à la limite de la Réserve. Il concerne une vigne abandonnée depuis environ 3 ans (en 1983) et montre une végétation herbacée basse assez banale des Rudero-secalietea où l'on reconnaît quelques caractéristiques de l'alliance Echio-Galactition Bolòs et Molinier 1970. Quelques espèces des Helianthemetea annuae y figurent tandis que celles des Thero-Brachypodietea y sont rares. Il faut y noter la présence de Clematis flammula souvent installé au pied même des ceps de vigne.

#### 9 - La végétation arbustive et arborescente thermophile littorale ou sublittorale

Cinq ensembles peuvent être distingués :

- des formations denses et hautes à lentisque et *Phyllyrea latifolia* localisées le plus souvent au fond des vallons (*Clematido-Lentiscetum tametosum*),
- des fruticées à lentisque plus basses, développées sur des pentes plus sèches (Clematido-Lentiscetum smilacetosum).
- un groupement plus ouvert à Pistacia lentiscus et Euphorbia dendroides, souvent sur substrats rocheux ou rocailleux,
- des peuplements de Juniperus phoenicea var. Lycia et d'autres , très localisés, de Pinus halepensis.
- 9. 1. Les formations arbustives hautes à Pistacia lentiscus et Phillyrea latifolia : Clematido cirrhosae-Lentiscetum Gamisans & Muracciole, assoc. nova (Holotypus relevé n° 43, tableau n° 13), tametosum Gamisans & Muracciole, subassoc. nova (Holotypus id.). M3 , M5 en position littorale (vallons).

Il s'agit d'un groupement vraiment sylvatique, bien plus mûr, à ce point de vue, que ce que les auteurs (voir par exemple pour la Corse Roger MOLINIER 1959 : 7-11) nomment habituellement Oleo-Lentiscetum (où figurent presque toujours des plantes de milieux ouverts qui sont pratiquement nulles ici). Ce sont des formations très denses, particulièrement peu dégradées, souvent pures de Pistacia lentiscus de 3 à 4 m de hauteur. Le Lentisque y est parfois accompagné de Phillyrea latifolia qui localement peut dominer en formations de 6 à 8 m de hauteur.

Floristiquement, ce groupement est à rattacher à l'Oleo-Ceratonion au sein duquel il peut être considéré comme une association particulière caractérisée par Clematis cirrohosa et Aristolochia longa qui semblent y avoir leur plus grande fréquence (ces espèces sont aussi présentes dans des milieux plus ouverts mais toujours en ambiance sublittorale). Il semble possible de leur adjoindre Parietaria lusitanica. Il s'agit d'un Oleo-Ceratonion encore très septentrional où manquent de nombreuses caractéristiques de cette alliance, tandis que celles du Quercion et des Quercetalia ilicis sont bien représentées. Il faut y noter toutefois par rapport aux maquis élevés à Arbutus et Quercus ilex la rareté de Galium ellipticum.

	Tableau nº13	Clematio	io (ci	rrhos	ae) -	Lent	iscet	ium.							
Numéro de relevé Surface (m2) Recouvrement (%) a (arbustif) + h (herbacé) m (muscinal) l (litière) R (cailloux) Pente (°) Exposition Altitude (m) Hauteur maximale (m) Hauteur de la strate dominante (	(m)	141 50 90 30 2 40 20 25 8 8 3,5	65 50 90 30 10 40 10 20 SE 25 4,0 3,0	108 100 90 30 5 30 10 25 Sw 5 2,0 2,0	43 50 100 20 5 40 5 0 ind 4	41 25 90 10 0 70 5 0 ind 5 3,0 2,5	40 50 95 15 2 40 5 25 W 20 2,5 2,0	75' 100 80 20 2 30 15 20 W 180 6,0	64 50 80 10 5 20 20 10 Sw 5 8,0 6,0	156 100 85 20 0 30 40 30 W 65 7,0 6,0 2	157 100 80 35 0 50 40 20 E 75 8,0	143 50 90 40 2 40 20 45 W 15 1,0	145 50 95 10 0 60 30 40 WSW 30 4,0 3,0	204 20 95 20 0 80 5 0 ind 25 2,0 2,0	152 25 95 0 30 60 30 NE 80 0,7
Caractéristiques de l'association de Pistacia lentiscus (a) Arisarum vulgare Myrtus communis (a) Olea europea van sylvestris Clematis cirrhosa Aristolochia longa Parietaria lusitanica		5-5 1-1 1-1 1-2 1-3	3-4 1-1 2-3	4-4 2-2 1-2	5-5 1-1 1-1 1-2	5-5 1-1 1-2	5-5 : : 2-2 :	1-1 + 2-2 7-2	2-2 2-2 1-2 1-1	1-2 + · 1-2 1-1	2-2 +	5-5 2-1 1-1	4-4 1-1	4-4 3-3 1-3 2-4	4-4 : : 1-2 :
Caractéristiques des Quercetea ilici Phillyrea latifolia (A) -		1-1 1-2 + 1-1 1-2 1-1 +	2-4 2-3 2-3 + +	1-3 1-2 1-1 1-1 2-3 1-2	+ 1-1 1-1 1-1 + 1-1 +	2-2 2-2 1-2	1-1 1-1 1-1 1-2 + 1-1 +	+ 1-2 + 1-2 + 1-1	3-4 1-1 + 1-2 2-2 2-3	4-4 + + 1-1 2-2 + +	3-4 · 1-2 1-1 1-1 1-2 1-2 1-3 +	3-3 2-4 +	1-2 + 1-1 3-3 · 1-2 :	2-2 +	
Clematis flammula Quercus ilex (a + h) Pulicaria odora Erica arborea (a) Arbutus unedo (a + h) Galium ellipticum Cytisus villosus (a)		*	1-2	1-1 1-3 1-3 +		2-2	1-1 : : :	:				· • • • •	: ; ; 1-1 :	• • • •	:
Espèces sylvatiques mésophiles Tamus communis Cyclamen repandum Brachypodium sylvaticum Fraxinus ornus (a) Clinopodium vulgare Luzula forsteri		1-1 1-2 ·	3-3 1-2	*	+ 1-1 1-1	1-1 	+ 1-1 :	* z-z i-z · · ·	1-2 + ·	1-1 2-3	1-1 2-3 +	:	:	:	:
Autres espèces Rubus sp. Brachypodium retusum Oxalis corniculata Geranium purpureum		+ 1-1 1-1	2-4 +	2-3 :	1-3	·2~3 · ·	2-3	: : 1-1	: : 2-3	: :	1-1 :	:	:	:	· · ·

a : tametosum (al : variante à Pistacia lentiscus, a2 : variante à Phillyrea latifolia)

b : smilacetosum

Par contre, des espèces sylvatiques mésophiles comme Tammus communis, Cyclamen repandum, Brachypodium sylvaticum et Clinopodium vulgare y sont présentes, traduisant une nette ambiance sylvatique et une humidité non négligeable. Ce sont d'excellentes différentielles de la sous-association tametosum.

Cette sous-association est surtout développée au fond des vallons, toujours près du littoral, dans les zones certainement les plus chaudes où les lentisques semblent trouver les conditions qui leur sont les plus favorables. Leur dominance à ce niveau est probablement liée à une assez bonne tolérance au sel, que celui-ci vienne des embruns ou du sol (nappes saumâtres possibles au fond des vallons littoraux?), leur taille respectable est certainement due à une protection vis-à-vis du vent et à une assez bonne alimentation en eau. Effectivement en dehors des vallons, les peuplements de lentisques (Clematido-Lentiscetum smilacetosum, groupement à Euphorbia dendroides) apparaissent souvent plus ouverts et plus bas, installés sur des sols maigres et retenant mal l'eau, qui ne permettent pas une aussi bonne croissance, cette dernière étant, de plus, limitée en hauteur par l'action du vent.

Le Clematido-Lentiscetum tametosum est à rapprocher du Clematido-Myrtetum Bolòs et Molinier 1958 décrit de Majorque puis de Minorque. Dans cette association baléarique Myrtus communis remplace Pistacia lentiscus en tant que dominante mais BOLOS et MOLINIER (1970 : 41) indiquent bien que "Le Clematido-Myrtetum... est un groupement permanent qui se situe dans les concavités du terrain et au fond des vallons, en contact avec le maquis à Olea qui affectionne les sols plus secs...". Ils précisent également que "Myrtus communis et Clematis cirrhosa paraissent trouver leur optimum dans ce groupement, mais sous le climat assez pluvieux de Minorque, elles n'y sont nullement inféodées d'une manière exclusive". Il y a donc là pour ce qui concerne la localisation, la qualité de groupement permanent et une partie de la composition floristique une convergence très nette avec le Clematido-Lentiscetum (où à Scandola cependant, Myrtus communis n'intervient pratiquement pas).

A côté des formations denses à *Pistacia lentiscus* qui constituent une première variante (tableau n° 13 a 1, Holotypus relevé n° 43), il faut signaler l'existence d'une variante (tableau n° 13 a 2, Holotypus relevé n° 64) dominée par *Phillyrea latifolia* (haut fréquemment de 6 à 8 m) atteignant parfois, dans les vallons exposés, au Sud des altitudes de 100 à 200 m.

# 9. 2. <u>Les fruticées basses et denses à Pistacia lentiscus : Clematido-Lentiscetum smilacetosum,</u> Gamisans et Muracciole, subassoc. nova (Holotypus, relevé n° 204, tableau n° 13 b) m3

Ces fruticées localisées en dehors des fonds de vallons constituent souvent une ceinture littorale entre le Crithmo-Limonietum ou le Thymelaeo-Helichrysetum et les maquis plus ou moins élevés à Arbutus et Erica ou les bois de Quercus ilex. Cette ceinture, très irrégulière en raison de la topographie de la presqu'île, est particulièrement large sur les côtes exposées au sud-ouest (c'est-à-dire soumises au Libecciu) où elle peut atteindre exceptionnellement 80 à 100 m d'altitude (à l'îlot de Gargalu). Elle est souvent interrompue et remplacée par le groupement à lentisque et Euphorbia dendroides. La dominance de Pistacia lentiscus à ce niveau est probablement liée à sa thermophilie mais aussi à sa bonne résistance aux vents chargés d'embruns qui semblent bien éliminer la concurrence des maquis plus diversifiés à Arbutus et Erica. Il est notable que ces derniers arrivent tout près de la mer pour peu qu'un accident topographique les isole de l'influence des embruns et d'un ensoeillement intense.

Il s'agit de fruticées basses de 0,6 à 2 m et ayant des difficultés à dépasser cette hauteur à cause des vents violents.

Ce groupement, tel qu'il apparaît à partir des relevés du tableau n° 13 b, se distingue de l'Oleo-Lentiscetum décrit de Provence ou du Cap Corse (Roger MOLINIER 1959) par la rareté d'Olea (qui à Scandola semble nettement lié à d'anciennes cultures) et de Myrtus communis. La présence de Clematis cirrhosa et Aristolochia longa permet encore de le rapporter au Clematido-Lentiscetum, dont il constitue une sous-association smilacetosum.

Vis-à-vis de la sous association tametosum le cortège floristique apparaît plus pauvre avec en particulier l'absence de toutes les espèces sylvatiques mésophiles. Ecologiquement, les deux sous-associations sont pratiquement aussi thermophiles l'une que l'autre mais la première est installée dans des conditions plus sèches, sur des pentes plus fortes, sur des sols souvent moins riches, retenant moins l'eau. Elle doit, de plus, supporter une forte action du vent. Il ne semble donc pas que le Clematido-Lentiscetum smilacetosum puisse évoluer facilement vers la sous-association tametosum, si ce n'est dans quelques secteurs privilégiés.

Le Clematido-Lentiscetum smilacetosum constituait probablement à l'origine un simple ourlet de transition entre les groupements halophiles et les maquis plus diversifiés à Arbutus et Erica

Tableau nº 14a	Groupement à	Pistacia	lentis	cus et	Euphorbia	dendroides
Numéro de relevé		6	6 110	109		
Surface (m2)		-	0 100			
Recouvrement (%) (:	al ambuntif	8				
	n) herbacé		0 40			
	n) muscinal			-		
	l) litière	2				
	R) rocailles roche	-	-			
Pente (°)	() rocallies roche	1°5 4°				
Exposition		ES		35 E		
Altitude (m)			5 50	_		
Hauteur de la stra	to dominante (om)	6				
nauteur de la stra	ce dominance (cm)	0	0 00	100		
Différentielles du group						
Pistacia lentiscus	(a)	4-		2-2		
Arisarum vulgare		+	. + .	1-1		
Euphorbia dendroide	88	•	2-2	2-3		
Espèces des Quercetea i	licis					
Calycotome villosa			1-2	3-3		
Asparagus acutifoli			+	+		
Smilax aspera		2-	3.	+		
Rubia peregrina		2-2	2.			
Pulicaria odora		•		1-1		
Espèces du Stachydi-Gen	istetum et du					
Teucrion mari						
Teucrium marum		1-:	2 2-2	1-2		
Genista corsica		2-2				
Rosmarinus officina	lia	1-		•		
Stachys glutinosa		1-2				
Espèces des Cisto-Lavano	h-1-h					
Helichrysum italica		2_	,	7.0		
Cistus salvifolius		3-3		1-2		
Briza maxima	(a)			1-2		
DI IZA MAZIMA		1-2		•		
Autres espèces						
Carlina corymbosa		+	1-1	+		
Brachypodium retusi	m	2-2		2-3		
Allium acutiflorum			1-1	+		
Daucus carota subsp		1-2		+		
Dactylis glomerata			1-2	+		
Aetheorhiza bulboso		1-2	3 .	+		
Reichardia picroide	:8	1-1		+		
Avena barbata		1-1	. +			
Senecio bicolor sub		+		+		
Lathyrus articulatu	8	+		+		
Lobularia maritima			+	+		

Tableau nº 14b	Groupement à Junip	perus phoenice	a var. lycia
Northern de malent		47	ne.
Numéro de relevé			35 50
Surface (m2)	_		50 80
Recouvrement (%)			
	h	20 :	10 3
	m	_	3 40
	1		30
Pente (°)	S+R (sol nu + roche		30 10
			W
Exposition			<b>w</b> 55
Altitude (m) Hauteur de la str	rate dominante (m)		,7
		•	,
Différentielle du grou		2-3 2-	-
Juniperus phoenic	eea var. lycia (a)		-3
	- - (h)	• 1	•
Espèces de l'Erico-Ari Quercetea ilicis	butetum et des		
Pulicaria odora		+ .	
Erica arborea (a.	1	2-2 1-	-2
Arbutus unedo (a.			,
(h.		· +	
Phillyrea latifo		1-2	<u>,</u>
Pistacia lentisci		1-2 1-	
i taracra tentracr	(h)		_
Carex distachya	(76)		'
Phillyrea angusts	ifolia (a)		-3
rntityrea angusti	- (h)		-
Quercus ilex (a)	(77)	1-1	'
Lonicera implexa		<i>1</i> −1 +	
bontcera umptexa		٠.	
Espèces des Cisto-Lava			
Cistus monspelier	ısis (a)	2-2 3-	-4
	(h)	1-1 .	•
Cistus creticus	(a)	<i>+</i> ,	•
Espèces du Teucrion m	eri		
Rosmarinus office		2-2 2-	-9
Teucrium marum		, , , , , , , , , , , , , , , , , , ,	
Genista corsica			, +
Gentata coratca		•	•
Autres espèces			
Brachypodium reti	48 UM	2-2 1	-2
Carex hallerana			٢
Juniperus oxycedi		1-1	
Bupleurum frutico	osum	+ .	•
Odontites lutea		+ .	

ou les chênaies à *Quercus ilex*. L'intervention humaine et la destruction par le feu et le pâturage de cet ensemble a permis ensuite aux vents chargés d'embruns d'excercer plus largement leurs effets vers l'intérieur des terres. Ceci a eu pour conséquence une plus grande difficulté de reconstitution des maquis et forêts du *Quercion ilicis*, tandis que l'ourlet à lentisque, moins sensible aux vents salés a pu se développer à leurs dépens. Sous des formes plus ou moins dégradées il est actuellement nettement plus développé sur la côte sud-ouest et ouest-sud-ouest de Scandola que sur les côtes exposées au nord ou à l'est. Ceci tient en grande partie aux effets du Libecciu qui souffle du sud-ouest, mais l'exposition au sud favorise certainement aussi ce groupement thermophile.

# 9. 3. Groupement à Pistacia Lentiscus et Euphorbia dendroides mad cmad (Tableau n° 14 a)

Ce groupement constitue des fruticées nettement plus basses et plus ouvertes que celles du Clematido-Lentiscetum smilacetosum et correspond soit à la dégradation de ce dernier, soit à un stade de blocage sur les substrats difficiles (rocheux, rocailleux).

Floristiquement, l'ouverture du milieu est traduite par la présence de quelques espèces des Thero-Brachypodietea, de taxons du Cisto-Lavanduletea (où il faut remarquer la fréquence de Cistus salvifolius) et du Stachydi-Genistetum consicae. Ce groupement écarte toutefois de cette dernière association (qui correspond à des fruticées très basses installées sur des sols très dégradés) par la présence d'un bon nombre d'espèces des Quercetea ilicis et par le fait qu'il se développe sur des sols encore conservés, même s'ils sont maigres, pierreux et secs.

Le relevé n° 66 où domine Pistacia lentiscus est aussi marqué par la fréquence d'Helichrysum italicum et représente un stade encore proche d'un Stachydi-Genistetum daucetosum. Les relevés n° 110
et 109 par contre se rapprochent assez bien, physionomiquement de l'Euphorbietum dendroidis Guinochet
1944 et surtout de l'Oleo-Lentiscetum euphorbietosum dendroidis Molinier 1954, tel que l'a décrit par
exemple VALSECCHI (1976: 55-56) en Sardaigne. Toutefois, le groupement de ce territoire plus méridional
apparaît nettement plus riche en caractéristiques de l'Oleo-Ceratonion, dont certaines manquent à la
Corse ou à Scandola (Chamaerops humilis, Prasium majus, Asparagus albus, ...).

Actuellement, il est probable que le groupement à Pistacia lentiscus et Euphorbia dendroides occupe en partie la place du Clematido-Lentiscetum smilacetosum (lorsque celui-ci a été dégradé, en particulier par le feu) mais il est probable aussi qu'il puisse constituer un groupement permanent dans les secteurs du littoral à fortes pentes et à substrat rocheux ou rocailleux.

# 9. 4. Groupement à Juniperus phoenicea var. Lycia (Tableau n° 14 b) 🖸

Dans la Réserve de Scandola, des individus isolés ou des petits groupes de Juniperus phoenicea var. Lycia peuvent être observés en position rupicole sur les parois rocheuses littorales ou au
sommet de celles-ci (voir figure l) et cela, souvent, en l'absence d'autres espèces. Ce genévrier semble
avoir trouvé là un milieu où il n'a pas à subir la concurrence d'autres arbustes. Il est effectivement
absent des formations denses à lentisque et du maquis à Arbutus et Erica. Toutefois, sa présence peut
être notée, toujours en position littorale, dans des fruticées du type cistaie ou maquis bas, mais seulement lorsque celles-ci sont peu denses, en particulier lorsqu'elles sont proches du bord de falaises
littorales où les conditions topographiques ne permettent pas un recouvrement complet de la végétation.

L'examen des deux relevés effectués dans ce groupement montre la présence d'espèces des Cisto-Lavanduletea et du Teucrion mari qui traduisent l'ouverture du milieu et la présence de sols maigres où la roche affleure très souvent. Ce sont cependant les espèces des Quercetea ilicis qui dominent légèrement dans ces formations hautes de 1,5 à 2 m.

Ce type de végétation est à rapprocher d'une part de l'Oleo-Lentiscetum lycietosum décrit sur l'île de Port-Cros (LAVAGNE 1972) comme constituant un faciès plus rocheux de l'Oleo-Lentiscetum, et d'autre part du "groupement à Juniperus phoenicea" de Sardaigne septentrionale (VALSECCHI 1976 : 57). Cependant, dans les relevés de Scandola, les espèces de l'Oleo-Ceratonion se limitent à Juniperus phoenicea var. Lycia et Pistacia lentiscus et hormis la présence de Juniperus, cette végétation se distingue peu des maquis bas, ouverts, riches en Cistus (voir tableau n° 17) qui entrent dans la dynamique conduisant vers les maquis élevés de l'Erico-Arbutetum.

#### 9. 5. Groupement à Pinus halepensis A

Le Pin d'Alep n'est représenté à Scandola que par une petite population dans le secteur

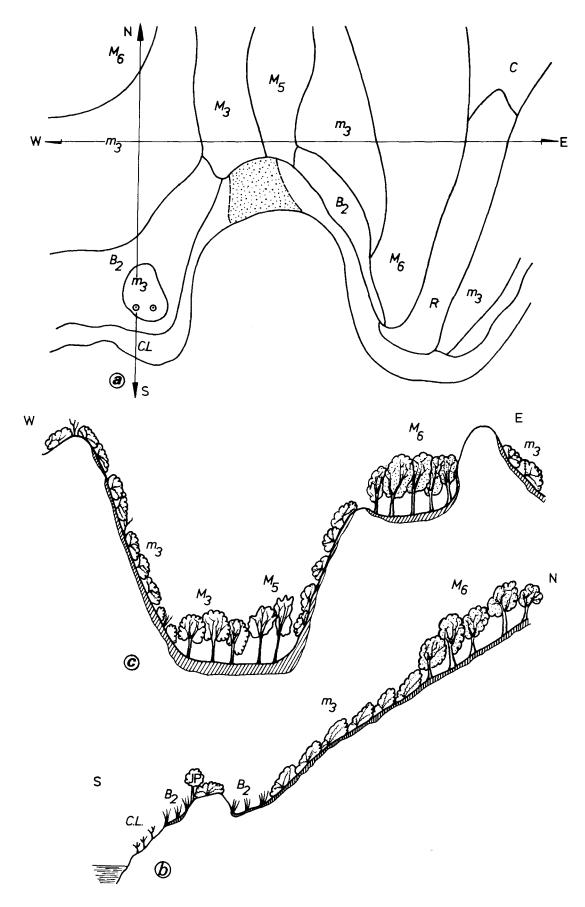


Fig.3\_Schèma de la disposition de la végétation littorale dans un vallon et ses alentours immēdiats

de Cala di Ficaccia. Cette population se développe dans une étroite marge entre un maquis élevé à Erica et Arbutus et les groupements halophiles, dans une position subrupicole, un peu comparable à celle qui a été évoquée pour Juniperus phoenicea.

La régénération du pin se fait correctement dans l'aire de la population ou dans les milieux ouverts des environs immédiats. Le "sous-bois" ne comporte pratiquement aucune autre espèce (hormis Pistacia lentiscus et Helichrysum italicum) et est garni de litière d'aiguilles.

Il est certain que ce groupement occupe une position comparable à celle des fruticées de l'Oleo-Ceratonion desquelles il doit être rapproché, même si floristiquement rien ne le prouve.

Cette population a, actuellement, une allure naturelle. Il paraît toutefois très curieux que le pin, s'il est en place depuis longtemps, n'ait pas pris pied dans les groupements ouverts qui ne manquent pas dans les environs. Une introduction ancienne par l'homme n'est peut être pas à exclure. Il faudrait, pour choisir entre ces deux hypothèses disposer de données historiques qui manquent complètement dans ce secteur (l'analyse pollinique de sédiments prélevés sur les bords de l'étang de Crovani apporterait peut être là une réponse).

Ce problème rejoint celui de la population de pin d'Alep de l'embouchure du Zente (désert des Agriates) qui se développe aussi dans l'ambiance de l'Oleo-Lentiscetum mais sur substrats sableux (voir Roger MOLINIER 1959 : 13-16).

# 10 - Les chênaies à Quercus ilex et les maquis élevés à Aubutus, Phillyrea, Erica

Dans l'état actuel de la végétation, les groupements arborescents de la Réserve n'excèdent pas 8 à 12 m de hauteur suivant les secteurs. Ils sont constitués par Quercus ilex (1) qui peut être localement dominant mais qui est presque toujours accompagné d'Arbutus unedo, Phillyrea latifolia, Erica arborea, Fraxinus ornus. Dans certains cas, ce sont de véritables formations arborescentes d'Arbutus unedo (plus rarement d'Erica arborea) atteignant 7 à 9 m de hauteur qui se développent sans que le reste du cortège floristique ne subisse de variation notable. Quercus ilex en est rarement absent. Lorsque le toit de la formation est plus bas (5 - 7 m), Erica arborea se manifeste d'une manière plus importante, tandis que Pistacia lentiscus devient plus constant et que Myrtus communis apparaît fréquent dans la state arbustive. Localement enfin, Phillyrea peut être largement dominant. Ces ensembles correspondent assez bien à trois groupements phytosociologiques déjà reconnus en Corse : Viburno-Quercetum ilicis ornetosum, Erico-Arbutetum quercetosum, Erico-Arbutetum phillyreetosum.

# 10. 1. <u>Viburno-Quercetum ilicis</u> (Br. Bl. 1936) Rivas-Mart. 1974 ornetosum Allier & Lacoste 1979. Tableau n° 15 b. M9 M6XX

Dans ces bois denses, la strate arborescente est le plus souvent dominée par Quercus ilex qui atteint 8 à 12 m de hauteur. Arbutus unedo y participe fréquemment, Phillyrea latifolia et Erica arborea à un degré moindre. Le sous-bois est extrêmement sombre : la strate arbustive et la strate herbacée (recouvrement inférieur ou égal à 5 %) y sont peu développées par manque de lumière. Ce type de formation est particulièrement bien installé au fond de certains vallons, là où les sols sont relativement épais et bénéficient de colluvionnement (voir figure n° 4). Dans le périmètre de la Réserve, ce groupement est surtout fréquent dans les vallons exposés au Nord ou à l'Est, jusqu'à très basse altitude. Il semble y avoir une relation très nette entre l'épaisseur des sols et la croissance en hauteur de la formation. C'est d'ailleurs en grande partie dans ce type de vallons que s'est faite l'exploitation du charbon de bois jusqu'en 1930.

Ce groupement peut actuellement être considéré comme subclimacique. Il est probable que son évolution puisse conduire dans certains cas à une dominance absolue de Quercus ilex qui finira par éliminer Arbutus et Phillyrea qui n'atteindront pas la même hauteur que lui. Toutefois, la topographie de Scandola présente tellement de reliefs et d'accidents que l'évolution vers une chênaie dense de Quercus ilex ne semble pas possible partout. Ainsi les bois de chêne vert et les maquis plus hétérogènes et moins hauts constitueront probablement toujours une mosaïque. Ce phénomène sera aussi accentué par l'existence constante de zones de régénération venant combler les trouées laissées par la mort des vieux arbres.

<sup>(1)</sup> Quercus suber est complètement absent de cette région. Les substrats siliceux, la douceur du climat et l'humidité lui seraient pourtant favorables. Selon REILLE (C.O.) sa présence pollinique entre -5000 et -8000 avant le présent rend très probable son indigénat en Corse. L'explication la plus évidente de son absence locale est que cette partie de la côte ouest est très rocheuse, avec de fortes pentes et des sols insuffisamment épais pour Quercus suber.

Tableau n° 15	a Erico - Arbutetum quercelosum	b Viburno – Quercetum ilicis
Numéro de relevé	83 62 95 38 37 1 13 27 14 58 29 17 18	Ornetosum 3'33 21 70 97 96 45 46 44
Surface (m2)  Recouvrement (%) A (> 5m)  a (> 30 cm)  h (< 5m)  m  l  R (cailloux)  Pente (°)  Exposition  Altitude (m)  Hauteur maximale de la végétation (m)  Hauteur de la strate dominante (m)	50 100 100 100 100 200 100 100 400 100 400 200 100 0 30 20 60 90 95 95 20 95 95 95 90 95 90 80 80 80 30 15 10 10 90 20 10 20 30 20 5 30 40 5 20 2 5 5 10 5 15 5 10 20 5 0 2 2 5 5 5 2 2 3 3 10 5 70 40 50 80 60 70 70 70 80 80 70 70 70 10 20 20 15 10 15 10 15 30 30 10 20 20 40 20 45 30 25 20 20 35 25 10 10 W ENE NE WINW NW W N WINW SE N N NW	100 200 400 200 100 400 100 100 100 90 90 90 80 75 95 80 95 95 30 20 20 10 35 15 10 5 10 20 20 5 5 5 1 2 2 2 2 10 10 10 10 20 0 5 10 2 2 40 30 60 60 60 70 80 90 90 90 30 10 20 55 40 50 50 50 20 50 N NNW ENE N S SE W W W SEO 125 140 50 500 500 75 90 75 8 7 12 10 9 12 6 12 8 6 6 8 8 8 8 10 5 9 7
Caractéristiques de l'Erico-Arbutetum  Arbutus unedo (A)  (a)  Erica arborea (A)  (a)  (h)  Phillyrea latifolia (A)  (a)  (h)  Pulicaria odora  Caractéristiques des Pistacio- Rhamnetalia	$\begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	1-2 . 1-1 . 1-1 + + 1-1 . + . 1-1 . + + + 2-3 3-4 1-2 2-2 . 1-3 2-2 1-1 1-2 1-1
Pistacia lentiscus (A) (a) (h)  Myrtus communis (a)	2-2 2-2 . 1-3 1-1 1-2 . 2-2 + 1-1 1-1 + + + 1-1 . +	
- (h) Arisarum vulgare Clematis cirrhosa	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	
Caractéristiques des Quercetum, Quercion et Quercetalis ilicis Querous ilex (A)	+ 1-3 + + 1-2 . 1-2 . + + . + . + . 1-3	+ 1-2 1-2 3-3 2-3 3-4 2-3 4-4 3-4 + 1-1 1-1 . 2-2 1-2 + + 1-1 + + + . 1-1 + + 1-3 1-2 1-1 1-2 1-2 1-1 + + + + 2-2 1-2 + 1-1 + . +
Caractéristiques des Qercetea ilicis Rubia peregrina Smilax aspera Asparagus acutifolius Viburnum tinus (A) (a) (h) Lonicera implexa Clematis flammula Bupleurum fruticosum (a)	2-2 + . 1-1 1-2 1-1 + . + + . + + + +	1-1 !-1 !-3 1-1 . + . 1-1 1-1 + + + +
Espèces des Querco-Fagetea  Cyclamen repandum  Fraxinus ornus (A)	. 2-3	1-1 1-1
Brachypodium retusum Rubus sp. Cistus creticus subsp incanus Juniperus oxycedrus (a) Carex hallerana var. hallerana	+ 2-3 2-2 . 1-3	2-2 .

Du point de vue phytosociologique, il est possible de se référer au Viburno-Quercetum ornetosum tel que l'önt décrit ALLIER & LACOSTE (1979) dans le Fangu. Il faut noter simplement à Scandola l'absence de Viola alba subsp. dehnhardtii et la rareté de Luzula forsteri. Par contre, Galium scabrum est bien présent et pourrait permettre d'élever ce groupement corse au rang d'association. Il faut signaler aussi que le Viburno-Quercetum ornetosum peut être individualisé même dans certains cas où Arbutus unedo (relevé n° 21) et Erica arborea (relevé n° 33) sont dominants.

10. 2. Erico-Arbutetum Molinier 1937 Quercetosum Allier et Lacoste 1979. Tableau n° 15 a M6X

Ces maquis élevés où la strate arborescente atteint 5 à 7 m de hauteur sont généralement co-dominés par Arbutus unedo et Erica arborea. Quercus ilex ainsi que Phillyrea latifolia, Pistacia lentiscus et Fraxinus ornus y participent avec un recouvrement plus faible. La strate arbustive est généralement un peu mieux développée que dans le Viburno-Quercetum. Outre les essences déjà citées on peut y noter souvent Myrtus communis et Viburnum tinus. Au sol, la litière est importante, le recouvrement de la strate herbacée varie entre 10 et 15 % en moyenne. Le sous-bois, encore sombre, l'est cependant un peu moins que dans les formations denses à Quercus dominant.

A Scandola, ce type de maquis, qui constitue un stade de végétation de durée probablement assez longue, colonise d'importantes surfaces. Dans la plupart des cas, son évolution semble pouvoir se faire vers le Viburno-Quercetum ilicis ornetosum (voir paragraphe précédent).

Floristiquement, on y retrouve les caractéristiques d'association du Quercetum. Cependant, il faut y noter aussi un certain nombre de différentielles : Pistacia lentiscus (beaucoup plus fréquent et abondant que dans le Viburno-Quercetum), Myrtus communis (absent du Viburno-Quercetum) et Viburnum tinus (rare dans le Viburno-Quercetum). Les deux premières rapprochent ce groupement des Pistacio-Rhamnetalia, cependant, les espèces du Quercion et des Quercetalia ilicis apparaissent plus nombreuses. Ces maquis peuvent être incontestablement inclus dans l'Erico-Arbutetum quercetosum tel que l'on décrit ALLIER et LACOSTE (1979 : 70-74), cependant quelques différentielles thermophiles y apparaissent (Arisarum vulgare, Clematis cirrhosa) qui traduisent leur position sublittorale.

Le choix d'Arbutus unedo et Erica arborea comme caractéristiques d'association est discutable (ces espèces sortent largement de ce groupement, surtout Erica arborea, tandis que Phillyrea latifolia a une valeur assez proche de celle d'Arbutus). Une seule espèce distingue nettement ces maquis, déjà sylvatiques mais un peu ouverts et moins haut que le Viburno-Quercetum ilicis, il s'agit de Pulicaria odora qui peut donc caractériser l'Erico-Arbutetum. Mise à part cette espèce et les trois différentielles déjà citées, l'Erico-Arbutetum quercetosum est floristiquement très proche du Viburno-Quercetum ilicis ornetosum.

### 10. 3. Erico-Arbutetum Molinier 1937, phillyrectosum latifoliae Allier et Lacoste 1979 (Tableau n° 16)

Localement, dans certains vallons, Phillyrea latifolia peut dominer largement au sein de maquis par ailleurs assez proches des précédents mais d'où Quercus ilex peut être absent. Les trois relevés du tableau n° 16 permettent de préciser la composition floristique de ce maquis et de noter qu'ils sont intermédiaires entre l'Erico-Arbutetum quercetosum et l'Erico-Arbutetum phillyreetosum. La présence de Teucrium marum, de Cistus creticus, l'abondance de Brachypodium retusum, indicatrices d'un milieu relativement ouvert, jointes à l'importance de Phillyrea latifolia permettent d'inclure ces maquis plutôt dans l'Erico-Arbutetum phillyreetosum. A première vue, il est difficile d'expliquer la dominance de Phillyrea latifolia. Il est possible que cela corresponde à un faciès plus thermophile de l'Erico-Arbutetum. Il faut remarquer à ce propos que ce groupement, localisé préférentiellement dans les vallons, fait souvent suite vers le haut à la variante à Phillyrea latifolia du Clematido-Lentiscetum tametosum (par exemple dans le ravin de Bascia Casgiu).

#### 11 - Les maquis bas et les cistaies

Les maquis bas (hauteur souvent inférieure à 2 m) et les cistaies (0,5 à 1,8 m) constituent des formations moins denses que les maquis élevés (recouvrement 60 à 90 % contre 90 à 100 %), vers lesquels ils peuvent évoluer. Physionomiquement et floristiquement trois ensembles peuvent y être distingués :

- les maquis bas à Erica arborea dominant avec Arbutus
- les cistaies hautes à Cistus creticus subsp. eriocephalus et subsp. corsicus

Tableau nº 16	Erico-Arbutetum phillyreetosu	um la	tifol	iae
Numéro de relevé Surface (m2) Recouvrement (%) A (≥ 5 a (≥ 3		98 150 80 20	86 400 90 30	70 20
n m l R (cai	lloux)	60 15 40 30	35 15 45 10	80 3 20 20
Pente (°) Exposition Altitude (m) Hauteur de la strate la		35 N 375 6	35 NW 365 7	15 W 250 6
Hauteur de la strate do Différentielle du groupeme		5	7	6
Phillyrea latifolia (A) - (a) - (h)		4-4 1-1 1-1	3-4 1-2 1-3	4-4 + 1-2
Caractéristiques de l'Eric Pistacio-Rhammetalia				-
Arbutus unedo (A) (a)		+	1-2 1-2	:
(h) Erica arborea (A) (a) (h)		1-3	1-1 2-3 1-2 1-1	:
Pisticia lentiscus (a) Arisarum vulgare		; +	1-2	1-2 1-2
Caractéristiques des Quero Quercetalia ilicis Carex distachya	etum, Quercion,	1-2	1-2	1-2
Asplenium onopteris Moehringia pentandra Quercus ilex (A)		1-2	2-3 1-2	+ +
- (a) - (h)		+ +	•	
Caractéristiques des Quero Rubia peregrina	etea ilicis	+	+	
Smilax aspera Lonicera implexa Asparagus acutifolius		1-2 + +	<i>*</i>	:
Espèces des Querco-Fagetes Cyclamen repandum Tamus communis Luzula forsteri	ı	3-3	3-3 + 2-2	2-3 1-1
Espèces du Teucrion mari e	et des Querco-Fagetea	•	2 2	•
Teucrium marum Cistus creticus subsp.i	ncanus	+ +	+	:
Autres espèces Geranium purpureum Brachypodium retusum Galium spurium Aetheorhiza bulbosa Crepis leontodontoides Fumaria capreolata		1-2 2-3	2-2 2-2 + •	1-2 3-4 + 1-2
Stellaria media Centranthus calcitrapa Euphorbia peplus		1-2 + +	1-2 + +	:

Tableau nº 18 Groupement à Olea et Ph	illyrea	a lati	folia	ı			
Numéro de relevé	31	53	80	15	74	63	61
Surface (m2)	400	100	50	100	100	200	100
Recouvrement % a St. arbustive	70	80	60	75	70	80	80
h str. herbacée	20	20	60	10	20	10	15
m str. muscinale l litière	0 10	3 15	0 5	20 30	10	10	0
R rocailles, rochers	20	20	30	20	15 30	15 15	40 20
Pente (°)	0	10	25	0	20	45	30
Exposition	ind	s	WSW	ind	s	ENE	s
Altitude (m)	85	199	250	50	280	60	60
Hauteur maximale (m)	1,2	2,5	2,5	2,0		1,2	1,5
Hauteur de la strate dominante	1,2	1,0	2,5	1,0	0,9	1,2	1,5
Différentielles du groupement							
Olea europaea var.sylvestris (a)	2-2	2-4	3-4	1-2	2-2	+	+
Phillyrea latifolia (a)	1-2	1-1	1-3	1-1	1-2	2-4	1-1
- $ (h)$	1-1			+		1-2	1-1
Juniperus oxycedrus (a)	•	+	•	+	1-2	1-2	1-2
(h)	•	•	•	+	•	•	•
Espèces des Cisto-Lavanduletea							
Cistus monspeliensis (h)	1-1	+		1-1	+	1-1	
- (a)	2-3	3-3	+	3-4	2-3	3-4	4-4
Cytinus hypocystis subsp. hypocystis						+	+
Cistus creticus (a)	+	1-2	•	+	•	.•.	•
Lavandula stoechas Briza maxima	•	•	•	•	•	1-2	•
Br tza mazuma	•	•	•	•	•	1-2	•
Espèces du Teucrion mari							
Teucrium marum	1-2		+	+	1-2	1-2	+
Genista corsica	+			1-2			1-1
Rosmarinus officinalis	•	•	•	٠.	•	2-3	2-2
Stachys glutinosa	•	•	•	1-2	•	•	•
Espèces des Helianthemetea annuae							
Linum trigynum	1-2			+		1-1	+
Plantago bellardi	•	•			+	•	
Silene gallica	1-2	٠	٠	•	+		
Aira cupaniana Trifolium arvense	•	•	•	•	•	1-2	· +
Aira elegantissima	•	•	•	•	•	÷	+
•	•	•	•	•	•	•	•
Espèces des Quercetea ilicis							
Pistacia lentiscus (a)	2-3	3-3	2-3		1-3	+	1-2
(h)	+	1-2		•	+	•	••
Arisarum vulgare Erica arborea (a)	•		1-2	· +	•	1-2 1-2	1-2 2-2
Rubia peregrina	•	· +	• +		•	1-2	4-4
Myrtus communis (a)	Ċ			•	÷	1-2	•
- $ (h)$						+	
Pulicaria odora						2-2	
Asparagus acutifolius	•	•	•	•	•	•	+
Autres espèces							
Brachypodium retusum	2-2	2-3	2-2		2-2	1-3	2-2
Sherardia arvensis		<b>+</b>	1-2		+	1-1	<i>+</i> -
Cyclamen repandum		+				+	2-2
Ferula communis	+		2-2	•	1-1		
Dactylis glomerata subsp hispanica	•	+	•	•	+	1-2	•
Trachynia distachya	•	<i>+</i>	+ 1_0	•	•	•	•
Geranium purpureum Aetheorhiza bulbosa	•	2-2 2-2	1-2 +	•	•	•	•
Veronica cymbalaria	•	2-2 1-1	<i>+</i>	•	•	•	•
Rhagadiolus stellatus var. edulis	:	1-1	<i>+</i>	:	:	:	•
Sedum stellatum		+	+		:		•
	•			-		-	

- les cistaies basses à Cistus monspeliensis.

## 11. 1. Les maquis bas à Erica arborea dominant : Erico-Arbutetum Molinier 1937, cistetosum Allier et Lacoste 1979 variante à Erica arborea. (Tableau n° 17 C) m6 m

Ces maquis correspondent à des groupements de transition entre les cistaies et les maquis élevés. Ils se développent sur des sols conservés mais souvent peu épais. Ils sont dominés généralement par Erica arborea; Arbutus unedo y est presque toujours présent mais encore discret, tandis que les cistes y ont encore une relative abondance. La hauteur de ces formations n'est pas homogène et varie de 1.5 à 3 m.

La composition floristique des relevés effectués dans ces maquis permet de les rattacher à l'Erico-Arbutetum cistetosum. On y note en effet la présence de Pulicaria odora, Erica arborea, Arbutus unedo, Phillyrea latifolia, tandis que Cyclamen repandum et Geranium purpureum apparaissent localement comme de bonnes différentielles vis-à-vis de l'Helichryso-Cistetum. Le cortège des Quercetea ilicis y est important mais Quercus ilex encore très discret. Vis-à-vis des relevés cités par ALLIER et LACOSTE (1979 : 70) pour illustrer ce groupement, les relevés de Scandola paraissent un peu moins mûrs (Arbutus n'y est jamais abondant, les cistes y ont plus d'importance). Ainsi la discontinuité floristique entre l'Erico-Arbutetum cistetosum et l'Helichryso-Cistetum présentée comme nette par ALLIER et LACOSTE (1. c.) semble plutôt correspondre à un échantillonnage incomplet de ces auteurs. Effectivement, le faciès de Scandola, tout en pouvant être rattaché à l'Erico-Arbutetum cistetosum offre des caractères de transition vers l'Helichryso-Cistetum.

## 11. 2. Cistaies à Cistus creticus dominant : Erico-Arbutetum cistetosum, variante à Cistus creticus subsp. corsicus et subsp. eriocephalus. (Tableau n° 17 b) m 6 m 6 C

Ces peuplements de *Cistus creticus* ne couvrent jamais d'importantes surfaces. Ils se situent souvent en bordure des maquis bas où ils assurent la transition vers les groupements à *Cistus monspeliensis*. Vis-à-vis de ces derniers ils atteignent une hauteur supérieure (1,5 à 1,8 m) et se développent sur des sols mieux conservés. Leur cortège floristique apparaît plus proche de celui de l'*Erico-Arbutetum cistetosum* (au sein duquel ils constituent une variante particulière) que de l'*Helichryso-Cistetum* (voir fig. 5)

## 11. 3. Les cistaies basses à Cistus monspeliensis dominant : Helichryso-Cistetum cretici Allier et Lacoste 1979 (Lectotypus : relevé n° 12, tableau II in ALLIER et LACOSTE 1979 : 66). (Tableau 17 a). C C l

Ce sont les cistaies qui correspondent aux sols les plus dégradés de cet ensemble (les sols sont toutefois moins rocheux que pour le Stachydi-Genistetum corsicae). La hauteur de ces cistaies varie de 0,5 à 1,5 m et leur recouvrement de 40 à 80 %. Elles assurent floristiquement la transition entre les fruticées basses du Stachydi-Genistetum (le relevé n° 12 en est encore proche), et les cistaies à sol mieux conservé dominées par Cistus creticus (Erico-Arbutetum cistetosum). Elles peuvent être rapportées à l'Helichryso-Cistetum cretici. Les deux espèces désignant ce groupement et le caractérisant, Cistus creticus (subsp. corsicus et subsp. eriocephalus) et Helichrysum italicum subsp. italicum permettent de le distinguer des cistaies de Provence cristalline et du Languedoc. Toutefois leur choix comme caractéristiques d'association (ALLIER et LACOSTE, 1. c.) est fort discutable : - Helichrysum italicum est bien présent dans ces cistaies mais il est plus fréquent encore dans des fruticées plus basses installées sur pelouses et où il est bien souvent dominant (pâturages abandonnés, anciennes cultures). A Scandola, il a son optimum dans des fruticées littorales semi-halophiles (Thymelaeo - Helichrysetum, Stachydi - Genistetum daucetosum). Cistus creticus, ainsi que cela a déjà été noté, a son optimum dans des groupements à sols mieux conservés que ceux des cistaies à Cistus monspeliensús. Sa dominance correspond donc à des conditions différentes de celles qui existent dans l'association qu'il sert à nommer.

Ces cistaies se sont probablement développées après destruction par le feu de formations végétales plus hautes. Dans les cas où les sols sont bien conservés leur évolution vers des maquis puis des forêts de chêne-vert semble toujours possible. Dans les secteurs à sols très érodés elles semblent constituer une végétation dont l'évolution vers des formations plus denses et hautes semble compromise, ou du moins très lente.

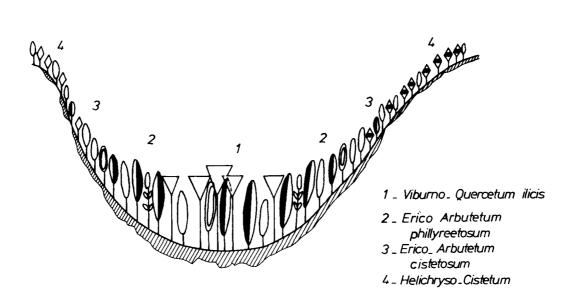


Fig. 4 - Coupe schématique montrant la disposition de la végétation dans un vallon et sur les pentes qui l'entourent(position non directement littorale) (voir aussi la légende de la figure 6)

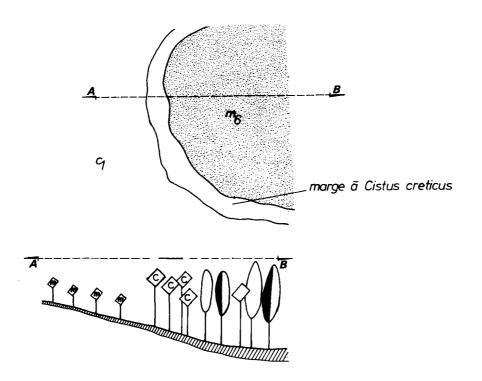


Fig.5. Disposition schématique des groupements dans les secteurs de contact entre cistaies et maquis bas

Tableau n° 17	Hel	lichr <sub>)</sub> c	/во-Сi retic		IB.	E	rico-	Arbut	etum	ciste	tosum	ı
Numéro de relevé Surface (m2) Recouvrement (%) a h	12 100 80	94 50 40	84 100 80	39 100 80	81 100 80	101 100 30	93 50 85	85 50 60	102 50 80	90 50 90	2 100 85	103 100 60
m 1 S + R (sol nu + rochers) Pente (°) Exposition Altitude (m)	10 1 50 40 30 wsw 450	20 10 8 30 5 N 420	40 5 40 20 40 SW 180	15 20 15 20 WSW 40	10 30 30 25 W	20 5 40 10 15 w	25 5 40 30 10 E 450	50 5 30 10 10 N 150	30 5 20 25 20 N 175	15 0 15 10 0 ind 540	10 5 60 40 20 WNW 140	60 30 20 10 25 NW
Hauteur de la strate dominante (m) Espèces de l'Helichryso-Cistetum et des	1,0	0,7	1,0	1,0	1,5	1,7	1,8	1,8	2,0	1,7	1,8	1,9
Cisto-Lavanduletea Cistus monspeliensis (a) (h)	3-4 1-1	3-2 1-2	3-4	4-4 1-1	3-4 +	2-2	2-3	1-2	2-3 1-2	2-3	3-3 +	3-3 1-1
Cistus creticus (a) 	2-3 1-1	i-2	<i>+</i> • <i>+</i>	:	2-3 + 1-2	3-4 1-2 +	4-4 +	3-4	1-2	1-1	:	:
Cytinus ruber Lavandula stoechas Briza maxima Cistus salvifolius (a)	•	1-1	:	1-2	<i>*</i>	+	•	; ;	1-1 + 1-1	:		
(h) Helichrysum italicum subsp. italicum	1-2	÷	1-2	<u>:</u>	÷		:	:		:	:	<i>*</i>
Espèces du Teucrion mari Teucrium marum Rosmarinus officinalis Genista corsica Stachys glutinosa	1-2 1-2 + 1-2	:	: : 1-2	:	:		:	:	:	2-3		:
Espèces des Helianthemetea annua Aira cupaniana		<b>+</b>		+			·	1-2	·		·	1-2
Ornithopus compressus Vulpia ciliata	:	1-1 1-2	:	1-2	:	; ;	:	<i>+</i>	+	:	:	1-1
Silene gallica Linum trigynum Trifolium arvense Tuberaria guttata	1-1 •	+ 1-1	: ;	:	:	:	:	<i>+</i> •	:	<i>*</i>	:	
Aira caryophyllea Plantago bellandi Paronychia echinulata Nypochaeris glabra var. balbisii		1-3	:	:	:		:	: : :	•	:	:	:
Trisolium glomeratum  Caractéristiques et différentielles de	:	٠	•	•	•	:	:	÷	:	:	•	
l'Erico-Arbutetum Cyclamen repandum					; ;		+ 2-2	2-3	+ +	1-2 1-2	•	<i>‡</i>
Geranium purpureum Pulicaria odora Erica arborea (a) (h)	1-2 +	:	÷		:	1-1	+ 1-3	* :	2-3 3-3	1-2	3-4 +	2-3 2-3 +
Arbutus unedo (a) (h)	•	:		•		<u> </u> :_	<u>.</u> :	<u>:</u>	<u>.</u> :	<u>:</u>	+	1-1
Caractéristiques des Quercetea ilicis Phillyrea latifolia (a) (h)			:	1-1	+	1-2	÷	:	1-2 1-2	1-2	:	· 1-2
Pist <b>o</b> cia lentiscus (a) Pistocia lentiscus (h) Arisarum vulgare	1-3	:	2-4 •	1-1	<i>+</i> <i>+</i>	1-2	1-2	1-2 1-2	:	2-3 • +	:	+
Carex distachya Phillyrea angustifolia (a) (h)	; ;	:	1-1 1-2	1-1 •	1-2	1-2	1-1	1-2	:	÷ •	:	:
Rubia peregrina Quercus ilex (a) (h)	÷		•	:	1-1 ·	<i>*</i>	 *	:	:	÷	:	:
Olea europea var. sylvestris (a) Myrtus communis (a) (h)	:	:	•	•	:		•	•	:	:	+ +	:
Asparagus acutifolius Smilax aspera Asplenium onopteris	•	:	2-3	:				1-2		:	:	•
Asptentia Glammula Luzula forsteri Calycotome spinosa (a)		:	:	:	:		:	:		:	:	<i>+</i> <i>+</i>
Autres espèces Brachypodium retusum Ferula communis	1-2		2-3		1-1	1-2	2-2 +	2-2 1-1	1-2	1-2 +	2-2	1-3 1-1
Sherardia arvensis Trifolium campestre Vicia sativa subsp.nigra	:	; +	+	÷	+ 1-1 2-2		1-1 ;	2-2 +	+ 1-2	1-2	:	1-1 •
Asphodelus austivus Carex hallerana Asterolinon linum-stellatum	÷	:	:	; ;	:	<i>+</i>	1-2	<i>+</i> •		:	:	1-1
Carlina corymbosa Aetheorhiza bulbosa	:		:	<i>*</i>	:		1-2	1-2 1-2	:	1-2	1-1	· :
Juniperus oxycedrus Lotus angustissimus Bromus madritensis	:	:	:		:		:	<i>+</i>	· ·	:	:	1-1 1-1
Aira elegantissima Selaginella denticuluta Trifolium ligusticum	:	:	:	;	•		:	, ,	1-2 1-2	:	:	1-3 1-2
Crepis leontodontoides Arenaria leptoclados Stellaria media	:	:	:	:	:	:	+ +	1-2	:	+ +	:	:
Sedum stellatum Aphanes arvensis	•	•	•	•	•		+ + +	+ 1-1	+	•	•	:
Cerastium glomeratum Dactylis glomerata subsp <sub>r</sub> hispanica	÷	:	:	:	:	:	•	•	:	:	:	•

#### 11. 4. Groupement à Olea et Phillyrea latifolia (Tableau n° 18)

Dans le périmètre de la Réserve de Scandola, l'olivier est essentiellement présent dans un groupement où il se trouve presque toujours en compagnie de *Phillyrea latifolia, Pistacia lentiscus* et *Cistus monspeliensis*. Il participe alors à la constitution de formations arbustives dont la hauteur varie de l à 2,5 m (certains individus isolés d'*Olea* atteignent parfois 3 m). Ces formations sont presque toujours ouvertes. Le sol nu ou recouvert seulement de la strate herbacée, constitue 20 à 30 % de la surface.

La présence d'Olea, Arisarum vilgare et Pistacia lentiscus incite à rapprocher ce groupement du Clematido-Lentiscetum. Toutefois, il faut y noter l'absence de Clematis cirrhosa, Aristolochia longa, Europhorbia dendroides qui caractérisent, à Scandola, les groupements de l'Oleo-Ceratonion. Outre l'absence de ces thermophiles, le groupement à Olea et Phillyrea s'écarte du Clematido-Lentiscetum par le recouvrement plus faible de Pistacia lentiscus, une moindre abondance des caractéristiques des Quercetea ilicis et, au contraire, une plus grande fréquence de Phillyrea latifolia, Juniperus oxycedrus (1). Cistus monspeliensis.

Il apparaît donc globalement comme un peu moins thermophile et plus ouvert. Il faut noter que dans la Réserve de Scandola, ce groupement est pratiquement le seul où Olea europaea var. sylvestris est quelque peu abondant. Sa localisation près de crêtes plus ou poins plates (où il apparaît en enclaves dans des maquis élevés ou des cistaies) ou dans certains vallons, son aspect encore très ouvert, évoquent incontestablement d'anciennes cultures d'olivier, abandonnées depuis un temps plus ou moins long et où Olea a repris sa forme sauvage (relevés du tableau n° 18 a). L'absence d'Olea dans de nombreux secteurs où est développé un lentiscetum littoral ou sublittoral permet de confirmer que ce taxon n'est pas spontané à Scandola. Néanmoins, il s'y est bien maintenu et a pu même s'étendre cà et là dans des groupements ouverts (relevés du tableau n° 18 b).

Les divers relevés du tableau n° 18 ne représentent pas tous le même stade évolutif, mais leur cortège floristique les situe entre le Stachydi-Genistetum corsicae rosmarinetosum et l'Erico-Arbutetum cistetosum. Ce groupement à Olea occupe donc, dans la dynamique qui peut conduire vers un climax, un échelon proche de celui des cistaies. Son origine est, par contre, souvent différente : ouverture du milieu forestier initial pour mise en culture et entretien ultérieur de cette ouverture initiale par l'homme et le pâturage des troupeaux. L'évolution de ce groupement à Olea peut être variable suivant les secteurs. Dans certains vallons sublittoraux il est possible qu'il évolue vers le Clematido-Lentiscetum tametosum, mais le plus souvent, il est probable que son évolution se fera vers l'Erico-Arbutetum puis le Viburno-Quercetum ilicis ornetosum.

## 12. Les fruticées très basses à Genista corsica et Teucrium marum : Stachydi-Genistetum corsicae, Gamisans et Muracciole, assoc. nova (Holotypus relevé n° 59, tableau n° 19 a)

#### B Bc RB RBc

Les secteurs à sols très érodés où la roche mère affleure sur (20) 30 à 70 (80) % de la surface, sont colonisés par ce groupement où se trouvent fréquemment réunis Genista corsica, Teucrium marum, Rosmarinus officinalis et Stachys glutinosa. Ces espèces sont souvent accompagnées de Lanvandula stoechas et de Cistus (surtout C. monspeliensis), ces derniers jamais très abondants. La hauteur de ces formations varie de 30 à 50 cm. Leur aspect rappelle parfois celui du Genistetum lobelii provençal.

Le Stachydi-Genistetum consicae correspond certainement aux stades les plus dégradés de la végétation à Scandola. Cette dégradation concerne surtout le sol qui n'y persiste souvent plus qu'au niveau de certaines diaclases ou de petites poches. Même les cistes ont du mal à vivre dans ces conditions où apparaissent des différentielles rupicoles (Umbilicus rupestris, Sedum caeruleum, ...). Le Stachydi-Genistetum constitue dans certains cas un groupement pionnier de la recolonisation de ces milieux très pauvres en sol (avec évolution possible vers des formations permettant un retour vers le climax), dans d'autres cas, il semble correspondre à une végétation plus ou moins définitivement bloquée dans les conditions actuelles du milieu. L'action des vents violents peut favoriser localement ce groupement, mais il semble avant tout lié aux conditions édaphiques.

<sup>(1)</sup> Les individus de Scandola offrent des fruits particulièrement gros qui les rapprochent du subsp. macrocarpa dont ils n'ont cependant pas les caractères foliaires. Ils ne sont pas spécialement liés aux groupements littoraux.

Tableau n° 19	S	tachy	ydi (	Genis	stetu	и с	orsic	ae								
Numéro de relevé Surface (m2) Recouvrement (%) a (buissons, haut max. 1 m) h (strate herbacée) 1 (litière)	20 20 30 3	15 10 0	15	50 30 5 5	110 30 45 10	50 50 10 20	73 100 40 30 10	60 20 50 30 15	40 4 20 1 20 2	5 50 5 80 0 60 5 20	50 45 20 10	25 75 30 10	50 70 60 20	25 30 10 5	50 70 20 40	50 60 40 20
R (rochers, rocailles) Pente (°) Exposition Altitude (m)	70 20 S 60	40 NE	25	10 S	50 25 S 50	50 10 N 50	60 25 S 290	60 1	50 5 0 1 ind NN 105 37	0 3 W W 5 15	25 S 45	35 SW	40 SSW	20 <b>N</b>	40 NNE	20 35 N 20
Caractéristiques d'association et d'alliance Genista corsica (a) (h)	2-2	1-2			2-3	2-2	1 .		1-2 2-	1		3-4	3-4 1-1	2-2	2-4	1-3
Teucrium marum Stachys glutinosa Rosmarinus officinalis	2-2 1-2		1-2			+ 1-2_	2-2	. 1		2 :	2-3 2-4		2-2 1-2	1-2	3-4	; <del>:</del>
Différentielle  Helichrysum italicum subsp.italicum				1-2	•					匚		2-3				2-2
Espèces des Cisto-Lavanduletea			• •													
Cistus monspeliensis (a) (h) Laundula stoechas	1-1 +	:	2-2	:		+		1-1		1-1	:	:	2-2 +	1-1	:	:
Cistus salvifolius (a)	1-2	:	2-2 •	2-3		1-2	:		. 1 1-2 1		:		:	:	:	:
(h) Briza maxima Cistus creticus subsp.incanus (a)	•	1-2	1-2 +	1-1 1-1	:	<b>,</b>	:	:	. 1		:	:	:	:	:	:
Différentielles halophiles	•	•	•	•	•	•	•	•	• •		•			•	•	
Daucus carota subsp.hispanicus Lotus cytisoides	:	:	:	:	:	:	:	:		•		2-2	1-1 +	1-1 1-1	1-1	2-1
Senecio bicolor subsp.cineraria Matthiola incana	•	:			<i>+</i>		•	•		•	:	l :		:	+ +	1-3
Thymelaea hirsuta Armeria soleirolii							:			:				:	1-2 +	2-3
Seseli bocconi subsp. praecox					+				<i>+</i> .							+
Différentielles rupicoles																
Sedum caeruleum Umbilicus rupestris Dianthus sylvestris subsp.siculus	<i>+</i> <i>+</i>	1-2 + +	:	1-2 + +	; ;		1-2	. 1	!-3 + . + 		<i>+</i> <i>+</i>		:		:	
Espèces des Helianthemetea annua																
Linum trigynum Plantago bellardi	+ 1−1	1-1	+	1-2	1-2	+	2-3	1-2		· +	:	:	:	:	:	:
Logfia gallica Tuberaria guttata	<i>*</i>	:	+ 1-2	:	:	:	•	1-2	· ·	:	:	•	:	:	•	:
Aira cupaniana Silene gallica	•		1-2			+	1-1		+	÷	•	•	•	•	•	•
Rumex bucephalophorus Trifolium arvense	:		:		•		1-2	÷		•	1-2		:	:		:
Aphanes microcarpa		:		+	:	:	:	:	: ;	:	•	:	:	:	:	:
Espèces des Quercetea ilicis Pistacia lentiscus (a) - (h)					•			1-2 1 +	!-2 .	1-3			1-2			+
Quercus ilex (a) (h)	·	:	÷	:	:		•	•	· ·			ŀ	:	:	:	:
Arbu tus unedo (a)	:	:	:	:	•	:	:	:	<i>+ +</i>	•	:	:	:	:	:	:
(h) Erica arborea (a)	:	:	1-3	:	:		:	. 2	+ 2-2 1-3	3, .	:	÷	:	:	:	:
(h) Phillyrea angustifolia (a)	•	:	+ +	:	:		:	: 1	·-2 :	:	:	:	:	:	:	:
(h) Phillyrea latifolia (a)	:	:	· +	:	:	÷	:	:	<i>*</i> :			:	:	:	:	:
Lonicera implexa (a) Rubia peregrina subsp.longifolia	:	:	:	:	:	:	:	:	<i>+</i> :		•	1-2	· 1-2	:	:	:
Calycotome spinosa (a) Euphorbia dendroides	•	•	:	•	+ +	:	: •	•			•	:		٠	1-2	1-3
Olea europea var. sylvestris (a) Arisarum vulgare					٠	•	1-3			1			•		•	•
Clematis flammula	:	:	:	:	:		:	:	: :	•	+	:	:	:	:	:
Asparagus acutifolius Smilax aspera	:	:	:	:	:	:	:	:	: :		<i>+</i>	:	:	:	+	:
Autres espèces					10			1_1 9	)_n	9_0	_	7_7	7_7		1_9	7_7
Brachypodium retusum Dactylis glomerata subsp.hispanica	:	÷	:	÷	1-2 •	2-2	+	1-1 2 •	. 1-2	2-2		3-3 1-1		1-1	1-2 +	3-3
Sherardia arvensis Reichardia picroides	<i>+</i>	:	:	<i>+</i>	÷	:	<i>+</i>	<i>*</i>	. <i>t</i>	1;		1-1	1-1 +	÷	:	:
Carex hallerana Carlina corymbosa	•	1-2		•	+ +		•	•	+ +			1-1 1-1	7-7	•	•	1-1
Avena barbata	1-1	:	:	· 1-1			· 1-1	:	: :			1.1	•	÷	:	••
Sideritis romana Misopates orontium	+ +	:	:	+	:	;	+ 1-1	<i>+</i>	: :	:		:	:	:	:	:
Asphodelus aestivus	2-2	+	1-1	1-1 +		.	1-3	•		2-2	1-1 +		•		•	
Lamarckia aurea Trifolium scabrum	z-z +	:	<i>:</i>	+	÷			:	: :	:	<i>+</i>	:	:	:	:	
Juniperus oxyccdrus	•	•	1-3	٠	٠	*	•	•			٠		•	٠	٠	•
a : teucrietosum b + b' : rosmarinetosu c : daucetosum	ma (b	: vai	riant	e no	rmal	e, t	· : ·	varia	ınte à	Heli	chry:	sum)				

a : teucrietosum c : daucetosum

Les meilleurs caractéristiques de l'association semblent être Genista consica et Stachys glutinosa. Quatro ensembles floristiques (3 sous-assocations et ! variante) ont pu être distingués dans le Stachydi-Genistetum. Ils correspondent à des conditions écologiques légèrement différentes.

- sous-association teucrietosum mari (Holotypus relevé n° 59, tableau n° 19 a). Marquée par l'absence de Rosmarinus officinalis, elle correspond aux sols les plus dégradés. La roche mère affleure sur plus de 50 % de la surface des relevés (parfois 90 %). Helichrysum italicum en est généralement absent.

- sous-association rosmarinetosum (Holotypus relevé n° 131, tableau n° 19 b). La principale différentielle en est Rosmarinus officinalis qui y est souvent abondant. Dans cette sous-association, le sol est un peu mieux conservé que dans la précédente, la roche mère n'affleure que sur 40 à 60 % de la surface des relevés. Outre la présence du romarin on y note aussi parfois un certain nombre d'espèces des Quercetea ilicis qui traduisent des possibilités d'évolution vers des maquis (voir en particulier le relevé n° 32). A côté de la variante la plus fréquente de cette sous-association, représentée par l'ensemble (b) du tableau n° 19, il faut signaler l'existence d'une variante à Helichtysum italicum (Holotypus relevé n° 202, tableau n° 19 b') qui est liée à des substrats beaucoup plus terreux où la roche mère affleure nettement moins. Cette variante à Helichtysum est peu représentée à Scandola.

- sous-association daucetosum hispanici (Holotypus relevé n° 139, tableau n° 19 c). Du point de vue édaphique, cette sous-association est assez proche de la variante à Helichrysum de la sous-association rosmarinetosum : sol terreux-rocailleux où la roche mère n'affleure que sur 20 à 50 % de la surface.

Helichrysum italicum y est d'ailleurs constant et Rosmarinus officinalis très fréquent. Elle diffère écologiquement de la sous-association rosmarinetosum par sa position littorale qui en fait un groupement semi-halophile: les différentielles halophiles y sont fréquentes et parfois nombreuses (relevés n° 150 et 151), tandis que les espèces des Helianthemetea annua en sont éliminées. Le Stachydi-Genistetum daucetosum occupe la même position que le Thymelaeo-Helichrysetum dans la ceinture semi-halophile: il remplace cette association chaque fois que le substrat est trop rocheux ou rocailleux pour elle.

Des groupements floristiquement affines au Stachydi-Genistetum ont été notés en Sardaigne. Il s'agit tout d'abord du groupement à Dorycnium pentaphyllum, Teucrium marum et Stachys glutinosa (VALSECCHI 1976 : 44), constituant des pelouses-fruticées très basses installées sur calcaire (sur terra-rossa assez profonde) où le cortège floristique dominant est celui des Thero-Brachypodietea, mais où 6 à 7 espèces des Quercetea ilicis apparaissent. Il faut citer ensuite le groupement à Genista corsica (VALSECCHI 1976 : 52) à faible recouvrement, présent sur calcaire mais aussi sur arènes, pour lequel VALSECCHI (P. C.) a pu écrire "Gli aggrupamenti a Genista consica, per la composizione floristica e per la distribuzione su tavolati aridi e ventosi sembrano costituire non un aspetto della macchia bassa, ma una associazione particolare delle zone rupicole...", ce qui permet de noter des conditions écologiques voisines de celles du Stachydi-Genistetum. Enfin, il convient de citer le groupement à Rosmarinus officinalis et Pistacia lentiscus (VALSECCHI 1976 : 49) où figure encore Teucrium marum et qui se développe aussi sur calcaires et arènes. Mais là, il s'agit d'un stade beaucoup plus évolué, à fort recouvrement, où dominent les taxons de l'Oleo-Ceratonion et des Quercetea ilicis, assez proche du groupement à Pistacia lentiscus et Euphorbia dendroides de Scandola. Ces affinités floristiques et écologiques des groupements sardes avec le Stachydi-Genistetum permet de les réunir dans une alliance nouvelle, le Teucrion mari Gamisans & Muracciole, all. nova, (Holotypus: Stachydi-Genistetum corsicae), caractérisée par Teucrium marum et Rosmarinus officinalis, auxquels peuvent être joints, à titre de transgressives d'association, Genista corsica et Stachys glutinosa.

En Corse, l'alliance Teucrion mari et le Stachydi-Genistetum pourraient être intégrés dans les Cisto-Lavanduletea dont cinq espèces sont présentes (dans les relevés cités). Cela est un peu moins évident pour les groupements de Sardaigne qui sont souvent développés sur calcaire mais où, cependant, la fréquence de Cistus salvifolius, C. monspeliensis et C. creticus permet encore une référence aux Cisto-Lavanduletea (en Méditerranée plus orientale de nombreux auteurs ont mis en évidence la difficulté de séparer nettement Cisto-Lavanduletea et Ononido-Rosmarinetea).

Bien que le contexte floristique et climatique soit différent, les groupements de l'alliance Teucrion mari ne sont pas sans évoquer physionomiquement les groupements des Carlinetea macrocephalae Gamisans 1975, rassemblant les fruticées basses des étages supraméditerranéen et montagnard de Corse, développées souvent sur des sols pauvres. Il est probable que les deux ensembles Teucrion mari et Carlinetea macrocephalae ont la même origine historique, c'est-à-dire correspondent à la même phase de la mise en place de la végétation de la Corse. On y retrouve des taxons (dont de nombreux endémiques) édaphiquement peu exigeants, ce qui leur a permis de subsister là où la concurrence d'une végétation plus exigeante n'a pu se faire sentir (terrains à sols dégradés).

#### 13 - Les groupements de pelouses, de rocailles et de dalles rocheuses peu inclinées

Les pelouses n'occupent que de très faibles surfaces dans le périmètre de la Réserve. Elles forment le plus souvent de petits tapis herbacés de quelques mètres-carrés, parfois de moins de l m², en mosaïque dans les cistaies ou les maquis bas. Dans certains cas, toutefois, le défrichage par l'homme pour établir des cultures a conduit à la constitution de pelouses occupant plusieurs centaines de mètres-carrés et se maintenant grâce à un pâturage assez régulier.

La plupart de ces pelouses appartiennent à la classe des Helianthemetea annua, d'autres sont proches des Thero-Brachypodietea, certaines sont encore difficiles à situer en synsystématique. Enfin, sur certaines dalles rocheuses et dans quelques pierriers peuvent être reconnus des groupements s'intégrant dans les Thero-Brachypodietea.

#### 13. 1. Pelouses des Helianthemetea annua (Tableau n° 20) P

Ces pelouses sont installées sur des sols maigres, sablonneux, très secs en été. La végétation y commence généralement dès le mois de février avec des espèces comme Tillaea muscosa, Evax pygmaea, Romulea columnae, puis se développe jusqu'à fin mai où le tapis herbacé commence à jaunir pour être complètement desséché en juillet. Ces pelouses offrent une grande ressemblance floristique avec l'"Allietum chamaemoly" littoral tel que l'a décrit Roger MOLINIER (1959 : 29) dans le Cap Corse. On y retrouve en effet les mêmes nombreuses caractéristiques des Helianthemetea annua et la présence assez constante de Romulea columnae considérée par cet auteur comme caractéristique d'association. Il faut toutefois remarquer que cette espèce y est bien plus discrète que dans le groupement cap-corsin et qu'Allium chamaemoly, bien que présent à Scandola, manque complètement dans les relevés cités. Les autres caractéristiques d'association proposées par Roger MOLINIER pour l'Allietum chamaemoly n'ont pas été notées dans les pelouses de Scandola.

Il est surprenant de constater que l'"Allietum chamaemoly" est cité de Majorque (BOLOS et MOLINIER 1958) et de Minorque (BOLOS, MOLINIER et MONTSERRAT 1970) comme développé dans un contexte floristique où les espèces des Thero-Brachypodietea dominent largement tandis que celles des Helianthemetea annua y sont discrètes. Il est vrai que cette association est souvent développée là sur calcaire. De même en Sardaigne, VALSECCHI (1976) indique cette association sur silice et sur calcaire tout en la maintenant dans les Helianthemetea annua.

L'"Allietum chamaemoly" constitue en fait un ensemble hétérogène aussi bien floristiquement qu'écologiquement. Allium chamaemoly et Romula columnae apparaissent indifférents au substrat et avec des cortèges floristiques suffisamment distincts pour qu'on ne puisse pas les considérer comme constituant et caractérisant une association. Il semble bien, comme l'a écrit LOISEL (1976 : 102) que "ces deux géophytes constituent un groupe écologique remarquable par sa mésophilie temporaire et sa psammophilie, se développant sur des substrats arénacés, offrant un taux d'humidité assez élevé pendant l'hiver et plus précisément en janvier-février."

Parmi ces pelouses de Scandola, trois ensembles peuvent être reconnus à partir des relevés du tableau n° 20 :

- Groupement à Vulpia myuros et Tillaea muscosa (tableau n° 20 b). Il présente quelques différentielles des Isoeto-Nanojuncetea et peut être rapproché de l'alliance Vulpion ligusticae Aubert et Loisel 1971. Il faut y noter la fréquence d'Aphanes microcarpa, Tillaea muscosa, Vulpia myuros et la présence d'un lot important d'espèces des Rudero-Secalietea liée à une fréquentation importante par les troupeaux.
- Groupement à Malva nicacensis (tableau n° 20 a). Il semble dériver du précédent par une plus grande fréquentation du bétail (bovins), ce qui y induit une diminution des espèces des Helianthemetea annua et la dominance des caractéristiques des Rudero-Secalietea.
- Groupement à Plantago bellardi et Vulpia ciliata (tableau n° 20 °C). Il est installé sur des sols très filtrants, moins humides en hiver et au printemps que ceux du groupement à Vulpia et Tillaea. Il faut y noter la dominance de Plantago bellardi et Vulpia ciliata. Moins assiduement fréquenté par le bétail, il est relativement pauvre en espèces des Rudero-Secalietea. Il peut être intégré à

Tableau n° 20	1	Pelo	ıses	des	Hel:	iant	neme	tea :	annu	a
		а				b	!	1		c
Numéro de relevé	51	52		56	55	54		104	99	
Surface (m2)	5	-	100		100	20		100	25	50
Recouvrement (%)	70	80			85	80	85			
Pente (°)	10	10	1		0	. 0	. 0		10	
Exposition	S	S	W		ind				W	N
Altitude (m)	195	195	260	4	5	15	15	13	325	550
Espèces du Vulpion ligusticae										
Aphanes microcarpa	1-2	1-1	+	+	+	1-1	+	1-2		
Tillaea muscosa	1-2	1-2		1-2	1-3	+	+	+	١.	
Vulpia myuros			1-1		1-3	1-1		١.	١.	
Lotus angustissimus		. ]	+			+	1-2	1-2		•
Aira cupaniana			+	+				1-1	١.	•
Leontodon tuberosus					2-1		1-2	1-2		
Centaurium maritimum					+		+	+		
Ranunculus parviflorus	•	- ]	+		+		+			
Ranunculus muricatus	•	. ]	+		-		1-3	١.		
Moenchia erecta						•	+	+	١.	
Juncus minutulus		.					+	۱.	١.	•
Mentha pulegium		.		•	•	•	1-1	١.	١.	•
Espèces de l'Helianthemion guttati										
Trifolium campestre			+		1-1	+	+	2-2	+	1-2
Plantago bellardi			1-1		+		. '	3-3	4-4	1-2
Trifolium tomentosum			١.			+	2-3	+	+	1-2
Vulpia ciliata			١.	1-3				2-2	2-2	3-3
Trifolium cherleri								+		
Espèces des Helianthemetea et										
Helianthemetalia							ĺ			
Trifolium arvense	1-1	+	+	_	_		_	+	ĺ	1-1
Hypochaeris glabra var. balbisii		, +	+	7_7	1-1	1-1	+	1-1	٠.	1 1
Paronychia argentea	•		1-1			1-2	+	+	١.	· 1-2
Rumex bucephalophorus	•	:		2-2	+	+	<i>+</i>	1-1	:	1-2
Sedum stellatum	•		1-1		•	·	+	* + 1	•	· +
Tuberaria guttata	1-1	:	1 + 1	•	•		1-2		1-2	•
Valerianella microcarpa		· +	+	•	٠	·			1.	÷
Silene gallica	:		+	1-1	÷	Ċ	:	·,	:	
Ornithopus compressus	•	•	+	1-1		·			, ,	
Trifolium glomeratum	· +	:		2-2	•	Ċ	· +			•
Paronychia echinulata		:	, ,		-	•			1-2	
Ornithopus pinnatus		÷	+	1-1		-			, -	
Lotus subbiflorus	Ċ	:		1-1	·			:		
Aphanes arvensis		÷	.	•				1-2	١.	1-2
Linum trigynum		Ċ						, ,	+	
Trifolium subterraneum								;	+	
Micropyrum tenellum								:		+
Sedum rubens			+						١.	
Logfia gallica			+							
Espèces du Thero-Brachypodion										
Evax pygmaea	7-7	3-3	3-2	2-2	+			١.	١.	
Sagina apetala	- 1	- 0			+	•	+			•
Trifolium stellatum	•	:	1:	:		·		ļ .		•
Sedum caeruleum	•	:		•	•		•		ļ ;	+
Galium murale	•	:	·   +	•	•	•	•		Ė	•
COLUMN MATERIA	•	•		•	•	•	•	٠.		•

	a		ı		Ь			104	-	;
Espèces des Thero-Brachipodietea										
Romulea columnae	+		+	1-1	+	1-1		1-1	1-1	+
Filago vulgaris		+	+	•	+	+	+		+	+
Carlina corymbosa			1-2			+	+	2-3		1-1
Asphodelus aestivus			+			+		+	2-2	+
Desmazeria rigida	1-1	+	1-2							+
Sideritis romana	1-1	1-2	1-1					١.		
Petrorhagia prolifera			+		+			+		
Hyoseris radiata	·		١.		1-2	+		1-1		
Misopates orontium	· .	+	! !			_				
Hedypnois rhagadialoides subsp. cretica				•	+	·	-	· +	• •	
Trifolium angustifolium	•	•	· +	•		•	•		•	•
Salvia verbenaca	•	•	ļ .	•	3-2	•	•	١.	•	•
Verbascum sinatum	•	٠		•	+	•	•		•	•
	•	•		•		•	· +		•	•
Medicago polymorpha	•	•	•	•	•	•		1-0	•	•
Hypericum perforatum	٠	•		:	·	•	٠	1-2	1.1	1_1
Trifolium scabrum	•	٠	•	7	+	•	٠	+	1-1	1-1
Espèces de l'Hordeion leporini										
Geranium molle	T +	+	+			+	+	+		
Lophochloa cristata	ļ <i>;</i>	+	, ·	+	· +			<b>+</b>	•	•
Plantago lagopus	9_7	1-1	1-1			3-2	÷	1	•	•
Sisymbrium officinale	7		+	٠	•	+	<i>,</i>	.	•	:
Spergularia rubra	1-2	+	+	•	•	•	+	١ ٠ ١	•	•
	1		, T	•	•	•	-	٠ ا	•	•
Lobularia maritima	1-1	+	:	•	•	•	•		•	٠
Hordeum murinum subsp.leporinum	•	•	+	*		•	٠		٠	•
Malva sylvestris		•		+	1-2	•	•	•	•	•
Lepidium graminifolium	l ·	•		+	•	+	•	•	•	٠
Espèces de l'Echio-Galactition	1									
Ferula communis	١.				1-1	+	+	+		
Echium plantagineum	١.				+	+		+		
Lamarckia aurea	+	+	١.					i . I		
Chrysanthemum segetum	Ι.				+					
Trifolium nigrescens					1-2			+		
Espèces des Rudero-Secalietea										
			7.0		1_0		2-3	1, ,		, ,
Lolium rigidum			1-2	•	1-2	+		1-2	•	1-3
Capsella rubella	+	+	1-1	•	+	+	+	· .	٠	+
Sherardia arvensis	+_	٠.	2-2		+	1-2	+	1-1		1-2
Plantago coronopus subsp.commutata		2-2			1-2			1-2	٠	+
Poa annua		1-1		1-2	1-2			. '	•	•
Polycarpon tetraphyllum	1-1	1-2		•	+		1-2		٠	
Dittrichia viscosa	•	•		+	1-1	+	+	+	٠	٠
Dittrichia graveolens				1-1	+		1-2	2-3		
Heliotropiwm europaeum			1-1	+	+		1-2			
Anagallis arvensis subsp. arvensis			1-1		+	+	+			
Rumex pulcher			1-1		1-1	+	1-2			
Euphorbia helioscopia			+		+	+	+	١. ١		
Malva parviflora	2-3	1-2	ֹד רֹ							
Euphorbia peplus	<del></del>	•	ľ.			· +	+			-
Urtica urens	1-3	:		•	·	+	_		i .	•
Veronica cymbalaria	· +	· +	١.	•	•		÷	•	•	•
Torilis nodosa	+		٠.	•	•	•	•			:
Rumex acetosella		:	:	:	1-1	:	:	1-1	:	
Autres espèces		7_1		1_0	1_0	_	10			
Anthemis arvensis	+	1-1		1-2	1-2	, +	1-2		•	•
Erodium cicutarium	+	1-1	+	•	1-1	1-1	+	1-2	•	+
Cerastium glomeratum	•	•	_+	•	+	+	+	1-1	٠	+
Poa bulbosa	+	+	3-3	•	•	+	+	1-1		2-2
			•							

l'alliance Helianthemion guttati au sein de laquelle il se rapproche de l'Helianthemo-Plantaginetum bellardii Aubert et Loisel 1971. Le relevé n° 104, probablement effectué sur une trop grande surface, est constitué d'une mosaïque des groupements b et c.

Toutes ces pelouses appartienment soit à la série du chêne-vert, soit à la série du lentisque.

#### 13. 2. Groupement à Trifolium subterraneum et Bellis perennis (Tableau n° 21)

Ce type de pelouse est installé sur des sols nettement plus épais et retenant mieux l'eau que ceux des pelouses précédemment étudiées. Son recouvrement est toujours voisin de 100 %. Il est marqué par l'abondance de Trifolium subterraneum accompagné de 4 autres espèces des Helianthemetea annua. La fréquence des thérophytes et géophytes affines des Isoeto-Nanojuncetea\*(1) et la présence d'un certain nombre d'espèces vivaces (Bellis perennis, Agrostis stolonifera,...). Corrélativement, il faut y noter la grande discrétion des espèces des Thero-Brachypodieta. Les nitrophiles des Rudero-Secalietea sont bien représentées, traduisant la fréquentation de ces pelouses par les bovins. Il faut y noter en particulier l'importance de Dittrichia viscosa.

Ce groupement à Trifolium subterraneum et Bellis perennis n'est représenté que sur la limite NE de la Réserve dans le fond du vallon d'Elbo, en arrière de la plage, à l'emplacement d'anciennes cultures où la pelouse est maintenue par le pâturage. Si ce dernier venait à cesser l'évolution se ferait probablement là vers le Clematido-Lentiscetum.

#### 13. 3. Groupement à Selaginella denticulata et Sagina subulata (Tableau n° 22)

Localisé dans les secteurs peu ensoleillés (au pied de falaises exposées au N dans le cas du relevé n° 92), ce groupement, installé sur des sols souvent peu épais, reste cependant plus longtemps humide que les pelouses de l'Helianthemion ou du Vulpion. Certains éléments des Isoeto-Nanojuncetea apparaissent sans que l'on puisse se référer à cette unité. Ce groupement occupe des surfaces toujours réduites. Les dominantes sont Selaginella denticulata, Aphanes arvensis, et un taxon proche de Sagina subulata, mais annuel, que l'on peut rapporter au var. gracilis Foucaud & Simon.

Il est difficile de se prononcer à la vue d'un seul relevé mais il semble s'agir dans ce cas d'une pelouse floristiquement intermédiaire entre celles des Helianthemetea annua et celles d'assotiations comme le Selaginello-Grammitetum Molinier 1937 décrite en Provence et aux Baléares (et qui existe peut être aussi en Corse).

#### 13. 4. Les groupements des Thero-Brachypodietea

A Scandola, la classe des Thero-Brachypodietea est représentée par des pelouses à Brachypodium retusum et Lavatera maritima, le Sedetum caerulei, association de dalles rocheuses subhorizontales et un groupement à Biscutella eriocarpa qui colonise certains pierriers.

13. 4. 1. Groupement à Brachypodium retusum et Lavatera maritima (Tableau n° 23) PL m 3 PL

Ces pelouses sont essentiellement développées sur l'îlot de Gargalu où leur extension encore importante est liée à un pâturage régulier jusqu'à des périodes récentes. Les vents violents auxquels est soumis l'îlot freinent considérablement le retour possible d'une végétation arbustive ou arborescente. Ces vents sont aussi responsables du fait que les embruns y atteignent la plupart des groupement végétaux. La présence d'importantes populations d'oiseaux est probablement un facteur qui favorise une espèce comme Lavatera maritima. Dans certains cas, la large dominance de Brachypodium retusum (relevé n° 111) entraîne un appauvrissement floristique. Ce groupement est constitué d'espèces des Helianthemetea annua, des Rudero-Secalietea et des Thero-Brachypodietea, ces dernières étant dominantes. C'est là une des différences avec l'Helianthemo-Brachypodietum ramosi Aubert et Loisel 1971 décrit en Provence siliceuse et où dominent les taxons des Helianthemetea. Vis-à-vis du sol des groupements de cette dernière classe, le sol du groupement de Gargalu semble plus riche et moins sableux.

<sup>\*(1)</sup> Aucun groupement typique des Isoeto-Nanojuncetea n'a été noté sur le territoire de la Réserve.
Cependant, il en existe dans des secteurs très voisins (dans les environs de Galéria par exemple où l'on peut souvent observer des pelouses à Isoetes durieui, Ophioglossum lusitanicum, Cicendia filiformis,...).

#### Tableau nº 21

#### Groupement à Trifolium subterraneum et Bellis perennis

	105
Numéro de relevé	100
Surface (m2)	100
Recouvrement (%)	0
Pente (°)	ind
Exposition	4
Altitude (m)	_
Espèces des Helianthemetea annua	
Trifolium glomeratum	1-1
Aphanes arvensis	+
Trifolium subterraneum	3-3
Trifolium campestre	+
Silene gallica	+
Trifolium tomentosum	1-2
Espèces affines des Isoeto-Nanojuncetea	1-2
Lotus angustissimus	1-2
Ranunculus parviflorus	1-2
Ranunculus muricatus	1-2
Juncus minutulus	2-3
Mentha pulegium	2-0 +
Serapias lingua	+
Espèces des Thero-Brachypodietea	
Romulea columnae	+
Hyoseris radiata	+
Hedypnois rhagadioloides subsp.cretica	+
Medicago polymorpha	1-1
Trifolium scabrum	+
#Prijottum Scapi am	
Espèces des Rudero-Secalietes	
Plantago lagopus	+
Plantago coronopus subsp commutata	1-2
Sherardia arvensis	+
Capsella rubella	+
Torilis nodosa	.+.
Anagallis arvensis subsp. arvensis	1-2
Anagallis arvensis subsp. parviflora	+
Rumex pulcher	+
Euphorbia helioscopia	+
Dittrichia viscosa	2-2
Trifolium nigrescens	1-2
Rumex acetosella	+
Lolium perenne	2-2
Autres espèces	
Anthemis arvensis	+
Erodium cicutarium	+
Cynodon dactylon	2-3
Bellis perennis	1-2
Plantago lanceolata	1-2
Crepis bellidifolia	1-2
Cerastium glomeratum	+
Coleostephus myconis	1-2
Carex divulsa	1-1
Leucojum roseum	1-1
Agrostis stolonifera	1-2
Kickxia commutata	+
Oxalis corniculata	1-1
•	

#### Tableau nº 22

Groupement à Selaginella denticulata et Sagina	subulat
Numéro de relevé	92
Surface (m2)	5
Recouvrement (%)	80
Pente (°)	0
Exposition	N
Altitude (m)	420
Espèces des Helianthemetea annua	
Valerianella microcarpa	+
Silene gallica	+
Logfia gallica	+
Sedum stellatum	+
Rumex bucephalophorus	<i>+</i>
Aphanes arvensis	2-3
Aira caryophyllea	1-1
Linaria pelisseriana	+
Différentielles du groupement	
Sagina subulata var. gracilis	2-3
Montia fontana subsp chondrosperma	1-2
Selaginella denticulata	2-2
Différentielles du Vulpion	
Lotus angustissimus	<i>‡</i>
Ranunculus muricatus	+
Espèces des Thero-Brachypodietea	1.0
Galium murale	1-2
Sagina apetala	+
Asterolinon linum-stellatum	1-1
Hypericum perforatum	+
Espèces des Rudero-Secalietea Sherardia arvensis	1-2
Sheraraia arvensis Poa annua	1-2 +
	7
Anagallis arvensis subsp. arvensis Anagallis arvensis subsp.parviflora	<i>+</i>
Allium triquetrum	÷
Autres espèces	
Poa bulbosa	+
Hypochaeris cretensis	+
Cistus creticus subsp.incanus (h)	+
Cerastium diffusum subsp.diffusum	1-2
Parietaria lusitanica	+
Briza maxima	+
Brimeura fastigiata	1-2
Carduus cephalanthus	· +
Teesdalia coronopifolia	+
Geranium columbinum	+
Linum bienne	+
Crocus minimus	+
Stellaria media	+

Tableau nº 23 Groupement à	Brachype	odium	retusum et Lavatera maritima	
Numéro de relevé	111	113		
Surface (m2)		200		
Recouvrement (%) h	100			
<pre>m + lichens Pente (°)</pre>	55	<b>5</b> 30		
Exposition	S			
Altitude (m)	120	110		
Espèces dominantes				
Brachypodium retusum	4-4	1-2		
Lavatera maritima		3-3		
n 2				
Espèces des Théro-Brachypodietea  Carlina corymbosa	2-2	1-1		
Desmazeria rigida	+			
Linum strictum		1-2		
Aetheorhiza bulbosa Misopates orontium	+	<i>+</i> +		
Sideritis romana	:	+		
Trifolium angustifolium		1-2		
Petrorhagia prolifera Hedypnois rhagadioloides subsp.cretica	. •	+ 2-2	Tableau n° 25	
Trifolium stellatum		1-1	1002000 17 =-	
Hypochaeris achyrophorus	+			
Medicago minima	1-1	2-2	Groupement à Biscutella eriocarpa	
Plantago afra Stipa capensis	•	2-2 1-1		
Reichardia picroides		+	Numéro de relevé	87
Trifolium scabrum		2-2	Surface (m2)	200
Espèces des Helianthemetea annua			Recouvrement (%) h m + lichen s	35 2
Silene gallica	+	1-1	Pente (°)	40
Trifolium arvense		2-3	Exposition	W
Trifolium glomeratum Trifolium campestre	•	1-2 +	Altitude (m)	400
Sedum stellatum	:	2-3	Différentielle du groupement	
Sedum rubens	•	+	Biscutella eriocarpa	1-1
Trifolium cherleri		1-1		
Espèces des Rudero-Secalietea			Espèces des Thero-Brachypodietea Clypeola jonthlaspi	+
Avena barbata	1-1	1-1	Asphodelus aestivus	2-2
Lobularia maritima	+	٠.	Misopates orontium	.+.
Lolium rigidum Lophochloa cristata	:	1-1 +	Sideritis romana Centranthus calcitrapa	1-1 1-1
Anagallis arvensis subsp. arvensis	:	<i>+</i>	Aetheorhiza bulbosa	1-2
Anagallis arvensis subsp.parviflora	+		Galium murale	1-3
Galium spurium	1-1	2-2	Desmazeria rigida	1-2 1-3
Lagurus ovatus Galactites tomentosa	:	2-2 1-1	Asterolinon linum-stellatum Trifolium stellatum	1-2
Bromus madritensis		+	Trifolium scabrum	+
Erodium malacoides	•	+	Sedum caeruleum	+
Autres espèces			Espèces des Helianthemetea	
Melilotus elegans	1-2	1-2	Rumex buchephalophorus	1-2
Daucus carota subsp. hispanica	1-1		Plantago bellardi	+
Dactylis glomerata subsp.hispanica Medicago littoralis	1-2 1-1		Sedum stellatum	+
Phagnalon saxatile		1-2	Espèces des Rudero-Secalietea	
Lotus cytisoides	1-2		Ferula communis	1-1
Allium acutiflorum T <b>e</b> ucrium marum	+	· 1-2	Anagallis arvensis subsp.arvensis Lolium rigidum	1-1 +
19401 ban maran	•	1 0	Geranium molle	+
			Bromus madritensis	1-2
			Fumaria capreolata	+
			Autres espèces	
			Helichrysum italicum subsp. italicum	+
			Briza maxima Theligonum cynocrambe	1-2 +
			Geranium purpureum	+
			Muscari comosum	+
			Cistus salvifolius Lavandula stoechas	++
Tableau n° 24 Sedetum ca	erulei		Medicago praecox	1-1
Numéro de relevé	100		Lotus subbiflorus	+
Surface (m2)	16			
Recouvrement (h) m + lichens	60 35			
Pente (°)	0			
Exposition	ind			
Altitude (m)	325			
Caractéristique de l'association				
Sedum caeruleum	4-4			
Caractéristiques des Thero-Brachypodietea				
Sedum stellatum	+			
Sideritis romana	+			
Trifoliwm scabrum	+			
Autres espèces				
Plantago bellardi	+			
Sherardia arvensis Musci	+ 2-3			
Lichenes	2-4			

#### 13. 4. 2. Sedetum caerulei Brullo 1975 (Tableau n° 24) R (pro parte)

Ce groupement où domine toujours largement Sedum caeruleum, occupe de nombreux replats de dalles rocheuses. Il s'y développe sur une mince couche (1 à 2 cm) détritique à éléments hétérogènes, constituant un substrat s'asséchant complètement très tôt en saison. C'est une association occupant des surfaces réduites et pauvre en espèces. Les plus nombreuses de ces dernières appartiennent aux Thero-Brachypodietea. Les mousses et les lichens y jouent un rôle important.

Les possibilités d'évolution de cette association vers des groupements plus mûrs semblent très limitées en particulier pour des raisons édaphiques.

Le Sedetum caerulei a été décrit tout d'abord de Sicile (BRULLO 1975 ; BARBAGALLO, BRULLO & GUGLIELMO 1979). Il existe aussi en Sardaigne (GAMISANS observ.) et est assez répandu à l'étage mésoméditerranéen en Corse (GAMISANS observ.). Il est probable qu'il existe aussi en Afrique du Nord.

#### 13. 4. 3. Groupement à Biscutella eriocarpa (Tableau n° 25)

Très localisé à Scandola (versant SW du Purcile), installé sur des rocailles (35 % de recouvrement herbacé), sur forte pente, c'est un groupement qui subit une très forte insolation et une sécheresse intense en été.

La dominance des espèces des Thero-Brachypodietea relativement à celles des Helianthemetea annua est remarquable. En cela, ce groupement évoque les pelouses silicicoles du Cheilantho-Diplachnetum serotinae Loisel 1970, qui appartiennent au Thero-Brachypodion.

Ce groupement est régulièrement alimenté en rocailles par le délitage de dalles rocheuses situées en amont. Son évolution vers des cistaies ou des maquis semble ainsi compromise.

#### II - La dynamique de la végétation

Il est difficile de proposer des modèles très précis d'évolution de la végétation sans avoir fait des observations étalées dans le temps : un programme de mise en défens des parcelles est prévu pour Scandola et permettra de vérifier cette évolution.

Toutefois l'observation synchrone actuelle de la végétation de Scandola suffit pour avoir l'essentiel de l'éventail possible des divers stades évolutifs de la végétation. La comparaison des compositions floristiques de ces divers stades, de leurs positions sur le terrain et de l'état des sols permet de proposer des schémas probables de la dynamique conduisant vers le climax.

Ces schémas sont résumés par les figures 6 et 7. Les vitesses d'évolution seront vraisemblablement assez différentes suivant l'état de dégradation préalable de la végétation et surtout des

L'essentiel de la végétation de Scandola, exception faite des groupements permanents, s'intègre dans la série mésoméditerranéenne inférieure (ou thermophile) de Quercus ilex. Les principales différentielles de cette série inférieure appartiennent aux stades arbustifs : il s'agit de Pistacia lentiscus et de Myrtus communis.

La frange littorale, avec le Clematido-Lentiscetum qui paraît bien climacique et les groupements affines plus ou moins ouverts, évoque la série du Caroubier déjà notée pour la Corse par DUPIAS (1963 : 6). Comme cela a été indiqué précédemment, il s'agit là d'une variante septentrionale floristiquement appauvrie de cet ensemble thermophile bien mieux développé en Sardaigne et Sicile. Localement, cet ensemble peut être intégré dans l'étage mésoméditerranéen dont il constitue la frange la plus thermophile. Mais l'on aurait tout aussi bien pu considérer à partir de cet ensemble l'existence en Corse d'un étage thermoméditerranéen, très fragmentaire et limité, il est vrai.

#### C - CARTE DE LA VÉGÉTATION (AU 1/10 000)

#### I - Introduction

Le but principal de cette carte est de mettre en évidence l'état actuel de la végétation. Ceci est intéressant d'une part pour permettre d'y situer les peuplements animaux, d'autre part pour pouvoir suivre l'évolution ultérieure de la végétation à partir de cet état actuel et en noter ainsi les

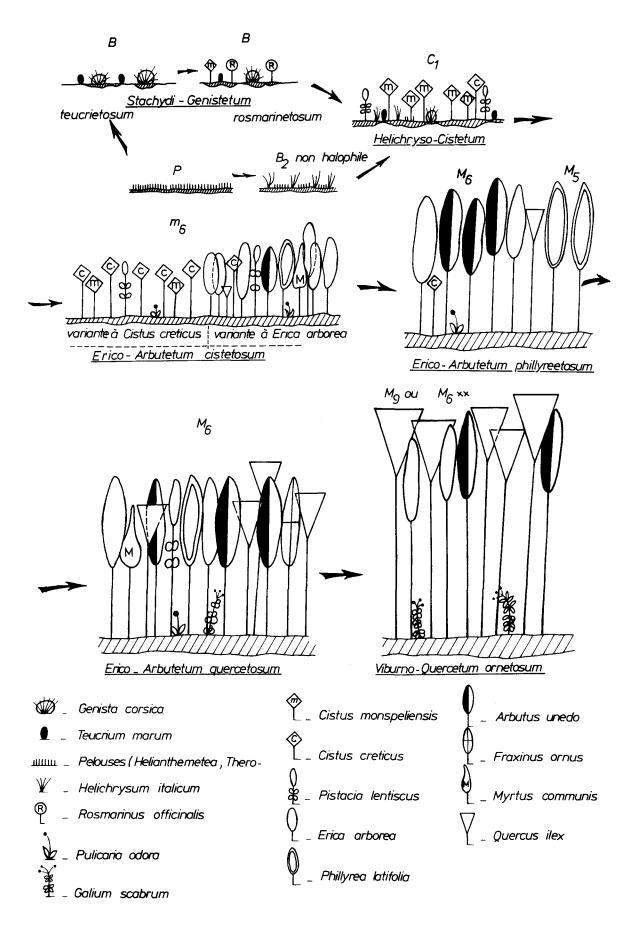
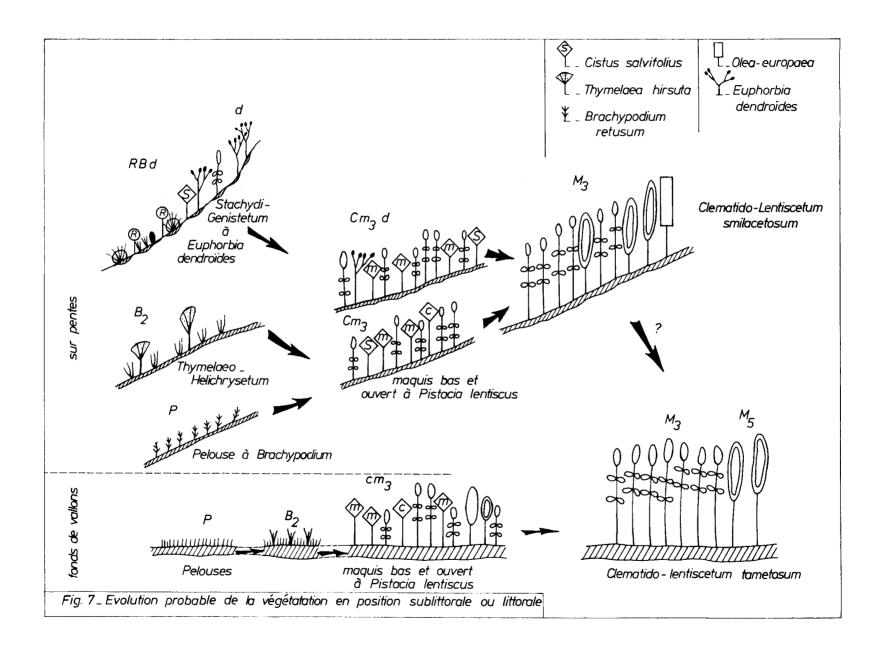


Fig.6 Schèma de l'évolution probable de la végétation dans la série du Quercus ilex



modalités. Il est évident que les photographies aériennes en particulier en émulsions fausses couleurs, constituent un document irremplaçable pour préciser l'état de la végétation. La carte n'en donne qu'une interprétation subjective. Toutefois, cette interprétation, lorsqu'elle repose sur une bonne connaissance des groupements végétaux locaux acquise sur le terrain, offre l'intérêt d'identifier physionomiquement et surtout taxonomiquement les divers constituants du couvert végétal.

L'étude phytosociologique préalable à l'établissement de la carte a montré que les principales associations végétales de la Réserve correspondent généralement à des formations végétales distinctes. Il y a donc une large concordance entre les ensembles phytosociologiques cartographiables et les ensembles physionomiquement discernables sur le terrain.

La méthode de cartographie retenue est en partie phytosociologique. Toutefois, au niveau de certaines formations végétales, telles que les maquis par exemple, il nous a semblé plus important de cartographier des faciès caractérisés par des hauteurs de strates différentes et la dominance éventuelle de certaines espèces, plutôt que de séparer des ensembles à cortèges floristiques distincts (plus ou moins thermophiles, par exemple) sans tenir compte de la physionomie de la végétation.

#### II - Méthode suivie pour l'élaboration de la carte

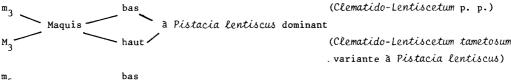
Trois étapes ont précédé la mise au point de cette carte :

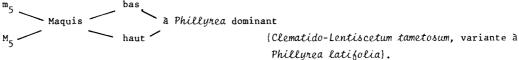
- l. <u>Reconnaissance</u> de l'ensemble des groupements végétaux de la Réserve : inventaire sous forme de relevés phytosociologiques, notes diverses sur l'ensemble des formations végétales discernables.
- 2. Photo-interprétation. La première ébauche de cette carte a été réalisée en utilisant les photographies aériennes en émulsion "fausses couleurs" de la mission de l'Inventaire Forestier de septembre 1975, à l'échelle du 1/18 000e environ, observées au stéréoscope. L'interprétation a, bien sûr, été faite en fonction de la connaissance préalable de la végétation de Scandola. Cette phase a permis la définition des divers ensembles de végétation reconnaissables sur les photographies aériennes. Il faut préciser que certains secteurs se présentent sous forme d'une telle mosaïque, qu'à l'échelle choisie, leur cartographie de détail est apparue comme matériellement impossible. Chacune de ces surfaces a été cartographiée comme constituant un seul ensemble, mais dont l'hétérogémite a été notée dans la légende.
- 3. <u>Vérification</u> sur le terrain des limites et de l'identification des ensembles de végétation reconnues à partir des photographies aériennes. Ceci a permis, en particulier, de bien souvent préciser la ou les espèces dominantes des divers ensembles.

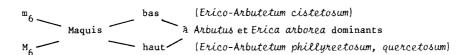
#### III - Légende

- Rochers plus ou moins largement soumis aux embruns et portant une végétation halophile ou semi-halophile (Crithmo-Limonietum, Armerio-Seseletum).
- R Rochers ou dalles rocheuses non soumis aux embruns (Diantho-Asplenietum billotii, Sedetum caerulei).
- Groupements de plages de sable ou de galets.
- willilli Groupements ripicoles (à Osmuda, Carex microcarpa, Hypericum hircinum...).
- Peuplements de Vitex agnus-castus.
- F Groupements de friches post-culturales.
- P Groupements de pelouses, surtout à plantes annuelles, exceptionnellement avec quelques herbacées vivaces (Elbo)-hauteur 1-10 (-20) cm. (Helianthemetea annua, essentiellement).

- B Fruticées basses ou très basses (Stachydi-Genistetum corsicae) dominées par Genista corsica , Teucrium marum, Rosmarinus,... hauteur 25-60 (80) cm
- B<sub>2</sub> Fruticées littorales très basses à Helichrysum italicum (*Thymelaeo-Helichrysetum*) hauteur 25-40 (50) cm
- C Cistaies mixtes souvent dominées par Cistus monspeliensis hauteur 0,5-1,5 M.
- Cistaies à C. monspeliensis très largement dominant hauteur 0,5-1,5m.
- m Maquis mixte (Arbutus, Erica, Pistacia lentiscus, Phillyrea media, Myrtus,...) bas (1 m < hauteur < 2,5 m).
- Maquis mixte (id.) hauteur > 2,5 m).







- $M_{q}$  Maquis haut à Arbutus et Quercus ilex dominants (Viburno-Quercetum ilicis ornetosum)
- Populations de Juniperus phoenicea
- Populations d'Olea europaea
- ▲ Populations de Juniperus oxycedrus
- Populations de Fraxinus ornus
- X Populations de Quercus ilex (correspondant souvent au Viburno-Quercetum ilicis ornetosum)
- A Populations de Pinus halepensis
- d Populations d'Euphorbia dendroides.

Dans le cas où les unités de végétation cartographiables à l'échelle utilisée, sont apparues hétérogènes, les symboles représentatifs des diverses formations végétales les constituant ont été mis côte à côte en les écrivant par ordre décroissant d'importance du recouvrement.

#### Exemple:

- Rc rochers parsemés de Cistus (recouvrement < 50 %)
- RB rochers parsemés de fruticées basses à Genista consica
- RBc rochers parsemés de Genista corsica et Cistus
- cR cistaie (recouvrement > 50 %) où le rocher affleure fréquemment
- cB cistaie à trouées occupées par une fruticée basse
- cm cistaie piquetée d'éléments de maquis bas

- Mc maquis haut à clairières occupées par des cistes
- Mm maquis haut à clairières occupées par du maquis bas

Cas particulier (Gargalu)

- m3d ca fruticées à Pistacia lentiscus, Euphorbia dendroides, Calycotome villosa
- m3PL fruticées à Pistacia lentiscus et Lavatera maritima à clairières occupées par des pelouses à Brachypodium retusum.
- c' formation herbacée à Daucus carota subsp. hispanicus dominant.

#### CONCLUSION

La végétation de la Réserve de Scandola comporte essentiellement :

- une ceinture halophile avec le Crithmo-Limonietum constamment exposé aux embruns et les Armerio-Seseletum, Thymelaeo-Helichrysetum, Stachydi-Genistetum daucetosum, semi-halophiles.
- des groupements à *Pistacia lentiscus* dominant, essentiellement littoraux, plus fortement développés sur les côtes soumises au Libecciu et exposées au sud. Ils appartiennent à 1'*Oleo-Ceratonion* mais relativement aux groupements sardes, siciliens ou catalans de cette alliance, ils apparaissent nettement moins riches en espèces thermophiles. La petite population de *Pinus halepensis* de la Cala di Ficaccia est à rapprocher de cet ensemble.
- des bois de *Quercus ilex* et des groupements de maquis très élevés qui appartiennent au *Quercion ilicis*. Ces ensembles constituent le subclimax d'une série inférieure (ou thermophile) de *Quercus ilex*. Les groupements de dégradation sont des maquis (Erico-Arbutetum), des cistaies (Helichryso-Cistetum), des fruticées très basses (Stachydi-Genistetum) et des pelouses (Helianthemetea annuae, Thero-Brachypodieta).
  - à cela se joignent les végétations rupicoles et ripicoles.

L'ensemble constitue une trentaine de groupements végétaux distincts, ce qui fait de Scandola un secteur privilégié pour ce qui concerne la diversité de la végétation littorale des côtes rocheuses et de celle de l'horizon thermophile de l'étage mésoméditerranéen de la Corse.

L'empreinte de l'homme est encore nettement visible sur le territoire de la Réserve. C'est, avec le relief très accidenté, un des principaux facteurs responsables de la diversité actuelle des paysages végétaux de la presqu'île.

#### REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier les chefs de secteur du Parc Naturel Régional de Corse Charles-Henri Bianconi et Pierrot Mariani qui n'ont pas ménagé leur peine pour nous accompagner le plus souvent possible dans les nombreuses Cala de la Reserve.

Nos remerciement vont également à Marcelle Conrad pour son inventaire floristique préalable de la Réserve et les indications qu'elle a pu nous donner à propos de certaines espèces. Sa présence avec nous sur le terrain a été un précieux encouragement.

Il nous faut aussi remercier le Comité Scientifique de la Réserve de Scandola et le Parc Naturel Régional de Corse qui ont bien voulu mettre à notre disposition les crédits de missions indispensables à la réalisation de ce travail.

#### Liste des unités phytosociologiques citées

Crithmo-Limonietea Br. - B1. 1947

Crithmo-Limonietalia Molinier 1934

Crithmo-Limonion Molinier 1934

Erodenion consici Gamisans & Muracciole suball. nova

Crithmo-Limonietum dictyocladae Malcuit 1931

Thymelaeo-Helichrysetum italici Roger Molinier 1959

(bellidietosum, brachypodietosum, thymelaetosum)

Armerio-Seseletum praecoci Gamisans & Muracciole, ass. nov.

Groupement à Mesembryanthemum nodiflorum

Groupement à Daucus carota subsp. hispanicus

. Cakiletea maritimae Tx. & Preising 1950

Euphorbietalia peplis Tx. 1950

Euphorbion peplis Tx. 1950

Groupement à Euphorbia peplis

Groupement à Polygonum scoparium

. Juncetea maritimi Br. - Bl. 1964

Groupement à Juncus acutus

. Nerio-Tamaricetea Br. Bl. & O. de Bolòs (1956) 1957

Groupement à Vitex agnus-castus

. Asplenietea rupestria Br. Bl. & Meier 1934

Diantho-Asplenietum billotii Gamisans & Muracciole, ass. nov., seseletosum

Groupement à Cheilanthes marantae

. Rudero-Secalietea Br.-Bl. 1936

Echio-Galactition O. de Bolòs & Molinier 1970

Groupement de friche de vigne

. Cisto-Lavanduletea Br.-B1. 1940 em. 1952

Helichryso-Cistetum cretici Allier et Lacoste 1979

Groupement à Olea et Phillyrea latifolia (transition vers Quercetea ilicis)

. Teucrion mari Gamisans & Muracciole, all. nov.

Stachydi-Genistetum corsicae Gamisans & Muracciole, assoc. nova (-Teucrietosum, rosmarinetosum, daucetosum).

. Helianthemetea annua Br.-B1. 1952

Helianthemetalia guttati Br.-Bl. 1940

Helianthemion guttati Br.-Bi. 1931

Groupement à Plantago bellardi et Vulpia ciliata

Vulpion ligusticae Aubert et Loisel 1971

Groupement à Vulpia myuros et Tillaea muscosa

- . Groupement à Trifolium subterraneum et Bellis perennis
- . Groupement à Selaginella denticulata et Sagina subulata
- . Thero-Brachypodietea Br.-B1. 1947

Thero-Brachypodietalia (Br.-Bl.) Molinier 1934

Groupement à Brachypodium retusum et Lavatera maritima

Sedetum caerulei Brullo 1975 Groupement à Biscutella eriocarpa

. Querco-Fagetea Br.-Bl. & Viegler 1937

Fagetalia Pawl 1928

Caricion microcarpae Gamisans 1968

Groupement à Osmunda regalis et Carex microcarpa

. Quercetea ilicis O. de Bolos 1968

Quercetalia ilicis B1.-B1. 1936

Oleo-Ceratonion Br.-Bl. 1936

Clematido (cirrhosae) - Lentiscetum, Gamisans et Muracciole, assoc. nov. (tametosum, -smilacetosum)

Groupement à Pistacia lentiscus et Euphorbia dendroides

Groupement à Juniperus phoenicea var. Lycia

Groupement à Pinus halepensis

Quercion ilicis Br.-Bl. (1931) 1936

Viburno-Quercetum ilicis (Br.-Bl. 1936) Rivas-Mart. 1974

ornetosum Allier & Lacoste 1979

Erico-Arbutetum Molinier 1937

(-Quercetosum, -phillyreetosum, -cistetosum)

#### BIBLIOGRAPHIE

- ALLIER C. et LACOSTE A. (1980). Maquis et groupements végétaux de la série du chêne-vert dans le dans le bassin du Fango (Corse). Ecología Mediterranea 5 ("1979") : 59-82.
- AUBERT G. et LOISEL R. (1971). Contribution à l'étude des groupements des Isoeto-Nanojuncetea et des Helianthemetea annua dans le sud-est méditerranéen français. Ann. Univ. Provence 45: 203-241
- BARBAGALLO C., BRULLO S. et GUGLIELMO, A. (1979). Lineamenti della vegetazione di Monte Cofano (Sicilia occidentale). Pubbl. Ist. Bot. Univ. Catania, 14 p.
- BOLOS O. de, et MOLINIER René (1969). Vue d'ensemble de la végétation des îles Baléares. Veget. Acta Geobot. 17 (1-6) : 251-270.
- BOLOS O. de, MOLINIER René et MONTSERRAT P. (1970). Observations phytosociologiques dans l'île de Minorque. Acta Geobot. Barcin. 5 : 1-150.
- BRAUN-BLANQUET J., ROUSSINE N. et NEGRE,R. (1952). Les groupements végétaux de la France méditerranéenne. C.N.R.S. Montpellier, 297 p.
- BRISSET T., COCHENE J.-J. (1976). Etude géologique des presqu'îles de Scandola et du Monte Senino (Corse). Thèse 3e cycle, 158 p., Marseille
- BRULLO S. (1975). Aspetti di vegetazione tero-xerofitica del territorio ibleo (Sicilia meridionaleorientale). Boll. Sed. Accad. Gioenia Sci. Nat. Catania, ser. 4, 12 (7-8) : 5-16.
- BRULLO S., DI MARTINO A. (1974). Vegetazione dell'Isola grande dello Stagnone (Marsala). Boll. Ist. Bot. Giard. Col. Palermo, 26 : 15-62.
- BRULLO S., DI MARTINO A. et MARCENO C. (1977). La vegetazione di Pantelleria (studio fitosociologico).

  Pubbl. Ist. Bot. Univ. Catania, 110 p.
- CANEVA G., DE MARCO G. et MOSSA L. (1981). Analisi fitosociologica e cartografia della vegetazione (1 : 25 000) dell'isola di S. Antioco (Sardegna sud-occidentale). Cons. Naz. Ríc. AQ 1 (124) : 1-59.
- CONRAD M. (1980). La flore de la Réserve Naturelle de Scandola. Parc Nat. Reg. Corse. Ajaccio, 29 p.
- DE MARCO G. et MOSSA L. (1980). Analisi fitosociologica e cartografia della vegetazione (1 : 25 000) dell'Isola di S. Pietro (Sardegna sud-occidentale). Cons. Naz. Ríc. AQ 1 (80) : 1-34.
- DIERSCHKE J. (1975 a). Die schwarzelen (Alnus glutinosa) Uferwälder Korsikas. *Phytocoenologia*.

  2 (3-4): 229-243.

- DIERSCHKE H. (1975 b). Beobachtungen zur Kü tenvegetation Korsikas. Anal. Inst. Bot. A. J. Cavanilles 32 (2): 967-991.
- DUPIAS G. (1963). Carte de la végétation de la France n° 80 et 81 (Corse). Notice sommaire. C.N.R.S. Toulouse.
- FOLCH R., SIERRA E. et NUET J. (1981). La vegetació dels Països Catalans. Inst. Cat. Hist. Nat. Mem. 10: 1-513.
- GAMISANS J. (1976-1978). La végétation des montagnes Corses. I. Phytocoenologia 3 (4): 425-498; II, ibid. 4 (1): 35-131; III, ibid. 4 (2): 133-179; IV, ibid. 4 (3): 317-376; V, ibid. 4 (4): 377-432.
- GUINOCHET M. et DROUINEAU C. (1944). Notes sur la végétation et le sol aux environs d'Antibes (Alpes Maritimes). Rec. Trav. Inst. Bot. Montpellier, 1944 : 22-40.
- LAVAGNE A. (1972). La végétation de l'île de Port-Cros. Notice explicative de la carte phytosociologique au 1/5 000 du Parc National. Marseille, 31 p.
- LAVAGNE A. et MOUTTE P. (1977). Carte phytosociologique de Hyères-Porquerolles au 1/50 000e. Rev. Biol. Ecol. Medit. 4: 147-238.
- LOISEL R. (1976). La végétation de l'étage méditerranéen dans le sud-est continental français. Thèse-Marseille (C.N.R.S. 1389).
- MALCUIT G. (1931). Contribution à l'étude phytosociologique de la Corse. Le littoral occidental. Arch. Bot. 4, Mém. 6 : 1-40.
- MALCUIT G. (1962). L'Isoetion en Corse. Ann. Fac. Sci. Marseille, 33: 87-102.
- MOLINIER René (1937). Les îles d'Hyères. Etude phytosociologique. Ann. Soc. Hist. Nat. Toulon, 21 : 91-129.
- MOLINIER René (1954). Les climax côtiers de la Méditerrannée occidentale. Veget. Acta. Geobot.4 (5) : 284-308.
- MOLINIER René (1955). La végétation de l'Île de Porquerolles. Ann. Soc. Sci. Nat. Toulon Var, 1955 : 1-16.
- MOLINIER René et MOLINIER Roger (1955 a). Eléments de Bionomie marine et de phytosociologie aux îles Sanguinaires (Corse). Rev. Gén. Botan. 62 (731-732): 675-682.
- MOLINIER René et MOLINIER Roger (1955 b). Observations sur la végétation de la Sardaigne septentrionale. Archivio Botanico 31, ser. 3, 15 (1): 7-23.
- MOLINIER René et MOLINIER Roger (1955 c). Observations sur la végétation littorale de l'Italie occidentale et de la Sicile. Archivio Botanico, 31, ser. 3, 15 (3) : 1-35.
- MOLINIER Roger (1959). Etude des groupements végétaux terrestres du Cap Corse. Bull. Mus. Hist. Nat. Marseille, 19 : 1-75. 1959.
- MURACCIOLE M. (1981). Etude de la flore adventice des cultures perennes en Corse orientale. E.N.S. Hortic. Versailles. Mém. Fin Etud. 88 p.
- PARC NATUREL REGIONAL DE LA CORSE (s. d.). La Réserve naturelle de Scandola. 52 p.
- RUGGIERI C. (1981). La pression humaine sur Scandola. Doc. Parc Nat. Regi. Corse, 39 p.
- VALSECCHI F. (1976). Sui principali aspetti della vegetazione costiera della Nurra Nord-occidentale (Sardegna settentrionale). Gior. Bot. Ital. 110 (1-2): 21-63.

#### ANNEXE I

#### Localisation des relevés

#### Dans le périmètre de la Réserve

- 1 Rive droite du ravin de Canalette, près de la crête, versant W, 145 m, 30.6.82.
- 2 ibid., plus bas sur le versant, 140 m, 30.6.1982.
- 3 Sentier de Bocca à Querciu, à 1' endroit où celui-ci franchit un vallon secondaire 500 m au N (très légèrement NNE) de Bocca Acellaghia, 250 m, 30.6.1982.
- 4 Sentier de Bocca à Querciu, 400 m au NNE du Capu Puppiaghia, 290 m, 30.6.1982.
- 5 Rochers au NE de la plage d'Elbo, 0-4 m, 30.6.1982.
- 6 Rochers au NE de la plage d'Elbo, 4-8 m, 30.6.1982.

```
7 - Rochers à 1'W de la plage d'Elbo, 15-25 m, 30.6.1982
 8 - ibid., 25-35 m, 30.6.1982
 9 - ibid., secteur peu pentu, avec sol, 25-35 m, 30.6.1982
10 - ibid., rochers, 40 m, 30.6.1982
11 - crête 250 m à l'ENE de Bocca Acellaghia, versant SW, rochers (falaise), 460 m, 1.7.1982
12 - ibid., cistaie au pied de la falaise, 450 m, 1.7.1982
13 - crête Capu Puppiaghia - Bocca a Querciu, versant N, 300 m au NE du Capu Puppiaghia, 350 m,
     1. 7. 1982
14 - Bocca a Querciu, versant W, 370 m, 1.7.1982
15 - crête entre le ravin de Canalette et le ravin de l'India, 50 m, 2.7.1982
16 - ibid., sol plus rocheux, 50 m, 2.7.82
17 - Maquis au fond du ravin de Canalette, 50 m, 2.7.1982
18 - ibid., plus haut, 60 m, 2.7.1982
20 - Fond du ravin de Canalette, groupement ripicole sur les rochers en bordure de l'eau, 75-80 m,
     2. 7. 1982
21 - Ravin de Canalette, rive gauche, maquis arborescent, 140 m, 2.7.1982
22 - Première Cala à 1'W d'Elbo-plage, falaise avec couloir terreux, 3-5m, 2.7.1982
23 - ibid., 5-10 m, 2.7.1982
24 - ibid., falaise, 4-6 m, 2.7.1982
25 - ibid. falaise, 6-10 m, 2.7. 1982
26 - ibid., dalles rocheuses avec poches de sol, 8-12 m, 2.7.1982
27 - ibid., maquis au-dessus de la Cala, 30 m, 2.7.1982
28 - 500 m à l'ENE de l'Imbutu, maquis sur la rive droite du ravin, 120 m, 3.7.1982
29 - 80 m au S de la côte 118 (au NE de l'Imbutu), vallon avec vieux maquis,
                                                                                   125 m, 3.7.1982
30 - ibid., 110 m, 3.7.1982
31 - crête au SE de la côte 105 (à 1'E de la Cala di Ficaccia), 85 m, 3.7.1982
32 - Côte 105, à 1'E de la Cala di Ficaccia, crête rocheuse, 3.7.1982
33 - Imbutu, versant N, ravin avec maquis, 125 m, 3.7.1982
34 - ibid., rochers de l'Imbutu, versant N, 125 m, 3.7.1982
35 - Crête au NW de la Tour d'Elbo, 55 m, 3.7.1982
36 - Ravin d'Elbo, bord rocheux et suintant du ruisselet, 35 m, 4.7.1982
37 - ibid., rive gauche, maquis, 60 m, 4.7.1982
38 - ibid., rive gauche, maquis, 110 m, 4.7.1982
39 - ibid., rive gauche, cistaie, 40 m, 4.7.1982
40 - ibid., près des Cabannes supérieures, 20 m, maquis à lentisque, 4.7.1982
41 - Ravin de Canalette, 5 m, maquis à lentisque, 4.7.1982
42 - ibid., 5 m, friche sur cailloux, 4.7.1982
43 - ibid., plus près de la mer, maquis à lentisque, 4 m, 4.7.1982
44 - 3e cala au NE de la plage d'Elbo, vieux maquis dans le fond du vallon correspondant 75 m, 4.7.1982
45 - ibid., maquis moins élevé, 75 m, sur les bords du vallon, 4.7.1982
46 - ibid., chênaie à Quercus ilex, plus haut, 90 m, 4.7.1982
47 - 2e Cala au NE de la plage d'Elbo, sentier dominant la Cala, 70 m, 4.7.1982
48 - Plage de galets d'Elbo, 5.7.1982
49 - Marécage en arrière de la plage d'Elbo, 5.7.1982
50 - Formation à Vitex agnus-castus rudéralisée en arrière de la plage d'Elbo, 5.7.1982
51 - Crête à 1'W de 1'Imbutu, côte 199, pelouse, 24.2.1983; 5.1983
52 - ibid., autre faciès de la pelouse
53 - ibid., brousse à Olea et Pistacia
54 - Aire à blé d'Elbo, pelouse, 15 m, 25.2.1983 ;.5.1983 ;.9.1983
54'- ibid, autre faciès
55 - Grande friche derrière la plage d'Elbo, pelouse à annuelles, dans le cercle-aire à blé ; 5 m,
```

56 - Elbo, pelouse derrière la cabane de la plage, 4 m, 25.2.1983; 8.5.1983; 13.9.1983 57 - Ilot de Gargalu, vallon à l'E de la Tour, pelouse à Lavatera maritima, 70 m, 4.5.1983

25.2.83, 8.5.1983, 13.9.1983

58 - Cala Vecchia, vallon, rive droite maquis, 85 m, 5.5.1983

- 59 Cala Vecchia, rive gauche du vallon, groupement à Genista corsica, 60 m, 5.5.1983
- 60 ibid., groupement à Rosmarinus et Cistus
- 61 ibid., groupement à Cistus
- 62 Cala di Muretta, dernier vallon affluent rive droite du vallon principal, maquis, 100 m, 5.5.1982
- 63 ibid., 60 m, cistaie, 5.5.1982
- 64 Anse de Gattaghia, vallon de Muracciu, près de la mer, 5 m, 5.5.1983, fond du vallon
- 65 ibid., plus haut, maquis, 25 m, 5.5.1983
- 66 ibid., rive droite, groupement à Helichrysum et Genista corsica
- 67 Petite Cala (en face l'îlot coté 33) au N de Cala di Ponte, groupement semi-halophile à Helichrysum dans une calette au SW, 45 m, 6.5.1983
- 68 ibid. faciès distinct
- 69 ibid., rochers rhyolitiques surplombant la Cala vers le Sud, 55 m, 6.5.1983
- 70 ibid., vieux maquis au SE de la Cala, 50 m, 6.5.1983
- 71 ibid., groupement à Helichrysum à 1 E de la Cala, 5-10 m, 6.5.1983
- 72 ibid., autre faciès
- 73 Cala di Ponte, vallon de Basgia Casgiu, rive droite, dalles rocheuses avec groupement à Genista corsica, 290 m, 6.5.1983
- 74 ibid. cistaie, 280 m, 6.5.1983
- 75 ibid., fond du vallon avec formations à Phillyrea media, 250 m, 6.5.1983
- 80 Crête Purcile-Imbutu, versant WSW, rive droite du vallon descendant vers Solana, légèrement au S de la cabane en ruines, non loin de l'aire à blé, groupement à Olea et Pistacia lentiscus, 250 m, 7.5.1983
- 81 ibid., cistaie voisine, 250 m, 7.5.1983
- 82 ibid., pelouse dans la surface rectangulaire à côté de l'aire à blé, près de la crête, 260 m, 7.5.1983
- 83 Crête à 1'W de l'Imbutu, entre celui-ci et la cote 199, 220 m, maquis, 7.5.1983
- 84 Crête à 1'W de 1'Imbutu, entre les cotes 199 et 154, 180 m, cistaie, 7.5.1983
- 85 Crête à 1'W de 1'Imbutu, près de la cote 154, cistaie, 7.5.1983
- 86 Capu Purcile, vallon sur le versant NW, descendant vers Solana, fonds du vallon, formations à Phillyrea media, 365 m, 8.5.1983
- 87 Même vallon, rive droite, plus haut, éboulis, 400 m, 8.5.1983
- 88 ibid., rochers, 8.5.1983
- 89 Sommet individualisé à 1'W du Capu Purcile, pelouse, 550 m, 8.5.1983
- 90 Crête 200 m à 1'W du Capu Purcile, fruticée mixte, 540 m, 8.5.1983
- 91 versant N des falaises entre Bocca Acellaghia et Capu Puppiaghia, 440 m, 9.5.1983
- 92 ibid., pelouse au pied des falaises, 420 m, 9.5.1983
- 93 Bocca Acellaghia, cistaie à Cistus creticus, 460 m, 9.5.1983
- 94 ibid., cistaie à C. monspeliensis
- 95 Crête entre Bocca Acellaghia et Capu Purcile, maquis, 470 m, 9.5.1983
- 96 Capu Purcile, versant SE, 500 m, forêt de chêne-vert, 9.5.1983
- 97 Capu Purcile, versant S, maquis à chêne-vert, 500 m, 9.5.1983
- 98 Crête au NW du Capu Purcile, versant NE, maquis à Phillyrea media, 375 m, 9.5.1983
- 99 Même crête, plus bas, pelouse, 325 m, 9.5.1983
- 100 ibid., dalles à Sedum caeruleum
- 101 Même crête, près de l'aire à blé (légèrement à l'E), cistaie, 275 m, 9.5. 1983
- 102 150 m à 1'E de 1'Imbutu, maquis, 175 m, 9.5.1983
- 103 Cistaie légèrement à l'E de l'aire à blé d'Elbo, 15 m, 10.5.1983
- 104 Pelouse sous l'aire à blé d'Elbo, 13 m, 10.5.1983
- 105 Friche derrière la plage d'Elbo, pelouse à vivaces, 2-3 m, 10.5.1983
- 106 Elbo, près du vallon de Canalette, vigne en friche
- 107 Au NE de la plage d'Elbo, terrasses sur les rochers, 12 m, 10.5.1983
- 108 A l'E de la plage d'Elbo, maquis à lentisque, 5 m, 10.5.1983
- 109 Ilot de Gargalu, vallon à l'ESE de la tour, formations à Euphorbia dendroides et calycotome, 40 m, 11.5.1983

- 110 ibid., formations à Genista corsica et Euphorbia, 50 m, 11.5.1983
- 110 bis ibid. formations à Genista sans Euphorbia
- 111 légèrement au S de la tour de Gargalu, 120 m, pelouse, 11.5.1983
- 112 ibid. à 1'W de la Tour, pelouse à Daucus, 120 m, 11.5.1983
- 113 ibid. à l'ESE de la Tour, pelouse à Lavatera maritima, 110 m, 11.5.1983
- 114 ibid., crête au SE de la Tour, cuvette arénacée, 90 m, 11.5.1983
- 115 Même crête, rochers, 80 m, 11.5.1983
- 116 Même crête, versant SW, formations sur sables au pied d'une balme, 80 m, 11.5.1983
- 130 Crête rocheuse 450 m au NNE de Bocca Accelaghia, 310 m, 25.4.1984
- 131 ibid. plus haut vers Bocca Accelaghia, 375 m, 25.4.1984
- 132 Crête entre Piazzili Scandola et ravin de Muracciu, pelouse, 350 m, à mi-chemin entre les côtes 314 et 433, 25.4.1984
- 133 ibid. mais plus au SW sur la crête, près de cabanes ruinées, 310 m, 25.4.1984
- 134 ibid. plus bas, 295 m, 25.4.1984
- 135 ibid., formations à Helichrysum italicum
- 136 Ravin de Canalette, rive gauche, tout près de la mer, couloir rocailleux, 15 m, 26.4.1984
- 137 ibid., maquis clair, 26.4.1984
- 138 Marina d'Elbo, côte orientale, formations à Genista consica, 5 m, 26.4.1984
- 139 ibid., plus haut, 12 m, 26.4.1984
- 140 Marina d'Elbo, formations à Helichrysum immédiatement à 1'E de la cabane.
- 141 Ravin de Canalette, fond du vallon sur la rive droite, à 300 m de la plage, maquis élevé à lentisque, 7 m, 26.4.1984
- 142 Cala di Ficaccia, côte orientale, formations à Helichrysum, 10 m, 26.4.1984
- 143 ibid., formations à lentisque, 15 m, 26.4.1984
- 144 ibid., ruisselet dans le ravin, 20 m, 26.4.1984
- 145 ibid., formations à lentisque et arbousier sur la rive droite du ravin, 30 m, 26.4.1984
- 146 ibid., précisément sous 142 -, 8 m, 26.4.1984
- 147 Cala di Ficaccia, côte occidentale, peuplement de pins d'Alep, 25 m, 26.4.1984
- 148 ibid. maquis succédant aux pins, vers l'intérieur, 35 m, 26.4.1984
- 149 Cala à 1'W de Cala di Ficaccia, formations à Helichrysum, 10 m, 26.4.1984
- 150 Ilot de Gargalu, côte orientale, formations à Thymelaea, 20 m, 27.4.1984
- 151 ibid., arête rocheuse, 35 m, 27.4.1984
- 152 Ilot de Gargalu, crête sommitale au niveau du rétrécissement sud, formations à lentisque, 80 m, 27.4.1984
- 153 ibid., fruticée mixte, 80 m, 27.4.1984
- 154 ibid., même secteur, mais couloir s'ouvrant sur la côte W de Gargalu, 70 m, 27.4.1984
- 155 ibid.
- 156 Anse de Gattaghia, ravin de Muracciu, formations à Phillyrea latifolia, 65 m, 27.4.1984
- 157 ibid., 75 m, 27.4.1984
- 158 ibid., bords du ruisselet, 30-10 m, 27.4.1984

#### Relevés effectués hors Réserve

- 200 Galéria, sous la tour, Crithmo-Limonietum, 8-10 m, 27.4.1984
- 201 ibid., zone à Helichrysum, 12-15 m, 27.4.1984
- 202 ibid., plus en arrière, zone à Genista corsica, 15 m, 27.4.1984
- 203 ibid. zone intermédiaire entre 201 et 202
- 204 ibid., plus loin de la mer, formations à lentisques, 25 m, 27.4.1984
- 205 Galéria, côte rocheuse à 1'W de la plage du village, formations à Helichrysum 8-10 m, 27.4.84
- 206 ibid., plus loin de la mer
- 207 ibid., formations à Genista corsica, 12 m, 27.4.1984
- 208 Crête de la Punta di Ciuttone au N du golfe de Galéria, versant N près de la cote 188, 175 m, 28.4.1984
- 209 ibid., crête à 1'W de la cote 188, 150 m, formations à Genista corsica, 28.4.1984
- 210 ibid., versant S de la crête, suintement, 35 m, 28.4.1984
- 211 ibid., autre groupement

- 212 ibid., autre groupement
- 213 ibid, autre groupement
- 214 Punta di Ciuttone, façade maritime sud, 20 m, 28.4.1984
- 215 ibid., autre groupement
- 216 Punta di Ciutonne, façade maritime ouest, 60 m, formations à Helichrysum, 28.4.1984
- 217 Crête de la Punta di Ciuttone, versant N, sous la cote 124, 105 m, maquis, 28.4.1984
- 218 Culletulone (entre Punta di Ciuttone et Punta Ferraghiola), formations à lentisque entre les bergeries et la mer, 60 m, 28.4.1984
- 219 ibid., fruticée basse, 45 m, 28.4.1984
- 220 Golfe de Galéria, secteur nord, vallon de Dispensa, 125 m, 28.4.1984

#### Annexe 2

Espèces notées dans les relevés et ne figurant pas dans les tableaux

Tableau n° 2 - Vicia bithynica (71,72), Trifolium incarnatum subsp. molinerii (71,67), Erica arborea (71,72), Sedum rubens (67,68), Narcissus tazzeta (67,68), Blackstonia perfoliata subsp. perfoliata (22,23), Asphodelus aestivus (201,206), Scilla autumnalis (205,216), Crocus corsicus (206,216), Ferula communis (149,206), Geranium molle (71), Lagurus ovatus (68), Hyoseris radiata subsp. radiata (26), Centaurium erythraea subsp. erythraea (26), Pulicaria odora (23), Rubus sp. (23), Quercus ilex (a) (23), Genista corsica (201), Romulea columnae (205), Dianthus sylvestris subsp. siculus (205), Carex distachya (216), Arisarum vulgare (216), Asplenium billotii (216), Pteridium aquilinum (149), Dittrichia viscosa (149), Aristolochia longa (149), Serapias cordigera (206).

Tableau n° 8 - Arbutus unedo (h) (11), Carex distachya (11), Rumex bucephalophorus (91), Allium triquetrum (91), Erica arborea (91), Brachypodium retusum (91), Fraxinus ornus (a)(34), Hedera helix (34), Euphorbía dendroides (34), Carlina corymbosa (69).

Tableau n° 13 - Lathyrus articulatus (65), Crepis leontodontoides (108,64), Allium triquetrum (43,141), Melica ciliata (40), Desmazeria rigida (40), Urtica pilulifera (40,141), Asplenium billotii (40, 141, 156), Cistus monspeliensis (108, 141), Stachys glutinosa (108), Ferula communis (108, 141), Aetheorhiza bulbosa (108,64), Rhagadiolus stellatus var. edulis (65), Galium spurium (64, 141, 156, 157), Fumaria capreolata (64, 156), Allium triquetrum (64), Rubus sp. (64), Cardamine hirsuta (141), Sonchus oleracus (141), Umbilicus ruspestris (141), Bupleurum fruticosum (157), Asplenium trichomanes (157).

Tableau  $n^{\circ}$  14 a - Fumaria capreolata subsp. capreolata (66), Sedum rubens (66), Hypochaeris achyrophorus (66), Sonchus oleraceus (66), Ferula communissubsp. communis (66), Melica minuta (66), Lophochloa cristata (66), Pancratium illyricum (110), Linum trigynym (110), Phagnalon saxatile (110), Anagallis arvensis (110), Centaurium maritimum (110), Carex hallerana (110), Vicia benghalensis (109), Matthiola incana (109).

Tableau n° 15 - Geranium purpureum (62,58), Polypodium cambricum (97,96), Teucrium flavum subsp. glaucum (58), Galium spurium (70), Stellaria media (97), Cynosurus elegans (97), Senecio lividus (97), Ficus carica (33), Solidago virgaurea (33), Pteridium aquilinum (21).

Tableau n° 16 - Polypodium cambricum (98), Melica pyramidalis (98), Ferula communis (98), Galium murale (98), Umbilicus rupestris (98), Theligonum cynocrambe (86), Rhagadiolus stellatus var. edulis (86), Cynosurus elegans (86), Geranium lucidum (86).

Tableau n° 17 - Euphorbia peplus (103), Galium parisiense (84), Psoralea bituminosa (84), Linaria pelisseriana (94), Vulpia muralis (94), Lamarckia aurea (94), Lagurus ovatus (94), Sedum caeruleum (94), Poa bulbosa (94), Lathyrus articulatus (84), Rhagadiolus stellatus var. edulis (84), Carduus cephalanthus (84), Sedum rubens (84), Vicia elegantissima (84), Avena barbata (39), Reichardia picroides (12), Trifolium scabrum (81), Geranium molle (81), Linum bienne (101), Limodorum abortivum (101), Valerianella microcarpa (93), Theligonum cynocrambe (93), Veronica arvensis (93), Petrorhagia prolifera (85), Desmazeria rigida (85), Anagallis arvensis subsp. parviflora (85), Trifolum incarnatum subsp.

molinerii (85), Polypodium cambricum (85), Centaurium maritimum (102), Galium spurium (90), Galium murale (90), Hypericum perforatum (103), Hyoseris radiata (103), Plantago lanceolata (103), Bellis perennis (103), Dittrichia viscosa (103), Misopates orontium (94).

Tableau n° 18 - Lotus angustissimus (74), Rumex bucephalophorus (74), Paronychia echinulata (74), Bromus madritensis (74), Misopates orontium (74), Lolium rigidum (74), Cynosorus echinatus (74), Carex hallerana (63), Euphorbia peplus (63), Selaginella denticulata (63), Galactites tomentosa (63-53), Asterolinon linum-stellatum (63), Pancratium illyricum (63), Galium parisiense (61), Petroraghia prolifera (31), Lobularia maritima (53), Geranium molle (53), Cardamine hirsuta (53), Scrophularia peregrina (53), Stellaria media (53), Arenaria leptoclados (53), Carduus cephalanthus (53), Stachys annua (53), Theligonum cynocrambe (80), Galium spurium (80), Parietaria lusitanica (80), Sisymbrium officinale (80), Vicia sativa (80), Phillyrea angustifolia (53), Helichrysum italicum subsp. italicum (53).

Tableau n° 19 - Galium murale (60, 130, 131), Selaginella denticulata (4, 130, 131), Desmazeria marina (110 bis, 139, 219), Lotus angustissimus (59, 73, 60), Leucojum longifolium (130, 131, 202), Senecio vulgaris (209, 131, 207), Ferula communis (202, 138, 139), Hedypnois raghadialoides subsp. cretica (73,60), Sedum stellatum (59, 73, 131), Lophochloa cristata (110 bis, 73), Desmazeria rigida (59, 110 bis), Cheilanthes tinaei (209, 219), Romulea columnae (209, 207), Asterolinon linum-stellatum (201, 131), Aetheorhiza bulbosa (202, 150), Dittrichia viscosa (138, 139), Lobularia maritima (110 bis, 207), Micropyrum tenellum (4, 209), Trachynia distachya (73), Paronychia echinulata (73, 209) Bromus madritensis (73), Galactites tomentosa (73), Trifolium stellatum (73), Lolium rigidum (73), Cynosorus echinatus (73), Theligonum cynocrambe (73), Petrorhagia prolifera (73), Trifolium campestre (59), Psoralea bituminosa (59), Linaria pelisseriana (59), Galium parisiense (59), Euphorbia peplus (60), Allium parciflorum (4), Allium acutiflorum (110 bis), Sedum rubens (110 bis), Phagnalon saxatile (110 bis), Polycarpon tetraphyllum (110 bis), Plantago afra (110 bis), Polypodium cambricum (130), Silene nodulosa (130), Saxifraga corsica (130), Brimeura fastigiata (130), Cymbalaria aequitribola (130), Stipa capensis (209), Poa annua (209), Galium spurium (209), Ornithopus compressus (209), Opuntia ficus-indica (32), Ficus carica (32), Poa bulbosa (131), Anagallis arvensis (131), Leontodon tuberosus (202), Lathyrus articulatus (139), Plantago coronopus (207).

Tableau n° 20 - Melilotus elegans (51), Arisarum vulgare (51), Daucus carota subsp. hispanicus (51), Senecio vulgaris (52), Cistus monspeliensis (51), Desmazeria marina (51, 52, 56), Spergula arvensis (82), Sanguisorba minor (82, 55), Calendula arvensis (82), Anagallis arvensis subsp. parviflora (84), Dactylis glomerata subsp. hispanica (82, 55, 89), Calamintha nepeta subsp. nepeta (82), Sonchus asper (82), Veronica arvensis (82), Hypochaeris cretensis (82), Silene vulgaris (82, 55), Crepis bellidifolia (82, 55), Amaranthus deflexus (82), Eragrostis cilianensis (82), Corrigiola telephiifolia (56), Helichrysum italicum subsp. italicum (56, 104, 89), Cynodon dactylon (56, 55), Bellis perennis (55), Plantago lanceolata (55), Chrysanthemum segetum (55), Medicago praecox (55), Cistus creticus subsp. incanus h, (54'), Polygonum aviculare (54'), Cardamine hirsuta (54), Musci (54, 104, 99), Trifolium resupinatum (104), Cerastium diffusum subsp. diffusum (104), Fumaria bastardii (89), Erophila verna (89), Umbilicus rupestris (89).

<sup>\*</sup> La nomenclature utilisée pour les noms d'espèces est celle du "Flora Europaea" Vol. 1-5. Cambridge (1964-1980).

# Végétation et climat de la Campanie du Sud (Italie) au Pliocène final d'après l'analyse pollinique des dépôts de Camerota

P. BRENAC

RESUME - L'analyse pollinique des dépôts lacustres de Camerota a permis de mettre en évidence l'organisation complexe de la végétation avec, depuis la côte, des groupements méditerranéens, une formation forestière caducifoliée et un étage à conifères. Des associations steppiques à armoises prennent momentanément de l'importance. Cette séquence date du début du premier Interglaciaire.

SUMMARY - Pollen analysis of lacustrine deposits reveals the vegetational organizing near Camerota with, from the shoreline, mediterranean assemblages, a deciduous forest and a coniferous belt. Steppic associations with Artemisia are temporarily increasing. This section must be located at the beginning of the first Interglacial.

MOTS CLES: analyse pollinique, Pliocène final, Italie méridionale, végétation, climat.

La connaissance de l'histoire de la végétation et du climat de la région méditerranéenne s'est considérablement enrichie ces dernières années non seulement par des découvertes sur des périodes de plus en plus reculées mais surtout par le recensement de plus en plus précis du nombre et des caractéristiques des évènements qui les ont affectées.

L'analyse pollinique vise à relier les transformations de la végétation d'une région donnée aux changements climatiques avec le plus de fidélité possible. En l'occurrence, le bassin lacustre de Camerota (Fig. 1), en Italie méridionale (Campanie du Sud), fournit une série géologique propice à l'emploi de cette méthode en raison de sa situation géographique (200 m d'altitude environ, voisinage des premiers contreforts de l'Appenin, proximité du littoral tyrrhénien, distant de 4 km seulement) et de sa position chronologique proche de la limite plio-pléistocène.

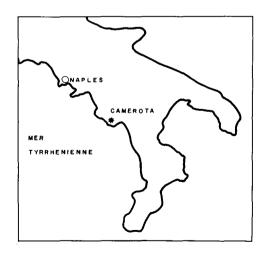


Fig. 1 - Carte de situation.

Laboratoire de Palynologie, Institut des Sciences de l'Evolution, L.A. 327 C.N.R.S., Université des Sciences et Techniques du Languedoc, 34060 Montpellier cedex (France).

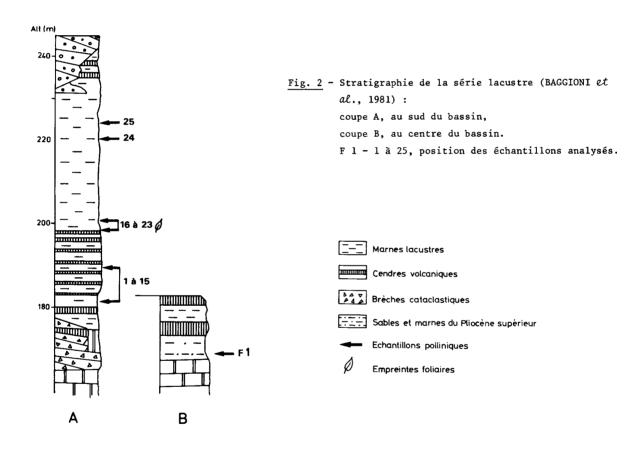
#### I - LE CADRE GEOLOGIQUE

La série de Camerota comprend deux sections (Fig. 2) :

- la coupe A, la plus complète, d'une soixantaine de mètres d'épaisseur, débute par des brèches d'origine tectonique dans lesquelles s'interstratifient les premiers sédiments lacustres ; ceux-ci sont représentés par des intercalations de marnes blanchâtres et de lits volcano-sédimentaires. Ils passent vers le haut à des marnes sableuses blanches ; la série est scellée par un niveau marin correspondant à une plage de sables et de galets attribuée au Calabrien supérieur (BAGGIONI et al., 1981) ;

- plus au nord, la coupe B correspond à un lambeau de marnes marines bleues qui constituent l'extrême base de la série ; un âge pliocène supérieur leur a été assigné d'après la microfaune (Foraminifères : Globigerina bulloïdes, Cassiludina laevigata, Globigerina ruber cf. alba - R. ANGLADA in BAGGIONI et al., 1981 ; Nannoplancton : "small" Gephyrocapsa, Pseudoemiliana lacunosa, Coccolithus pelagicus, Cyclococcolithus leptoporus - C. MÜLLER, in litteris).

Une mesure du paléomagnétisme a été tentée sur cinq échantillons de la coupe A : les résultats indiqueraient, tout au plus, une tendance inverse (F. SEMAH, communication orale).



#### II - L'ANALYSE POLLINIQUE

Vingt-six échantillons ont été analysés.

#### 1 - Coupe B : spectre pollinique F 1 (Tabl. 1)

Les pollens d'arbres sont surtout représentés par ceux de Gymnospermes (Pinus réalise les plus grands pourcentages : 11,16 %) et de Quercus (15,5 %). Les fréquences des pollens de Quercus type ilex-coccifera et de Phillyrea sont par contre faibles (au total moins de 2 %). On note l'importance des pollens d'herbacées (30 %) avec, en particulier, ceux d'Artemisia qui dépassent 13 %.

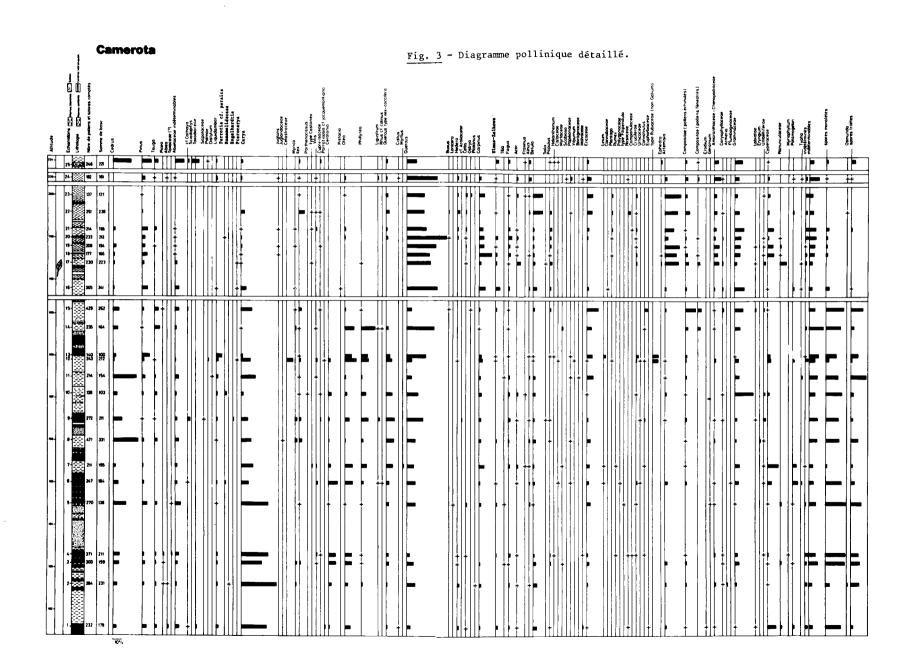
Cedrus	7	Ericaceae	1
Pinus	18	Cruciferae	1
Tsuga	4		
Picea	2 2	Ephedra	2
Abietaceae indéterminables	2	Artemisia	22
		Compositae (grains échinulés)	3
cf. Cathaya	1	Compositae (grains fénestrés)	10
Carya	1 1		
•		Amaranthaceae-Chenopodiaceae	8
Myrica	2	Graminaceae	7
Cupressaceae	6	Cyperaceae	4
Phillyrea	2	Potamogeton	5
Quercus type ilex-coccifera	1	Typha	3
Quercus	25	Pollens indéterminables	17
Platanus	3		
Carpinus	9	Nombre total de pollens	178
Ulmus-Zelkowa	4		
Fagus	2	Spores monolètes	17
Alnus	1	Spores trilètes	6
Betula	1	Nambus total de amonas	23
Populus	4	Nombre total de spores	
		Nombre total de pollens et	
		spores	201

Tabl. 1 - Spectre pollinique de l'échantillon F 1.

#### 2 - Coupe A : spectres polliniques 1 à 25 (Fig. 3 et 4)

De légères déformations néotectoniques et des perturbations superficielles liées à la morphogénèse quaternaire (coulées de solifluxion, ravinements) empêchent de suivre en continuité cette coupe ce qui explique les hiatus d'échantillonnage.

Les échantillons l à 5 révèlent la prépondérance des pollens de Carya et, à un degré moindre, de ceux d'Olea et de Ceratonia. Dans les spectres suivants (6 à 11), les pollens de Carya sont moins abondants, Olea est toujours représenté et les fréquences de Phillyrea augmentent à la différence de celles de Ceratonia. Les pollens de Quercus type ilex-coccibera atteignent des pourcentages élevés, ceux des autres Chênes également. Dans cette première partie du diagramme (spectres l à 11), les pollens de Gymnospermes sont assez peu nombreux, exceptés ceux de Cedrus qui montrent des fréquences importantes dans les niveaux 8 et 11. Les pollens de Carpinus sont bien représentés. Dans les échantillons 12 à 15, les pollens de Carya sont peu nombreux ; par contre ceux de Quercus réalisent des pourcentages importants ainsi que les grains d'Olea et de Phillyrea. Les pollens d'Ericacées deviennent abondants. Ceux d'herbacées, rares dans les spectres 1 à 12, augmentent notablement à l'image de ceux de Graminées. Les fréquences des spores dans les spectres 1 à 15 sont relativement fortes mais se réduisent dans les spectres 6 à 11. Les huit échantillons suivants (16 à 23) révèlent une faible représentation des pollens de Carya, l'abondance des pollens de Chênes (autres que Quercus type ilex-coccifera), la rareté de ceux d'Olea, de Phillyrea et de Ceratonia, une fréquence relativement élevée des grains de Carpinus et une faible quantité de ceux de Gymnospermes. Les pollens d'herbacées tels ceux d'Artemisia, d'Amaranthacées-Chénopodiacées et de Graminées réalisent des pourcentages importants. L'analyse des niveaux 22 et 23 semble mettre en évidence un léger changement dans les proportions des taxons suivants : Quercus et Carpinus en diminution, Betula et Ericacées en augmentation. Les pollens des plantes d'eau comme Potamogeton réalisent des pourcentages relativement forts à l'inverse des spores. L'analyse de l'échantillon 24 montre l'importance des pollens de Quercus. Ceux d'Olea, Ceratonia, Phillyrea, Myrtus sont peu abondants ainsi que ceux de Gymnospermes. Artemisia est très peu représenté alors que les pollens d'Amaranthacées-Chénopodiacées et de Graminées dominent parmi les herbacées. L'échantillon 25 est caractérisé par la présence des pollens de Taxodiacées, dont Sciadopitys. Les autres Gymnospermes, Cedrus surtout, Pinus et Tsuga, atteignent des fréquences élevées. Parmi les pollens d'herbacées, ceux d'Amaranthacées-Chénopodiacées et de Graminées dominent largement. Les autres taxons sont très faiblement représentés, les Chênes exceptés.



#### III - LA VEGETATION ET LE CLIMAT

#### 1 - Coupe B

Bien qu'il soit difficile de reconstituer avec certitude un paysage végétal à partir d'un seul spectre pollinique, l'échantillon F l semble refléter un certain équilibre entre les milieux forestiers (dont l'élément majeur semblait être Quercus) et des milieux plus ouverts (formations steppiques à Composées, Artemisia principalement).

#### 2 - Coupe A

Par contre, pour les échantillons l à 15, la nette prédominance des pollens d'arbres traduirait l'existence d'un couvert végétal essentiellement forestier. On peut y distinguer trois groupes d'après l'écologie actuelle des taxons reconnus :

- l'association Olea Ceratonia Phillyrea Quercus type ilex-coccifera qui, compte tenu de la sous-représentation de certains de ces genres, comme Ceratonia, dans les spectres polliniques atmosphériques actuels (CAMBON, 1981), semblerait indiquer la proximité de groupements méditerranéens probablement localisés sur le littoral;
- des ensembles plus denses à Carya, Quercus, Carpinus, Ulmus, Telkowa et Alnus qui devaient occuper l'arrière-pays immédiat et en particulier les rives du lac de Camerota;
- en altitude, les Gymnospermes (Cedrus, Tsuga, Pinus et Picea) parmi lesquels le Cèdre devait être l'élément prédominant.

Les diagrammes polliniques détaillé (Fig. 3) et synthétique (Fig. 4) révèlent des modifications à l'intérieur de ces trois groupements.

Dès la base du diagramme, les forts pourcentages d'Olea et de Ceratonia (échantillons 3, 4 et 6) reflètent l'existence d'associations à caractère thermo-méditerranéen (Oleo-lentiscetum). Signalons que, à notre connaissance, c'est la première fois que le pollen de Ceratonia est signalé en abondance dans des sédiments de cet âge. A partir du spectre 7, l'ensemble pollinique méditerranéen est dominé par Olea, Phillyrea et Quercus type ilex-coccidera. Cette nouvelle association, différente de la précédente par la moindre abondance des pollens de Ceratonia compensée par celle, plus forte, des pollens de Phillyrea et de Quercus type ilex-coccidera illustrerait plutôt la présence de groupements de type méso-méditerranéens (Quercetum ilicis).

Parallèlement, dans les groupements caducifoliés d'arrière-pays et des bords du lac, la prédominance de Carya s'estompe au bénéfice des Chênes à feuilles caduques tandis que Liquidambar et Parrotia persica d'une part et les Ericacées d'autre part atteignent leur fréquence la plus élevée. La formation caducifoliée semblerait donc subir elle aussi des transformations dans sa composition. Les pourcentages élevés de Cedrus ainsi que de Tsuga atteints à partir de l'échantillon 5 paraissent indiquer un rapprochement de ces formations d'altitude.

Dans cette section du diagramme, la partie herbacée s'avère réduite aux Graminées essentiellement, exception faite des Composées qui apparaissent dans les derniers spectres.

Un tel mélange floristique peut surprendre. Toutefois, on connaît des exemples actuels en Méditerranée orientale où, à la faveur du relief, parfois très accusé à proximité du littoral, de telles associations cohabitent dans des structures essentiellement en mosaïque. Ainsi, sur le littoral méridional de la Turquie, notamment entre Antalaya et Mersin, avoisinent des associations typiquement méditerranéennes à Phillyrea media, Pistacia, Olea oleaster, Myrtus communis, Quercus ilex, Pinus pinea, ..., des Chênes caducifoliés et des pinèdes à Pinus brutia tandis que des stations de Liquidambar orientalis bordent les rivières. Grâce à la proximité d'altitudes dépassant 1000 m, ces formations passent très vite à des associations où l'on rencontre localement Cedrus Libani, Picea orientalis et plusieurs espèces de Sapin (HARITA GENEL MÜDÜRLÜGÜ, 1962). Cette région connaît actuellement un climat à forte pluviosité concentrée sur l'automne et l'hiver, la sécheresse estivale étant bien marquée. Si, dans cette région, les taxons méditerranéens croissent sous un climat qui leur convient, c'est surtout grâce aux reliefs (pluviométrie et nébulosité accrues) et aux fleuves (ripisylves) que sont dus de tels mélanges (WALTER et al., 1975). Le littoral nord de la Turquie (Mer Noire) offre aussi des coexistences tout à fait frappantes. En particulier à l'est de Samsun et à l'ouest de Sinop, sous un climat à fortes précipitations estivales (WALTER et al., 1975), ont été récemment mises en évidence des stations littorales à Phillyrea media, Quercus ilex, Myrtus, Rhamnus

alaternus, Erica arborea, Carpinus orientalis, ... (QUEZEL et al., 1980). Ces mêmes auteurs fournissent d'autres exemples dans cette région d'escarpements rocheux à plantes méditerranéennes (association à Phillyrea media et Carpinus orientalis) surmontant la forêt caducifoliée (Ulmus, Alnus, Pterocarya et Quercus). Au-dessus se trouvent des forêts décidues à Carpinus betulus et Fagus orientalis elles-mêmes relayées vers 1500 m par des formations à Picea orientalis, Pinus silvestris et Abies nordmandiana. Ces quelques exemples illustrent à quel point des conditions microclimatiques (en relation avec le relief) ou édaphiques (rochers littoraux, escarpements calcaires, points d'eau) autorisent la juxta-position de formations végétales distinctes et favorisent leur distribution en mosaïque. Ces exemples pris en Turquie peuvent donc nous permettre de comprendre l'organisation de la végétation plio-pléistocène d'Italie méridionale, à une latitude comparable. Toutefois, certains taxons ne sont plus représentés aujourd'hui dans les régions pontiques : Parrotia persica qui ne se trouve que sur le littoral sud de la Mer Caspienne et Carya qui a totalement disparu d'Europe.

Les spectres 16 à 23 traduisent un environnement différent par rapport au modèle précédent. L'association méditerranéenne n'est plus que très faiblement représentée par quelques pollens d'Olea et de Quercus type ilex-coccifera. Par contre, l'essentiel du couvert forestier devait correspondre à une forêt caducifoliée à dominance de chênes et de charmes dans laquelle se trouvaient Ulmus, Zelkowa, Acer et Carya entre autres. Cette interprétation est confirmée par le contenu d'une macroflore provenant des niveaux correspondant à nos échantillons 17 à 19 avec principalement des Chênes à feuilage caduc, Zelkowa (Z. crenata) puis, en moindre importance, Fagus, Carya, Acer et Carpínus (très rare) (BAGGIONI et al., 1981). Du point de vue pollinique, la représentation de Fagus et de Betula (spectres 22 et 23 pour ce dernier taxon) pourrait témoigner d'apports plus lointains et de régions plus élevées. Ces spectres (16 à 23) illustrent l'importance des herbacées, notamment les Composées (Attemisia surtout), les Amaranthacées-Chénopodiacées, les Graminées et les Cypéracées. Sans éliminer totalement l'existence possible de formations édaphiques littorales (non perçues toutefois précédemment alors qu'aucun indice ne traduit un recul ultérieur du rivage), ces ensembles polliniques ne sont pas sans rappeler les associations steppiques (à Artemisia et Ephedra essentiellement) déjà mises en évidence au Pliocène supérieur et au Pléistocène inférieur en Méditerranée nord-occidentale (SUC, 1978 et 1982). Dans cette éventualité auraient alors existé, au-dessus de la forêt caducifoliée, des associations plus ouvertes comme actuellement dans le centre de la Turquie (région d'Ankara) - Querco-Artemisiata (forêt-steppe tempérée) de M. ZOHARY (1973) - sous climat à faible pluviosité et à sécheresse estivale fortement marquée.

L'échantillon 24 refléterait une forêt caducifoliée essentiellement dominée par les chênes tandis que cette image serait complétée par la présence de taxons nouveaux, notamment les Taxodiacées dans l'échantillon 25. Nous rappelerons leur présence en abondance dans un spectre obtenu dans une coupe observable au village voisin Lentiscosa, coupe où est signalée l'apparition de Hyalinea halthica. Foraminifère benthique qui marque le début du Pléistocène (BAGGIONI et al., 1981).

L'absence d'échantillonnage sur huit mètres entre les spectres 15 et 16 empêche d'entrevoir avec certitude les traits de l'évolution de la végétation, en particulier les relations entre les paléoenvironnements décrits dans la partie inférieure du diagramme et ceux décrits au-dessus. Il apparaît encore plus délicat de rechercher une continuité entre les spectres 23, 24 et 25 respectivement séparés par vingt mètres et quatre mètres de sédiments.

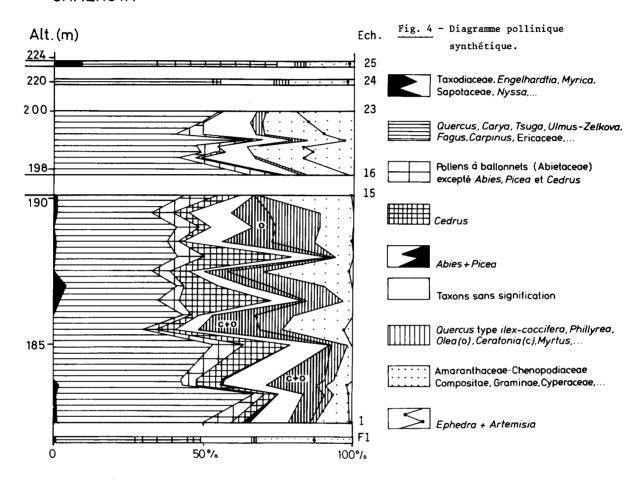
Ces transformations de la végétation reflètent les changements du climat. En effet, les spectres 1 à 15 montrent des différences sensibles avec l'échantillon sous-jacent F 1 (Fig. 4), pour ce qui concerne essentiellement la représentation des feuillus et des herbacées (Artemisia surtout). En conséquence, le climat qui régnait lors du dépôt des premiers niveaux de la coupe A semble avoir été moins xérique que précédemment. Pour les niveaux 1 à 15, ce sont les transformations à l'intérieur des groupements arborés qui vont dans un premier temps illustrer l'évolution climatique. Ainsi, les remplacements notés dans le groupe méditerranéen comme à l'intérieur de la formation caducifoliée pourraient indiquer dans les spectres 7 à 11 une certaine augmentation de l'humidité. Par contre, les spectres 12 à 15 sembleraient traduire un retour à des conditions assez proches de celles indiquées dans les spectres 1 à 6.

Cette partie du diagramme présente les caractéristiques reconnues à un interglaciaire en région méditerranéenne par T. VAN DER HAMMEN et al. (1971) puis par J.-P. SUC et W.H. ZAGWIJN (1983). Ce sont :

- l'importante représentation des pollens d'arbres, en particulier de genres à feuilles caduques parmi

lesquels on note la prépondérance du Chêne, tout au moins pour les spectres 9 à 14;
- la présence de deux espèces de Charmes (BRENAC, 1983), très probablement Carpinus orientalis (grains à 3 pores et de petite taille) et C. betulus (grains à 3, 4 et 5 pores, de plus grande taille) à partir d'une étude biométrique inspirée de celle réalisée par R. JULIA BRUGUES et J.-P. SUC (1980).

#### **CAMEROTA**



Si on prend seulement en considération l'importance des taxons méditerranéens, c'est au début d'un interglaciaire qu'il faudrait attribuer cette partie du diagramme (VAN DER HAMMEN et al., 1971), ce qui s'accorde avec la composition du spectre antérieur F l qui pourrait très bien représenter la phase de transition entre une période sèche (= glaciaire) et une période plus humide (= interglaciaire). Cet interglaciaire serait celui correspondant à la zone P IV-Pl. I de J.-P. SUC (1982) corrélée avec le Tiglien des Pays-Bas (ZAGWIJN, 1974) qui débute au sommet du Pliocène (SUC et ZAGWIJN, 1983) : de -2,1 à -1,6 millions d'années environ. Un autre argument est fourni par le remplacement (au niveau du diagramme) des pollens de Carya par ceux de Quercus : en effet, l'abondance de Carya peut traduire soit un interstade comme à Bernasso (SUC, 1978) soit le début d'un interglaciaire comme cela a été enregistré plusieurs fois dans les séries de la Mer Adriatique où, semble-t-il, la phase forestière P IV- Pl. I serait représentée dans sa totalité (SUC, inédit). En résumé, cette partie du diagramme pourrait s'interpréter comme l'extension de groupements forestiers caducifoliés vers des altitudes plus basses au détriment de l'association méditerranéenne suite à l'humidité croissante (réduction de la sécheresse estivale).

Dans la seconde partie (spectres 16 à 23), de nouvelles modifications de la végétation concernant aussi bien les groupements arborés que les groupements herbacés illustrent également un changement climatique. La présence toujours importante des chênes ainsi qu'une représentation meilleure de Carpinus betulus dans la formation caducifoliée et la raréfaction des méditerranéennes pourraient s'interpréter comme l'indication d'un climat plus frais. A cela s'ajoute le meilleur enregistrement

d'associations steppiques, plus lointaines, indicatrices d'une baisse de l'humidité. Dans les spectres 22 et 23, la relative augmentation de Betula vient appuyer l'idée d'une légère diminution de la température. Ces données sembleraient traduire une petite oscillation au sein même de l'interglaciaire compte tenu des valeurs toujours élevées réalisées par les taxons caducifoliés. Nous serions en présence d'un interstade plus frais et plus sec comme cela a déjà été mis en évidence dans d'autres interglaciaires, notamment à Bòbila Ordis (zone Pl. III corrélée avec le Waalien hollandais : JULIA BRUGUES et SUC, 1980 ; SUC, 1984).

Dans le spectre 24, la présence en abondance de pollens de chênes à feuilles caduques serait un argument en faveur de l'amélioration du climat et de l'appartenance de toute la série de Camerota à cet interglaciaire.

Dès lors, le spectre 25 pourrait représenter l'optimum de cet interglaciaire (présence des Taxodiacées, dont Sciadopitys). A Lentiscosa, village proche de Camerota, une analyse pollinique a révélé l'abondance des pollens de Taxodiacées (BAGGIONI et al., 1981) ce qui pourrait plaider tout au moins en faveur de la contemporanéité de ces terrains avec ceux du sommet de la série de Camerota. Cette éventualité remettrait donc en cause la position relative de la série de Camerota considérée jusqu'alors comme plus récente (BAGGIONI et al., 1981).

Rappelons que les séquences plio-pléistocènes forées en Mer Adriatique ont livré des successions polliniques auxquelles s'apparente celle de Camerota, à la moindre représentation des méditerranéennes près (SUC, inédit). La phase interglaciaire P IV-Pl. I y débute par de forts pourcentages de Carya relayé ensuite par Quercus; on y distingue l'existence de plusieurs poussées à caractère steppique de faible intensité; enfin, les pollens de Taxodiacées sont nombreux au voisinage de la limite plio-pléistocène également définie ici par l'apparition de Hyalinea balthica.

Différentes études palynologiques ont également été réalisées par d'autres auteurs en Calabre (Vrica : SELLI et al., 1977 - Le Castella : BERTOLANI MARCHETTI, 1975 ; BERTOLDI, 1977 - Mercure : LONA et RICCIARDI, 1961) et dans la région de Rome (Leonessa : RICCIARDI, 1965 - Valle Rica : URBAN et al., 1983). Elles révèlent une certaine uniformité sur le plan floristique et quant au style des variations observées. Il semble cependant très difficile, voire impossible, de situer les unes par rapport aux autres ces différentes séquences polliniques en dépit des datations indépendantes que l'on possède (faunes marines, traces de fission, paléomagnétisme, âges K/Ar) tant qu'une longue série de référence, celle de Vrica par exemple, n'aura pas été étudiée de la façon la plus complète et la plus détaillée possible (N. COMBOURIEU-NEBOUT, recherches en cours).

L'interprétation paléoclimatique du diagramme pollinique de Camerota permet donc d'argumenter la localisation chronologique de cette coupe au voisinage de la limite plio-pléistocène.

### CONCLUSION

L'étude palynologique du bassin de Camerota a permis :

- de démontrer l'existence au Pliocène terminal de groupements végétaux méditerranéens bien individualisés, notamment l'association à Olea-Ceratonía qui caractérise aujourd'hui l'étage thermo-mediterranéen :
- de mettre en évidence la complexité de l'organisation de la végétation (groupements méditerranéens, formation caducifoliée, étage altitudinal à Gymnospermes dont l'élément prédominant était le Cèdre, associations steppiques à armoises) dont le modèle actuel a été plus particulièrement recherché en Turquie;
- d'attribuer enfin la totalité de la coupe (bien qu'étudiée de façon discontinue) au début du premier interglaciaire caractérisé en région méditerranéenne par une recrudescence de l'humidité (zone P IV-Pl. I corrélée avec le Tiglien hollandais).

#### REMERCI EMENTS

Je remercie vivement les personnes qui m'ont aidé dans la réalisation de ce travail : Madame M. VAN CAMPO, Directeur du Laboratoire de Palynologie, qui a mis à ma disposition les moyens nécessaires à la réalisation de cette étude et Monsieur J.-P. SUC qui a veillé à la bonne marche de mes travaux.

Madame M. PROVANSAL pour son concours quant à la compréhension de la stratigraphie des environs de Camerota, Madame C. MULLER qui a effectué les analyses concernant le Nannoplancton et Monsieur F. SEMAH pour les mesures paléomagnétiques.

#### BIBLIOGRAPHIE

- BAGGTONI M., SUC J.-P., VERNET J.-L. (1981). Le Plio-Pléistocène de Camerota (Italie méridionale) : géomorphologie et paléoflores. Geobios, 14, 2, 229-237.
- BERTOLANI MARCHETTI D. (1975). Preliminary palynological data on the proposed plio-pleistocene boundary type-section of Le Castella. L'Ateneo Parmense, acta nat., 11, 3, 467-485.
- BERTOLDI R. (1977). Studia palinologica della serie di Le Castella (Calabria). Atti Acad. Naz. Lincei, sér. 8, 62, 4, 547-555.
- BRENAC P. (1983). Analyse pollinique des dépôts lacustres de Camerota (Plio-Pléistocène inférieur) 
  Italie méridionale. Rapport de stage, D.E.A. Sci. de l'Evolution, Univ. Sci. Tech.

  Languedoc, Montpellier, 19 p.
- CAMBON G. (1981). Relations entre le contenu pollinique de l'atmosphère et le couvert végétal en Méditerranée occidentale à Montpellier (France), Valencia (Espagne) et Oran (Algérie). Th. Doct. sp., Univ. Sci. Tech. Languedoc, Montpellier, 105 p.
- HAMMEN T. VAN DER, WIJMSTRA T.A., ZAGWIJN W.H. (1971). The floral record of the late Cenozoic of Europe. In The late Cenozoic glacial ages, Yale Univ. Press, 391-424.
- HARITA GENEL MÜDÜRLÜGÜ (1962). Distribution of the forest tracs and shrubs in Turkey. Carte 1/250 000 ème.
- JULIA BRUGUES R., SUC J.-P. (1980). Analyse pollinique des dépôts lacustres du Pléistocène de Banyoles (Bañolas, site de la Bòbila Ordis Espagne) : un élément nouveau dans la reconstitution de l'histoire paléoclimatique des régions méditerranéennes d'Europe occidentale. Geobios, 3, 1, 5-19.
- LONA F., RICCIARDI E. (1961). Reperti pollinogici nei depositi pleistocenici del bacino lacustro del Mercure (Italia meridionale, regione Lucano-Calabra). Pollen et Spones, 3, 1, 85-92.
- QUEZEL P., BARBERO M., BONIN G., LOISEL R. (1980). Essai de corrélations phytosociologiques et bioclimatiques entre quelques structures actuelles et passées de la végétation méditerranéenne. Nat. Monsp., h.s., 89-100.
- RICCIARDI E. (1965). Analise polliniche di una serie stratigraphica dei sedimenti lacustri del Pleistocene inferiore nel bacino di Leonessa (Rieti Italia centrale). Giorn. bot. ital., 72, 72-82.
- SELLI R., ACCORSI C.A., BANDINI MAZZANTI M., BERTOLANI MARCHETTI D., BIGAZZI G., BONADONNA F.,

  BORSETTI A.M., CATI F., COLALONGO M.L., D'ONOFRIO S., LANDINI W., MENESINI E.,

  MEZZETI R., PASINI G., SAVELLI C., TAMPIERI R. (1977). The Vrica section (Calabria,

  Italy). A potential Neogene/Quaternary boundary stratotype. Giorn. Geol., 2, 42, 1, 11,

  181-201.
- SUC J.-P. (1978). Analyse pollinique de dépôts plio-pléistocènes du sud du massif basaltique de l'Escandorgue (série de Bernasso Lunas, Hérault France). Pollen et Spores, 20, 4, 497-512.
- SUC J.-P. (1982). Palynostratigraphie et paléoclimatologie du Pliocène et du Pléistocène inférieur en Méditerranée nord-occidentale. C.R. Acad. Sc. Paris, 294, sér. 2, 1003-1008.
- SUC J.-P. (984). Origin and evolution of the Mediterranean vegetation and climate in Europe. Nature, 307, 5950, 429-432.

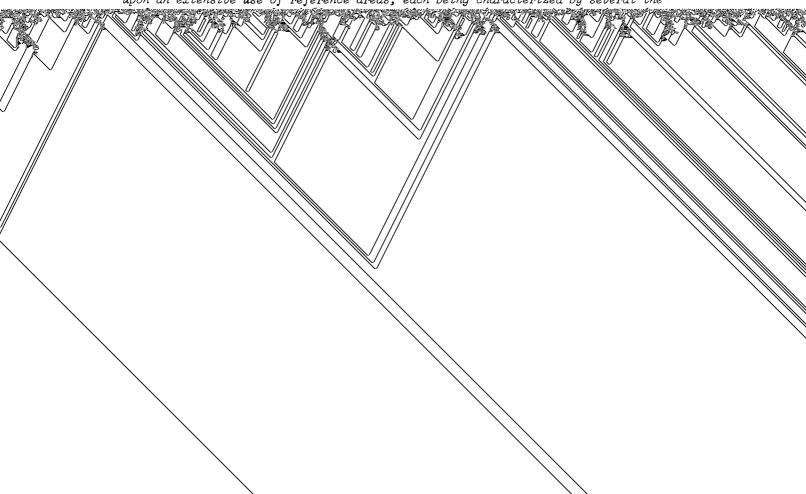
- SUC J.-P., ZAGWIJN W.H. (1983). Plio-Pleistocene correlations between the northwestern Mediterranean region and the northwestern Europe according to recent biostratigraphic and paleoclimatic data. Boneas, 12, 153-166.
- URBAN B., ARIAS C., BIGAZZI G., BONADONNA F. (1983). Early Pleistocene palynostratigraphy of Fornace
  Tini, Valle Rica (Central Italy). Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol., 41, 153164.
- WALTER H., HARNSCHELL E., MUELLER-DOMBOIS D. (1975). Climate-diagrams maps of the individual continents and the ecological climatic regions of the earth. G. FISCHER édit., Stuttgart, 36 p., 9 cartes h.t.
- ZAGWIJN W.H. (1974). The Pliocene-Pleistocene boundary in western and southern Europe. Boreas, 3, 75-97.
- ZOHARY M. (1973). Geobotanical foundations of the Middle East. G. FISCHER édit., Stuttgart, 739 p. (2 vol.).

Analyses synchronique et diachronique de la végétation spontanée du Montpellierais d'après les données de la télédétection spatiale.

B. LACAZE \*

RESUME: L'étude présentée est consacrée à l'analyse de la végétation spontanée de la région écologique du Montpelliérais (Bas-Languedoc), à partir d'une base de données géocodées, contenant principalement des données LANDSAT multitemporelles. L'approche co-assistée utilisée repose sur un recours intensif à des zones de référence, caractérisées chacune par plusieurs variables thématiques. Les résultats indiquent de sévères limitations quant aux possibilités de reconnaissance spectrale des classes liées aux formations végétales et/cu aux espèces dominantes, considérées sur l'ensemble de la région étudiée. En revanche la détection des changements brutaux, comme les incendies, et le suivi de la reconstitution du tapis végétal apparaissent possibles à partir des données LANDSAT multitemporelles.

SUMMARY: The study is devoted to vegetation analysis from a geocoded data base including LANDSAT multitemporal data concerning the ecological region of Montpellierais (Southern France). A semi-supervised approach has been choosen, based upon an extensive use of reference areas, each being characterized by several the-



### du rayonnement solaire.

Nous ne développerons pas ici les points 1 et 4. Pour la méthodologie du point 1, nous renvoyons le lecteur aux travaux analogues réalisés naguère en Tunisie du Sud (CNRS/CEPE, 1978). En ce qui concerne le point 4, la définition d'un modèle sophistiqué d'interception/réflexion du rayonnement solaire par les couverts végétaux a été proposée et testée sur des parcelles expérimentales (DAUZAT et al., 1981; METHY et al., 1981); des mesures spectrales simples in situ et des essais d'application à l'évaluation de la phytomasse ou de la structure de couverts végétaux spontanés ont également été réalisés (HOUSSARD et ESCARRE, 1981; HOUSSARD et al., 1982; GROUZIS et METHY, 1983; LACAZE et al., 1983).

La présentation qui suit est donc consacrée aux analyses synchronique et diachronique de la végétation spontanée de la région écologique du Montpelliérais (environ 760 km²); nous insisterons principalement sur l'étude diachronique, qui a motivé la constitution d'une base de données géocodées, construite à partir de données LANDSAT acquises de 1975 à 1981 et de données auxiliaires.

# I - CONSTITUTION D'UNE BASE DE DONNES GEOCODEES

## l - Zone d'étude considérée

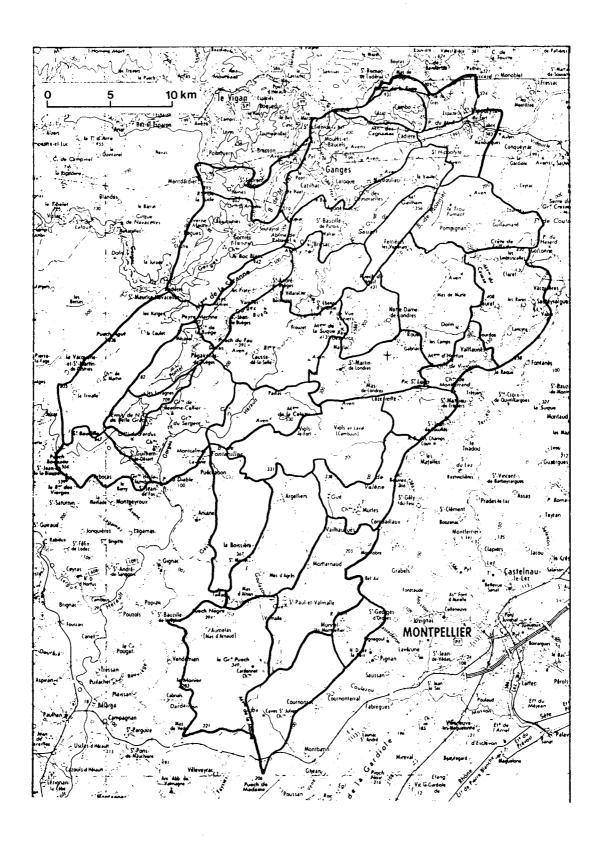
Nous avons délimité une zone géographique de 42 km x 60 km, comprise entre les latitudes Nord 48,90 g et 48,30 g et les longitudes 1,20 g et 1,80 g Est (Méridien de Paris). Cette zone s'étend depuis la Mer Méditerranée, au Sud Est, jusqu'aux Cévennes ; elle comprend plusieurs régions écologiques (LE FLOC'H et al., 1970), dont la région des Hautes Garrigues du Montpelliérais qui nous intéresse principalement. Cette dernière région peut être caractérisée schématiquement par l'existence d'un gradient thermique et pluviométrique important, par la présence de substrats calcaires durs et par la dominance dans le paysage des taillis de Chêne vert (Quercus ilex L.) et de Chêne pubescent (Quercus pubescens Willd.). Une délimitation de sous-régions, basée sur des critères climatiques et de végétation, a été proposée par M. DEBUSSCHE (cf. figure 1).

Les informations disponibles concernent d'une part, des relevés phytoécologiques (LEPART et DEBUSSCHE, 1980), et, d'autre part, des cartes thématiques :

- carte des ischyètes interannuelles dans le Montpelliérais (échelle 1/300 000)
- carte des principales espèces ligneuses hautes dominantes dans le Montpelliérais (échelle 1/250 000)
- carte de l'occupation des terres des garrigues Gard-Hérault (échelle 1/50 000)
- cartes géologiques (échelle 1/50 000 ou 1/80 000).

### 2 - Données de télédétection spatiale

Après examen des restitutions images "quick-look" de l'ensemble des données LANDSAT disponibles, nous avons sélectionné les enregistrements correspondant aux dates suivantes : 19 septembre 1976, 24 octobre 1978, 8 mars 1979,



 $\frac{\text{Fig. 1}}{\text{et délimitation de la région écologique des Hautes Garrigues du Montpelliérais et délimitation des sous-régions}$ 

3 juillet 1979, 22 juin 1981 et 29 octobre 1981.

Pour les dates considérées, les conditions météorologiques étaient excellentes et la qualité des données, examinée <u>a posteriori</u> d'après restitutions sur films réalisés au Centre National d'Etudes Spatiales (C.N.E.S.) à Toulouse, apparaît bonne, sauf pour la date du 22 juin 1981, qui a néanmoins été retenue car elle correspond à un maximum de hauteur angulaire du soleil.

Dans les traitements présentés ci-après, nous n'avons pas effectué de corrections liées à l'état atmosphérique.

Les données numériques LANDSAT-MSS ont été rectifiées géométriquement, en utilisant les logiciels disponibles au C.N.E.S. Le pas de rectification adopté est d'un milligrade (environ 73 m x 100 m), en raison de la compatibilité souhaitée avec les inventaires floristiques ou écologiques réalisés avec une maille multiple du milligrade. La situation géographique de la zone a nécessité pour certaines dates la création d'une mosaïque numérique entre deux scènes avant rectification. Les données rectifiées ont été stockées sur bande magnétique au format "standard C.N.E.S.", puis traitées ultérieurement à Montpellier (ordinateur Mitra 125 de l'Ecothèque Méditerranéenne du C.N.R.S.).

## 3 - Données auxiliaires

Les données auxiliaires utilisées proviennent d'un modèle numérique de terrain (copyright I.G.N.) couvrant partiellement la zone d'étude, avec un pas d'un milligrade. A partir du fichier altitudes ainsi disponible, nous pouvons créer les fichiers complémentaires pente et exposition en calculant ces paramètres pour des fenêtres de 3 x 3 pixels \* (SHARPNACK et AKIN, 1969). Le résultat final du prétraitement se présente donc sous la forme de deux fichiers sur disque, compatible avec le système Mitra 125, et comportant :

- fichier "MULTIT" : L'ensemble de la zone géographique (601 x 601 pixels), pour les 6 dates considérées, dans les canaux MSS 5 et 7, soit 12 pseudo-canaux ;
- fichier "SUPERT": Une sous-zone de 401 x 401 pixels, pour 5 dates (juin 81 exclu) avec les 4 canaux LANDSAT, et les données altitude/pente/exposition, soit 23 pseudo-canaux.

# II - APPROCHE METHODOLOGIQUE

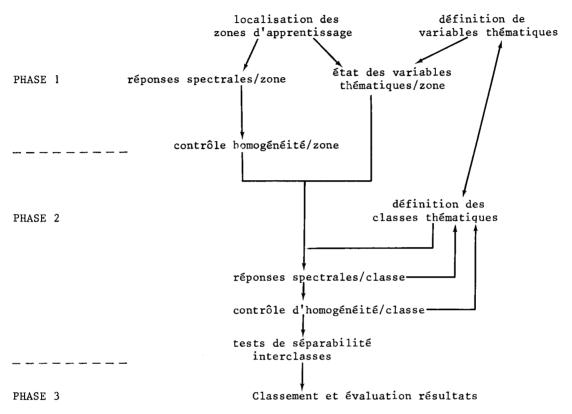
# l - Définition de l'approche co-assistée

Nous avons utilisé une approche dérivée des méthodes supervisées ou pré-assistées (FRALIT, 1977; CNRS/CEPE, 1978) c'est-à-dire privilégiant l'introduction d'informations thématiques en amont du traitement des données de télédétection.

<sup>\*</sup> pixel : plus petite surface homogène constitutive d'une image enregistrée, définie par la résolution spatiale du capteur

Nous avons cependant cherché à développer les possibilités d'interaction entre définition des classes thématiques et réponses spectrales de ces classes : on peut alors parler de méthode co-assistée ou hybride, dont la nécessité résulte des inconvénients liés aux approches supervisées et non supervisées classiques (TOWNSHEND, 1981).

Le schéma général du traitement est le suivant :



La caractéristique principale de l'approche utilisée est l'affectation de plusieurs variables thématiques à chaque zone de référence, ce qui autorise la possibilité de re-définir des classes thématiques mieux adaptées aux possibilités de discrimination spectrale (cf. phase 2).

## 2 - Nature des données thématiques

Nous avons utilisé comme source principale d'information la carte d'occupation des terres à l'échelle 1/50 000 établie par ALLAG <u>et al.</u> (1980), par photo-interprétation et contrôles sur le terrain. La végétation est décrite sur cette carte selon l'approche codifiée proposée par GODRON <u>et al.</u> (1968), permettant de caractériser le type de formation végétale, les espèces dominantes, le degré d'artificialisation. La typologie des formations végétales repose sur l'évaluation des pourcentages respectifs de recouvrement des végétaux ligneux hauts (supérieurs à 2 m), ligneux bas et herbacés et aboutit à la codification suivante :

Sigle	Pourcentage de recouvrement			
	Ligneux hauts	Ligneux bas	Herbacés	
LHD	75 - 100	0 - 100	0 - 100	
LHAC	50 - 75	0 - 100	0 - 100	
LHC	25 - 50	0 - 10	0 - 10	

LHB	25 50	10 - 100	0 - 10
LHH	11	0 - 10	10 - 100
LHBH	11	10 - 100	10 - 100
LB	0 - 25	10 - 100	0 - 10
LBH	11	10 - 100	10 - 100
Н	11	0 - 10	10 - 100
ZE	11	0 - 10	0 - 10

Les espèces dominantes sont notées pour chaque catégorie : ligneux hauts, ligneux bas, herbacés (au maximum 3 espèces dominantes par catégorie). L'artificialisation n'a pas été retenue comme variable caractéristique des zones de référence, car il y a souvent redondance avec les informations précédentes (formation végétale + espèces dominantes). Les substrats géologiques dominants de chaque zone ont été codés, en vue d'une exploitation de données regroupées en faciès lithologiques.

En résumé chaque zone de référence est caractérisée par une série d'états de variables thématiques : type de formation végétale, espèces dominantes (9 au maximum) lithologie, éventuellement pente moyenne et orientation moyenne.

### 3 - Choix des zones de référence et codage de leurs coordonnées

Les zones de référence sont choisies parmi les unités cartographiées à l'échelle 1/50 000 par ALLAG et al. (1980). La pression d'échantillonnage
est très forte, c'est-à-dire qu'à l'exclusion des zones trop petites, nous avons
retenu un nombre important de zones de références (plusieurs centaines) afin de
pouvoir d'une part, utiliser à la fois des zones d'apprentissage et de contrôle et,
d'autre part, redéfinir des classes thématiques avec un nombre suffisant de zones
de référence.

Nous avens retenu deux types d'enregistrement des coordonnées des zones :

- numérisation exhaustive des contours : ceci a été réalisé manuellement par superposition de la grille des pixels rectifiés à des agrandissements à l'échelle 1/10 000 de la carte de l'occupation des terres :
- numérisation des sommets d'un polygone inscrit dans l'unité cartographiée.

Le premier type a été adopté pour les formations dominées par le Chêne vert et le Chêne pubescent (environ 200 zones); le second type a été adopté pour compléter l'échantillonnage (environ 600 polygones).

# III - RESULTATS D'ANALYSES SYNCHRONIQUES

# 1 - Analyse des réponses spectrales unitemporelles de l'ensemble des zones de référence

Pour une date donnée, les logiciels utilisés nous permettent de visualiser les paramètres statistiques de l'ensemble des zones de référence sur

des graphiques mono ou bidimensionnels. Les paramètres retenus sont la moyenne, l'écart-type (ou médiane et quartiles), les coefficients de symétrie et d'aplatis-sement.

La <u>figure 2</u> donne un exemple de résultat concernant un ensemble de 443 polygones d'apprentissage observés à la date du 19 septembre 1976 pour les canaux MSS 5 et 7. La considération de la distribution des valeurs moyennes permet de conclure à l'existence d'un continuum de valeurs spectrales : c'est dire que pour les types de milieux considérés, les méthodes visant à identifier des classes thématiques d'après les modes des distributions de valeurs de luminance sont inopérantes.

Un problème délicat à résoudre est celui de l'élimination des zones de référence présentant une forte hétérogénéité spectrale. En effet, la distribution observée des réponses spectrales d'un ensemble de pixels appartenant à une même unité cartographique s'éloigne souvent du modèle gaussien, et il est difficile de déceler si cela est dû à des causes intrinsèques (variabilité du couvert végétal ou du substrat), ou à des causes extrinsèques (variations du rayonnement incident liées à la topographie), ou bien encore à des erreurs de localisation ou à des changements intervenus depuis le levé cartographique. De plus, il est peu envisageable d'appliquer systématiquement des tests d'ajustement à une distribution gaussienne pour chaque zone de référence : le nombre de pixels y est souvent faible, et la vérification de l'hypothèse de normalité n'est en fait souhaitable qu'au niveau des classes thématiques. Même dans ce dernier cas, on se contente souvent d'un contrôle visuel d'unimodalité, plutôt que d'un test statistique rigoureux.

Nous avons finalement retenu comme critères possibles de sélection des zones d'apprentissage celui de la taille et celui du coefficient de variation (CV: écart-type/moyenne). Par exemple, nous rejetons les zones inférieures à 15 pixels, en raison des possibilités d'erreur à leurs frontières, ainsi que les zones présentant un CV supérieur à 25 % dans le canal MSS-7. Ce dernier seuil entraîne l'élimination de 10 % des zones de la classe "formation végétale ligneuse haute dense". Si nous avons appliqué le même seuil au canal MSS-5, cela aurait éliminé 29 % des zones, ce qui semble excessif et aurait abouti à ne retenir que des zones "anormalement" homogènes, donc non représentatives de l'ensemble de la classe.

On conçoit à l'aide de cet exemple qu'il n'existe pas de solution définitive au problème soulevé, et que le compromis homogénéité spectrale/représentativité spatiale ne peut naître qu'après plusieurs itérations entre définition d'un critère et analyse de résultats.

# 2 - Analyse des réponses spectrales unitemporelles des classes définies par la variable formation végétale

Nous examinons ici les réponses spectrales moyennes des classes définies par la variable formation végétale selon la typologie définie plus haut ; une classe "vignes" a été ajoutée afin de prendre en compte la catégorie particulière de formation ligneuse basse prédominante dans les zones cultivées.

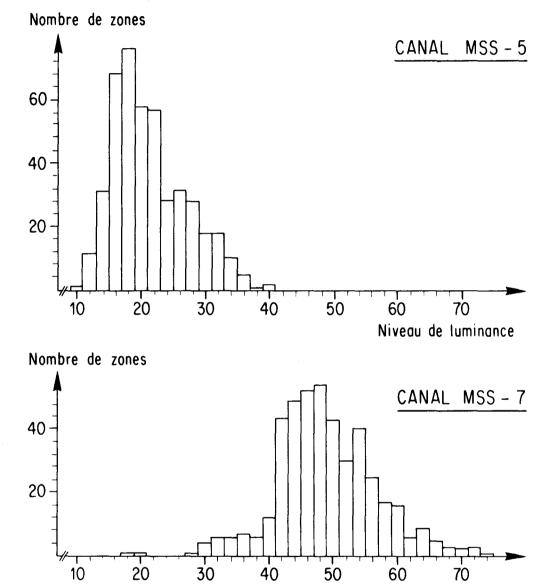


Fig. 2 - Histogrammes de fréquences des niveaux de luminance moyens dans les canaux MSS-5 et MSS-7 observés à la date du 19 septembre 1976 pour 443 zones d'apprentissage

Niveau de luminance

MSS-7 à la date du 19 septembre 1976. On notera une meilleure séparabilité dans le canal MSS-5 ; les réponses s'ordonnent ici selon un gradient lié à la phytomasse globale :

Il apparaît toutefois ardu d'obtenir une discrimination spectrale satisfaisante entre les classes ainsi définies ou même entre des regroupements de ces classes. Ainsi, la reconnaissance de la classe forêt, que l'on peut définir comme la somme des classes LHD et LHAC, s'avère difficile en raison des confusions probables avec les formations complexes LHBH et LHB.

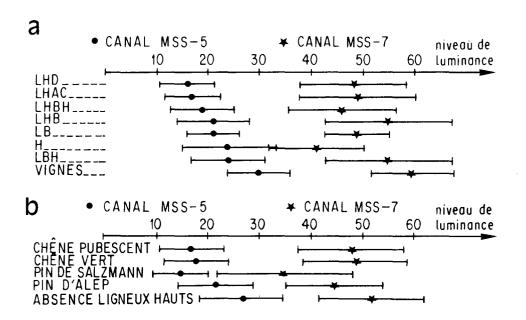


Fig. 3 - Analyse des réponses spectrales moyennes obtenues à la date du 19 septembre 1976

- (a) Classes définies par les formations végétales
- (b) Classes définies par les espèces dominantes

# 3 - Analyse des réponses spectrales unitemporelles des classes définies par les espèces végétales dominantes

Nous considérons maintenant les réponses spectrales des ensembles de zones de référence caractérisées par la première espèce végétale dominant la strate ligneuse haute. Ceci revient donc à tester la possibilité de reconnaissance spectrale des espèces dominantes, indépendamment de la formation où elles se trouvent.

Les résultats présentés à la <u>figure 3b</u> pour la date du 19 septembre 1976 démontrent l'impossibilité d'obtenir une distinction spectrale satisfaisante entre les espèces considérées, avec des données unitemporelles.

# 4 - Analyse des réponses spectrales unitemporelles des classes définies par la combinaison formation végétale et espèce dominante

Nous nous plaçons ici dans le cadre d'une réduction du champ d'investigation et nous testons, pour une formation végétale donnée les effets spectraux liés aux variations de l'espèce dominante, ou inversement. De plus, nous avons cherché à éliminer les effets de bordure en restreignant l'analyse à des facettes de 3 x 3 pixels, choisies à l'intérieur des unités cartographiques et caractérisées par une homogénéité de conditions topographiques.

Comme exemple de résultats, nous noterons la grande difficulté à distinguer, parmi les formations à Chêne vert dominant, celles qui relèvent de la catégorie LHD de celle qui relèvent de la catégorie LHAC. En effet, sur un diagramme de dispersion des réponses de l'ensemble des pixels dans les canaux MSS 7 et 5 (cf. figure 4), la réponse de la classe LHD apparaît incluse dans celle de la classe LHAC. Si l'on accepte l'hypothèse que les réponses spectrales sont corrélées au recouvrement en ligneux hauts, ceci signifie que les formations ligneuses hautes assez claires à Chêne vert dominant sont constituées de mosaïques d'unités spatiales à recouvrements de ligneux hauts variables, atteignant localement des valeurs semblables à celles des formations ligneuses hautes denses. La télédétection fournit donc ici une information spatiale plus détaillée que celle figurant sur les cartes à l'échelle 1/50 000; seules les méthodes basées sur des critères de texture pourraient apporter des réponses plus synthétiques, encore que la définition de signatures texturales pour la végétation spontanée reste souvent difficile à élaborer.

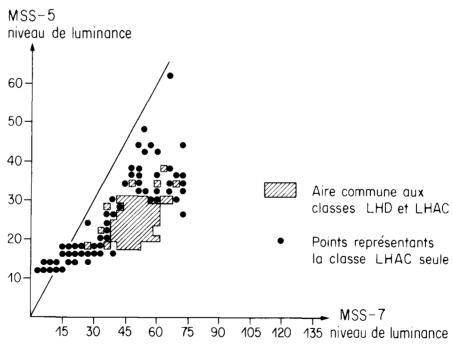


Fig. 4 - Analyse de la dispersion des réponses spectrales des échantillons représentant les formations ligneuses hautes à Chêne vert (données du 19 septembre 1976)

FORMATIONS LIGNEUSES HAUTES A CHÊNE VERT

# IV - RÉSULTATS D'ANALYSES DIACHRONIQUES

Nous reconsidérons maintenant les mêmes problèmes que ci-dessus, en introduisant les données multitemporelles. Nous examinerons les réponses spectrales obtenues dans les canaux MSS 7 et MSS 5; en l'absence de corrections radiométriques et atmosphériques complètes, seuls sont à considérer les rapports des valeurs entre les deux canaux (cf. pentes des segments de droite tracés sur les <u>figures 5</u> et 6).

# 1 - Analyse des réponses spectrales multitemporelles des classes définies par la variable formation végétale

La <u>figure 5</u> présente les réponses spectrales obtenues aux 6 dates de prise de données pour les types de formation végétale déjà définis. On retrouve ici la hiérarchie entre réponses de formations végétales observée dans le canal MSS 5 sur les données monotemporelles. Les variations diachroniques sont peu marquées; on notera en particulier la stabilité des réponses des formations ligneuses hautes, qui peut s'expliquer par la dominance des végétaux sempervirents. Seuls les rapports MSS 7/MSS 5 obtenus en juin et juillet dénotent une phytomasse chlorophyllienne plus élevée.

# 2 - Analyse des réponses spectrales multitemporelles des classes définies par la variable espèce dominante

Nous indiquons à la <u>figure 6</u> les résultats relatifs aux espèces dominantes les plus fréquentes. Les différences spectrales restent faibles et sont plutôt apparentes dans le canal MSS-5, sauf pour les pins où il semble possible de discriminer les deux espèces étudiées, au moins à certaines dates.

L'un des résultats frappants est l'absence de séparation spectrale entre Chêne vert et Chêne pubescent au mois de mars. En effet, à cette époque le Chêne pubescent est dépourvu de feuilles vertes et cela devrait suffire à induire une réponse spectrale différente de celle du Chêne vert. Cependant, la présence dans le sous-bois de Chêne pubescent d'espèces à feuillage sempervirent (Phillyrea angustifolia L., Quercus ilex L., Juniperus communis L.,...), de même que celle d'espèces caducifoliées dont la feuillaison a lieu avant celle du Chêne pubescent (Prunus avium L., Cornus mas L., Prunus spinosa L., Crataegus monogyna Jacq.,...) (HOUSSARD, 1979), permettent d'expliquer en partie cette convergence des réponses spectrales moyennes. Mais la principale explication réside dans le fait que l'analyse globale présentée ici repose sur le critère de présence du Chêne pubescent ou du Chêne vert comme espèce ligneuse dominante ou co-dominante, et que ce critère devrait être relativisé par le recouvrement de la strate ligneuse haute. Une analyse plus précise, portant sur les seules formations ligneuses hautes simples, permet de retrouver une bonne séparabilité spectrale entre Chêne pubescent et Chêne vert à la date du 08 mars 1979 (LACAZE et DEBUSSCHE, 1984).

En revanche, la simple observation des images de LANDSAT, indique que la distinction des forêts dominées par des espèces à feuillage caduc reste possible sur les données obtenues en hiver, si l'on considère les forêts à sousbois inexistant ou peu chlorophyllien (cas des hétraies et taillis denses de

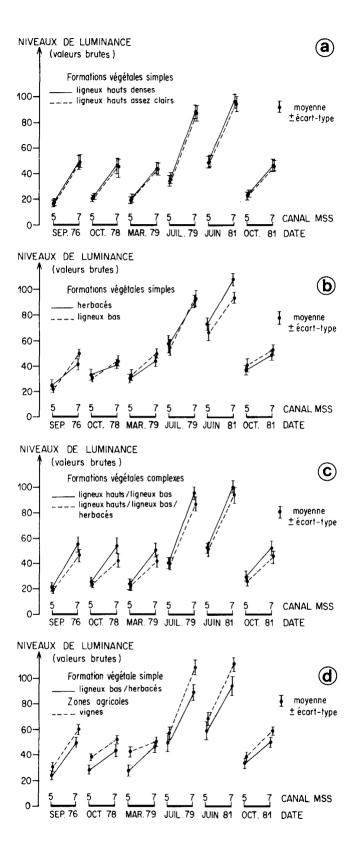
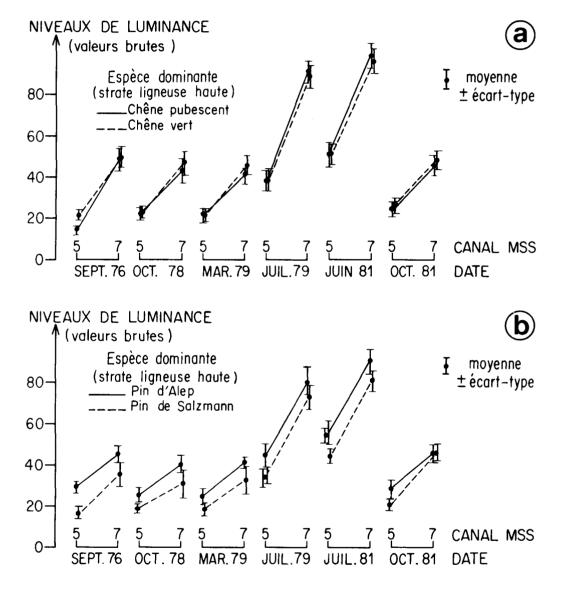


Fig. 5 - Réponses spectrales moyennes observées aux 6 dates d'enregistrement pour les classes définies par les formations végétales simples (a, b, d) et complexes (c).



châtaigniers au nord de la zone d'étude). Ceci illustre la difficulté de caractériser une classe thématique par une seule variable, fût-elle la physionomie de l'espèce végétale dominante.

L'étude diachronique des combinaisons espèces/formations permet d'affiner quelque peu les analyses, mais il reste des confusions spectrales difficiles à éluder quelle que soit la date considérée. Pour une espèce dominante donnée, seules les fortes variations structurales telles que le passage de moins de 25 % à plus de 50 % de ligneux hauts, sont bien marquées du point de vue spectral.

Plutôt qu'un outil d'inventaire exhaustif de faciès de végétation, la télédétection spatiale apparaît donc davantage comme capable de mettre en évidence, pour un faciès donné, des écarts par rapport à la moyenne, des anomalies structurales ou des dysfonctionnements. Comme exemple de possibilité de surveillance des changements temporels brutaux nous avons examiné le cas des zones incendiées.

# 3 - Analyse des réponses spectrales multitemporelles des zones soumises à des feux de végétation

Nous avons choisi un échantillon de formations végétales dans des zones ayant été atteintes par un incendie au cours de l'été 1978. Nous pouvons alors observer la séquence suivante : formation végétale intacte (sept. 1976), formation incendiée (oct. 78), formation en voie de reconstitution (mars 79, juillet 79). Ceci se traduit par les réponses spectrales présentées à la <u>figure 7a</u>. On en déduit que la détection des zones incendiées est possible à partir de données de fin d'été, ou, mieux, à partir de la comparaison diachronique des données obtenues avant et après la période des incendies. On obtient alors par télédétection, une localisation des surfaces incendiées plus précise que celle fournie par les sources d'information traditionnelles (JARDEL, 1982).

On notera également les différences de comportement entre les formations ligneuses basses et les formations ligneuses hautes après incendie. Cette différence de vitesse de reconstitution après incendie est manifeste sur la figure 7a, et corrobore les mesures détaillées effectuées sur le terrain par TRABAUD (1980 et 1983) (cf. figure 7b).

### DISCUSSION ET CONCLUSIONS

Les résultats obtenus témoignent des difficultés à concilier, pour les milieux étudiés, les données spectrales et les données thématiques axées sur la taxonomie usuelle de l'occupation des terres et la chorologie correspondante traduite à l'échelle 1/50 000.

Ceci confirme les observations déjà faites lors de tentatives d'utilisation de données LANDSAT monotemporelles aux fins de cartographie de la végétation méditerranéenne, et en particulier, d'inventaire forestier (SARRAT et MONGET, 1978; GIGORD, 1981). Les excellents résultats mentionnés au niveau de la statistique régionale de l'utilisation du sol (LENCO, 1978), masquent en fait de

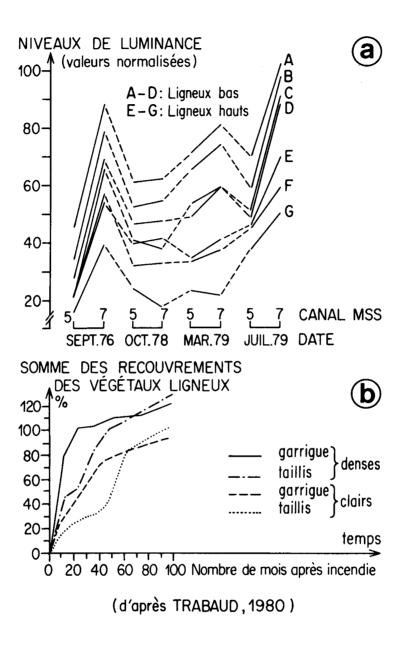


Fig. 7 - Analyse diachronique des réponses spectrales de zones incendiées (a) et évolution du recouvrement des végétaux ligneux mesurés au sol (b).

nombreuses erreurs de commission et d'omission lorsque 1'on s'attache à une cartographie détaillée des résultats (GAGNIER, 1978/1979).

L'introduction de données multitemporelles ne nous permet pas de conclure à une amélioration sensible des résultats concernant l'inventaire de l'occupation des terres. Sans doute la disponibilité d'autres dates de prise de données aurait-elle pu améliorer sensiblement certaines discriminations (cas de la séparation Chêne vert/Chêne pubescent en début de feuillaison de cette dernière espèce); mais l'approche multitemporelle reste obérée par la lourdeur des manipulations de données et des corrections à envisager pour augmenter la fiabilité des différences spectrales enregistrées. Le contrôle des changements brutaux affectant la couverture végétale constitue cependant un objectif réaliste et un enjeu suffisamment important en région méditerranéenne (incendies, coupes, urbanisation,...) pour justifier le recours à des systèmes de surveillance permettant la remise à jour périodique d'observations géocodées.

Une question reste en suspens : celle de la nature et de l'intérêt des corrections topographiques à mettre en oeuvre pour améliorer la séparation des classes thématiques. En effet, les facteurs pente et exposition engendrent, pour un type de couvert donné, de fortes variations dans les réponses spectrales (HOLBEN et JUSTICE, 1980). Des corrections de type lambertien ne sont pas satisfaisantes dans tous les cas de figure et doivent laisser place, au moins partiellement, à des corrections empiriques liées au type d'objet étudié (SMITH et al., 1980). Toutefois l'application de telles corrections, s'il réduit l'amplitude des variations spectrales relatives à un couvert végétal, n'améliore pas forcément la séparabilité entre plusieurs types de couvert (TEILLET et al., 1982). Il y a donc là une voie de recherche à poursuivre, notamment pour formuler des corrections appropriées aux structures de la végétation méditerranéenne.

En conclusion, nous soulignerons, à propos du traitement des données LANDSAT relatives aux milieux terrestres, le hiatus entre le médiocre niveau taxonomique généralement atteint et la précision spatiale qui dépasse celle des cartes thématiques à moyenne échelle où seules les discontinuités majeures du tapis végétal sont figurées. Cette distorsion entre niveau de perception et niveau de précision est appelée à s'accroître avec l'avènement de la nouvelle génération de satellites des ressources terrestres (LANDSAT-4 et 5, SPOT), dans la mesure où l'amélioration du pouvoir de résolution spatiale conduit généralement à une augmentation de la dispersion des réponses spectrales intra-classe (MARKHAM et TOWNSHEND, 1981). En conséquence, l'abandon du concept de signature spectrale, qui repose sur un paradigme d'homogénéité spatiale des objets, nous semble inéluctable, au profit d'approches plus spécifiques, liées à une stratification poussée de l'espace géographique et à la disponibilité de modèles d'organisation spatio-temporelle des écosystèmes, dont la télédétection spatiale pourra alors constituer l'outil privilégié de validation et de contrôle.

#### REMERCI EMENTS

Ces travaux ont été réalisés dans le cadre d'un contrat de recherche de l'A.T.P. "Télédétection" du C.N.R.S. et du C.N.E.S.. Nous remercions G. LONG pour l'accès aux moyens informatiques de l'Ecothèque Méditerranéenne.

#### BIBLIOGRAPHIE

- ALLAG F., HETIER J.P., MECHAIN A. (1980). Bases cartographiques pour la mise en valeur des garrigues Gard-Hérault. Doc. Min. Agriculture, I.A.R.E., Montpellier, 41 p. + cartes.
- C.N.R.S./C.E.P.E. (1978). Contribution à l'analyse écologique des zones arides de Tunisie avec l'aide des données de la télédétection spatiale. Rapport final, Expérience Arzotu, C.E.P.E., Montpellier, 222 p.
- DAUZAT J., METHY M., LACAZE B. (1981). Modélisation de la réflectance directionnelle de couverts végétaux herbacés à partir de leur caractérisation architecturale par une technique automatisée de points-quadrats. Colloque international "Signatures spectrales d'objets en télédétection", Avignon, 8-11 sept. 1981, I.N.R.A., ed., 351-361.
- FRALIT (EQUIPE) (1977). Télédétection du littoral océanique de la France. Coll. de l'Ecole Normale Sup. de Jeunes Filles, n° 11, 309 p.
- GAGNIER F. (1978-1979). Traitement M. DAS (Société Bendix) de l'image LANDSAT 2 sur le Languedoc-Roussillon du 6/07/1975. Evaluation sur la Camargue 1er rapport, OPIT, 17 p., 6 fig.; Evaluation sur l'Aude, l'Hérault et les Pyrénées-Orientales, OPIT, 37 p. + annexes; Evaluation dans le cadre de l'unité physique n° 17, OPIT, 45 p. + annexes.
- GIGORD P. (1981). Cartographie des forêts du secteur de Quillan par télédétection spatiale. Rapport de stage I.G.N./I.F.N., non publié.
- GODRON M., DAGET Ph., EMBERGER L., LE FLOC'H E., LONG G., POISSONET J., SAUVAGE Ch. WACQUANT J.P. (1968). Code pour le relevé méthodique de la végétation et du milieu, C.N.R.S. ed., Paris, 292 p.
- GROUZIS M., METHY M. (1983). Détermination radiométrique de la phytomasse herbacée en milieu sahélien : perspectives et limites Acta Oecologica/Oecol. Plant., 4 (18), 3, 241-257.
- HOLBEN B.N., JUSTICE C.O. (1980). The Topographic Effect on Spectral Response from Nadir-Pointing Sensors. Photogramm. Eng. and Remote Sensing, 46, 9, 1191-1200.
- HOUSSARD C. (1979). Etude de la structure de taillis de Chêne pubescent (Quercus pubescens Willd.). Exemples pris dans les Hautes Garrigues du Montpelliérais. *Thèse de 3e cycle*, Univ. Sci. et Tech. du Languedoc, Montpellier, 184 p.
- HOUSSARD C., ESCARRE J. (1981). Mesures de la quantité relative de feuillage par strates dans des taillis de Chêne pubescent. Ann. Sci. Forest., 38, 4, 449-468.
- HOUSSARD C., ESCARRE J., ROMANE F. (1982). Méthodes d'étude du couvert de la végétation dans les taillis de Chêne vert. Acta Oecologica/Oecol. Appl., 3, 1, 53-70.
- JARDEL J. (1982). Utilisation de données multispectrales acquises par télédétection spatiale pour l'étude des incendies en région méditerranéenne. D.E.A. Univ. Paul Valéry, Montpellier III, 27 p. + annexes.
- LACAZE B., DEBUSSCHE G., JARDEL J. (1983). Analyse de l'hétérogénéité spatiale d'un taillis de Chêne vert (Quercus ilex L.) à l'aide de techniques visuelles, photographiques et radiométriques. Colloque internat. "Signatures Spectrales d'Objets en Télédétection", Bordeaux,

- sept. 1983, (sous presse).
- LACAZE B., DEBUSSCHE M. (1984). Integration of multiple thematic data with Landsat data: some results about the feasibility of Mediterranean land cover inventories. EARSEL/ESA Symposium on Integrative Approaches in Remote Sensing (sous presse).
- LE FLOC'H E., GODRON M., LONG G., POISSONET J. et al. (1972). Cartographie de la végétation et de son écologie, in Atlas Régional du Languedoc-Roussillon, Berger-Levrault, Paris, 1 notice 57 p., 7 fig., 2 cartes, 1 pl.
- LENCO M. (1978). Etude thématique des zones humides et de la couverture végétale en Languedoc-Roussillon par analyse des images satellite Landsat.

  Doc. Min. Environ. et Cadre de Vie, 95 p.
- LEPART J., DEBUSSCHE M. (1980). Information efficiency and regional constellation of environmental variables. *Vegetatio*, 42, 85-91.
- MARKHAM B.L., TOWNSHEND J.R.G.,(1981). Land Cover Classification Accuracy as a Function of Sensor Spatial Resolution. Proc. 15<sup>th</sup> Internat. Symposium on Remote Sensing of Environment, ERIM, Ann Arbor, Michigan, U.S.A., 1075-1090.
- METHY M., LACAZE B., DAUZAT J. (1981). Cinétiques journalière et saisonnière des facteurs spectraux de réflectance directionnelle d'une culture de soja, et implications pour l'utilisation des données du satellite SPOT. Colloque internation. "Signatures spectrales d'objets en télédétection", Avignon, sept. 81, I.N.R.A., ed., 591-599.
- SARRAT D., MONGET J.M. (1978). Inventaire forestier des Vosges et du Vivarais par télédétection spatiale. Rapport C.T.A.M.N., Sophia-Antipolis, 107 p. + cartes.
- SHARPNACK D.A., AKIN G. (1969). An Algorithm for Computing Slope and Aspect from Elevations. *Photogramm. Eng.*, 35, 3, 247-248.
- SMITH J.A., LIN L.T., RANSON K.J. (1980). The Lambertian Assumption and Landsat Data. Photogramm. Eng. and Remote Sensing, 46, 9, 1183-1189.
- TEILLET P.M., GUINDON B., GOODENOUGH D.G. (1982). On the Slope-Aspect Correction of Multispectral Scanner Data. Can. Journal of Remote Sensing, 8, 2, 84-106.
- TOWHSHEND J.R.G. (1981). Image analysis and interpretation for land resources survey. in Terrain Analysis and Remote Sensing, George Allen & Unwin ed., Londres, 59-100.
- TRABAUD L. (1980). Impact biologique et écologique des feux de végétation sur l'organisation, la structure et l'évolution de la végétation des zones de garrigues du Bas Languedoc, *Thèse d'Etat*, Univ. Sci. et Techn. du Languedoc, Montpellier, 288 p. + annexes.
- TRABAUD L. (1983). Evolution après incendie de la structure de quelques phytocénoses méditerranéennes du Bas-Languedoc (Sud de la France). Ann. Sci. for., 40, 2, 177-196.

# Analyses d'ouvrages

Marcel LOCQUIN - Mycologie générale et structurale. Volume cartonné, 47 figures, format 16 x 24, Prix public : 480 Francs, Editeur : MASSON, Bd. Saint-Germain, Paris.

On ne saurait mieux parler de cet ouvrage fondamental qu'en citant de larges extraits de la Préface que lui a consacrée le Professeur Edouard BOUREAU, Membre de l'Institut :

"La **Mycologie générale et structurale** de Marcel LOCQUIN, fait apparaître pour la première fois, dans toute leur ampleur, les conséquences remarquables de l'essor récent de la mycologie, renforcée par la paléomycologie, jusqu'alors méconnue de façon regrettable.

Il fallait tout le talent transdisciplinaire de l'auteur pour que ces disciplines soient développées dans les multiples directions qui font la richesse du livre. Citons-en quelques-unes, parmi celles, nombreuses, qui nous ont le plus frappés, par leur nouveauté et par l'originalité de leur approche : méthodes taxinomiques, analyse cladistique, évolution des champignons dans les temps fossilifères, thermodynamique et cybernétique de leur évolution, application de la théorie des catastrophes de René THOM à leur morphogénèse, présence des Champignons jusqu'à 3500 m de profondeur dans la croûte terrestre, prairies marines de champignons, champignons croissant sur des substrats inattendus comme le Kérosène, ou l'huile pour moteurs, Champignons cultivés par les fourmis, symbiose entre Insectes et Champignons poussée jusqu'à l'incorporation oncogène de tissus fongiques dans le thorax de l'hôte, etc..

... Marcel LOCQUIN, Mycologue depuis son plus jeune âge, mais qui est également chimiste et physicien, a placé dans son manuel un panorama des récentes techniques, essentiellement instrumentales, qui peuvent être utilisées pour une approche structurale de plus en plus moléculaire des métabolites et des structures des Champignons.

Nous découvrons dans ce livre la nature plasmidiale des énigmatiques granules sidérophiles découverts par Kühner il y a un demi siècle et si utiles en taxinomie des champignons. Nous assistons à la reconstruction de la naissance des basidiospores, apparues il y a presque un demi milliard d'années, à partir d'un sporange bisporique dont une spore dégénère. Plus tard, il y a 250 millions d'années environ, nous arrivons à la naissance de l'asque puis de l'ascocarpe.

Marcel LOCQUIN, chercheur remarquable, bien connu par ses idées originales, termine la première partie de son ouvrage sur une magistrale reconstruction de l'évolution des grands groupes de Champignons, en tenant compte de ce qu'il a nommé de façon très évocatrice la "chimérisation oncogène". Découvrant, à travers certaines structures dites reliques, les traces de ces chimérisations successives, il n'hésite pas à pousser son investigation jusqu'à l'homme, où il suppose -(avec quelle audace diront certains!)- que le système nerveux dont nous sommes si fiers aurait une origine fongique. Autrement dit : nous serions tous des chimères ! Or cela n'a rien d'étonnant pour qui connait déjà l'origine des cellules eucaryotes!

... Nul doute que cette Mycologie générale et structurale n'ait une place de choix, non seulement dans tous les Laboratoires de Recherche et d'Enseignement touchant à la Mycologie, mais, dépassant largement ce cadre, dans tous les lieux où l'on enseigne la Biologie végétale et la Cryptogamie, ainsi que l'évolution, l'écologie, la cytologie, la morphogénèse, la biophysique, la biochimie des êtres vivants. Maîtres comme élèves y trouveront de multiples ouvertures vers des champs vierges de recherches pour l'avenir. C'est un livre de référence, appuyé d'une somme de connaissances transdisciplinaires unique en son domaine".

Michel GODRON - Ecologie de la végétation terrestre. Collection "ABREGES de Sciences" Editeur : MASSON, 196 pages (1984).

L'ouvrage de Michel GODRON permet aux étudiants en écologie d'avoir un large panorama des notions à connaître en phytoécologie.

Partant du rayonnement solaire et de ses rôles majeurs en écologie, il traite ensuite de l'origine de la vie et de la diversification des espèces, de la croissance de la végétation, ainsi que des structures horizontales de celle-ci. Enfin, l'action humaine est évoquée de manière intéressante.

Cet ouvrage donne donc au lecteur une vision très globale des problèmes phytoécologiques.

### PARUS:

ECOLOGIA MEDITERRANEA - TOME I - 1975 paru 1976

TOME 11 - 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 - 4 fascicules parus 1982

TOME IX - 4 fascicules parus 1983

TOME X - fascicules 1/2 parus 1984

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 PROCEDES 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 strictements 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.

#### INSTRUCTIONS AUX AUTEURS

Les articles proposés doivent être envoyés, dactylographiés, au Secrétariat général de la Revue. Ils seront soumis à l'un des membres du comité de lecture ou du comité de rédaction avant confirmation de leur acceptation.

Ils devront être dactylographiés alors, pour le tirage offset, suivant les normes de la Revue. Celles-ci seront précisées aux auteurs par le Secrétariat lors de la confirmation de l'acceptation du manuscrit.

Tous les schémas et graphiques devront être réduits au format 21 x 29,7. Dans le cas contraire, cette réduction sera faite aux frais des auteurs. Les articles ne pourront dépasser 20 pages dactylographiées à titre gracieux. Les pages supplémentaires seront aux frais des auteurs.

Les abonnés peuvent publier dans Ecologia Mediterranea des travaux originaux et des mises au point sur des sujets se rapportant à l'écologie générale terrestre et limnique en région méditerranéenne et à l'écologie appliquée. Ceux-ci peuvent être publiés en langue française de préférence mais aussi en langue anglaise, italienne ou espagnole. La présence du titre en langue anglaise et du résumé en langue anglaise ou espagnole est indispensable.

### TARIF

Tomes I, II, VII (2)	501
Tomes III, IV, V, VI, VII (1), VIII (3) (4	) 70 l
Tome VIII (1/2)	120 1
Participation au frais d'expédition : France	: 10 F
Etrang	
Achats groupés (trois volumes et plus): Rer	mise de 30 %
Collection ECOLOGIA (Tomes I à VIII incl	us) 350 F
Etudiants: Remise de 50 %	
Abonnement pour 1984 (fascicules 1, 2, 3,	4) (frais d'expédition inclus) :
France: 250 F	
E. 200 E	

Etranger: 300 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

BELLAN SANTINI D., PICARD J., ROMAN M. L. — Contribution à l'étude des peuplements des Invertébrés des milieux extrêmes. II) Distribution des Crustacés de la macrofaune	
des plages du delta du Rhône	]
BOUMEZZOUG A. — Les communautés animales ripicoles du bassin versant de la rivière Aille (Var-France). III) Composition biotique du peuplement endogé	ç
BERTAZZON J. P., BRESSAC Y. — Etude d'un ecosystème lacustre en région méditerranéenne : l'étang d'Entressen. III) Le zooplancton (copépodes et cladocères)	29
CAZAUBON A., LOUDIKI M. — Impact de la dérivation des eaux du Haut-Tavignano (Haute-Corse) sur la communauté des algues épilithiques	37
SAUZE F. – Croissance de la jacinthe d'eau en eau résiduaire urbaine et effet épuratoire de la culture (2e partie)	51
LOPEZ SORIA L. – Biomasa y produccion de Inula viscosa en campos abandonados	75
ABBAS H., BARBERO M., LOISEL R. — Réflexions sur le dynamisme actuel de la régénération naturelle du pin d'Alep (Pinus halepensis Mill.) dans les pinèdes incendiées en Provence calcaire (de 1973 à 1979)	85
ARNAUD M. Th. — Première approche de la dynamique des groupements à châtaignier (Castanea sativa Mill.) en région méditerranéenne : Proposition d'une méthode d'étude	105
GERDOL R., PICCOLI F Sand dune vegetation in the Po Delta (N-Italy)	119
THEOCHAROPOULOS M., GEORCIADIS Th. — Contribution à l'étude de la végétation de l'Attique orientale (NEA MARKI) en Grèce (Prise en compte des impacts urbains	122
et touristiques)	133
BRENAC P. – Végétation et climat de la Campanie du Sud (Italie) au Pliocène final d'après l'analyse pollinique des dépôts de Camerota	207
LACAZE B. — Analyses synchronique et diachronique de la végétation spontanée du Montpellierais d'après les données de la télédétection spatiale	217
Analyse d'ouvrage	235

