

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

ecologia mediterranea

revue d'écologie terrestre et limnique



TOME IX-1983

FASCICULE 1

Directeur de la publication :

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

Secrétariat général :

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

Comité de rédaction :

M. BARBERO, 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

BOURLIERE, F., Professeur de Physiologie, Faculté de Médecine, rue des St-Pères, 75006 PARIS.
DELAMARE-DEBOUTTEVILLE, C., Professeur Laboratoire d'Ecologie Générale, Museum National d'Histoire Naturelle, Avenue du Petit Château, 91800 BRUNOY.
DRACH, P., Professeur Laboratoire Arago, 66650 BANYULS-SUR-MER.
FERRE, Y. (de), Professeur Laboratoire de Botanique, Université de Toulouse, Allées Jules-Guesde, 31000 TOULOUSE.
GUINOCHE, M., Professeur Laboratoire de Biologie Végétale, Université PARIS XI, 91006 ORSAY.
HOLLANDE, A., Professeur Laboratoire d'Evolution des Etres Organisés, Boulevard Raspail, 75006 PARIS.
JOLY, P., Professeur Faculté des Sciences, 67000 STRASBOURG.
LAMOTTE, M., Professeur Laboratoire de Zoologie, Ecole Normale Supérieure, rue d'Ulm, 75005 PARIS.
LEMEE, G., Professeur Laboratoire d'Ecologie Université PARIS XI, 91000 ORSAY.
LOISEL, R., Maître-Assistant Laboratoire de Botanique et Ecologie Méditerranéenne, Faculté St-Jérôme 13397 Marseille Cedex 13.
LOSSAINT, P., Directeur de Recherches au C.N.R.S. C.E.P.E. Louis Emberger, B.P. 5051, 34033 MONTPELLIER.
OZENDA, P., Professeur Laboratoire de Botanique, Université de Grenoble, 38000 SAINT-MARTIN-D'HERES.
RIOUX, J.-A., Professeur Laboratoire d'Ecologie Médicale, Faculté de Médecine, rue Auguste-Broussonet, 34000 MONTPELLIER.
VAN CAMPO, Professeur de Palynologie, Faculté des Sciences, 34000 MONTPELLIER.
VAN DER MAAREL, E., Växtbiologiska Institutionen Box 559, S-751 22 UPPSALA 1 - Sweden.

ecologia mediterranea

revue d'écologie terrestre et limnique

PARUS :

ECOLOGIA MEDITERRANEA — TOME I - 1975 paru 1976
TOME II - 1976 paru 1977
TOME III - 1977 paru 1978
TOME IV - 1978 paru 1979
TOME V - 1979 paru 1980
TOME VI - 1980 paru 1981
TOME VII - paru 1981
TOME VIII - 4 fascicules parus 1982

Tous les tomes sont diffusés par le secrétaire général

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

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

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

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

ISSN 0153-8756

Imprimé en France

ecologia mediterranea

revue d'écologie terrestre et limnique

PARUS :

ECOLOGIA MEDITERRANEA — TOME I - 1975 paru 1976
TOME II - 1976 paru 1977
TOME III - 1977 paru 1978
TOME IV - 1978 paru 1979
TOME V - 1979 paru 1980
TOME VI - 1980 paru 1981
TOME VII - paru 1981
TOME VIII - 4 fascicules parus 1982

Tous les tomes sont diffusés par le secrétaire général

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

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

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

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

ISSN 0153-8756

Imprimé en France

Conditions de dépôt et nature sédimentaire des fonds de la rade Sud de Marseille avant les travaux d'aménagement de la plage du Prado .

A. JEUDY de GRISSAC[★]
C. LE FUR^{★★}

RESUME - Les conditions de dépôt et la nature des sédiments de la rade sud de Marseille ont été étudiées en 1973, avant la restructuration du rivage due à la réalisation d'importants travaux d'aménagements.

SUMMARY - Deposit conditions, characteristics of sediment in the south roads of Marseille were studied in 1973, before shore modifications due to fitting works.

Mots clés : Sédiment marin, biocoenotique, aménagement, Marseille Provence Méditerranée.

INTRODUCTION

Dans le cadre d'une étude du benthos de la Rade Sud de Marseille, l'un d'entre nous (C.L.) a réalisé, du 26 au 28 avril 1973, une campagne de prélèvements. La présente note traite de la sédimentologie. Elle sera suivie d'une caractérisation quantitative du méiobenthos.

Répartis sur neuf radiales, établies à partir de la plage du Prado et de direction générale Ouest-Sud Ouest, des échantillons de sédiments ont été collectés, en même temps que des carottages en vue d'études biologiques, à des profondeurs de 5, 10, 20 et 30 mètres sur toutes les radiales ainsi qu'à 40 et 50 m sur cinq de celles-ci (fig. 4-1).

Après un rappel des conditions météorologiques et océanographiques agissant sur le site, l'étude sédimentologique comportera les éléments suivants: granulométrie, calcimétrie, étude de certains indices sédimentologiques et analyse des comptages des éléments constituant le sédiment. L'association de tous ces éléments permet d'avoir une bonne appréciation des conditions de dépôt et de la nature des sédiments occupant les fonds de la Baie du Prado.

CADRE DE L'ETUDE (fig. 1)

L'aire d'étude concerne la partie sud de la rade de Marseille. Le littoral de cette baie comporte à l'Est la côte sableuse du Prado, depuis le Palm Beach jusqu'au port de Pointe Rouge, alimentée en son centre par l'Huveaune, fleuve urbain dans sa partie terminale, qui amène au littoral sédiments et déchets de toutes sortes. Au Nord s'étend la côte rocheuse de la Corniche, du Palm Beach à Endoume. A l'Ouest, les îles rocheuses du Frioul (Pomègues et

★ Laboratoire de Géologie marine. Faculté des Sciences de Luminy. 13288 Marseille Cedex 9 .

★★ Laboratoire de Biologie des Invertébrés Marins Faculté des Sciences de Luminy

Ratonneau), d'orientation Nord-Nord Est à Sud-Sud Ouest, ferment une grande partie de la baie. Entre Endoume et l'île Ratonneau, la passe est en partie réduite par des îlots et des hauts-fonds: les îlots d'Endoume et l'île du Château d'If en sont les principaux; la profondeur ne dépasse pas 25m.

Au Sud-Est, à partir de la Pointe-Rouge, le littoral rocheux s'avance vers l'Ouest pour venir protéger partiellement la baie par les avancées de îles de Maire et de Tiboulen de Maire.

Au large et au Sud-Ouest, l'île de Planier et le haut-fond du plateau du Veyron, d'orientation Est-Nord Est, Ouest-Sud Ouest, limitent l'entrée dans la baie des houles du large.

La rade Sud de Marseille est donc essentiellement ouverte, entre le Cap Croisette à l'Est et le Cap Caveaux à l'Ouest, aux houles de secteur Sud à Ouest.

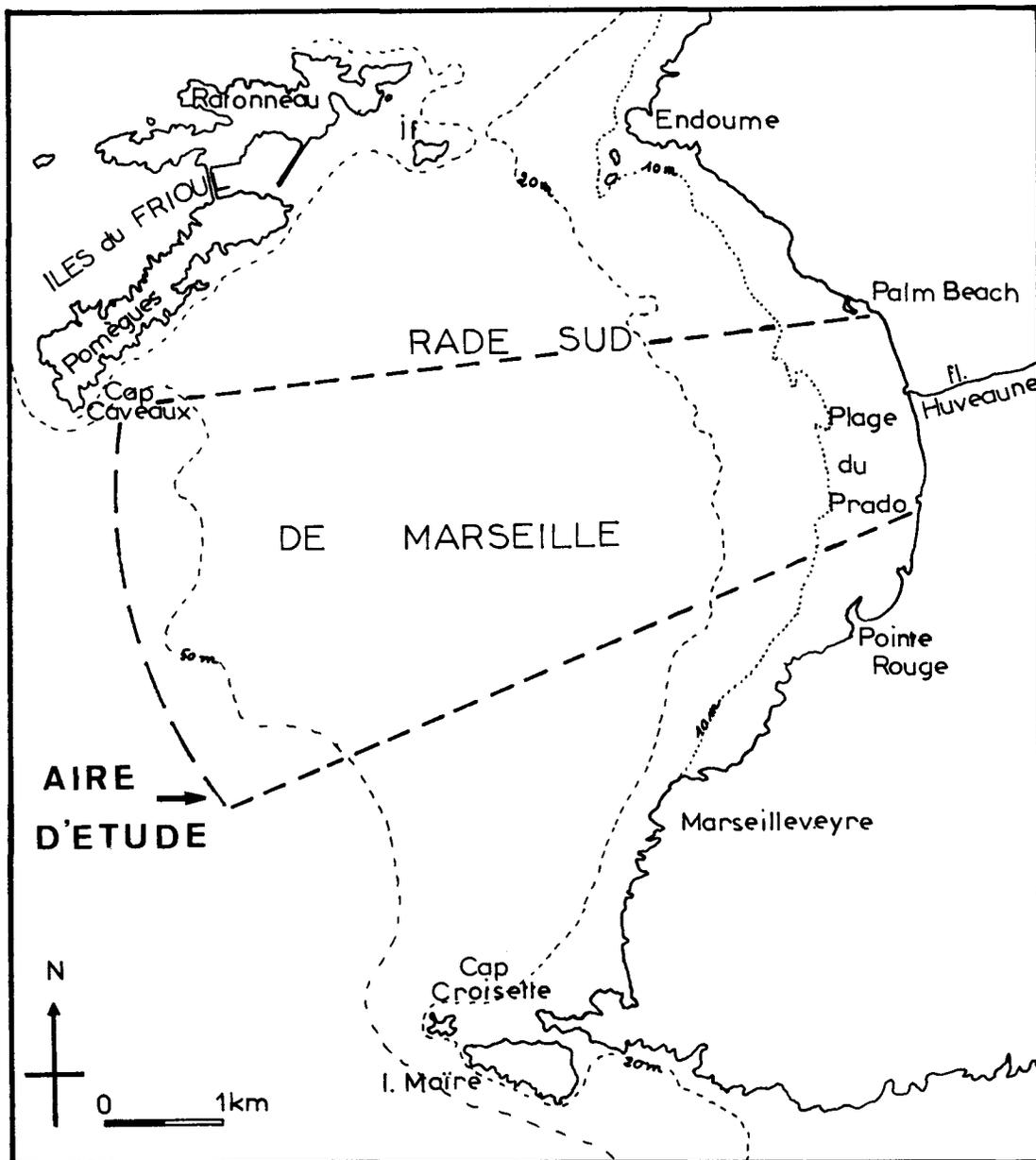


Fig. 1 : La Rade Sud de Marseille. Toponymie et topographie sous-marine.

CONDITIONS METEOROLOG IQUES ET OCEANOGRAPHIQUES

I. LES VENTS.

Les enregistrements effectués au Sémaphore de Pomègues situé à 70m d'altitude permettent une très bonne approche du régime des vents de la rade Sud de Marseille. Le dépouillement des données sur dix années (1962-1972) permet de répartir les fréquences des vitesses des vents en trois classes (de 1 à 3 m/s⁻¹, de 4 à 6 et supérieure à 6) et en fonction des directions (de 20° en 20°). Le tableau 1 et la rose des vents qui en découle (figure 2) permettent de faire un certain nombre de remarques sur les régimes dominants:

- pour les vents faibles (1 à 3 m/s⁻¹): Nord Ouest large, Est large, Sud;
- pour les vents moyens (4 à 6 m/s⁻¹): Nord Ouest, Est, Est à Sud Est, Sud à Sud-Sud Est;
- pour les vents forts (supérieurs à 6m/s⁻¹): Nord Ouest, Sud Est à Sud-Sud Est.

DIRECTIONS																	TOTAL		
CLASSES DE VITESSES	02	04	06	08	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	TOTAL
1 à 3 m/s ⁻¹	11	13	17	21	20	12	6	12	15	10	6	4	6	12	18	22	20	18	243
4 à 6 m/s ⁻¹	3	3	5	11	12	11	8	16	14	8	3	3	3	12	21	33	27	12	205
sup. à 6 m/s ⁻¹	3	1	3	12	23	37	28	33	15	4	3	1	3	17	54	154	81	16	488
TOTAL	17	17	25	44	55	60	42	61	44	22	12	8	12	41	93	209	128	46	936

Tableau n°1: Cap Pomègues, période 1962 à 1972; fréquences moyennes pour 1000 des vents par classes de vitesses et de directions (fréquence des calmes : 64).

Le régime général présente les caractéristiques principales suivantes:

- dominance du régime de Nord-Ouest (de 300 à 340°) avec 43,2% des fréquences dont 28,9% de vents forts.
- importance du régime d'Est à Sud-Sud Est (80 à 120°) avec 15,9% des fréquences dont 7,2% de vents forts.

A ces deux régimes dominants s'ajoutent les vents de Sud qui intéressent particulièrement la baie du Prado du fait de son orientation. Ce sont des vents essentiellement faibles à moyens, plutôt des brises dont la fréquence totale est de 22%

Conditions météorologiques ayant précédé la période de prélèvement (26 au 28 avril 1973).

Durant le mois d'avril 1973, entre le 1er et le 24 avril, la Météorologie Nationale a effectué 63 relevés de vents au Cap Pomègues; ils indiquent deux directions dominantes de vents, 300 et 320°, qui représentent plus de 75% des observations:

Direction	Nombre d'observations	Vitesses en m/seconde			
		0 - 5	6 - 10	11 - 20	sup. à 20
300°	11	2	4	4	1
320°	37	2	9	22	4

Tableau n°2: Cap Pomègues: relevés des fréquences de vent de direction 300 et 320° par classe de vitesse pour le mois d'avril 1973.

Les autres observations correspondent à des vents faibles (0 à 5 m/s: 7 obs.) à moyens (6 à 10 m/s: 8 obs. dont 4 pour le secteur 340°).

Pendant cette même période les relevés concernant l'état de la mer se sont répartis comme suit:

Etat de la mer	Nombre d'observations
Belle à peu agitée	36
Agitée	7
Forte	13
Très forte	4

Tableau n°3: Cap Pomègues: relevé des fréquences des états de la mer pour le mois d'avril 73.

Il faut remarquer que tous les états de mer agitée à très forte sont occasionnés par des vents d'Ouest-Nord Ouest engendrant certains régimes de houles ayant une action bien définie sur les sédiments.

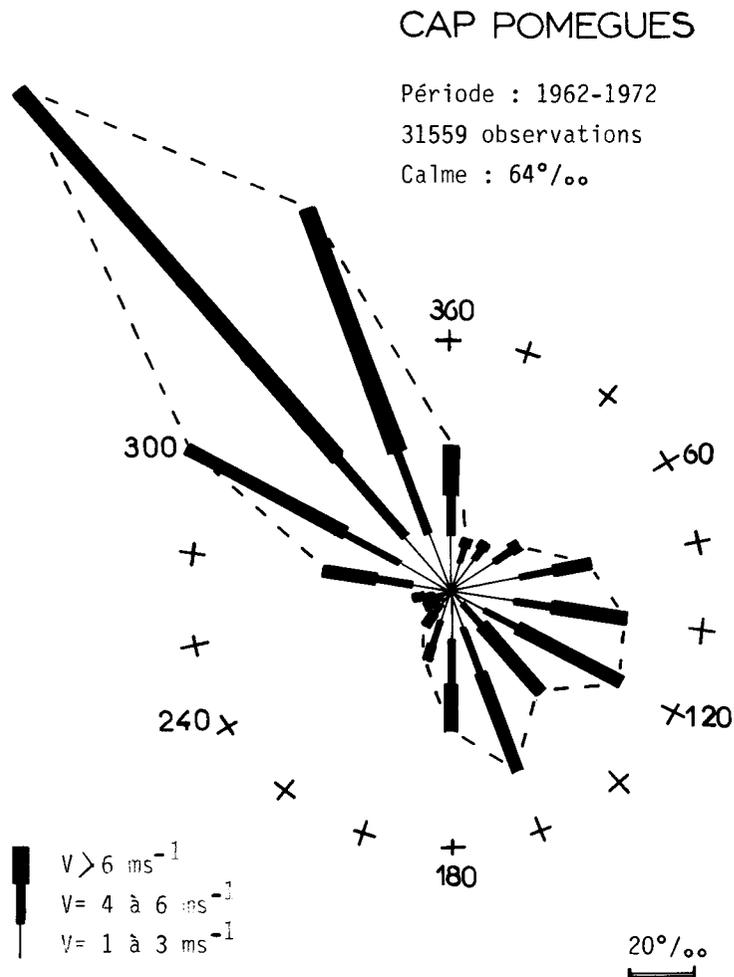


Fig. 2 : Fréquence des vents au Cap Pomègues par direction et par classes de vitesses.

II. LES HOULES.

Les enregistrements de houle effectués au Cap Couronne sur la période 1964-1975 et l'énergie des vagues correspondantes donnent des éléments importants pour l'appréciation de l'influence des houles sur la dynamique sédimentaire.

Au tableau des fréquences de houle et d'énergie par direction (tableau 4) est associée une rose figurant les mêmes éléments (figure 3).

Direction	ESE	SE	SSE	S	SSO	SO	OSO	O
Distribution houle		10.8	18.0	10.7	9.1	28.2	15.4	0.5
" énergie	0.5	22.8	24.5	6.0	8.4	22.8	14.8	0.2

Tableau n°4: Cap couronne, 1964 à 1975: distribution de la fréquence des houles et de leur énergie par direction.

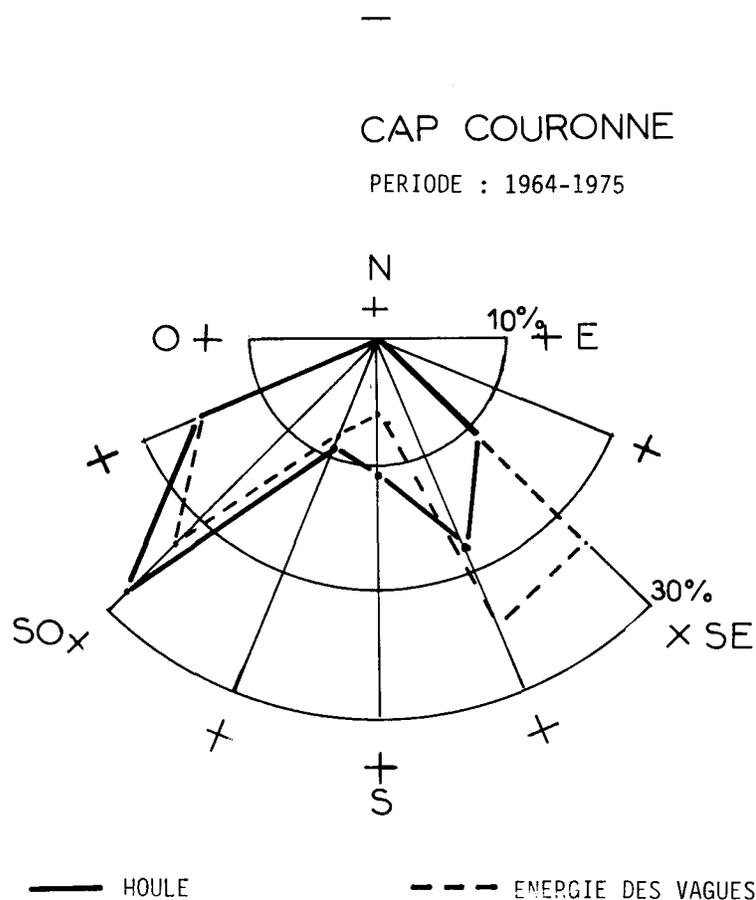


Fig. 3 : Fréquence et énergie des houles au Cap Couronne, par direction.

En direction les deux principaux régimes sont Ouest- Sud Ouest à Sud-Ouest large (52,7%) et Sud-Sud Est à Sud-Est (28,8%). Par contre, en ce qui concerne l'énergie, (proportionnelle au carré de l'amplitude), ce dernier secteur prédomine légèrement avec 47,3% contre 46%.

Si l'on effectue la relation entre régime des vents et régime de houles, on

constate que les vents du secteur Nord-Ouest sont ceux qui engendrent des houles de Sud-Ouest; c'est donc principalement ce régime qui a concerné la baie dans la période ayant précédé les prélèvements.

Action de la houle sur les sédiments.

Des observations effectuées au Phare du Planier (1972-1979) situé au large et au Sud-Ouest de la baie du Prado apportent des précisions sur les caractéristiques des houles pouvant agir sur les fonds. Toutes directions confondues, les amplitudes et les périodes des houles sont résumées dans le tableau 5.

	Amplitude en m	Période en seconde
Valeur maximale observée	12,80	19,5
Significative maximale	9,40	13,0
Moyenne maximale	6,00	7,5
Maximale la plus fréquente	0,50 à 0,60	7,5
Significative la plus fréquente	0,30 à 0,40	4,5 à 4,75
Moyenne la plus fréquente	0,20 à 0,30	3,0 à 3,25

Tableau n°5 : Phare du Planier 1972-1975. Principales caractéristiques de la houle.

Les valeurs de houle les plus fortes sont associées à des vents de secteur Est à Sud-Est de 20 à 23 m/s. Ces houles sont amorties avant leur entrée dans la baie du Prado.

Un calcul approché de la longueur d'onde effectué d'après ces données permet de déterminer la profondeur approximative jusqu'à laquelle la houle peut agir sur le sédiment (profondeur de réfraction).

	Période	Longueur d'onde λ	Profondeur de réfraction $\lambda/2$
Tempêtes exceptionnelles	13 à 16s	250m	125m
Grosse tempête	9s	120m	60m
Tempête	6s	60m	30m

Tableau n°6 : Calcul théorique des caractéristiques de la houle et profondeur de réfraction.

Or un vent de 15 à 20 m/s soufflant pendant 24 heures peut amener une tempête de 9 s au large, la remise en mouvement du sédiment dans toute la zone d'étude et un très important brassage entre 0 et 30 m de profondeur.

III. LES COURANTS.

Les différents régimes courantologiques de la partie méridionale de la baie de Marseille ont été définis par CASTELBON (1972). Un régime de base correspond à un mouvement lévygyre de l'ensemble de la masse d'eau. Ce courant est directement lié à la dérive liguro-provençale d'Est en Ouest. Les vitesses au fond sont en général très faibles.

- Par régime de vent d'Est les déplacements sont identiques mais les vitesses sont plus importantes (10 cm/s).
- Par régime de Mistral modéré les eaux de surface se déplacent vers le Sud à Sud-Sud Est

à 12 cm/s en moyenne alors qu'en profondeur persiste un courant lévogyre ou de direction intermédiaire.

- Par régime de Mistral fort, la dérive superficielle (20 cm/s) est dirigée vers le Sud - Est. Ce courant vient heurter le littoral de Marseillevyre; il se produit alors une plongée des eaux qui amorcent un mouvement de rotation lévogyre. En profondeur la sortie des eaux s'effectue au centre de la baie selon une composante de direction Nord Est-Sud Ouest.

Une autre étude réalisée par WEYDERT, CASTELBON et REYS (1974) établit une relation entre les régimes de vents et les variations sédimentologiques. Il en ressort qu'un régime de Mistral fort persistant 8 à 10 jours produit un lessivage des fonds alors qu'un Mistral très violent de longue durée (3 semaines) permet l'installation d'un régime courantologique très puissant et un lessivage important des sédiments.

C'est après une séquence météorologique intermédiaire entre ces deux cas (mistral fort à très fort) qu'ont été effectués les prélèvements.

SEDIMENTOLOGIE

1 - Méthodologie des analyses.

Après séchage et prélèvement d'une fraction pour calcimétrie, les échantillons bruts sont pesés. Un tamisage sous l'eau, à l'aide d'un tamis de maille AFNOR 0,063 mm, permet la séparation des fractions fine et grossière. Après un nouveau séchage, la fraction grossière est tamisée mécaniquement sur toute la série AFNOR.

La courbe granulométrique et le calcul de la taille moyenne et du triage sont réalisés (résultats Annexe 1). Par ailleurs, les fractions séparées lors du tamisage sont conservées en vue de la détermination et des comptages de leurs constituants.

Les paramètres suivants:

- pourcentage de carbonate de calcium de l'échantillon brut,
- pourcentage de fraction grossière (supérieure à 2 mm),
- pourcentage de fraction moyenne (de 2 à 0,500 mm),
- pourcentage de fraction fine (de 0,500 à 0,063 mm),
- pourcentage de pélites (inférieures à 0,063 mm),
- taille moyenne (FOLK et WARD, 1957),
- triage (FOLK et WARD, 1957),

font l'objet d'une représentation cartographique (figure 4) et appellent certaines remarques.

Les constituants majeurs du sédiment seront analysés ensuite.

2 - Teneur en carbonate de calcium.

Du littoral vers le large peut être définie une succession de zones à teneur croissante en carbonate de calcium (figure 4-2).

Au littoral, des teneurs inférieures à 25% correspondent à la zone d'influence terrigène peu calcaire de l'Huveaune, aux éléments issus de l'érosion littorale et à la répartition de tout ce matériel.

Plus au large, les teneurs de 25 à 50% traduisent l'interaction des apports détritiques non calcaires et de la production biologique actuelle ou ancienne de l'herbier de Posidonies. La profondeur d'influence marquée de l'Huveaune semble atteindre 10m en général, avec une extension plus importante au Nord et au Sud, en relation probable avec les circulations préférentielles des masses d'eau.

Les teneurs de 50 à 90% occupent le Nord et le Sud de la baie alors que la par-

tie centrale comporte des teneurs supérieures à 90% qui sont liées à la production biologique calcaire des fonds du détritique côtier (algues calcaires essentiellement).

Dans la partie Sud, les faibles teneurs se manifestent jusqu'aux fonds de 20m, ce qui laisse supposer un transfert de sédiment vers cette direction accompagné d'un lobe détritique, actuel ou ancien, empiétant sur les autres formations.

3 - Teneur en fraction grossière (figure 4-3).

La présence d'une teneur élevée de cette fraction peut avoir plusieurs origines

- action hydrodynamique forte: au voisinage d'un littoral rocheux par exemple ou sur des axes de forts courants permanents tels que lobe détritique de rivière ou chenaux dans l'herbier de Posidonies;
- production biologique de forme particulière (algues calcaires, algues encrustantes);
- artéfacts d'origine humaine: aires de dépôts de dragages, naufrages, techniques de pêches.

Dans le cas de la baie du Prado on observe:

- des teneurs faibles au littoral, hormis en deux points vers 10m de profondeur. Les pourcentages élevés en carbonate de calcium laissent penser que ces deux exceptions correspondent à des chenaux dans l'herbier de Posidonies;
- des teneurs faibles au Sud et au large;
- des teneurs plus élevées vers le Nord, correspondant peut-être à une influence de quelques substrats rocheux prolongeant le littoral abrupt de la Corniche.

4 - Teneur en fraction moyenne (figure 4-4).

Elle est faiblement représentée au littoral. Elle atteint 30 à 40% dans la partie centrale de la baie avec un axe plus élevé (50 à 60%) pouvant constituer le témoin du lobe détritique de l'Huveaune lors de crues.

5 - Teneur en fraction fine (figure 4-5).

Elle est maximale au littoral avec des pourcentages supérieurs à 90%, ce qui correspond bien aux sédiments du prisme littoral remaniés par les vagues (BLANC, 1969).

Entre 10 et 30m de profondeur environ s'observe une importante baisse de cette fraction. Cette aire correspond à celle que peut occuper l'herbier de Posidonies.

Plus profondément (fonds détritiques côtiers), les teneurs augmentent à nouveau en relation avec une certaine baisse de l'hydrodynamisme.

L'extension vers le Sud de fortes teneurs en cette fraction jusqu'aux fonds de 20m peut être reliée à un axe de courant autant qu'à la proximité du littoral.

6 - Teneur en fraction pélimitique (figure 4-6).

La considération de cette teneur est importante car elle peut mettre en évidence des aires préférentielles de dépôt. D'une manière générale, les valeurs observées dans la baie du Prado sont faibles et ne dépassent jamais 35% malgré la profondeur.

Faible au littoral en raison de l'action hydrodynamique forte, elle croît progressivement vers le large avec un axe central plus marqué entre 10 et 30m. On peut y voir l'influence des apports de l'Huveaune, en relation avec les modalités de la circulation à ce niveau (aire de calme relatif).

Par 50m de profondeur, la zone centrale à teneur faible paraît constituer l'axe de sortie des courants de fond, en relation avec les régimes de vents et de houles ayant précédé la période d'échantillonnage et les courants correspondants.

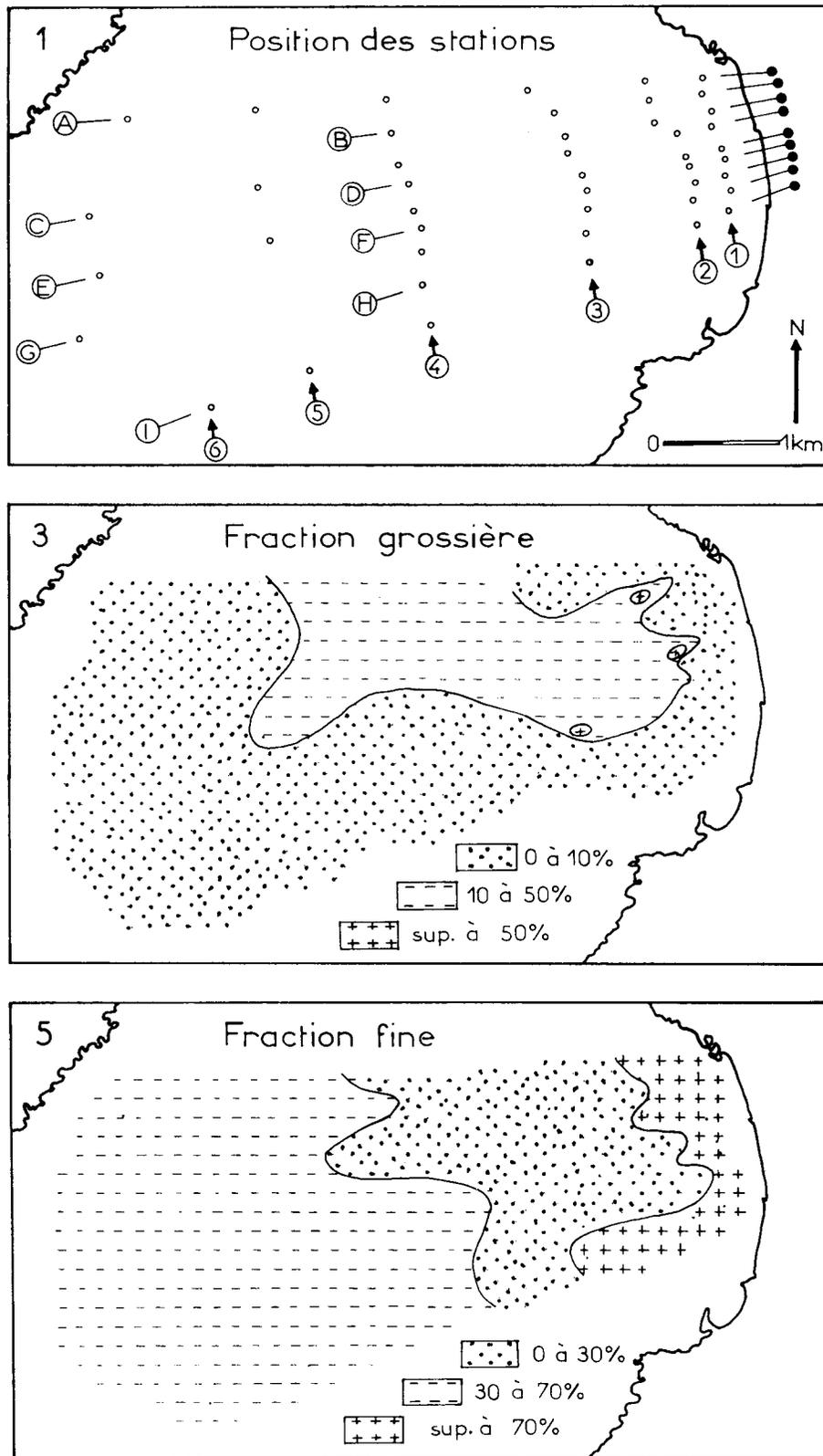


Fig. 4 : Cartes de position des stations et des principaux caractères sédimentologiques.

4-1: position des stations.

4-3: répartition de la teneur en fraction grossière.

4-5: répartition de la teneur en fraction fine.

Au Nord Est, au Sud Ouest et au voisinage de Pomègues, les teneurs plus fortes traduisent la baisse de l'hydrodynamisme, soit en raison de la plus grande profondeur, soit par suite de la protection de ce secteur par les terres émergées.

7 - Répartition de la taille moyenne du sédiment (figure 4-7).

La taille moyenne permet de classer les échantillons en classes successives: sables très fins, sables fins, sables moyens, sables grossiers, granules, et tend à synthétiser les quatre classes granulométriques définies précédemment.

Le prisme littoral est occupé par des sables fins (matériel lié aux apports terrigènes).

Vers le large le sédiment devient plus grossier avec des sables grossiers ou des granules, essentiellement entre 10 et 20m, fonds généralement occupés par l'herbier de Posidonies, dégradé à ce niveau. Les éléments plus grossiers semblent répartis préférentiellement sur deux axes, l'un central (radiale C) atteignant les fonds de 30m et un vers le Sud (radiales G et H). Peut-être faut-il voir dans la présence de ces deux axes, l'influence des apports de l'Huveaune, selon son axe principal d'une part, selon sa déviation par certains régimes d'autre part?

Le large est occupé préférentiellement par des sables moyens avec présence de sable fin sur les fonds de 50m au Sud (I) et au Nord (C); cette dernière localisation, comme la présence de sables très fins à 50m (A), est liée à l'existence de l'abri constitué par l'île de Pomègues.

D'une façon générale, l'absence de vases et de sables vaseux indique que la dynamique précédant la période de prélèvement a été très forte.

8 - Répartition de l'indice de triage du sédiment (figure 4-8).

Le triage permet de séparer le sédiment en cinq classes, de très mal à extrêmement bien trié; un triage fort est le reflet d'un sédiment dont la taille des grains est très homogène, un très mauvais triage celui d'un sédiment hétérogène.

Ces classes sont intéressantes car elles constituent un indice d'hydrodynamisme fort lorsque le triage est bon et définissent des aires de décharge ou de dépôt lorsqu'il est mauvais.

Dans la rade sud de Marseille, le sédiment est très à extrêmement bien trié au littoral avec une extension plus importante au Nord et surtout au Sud.

Vers le large, dans la partie Nord, il passe rapidement d'un bon à un mauvais triage; dans la partie Sud ce passage est plus étalé.

Au centre, l'aire comportant un bon triage a une extension maximale mais dans son centre et dans l'axe de l'Huveaune une surface allongée présente un mauvais triage: aire de décharge de ce fleuve et aussi influence de l'herbier.

9 - Intérêt du couple triage - taille moyenne.

En utilisant cet indice et en y adjoignant la taille moyenne des particules on peut parvenir à une estimation des espaces intergranulaires, paramètre pouvant influencer sur la quantité et la qualité des espèces de la méiofaune.

Lorsque le triage est très bon à extrêmement bon, les espaces intergranulaires sont de plus en plus importants depuis les sables très fins jusqu'aux sables grossiers. Par contre un très mauvais triage correspond à peu d'espaces entre les grains.

Des corrélations entre ces deux indices et les caractéristiques biologiques des peuplements benthiques seront intéressantes à considérer. (2è. partie: Etude de la méiofaune).

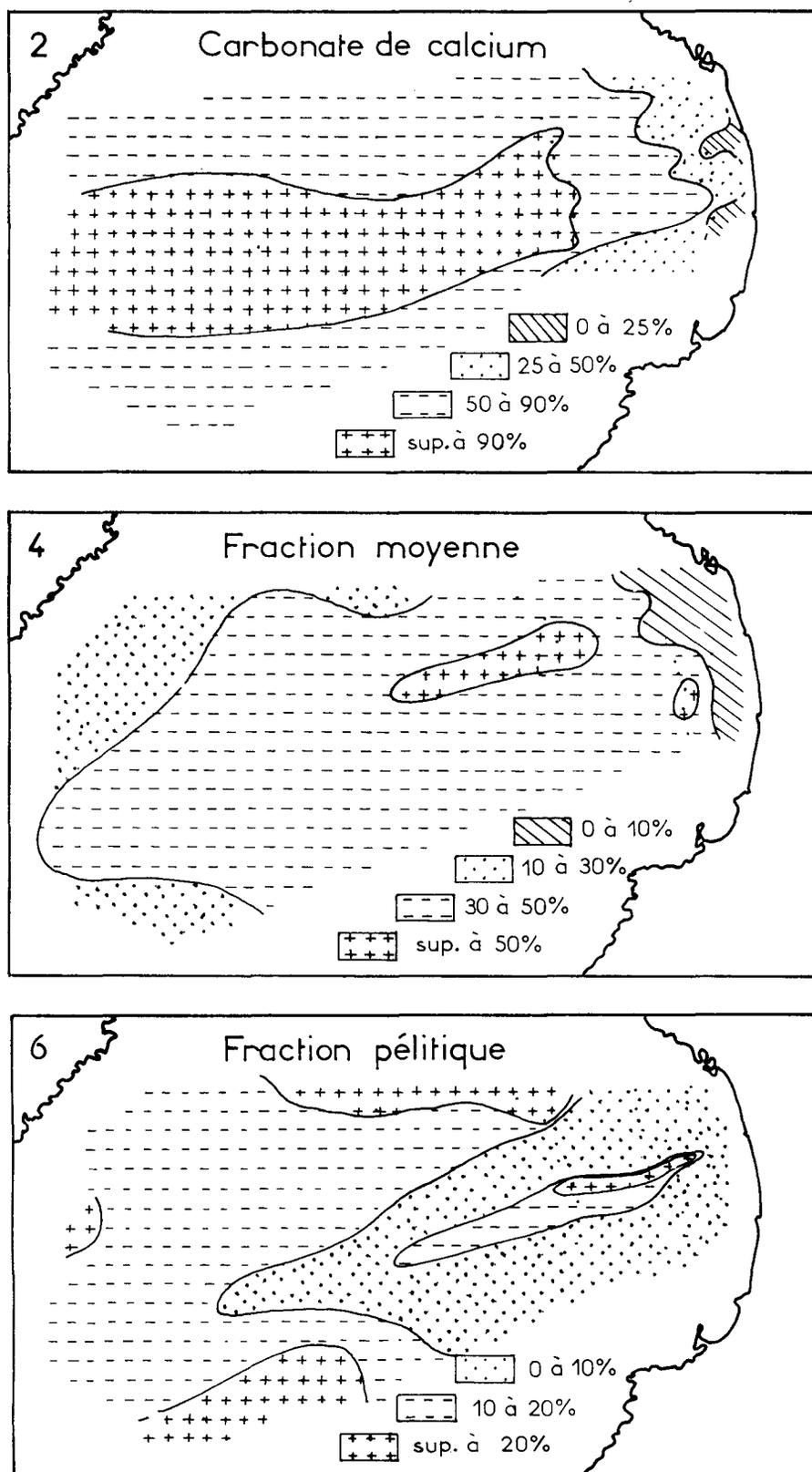


Fig. 4 : Carte de position des stations et des principaux caractères sédimentologiques.

4-2: répartition de la teneur en carbonate de calcium.

4-4: répartition de la teneur en fraction moyenne.

4-6: répartition de la teneur en fraction pélitique.

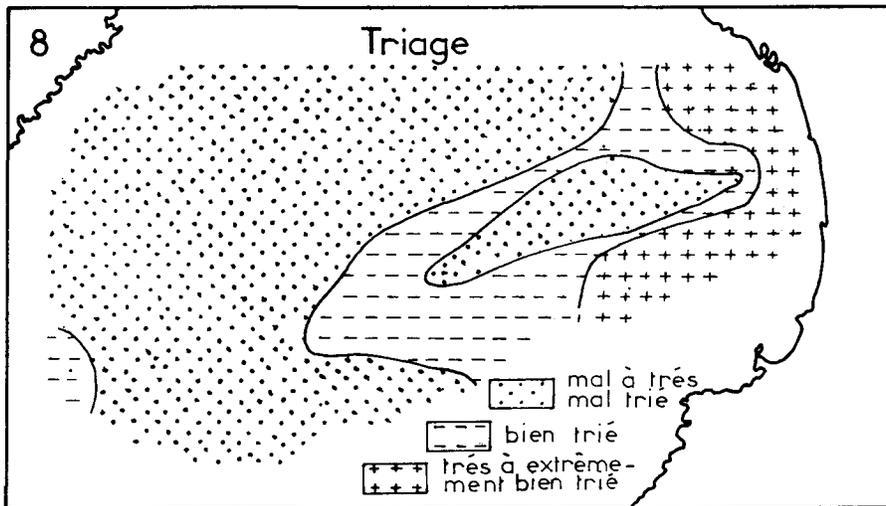
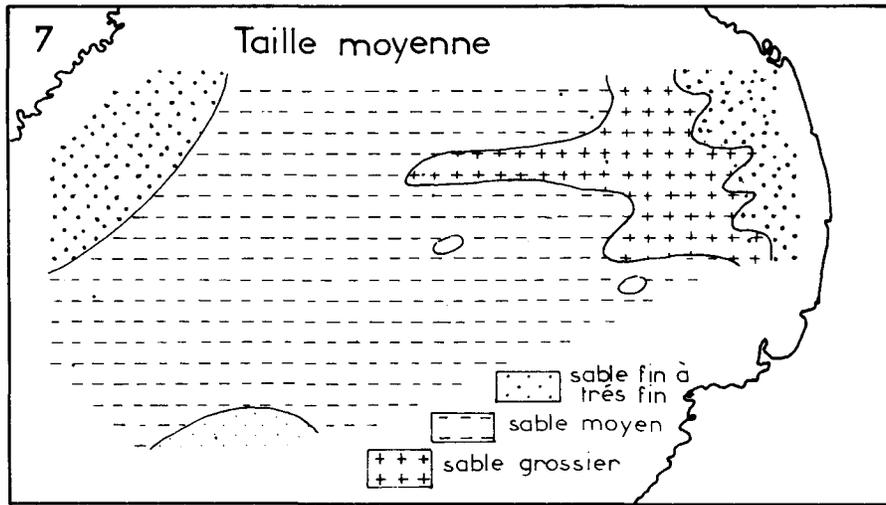


Fig. 4 : Cartes de position des stations et des principaux caractères sédimentologiques.
 4-7: répartition de la taille moyenne.
 4-8: répartition de l'indice de triage.

Analyse et comptage des éléments constituant le sédiment.

Cette technique, mise au point par Masse (1968), fournit le pourcentage pondéral de chaque constituant pour la fraction supérieure à 0,125mm.

Ceci permet entre autre de rattacher le sédiment présent à la biocoenose présente, ou de montrer l'influence d'une autre biocoenose, ou encore de mettre en évidence des sédiments reliques. Les résultats complets sont donnés dans l'annexe 2; ils concernent les radiales A, E et I.

La synthèse des résultats (tableau 7) donne la valeur moyenne des principaux constituants aux mêmes profondeurs et les regroupe selon leurs affinités.

Profondeur	MOL	FOR	AL	MIN	PE	CO ₃ CA	Type de fond
5 et 10m	3-4%	4-5%	1%	80-85%	4%	35%	Sable fin du prisme littoral
20m	37%	9%	5%	31%	6%	55%	Herbier de Posidonies (HP)
30m	26%	18%	16%	5%	12%	80%	Limite HP - DC
40 - 50m	20%	15%	15%	3%	18%	75-80%	Détritique côtier (DC)

Tableau n°7 : Pourcentage des principaux constituants et types de fonds aux différentes profondeurs. Signification des abréviations : MOL=mollusques, FOR=foraminifères, AL=autres éléments d'origine biologique, MIN=éléments terrigènes, PE=pélites, CO₃CA=carbonate de calcium du sédiment brut.

Ces résultats sont conformes à ceux rencontrés pour les mêmes types de fonds dans les rades d'Hyères et de Giens (Jeu de GRISSAC, 1975).

- Pour les sables fins du prisme littoral, seule la teneur en carbonate de calcium est plus forte en raison de la nature du littoral rocheux calcaire.

- Pour l'herbier de Posidonies (20m), les valeurs élevées en fraction minérale et faibles en foraminifères laissent penser qu'il s'agit d'un herbier clairsemé dont la production biogène est faible ou facilement reprise.

- A 30m, le sédiment apparaît comme étant à la limite entre celui de l'herbier de Posidonies et celui du détritique côtier. Il comporte une forte proportion en algues calcaires (12%), mais aussi environ 7% de foraminifères oxydés qui apparaissent comme témoins de sédiments reliques.

- A 40m et 50m, on rencontre des sédiments classiques du détritique côtier.

CONCLUSIONS

Entre le littoral de la plage du Prado et le large, la rade Sud de Marseille est occupée par une succession de sédiments qui expriment une réponse partielle aux agents hydrodynamiques, aux apports terrigènes, aux peuplements installés et à leur production biogène et localement à l'influence de sédiments reliques.

Au littoral, entre 0 et 10m, les fonds sont occupés essentiellement par des sables fins à dominante terrigène (apports de l'Huveaune, érosions littorales et transferts). Ces sédiments sont très mobiles et remis facilement en mouvement par les houles et vagues de Sud-Ouest qui pénètrent aisément dans la baie Sud de Marseille. En s'étalant de façon importante vers le Sud, ils indiquent une dérive préférentielle des masses d'eaux vers le Sud dans la frange littorale.

De 20 à 30m, le sédiment est celui d'un herbier de Posidonies clairsemé ou dégradé, influencé par les apports terrigènes dans sa partie supérieure et colonisé par les algues calcaires dans sa partie inférieure. Ces sédiments peuvent être remis en mouvement à l'occasion des fortes tempêtes, soit par les houles, soit par les courants qui s'installent alors.

Plus profondément (40-50m), on rencontre des sédiments classiques des fonds détritiques côtiers.

On peut, en dehors de cette répartition des types de fonds, faire quelques remarques:

- l'influence des apports de l'Huveaune se marque dans son axe sur la plupart des fractions sédimentaires et indices jusqu'aux fonds de 30m.

- la régression des herbiers de Posidonies, constatée depuis fort longtemps (PICARD 1965 PERES-PICARD 1975, MOLINIER-PICARD 1952) est un problème car non seulement ils stabilisent le sédiment mais ils apportent une très forte contribution à la production biologique des fonds.

L'aménagement de la plage du Prado et la canalisation de l'Huveaune vont amener une modification de la dynamique (donc des courants) et des apports qu'il est important de suivre. La répartition des sédiments risque en effet d'être fortement modifiée, notamment dans la frange littorale.

Or les principaux caractères texturaux des sédiments jouent un rôle dans la répartition de la méiofaune. Ce n'est pas le seul élément, car il faut y ajouter des influences édaphiques comme les apports terrigènes, la pollution...

BIBLIOGRAPHIE

- BLANC J.J. (1969). Recherches de géodynamique littorale appliquée à la plage du Prado (Marseille). *Téthys*, 1 (4), 1147-1166.
- CASTELBON C. (1972). Etude de la circulation des masses d'eaux dans le golfe de Marseille. *Téthys*, 4 (2), 269-312.
- DIRECTION DE LA METEOROLOGIE (1976). Climatologie du port de Marseille. 179p.
- IBOUILY G. (1981). Etude sédimentologique de la rade de Marseille (Bouches de Rhône). *Thèse de spécialité, Univ. de Provence*, 130p.
- JEUDY de GRISSAC A. (1975). Sédimentologie dynamique des rades d'Hyères et de Giens (Var). Problèmes d'aménagements. *Thèse de spécialité Univ de Provence*, 86p.
- MASSE J.P. (1968). Contribution à l'étude des sédiments actuels du plateau continental de la région de Dakar. Essai d'analyse de la sédimentation biogène. *Labo. Géol. Univ. Dakar, rap. 23*, 81p.
- MOLINIER R., PICARD J. (1952). Recherches sur les herbiers de phanérogames marines du littoral méditerranéen français. *Ann. Inst. Océanogr.*, 17 (3), 157-234.
- PERES J.M., PICARD J. (1975). Causes de la raréfaction et de la disparition des herbiers de *Posidonia oceanica* sur les côtes françaises de la Méditerranée. *Aquatic Botany*, 1, 133-139.
- PORT AUTONOME DE MARSEILLE (1975). Etude du vent dans la zone des avant-ports de Marseille et des îles du Frioul. *Dossier Sécurité*.
- SERVICE TECHNIQUE DES PHARES ET BALISES (1976). Mesure de la houle. Analyse vague par vague à l'île du Planier (juin 1972 à décembre 1975).
- WEYDERT P., CASTELBON C., REYS J.P. (1974). Influences des conditions météorologiques sur la sédimentation du détritique côtier (55m), au large de la baie de Marseille. *C. R. Acad. Sc., Paris, 278, D*, 1705-1708.

	G	M	F	PE	CA	TM		G	M	F	PE	CA	TM
A1	.	0.3	89.2	10.5	41.8	3.1	E4	5.9	46.1	38.5	9.4	90.9	0.7
2	0.5	0.5	95.8	3.2	32.5	2.9	5	13.5	35.5	39.2	12.8	90.5	0.3
3	.	.	.	.	.	.	6	5.9	43.1	35.0	16.0	92.7	0.7
4	26.5	23.4	27.9	22.2	87.3	0.1	F1	0.5	0.7	95.6	3.2	39.1	2.9
5	2.9	40.1	37.2	19.8	89.7	0.9	2	5.0	14.4	58.1	22.5	39.3	1.9
6	2.4	12.6	69.6	15.4	78.9	2.2	3	10.0	45.0	14.8	30.2	92.8	0.2
B1	0.5	0.5	95.2	3.8	42.8	3.1	4	3.5	29.5	60.0	7.0	93.5	1.2
2	79.0	19.0	0.1	1.9	80.3	1.9	G1	1.1	1.6	93.7	3.6	40.9	2.9
3	5.0	44.0	25.4	25.6	84.8	0.7	2	15.0	60.0	23.4	1.6	61.2	0.0
4	14.5	43.0	32.0	10.5	86.1	0.2	3	20.0	40.0	26.0	14.0	86.8	0.1
C1	0.5	0.5	95.3	3.7	41.3	3.1	4	4.0	39.0	36.3	10.7	92.9	0.9
2	0.1	2.6	91.5	5.8	43.5	2.9	5	.	.	.	.	.	.
3	26.5	55.5	11.9	6.1	92.3	0.5	6	8.0	36.0	45.9	10.1	89.6	0.9
4	30.8	35.2	16.4	17.6	89.5	0.8	H1	0.9	0.2	87.9	11.0	44.6	3.2
5	3.5	40.5	37.8	18.2	93.6	0.9	2	5.0	59.0	34.6	1.4	69.9	0.6
6	3.0	18.0	45.3	33.7	90.7	1.9	3	54.0	35.5	5.2	5.3	90.1	1.2
D1	0.7	0.3	95.0	4.0	42.2	3.0	4	7.0	48.0	37.7	7.3	91.8	0.5
2	0.8	0.2	94.7	4.3	39.9	3.0	I1	0.5	0.1	95.2	4.2	10.1	2.9
3	31.5	51.5	12.5	4.5	86.1	0.6	2	.	.	.	.	.	.
4	14.2	57.6	17.5	10.7	89.8	0.2	3	3.0	33.1	61.5	2.4	24.4	1.1
E1	1.0	1.1	94.9	3.0	21.2	2.9	4	4.5	58.0	32.3	5.2	63.2	0.5
2	63.5	25.0	10.7	0.8	64.9	1.4	5	8.0	36.5	32.8	22.7	64.4	0.8
3	22.0	46.5	21.9	9.6	85.8	0.6	6	1.1	28.9	49.5	20.5	54.8	1.5

Annexe 1 : Pourcentage des principales fractions granulométriques. (G: supérieure à 2mm; M: de 2 à 0,5mm; F: de 0,5 à 0,063mm; PE: inférieure à 0,063mm), CA: teneur (%) en carbonate de calcium et TM: taille moyenne en mm.

	A1	A2	A4	A5	A6	E1	E2	E3	E4	E5	E6	I1	I3	I4	I5	I6
AC	.	.	24.6	5.9	0.9	.	0.2	.	8.3	14.0	15.8	.	0.3	4.2	16.3	9.6
FO	.	2.6	4.5	1.3	0.8	4.5	0.2	2.8	7.1	0.8	3.2	1.3	0.3	9.0	1.8	2.3
FF	12.0	1.2	10.8	6.3	25.2	2.4	0.2	10.8	12.5	6.9	9.5	2.3	4.3	9.5	11.7	21.3
GA	.	1.4	13.6	14.7	11.4	.	8.0	39.7	18.5	13.6	14.6	0.1	7.4	29.1	9.4	11.1
LA	0.3	1.5	4.3	7.4	10.8	2.4	2.4	23.5	6.1	8.6	7.0	0.3	3.1	7.5	6.4	8.3
EC	.	0.1	1.8	2.0	2.8	.	1.6	4.4	3.5	2.1	3.5	.	2.5	2.0	2.7	5.0
AB	.	.	2.5	1.0	3.3	2.3	.	1.7	1.2	1.2	3.2	.	1.0	0.4	0.6	2.1
QF	47.7	70.3	1.7	0.2	3.8	67.3	7.5	1.3	1.4	0.2	0.2	80.5	35.2	1.2	0.2	1.7
QO	4.0	10.5	0.9	.	0.1	15.7	14.1	.	0.7	.	.	5.7	3.8	0.5	.	.
MS	12.2	0.1	4.9	0.7	2.5	0.8	0.2	0.2	1.8	1.8	0.2	5.2	1.1	0.1	1.8	1.1
AM	4.0	.	.	0.1	0.4	.	.	.	0.3	.	.	.	1.4	.	.	.
GS	.	4.7	1.3	.	2.5	0.1	59.6	1.6	1.0	0.3	.	2.3	17.6	0.3	0.5	.

Annexe 2 : Pourcentage des éléments constituant le sédiment (sup. à 0,125mm). Radiales A,E,I
 Signification des symboles : AC =algues calcaires; FO = foraminifères oxydés;
 FF = foraminifères non oxydés; GA = gastéropodes; LA = lamellibranches; EC =
 échinodermes; AB = autres éléments biologiques; QF = quartz frais; QO = quartz
 oxydé; MS = micas et scories; AM = autres minéraux; GS = petits galets et sables
 ocres.

Le cycle biologique d'*Acanthodiaptomus denticornis* (Wierzejski 1887) (Copepoda Calanoïda) dans la retenue hydro-électrique de Serre-Ponçon .

Y. BRESSAC[★]

MOTS CLES - *Acanthodiaptomus denticornis*, Calanoïde, cycle biologique, lac de barrage, diapause embryonnaire.

RESUME - Le copépode Calanoïde *Acanthodiaptomus denticornis* est une des trois espèces de Crustacés composant le peuplement zooplanctonique du lac de barrage de Serre-Ponçon. Au cours de l'année 1980, le nombre de générations décomptées pour cette espèce varie selon la zone du lac considérée. A "Savines", station la plus proche de l'arrivée de la rivière Durance, 4 générations se différencient, les effectifs les plus nombreux sont récoltés en hiver. A "Barrage", station située à 15 km en aval, seulement 3 générations se développent au cours du même cycle annuel avec des densités maximales l'été. L'automne 1980 est marqué par la nette régression des populations du Calanoïde qui n'est plus récolté dans la masse d'eau de janvier à septembre 1981. La recolonisation rapide du milieu par la suite peut être interprétée par la mise en jeu de processus de vie latente : oeufs de résistance (diapause embryonnaire).

SUMMARY - *Acanthodiaptomus denticornis*, Copepoda Calanoïda is one of the three Crustacean species composing the zooplanktonic community of Serre-Ponçon, a man-made lake. In 1980, the number of generations is varying with the lake area. At "Savines", station situated near the mouth of the Durance river, 4 generations are counted with winter greatest densities. At "Barrage", station situated 15 km downstream, only 3 generations spread out with summer greatest densities. A distinct Calanoïda populations drop occurs during autumn. *Acanthodiaptomus denticornis* disappears from open water since January to September 1981. The fast water recolonization can only be explain by dormant stages development : eggs (embryonic diapause).

INTRODUCTION

La retenue de Serre-Ponçon a été l'objet d'un suivi hydrobiologique de 1978 à 1981 (CHAMPEAU et coll., 1980, 1983; BAGARRY, 1982; BRESSAC, 1982, 1983; NINO, 1982).

L'étude de l'évolution saisonnière du peuplement zooplanctonique révèle d'importantes fluctuations des effectifs d'une année à l'autre ainsi que des variations de l'abondance relative des espèces de Crustacés dominantes : *Daphnia longispina*, *Acanthodiaptomus denticornis* et *Cyclops vicinus vicinus*.

Ainsi, le Copépode Calanoïde *A. denticornis*, sub-dominant en 1978 et 1979, disparaît de la masse d'eau pendant quelques mois, en 1980, puis est retrouvé de nouveau en abondance en 1981.

L'interprétation du cycle biologique de cette espèce, sur plus de trois cycles annuels et à deux stations de prélèvements présentant des caractéristiques différentes, permet

★ Laboratoire de Biologie Générale Ecologie, Université de Provence, 1, place Victor Hugo, 13331 MARSEILLE Cedex 3.

de mettre en relation la dynamique des populations de zooplanctons avec l'état trophique du milieu.

I - GÉNÉRALITÉS

1 - Le milieu

Le lac de Serre-Ponçon, avec une superficie de 2894 ha est la plus grande retenue hydroélectrique française. Il est caractérisé par :

- un temps de renouvellement court (150 jours);
- un marnage important (variation saisonnière de niveau de 30 à 50 m);
- une double alimentation (par les rivières Durance et Ubaye).

L'analyse du peuplement zooplanctonique porte sur 26 campagnes de mars 1978 à juillet 1981, à la station "Barrage" (station 1), la plus profonde et 17 campagnes en 1980 et 1981 à la station "Savines" (station 2), plus proche du point d'entrée de la Durance. Plusieurs autres stations disséminées sur tout le lac ont été prospectées au cours de cette étude pour déterminer la répartition spatiale du peuplement.

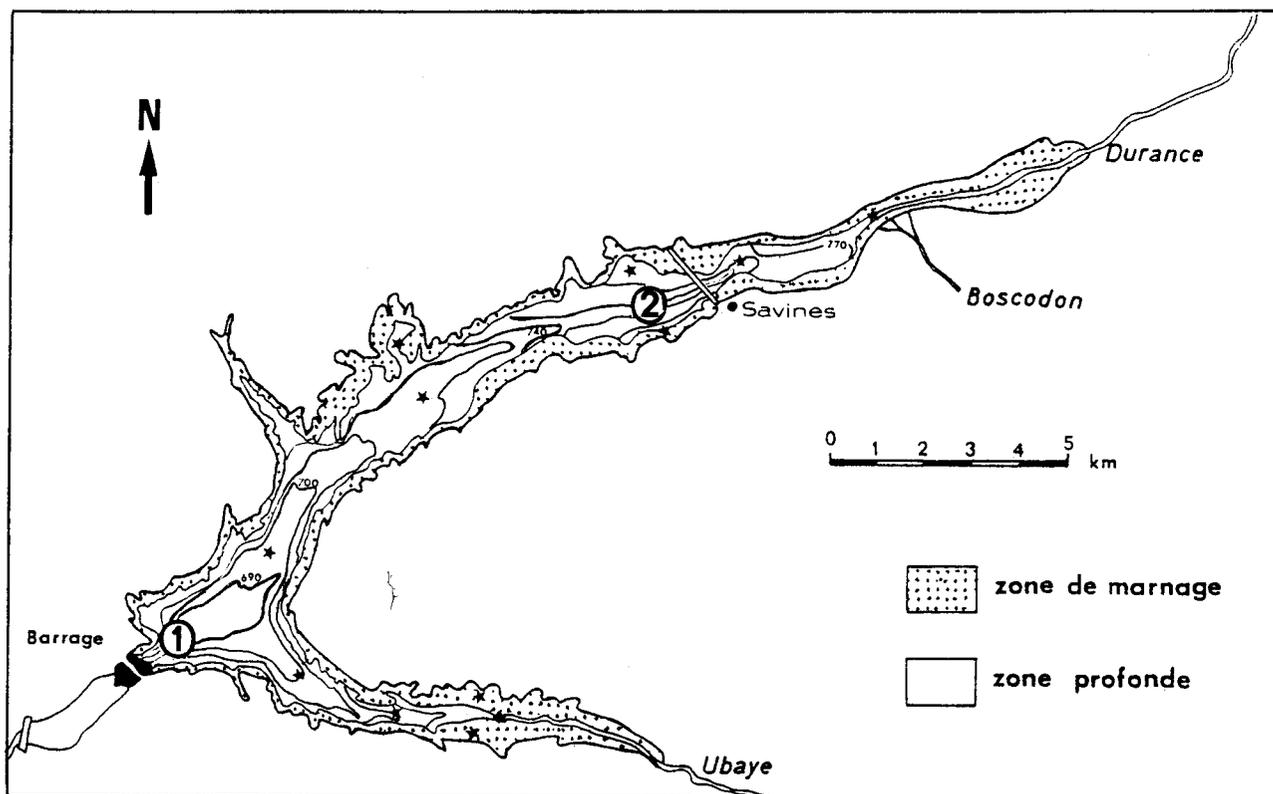


Fig.1 - La retenue de Serre-Ponçon : morphologie. Les chiffres cerclés indiquent les stations de prélèvements régulièrement prospectées. Les étoiles marquent l'emplacement des stations utilisées pour l'étude de la répartition horizontale du zooplancton.

2 - Les méthodes

L'échantillonneur employé est un appareil de type Clarke-Bumpus, muni d'un filet de 125 μ de vide de maille, tracté horizontalement à une vitesse de 120m/mn sur un parcours de 300 m décrivant un "aller-retour" (BRESSAC, 1980).

Les traits sont effectués aux profondeurs 0-5, 5-10, 10-20, 20-40, 40-60 et 60-100 m à "Barrage" et dans les trois premières de ces couches d'eau à "Savines". Les résultats

Le cycle biologique d'*Acanthodiptomus denticornis* (Wierzejski 1887) (Copepoda Calanoïda) dans la retenue hydro-électrique de Serre-Ponçon .

Y. BRESSAC*

MOTS CLES - *Acanthodiptomus denticornis*, Calanoïde, cycle biologique, lac de barrage, diapause embryonnaire.

RESUME - Le copépode Calanoïde *Acanthodiptomus denticornis* est une des trois espèces de Crustacés composant le peuplement zooplanctonique du lac de barrage de Serre-Ponçon. Au cours de l'année 1980, le nombre de générations décomptées pour cette espèce varie selon la zone du lac considérée. A "Savines", station la plus proche de l'arrivée de la rivière Durance, 4 générations se différencient, les effectifs les plus nombreux sont récoltés en hiver. A "Barrage", station située à 15 km en aval, seulement 3 générations se développent au cours du même cycle annuel avec des densités maximales l'été. L'automne 1980 est marqué par la nette régression des populations du Calanoïde qui n'est plus récolté dans la masse d'eau de janvier à septembre 1981. La recolonisation rapide du milieu par la suite peut être interprétée par la mise en jeu de processus de vie latente : oeufs de résistance (diapause embryonnaire).

SUMMARY - *Acanthodiptomus denticornis*, Copepoda Calanoïda is one of the three Crustacean species composing the zooplanktonic community of Serre-Ponçon, a man-made lake. In 1980, the number of generations is varying with the lake area. At "Savines", station situated near the mouth of the Durance river, 4 generations are counted with winter greatest densities. At "Barrage", station situated 15 km downstream, only 3 generations spread out with summer greatest densities. A distinct Calanoïda populations drop occurs during autumn. *Acanthodiptomus denticornis* disappears from open water since January to September 1981. The fast water recolonization can only be explain by dormant stages development : eggs (embryonic diapause).

INTRODUCTION

La retenue de Serre-Ponçon a été l'objet d'un suivi hydrobiologique de 1978 à 1981 (CHAMPEAU et coll., 1980, 1983; BAGARRY, 1982; BRESSAC, 1982, 1983; NINO, 1982).

L'étude de l'évolution saisonnière du peuplement zooplanctonique révèle d'importantes fluctuations des effectifs d'une année à l'autre ainsi que des variations de l'abondance relative des espèces de Crustacés dominantes : *Daphnia longispina*, *Acanthodiptomus denticornis* et *Cyclops vicinus vicinus*.

Ainsi, le Copépode Calanoïde *A. denticornis*, sub-dominant en 1978 et 1979, disparaît de la masse d'eau pendant quelques mois, en 1980, puis est retrouvé de nouveau en abondance en 1981.

L'interprétation du cycle biologique de cette espèce, sur plus de trois cycles annuels et à deux stations de prélèvements présentant des caractéristiques différentes, permet

★ Laboratoire de Biologie Générale Ecologie, Université de Provence, 1, place Victor Hugo, 13331 MARSEILLE Cedex 3.

de mettre en relation la dynamique des populations de zooplanctones avec l'état trophique du milieu.

I - GÉNÉRALITÉS

1 - Le milieu

Le lac de Serre-Ponçon, avec une superficie de 2894 ha est la plus grande retenue hydroélectrique française. Il est caractérisé par :

- un temps de renouvellement court (150 jours);
- un marnage important (variation saisonnière de niveau de 30 à 50 m);
- une double alimentation (par les rivières Durance et Ubaye).

L'analyse du peuplement zooplanctonique porte sur 26 campagnes de mars 1978 à juillet 1981, à la station "Barrage" (station 1), la plus profonde et 17 campagnes en 1980 et 1981 à la station "Savines" (station 2), plus proche du point d'entrée de la Durance. Plusieurs autres stations disséminées sur tout le lac ont été prospectées au cours de cette étude pour déterminer la répartition spatiale du peuplement.

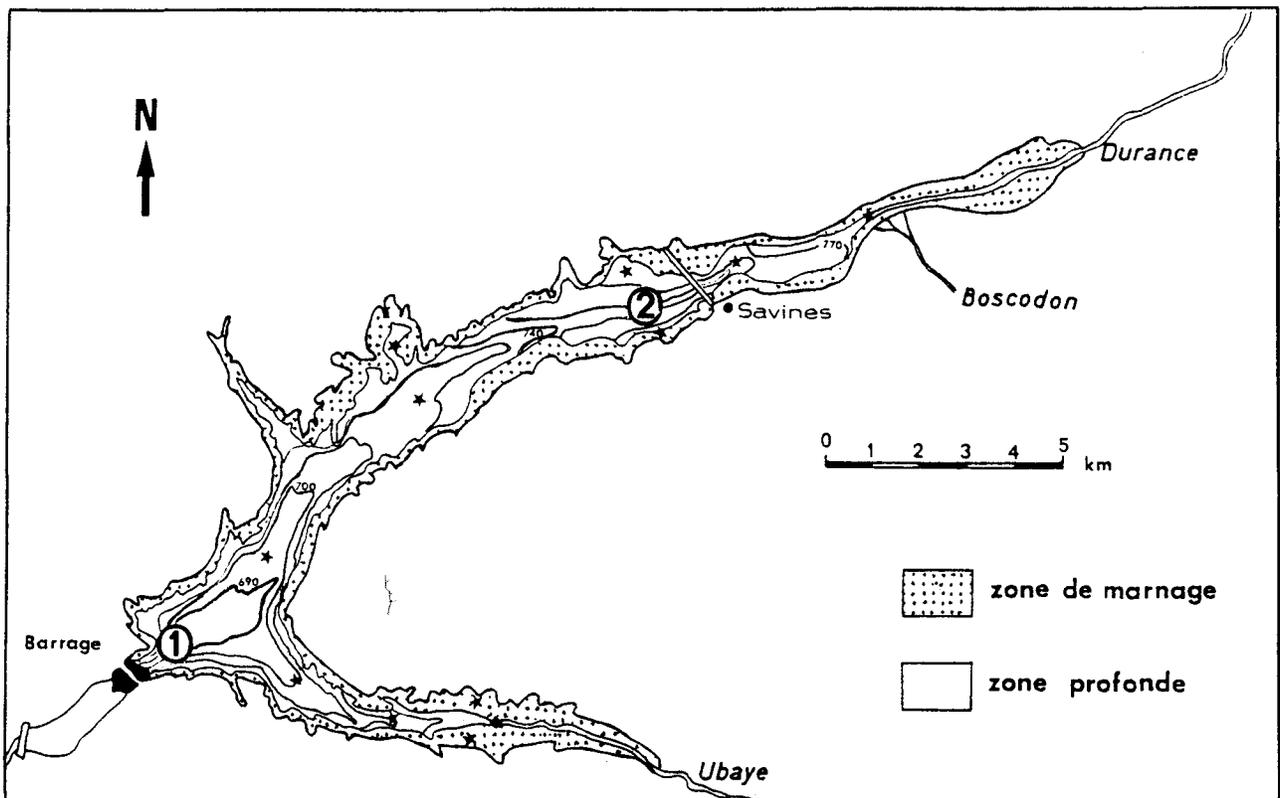


Fig.1 - La retenue de Serre-Ponçon : morphologie. Les chiffres circlés indiquent les stations de prélèvements régulièrement prospectées. Les étoiles marquent l'emplacement des stations utilisées pour l'étude de la répartition horizontale du zooplancton.

2 - Les méthodes

L'échantillonneur employé est un appareil de type Clarke-Bumpus, muni d'un filet de 125 μ de vide de maille, tracté horizontalement à une vitesse de 120m/mn sur un parcours de 300 m décrivant un "aller-retour" (BRESSAC, 1980).

Les traits sont effectués aux profondeurs 0-5, 5-10, 10-20, 20-40, 40-60 et 60-100 m à "Barrage" et dans les trois premières de ces couches d'eau à "Savines". Les résultats

exprimés en nombre d'individus par m³, correspondent à une moyenne pondérée sur l'ensemble de la colonne d'eau calculée selon la formule :

$$\bar{X} = \frac{\sum d_j \cdot h_j}{\sum h_j}$$

\bar{X} = moyenne pondérée sur la colonne d'eau; d_j = densité dans la couche j ; $\sum h_j$ = hauteur de la colonne d'eau prospectée; $j = 0-5, 5-10, 10-20, 20-40, 40-60$ et $60-100$ m.

3 - Le peuplement zooplanctonique

Le zooplancton de Serre-Ponçon est caractérisé par le petit nombre d'espèces qui le composent. En effet, si 18 espèces ont été différenciées (6 espèces de Crustacés Cladocères, 6 de Crustacés Copépodes et 6 de Rotifères), l'essentiel du peuplement est assuré par les 3 Crustacés déjà mentionnés.

L'hétérogénéité du milieu se manifeste par des densités zooplanctoniques toujours supérieures en queue de lac (station 2) qu'au niveau du barrage (station 1), sauf au moment de la crue printanière.

II - RÉSULTATS ET INTERPRÉTATION

Aux deux stations et pour chaque campagne, le nombre d'individus de chaque stade ontogénique du Calanoïde a été décompté, le nombre et le pourcentage de femelles ovigères et le nombre d'oeufs par femelle ainsi que la sex-ratio ont été calculés.

A - La station "Barrage" (station 1)

Les résultats concernent des prélèvements de 1978 à 1981 mais les campagnes sont beaucoup plus fréquentes pendant la période chaude de 1980 (juin à septembre).

1 - Résultats

Pour les deux premières années de l'étude (1978 et 1979), et pendant la plus grande partie du cycle annuel, la population de Calanoïdes qui représente de 1 à 15% du zooplancton total, soit 0,2 à 1.10^3 ind/m³, est constituée en grande majorité d'adultes, mâles et femelles. Ce n'est qu'en été (juillet et août) que tous les stades de développement sont récoltés. Les Calanoïdes composent alors 25 à 45% du peuplement avec 3 à 6.10^3 ind/m³.

En 1980, comme les années précédentes, la population d'*A.denticornis* n'est représentée que par des adultes jusqu'en mai. Tous les stades figurent dans les prélèvements de juin mais les densités restent faibles (10^3 ind/m³). Ce n'est qu'en juillet que la population s'épanouit avec des effectifs élevés pour l'ensemble des stades évolutifs. La densité reste cependant inférieure à celle observée les années précédentes (4 à 5.10^3 ind/m³, plus de 6.10^3 en 1979).

Les individus sont moins abondants en août avec, de nouveau une majorité d'adultes. En septembre, tous les stades sont présents mais la densité reste faible (1,5 à 2,8 ind/m³). A partir d'octobre, les effectifs de tous les stades chutent.

Au début 1981, contrairement à l'hiver précédent, il n'y a plus d'adultes, seuls quelques stades naupliens sont encore récoltés (10 à 40 ind/m³ représentant moins de 0,5% du peuplement, de mars à juillet). Cette situation persiste jusqu'à la fin de l'été. Ce n'est qu'en octobre que quelques adultes et copépodites sont de nouveau récoltés, mais la population ne retrouve un effectif important qu'en hiver (10% du total zooplanctonique en février 1982)(fig.2).

Les périodes de reproduction, prises en compte à partir de 1980, se signalent

par des pics de densité et de forts pourcentages de femelles ovigères. Ainsi trois phases de ponte importantes se remarquent en 1980 : en juin avec peu de femelles ovigères mais une moyenne d'oeufs par sac élevée (40), fin juillet et fin septembre avec un nombre plus important de femelles ovigères mais une moyenne d'oeufs par femelle inférieure (20) (fig.3).

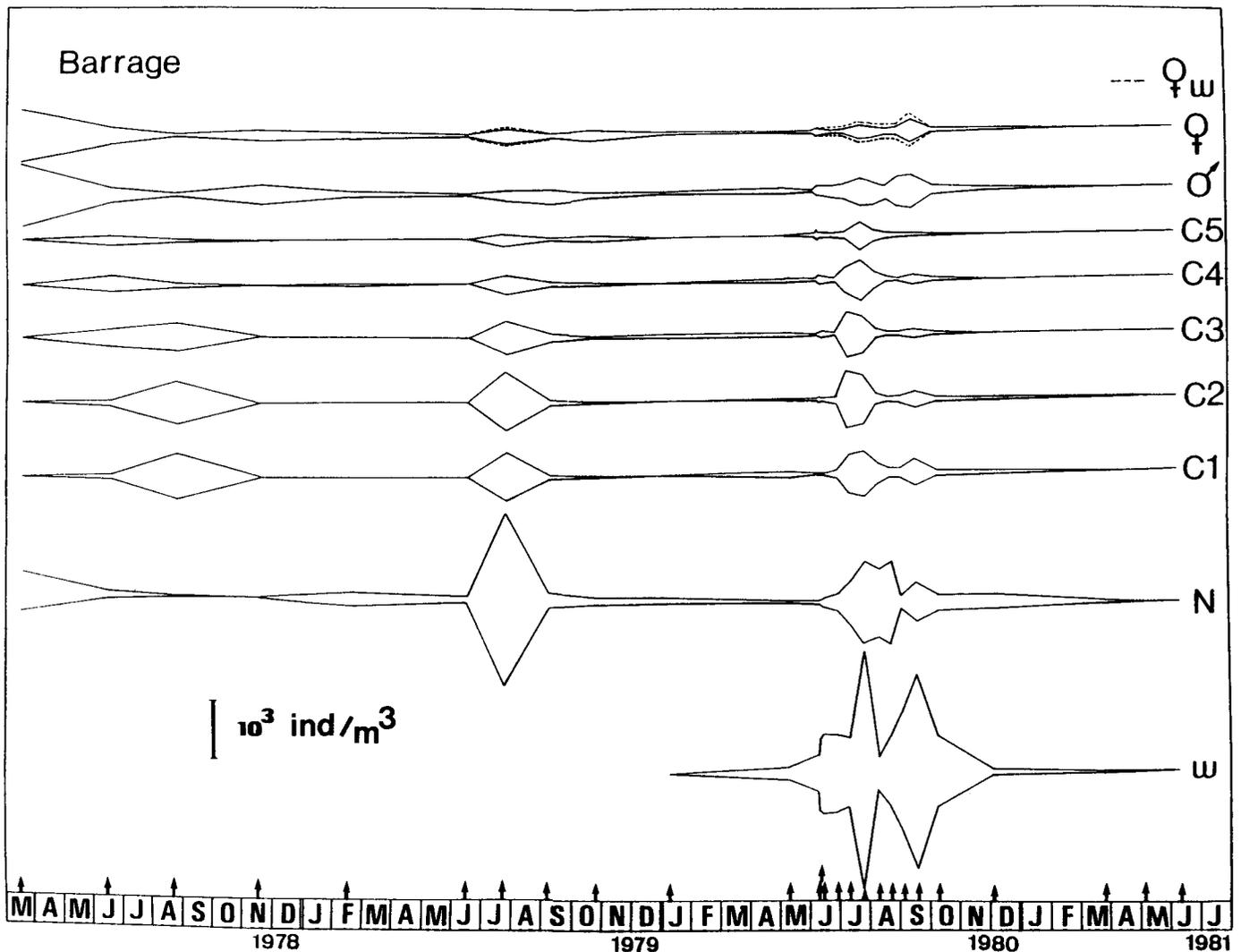


Fig.2 - Cycle biologique du Calanide *Acanthodiaptomus denticornis* à la station "Barrage de 1978 à 1981. Evolution saisonnière des densités des différents stades de développement: nauplies (N), copépodites 1 à 5 (C1 à C5), adultes mâles (σ^m), femelles (ρ), femelles ovigères (ρw), oeufs (w). Les flèches indiquent les dates de prélèvements.

2 - Interprétation

Les prélèvements de 1978 et 1979 sont insuffisants pour affirmer que le pic de densité des différents stades enregistrés en juillet ou en août correspond à une unique génération estivale. Ils permettent cependant d'affirmer que la période de reproduction est plus longue en 1980 (de juin à octobre).

L'ensemble des résultats obtenus en 1980 peut être interprété comme une succession de trois générations.

La génération 1 commence à se manifester début juin mais semble être perturbée jusqu'à la fin du mois par la crue. Elle n'atteint son plein développement qu'en juillet. Les individus de cette génération printanière doivent être issus de l'éclosion de deux types d'oeufs :

- des oeufs immédiats pondus par les femelles de la dernière génération de l'année précédente (Z);

- des oeufs de résistance qui auraient passé l'hiver dans la vase et se seraient développés avec l'augmentation de température printanière (♂).

En effet, malgré le nombre important d'oeufs par sac décomptés pour les prélèvements de début juin (près de 40, en moyenne), la quantité de femelles ovigères paraît trop faible à cette époque pour donner naissance seule à l'abondante génération 1.

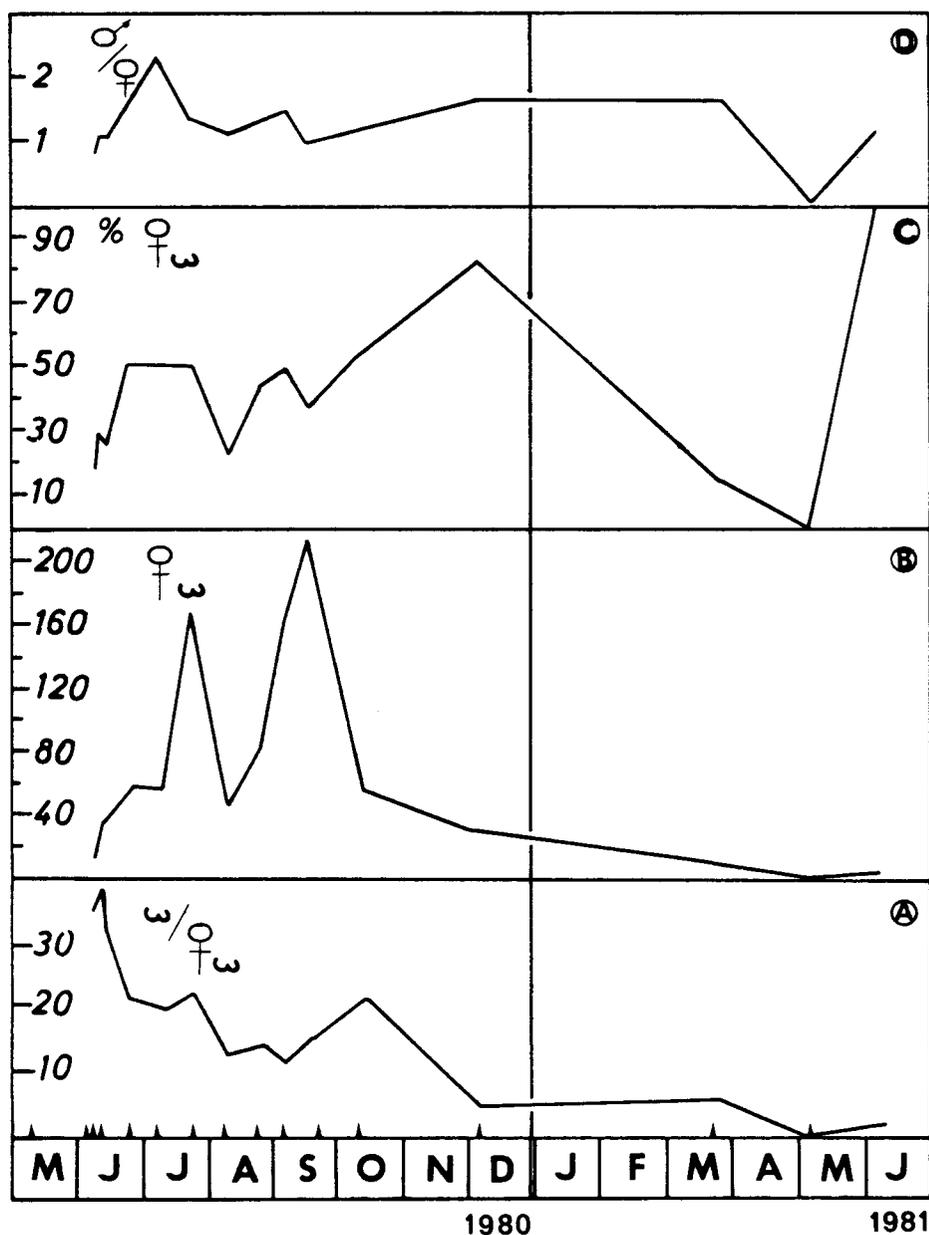


Fig.3 - Cycle biologique du Calanide *Acanthodiaptomus denticornis* à la station "Barrage" en 1980 et 1981. Evolution saisonnière : A - du nombre d'oeufs par sac ovigère; B - du nombre de femelles ovigères; C - du pourcentage de femelles ovigères; D - de la sex-répartition. Les flèches indiquent les dates de prélèvements.

La génération 2 débute fin juillet à la suite de la phase de ponte "a" à laquelle participe un fort pourcentage de femelles (50%) portant un nombre encore important d'oeufs (25, en moyenne).

La génération 3 est issue de la ponte "b" de la fin septembre. La production d'oeufs de la génération 2 est très importante mais seul un faible pourcentage se développe les mois suivants. Cela laisse supposer que la plus grande partie des pontes de septembre (b') est constituée d'oeufs de résistance qui assurent la vie latente de l'espèce.

En effet, en 1981 *Acanthodiaptomus denticornis* disparaît de la masse d'eau et seule l'éclosion de ces oeufs de durée peut expliquer la rapide recolonisation du milieu à partir d'octobre 1981.

BARRAGE

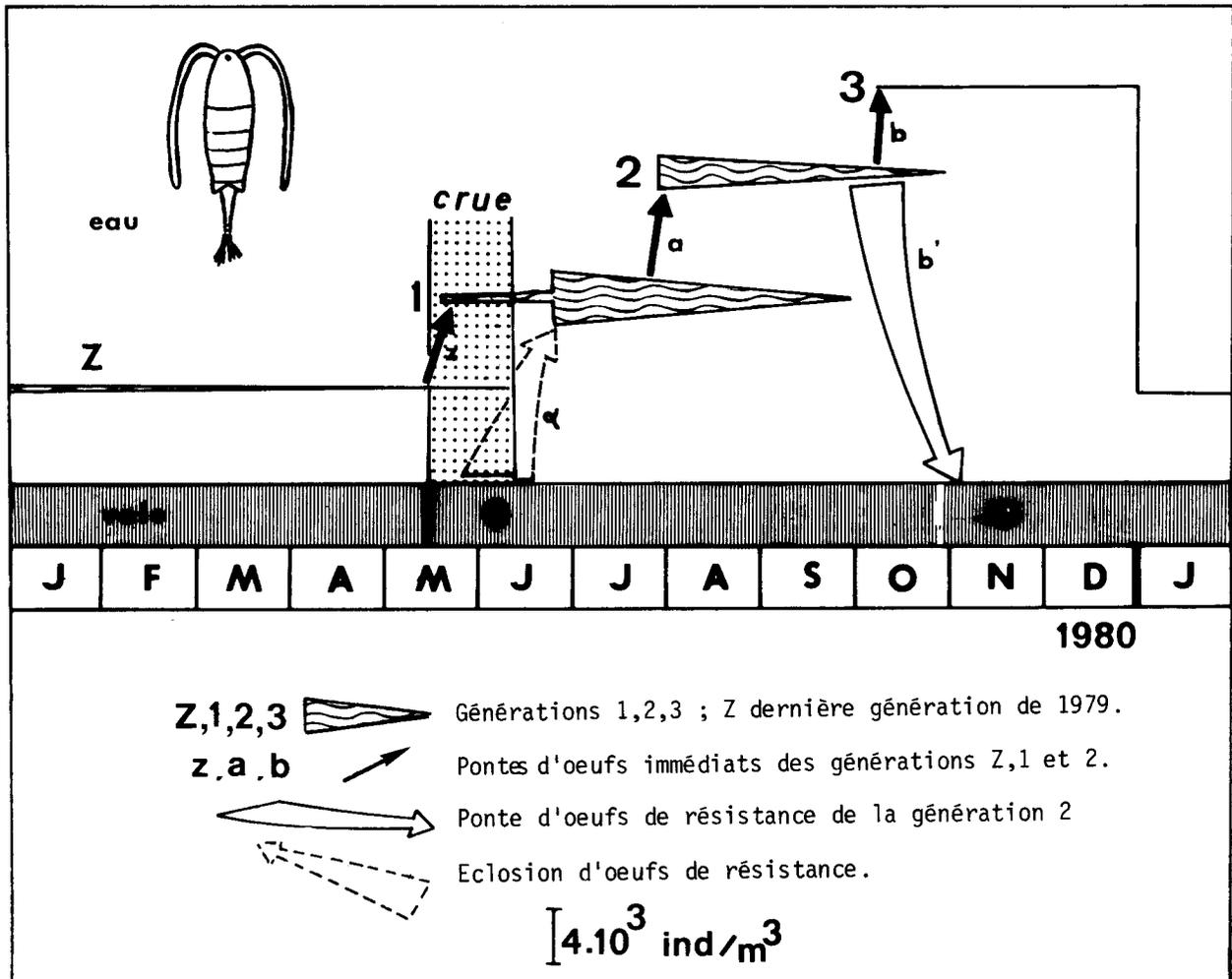


Fig.4 - Interprétation du cycle biologique du Calanoïde *Acanthodiaptomus denticornis* à la station "Barrage" en 1980. Pour chaque génération, la longueur du triangle en ondulé indique le temps de présence; la largeur du triangle, le nombre d'individus.

B - La station "Savines" (station 2)

1 - Résultats

L'évolution saisonnière des densités des différents stades de développement est tout à fait différente de celle observée à "Barrage".

Pendant l'hiver 1979-1980, tous les stades sont abondamment représentés et la densité de la population reste élevée jusqu'au début juin ($3,8.10^3 \text{ ind/m}^3$ en janvier, $4,9.10^3$ en mai).

Après la crue, plusieurs phases successives de prolifération relative des différents stades sont enregistrées, mais les effectifs de l'hiver précédent ne sont jamais atteints (maximum début septembre avec $1,5.10^3 \text{ ind/m}^3$).

En décembre, la densité des Calanoïdes est encore de 10^3 ind/m^3 mais essentiellement représentée par des stades naupliens et des adultes mâles (la sex-ratio peu différente de 1 tout au long de l'été et au début de l'automne croît brutalement pour atteindre la valeur de 13 en décembre).

Ensuite, la densité des différents stades se réduit jusqu'en juillet 1981 où ne sont récoltés qu'une vingtaine d'individus par m³ (nauplii surtout) mais des effectifs importants sont retrouvés en octobre.

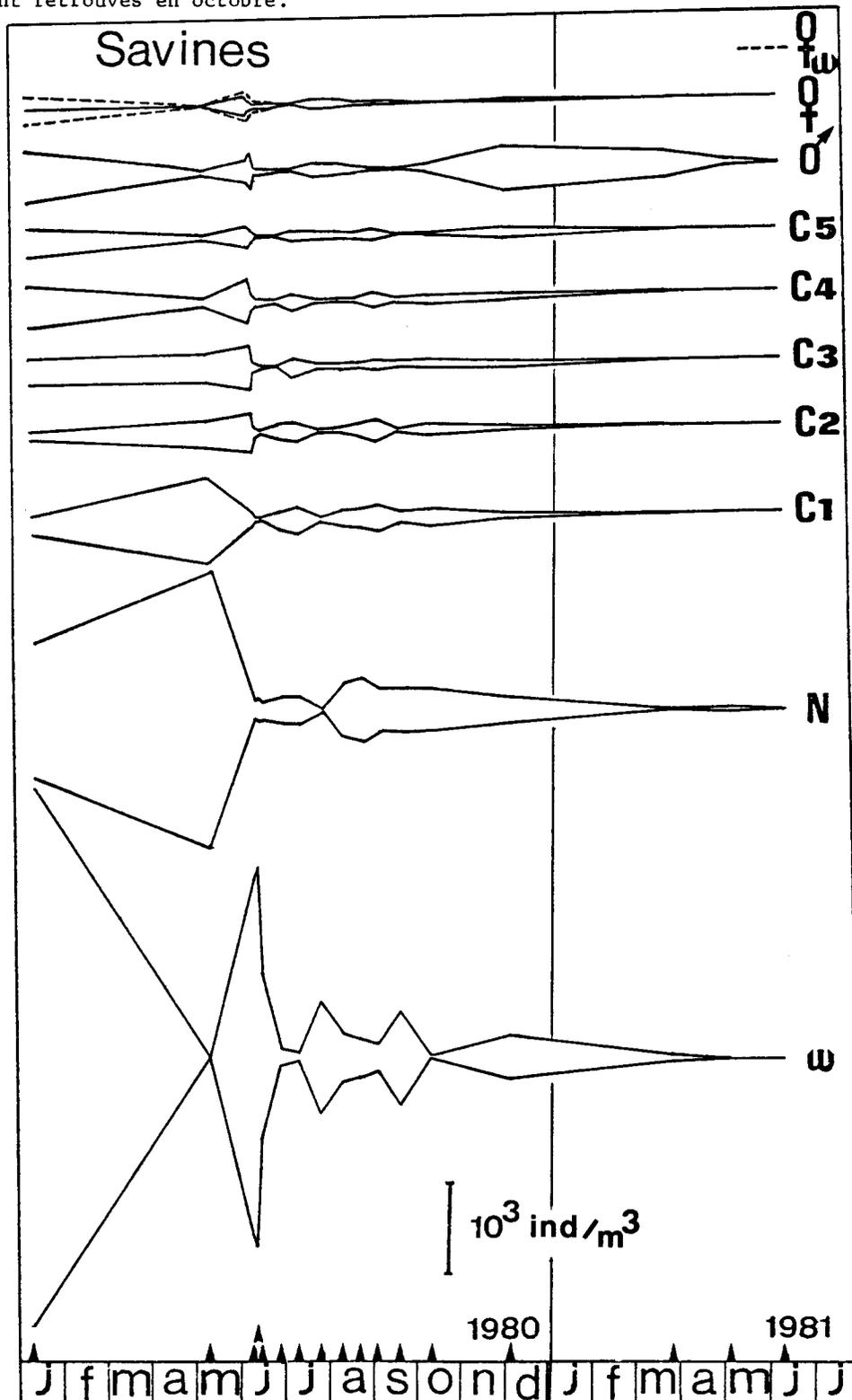


Fig.5 - Cycle biologique du Calanoïde *Acanthodiantomus denticornis* à la station "Savines" en 1980 et 1981. Evolution saisonnière des densités des différents stades de développement: naupliés (N), copépodites 1 à 5 (C1 à C5), adultes mâles (♂), femelles (♀), femelles ovigères (♀ w), oeufs (w). Les flèches indiquent les dates des prélèvements.

Les phases de ponte sont enregistrées début juin, en août et en septembre. Une légère augmentation du nombre de femelles ovigères et une nette augmentation du nombre d'oeufs

par sac est aussi notée en décembre.

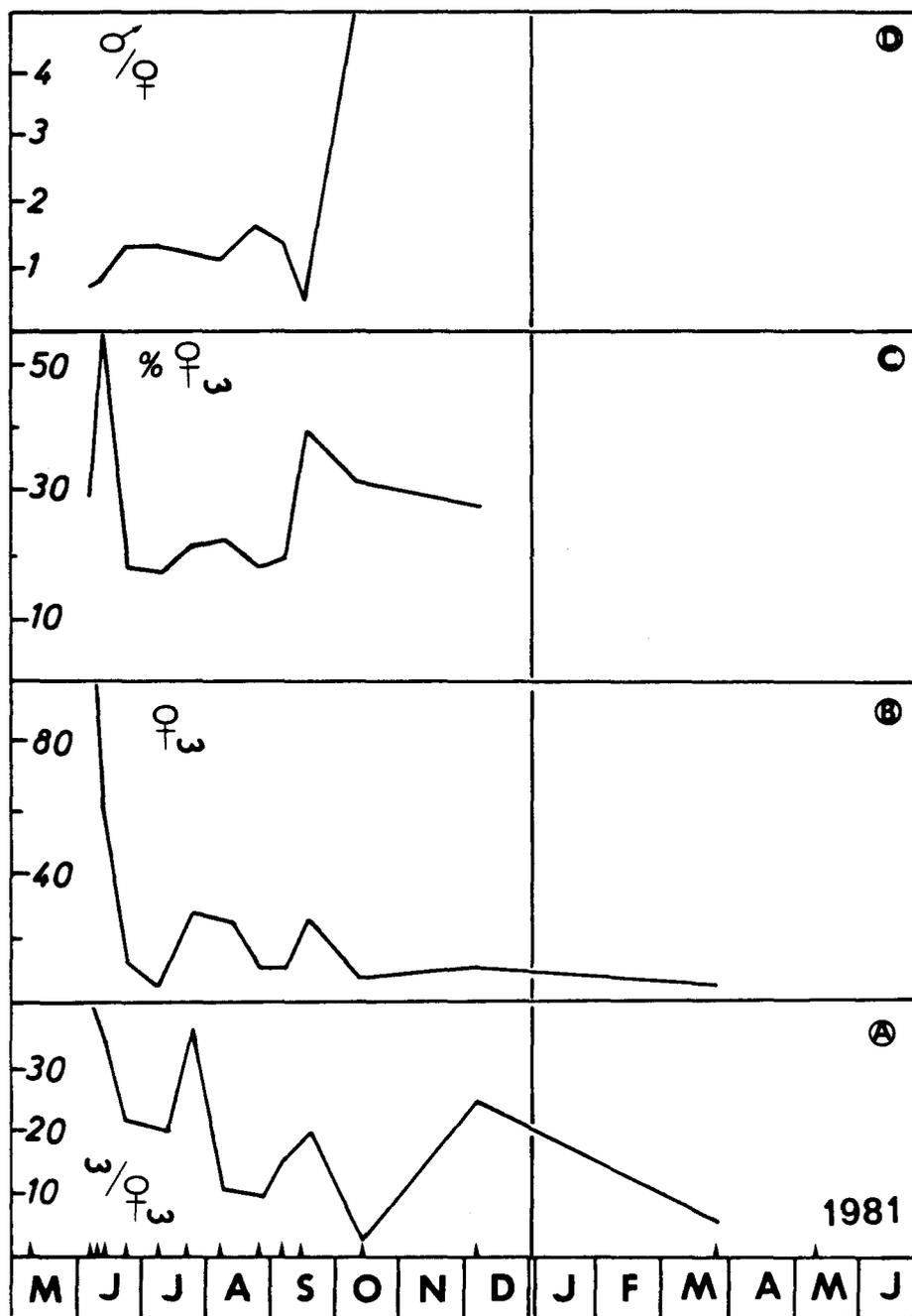


Fig.6 - Cycle biologique du Calanoïde *Acanthodiaptomus denticornis* à la station "Savines" en 1980 et 1981. Evolution saisonnière : A - du nombre d'oeufs par sac ovigère; B - du nombre de femelles ovigères; C - du pourcentage de femelles ovigères; D - de la sex-ratio. Les flèches indiquent les dates des prélèvements.

2 - Interprétation

Ces différents éléments peuvent être interprétés comme une succession de 5 générations dont les effectifs sont de plus en plus réduits.

La génération 1 commence son développement en hiver, à partir des oeufs très nombreux récoltés dès janvier (ponte z). A cette date, la température est basse et la croissance très lente; en mai ne sont encore bien représentés que les nauplies et les copépodites 1. La suite du développement est beaucoup plus rapide puisque, début juin, les adultes de cette génération commencent à produire des oeufs. Mais les effectifs ont chuté depuis mai ($4,9$ à $2,6 \cdot 10^3$ ind/m³), seule une partie des jeunes a atteint l'âge adulte. Cette forte mortalité peut être consécutive à la crue

enregistrée fin mai. Cependant, la ponte "a" du début juin compte un grand nombre d'oeufs ($4,3 \cdot 10^3$ oeufs/m³) : plus de 50% des femelles portent une moyenne de 35 oeufs.

SAVINES

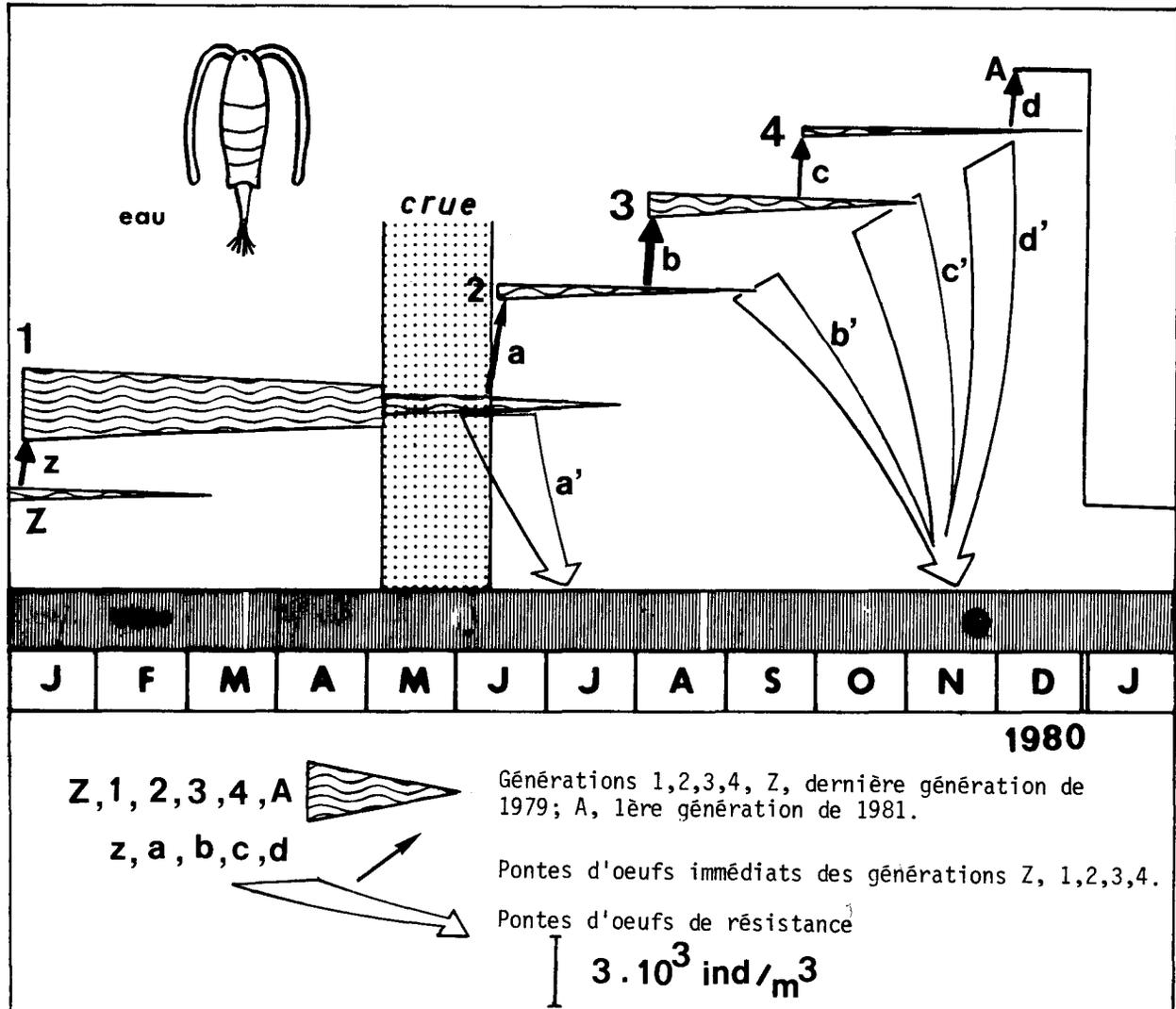


Fig.7 - Interprétation du cycle biologique du Calanoïde *Acanthodiptomus denticornis* à la station "Savines" en 1980. Pour chaque génération, la longueur du triangle en ondulé indique le temps de présence; la largeur du triangle, le nombre d'individus.

La génération 2 malgré cette forte production d'oeufs, a des effectifs réduits. Deux hypothèses peuvent être formulées, en liaison avec la crue printanière :

- tous les oeufs pondus sont des oeufs immédiats, les nauplies qui en sont issues subissent une forte mortalité (turbulence, baisse de la teneur en oxygène ...).

- une grande partie de ces oeufs sont des oeufs de résistance (a'), leur ponte est due à l'environnement défavorable aux femelles et ils vont constituer, au fond, un stock d'embryons en vie latente.

Les quelques individus qui ont pu se développer en juin se reproduisent au cours de juillet (ponte b). Le nombre de femelles ovigères est très réduit et, malgré une moyenne d'oeufs par sac toujours élevée (35), la production d'oeufs est faible.

La génération 3, aux effectifs restreints, a une vitesse de développement plus grande que les précédentes, en relation avec l'élévation de la température. Ces données correspondent à celles obtenues expérimentalement par CHAMPEAU (1970) sur d'autres espèces de Calanoïdes de même taille. Ainsi, la croissance larvaire dure :

- quatre à cinq mois pour la génération 1 (t°moyenne C°C);
- deux à trois mois pour la génération 2 (t°moyenne 13°C);
- moins de deux mois pour la génération 3 (t°moyenne 16°C).

Les adultes "3", peu nombreux, se reproduisent dès la mi-septembre.

La génération 4 encore moins densément représentée a une durée de développement de 3 mois. La ponte "d" produit très peu d'oeufs, début décembre. Le temps de développement de cette espèce étant très long en hiver, ces oeufs peuvent être considérés comme à l'origine de la première génération de l'année suivant (A).

Celle-ci n'est plus représentée que par quelques individus de chaque stade évolutif, au début de 1981.

La rapide recolonisation de la masse d'eau par *A.denticornis*, après sa disparition jusqu'en octobre, ne peut s'expliquer que par l'éclosion de nombreux oeufs de résistance stockés au niveau des sédiments et produits par une ou plusieurs générations de 1980 (pontes a',b',c',d').

III - DISCUSSION

Connue d'Europe, d'Amérique du Nord et d'Asie, *Acanthodiptomus denticornis* est décrite comme une relique glaciaire. Elle est signalée entre les altitudes 560 et 2500 m. HUTCHINSON (1967) montre qu'elle est caractéristique des étangs de plaine dans les pays nordiques mais devient limnoplantonique plus au sud où elle affectionne particulièrement les lacs de montagne. OMALY (1970) pense qu'elle est typique des lacs oligotrophes tels ceux d'Auvergne.

Beaucoup moins fréquente que *D.longispina* et *C.vicinus* dans les lacs de barrage, *A.denticornis* est cependant représentée dans les retenues du Verdon (GREGOIRE, 1981) d'Eguzon (VIVIER et coll. 1956) et Chastang (LAIR et coll. 1980). CHAMPEAU (1970) l'a récoltée en Provence dans une station d'eau douce artificielle temporaire.

Pour HUTCHINSON (1967) le cycle biologique d'*Acanthodiptomus denticornis* dépend de sa localisation géographique. Dans les localités les plus septentrionales les femelles ne pondent que des oeufs dont l'éclosion est différée par une diapause embryonnaire. Aux latitudes intermédiaires, elles pondent d'abord des oeufs à développement immédiat, puis des oeufs de résistance. Plus au sud, elles produisent uniquement des oeufs immédiats.

A Serre-Ponçon, lors de la remise en eau expérimentale de boues exondées depuis quelques semaines plusieurs nauplies ont éclos 3 à 4 jours après l'immersion du sédiment. Dans ce lac une phase de vie latente au stade oeuf peut donc interrompre le développement, mais les observations à la loupe binoculaire n'ont pas permis de distinguer deux catégories d'oeufs morphologiquement différents. A ce propos CHAMPEAU (1970) a montré, en Provence, que les chorions des oeufs de résistance des Calanoïdes sont plus épais en eau temporaire alors qu'en eau permanente les oeufs "immédiats" et les oeufs à diapause embryonnaire ont tous des chorions peu épais ce qui rend leur distinction difficile à l'observation microscopique.

La diapause, facultative au niveau spécifique est considérée par POURRIOT (1982) comme un élément d'une stratégie adaptative, variable en fonction des pressions de sélection.

Le peuplement zooplanctonique de Serre-Ponçon est caractérisé par :

- des densités plus importantes et de plus forts pourcentages des Cyclopoïdes dans la zone amont du lac, proche de l'arrivée de la Durance, tout au long de l'étude;
- un plus grand nombre de générations des 3 espèces de Crustacés dominants dans cette zone que près du barrage, de 1978 à 1980;
- un plus grand nombre de générations des Copépodes sur l'ensemble du lac en 1980;

- une augmentation de la densité zooplanctonique en 1980;
- la quasi disparition du Calanoïde à la fin de 1980 coïncidente à l'importante prolifération du Cyclopoïde.

Le Calanoïde, comme des deux autres espèces de Crustacés dominant le zooplancton de Serre-Ponçon sont des espèces communes, courantes dans les lacs de barrage du sud de la France, supportant les fortes "pressions" de ces milieux artificiels par des adaptations comportementales efficaces telle la diapause (embryonnaire : *A.denticornis* et *D.longispina*, larvaire *C.vicinus vicinus*).

BIBLIOGRAPHIE

- BAGARRY C.(1982). Contribution à l'étude d'un lac de barrage, la retenue de Serre-Ponçon : le bassin versant, l'évolution des paramètres abiotiques.
Thèse de 3ème cycle.Université Aix-Marseille I : 141 p.
- BRESSAC Y.(1980). Contribution à l'étude d'un lac de barrage: le zooplancton de la retenue hydroélectrique de Serre-Ponçon.
D.E.A. Université Aix-Marseille III : 30 p.
- BRESSAC Y.(1982). Contribution à l'étude du peuplement zooplanctonique d'un lac de barrage : la retenue hydroélectrique de Serre-Ponçon.
Thèse de 3ème cycle.Université Aix-Marseille I : 153 p.
- CHAMPEAU A.(1970). Recherches sur l'écologie et l'adaptation à la vie latente des Copépodes des eaux temporaires provençales et corses.
Thèse d'Etat Université Aix-Marseille I : 391 p.
- CREGOIRE 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 d'Etat Université Aix-Marseille I : 213 p.
- HUTCHINSON G.E. (1967). A treatise on Limnology.Vol.II : Introduction to lake biology and the limnoplankton.
John Wiley et sons, New-York.
- LAIR N.(1975). Rôle du zooplancton dans les réseaux trophiques de deux lacs du Massif-Central français.
Thèse d'Etat Clermont-Ferrand : 166 p.
- OMALY N.(1969). Etude biologique du lac de Tazenat. Dynamique des populations planctoniques au cours de l'année 1968.
Ann.Stat.Biol.Besse en Chandesse, 4 : 103-152.
- OMALY N.(1970). Première contribution à l'étude des bassins de la haute Tarentaise : le lac de la Crégut et ses annexes. Evolution, microendémisme chez les Calanides.
Ann.Stat.Biol.Besse en Chandesse, 5 : 303-347.
- OMALY N.(1970). Interprétation des formes *major* et *minor* d'*Acanthodiptomus denticornis* (WIERZEJSKI,1887), d'après des observations suivies de cette espèce dans un lac de basse altitude (Tazenat,Puy de Dôme).
C.R.Acad.Sci. 271 (12) : 983-986.
- NINO A. (1982). La faune benthique du lac de barrage de Serre-Ponçon : structure du peuplement, écologie des populations de Chironomides.
Thèse de 3ème cycle Université de Provence Aix-Marseille I, 194 p.
- POURRIOT R.,CAPBLANC J.,CHAMP (P.) et MEYER J.A.(1982). Ecologie du plancton des eaux continentales. Collection d'Ecologie, 16.
Ed.Masson, Paris : 198 p.
- VIVIER R. et col.(1956). Le lac d'Eguzon.
Annls Stat.Cent.Hydrobiol.Appl., 6 : 1-230.

Etude des communautés animales ripicoles du bassin de la rivière Aille (Var-France).

I. Aspects biologiques et éco-éthologiques.

A. BOUMEZZOUGH^{*}
J.J. MUSSO^{**}

RESUME - La communauté d'Invertébrés épigés vivant en bordure des ruisseaux est composée essentiellement d'Insectes Coléoptères et d'Araignées. Si quelques études ont été réalisées sur la composition, la structure et la dynamique des populations des berges des ruisseaux ou rivières du sud - est de la France, très peu de travaux ont trait à la biologie et à l'éco-éthologie des espèces ripicoles.

Différents aspects comme les adaptations des espèces aux crues, le comportement trophique, le rythme des activités, l'effectif de quelques populations et le biocycle de certaines espèces seront évoqués dans ce travail.

SUMMARY - The ripicolous Invertebrate community living along streams is mainly composed by beetles and spiders. If a few studies have been realized concerning the composition, structure and population dynamics of streams in the south east of France, few works dealing with biology and eco-ethology have been made carried out.

Various aspects such as adaptations of species to stream rise, alimentary behaviour, daily rhythm of activity, quantitative estimation of some populations, and the life cycle of some species will be studied in this work.

MOTS-CLES : Communauté animale ripicole, adaptations, crues, comportement trophique, rythme des activités, effectif, biocycle.

INTRODUCTION

La zone limitant les domaines terrestres et aquatiques est occupée par des communautés animales hygrophiles et hydrophiles caractéristiques des milieux fortement humides rencontrés en bordure des étangs et marais (salés ou d'eau douce), des rivages marins et des cours d'eau. Parmi les nombreuses appellations utilisées jusqu'à présent, pour qualifier cette faune, il semble à l'heure actuelle que le terme de ripicole soit le plus utilisé, ce terme qualifiant à la fois les espèces épigées (PIQUE 1962, AMIET 1967 ; DAJOZ, 1975 ; BIGOT, 1977 ; GAUTIER, 1980, FAVET 1981, BIGOT & GAUTIER (1981) ou endogées (GACHET 1971, 1978a et b, 1981, BOUMEZZOUGH 1983).

La biologie, l'éthologie et l'écologie de ces communautés ripicoles sont encore mal connues, en particulier les diverses adaptations présentées par les individus à la montée des eaux ou au passage des crues et le comportement trophique. Ces différents aspects du comportement ainsi que certaines considérations sur le cycle de développement et le rythme des activités de quelques espèces de Coléoptères, feront l'objet de ce travail.

^{*}Laboratoire d'Ecologie : Département de Biologie. Faculté des Sciences Bd de Safi.
B.P. S 15 MARRAKECH MAROC.

^{**}Laboratoire de Biologie Animale - Ecologie - Faculté des Sciences & Techniques de St. Jérôme
Rue Henri Poincaré - 13397 MARSEILLE Cédex 13.

I - COMPORTEMENT DES ESPÈCES VIS-A-VIS DES FLUCTUATIONS DU NIVEAU DE L'EAU, IMPACT DES CRUES

Les hydrobiologistes ont constaté fréquemment, après le passage d'une crue, le bouleversement complet du biotope et la disparition quasi-totale de la faune des Invertébrés aquatiques peuplant le ruisseau. La recolonisation des habitats s'effectue ensuite progressivement sans que l'on connaisse très exactement les divers mécanismes intervenant dans ce phénomène et l'origine de cette nouvelle faune. Quels sont les effets d'une élévation du niveau de l'eau ou du passage d'une crue sur les biocénoses ripicoles ?

Les données de la littérature sont rares et les potentialités adaptatives de cette faune demeurent inconnues.

Deux cas bien précis peuvent être envisagés, celui d'une montée lente et régulière du niveau de l'eau, observée de façon générale dans les ruisseaux de plaine après une période de pluies abondantes ; celui d'une crue rapide, soudaine, caractéristique des zones accidentées, montagneuses ou désertiques et consécutive à des pluies brutales, torrentielles mais brèves.

Notre étude portant sur des ruisseaux de plaine (réseau hydrographique de l'Aille et de ses affluents, dans la région de Vidauban), seul le premier cas (crue lente) sera étudié de façon approfondie.

A - CRUES LENTES

1. Données générales

D'après FAVET (1981) : "les crues ont une importance considérable pour la composition et la structure du peuplement ripicole. Le passage de l'eau se traduit par une fuite des individus vers les parties hautes, par une descente vers l'aval ou par une disparition des espèces les moins bien adaptées à la montée des eaux..."

Cependant, les inondations n'ont pas toujours les mêmes résultats sur l'évolution du peuplement ; en effet, leur impact dépend de la durée d'immersion du biotope, de la vitesse du courant et de la saison. La gravité de la situation est surtout fonction de l'altération du biotope".

2. Expériences en laboratoire.

Les observations des crues sur le terrain sont rares et le plus souvent fortuites. J'ai donc essayé, au laboratoire, de réaliser un biotope artificiel représentant une bordure de ruisseau et de reconstituer les effets d'une crue, par immersion lente et progressive du milieu.

Ce milieu artificiel est composé d'un bac de 50 cm de large et 28 cm de hauteur (Fig. 1), comprenant un support incliné (simulant la pente d'un bord de talus ou d'une berge) recouvert de terre, de débris végétaux et de pierres de différentes dimensions. L'eau est déversée dans le bac au bas du support incliné, et peut s'élever à des hauteurs différentes selon le type d'expérimentation.

Les individus récoltés sur le terrain, sont ramenés au laboratoire dans des boîtes contenant de la terre humide et divers débris végétaux puis placés dans des bacs d'élevage avant d'être utilisés pour les expérimentations.

Onze espèces de Coléoptères (4 familles de Carabiques, 1 famille de *Staphylinidae*), avec des effectifs différents, ont donc été utilisées lors de multiples expérimentations ; j'étudierai pour chacune d'elle son comportement vis-à-vis d'une élévation du niveau de l'eau, en notant quelques aspects particuliers de ce comportement, à savoir la durée d'immersion, le type

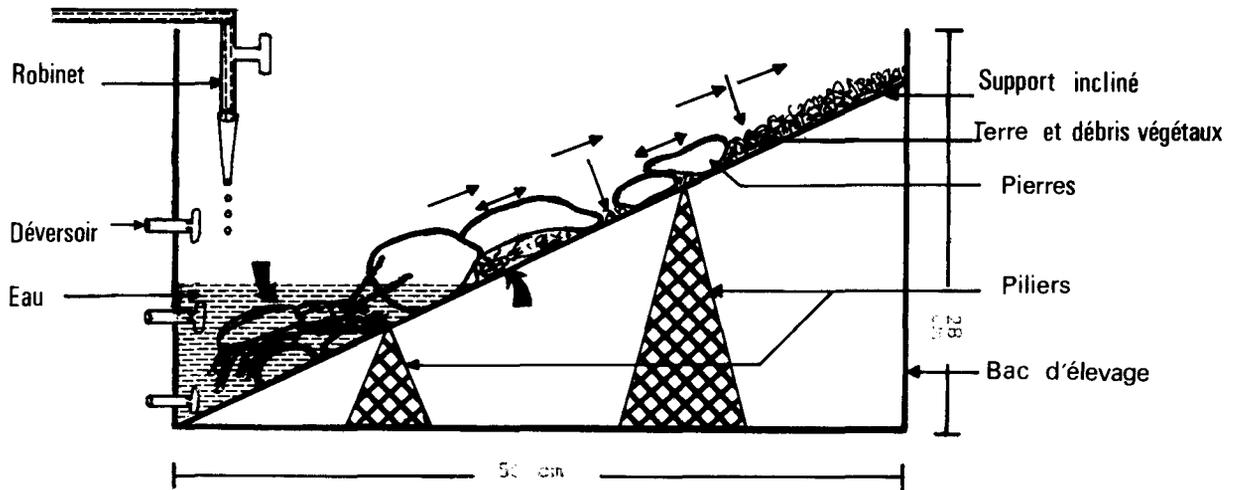


Fig. 1 - Schéma du milieu artificiel réalisé au laboratoire. Deux espèces de Coléoptères (*Chlaenius velutinus* et *Anchus ruficornis*) figurent dans le milieu (elles sont signalées par des flèches ). Les divers déplacements pouvant être effectués par les individus lors de la montée des eaux sont schématisés par des flèches :

- ↓ déplacements de la surface vers la face inférieure des pierres,
- ↔ déplacements désordonnés en surface,
- déplacements vers la berge.

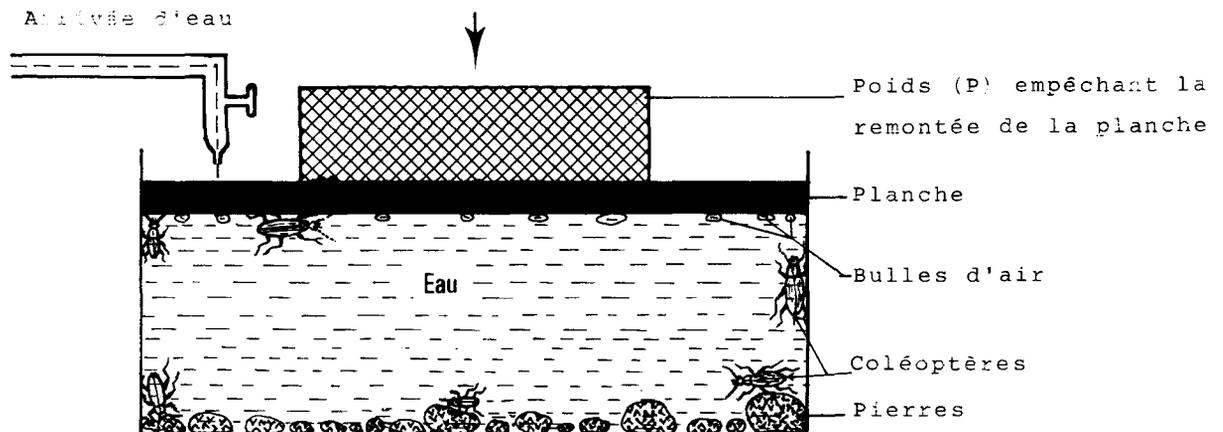


Fig. 2 - Milieu expérimental permettant d'évaluer la durée d'immersion maximale de quelques espèces de Coléoptères ripicoles. Ce dispositif permet d'éliminer toute réserve d'air ; en effet les bulles se formant contre le bois sont éliminées sous l'effet de la pression de l'eau, au fur et à mesure de l'enfoncement (flèche) de la planche.

de déplacement, le type d'abri préférentiel etc... Les résultats de ces expériences sont résumés dans le tableau 1.

3. Description du comportement

Dès l'arrivée de l'eau : les espèces* réagissent immédiatement, émergent de dessous

*Pour identifier individuellement chaque Coléoptère, tous les individus sont marqués avant l'expérimentation (légère tâche de peinture sur l'élytre).

Espèces étudiées	effectif expérimenté	Comportement
<i>Pterostichidae</i> - <i>Pterostichus lasserrei</i>	15	D.IM(1) variable : de 3 à 9 heures (D.M.IM(2) : 19h 15 mn). L'animal fuit la montée de l'eau en courant et regagne les berges exondées. S'il se trouve prisonnier au sommet d'un îlot, résiste à l'immersion en s'enfonçant dans l'eau, entraînant une petite bulle d'air fixée sur l'élytre droit ; sur le substrat se réfugie rapidement sous les pierres. Nage peu, mais avec la tête dans l'eau à la recherche d'un support.
- <i>Abacetus salzmanni</i>	20	D.IM : 2 à 7 heures. Nage aisée, vol possible. Une fois immergé, s'enfuit entre les débris végétaux en s'accrochant au substrat
- <i>Anchus ruficornis</i>	5	D.IM : 9 à 14 heures (D.M.IM : 19 h 15 mn) . Peut nager sans difficulté. Pénètre dans l'eau en emprisonnant une bulle d'air à l'extrémité postérieure du corps, entre l'abdomen et les élytres ; se cachent sous les pierres et les débris végétaux. Espèce très résistante.
<i>Callistidae</i> - <i>Chlaenius velutinus</i>	14	D. IM : 1 h 30 à 13 heures (D.M. IM : 19 h 15 mn). Supporte l'immersion grâce à une fine pellicule d'air recouvrant toute la partie dorsale des élytres. Insectes véloces, préfèrent les substrats rugueux.
- <i>Chlaenius vestitus</i>	3	Observations identiques à celles de <i>C. velutinus</i> mais la D.IM peut dépasser 10 heures (D.M. IM = 19 h 15 mn).
<i>Pathrobidae</i> - <i>Penetratus rufipennis</i>	20	D.IM : 1 h 30 à 9 h 30 (D.M. IM : 19 h 15 mn). Les individus totalement immergés se déplacent sur les pierres, le substrat, les débris végétaux en essayant de s'y accrocher ou d'y trouver un abri. La nage s'effectue toujours dans la couche superficielle de l'eau, la tête dans l'eau à la manière de <i>P. lasserrei</i>
<i>Trechidae</i> - <i>Peryphus andreae</i>	5	D.IM. : 1/2 à 2 heures. Les individus nagent rapidement et regagnent très vite les berges
- <i>Peryphus lateralis</i>	1	D.IM. : 3 à 14 heures. L'espèce nage facilement en surface, évite la noyade en s'envolant
- <i>Peryphus genei</i>	3	Comportement identique à celui de <i>Peryphus lateralis</i> .
- <i>Synechostictus ruficornis</i>	3	D. IM : 1/2 à 2 heures. Utilise de préférence le vol pour échapper à l'élévation du niveau d'eau ; nage peu.
<i>Staphylinidae</i> - <i>Paederus rubrothoracicus</i>	3	A l'arrivée de l'eau, les individus nagent en tous sens, en essayant de regagner la rive exondée (l'extrémité de l'abdomen orientée vers le haut). JARRIGUE (1959) signale que ces espèces nagent en secrétant un liquide visqueux qui augmente la tension superficielle de l'eau, ils sont chassés vivement vers l'avant, ce qui leur permet d'atteindre la rive plus facilement.

Tab. XXV : - Tableau résumant le comportement des Coléoptères ripicoles vis à vis de l'élévation du niveau de l'eau et de l'immersion.

(1) : D.IM : durée d'immersion, (2) D.M.IM : durée maximale d'immersion

les pierres, elles abandonnent leurs caches, leurs refuges et fuient vers les zones sèches, dans la partie haute du support. C'est plus spécialement le cas des *Trechidae* et des *Pterostichidae* (*Abacetus salzmanni* en particulier).

D'autres tels que *Chlaenius velutinus*, *Pterostichus lasserrei*, *Anchus ruficornis*, *Penetratus rufipennis*, *Peryphus lateralis* et *Peryphus genei*, montrent un comportement un peu différent : après avoir réagi et fui à l'arrivée de l'eau, ces espèces, à nouveau, se réfugient sous les pierres encore sèches.

En définitive, il est vraisemblable que dans la nature, si aucun obstacle ne se présente sur leur passage et si la berge est proche, tous les Insectes et Arachnides échappent à la montée de l'eau en atteignant les zones exondées. C'est ce que constate FAVET (1981) en observant le comportement de quelques espèces ripicoles lors d'une crue de la Durance en février 1980.

Quand l'élévation du niveau de l'eau est plus rapide, il arrive souvent que de nombreux Coléoptères ne puissent atteindre immédiatement le haut du bac et se retrouvent isolés et prisonniers au sommet d'une pierre exondée.

Lorsque cet îlot est à son tour immergé, le comportement de fuite, peut varier d'une espèce à l'autre ; 3 types de comportements ont été observés selon les espèces.

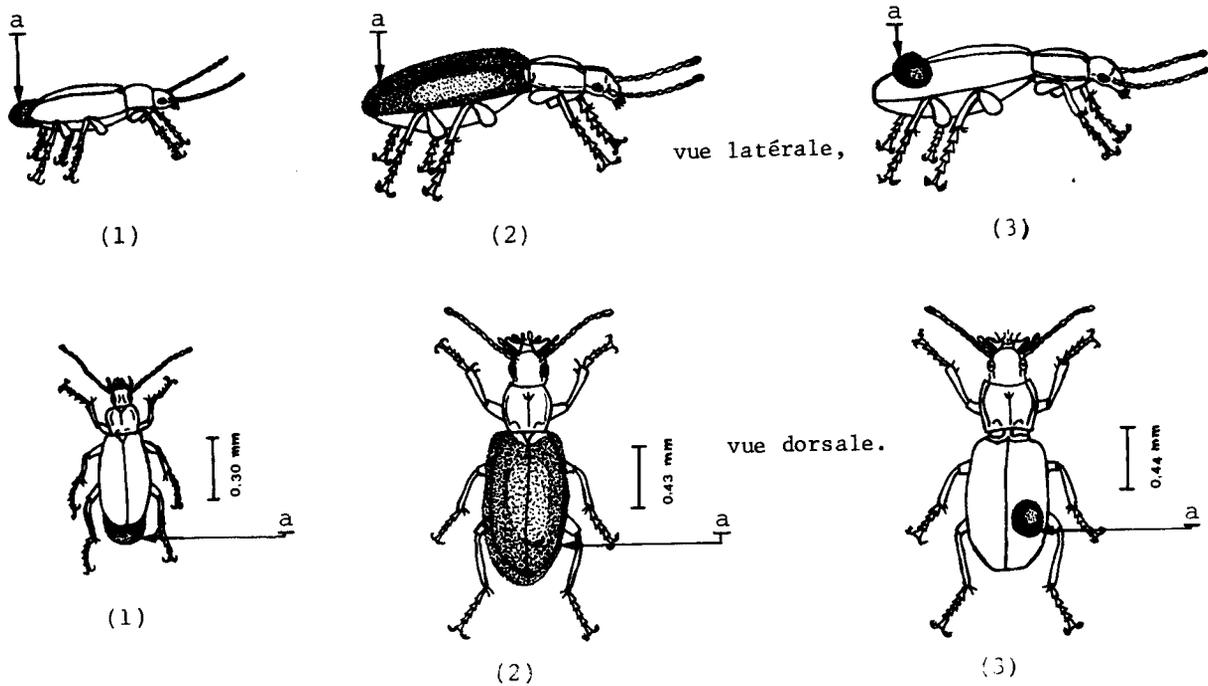


Fig. 3 - Localisation des réserves d'air (en pointillés; a) chez les espèces expérimentées : (1) *Anchus ruficornis*, (2) *Chlaenius velutinus*, (3) *Pterostichus lasserrei*.

- des espèces qui s'envolent, cas de *Peryphus andreae*, *Peryphus lateralis* et *Synechostictus ruficornis* (Trechidae).

- des espèces qui nagent, cas de nombreuses espèces et plus particulièrement de *Paederus rubrothoracicus*, *Peryphus andreae*, *P. lateralis*, *P. genei* ; en fait la plupart des Coléoptères ripicoles peuvent être considérés comme de bons nageurs et avoir, au moins momentanément, un tel type de comportement.

- Cas enfin, des espèces qui attendent l'arrivée de l'eau sans fuir. Elles vont ensuite plonger et s'immerger complètement, s'accrocher et marcher sur le substrat puis "se mettre à l'abri" sous une pierre immergée ; ce comportement est à première vue tout à fait inattendu et implique vraisemblablement divers moyens de résistance.

Pour de nombreuses espèces, il n'a pas été possible de définir avec précision ces caractères adaptatifs en dépit de durées d'immersion souvent très longues, 3 à 14 heures selon les individus chez *Peryphus lateralis*, 1 h 30 à 9 h 30 pour *Penetratus rufipennis*, 2 à 7 heures pour *Abacetus salzmanni*.

Quatre cas cependant ont pu être observés concernant des Coléoptères capables de supporter l'immersion au moyen de réserves d'air.

- chez *Chlaenius velutinus* les durées d'immersion sont comprises entre 1 h 30 et 13 heures. Ces Coléoptères pénètrent sous l'eau en emprisonnant une fine couche d'air sur toute la surface des élytres (Fig. 3).

- Chez *Chlaeniellus vestitus* la durée d'immersion peut dépasser 10 heures ; il se comporte comme l'espèce précédente.

- chez *Anchus ruficornis* 3 individus sur 5 atteignent une durée d'immersion de 15 heures. Cette espèce se maintient sous l'eau grâce à une bulle d'air fixée à l'extrémité postérieure du corps entre l'abdomen et les élytres (Fig. 3).

- chez *Pterostichus lasserrei*, la durée d'immersion varie de 3 à 9 heures. Au moment de l'immersion, apparaît dans la région postérieure de l'élytre droit de l'animal (toujours à la même place, diverses observations l'ont montré) une petite bulle d'air qu'il transporte au cours de ses déplacements et qui se déprime et se gonfle régulièrement selon le rythme des mouvements respiratoires. Existe-t-il des poils hydrofuges dans cette région, est-elle en relation avec les stigmates ? Nous n'avons pu jusqu'à présent répondre à cette question. Aussitôt que la bulle d'air se détache, l'animal remonte en surface.

La durée d'immersion est variable d'un individu à l'autre, d'une expérimentation à l'autre. Cela est dû sans doute, comme nous avons pu le constater, aux nombreuses petites bulles d'air adhérent à la face inférieure des pierres immergées et que les Coléoptères "récupèrent" en marchant au fond de l'eau sous les cailloux.

Pour tenter de déterminer la durée d'immersion maximale de certaines espèces, (période qui s'étend du début de l'immersion jusqu'au ralentissement et à la cessation de toute activité), en l'absence d'apport d'air (bulles d'air prisonnières sous les cailloux), un autre type d'expérimentation a été réalisé (Fig. 2). Ce dispositif comprend un bac rempli d'eau dans lequel sont placés quelques petits cailloux et un certain nombre de Coléoptères. Une planche posée sur l'eau est maintenue à l'aide d'un poids ; son enfoncement progressif élimine toute trace d'air qui pourrait subsister à sa face inférieure.

Les résultats de cette expérience (Tab. 2) montrent que parmi les 11 Coléoptères placés au fond de l'eau, 6 ont pu résister pendant 19 h 15 à une immersion totale. Le traitement semble brutal car à la fin de l'expérimentation, les animaux paraissent peu actifs et sans vie. Mais placés ensuite dans une cuvette, sur de la terre humide, ils retrouvent peu à peu leur position normale et une certaine activité.

	Effectif expérimenté	Nombre de survivants
<i>Chlaenius velutinus</i>	2	1
<i>Chlaeniellus vestitus</i>	1	0
<i>Pterostichus lasserrei</i>	1	1
<i>Anchus ruficornis</i>	2	2
<i>Penetratus rufipennis</i>	5	2

Tab. 2 - Résultats de l'expérience réalisée sur la durée maximale d'immersion.

4. Comportement de quelques espèces xériques vis à vis de l'eau

Le comportement décrit précédemment pour les espèces ripicoles et qui a révélé quelques particularités originales (durée d'immersion importante, réserves d'air pour certains individus) est-il caractéristique des Coléoptères ripicoles ou existe-t-il chez les autres Coléoptères et les Insectes en général ? A titre de comparaison, j'ai étudié les réactions vis-à-vis de l'eau de huit espèces de Coléoptères récoltées en zone aride et xérique (Crau). Trois de ces espèces figurent dans nos prélèvements et font partie de l'écosystème ripicole.

Les individus peuvent se répartir en quatre groupes, on observe :

- des espèces qui ne nagent pas, ainsi *Chrysomela fuliginosa* (trois individus) de forme arrondie et globuleuse ne peut se déplacer sur l'eau et se laisse emporter par le courant. Il en est de même de *Timarcha tenebricosa* (un individu) et *T. brulerei* (un individu) qui flottent sur l'eau et sont entraînés par le courant.

- des espèces qui "semblent" indifférentes à l'élévation du niveau de l'eau. Ainsi *Asida sirecea* (trois individus) ne présente aucune réaction particulière à l'arrivée de l'eau, elle s'accroche un peu plus fortement aux pierres et débris végétaux représentant le substrat. La durée d'immersion est faible, 2 heures environ. Après ce délai, tous les individus meurent et

et flottent en surface.

- des espèces qui nagent ; certaines plus ou moins bien, telle *Chrysomela haemoptera* (quatre individus) qui peut également s'accrocher au support. Par contre *Harpalus sulphuripes* (quatre individus) se déplace avec beaucoup plus de vivacité. Il en est de même de *Labidura riparia* (deux exemplaires) qui, par sa forme effilée, pratique une excellente nage ; dès l'arrivée de l'eau dans le bac, ces individus, en nageant, regagnent immédiatement les rives exondées. En fait, cette espèce récoltée en Crau au voisinage d'une mare temporaire, se retrouve en bordure de l'Aille ; de plus elle est commune sur les plages de sable de Camargue où elle vit sous les laisses et les débris divers, d'où une certaine accoutumance à l'eau et à ces variations.

- une quatrième catégorie concerne *Harpalus distinguendis* (trois individus), espèce nageuse mais qui peut, en cas d'immersion totale, se comporter comme *Anchus ruficornis* et emprisonner une réserve d'air à la partie postérieure du corps, entre les élytres et l'abdomen. La perte de cette provision d'air provoque chez l'animal une réaction immédiate ; se déplaçant alors dans toutes les directions il part à la recherche d'une nouvelle bulle d'air. Ce comportement très proche de celui d'*Anchus ruficornis* décrit précédemment, n'est pas surprenant si l'on sait qu'*Harpalus distinguendis* se rencontre à la fois dans les plaines typiquement xériques mais aussi régulièrement au bord des ruisseaux, mêlé à la faune strictement ripicole.

En définitive, ces expérimentations nous ont permis de constater une très nette différence de comportement entre les espèces franchement xériques (non adaptées aux variations brusques du niveau de l'eau et qui sont, soit emportées par le courant, soit noyées en cas d'immersion prolongée) et les espèces ripicoles qui présentent, comme nous l'avons vu, des caractères adaptatifs très particuliers. Nous avons vu également qu'il existe des espèces eurytopes (*Harpalus distinguendis*) qui peuvent coloniser divers milieux grâce à leurs facultés d'adaptation.

B - CRUES SOUDAINES

Elles sont caractéristiques des zones accidentées, montagneuses ou désertiques. Aucune observation sur le terrain, ni expérimentation au laboratoire n'ont été réalisées. Il est certain que la soudaineté du flot et les perturbations qu'il occasionne (transformation du milieu, destruction des talus, arrachage des pierres et de la végétation) doivent provoquer un bouleversement complet des biocénoses.

Les animaux sont vraisemblablement entraînés sur de longue distance et seule leur possibilité de nage et leur faculté de résistance à l'immersion leur permettra de survivre. Il est certain que, dans ce cas, la dérive peut jouer également un rôle très important dans la recolonisation des plages endommagées par les crues.

C - DISCUSSION

La comparaison des espèces typiquement ripicoles et des espèces xériques nous a montré que la communauté ripicole était véritablement une entité occupant un milieu bien défini. Le peuplement ripicole réunit des espèces terrestres dont les individus présentent des caractères adaptatifs leur permettant d'échapper à la noyade en cas d'une modification brutale du niveau d'eau (crues) ou lors d'une chute accidentelle dans le milieu aquatique.

Parmi les principaux caractères de cette faune, on peut noter, chez les Coléoptères, un corps élancé pourvu de pattes très longues leur permettant de se déplacer rapidement en cas de danger. Il en est de même des Araignées ripicoles qui peuvent courir avec rapidité à la surface de l'eau évitant ainsi la noyade et les divers dangers venus de la rive (lors des récoltes, les Araignées fuient dans l'eau pour éviter la capture). De plus, la plupart des Coléoptères nagent avec efficacité et se mettent rapidement à l'abri sur les berges exondées.

Un dernier caractère, vraisemblablement le plus original, est l'extrême résistance à l'immersion constatée chez certaines espèces (de quelques heures à plus de 19 heures), immer-

sion réalisée en partie grâce à des réserves d'air localisées, soit à l'extrémité de l'abdomen (*Anchus ruficornis*), soit sur toute la face dorsale des élytres (*Chlaenius velutinus*) soit en un point précis de l'élytre (*Pterostichus lasserrei*).

Cette forme de résistance permet de comprendre un certain nombre d'observations recueillies sur le terrain. Ainsi, *Chlaenius velutinus* a été retrouvé sous une pierre totalement immergée. C'est ensuite la découverte en hiver de deux colonies d'*Anchus ruficornis* (plusieurs individus chaque fois, groupées l'une sous des pierres fortement implantées dans le sol, quelques jours après le passage d'une crue violente, l'autre enfoncée quelques centimètres sous terre (bord de talus), une ou deux semaines après l'immersion totale des berges lors d'une très forte crue (plus de quatre mètres de hauteur d'eau). Il est indiscutable que dans les deux cas, les individus étaient en place avant la crue et ont parfaitement résisté au passage des eaux.

En définitive, on peut dire (les expériences au laboratoire et les observations in situ l'ont montré) que si la crue est lente, progressive et si elle n'entraîne aucun bouleversement profond du biotope les animaux de surface sont capables de fuir et de suivre l'élévation du niveau échappant ainsi à la noyade et même à la dérive.

Quant aux animaux profondément enfouis sous les pierres ou dans le sol, ils vont résister à l'immersion, pendant des délais très certainement supérieurs à ceux observés au laboratoire. Ils attendront la décrue en utilisant leurs réserves d'air et les réserves naturelles rencontrées sous les pierres ou dans les anfractuosités du sol.

II - COMPOTEMENT TROPHIQUE

D'après ALQUIER (1974), les Coléoptères et les Arachnides constituent la part essentielle de la zoocénose ripicole du bord des mares temporaires de la Tour du Valat (Camargue). GAUTIER (1980), étudiant les communautés des biotopes humides dans le parc des Ecrins, signale que ces deux groupes constituent la quasi totalité des individus des peuplements des biotopes étudiés. Les travaux de BIGOT (1977), sur les zoocénoses ripicoles de quelques ruisseaux corses et récemment de l'Ouvèze (1982, avec GAUTIER) montrent que cette communauté est essentiellement de Coléoptères et d'Aranéïdes. FAVET (1981) enfin, considère que ces deux ordres forment 70 % de la faune des communautés de galets de la Durance aux environs de Cadenet (Vaucluse).

En définitive les remarques de tous ces auteurs semblent concordantes, à savoir que la zoocénose ripicole est constituée presque exclusivement de Coléoptères et d'Araignées. Or si les secondes sont carnassières, il en est de même pour les deux tiers environ des Coléoptères. Il paraît peu vraisemblable à première vue, d'envisager une communauté animale où les consommateurs secondaires et tertiaires seraient plus nombreux que les consommateurs primaires.

Nous avons donc essayé dans ce travail d'étudier le régime alimentaire des larves et des imagos ripicoles et de déterminer la nature de leurs proies.

A - REGIME ALIMENTAIRE

1. Cas des adultes

La liste dressée dans le tableau 3 qui regroupe toutes les espèces ripicoles capturées au cours de mes récoltes, montre que ce peuplement ripicole est constitué de :

- 79,51 % de Coléoptères, d'Araignées et d'Hétéroptères à régime carnivore, qui se répartissent comme suit :

. 27,27 % de <i>Trechidae</i>)	
. 11,36 % de <i>Staphylinidae</i>)	
. 9,09 % de <i>Pterostichidae</i>)	
. 4,54 % de <i>Callistidae</i>	)	Coléoptères
. 2,27 % de <i>Pathrobiidae</i>	)	59,07 %
. 4,54 % de <i>Cicindelidae + Omophronidae</i>)	

ORDRES	FAMILLES	ESPECES RIPICOLES	REGIME ALIMENTAIRE	% DES DIFFERENTES CATEGORIES TROPHIQUES
A R A B I G N E S O R T	LYCOSIDAE	<i>Arctosa variana</i> <i>A. leopardus</i> <i>A. cinerea</i> <i>Pardosa morosa</i> <i>P. proxima</i> <i>Trochosa ruricola</i>	Carnivore Carnivore Carnivore Carnivore Carnivore Carnivore	13,63 %
	ERIGONIDAE	<i>Oedothorax fuscus</i>	Carnivore	2,27 %
	TETRIGONIDAE	<i>Tetrix bolivari</i>	Phytophage et Détritivore	2,27 %

Tab. 3 - Répartition des espèces ripicoles dans les différentes catégories trophiques (HETER : Hétéroptères, DER : Dermaptères, ORT : Orthoptères.)

a) Observations et expérimentations en laboratoire

Divers types de proies (Vers de terre, larves de Diptères) et d'aliments (paté, morceaux de viande, de Poissons, etc...) ont été utilisés comme nourriture.

Le comportement trophique des différentes espèces étudiées varie suivant la nourriture employée et l'état de jeûne des individus, ainsi :

- en présence de Vers de terre morts et 24 heures après leur capture, seul *Asaphidion flavipes* se manifeste et s'en nourrit, *Chlaenius velutinus*, *Chlaeniellus vestitus*, *Anchus ruficornis*, *Penetratus rufipennis* ne présentent quant à eux aucune réaction d'attaque.

- en présence de Vers vivants, le comportement des espèces est tout à fait différent, elles s'agitent et se déplacent en tous sens. Lorsque la proie est "perçue" les Coléoptères se précipitent autour d'elle, le ver de terre pouvant être alors la victime d'un ou plusieurs individus. La proie est saisie entre les mandibules et le prédateur s'enfuit sous les pierres ou les débris végétaux, pour la déchiqueter et la dévorer.

- après trois jours de jeûne (les animaux ayant été placés dans une situation de crue (cf Figure 1) et après renouvellement du milieu (c'est à dire retrait de l'eau et reconstitution du ruisseau artificiel avec un lit mineur, une zone rocheuse, une zone parsemée de débris végétaux et de laisses), les Coléoptères s'agitent et se déplacent çà et là, sans doute en quête de nourriture. En effet, des morceaux de Poissons placés dans le milieu sont découverts très rapidement et aussitôt "attaqués" et dévorés. *Pterostichus lasserrei* semble être l'espèce la plus prompte à déceler la nourriture, viennent ensuite *Penetratus rufipennis*, puis *Chlaenius velutinus*, *Chlaeniellus vestitus* et *Anchus ruficornis*.

Cependant, en raison du petit nombre d'expérimentations, il est difficile de dire si cet ordre, dans la possession de la proie, correspond à un cas particulier ou s'il s'agit d'un véritable comportement de groupe.

- En cas de jeûne prolongé, les Coléoptères Carabiques peuvent se dévorer entre eux. Ainsi on constate, après avoir laissé à jeun pendant 26 jours, dans le même milieu, les *Penetratus rufipennis* et des *Trechidae* (*Synechostictus* et *Peryphus*) la disparition totale des seconds, exception faite de quelques pattes, élytres et carapaces céphaliques.

b) Observations et expérimentations sur le terrain

Pour compléter les données concernant le régime trophique des Coléoptères ripicoles, des pièges ont été utilisés sur le terrain. Ils sont constitués de petites boîtes métalliques ($\emptyset = 3$ cm, h = 5 cm), enterrées au ras du sol. Ce type de piège très simplifié est utilisé couramment avec des variantes pour la capture d'Insectes vivant sur le sol (GRUM 1965 in DAJOZ 1978).

Dix sept pièges ont été installés pendant 10 heures (21 h - 7 h) ; un premier

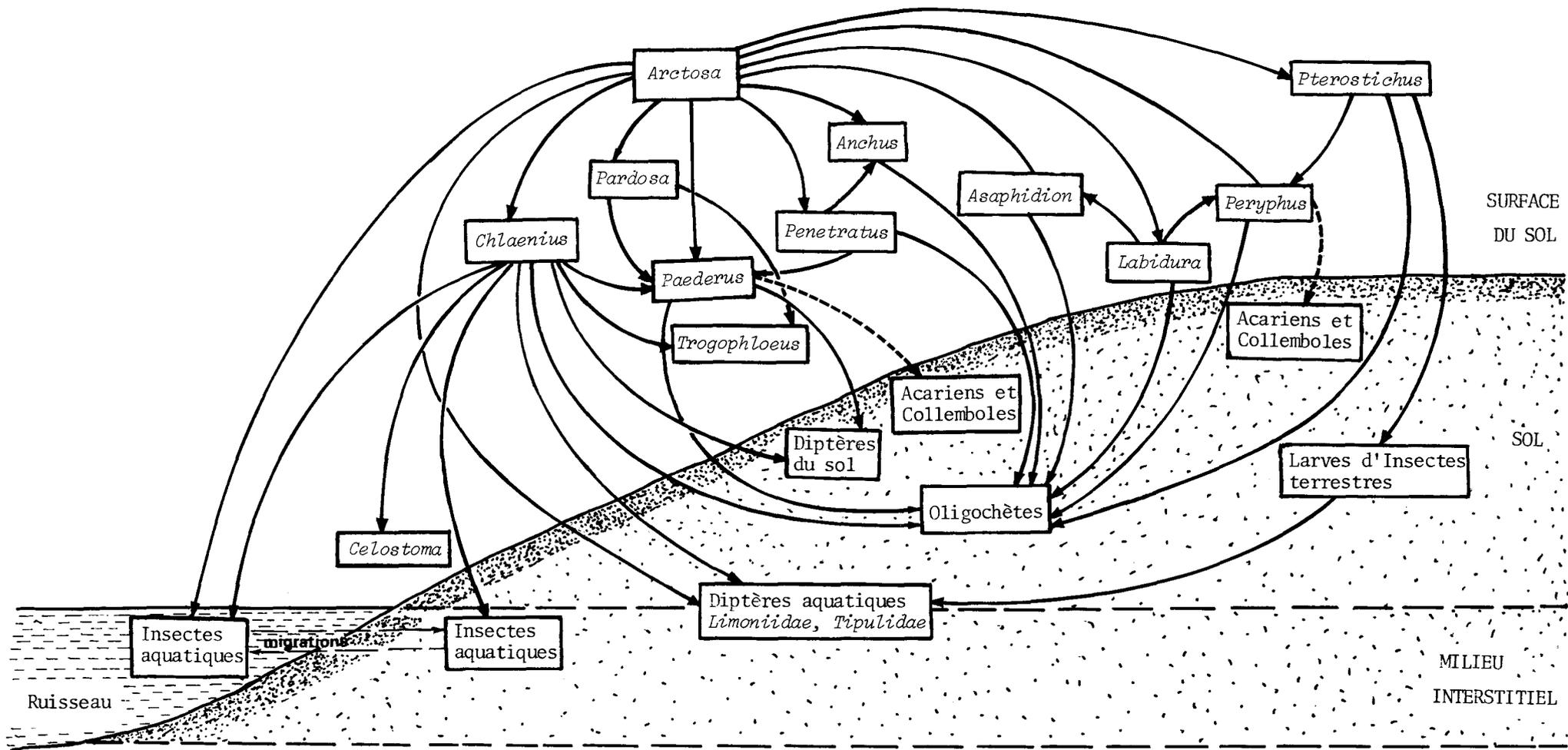


Fig. 4 - Schéma du réseau trophique de la communauté ripicole.

—> relation trophique certaine
 - - -> relation supposée

prélèvement est effectué à 21 heures, le second à 7 heures, deux seulement sont restés vides. Soixante quatre individus furent capturés, pour la plupart des Coléoptères Carabiques et des Araignées.

Le tableau ci-dessous, regroupe les espèces récoltées le 11 juin 1981 au cours de la nuit sur les berges du ruisseau de la Nible.

E S P E C E S	Nombre d'individus capturés à 21 H.	Nombre d'individus capturés à 7 H.	Total des individus
<i>Chlaenius velutinus</i>	17	4	21
<i>Claeniellus vestitus</i>	11	7	18
<i>Peryphus ustulatus</i>	1		1
<i>Abacetus salzmanni</i>	1		1
<i>Penetratus rufipennis</i>	2	5	7
<i>Celostoma hispanicum</i>	1	2	3
<i>Arctosa variana</i>	1	3	4
<i>Pardosa morosa</i>	4	2	7
Coenagrionidae		1	1
<i>Gryllus campestris</i>	1		1
		TOTAL	64

Tab. 4 - Abondance des espèces capturées à l'aide de pièges au cours de la nuit (21 h - 7 h).

Deux observations faites sur le terrain, au cours de la journée, ont complété les résultats obtenus grâce aux pièges, ils s'agit d'une Araignée *Lycosidae* (*Arctosa variana*) tenant dans ses chélicères une larve de Diptère *Limonidae* et d'un *Penetratus rufipennis* capturé sous une pierre dévorant un ver de terre mort.

D'autres expérimentations réalisées à l'aide de pièges identiques aux précédents (disposés suivant un transect allant du bord de l'eau jusqu'à la berge sur une distance de 3 m), nous ont permis de préciser les limites de chasse de la faune ripicole ; celle-ci est cantonnée dans la zone humide (frange capillaire) et ne s'aventure pas au-delà d'un mètre de l'eau.

2. Cas des larves

a) Observations en laboratoire

Elles concernent des larves obtenues au laboratoire et des individus recueillis sur le terrain et confirment les moeurs carnassières des larves de Coléoptères ripicoles.

- des *Pterostichus lasserrei* placés dans des bacs d'élevage ont pu s'accoupler (durée de l'accouplement : 2 h 20 minutes) et pondre. Quinze jours après la ponte, des petites larves ne dépassant pas 1 cm apparaissaient dans le sol. Faisant preuve très rapidement de moeurs carnassières et de cannibalisme, ces larves ont du être élevées séparément.

- des larves de Carabiques récoltées sur le terrain et placées en élevage ont été nourries avec des vers de terre écrasés, de la viande hachée (ce qui semblait leur convenir parfaitement) mais aussi avec des larves vivantes de Diptères (*Psychodidae* essentiellement).

b) Observation sur le terrain

Deux récoltes ont été effectuées dans la nature. La première concerne une larve de *Pterostichidae* trouvée sous une pierre dévorant une larve d'*Harpalidae*, la seconde, une larve de Carabique saisissant dans ses mandibules une larve de Diptère *Tipulidae*.

B - DISCUSSION

Nous venons de voir que la majorité des espèces ripicoles recensées, aussi bien à l'état imaginal qu'à l'état larvaire, ont un régime carnivore. La Figure 4, bien que simplifiée rend compte de la complexité des réseaux trophiques existant au sein de cette communauté ripicole. Il est bien certain que ce peuplement ripicole tel que le conçoit la plupart des auteurs, c'est à dire composé essentiellement de Coléoptères et d'Araignées, est incomplet et ne représente que la partie épigée d'une zoocénose plus complexe regroupant aussi tous les organismes vivant dans les

dans les premières couches du sol (0 à 5 cm). On a pu constater au cours des différentes expérimentations et de multiples prélèvements de sol (Cf. BOUMEZZOUGH 1983), le rôle important que cette faune endogée joue dans les relations trophiques, en particulier les Oligochètes et les larves de Diptères (50 % de faune du sol dans la station de Nible (Cf. Tableau 5).

Groupes Zoologiques	Ruisseau des FENOUILS %	Ruisseau de la NIBLE %
Acariens	38,13	19,93
Collemboles	22,93	6,63
Coléoptères	12,16	22,49
Diptères	21,95	45,90
Divers (Myriapodes (Oligochètes (Diploures (etc...))	4,83	5,01

Tab. 5 - Effectifs (en %) des différentes catégories d'Arthropodes édaphiques, peuplant les cinq premiers cm du sol, dans les stations des Fenouils et de la Nible.

Il en est sans doute de même des Acariens et des Collemboles, qui représentent plus de 61 % de la faune hypogée dans la station des Fenouils, bien qu'aucune observation, n'ait pu encore prouver leur participation à ces chaînes alimentaires. Les Coléoptères du sol ne sont pas non plus à négliger, ils représentent 12 et 22 % de l'effectif total.

A ces organismes endogés terrestres peuvent s'ajouter comme proies :

- tous les carnivores épigés ; la Figure 4, rend compte des nombreuses relations trophiques interspécifiques et intracommunautaires, les espèces ripicoles pouvant se dévorer entre elles (*Arctosa* et *Anchus* par exemple).

- les 22 % de phytophages et de détritivores constituant le reste de la communauté ripicole (*Trogophloeus*, *Celostoma*, etc...).

- toutes les dépouilles d'Arthropodes laissées par le ruisseau le long des berges et des talus.

- tous les Insectes aquatiques (en particulier les larves de Diptères *Tipulidae* et *Limonidae*), qui pénètrent dans le milieu interstitiel et suivent les fluctuations de la nappe phréatique apparaissant quelquefois sur la surface du sol.

III - RYTHME DES ACTIVITES DES POPULATIONS RIPICOLES

La communauté ripicole est composée d'individus le plus souvent craintifs, farouches et lucifuges. Il est extrêmement rare, en effet, de pouvoir les observer pendant la journée et d'en étudier le comportement. Les individus demeurent cachés et ce n'est que dans quelques milieux très particuliers (milieux vaseux ou sablonneux) qu'il est possible, en marchant et en faisant vibrer le sol, de les faire sortir de leurs refuges (fissures, anfractuosités du sol) ; ils apparaissent alors en surface mais fuient immédiatement à la recherche d'un nouvel abri.

Etant donné leurs moeurs nocturnes ; nous avons donc utilisé des pièges afin de tenter de préciser leurs rythmes d'activités.

A - CAPTURE A L'AIDE DE PIEGES

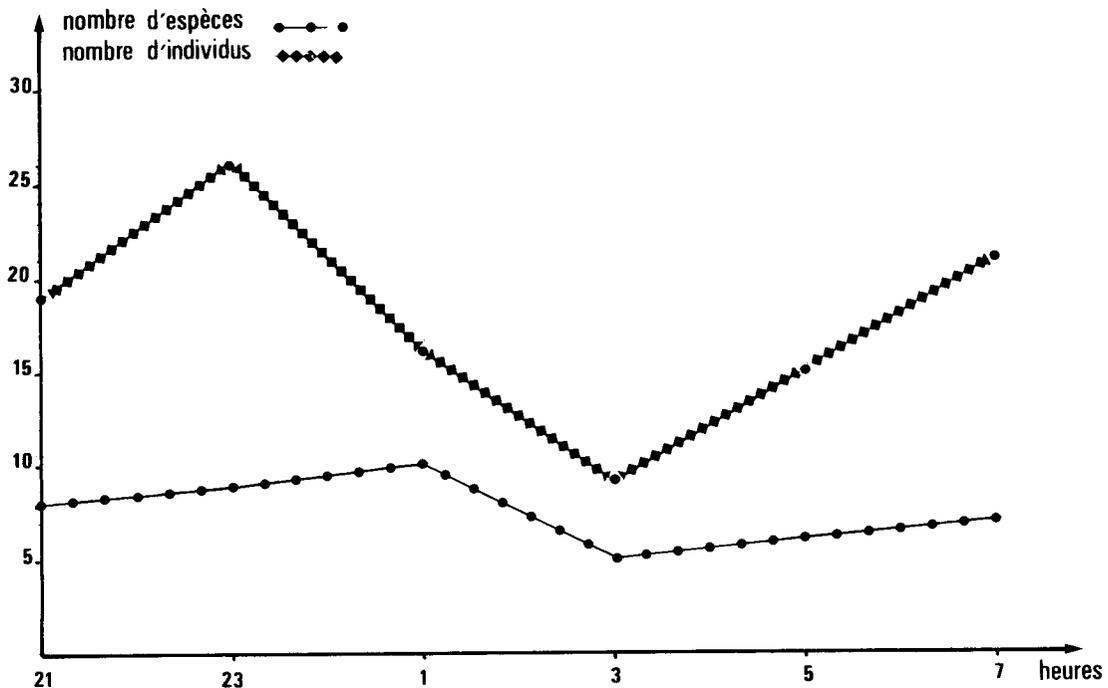


Fig. 5 - Evolution au cours de la nuit de l'effectif d'une communauté ripicole (récoltes réalisées les 10 et 11 juin 1981 dans la station de la Nible).

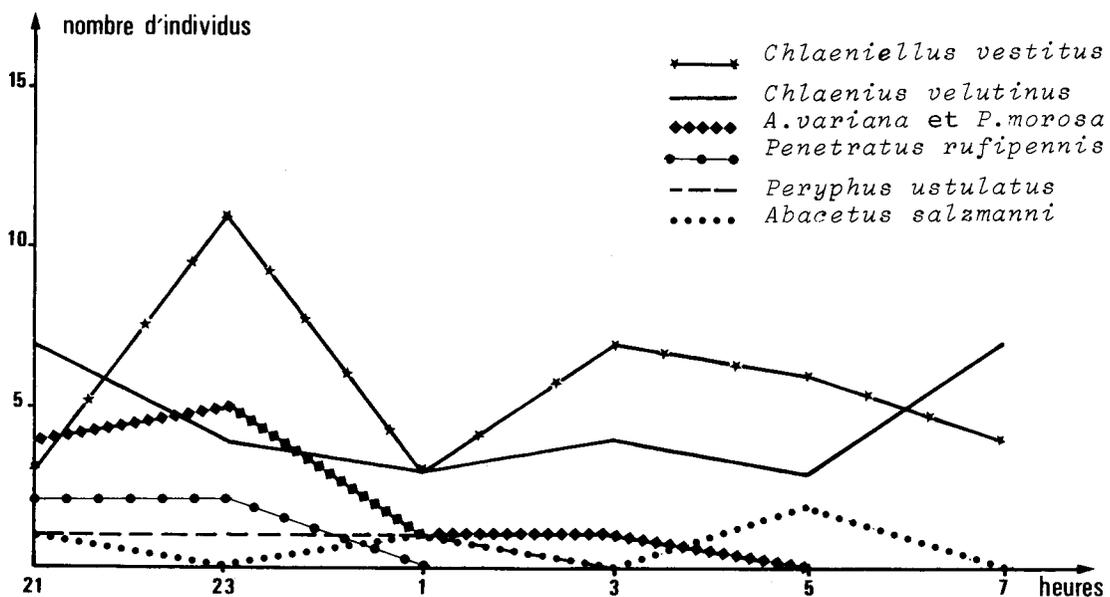


Fig. 6 - Evolution au cours de la nuit de l'effectif de quelques espèces ripicoles (expérimentations réalisées les 10 et 11 juin 1981 dans la station de la Nible).

Ces pièges sont identiques à ceux décrits précédemment (cf chap. II) appâtés avec des vers de terre écrasés, de la viande hachée, ils m'ont permis de capturer un nombre élevé d'individus.

Deux séries de captures ont été effectuées dans la station de la Nible (10 et 11 juin 1981 ; 9 et 10 juin 1982). L'expérimentation a été faite de nuit, de 21 heures à 7 heures et de 21 heures à 5 heures ; les pièges ont été examinés toutes les deux heures et les animaux capturés sont relâchés après détermination.

B - RYTHME DES ACTIVITES

L'observation des figures 5 à 8 (résultats de deux séries de captures faites à

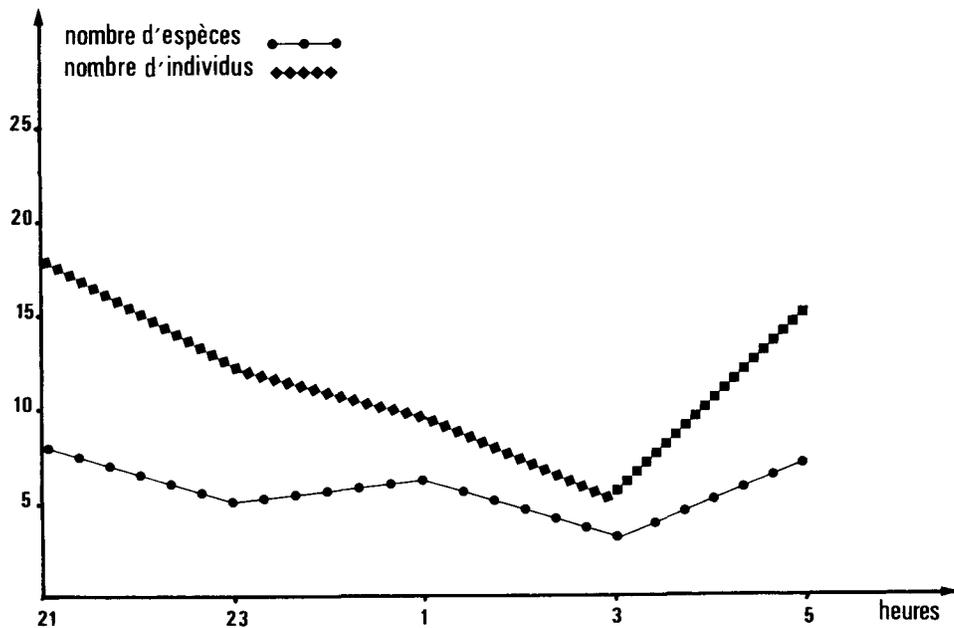


Fig. 7 - Evolution au cours de la nuit de l'effectif d'une communauté ripicole (récoltes réalisées les 9 et 10 juin 1982 à Nible).

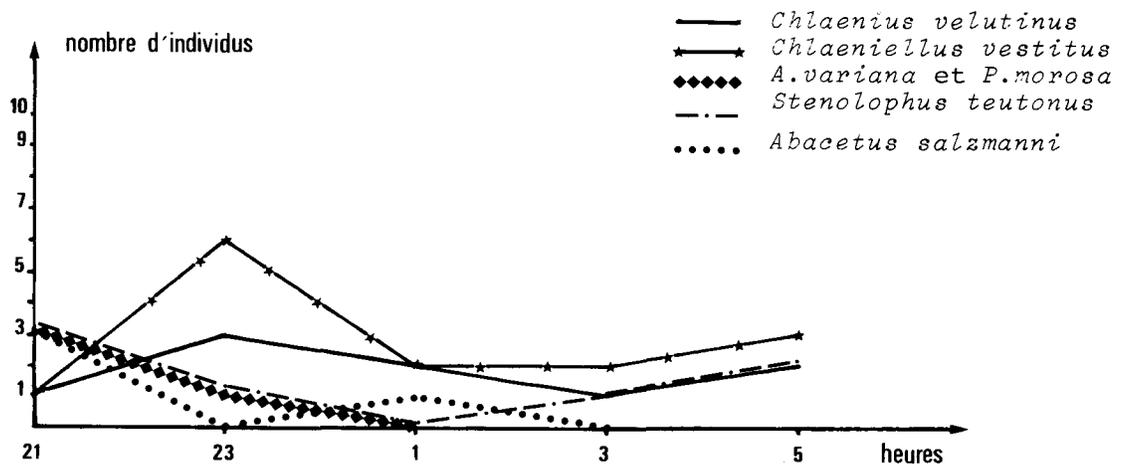


Fig. 8 - Evolution au cours de la nuit de l'effectif de quelques espèces ripicoles (expériences réalisées les 9 et 10 juin 1982 à Nible).

Nible en juin 1981 et juin 1982) montre d'une façon générale que les ripicoles sont actifs pendant la nuit. Des observations analogues ont été mises en évidence par ALQUIER (1974) à propos du rythme nyctéméral d'un peuplement arthropodien de la frange capillaire d'une mare de Camargue.

Les observations effectuées à Nible nous ont permis de définir deux types de comportement :

Certaines espèces présentent un seul maximum d'activité, d'autres en ont deux.

- En ce qui concerne les Araignées (*Pardosa morosa*, *Arctosa variana* et autres *Lycosidae* immatures) leur activité cesse presque totalement vers 1 heure du matin. Ce sont des espèces à activité essentiellement diurne, cas également de *Pardosa cribrata* étudiée par ALQUIER (1974) mais pouvant être aussi crépusculaire et même nocturne.

- Chez les Coléoptères, *Chlaenius velutinus* et *Chlaeniellus vestitus* on observe très nettement deux maximums d'activité. Ces deux espèces ont sensiblement le même comportement, le premier pic d'activité (le plus important) se situe aux environs de 23 heures, le second au lever du jour.

La densité des populations de Coléoptères est donc bimodale pendant la nuit. Ce pre-

mier pic au début de la nuit (aux environs de 23 heures à Nible) a été décrit par ALQUIER "c'est à minuit que la densité des Arthropodes est la plus élevée avec 477 individus récoltés sur 6 m² puis on observe une chute brutale pendant la nuit". Aux espèces typiquement ripicoles s'ajoutent, comme j'ai pu aussi l'observer de nombreux détritivores étrangers au peuplement de la frange capillaire accompagnés de leur cortège de prédateurs".

Les minimums d'activité correspondent à 3 heures du matin à Nible, la densité des individus augmentant ensuite dans les premières heures de la matinée. Les observations d'ALQUIER situent le minimum d'Arthropodes à 6 heures avec un pic vers 9 heures du matin. Un décalage existe donc entre les deux communautés ripicoles étudiées à Nible et en Camargue; il est peut-être dû au fait que l'auteur n'a effectué aucun prélèvement entre 3 heures et 6 heures du matin, période qui marque la reprise des activités à Nible.

Il apparaît ainsi que d'une façon générale, le rôle de la lumière est prépondérant dans le déterminisme de l'activité des espèces ripicoles. Cette intervention n'a malheureusement pas été mise en évidence de façon plus poussée en raison des difficultés d'expérimentation, sur le terrain et du petit nombre d'individus récoltés à chaque prélèvement.

Par ailleurs, il semble que la température intervienne aussi dans le rythme d'activité de la faune ripicole. Les enregistrements de température déjà effectués dans la station ont montré que celle-ci décroît légèrement du soir (19 heures) jusqu'au matin (5 heures); parallèlement le nombre d'Araignées décroît jusque vers 1 heure du matin où il devient minime et cesse totalement avant le lever du jour. Dans ce cas la diminution du rythme des activités semble plutôt sous la dépendance de la température que sous celle de la lumière.

Par contre, chez les Coléoptères ce rythme ne semble que peu influencé par la température (le deuxième pic d'activité du matin est nettement moins important que celui du soir).

Une expérimentation plus poussée permettrait probablement de mettre en évidence des optimums d'activités dus à l'intensité lumineuse et à la température, différents selon les espèces.

Les relations existant entre la densité des populations et les variations diurnes de la température sont connues, de nombreuses espèces circumméditerranéennes et des régions désertiques présentant en effet un maximum d'activité aux premières heures de la journée et vers le soir au début de la nuit.

Ces expérimentations, bien qu'incomplètes, mettent ainsi en évidence, pour quelques espèces ripicoles, une activité prépondérante au début de la nuit. Ces résultats ne sont pas sans rappeler les observations des hydrobiologistes qui, eux aussi, constatent à la tombée de la nuit une augmentation de la faune dérivante des Invertébrés aquatiques.

IV. ESSAI D'ESTIMATION DE L'EFFECTIF DE QUELQUES POPULATIONS RIPICOLES

Dans le cadre d'une étude sur les zoocénoses ripicoles, il apparaît intéressant, en raison des moeurs carnassières de ses représentants d'étudier et d'estimer, même sommairement, l'action de ces carnivores sur la faune entomologique des bords de ruisseau. Les méthodes de dénombrement des populations d'Insectes sont nombreuses mais en définitive une seule, la méthode de capture et recapture, nous a paru susceptible de fournir quelques données sur la densité de ce peuplement ripicole.

A - TECHNIQUES DE MARQUAGE ET RESULTATS

La méthode de capture et recapture (LINCOLN index) peut fournir des résultats valables sous réserve de quelques restrictions. Il faut en effet que la population soit parfaitement stable dans l'espace c'est-à-dire qu'il n'y ait ni émigration, ni natalité, ni mortalité pendant le temps de l'observation et le fait pour un individu d'être capturé ne doit modifier en rien, ses possibilités ultérieures de capture.

Toutes ces conditions semblaient réunies dans la station de Nible au moment de

l'expérimentation (mois de juin), à savoir une communauté ripicole abondante à cette époque (richesse élevée aussi bien en individus qu'en espèces), normalement stable et très localisée, le long d'un petit ruisseau bordé d'une végétation basse et clairsemée et présentant une surface à peu près homogène, les individus ne s'éloignant jamais à plus de 1 à 2 mètres de distance de l'eau. La zone prospectée s'étend sur 34 m de long et 3 m de large (102 m²). Deux séries de captures à 24 heures d'intervalle ont été réalisées; la zone à étudier est parcourue très lentement, chaque pierre et tous les débris végétaux sont soulevés et soigneusement examinés. Les animaux (seuls les Coléoptères et les Araignées sont pris en compte) sont capturés à l'aide de pince ou d'un aspirateur à bouche. Les deux explorations ont été effectuées dans des conditions identiques; les captures, marquages et recaptures ont été effectués au début de l'après-midi.

Le principe de la méthode de capture et recapture est simple : soit P l'effectif inconnu de la population que nous voulons estimer. Une première série de capture nous a permis de marquer * 43 individus qui sont ensuite immédiatement relâchés. Une deuxième série de capture, 24 heures plus tard révèle un effectif total de 72 individus dont un seulement est marqué (une Araignée : *Pardosa morosa*) ; aucun Coléoptère marqué n'a été retrouvé.

- La fréquence des marqués au cours de la 1ère série de capture est $\frac{43}{P}$.

- La fréquence des marqués au cours de la 2ème série de capture est $\frac{1}{72}$.

- La fréquence des marqués lors de la deuxième série de capture peut donc être considérée comme le résultat le plus probable du "tirage" dans la population de 72 individus dont 43 sont marqués.

Le rapport $\frac{1}{72}$ est la valeur la plus vraisemblable du rapport $\frac{43}{P}$.

La relation $\frac{1}{72} = \frac{43}{P}$ donne P = 3096 individus

B - DISCUSSION

L'effectif total des populations ripicoles (Araignées et Coléoptères) obtenu par cette méthode atteint 3096 individus. La zone prospectée correspondant à 102 m² (34 m x 3 m), la densité du peuplement étudié se situe donc autour de 30 individus au m² (30,35). Ce résultat, pour être significatif, doit être comparé, soit à des expérimentations antérieures, soit à des dénombrements quantitatifs réalisés sur de plus petites surfaces.

La méthode de capture et recapture n'ayant jamais été utilisée précédemment pour l'étude d'un peuplement ripicole, seuls des prélèvements quantitatifs pouvaient fournir quelques données de comparaison.

Ainsi à Nible, 3 stations de 1 m² ont été étudiées et prospectées au cours d'un cycle annuel (Cf. BOUMZZOUGH, 1983), la moyenne annuelle des individus au m² pour les trois milieux étudiés se répartie comme suit :

- 1ère station : 13,7 individus/m²

- 2ème station : 8,3 individus/m²

- 3ème station : 11,7 individus/m²

Ces densités sont, à première vue, assez éloignées de celles obtenues par la méthode de capture et recapture (30,35 individus/m²). Cependant, les marquages et remarques ayant été réalisés au mois de juin, comparons les résultats de cette méthode avec les densités au m² relevées au cours des mois de mai, juin et juillet, période optimale pour la faune ripicole, dans les trois stations choisies à Nible.

Mai : 28 individus/m²

Juin : 21 individus/m²

Juillet : 19 individus/m²

* : A l'aide d'un pinceau très fin, une marque à la peinture à l'huile est faite sur l'abdomen pour les Araignées, sur le pronotum ou les élytres pour les Coléoptères.

Moyenne des 3 mois : 22,6 individus/m².

Cet écart entre les deux méthodes, quoique élevé (22,6 et 30,35), montre cependant une certaine convergence dans les résultats, différence qui s'amenuise presque totalement si on prend en compte les résultats des prélèvements quantitatifs de mai : 28 individus/m², (30 individus/m² par la méthode de capture et recapture).

Les relevés de GAUTIER (1980) relatifs à quelques torrents alpins sont très irréguliers, l'effectif des populations étant compris entre 30 individus/m² et zéro.

Il n'est pas possible, semble-t-il, de comparer les résultats obtenus à Nible avec ceux de FAVET (1981) réalisés le long des rives de la Durance où des densités très élevées de l'ordre de 425 individus/m² et même 1624 individus/m² sur la plage humide ont été enregistrées lors des prélèvements. En effet, la Durance, fleuve de plusieurs dizaines de mètres de large, ne peut se comparer au ruisseau de Nible.

La méthode de dénombrement par capture-recapture doit pouvoir être améliorée. En effet les Arthropodes ripicoles sont surtout actifs la nuit (cf. chap. III) et restent cachés le jour sous les pierres et les amas de feuilles et branches. L'expérimentation, telle que nous l'avons réalisée (après-midi) consistait à retourner chaque pierre, à soulever tous les débris végétaux et à explorer les premiers centimètres du sol ; le biotope est donc totalement perturbé. Le marquage de nuit, aux environs de minuit (période maximale de l'activité des individus) ou aux premières heures de la matinée, aurait donc l'avantage de permettre la capture des animaux, sans endommager le biotope.

Cette méthode de dénombrement peut-elle convenir pour déterminer l'effectif des populations ripicoles ? Il est bien évident que le travail effectué à Nible est trop fragmentaire et reste trop isolé pour être généralisé ; d'autres expérimentations doivent être faites à des périodes différentes et dans d'autres ruisseaux ; des séries successives de marquage et remarquage selon la méthode de JOLLY (1965) peuvent aussi être employées. Dans ces conditions, et les premiers résultats obtenus à Nible sont encourageants, le principe d'une utilisation systématique de la méthode de capture et recapture peut être envisagé.

V. BIOCYCLE DES COLÉOPTÈRES RIPICOLES : APERÇU SUR LE CYCLE DE DÉVELOPPEMENT.

Le peuplement ripicole se rencontre toute l'année avec des variations saisonnières plus ou moins importantes. La période optimale pour l'observation de cette communauté se situe entre la fin du printemps et le début de l'été ; la saison chaude provoquant avec la sécheresse et l'évaporation des sols une baisse importante de la densité de la population et même la disparition de certaines espèces. La faune ripicole s'appauvrit en hiver, certaines espèces disparaissent, d'autres comme les *Trechidae* sont présentes toute l'année.

A - ELEVAGE DES LARVES AU LABORATOIRE

En décembre 1981, des larves de Carabiques récoltées sur le terrain et 11 larves de *Pterostichus lasserrei* (longueur : 4 à 10 mm) obtenues au laboratoire à partir de ponte * (Cf. chap. II) sont isolées dans des bacs d'élevage (boîte en plastique, contenant quelques millimètres de terre humectée régulièrement). Ces larves sont placées à des températures basses de l'ordre de 4 à 6° C., c'est-à-dire des températures voisines de celles du milieu extérieur en cette période. Elles sont nourries avec de la viande hachée, des vers de terre écrasés et des larves de Diptères *Psychodidae*.

Après la période hivernale (vers la fin mars), ces larves sont soumises à une élévation graduelle de la température, jusqu'à 18° C. 3 larves de *Pterostichus lasserrei* sur les

*: La larve de *Pterostichus lasserrei* était inconnue à ce jour, sa description détaillée fera l'objet d'un travail ultérieur.

Il que contenait le lot initial ont mué donnant des larves de deuxième stade (longueur : 13mm). Malheureusement tous les individus sont morts dans les 15 jours suivants, c'est-à-dire vers la fin mai 1982.

Bien que nourries régulièrement, dans des conditions de température et d'humidité le plus proche possible des conditions naturelles, ces larves n'ont pas survécu, nous ignorons les raisons de cet échec. Il est regrettable que cet élevage, qui avait pour but de fournir quelques précisions sur la durée du cycle de développement des Coléoptères ripicoles ait échoué, car aucune donnée précise n'existe à l'heure actuelle dans ce domaine. Les travaux de RAYNAUD (1976 - 1977) sur les Coléoptères Carabiques n'apportent aucun renseignement supplémentaire, bien que cet auteur ait pu, à plusieurs reprises, obtenir des imagos, mais seulement à partir de larve de 3e stade, recueillies sur le terrain 1 ou 2 semaines avant la nymphose dont la durée est voisine de 15 jours environ. De même FAVET (1981), ayant récolté un certain nombre de larves à la fin du printemps et le début de l'été, n'a obtenu que 3 adultes (*Chlaenius vestitus*) et seulement à partir de larves déjà âgées (longueur : 20 mm). Une telle observation montre cependant que le cycle de cette espèce se déroule dans le même milieu alors que l'on ignore encore la durée et le lieu des cycles des autres espèces*.

B - RECOLTE DES LARVES DANS LA NATURE

Les larves de Coléoptères ripicoles sont extrêmement rares dans la nature et tous les auteurs font état des difficultés qu'ils rencontrent dans la recherche de ces individus.

GACHET (1971) dans son inventaire faunistique ne mentionne aucune larve ni imago de Coléoptères Carabiques.

GAUTIER (1977) malgré de nombreuses recherches sur le terrain et plusieurs lavages de terre au laboratoire n'a pu obtenir aucune larve de *Trechidae*. Cet auteur signale que les seuls documents existants sur les larves de *Trechidae* sont relatifs à la morphologie et à la systématique mais ne concernent pas leur écologie (L. BOLDORI 1958, 1964).

RAYNAUD (1976 , 1977) pour sa part a récolté en surface un certain nombre de larves vers la fin du printemps et le début de l'été.

Les relevés de FAVET (1981) sur la Durance semblent plus importants puisqu'il mentionne la présence de 200 larves environ, de tailles différentes recueillies sur la surface du sol du mois d'avril au mois d'août, aucun individu n'ayant été récolté en hiver.

Seulement un petit nombre de larves figure dans nos prélèvements : en effet, 57 larves seulement ont été recueillies sur le sol ou en profondeur malgré plusieurs centaines de m² prospectés dans 7 ruisseaux et dans plus de 3 m³ (3,168) de terre soumis au Berlèse ou traités par lavage.

biotopes		mois									
		J	F	M	A	M	J	J	O	N	D
Total des larves de Carabiques recensées	Surface du sol	10	3	1	5			4	2	3	2
	Sol				3	9	3	9	3		

Tab. 6 - Tableau regroupant les larves de Coléoptères Carabiques recueillies sur le terrain en surface et dans le sol (extraction par Berlèse).

* : Le fait que *Pterostichus lasserrei* ait pu s'accoupler et pondre au laboratoire et que les larves puissent survivre plusieurs mois dans ce milieu permet de supposer que les imagos et les larves de cette espèce fréquentent le même habitat.

Nos récoltes échelonnées sur 10 mois (en surface du sol ou en profondeur) aussi bien en hiver qu'en été tendraient à montrer que les larves de Coléoptères Carabiques sont présentes dans le sol toute l'année, dans le biotope occupé par l'adulte à la belle saison. Le maximum des individus se situe en janvier (10) et en juillet (13).

La profondeur de leur habitat dépend vraisemblablement des différentes modalités du biocycle, de la température, de l'humidité, de la hauteur de la nappe phréatique, etc.. Le cycle de développement des Coléoptères Carabiques ripicoles étant totalement inconnu, seules quelques hypothèses peuvent être émises. Ainsi la fréquence plus élevée des larves capturées à la fin du printemps et le début de l'été, sur le sol par RAYNAUD (1976, 1977) et FAVET (1981) pourrait correspondre à une remontée des larves en surface, 2 ou 3 semaines avant la nymphose (comme on l'observe chez de nombreux Insectes), leur absence en hiver dans les relevés de ces deux auteurs pouvant être due à une pénétration plus profonde des individus dans le sédiment. Or, au cours de nos relevés, 19 larves ont été prélevées en surface au cours des mois les plus froids (novembre à mars) et parmi les 38 larves restantes recueillies sur la période d'avril à octobre, 27 se tenaient en profondeur (Cf. Tab. 6), résultats peu différents de ceux obtenus par RAYNAUD et FAVET). Le petit nombre d'individus récoltés et l'absence de données précises sur le cycle de développement des Carabiques ne permettent pas d'expliquer ces variations.

C - RECOLTE DES ADULTES

Les imagos comme les larves sont présentes toute l'année avec des variations saisonnières plus ou moins importantes. Dès le mois de mars, dans la plupart des ruisseaux, les effectifs augmentent, atteignant leur maximum en juin et juillet (Fig 9, 10), de juin à septembre pour le ruisseau du Cavalier (Fig. 10,e) (on notera dans ces courbes l'importance des Coléoptères Carabiques par rapport à l'effectif total des Coléoptères). Cette densité élevée au début de la saison estivale correspond à ce qu'on observe pour la plupart des biocycles des Arthropodes dont le stade imaginal apparaît en été. Un certain décalage des périodes d'activités semble exister chez ces Coléoptères. On observe ainsi dans les courbes 11 des espèces typiquement printanières : *Peryphus andreae* (Fig. 11,c), des espèces printanières et estivales : *Abacetus salzmanni* (Fig. 11, g), *Synechostictus ruficornis* (Fig. 11,j), des espèces automnales : *Pterostichus lasserrei* (Fig. 11,h), *Penetratus rufipennis* (Fig. 11,i) et des espèces printanières et automnales : *Anchus ruficornis* (Fig. 11,f). Pour les Coléoptères endogés (0 - 5 cm) la période optimale est comprise entre juillet et octobre, avec un maximum en septembre (Fig. 9,b). Une baisse très importante de l'effectif apparaît dès le début de l'automne (octobre) ; le minimum est atteint au cours de la période hivernale (de décembre à février). En hiver les conditions extrêmes qui règnent au bord des eaux (basses températures, glace, crue de février 1981) entraînent une chute de la richesse spécifique du peuplement ripicole ; quelques espèces comme *Pterostichus lasserrei* (Fig. 11,h) et *Chlaenius vestitus* (Fig. 11,e) disparaissent totalement au cours de cette période.

En fait cette forte diminution de l'effectif ripicole s'accompagne également d'un déplacement de la communauté vers les bords du ruisseau et vers le talus en particulier. FAVET (1981) signale en effet que : "le talus quant à lui, présente les plus fortes densités de l'hiver..., il possédait en janvier 1979 des densités supérieures à 450 individus au m²".

Quelques transects ont été réalisés, en janvier 1982, dans les ruisseaux prospectés, pour essayer de préciser les conditions d'habitats de cette faune et la présence ou l'absence de certaines espèces.

Ainsi les transects effectués dans l'Aille et les Prés d'Aille (Fig. 12, b, d) montrent que les espèces se trouvent en grande partie sur le talus et ont déjà commencé à envahir le plateau.

FAVET (1981) signale que "les parties hautes sont exceptionnellement colonisées lorsque leur humidité atteint un degré suffisant". Cette colonisation s'observe en général à

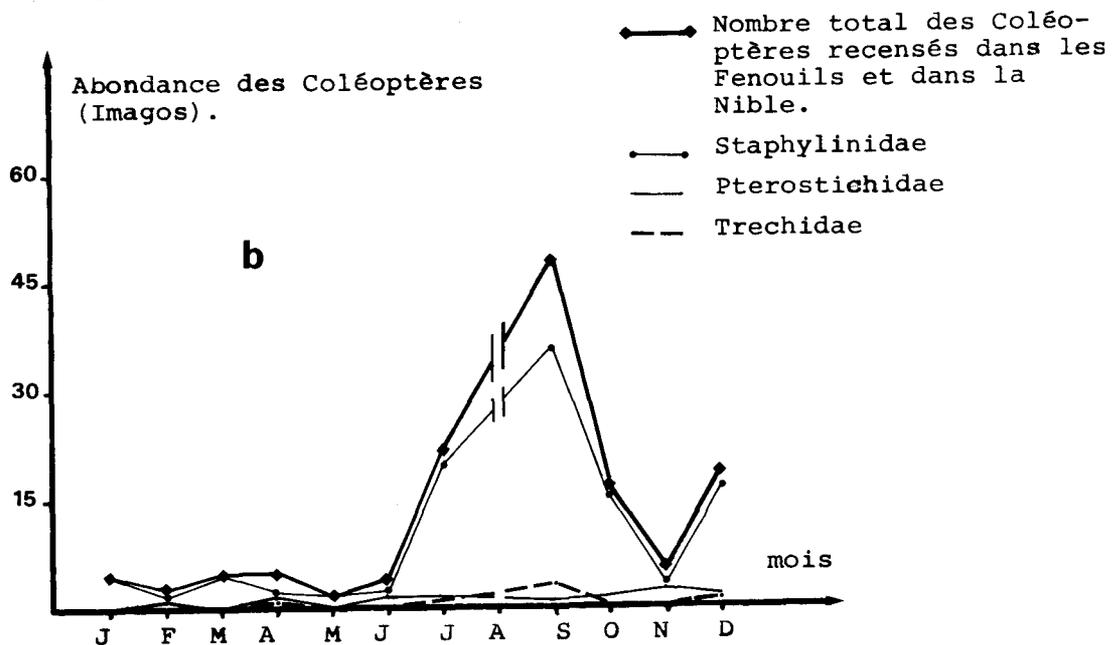
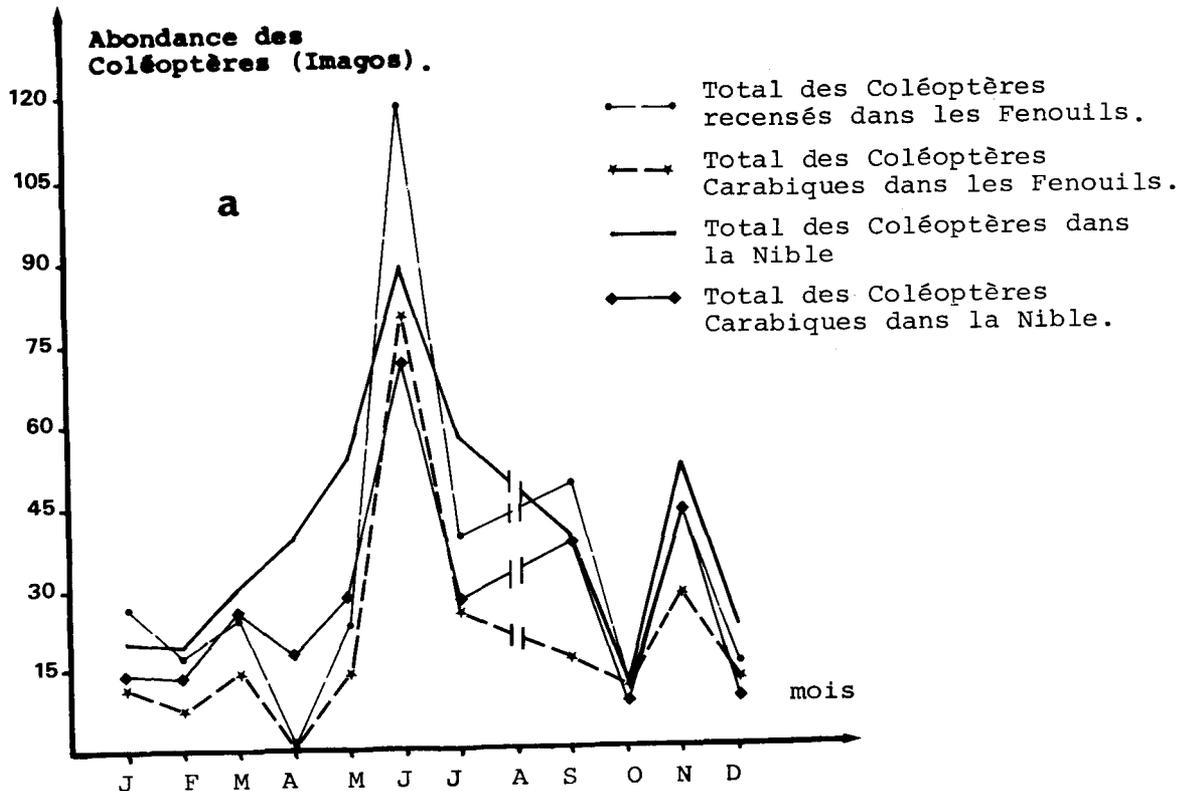


Fig. 9 - Evolution des abondances mensuelles des Coléoptères épigés (fig. a) et des Coléoptères hypogés (0 - 5 cm) (fig. b) (seuls les Coléoptères terrestres ripicoles et non ripicoles figurent dans cette représentation) dans les stations des Fenouils et de la Nible.

la suite de pluies ou de crues violentes.

La valeur de l'humidité du sol au niveau du talus dans l'Aille est de 61,29 grammes pour 100 grammes de terre sèche ; cette teneur en eau est très nettement suffisante pour assurer le maintien de la communauté ripicole dans ce milieu.

D'autres transects réalisés dans la station de Belleiman (Fig. 12,c) et dans la station du Cavalier (Fig. 12,a) ont permis de montrer qu'en hiver les espèces ripicoles utili-

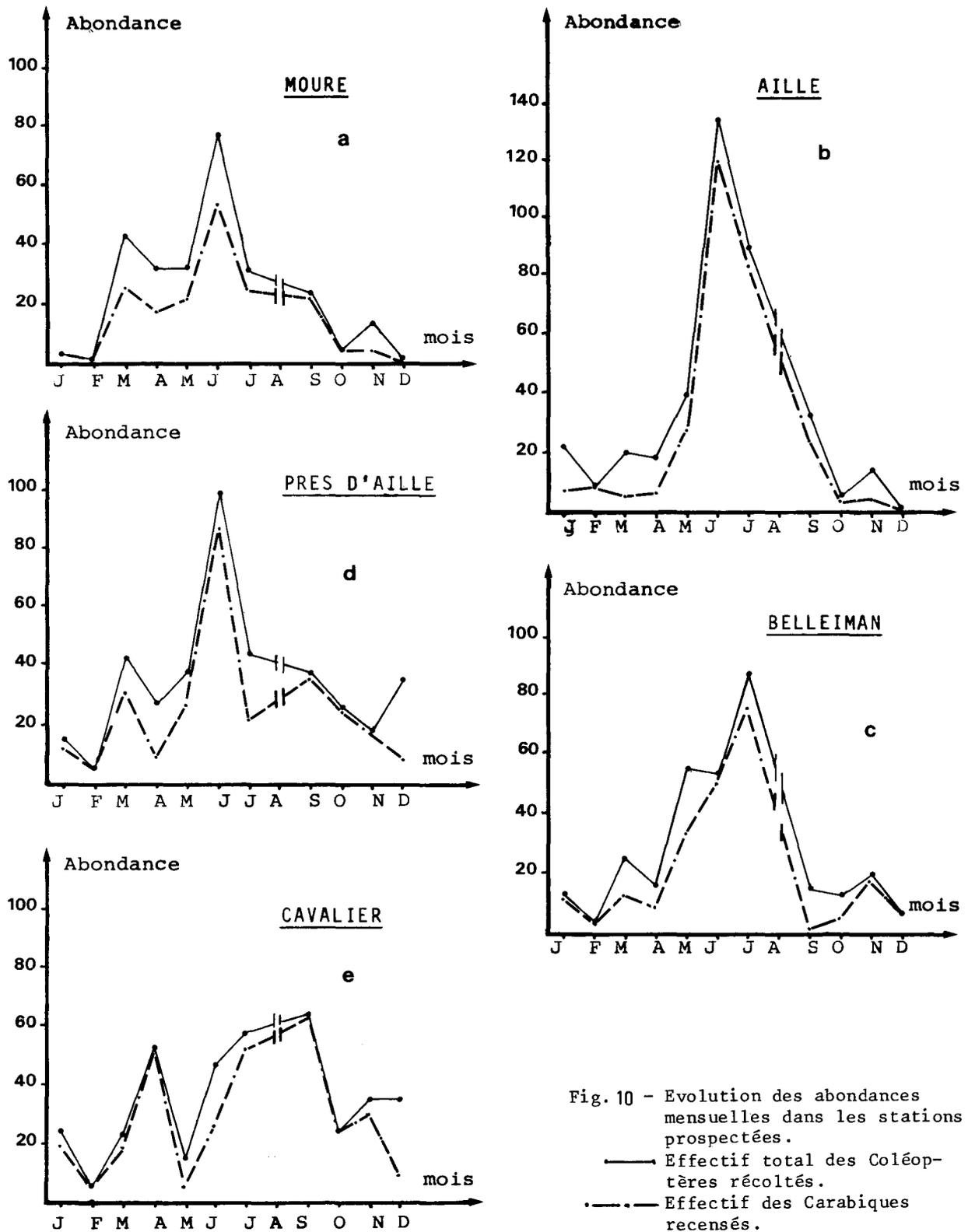


Fig. 10 - Evolution des abondances mensuelles dans les stations prospectées.
 — Effectif total des Coléoptères récoltés.
 - - - Effectif des Carabiques recensés.

sent les anfractuosités du sol, les cavités sous les pierres, ou pénètrent assez profondément dans le sol. Ainsi de nombreux *Trechidae* ont pu être récoltés dans la pente du talus, la plupart à plus de 5 cm dans le sol sous des racines d'*Ulmus campestris*.

Parmi les espèces récoltées en hiver, on note :

- *Anchus ruficornis* qui dans les transects est toujours cantonné dans la partie haute du talus, cette espèce présente la densité la plus élevée.

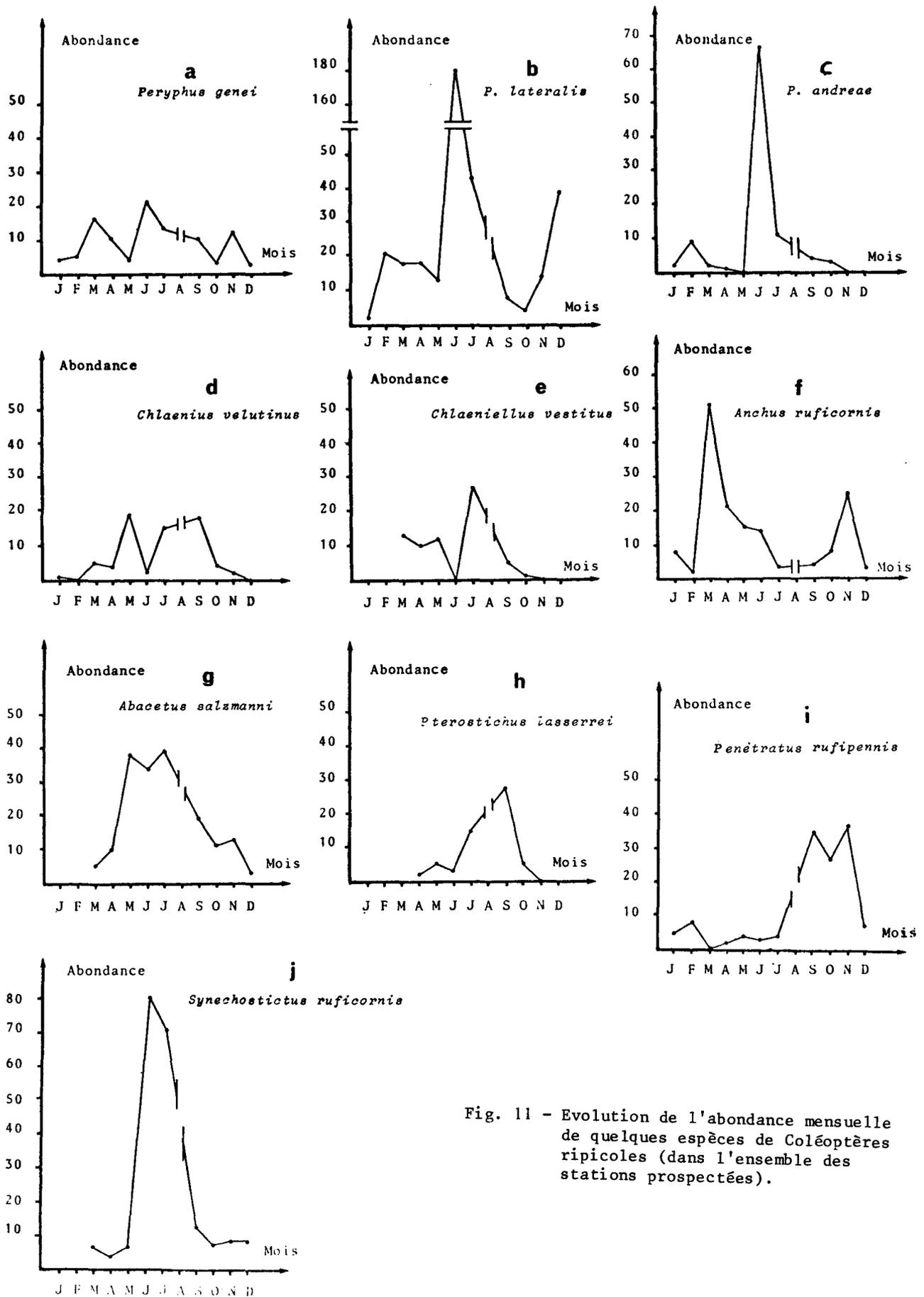


Fig. 11 - Evolution de l'abondance mensuelle de quelques espèces de Coléoptères ripicoles (dans l'ensemble des stations prospectées).

- *Paederus rubrothoracicus* ; ce staphylin passe l'hiver sur le talus et également sur le plateau. Il se cache sous les débris végétaux et sous des abris divers.

- *Peryphus andreae*, *Peryphus genei*, *Peryphus lateralis*, *Synechostictus elongatus* et *Asaphidion flavipes* ; ces 5 espèces passent l'hiver, dans le talus, la plupart du temps rassemblées en petits groupes.

- *Penetratus rufipennis* et *Chlaenius velutinus* sont très peu abondants (un ou deux exemplaires), ils sont recoltés également sur le talus cachés dans les anfractuosités du

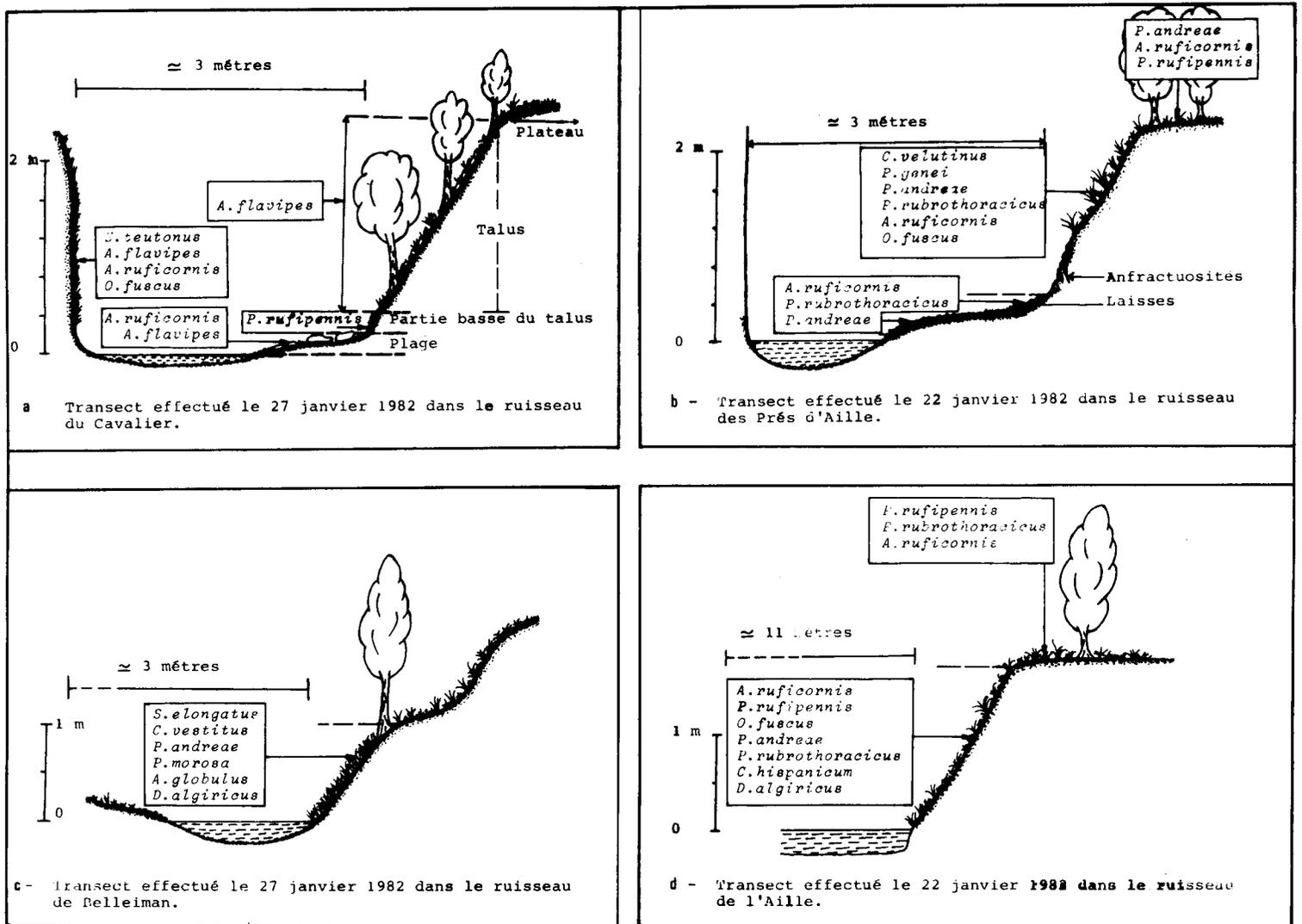


Fig. 12 - Transects réalisés dans quelques stations d'études.

sol à 4 ou 5 cm de profondeur.

Quant aux Araignées (*Oedothorax fuscus*, *Pardosa morosa* et *Arctosa variata*) elles sont encore abondantes en hiver et sont vraisemblablement les dernières à quitter les zones humides et à regagner le talus et les parties hautes du plateau.

Quelle est la durée du biocycle de développement des Coléoptères ripicoles ? Quelle est la durée de vie d'un adulte ? Quel est le nombre de stades larvaires ? Ce sont beaucoup de questions parmi tant d'autres que ni nos recherches personnelles, ni les travaux de GACHET (1978a et b), GAUTIER (1977) et FAVET (1981) n'ont pu résoudre. Les seules données relatives à ce sujet sont apportées par VAN DER DRIFT (1951) qui étudiant une hêtraie des Pays-Bas a constaté que

l'hibernation se fait à l'état larvaire ou nymphal pour les *Carabidae* (espèces à pontes printanières).

CONCLUSION

Ces recherches nous ont permis enfin de mettre en évidence chez plusieurs espèces de Coléoptères ripicoles un certain nombre d'adaptations vis à vis de l'eau au cours de l'inondation accidentelle ou provoquée de leur habitat et d'étudier les réactions et le comportement des individus à ce phénomène. On est en effet, surpris de retrouver, peu de temps après le passage d'une crue, dans la mesure où celle-ci est lente et progressive et n'entraîne aucune modification profonde de la structure des berges, une communauté ripicole sinon intacte, du moins encore importante et diversifiée. Les expérimentations réalisées au laboratoire ont montré que les individus peuvent échapper à l'inondation soit en nageant, soit en s'envolant, soit en regagnant le talus à la course, soit enfin en s'enfonçant dans l'eau et le substrat en y demeurant cachés à l'abri sous les cailloux immergés ; ce dernier comportement peut se réaliser grâce à un certain nombre d'adaptations leur permettant de mettre en réserve une quantité d'air suffisante pour résister à l'immersion au cours de périodes plus ou moins longues.

Concernant le régime alimentaire, on a pu remarquer que de nombreux individus de la communauté ripicole épigée et plus particulièrement les Araignées et les Coléoptères Trechidae fréquentaient aussi les couches superficielles du sol, soit pour y trouver un abri ou un refuge contre les prédateurs, soit pour se soustraire aux conditions défavorables (essentiellement en hiver) soit enfin, pour y chercher une source de nourriture. Il est certain que de nombreuses espèces épigées se nourrissent aussi au dépens des organismes endogés ; en effet bien que tous les travaux ayant trait à la zoocénose ripicole épigée ne fassent état que d'espèces carnivores, il n'est pas possible de concevoir dans la nature, une communauté animale constituée exclusivement d'espèces carnivores et dépourvue des premiers maillons de la chaîne trophique. Certes des phénomènes de cannibalisme ont été observés au laboratoire et peuvent se produire sur le terrain, de même l'entomofaune aquatique et terrestre qui peuple irrégulièrement la frange capillaire peut constituer un apport de nourriture non négligeable. Cependant les résultats obtenus par Berlèse (Cf. BOUMZZOUGH, 1983) et qui concernent les cinq premiers cm du sol ont montré l'extrême richesse de la faune endogée en Collemboles, Acariens, Oligochètes, larves de Diptères et de Coléoptères. Bien qu'aucune relation prédateurs - proies n'ait pu être mise en évidence entre la faune ripicole épigée et l'ensemble Collemboles et Acariens, les observations sur le terrain et en laboratoire ont montré que les Oligochètes et surtout les larves de Diptères intervenaient pour une très grande part dans la nourriture des espèces carnivores épigées.

BIBLIOGRAPHIE

- ALQUIER C. (1974). Le peuplement de la frange capillaire des mares temporaires en moyenne Camargue
Thèse de spécialité (Ecologie) - Aix-Marseille III, 1 - 143
- AMIET J.P. (1967) Les groupements de Coléoptères terricoles de la haute vallée de la Vésubie (Alpes Maritimes). *Mémoires du Muséum, Paris. Série A, Zool.*, 46, 1967, 2, 125 - 213.
- BIGOT L. (1977). Contribution à la connaissance des Zoocénose ripicoles de surface en Corse.
Ecologia mediterranea, 3, 5 - 12.
- BIGOT L. & GAUTIER G. (1981). Originalité et intérêt écologique de la communauté ripicole et pélophile de surface. *Bull. Mus. Hist. Nat. Marseille*. 51 : 13-30.
- BIGOT L. et GAUTIER G (1982). Inventaire des espèces d'Arthropodes en position de ripicoles et commentaires sur leur répartition. *Ecologia mediterranea*, VIII, 4, 11-36.

- BOLDORI L. (1958). Larve di coleopteri I.- larve di Trechini X. *Mem. Soc. ent. ital.*, 37, 149 - 161
- BOLDORI L. (1964). Appello ai coleotterologi par lo studio degli stadi preimmaginali dei Bembidion e tre problemi da risolvere. *Boll. Soc. ent. ital. suppl.* 7-8 : 13-16.
- BOUMZZOUGH A. (1963). Les communautés animales ripicoles épigées et endogées du bassin versant de la rivière Aille (Var-France). *Thèse 3ème cycle - Aix-Marseille III*, 191 p.
- DAJOZ R. (1975). Biocénoses de Coléoptères de la haute vallée d'Aure et du Massif de Neouville (Hautes Pyrénées). *Cahier des Naturalistes* 31, 1 - 40.
- DAJOZ R. (1978). Précis d'écologie. *Gauthier Villars*, 3ème édit., 549 p.
- FAVET C. (1981). Communautés ripicoles de la basse Durance. *Thèse de 3ème cycle - Aix-Marseille III* : 1 - 371
- GACHET M. (1971). Etude des fluctuations de la faune ripicole macroscopique d'un étang de la région grenobloise. *Trav. Lab. Hydrobiol. Grenoble.* 62, 17 - 57.
- GACHET M. (1978a). 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.
- GACHET M. (1978b). 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.
- GACHET M. (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.
- GAUTIER G. (1977). Etude écologique des communautés de Tréhidés ripicoles halophiles en Camargue laguno-marine. *Thèse de 3ème cycle - Aix - Marseille III* : 1 - 157.
- GAUTIER G. (1980). Les communautés de Coléoptères et d'Araignées des biotopes humides dans le Parc National des Ecrins. *Ecologia mediterranea* 5, 3 - 23.
- JARRIGUE J. (1959). Les *Paederus* de la faune française. *L'Entomologiste*. 1. 1.
- JOLLY G.M. (1965) - Explicit estimates from capture - recapture data with both death and immigration : stochastic model. *Biometrika*, 52, 225 - 247.
- PIQUE I. (1962). Faune ripicole des Pyrénées ariégeoises. *D.E.S. ; Fac. Sc. Toulouse* : 1 - 48.
- RAYNAUD P. (1976a). Description de deux larves de Coléoptères Carabiques. *Entomops, Nice*, 38, 195 - 198.
- RAYNAUD P. (1976b.). Description de cinq larves de Coléoptères Carabiques. *Entomops, Nice*, 40, 275 - 284.
- RAYNAUD P. (1977). Description de deux larves de Coléoptères Carabiques. *Entomops, Nice*, 41, 8 - 13.
- VAN DER DRIFT J. (1951). Analysis of the animal community in a beech forest floor. *TijdsK Ent.*, 94, 168 p.

New biotopes of the species *Allolobophora dofleini* (UDE, 1922) and the subspecies *Bimastus antiquus bouchei* (ZICSI-MICHALIS, 1981) (Oligochaeta-Lumbricidae)

K.B. MICHALIS[★]

RESUME - Des biotopes nouveaux de l'espèce *Allolobophora dofleini* (UDE, 1922) et de la sous-espèce *Bimastus antiquus bouchei* (ZICSI-MICHALIS, 1981) ont été trouvées dans la région du Mont Pieria. Les données de l'étude de biotopes montrent que l'espèce et la sous-espèce plus haut citées présentent une résistance très marquée aux conditions écologiques.

SUMMARY - The district of Pieria mountain was studied. New biotopes of the species *Allolobophora dofleini* (UDE, 1922) and subspecies *Bimastus antiquus bouchei* (ZICSI-MICHALIS, 1981) were found. From the data by the new biotopes concludes that the above species as also the subspecies arrears a big range of resistance about the ecological conditions.

ZUSAMMENFASSUNG - Es wurde das Gebiet des Pieria Gebirges untersucht. Man fand neue Fundorte der Art *Allolobophora dofleini* (UDE, 1922) und der Unterart *Bimastus antiquus bouchei* (ZICSI-MICHALIS, 1981). Aus den Angaben der neuen biotope geht hervor, dass die oben erwähnte Art und auch die Unterart eine erweiterere Anpassungsmöglichkeit bezüglich der ökologischen verhältnisse des Untersuchungsbereiches aufweisen.

INTRODUCTION

In 1979, working in collaboration with Professor Dr. A. ZICSI of the Academy of Sciences at Budapest, we collected a large sample of Oligochaeta over an extended region of Greek territory, ranging from Peloponnesus in the south Thessalia and East Macedonia. Our results were then published in the periodical "Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae" under the title "Übersicht der Regenwurm - Fauna Griechenlands (Oligochaeta - Lumbricidae)".

In the present work we mention a new subspecies namely *Bimastus antiquus bouchei* (ZICSI-MICHALIS, 1981). As explained in our paper (p. 246), the above was found at two different biotopes not far from each other. The Otype is located just before reaching Foteina (coming from direction of Deskati) and the Paratype a few hundred meters away. This subspecies was also found at Litochoron Pierias (second Paratype). The location and distance between these biotopes lead us to examine the region covered by the Pieria Mountain range. In April, 1982, we proceeded by collecting a new sample of Oligochaeta from this area. Quite far from the Otype and the Paratypes of the Northern and Eastern Olympos, we discovered the subspecies in the Western region of the Pieria Mountains, at a short distance from the outskirts of the village Velvendos Kozanis, almost at the foot of the Mountains.

It is worth mentioning here the reappearance of the species *Allolobophora*

[★]Department of Zoology - University of Thessaloniki - TESSALONIKI Greece.

dofleini which was found in Greece for the first time in 1971 with the name *Allolobophora savigny*. In 1981, however, as a result of a collaboration between the author and Dr A. ZICSI, the name of this species was revised and changed to *Allolobophora dofleini* (UDE, 1922).

SYNOPTICAL LIST OF LUMBRICIDAE OF THE PIERIA MOUNTAIN REGION

Eiseniella tetraedra tetraedra (SAVIGNY, 1826)
Eiseniella tetraedra bernensis (Rib., 1896)
Bimastus antiquus bouchei (ZICSI-MICHALIS, 1981)
Allolobophora caliginosa (SAVIGNY, 1826)
Allolobophora chlorotica (SAVIGNY, 1826)
Allolobophora rosea (SAVIGNY, 1826)
Allolobophora dofleini (UDE, 1922)
Dendrobaena rubida (SAVIGNY, 1826)
Dendrobaena rubida subrubicunda (EISEN, 1874)
Dendrobaena veneta (ROSA, 1886)
Octolasion lacteum (ÖERLEY, 1881)
Lumbricus rubellus (HOFFMEISTER, 1843)

DISTRIBUTION LIST OF LUMBRICIDAE OF THE PIERIA MOUNTAIN REGION

Genera Eiseniella Michaelsen, 1900

Eiseniella tetraedra tetraedra (SAVIGNY, 1826)
 T812 4 sam. Skoteina, Pieria province, 13-4-82 leg. Michalis. T808 3 sam. Fteri, Pieria province 13-4-82 leg. Michalis.
Eiseniella tetraedra bernensis (Rib., 1896)
 T813 1 sam. Skoteina, Pieria province 13-4-82 leg. Michalis.

Genera Bimastus Moore, 1895

Bimastus antiquus bouchei (ZICSI-MICHALIS, 1981)
 T810 2 sam. Pygi ton Mousson, Velvendos, Kozani province 13-4-82 leg. Michalis.

Genera Allolobophora Eisen, 1874 emend. Pop, 1941

Allolobophora caliginosa (SAVIGNY, 1826)
 T807 12 sam. Fteri, Pieria province 13-4-82 leg. Michalis. T812 8 sam. Kato Milea, Pieria province 13-4-82 leg. Michalis. T821 7 sam. Palaeogratsano, Kozani province 13-4-82 leg. Michalis. T826 1 sam. Pygi ton Mousson, Velvendos, Kozani province 9-5-82 leg. Samaras.
Allolobophora rosea (SAVIGNY, 1826)
 T806 10 sam. Morna, Pieria province 13-4-82 leg. Michalis. T809 2 sam. Pygi ton Mousson, Velvendos, Kozani province 13-4-82 leg. Michalis. T817 5 sam. Kato Milea, Pieria province 13-4-82 leg. Michalis. T819 5 sam. Palaeogratsano, Kozani province 9-5-82 leg. Michalis.
Allolobophora chlorotica (SAVIGNY, 1826)
 T815 4 sam. Kato Milea, Pieria province 13-4-82 leg. Michalis. T822 3 sam. Palaeogratsano, Kozani province 13-4-82 leg. Michalis.

Allolobophora dofleini (UDE, 1922)

T827 2 sam. Kato Milea, Pieria province 13-4-82 leg. Michalis.

Genera Dendrobaena Eisen, 1974 emend. Pop, 1941

Dendrobaena rubida (SAVIGNY, 1826)

T804 14 sam. 3 km after Kato Milea 13-4-82 leg. Michalis. T801 14 sam. 2 km after Morna 13-4-82 leg. Michalis.

Dendrobaena rubida subrubicunda (EISEN, 1874)

T800 11 sam. 2 km after Morna 13-4-82 leg. Michalis.

Dendrobaena veneta (ROSA, 1886)

T809 6 sam. 3 km after Kato Milea (from Katerini), 13-4-82 leg. Michalis. T824 4 sam. Pygi ton Mousson, Velvendos Kozani province 9-5-82 leg. Samaras.

Genera Lumbricus Linnaeus, 1758 emend. Eisen, 1874

Lumbricus rubellus (HOFFMEISTER, 1845)

T816 3 sam. Kato Milea, Pieria province 13-4-82 leg. Michalis. T829 2 sam. Palaeogratsano Kozani province 9-5-82 leg. Samaras.

Genera Octolasion Orley, 1885

Octolasion lacteum (ORLEY, 1881)

T803 2 sam. 3 km after Kato Milea (from Katerini) 13-4-82 leg. Michalis. T811 1 sam. Skoteina, Pieria province 13-4-82 leg. Michalis. T825 2 sam. Pygi ton Mousson, Velvendos, Kozani province 9-5-82 leg. Samaras.

CONCLUSIONS

As can be seen from the list above and the distribution of the various Lumbricidae species and subspecies over the area of the Pieria Mountains, the number of species-subspecies is relatively small. In the entire region, we found 8 species and 4 subspecies only.

The altitude of the region in question ranges from 200 to 1000 m above sea-level. It is our contention that this relatively large difference in altitude is the reason for the limited number of species observed.

It is important to note the reappearance of the subspecies *Bimastus antiquus bouchei* (ZICSI-MICHALIS, 1981) which we had found two years ago (ZICSI-MICHALIS, 1981). As we mentioned in the preface the *Bimastus antiquus bouchei* (ZICSI-MICHALIS, 1981) was found at the outskirts of the town Velvendos Kozanis. The altitude there is about 900 m above sea-level. The three biotopes where this subspecies was found, namely the ones of Litochoron, Foteina and those of Pierias province and of Pygi ton Mousson at Velvendos Kozanis, are located at different altitudes.

From lowest to highest they stand as following : Foteina (250 m), Litochoron (400 m) and Pygi ton Mousson (900 m). The three biotopes form the vertices of a triangle whose sides have lengths corresponding to the distance between the biotopes namely 45 km, 22 km and 20 km respectively (Fig. 1). We may say that this subspecies appears to be adaptable to differences in altitude and therefore, to different climatological conditions as well.

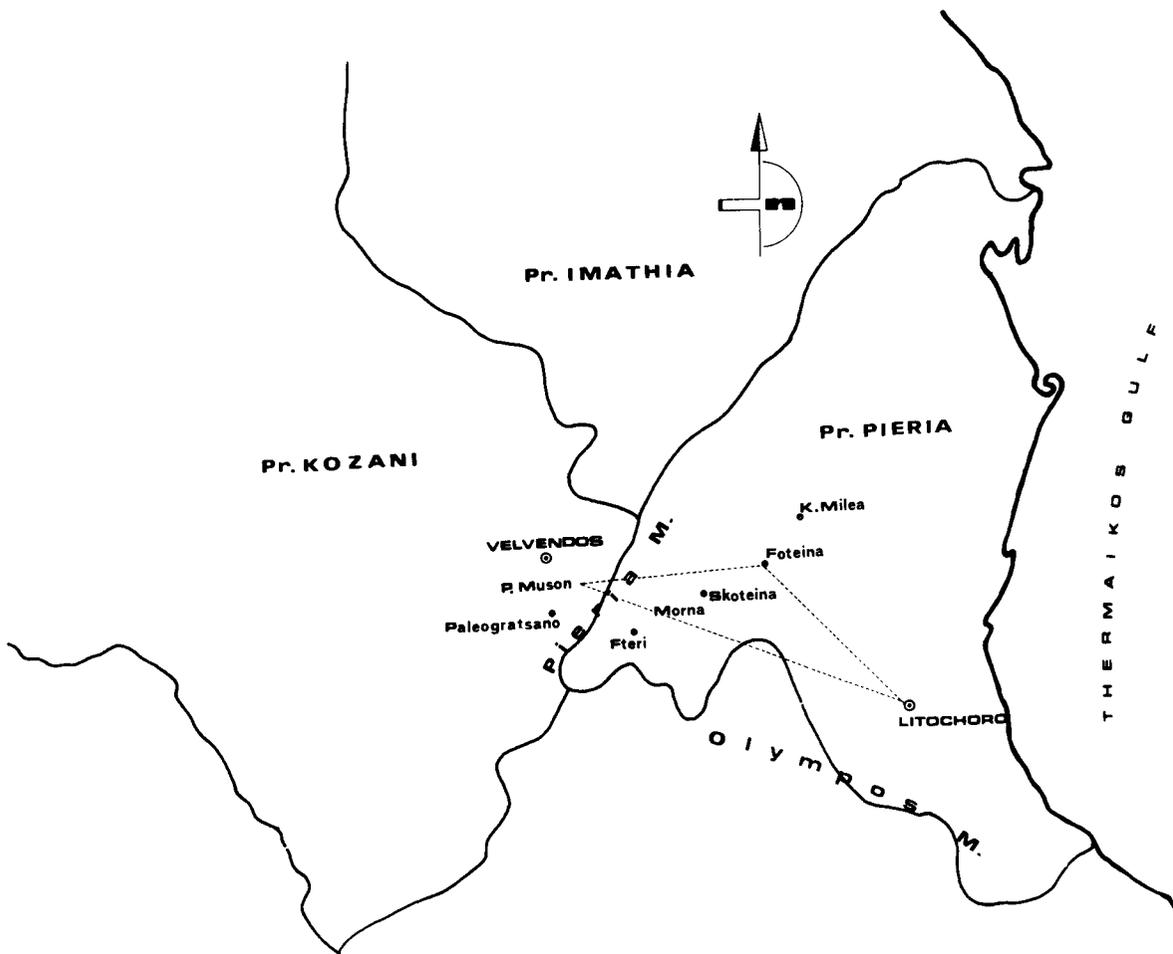


Fig. 1 - New biotopes of the species *Allolobophora dofleini* (UDE, 1922) and of the subspecies *Bimastus antiquus bouchei* (ZICSI-MICHALIS, 1981).

In addition, we found noteworthy the rediscovery of the species *Allolobophora dofleini* (UDE, 1922) in this same region. This species was found for the first time in Greece by the author in 1971 at Litochoron Pierias. Its presence in the area of Kato Milea, Pierias, is exceptionally interesting because comparing the biotope of Litochoron to the one of Kato Milea we may recognise several differences. The altitude of Lotochoron reaches 400 m above sea-level and that of Kato Milea 200 m. The biotope of Litochoron is located next to a river and has been formed by solid water carried by the water and alluvial deposits with many aquatic plants. In contrast, the biotope of Kato Milea is located at the edge of cultivated fields with somewhat hard soil covered with plants one year or longer life.

We may conclude from the above that *Allolobophora dofleini* (UDE, 1922) exhibits a wide range of resistance to changes in the ecological or its alimentary conditions.

ACKNOWLEDGMENTS

We would like thank Dr A. ZICSI for his useful suggestions on the manuscript.

REFERENCES

- BOUCHE B.M. (1972). *Lombriciens de France. Ecologie et systématique*.
Ed. INRA, Paris, 1-671.
- MICHALIS K. (1972). *Symboli is tin meletin ton Oligochaeton tis Makedonias*.
Diss. Univ. Thessaloniki, 1-98.
- MICHALIS K. (1975 b). *Neue Angaben zur Fauna der Oligochaeten von Mazedonien*.
Sci. Annals Fac. Phys. u. Math. Univ. Thessaloniki, 15, 201-212.
- MICHAELSEN W. (1900). *Oligochaeta. Das Tierreich*.
Berlin 10 Lief.
- UDE H. (1922). *Regenwürmer aus Mazedonien*.
Arch. Nat., 88, 155-162.
- ZICSI A. (1972). *Ein neuer wiederfundort von Allolobophora dofleini (UDE, 1922)*
(Oligochaete : Lumbricidae).
Ann. Univ. Sci. Budapest, Sect. Biol., 14, 241-245.
- ZICSI A., MICHALIS K. (1981). *Übersicht der Regenwurm-Fauna Griechenlands (Oligochaeta : Lumbricidae)*.
Act. Zool. Acad. Sci. Hung., XXVII, 1-2, 231-264.

Influences météorologique et géomorphologique sur la succession de pâturages de thérophytes méditerranéennes .

B. PECO★
C. LEVASSOR★
M.A. CASADO★★
E. F. GALIANO★
F. D. PINEDA★★

RESUME - Dans certains pâturages de la zone de El Pardo aux environs de Madrid (Espagne), on pratique depuis des siècles des labours itinérants essentiellement pour contrôler le maquis ; une succession écologique a lieu dans ces pelouses de thérophytes.

Plusieurs pentes presque identiques abandonnées de 1 à plus de 25 ans ont été étudiées durant trois années, l'une relativement humide, et les deux autres sèches, surtout en automne et au printemps. Une analyse multivariante d'une matrice d'information basée sur l'abondance des espèces de parcelles permanentes révèle une "évolution" dans la composition floristique au cours du temps. Une "fluctuation" d'origine météorologique se superpose à ce phénomène. Les groupes d'espèces associés à ces deux sources de variation sont identifiés. Une autre analyse des secteurs géomorphologiques des pentes permet d'observer des divergences dans le pâturage, où influe clairement la météorologie.

SUMMARY - In El Pardo, an open woodland area near Madrid (Spain), periodical ploughing of pasturelands controls the development of thickets and starts ecological succession in the pastures. Several slopes, of different lengths of abandonment were studied in three different years, one relatively humid, and the other two dry. Multivariate analysis of an information matrix based on the abundance of species of permanent plots revealed the evolution in floristic composition throughout the years, and superimposed on this, the diversity introduced by the slopes' geomorphological structure. Meteorological changes have an added effect and several species are associated to both this and succession.

MOTS CLES : Géomorphologie, Météorologie, Pâturages méditerranéens, Succession, Thérophytes.

Le remplacement de communautés végétales par d'autres dans le même espace a lieu au cours du temps. Cette substitution est pratiquement continue et résulte de la variation des abondances des plantes en réponse à des changements dans les conditions du milieu (Mc CORMIK, 1968 ; COLINVAUX, 1973 ; CONNELL and SLATYER, 1977). Cette série de changements : composition en espèces et caractéristiques physico-chimiques d'une station donnée, mutuellement impliquées dans des processus d'action et réaction (WHITTAKER, 1975 ; MARGALEF, 1968 ; PATTEN, 1975) est connue sous le nom de succession écologique.

Pour l'étude quantitative de la succession en milieu terrestre, on part fréquemment de l'observation et de l'échantillonnage, à un moment donné, de zones du territoire les plus proches possible les unes des autres, mais qui représentent différentes étapes de la succession. Ces dernières exprimeraient la réponse de l'écosystème à un même type de perturbation (labour, coupe, incendie, etc...) qui est survenu à différentes dates connues. A partir de l'information recueillie dans ces stations, on peut déduire des tendances de la succession, à condition que les caractéristiques physico-chimiques soient semblables (OLSON, 1958). Cette série de données "spatio-temporelles" possède l'avantage de pouvoir considérer un large intervalle de temps. Les variations dans la composition floristique dues à des fluctuations météorologiques s'atténuent aussi, car celles-ci affectent probablement toute la série de manière égale (DRURY and WISBET, 1973). Néanmoins, avec cette méthode d'étude on peut douter du degré

★ Departamentos de Ecologia de las Universidades Autónoma★ y Complutense★★ de Madrid (Espagne).

avec lequel cette série spatio-temporelle étudiée correspond à la séquence "temporelle" d'un endroit précis.

Des études déjà classiques en écologie (COWLES, 1901 ; COOPER, 1923 ; CRAFTON and WELLS, 1934, etc...) et d'autres plus récentes (HABECK, 1968 ; GOFF and ZEDLER, 1968 et 1972 ; ZEDLER and GOFF, 1973 entre autres) sont parties de cette approche "statique" pour l'étude de la succession - suivant la terminologie employée par AUSTIN (1977).

Une deuxième méthode (appelée "dynamique" par AUSTIN, 1977) consiste à réaliser des observations dans des parcelles permanentes à des dates successives. Pour cette dernière méthode, on dispose généralement de séquences temporelles plus courtes, les études se portant souvent sur des étapes pionnières. Quand on dispose de parcelles permanentes contiguës, on peut aussi observer des changements spatiaux de la végétation au cours du temps, qui peuvent s'exprimer au moyen de cartes ou quantitativement (MAAREL, 1969, 1975, 1980 ; WILLIAMS et al., 1969 ; LONDO, 1971 d'une part, HOGEWEG, 1976 ; AUSTIN, 1977, 1980, 1981 ; ALLIER et LACOSTE, 1981 ; TRABAUD et LEPART, 1981 d'autre part).

AUSTIN (1977, 1981) parle en faveur de l'approche dynamique. Cependant, il est difficile de séparer les changements dans la biocénose assimilables au processus de succession (Mc CORMICK, 1968) - qui présentent un caractère directionnel par définition - des variations plus ou moins fluctuantes induites par des agents météorologiques (DRURY and NISBET, 1973 ; LORIA and NOYMEIR, 1980). Ces changements sont particulièrement accusés dans certaines régions du Bassin Méditerranéen et introduisent une grande variabilité d'une année à l'autre dans des milieux arides et semi-arides (WERGER and LEISTAER, 1975). Le problème se présente sur le territoire où on a effectué le travail présent.

Dans cet article on commente les résultats obtenus à partir d'une démarche statique et dynamique de l'étude de la succession dans un pâturage à prédominance de thérophytes du centre de la Péninsule Ibérique, et on les met en rapport avec les influences météorologiques et géomorphologiques. On a établi des parcelles permanentes, pour pouvoir répéter les observations à différentes dates.

TERRITOIRE D'ÉTUDE

Dans la zone pilote où se déroulent les recherches sur les pâturages des Départements d'Ecologie des Universités Autonoma et Complutense de Madrid (BERNALDEZ et al., 1980), nous avons choisi un territoire qui fait partie des bois de El Pardo (VALENZUELA, 1975 ; PINEDA et al. 1981 a) ; il est situé à 15 km au Nord de Madrid sur le sédiment d'arkoses miocéniques provenant de la Sierra de Guadarrama (TERAN, 1952 ; VADOUR, 1969). Il consiste en un bois clair de *Quercus rotundifolia* Lam. avec de grands espaces de pâturages ("dehesa") et de champs de céréales (KLEIN, 1964 ; BERNALDEZ et al., 1979). Bien que le paysage naturel se trouve moins altéré que celui des environs de Madrid, on y pratique depuis très longtemps une façon culturale traditionnelle (CAXA DE LERUELA, 1631) qui consiste à des labours itinérants suivis de semis de seigle, sans apport d'engrais. Le seigle n'est pas récolté, car il sert à la nourriture du bétail (bovin et ovin) et des animaux de chasse (surtout daim, perdrix et lapin). Le territoire est formé par une mosaïque de grandes pièces de terre labourées à différentes dates puis abandonnées. Ceci permet de contrôler le maquis ("matorral") de *Junípero-Quercetum rotundifoliae* (RIVAS MARTINEZ, 1979 ; COSTA, 1974, 1975). Un pâturage composé presque exclusivement de thérophytes se développe ainsi et, pour se maintenir, doit être consommé par les herbivores. Il peut représenter une réponse écologique à la pratique séculaire du labour itinérant. Dans d'autres localités non labourées, les communautés de plantes annuelles alternent avec d'autres où prédominent les espèces vivaces (RIVAS MARTINEZ et al., 1981).

OBSERVATIONS ET PRISE D'ÉCHANTILLONS

Nous avons abordé l'étude de l'évolution de la végétation dans le temps, en tenant compte des deux considérations suivantes :

- L'abondance des espèces d'un territoire donné peut être affectée par des changements météorologiques (ELSTON and MONTEITH, 1980, entre autres). Nous prétendons connaître de quelle manière ce phénomène influe sur la succession écologique qui s'établit sur ce territoire.

- La végétation varie suivant le gradient géomorphologique (érosion-accumulation le long de la pente) et y est liée (GARCIA NOVO et al, 1969 ; MILKOV, 1974 ; BERNALDEZ et al., 1979 entre autres). Cette interdépendance semble changer au cours de la succession ; il s'agit de voir de quelle manière, ce qui fait l'objet d'une partie de notre étude.

Afin de recueillir ces deux types de variation, on a relevé aux printemps 1976, 1980 et 1981 des données d'abondance de 146 espèces de pâturage le long de 5 pentes au moyen de transects qui suivent la direction des pentes. Celles-ci sont proches les unes des autres et ont même déclivité et exposition Sud. Elles sont abandonnées depuis 1 à plus de 25 ans.

Les parcelles d'échantillonnage ont 2 x 3 m et ont été placées régulièrement et perpendiculairement à la direction de la pente. Dans chaque parcelle, on a placé au hasard 5 carrés élémentaires de 20 x 20 cm pour estimer la fréquence des espèces de la parcelle. Dans chaque transect, le nombre de parcelles variait suivant la longueur de la pente (voir Tableau 1).

T A B L E A U 1

		P E N T E S					
		I	II	III	IV	V	
CAMPAGNES	1976	Années	①	②	④	plus de ②①	
		Parcelles	14	16	9	18	
	1980	Années	①	⑤	⑥	⑧	plus de ②④
		Parcelles	11	14	16	9	18
	1981	Années	②	⑥	⑦	⑨	plus de ②⑤
		Parcelles	11	14	16	9	18

Tableau 1 - Années d'abandon des 5 pentes étudiées (cercles) durant les printemps 1976, 1980 et 1981, et nombre des parcelles permanentes établies sur chaque pente.

Pour les années correspondant aux trois campagnes d'échantillonnage, les caractéristiques d'humidité et température ont été recueillies sur les diagrammes de la Figure 1. L'année 1980 a été considérée ici comme "humide", si on la compare avec les deux autres années, surtout quand il s'agit des conditions d'humidité édaphique en automne et au printemps - époques critiques pour la germination et le développement des plantules de la plus grande partie des espèces de la zone étudiée -. Durant la période 1975-1976, il y a eu fort peu de précipitations en automne et au printemps. Par contre, cela s'est amélioré pour la période 1979-1980. Quant à la période 1980-1981, quoique la pluviosité printannière ait été presque identique à celle de l'année précédente, elle a été très réduite en automne.

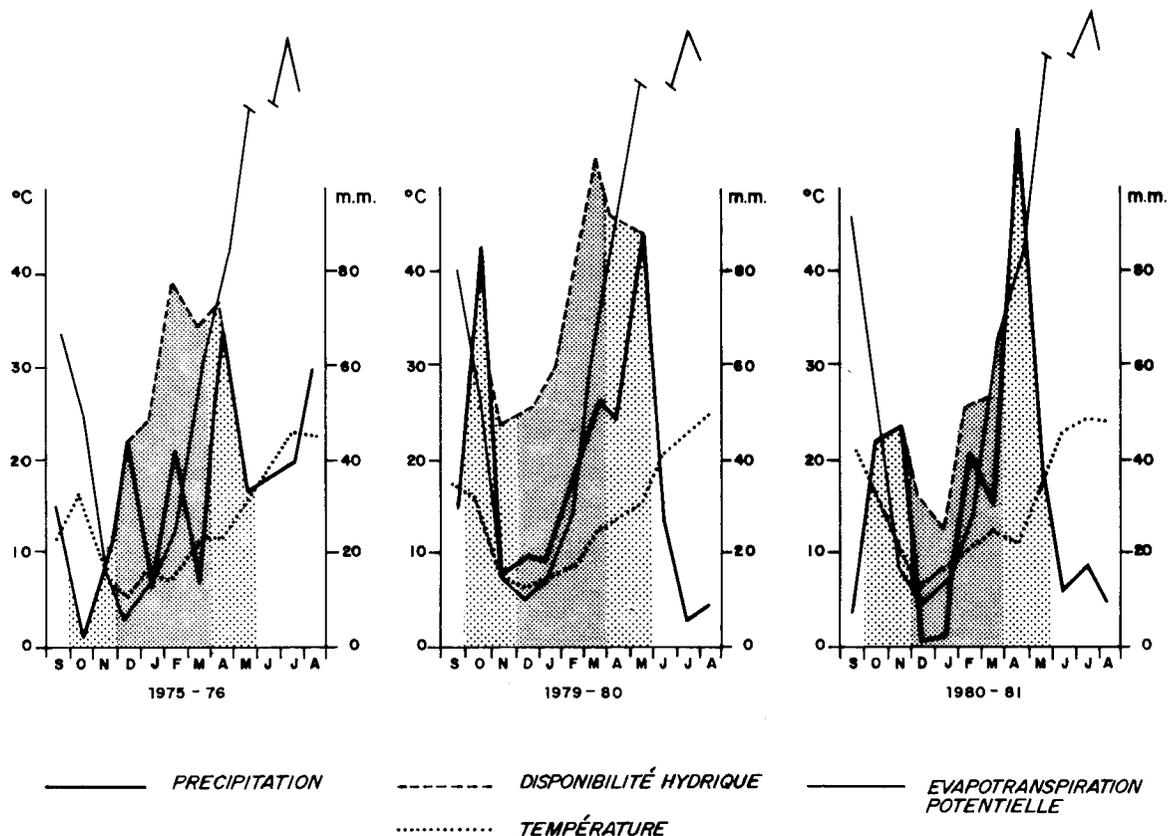


Fig. 1 - Quelques paramètres météorologiques des périodes septembre 1975-août 1976, 1979-80 et 1980-81, où, au printemps ont eu lieu les échantillonnages. La seconde période présente des conditions d'humidité bien supérieures aux autres, particulièrement en automne et au printemps. La disponibilité hydrique a été évaluée selon la méthode de MONTERO y GONZALEZ REBOLLAR (1974). On retient une capacité de rétention du sol de 100 mm et on estime le surplus d'eau qui résulte de la précipitation mensuelle moins l'évaporation, si la précipitation ne surpasse pas la capacité de rétention du sol. Aux endroits où la disponibilité hydrique n'est pas représentée, elle est équivalente à la précipitation.

ANALYSE DES DONNÉES

Vu le caractère continu de la variation des abondances des plantes au cours de la succession, les techniques multivariantes d'ordination ont été souvent utilisées par de nombreux auteurs (par exemple GREIG-SMITH, 1964, 1969 ; Mc INTOSH, 1967 ; WHITTAKER, 1967 ; WHITTAKER et al., 1973 ; AUSTIN, 1971, 1977, 1980 ; MAAREL, 1980 ; MAAREL and WERGER, 1978 ; PINEDA et al., 1981 a ; QUEZEL et al., 1981). Dans notre cas, nous avons employé l'analyse en composantes principales (HARMAN, 1967) afin de décomposer la variance totale de l'ensemble des données en une série de facteurs orthogonaux de variation. Les sources de variabilité de nos données se doivent à la fois à des différences spatiales, durée d'abandon et conditions météorologiques des années où nous avons fait les observations. Les différences spatiales entre les pentes semblent minimales, mais elles ne peuvent être tout à fait contrôlées avec si peu de campagnes d'échantillonnage. Plus de rigueur demanderait de prolonger trop longtemps les observations. Nous voulons néanmoins commenter quelques résultats intéressants.

En ce qui concerne les tendances de variation au cours du temps et l'influence des changements météorologiques, on peut suivre la trajectoire de chaque pente au cours du temps à l'intérieur de l'espace floristique défini par les composantes principales de l'analyse des données. La tendance générale de variation que nous avons détectée peut être observée sur le diagramme des composantes (AUSTIN et al., 1981).

Les données recueillies sur le terrain ont été analysées avec deux traitements différents :

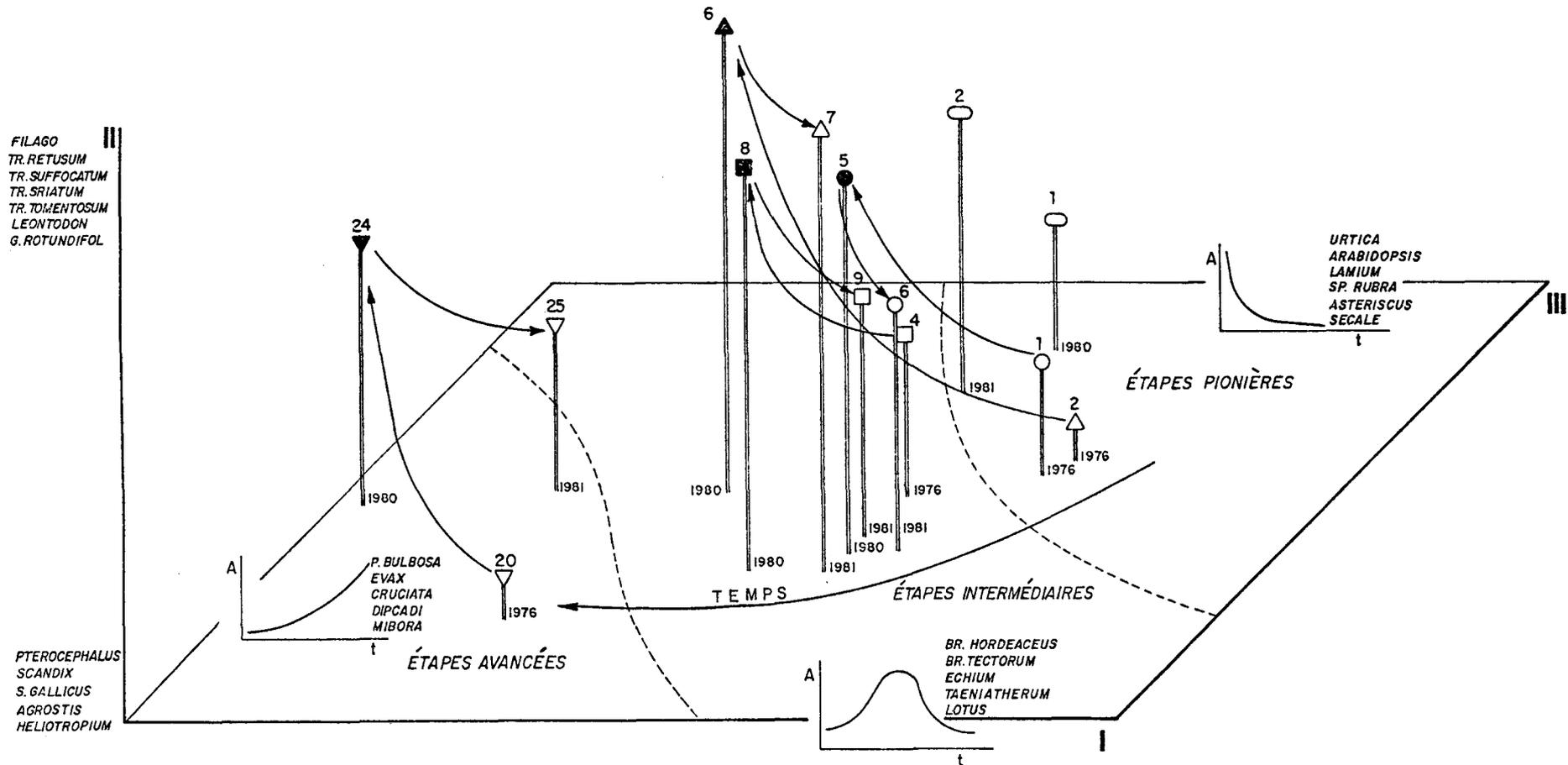


Fig. 2 - Espace défini par les trois premières composantes de l'analyse en composantes principales effectuées sur l'ensemble des pentes. Chaque symbole correspond à une pente différente échantillonnée 3 années distinctes ; le noir indique une année plus humide que les autres pour chaque pente. Le numéro de chaque tiret indique le temps écoulé après l'abandon de la pente au moment de l'échantillonnage. Dans le plan I-III, une flèche indique la direction de la succession. Les autres flèches expriment l'évolution floristique de chaque pente selon un gradient humidité-sècheresse recueilli par le plan I-II (fluctuation météorologique). Les courbes-types du meilleur ajustement des abondances (A) des espèces de plus grande charge (loadings) au cours des années observées (t) font l'objet de petits graphiques. Une des pentes a été échantillonnée seulement 2 fois (ellipses), car on n'a pu y relever la régularité des autres.

- Analyse de l'ensemble des pentes pour décrire la variation floristique au cours de la succession, sans impliquer les influences géomorphologiques et la variation interne des pentes.

Pour éliminer la variabilité entre échantillons due à leur position sur la pente, on a calculé la valeur moyenne de la fréquence de chaque espèce pour chaque pente et année d'échantillonnage. On a ainsi disposé de l'ensemble des données : 146 espèces, 11 laps de temps différents après l'abandon et 5 pentes pour les 3 campagnes d'échantillonnage. On a pu alors élaborer une matrice de 146 espèces x 14 pentes pour l'analyse en composantes principales (Tableau 1).

- Analyse de l'ensemble de secteurs que nous avons déterminés sur les pentes pour étudier la dépendance de la géomorphologie. On a calculé les valeurs moyennes de fréquence de chaque espèce pour les secteurs supérieurs (exportation de matériaux), intermédiaires (transport) et inférieurs (accumulation). On a obtenu ainsi un ensemble de données formé par 146 espèces, 11 laps de temps après l'abandon, et 15 secteurs ; ceci pour 3 campagnes : une matrice de 146 espèces x 42 secteurs qui a été analysée en composantes principales.

RÉSULTATS

1 - Influence météorologique

La figure 2 montre un diagramme tridimensionnel qui représente les résultats de l'analyse en composantes pour l'ensemble des pentes. La variation dans la composition floristique au cours du temps se trouve recueillie sur le plan I-III, qui permet de différencier de droite à gauche :

- Pentes récemment labourées (un ou deux ans), caractérisées par les espèces *Secale cereale* (semé à l'automne qui suit le labour), *Astericus aquaticus*, *Spergularia rubra*, *Lamium amplexicaule*, *Arabidopsis thaliana* et *Urtica urens* principalement (Tableau 2). On peut y ajouter *Chenopodium opulifolium*, *Sisymbrium runcinatum*, *Ajuga chamaepitys* et *Heliotropium europaeum* qui ont une moindre valeur indicatrice (loadings faibles) dans l'analyse, mais qui sont aussi très abondantes sur ces pentes.

- Etapes intermédiaires représentées sur des pentes abandonnées depuis 4 à 9 ans avec *Taeniatherum caput-medusae*, *Lotus parviflorus*, *Echium vulgare*, *Bromus tectorum* et *Bromus hordeaceus* essentiellement.

- Etapes plus avancées (plus de 20 ans) avec surtout *Mibora minima*, *Cruciata pedemontana*, *Crepis capillaris*, *Cerastium glomeratum*, *Evax carpetana* et deux plantes vivaces *Dipsadi serotinum* et *Poa bulbosa*.

Sur la figure 2, on peut aussi suivre la trajectoire suivie par la composition en espèces de chaque pente pour les 3 campagnes d'échantillonnage : on observe que dans la direction de l'axe II se produit régulièrement de haut en bas un avancement suivi postérieurement d'un recul selon la composition floristique de chaque pente. Cette fluctuation se maintient uniformément dans chaque pente (flèches dessinées dans l'espace délimité par les axes). L'avancement correspond toujours avec la campagne de l'année plus humide (symboles noirs) et le recul à une année plus sèche (symboles blancs). Les flèches représentent une évolution floristique le long d'un gradient "humidité-sècheresse". La durée de l'avancement ou du recul (flèches) est pratiquement proportionnelle au temps écoulé entre les campagnes (4 ans et 1 an respectivement entre 1976-80 et 1980-81). Ces avancements correspondent à la direction de la succession (plan I-II), tandis que le retour à une année sèche indique un certain "pas en arrière" ou régression dans la principale tendance de variation recueillie par l'analyse - succession - quel que soit l'âge de la pente.

Filago pyramidata, *Geranium rotundifolium*, *Leontodon taraxacoïdes*, *Trifolium suffocatum*, *T. striatum*, *T. retusum* et *T. tomentosum* particulièrement, sont les espèces

T A B L E A U 2

Agrostis castellana Boiss. & Reuter	AGROSTIS
Aira caryophyllaea L.	AIRA
Ajuga chamaepitys (L.) Schreber	AJUGA
Alyssum granatense L.	ALYSSUM
Anchusa undulata L.	ANCHUSA
Androsace maxima L.	ANDROSACE
Andryala integrifolia L.	ANDRYALA
Anthemis arvensis L.	ANTHEMIS
Anthyllis lotoides L.	ANTHYLLIS
Anthriscus caucalis Bieb.	ANTHRISCUS
Apera interrupta (L.) Beauv.	APERA
Aphanes microcarpa (Boiss. & Reuter) Rothm.	APHANES
Arabidopsis thaliana (L.) Heynh.	ARABIDOPSIS
Arenaria leptoclados (Reichemb) Guss	ARENARIA
Arrhenatherun album (Vahl) W.D. Clayton	ARRHENATHERUM
Asteriscus aquaticus (L.) Less	ASTERISCUS
Asterolinon linum-stellatum (L.) Duby	ASTEROLINON
Bellardia trixago (L.) All.	BELLARDIA
Biserrula pelecinus L.	BISERRULA
Brassica barrelieri (L.) Janka	BRASSICA
Bromus hordeaceus L.	BR. HORDEACEUS
Bromus madritensis L.	BR. MADRITENSIS
Bromus rubens L.	BR. RUBENS
Bromus tectorum L.	BR. TECTORUM
Campanula erinus L.	C. ERINUS
Campanula lusitanica L.	C. LUSITANICA
Campanula patula L.	C. PATULA
Capsella rubella Reuter	CAPSELLA
Cardamine hirsuta L.	CARDAMINE
Carduus pycnocephalus L.	CARDUUS
Carex divisa Hudson	CAREX
Carlina racemosa L.	CARLINA
Centaurea melitensis L.	CENTAUREA
Centranthus calcitrapae (L.) Dufresne	CENTRANTHUS
Cerastium glomeratum Thuill.	C. GLOMERATUM
Cerastium semidecandrum L.	C. SEMIDECANDRUM
Chamaemelum mixtum (L.) All.	CHAMAEMELUM
Chenopodium foliosum Ascherson	CH. FOLIOSUM
Chenopodium opulifolium Schrader ex Koch & Ziz	CH. OPULIF.
Chondrilla juncea L.	CHONDRILLA
Cistus ladanifer L.	CISTUS
Corynephorus fasciculatus Boiss. & Reuter	CORYNEPHORUS
Crassula tillaea Lester-Garland	CRASSULA
Crepis capillaris (L.) Wallr.	CR. CAPILLARIS
Crepis vesicaria L.	CR. VESICARIA
Cruciata pedemontana (Bellardi) Ehrend	CRUCIATA
Dipcadi serotinum (L.) Medicus	DIPCADI
Echium vulgare L.	ECHIUM
Erodium cicutarium (L.) L'Her.	ERODIUM
Euphorbia exigua L.	EUPHORBIA
Evax carpetana Lange	EVAX
Festuca ampla Hackel	FESTUCA
Filago pyramidata L.	FILAGO
Galium parisiense L.	GALIUM
Geranium molle L.	G. MOLLE
Geranium rotundifolium L.	G. ROTUNDIFOL.
Heliotropium europaeum L.	HELIOTROPIUM
Herniaria hirsuta L.	HERNIARIA
Holcus setiglumis Boiss. & Reuter	HOLCUS
Hordeum murinum subsp. leporinum (Link) Arcangeli	H. LEPORINUM
Hordeum murinum subsp. murinum L.	H. MURINUM
Hypochoeris glabra L.	HYPOCHOERIS
Juncus bufonius L.	JUNCUS
Lamium amplexicaule L.	LAMIUM
Lathyrus angulatus L.	LATHYRUS
Legousia castellana (Lange) Samp.	LEGOUSIA
Leontodon taraxacoides subsp. longirostris Finch & Sell	LEONTODON
Linaria diffusa Hoffmanns & Link	L. DIFFUSA
Linaria spartea (L.) Willd.	L. SPARTEA
Logfia gallica (L.) Cosson & Germ.	L. GALLICA
Logfia minima (Sm.) Dumort.	L. MINIMA
Lophochloa cristata (L.) Hyl.	LOPHOCHLOA
Lotus parviflorus Desf.	LOTUS
Medicago minima (L.) Bartał.	MEDICAGO
Melica ciliata subsp. magnolii (Gren. & Gordon) Husnot	MELICA

Mibora minima (L.) Desv.	MIBORA
Myosotis ramosissima Rochel	MYOSOTIS
Moenchia erecta (L.) Graetner; B. Meyer & Schreb	MOENCHIA
Neatostema apulum (L.) I.M. Johnston	NEATOSTEMA
Ornithogalum umbellatum L.	ORNITHOGALUM
Ornithopus compressus L.	ORNITHOPUS
Ortegia hispanica L.	ORTEGIA
Osyris alba L.	OSYRIS
Papaver somniferum L.	P. SOMNIFERUM
Papaver rhoeas L.	P. RHOEAS
Paronychia cymosa (L.) DC.	PARONYCHIA
Plantago afra L.	PL. AFRA
Plantago coronopus L.	PL. CORONOPUS
Plantago lagopus L.	PL. LAGOPUS
Poa annua L.	P. ANNUA
Poa bulbosa L.	P. BULBOSA
Poa infirma Bonpl. & Kunth.	P. INFIRMA
Polycarpon tetraphyllum (L.) L.	POLYCARPON
Pterocephalus diandrus (Lag.) Lag.	PTEROCEPHALUS
Quercus rotundifolia Lam.	QUERCUS
Ranunculus parviflorus L.	RANUNCULUS
Rumex angiocarpus Murb.	RUMEX ANGIO.
Sagina apetala Ard.	SAGINA
Sanguisorba minor subsp. magnolii (Spach.) Briq.	SANGUISORBA
Santolina rosmarinifolia Mill.	SANTOLINA
Scandix australis subsp. microcarpa (Lange) Thell	SCANDIX
Scolymus hispanicus L.	SCOLYMUS
Schismus barbatus (L.) Thell	SCHISMUS
Scirpus holoschoenus L.	SCIRPUS
Scleranthus annuus L.	SCLERANTHUS
Secale cereale L.	SECALE
Sedum caespitosum (Cav.) Doc.	SEDUM
Senecio erucifolius L.	S. ERUCIFOLIUS
Senecio gallicus Chaix	S. GALLICUS
Sherardia arvensis L.	SHERARDIA
Sisymbrium runcinatum Lag. ex DC.	SISYMBRIUM
Spergula spp.	SPERGULA
Spergularia purpurea (Pers.) G. Don fil.	SP. PURPUREA
Spergularia rubra (L.) J. & C. Presl.	SP. RUBRA
Stellaria media (L.) Vill	STELLARIA
Stipa lagascae Roemer & Schultzer	STIPA
Taeniatherum caput-medusae (L.) Nevski	TAENIATHERUM
Teesdalia coronopifolia (J.P. Bergeret) Thell	TEESDALIA
Thapsia villosa L.	THAPSIA
Thymus zygis L.	THYMUS
Tolpis barbata L.	TOLPIS
Tragopogon porrifolius subsp. australis (Jordan) Nyman	TRAGOPOGON
Trifolium arvense L.	TR. ARVENSE
Trifolium campestre Schreber	TR. CAMPESTRE
Trifolium cernuum Brot.	TR. CERNUUM
Trifolium gemellum Pourret & Willd	TR. GEMELUM
Trifolium glomeratum L.	TR. GLOMERATUM
Trifolium retusum L.	TR. RETUSUM
Trifolium scabrum L.	TR. SCABRUM
Trifolium suffocatum L.	TR. SUFFOCATUM
Trifolium striatum L.	TR. STRIATUM
Trifolium tomentosum L.	TR. TOMENTOSUM
Tuberaria guttata (L.) Fourr.	TUBERARIA
Urtica urens L.	URTICA
Valerianella eriocarpa Desv.	VALERIANELLA
Veronica arvensis L.	V. ARVENSIS
Veronica verna L.	V. VERNA
Vicia lathyroides L.	VICIA
Viola kitaibeliana Schultes	VIOLA
Vulpia spp.	VULPIA
Vulpia bromoides (L.) S.F. Gray	V. BROMOIDES
Vulpia ciliata Dumort.	V. CILIATA
Vulpia membranacea (L.) Dumort.	V. MEMBRANACEA
Vulpia muralis (Kunth) Ness	V. MURALIS
Vulpia myuros (L.) C.C. Gmelin	V. MYURUS
Vulpia unilateralis (L.) Stace	V. UNILATERALIS

TABLEAU 2

Liste des 146 espèces de pâturage relevées dans les échantillonnages et abréviations de leurs noms employées sur les représentations graphiques.

caractéristiques des années humides, car elles présentent des facteurs de charge élevés sur l'axe II. A l'exception de *Trifolium arvense* - très abondant sur le territoire en question -, il est intéressant de noter que les espèces de *Trifolium* sont absentes lors de l'échantillonnage de 1976 et 1981, qui furent des années sèches par rapport à 1980, année où on a relevé beaucoup d'espèces de trèfle (voir Tableau 2).

Pteroccephalus diandrus, *Scandix australis*, *Senecio gallicus* et *Heliotropium europaeum* parmi d'autres, sont des espèces plus abondantes les années plus sèches (extrême inférieur de l'axe II). La graminée *Agrostis castellana* appartient aussi à ce dernier groupe ; en année sèche, le fait d'être vivace la rend relativement plus abondante que les autres plantes dont la fréquence décroît.

2 - Géomorphologie et succession

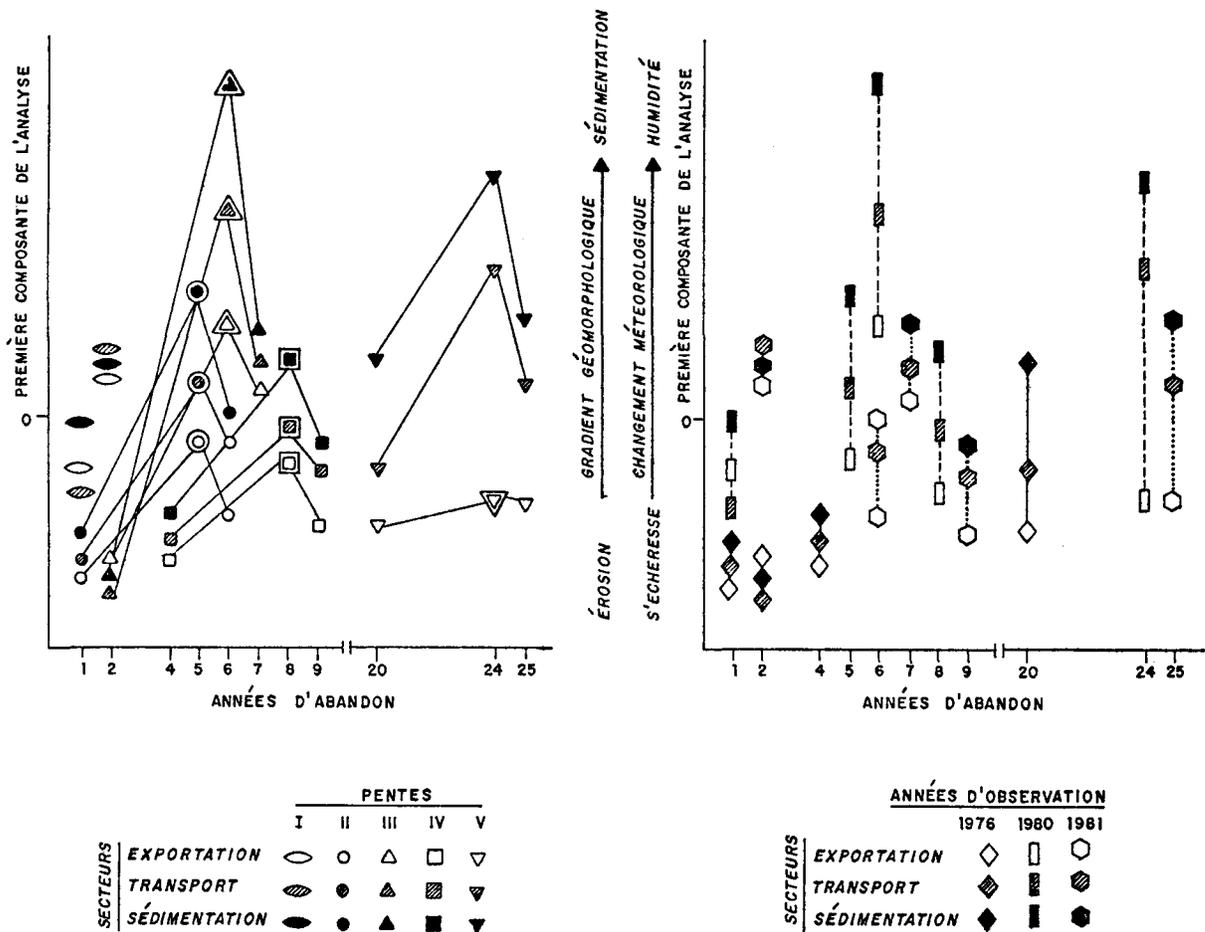


Fig. 3 - Coordonnées des secteurs géomorphologiques sur le premier axe de l'analyse en composantes principales (ordonnées) et âge d'abandon de la pente à laquelle ils appartiennent (abscisses). Sur les graphiques a et b, d'une part pour les secteurs d'une même pente, d'autre part pour les secteurs échantillonnés à une même période, les mêmes symboles ont été employés. La pente I a été échantillonnée seulement lors des dernières campagnes.

Sur la figure 3, on peut voir l'ordination en 2 dimensions de 42 secteurs géomorphologiques. L'ordonnée recueille les coordonnées de chaque secteur sur le premier axe de l'analyse en composantes et l'abscisse le temps écoulé après le labour des pentes. En a, le même symbole représente les secteurs d'une même pente et en b les secteurs d'une même campagne d'échantillonnage.

Sur le graphique de gauche, on peut observer que l'axe range très régulièrement les secteurs géomorphologiques de chaque pente en accord avec le gradient exportation-accumulation, indépendamment du temps écoulé après le labour. On peut voir aussi que ce même axe ordonne

les secteurs d'une même pente, ceux en conditions météorologiques plus humides (en haut) et plus sèches (en bas). On peut considérer que c'est probablement l'humidité pédologique - accumulation d'eau dans le secteur de sédimentation en bas de la pente - et météorologique (année plus pluvieuse à certaines périodes critiques - le facteur responsable de cette ordination.

Sur le graphique de droite, la différenciation floristique des secteurs géomorphologiques d'une pente (dispersion sur l'axe des ordonnées) tend à augmenter au cours de la succession. En général, les 3 secteurs d'une pente divergent à mesure que le temps passe. L'année la plus humide, ce phénomène se produit déjà à partir des premières étapes de la succession. Cela a déjà été affirmé : les années humides favorisent "l'avancement" du processus de succession.

DISCUSSION

L'ensemble des données montre une évolution au cours du temps des abondances et composition en espèces qui peut être assimilée au processus de la succession écologique. Un phénomène de fluctuation s'y superpose. Nous en avons étudié une courte séquence entre deux années sèches et une plus humide. L'analyse simultanée "statique" et "dynamique" nous permet d'utiliser au maximum l'information disponible.

La fluctuation, induite par des modifications de l'environnement, s'interprète comme des déviations de la tendance générale. Quel que soit l'âge d'abandon de la pente observée, une année relativement humide comporte toujours un "avancement" des processus de succession. Au contraire, une année plus sèche origine des changements assimilables à un processus de rajeunissement ou "retour" en direction des étapes pionnières. Les résultats confirment que ces pâturages réagissent très différemment à des conditions momentanées diverses grâce à la variété de stratégies disponibles. La fluctuation de la composition floristique en est l'expression. Cette plasticité se reflète aussi dans la mosaïque de communautés de pâturages en zones soumises à une forte érosion (LEVASSOR et al., 1981 ; SASTRE et al., 1982), et dans des écosystèmes planctoniques (MARGALEF, 1979, 1981) ; il s'établit dans les deux cas des successions parallèles dans l'espace. Dans notre cas, les changements dans l'environnement ont lieu dans le temps et non dans l'espace, comme le décrivent ces auteurs. La tendance à la succession présente sur la figure 2 exprimerait la résultante de plusieurs composantes, entre autres l'une caractéristique des années humides et l'autre des années sèches.

On doit signaler aussi ici que, dans des régions soumises à d'importantes oscillations d'humidité et sécheresse, une réserve de graines dans le sol, germant de diverses façons, permettrait de répondre aux conditions de l'environnement comme nous l'avons enregistré. LORIA and NOY-MEIR (1980) ont trouvé en climat plus aride que, même une année sèche, la germination de graines peut encore être importante, mais la survie des plantules et la production de nouvelles graines sont très faibles. Par contre, en année humide, la survie est très élevée, de telle sorte que presque toutes les espèces récupèrent les pertes des années défavorables. Ainsi s'établit une réserve de graines dans le sol qui conditionne la composition des populations adultes les années suivantes. Les conditions de sécheresse que nous avons enregistrées ne sont pas si drastiques. Probablement certaines plantes de notre zone (par exemple *Pteroccephalus diandrus*, *Scandix australis*, *Senecio gallicus*) qui, quelles que soient les conditions hydriques, ont la même survie. Les années humides, ce sont d'autres espèces qui acquièrent certain protagonisme ou dominance relative (*Trifolium spp.*, *Leontodon taraxacoides*, *Geranium rotundifolium*, etc...). Ces deux groupes d'espèces semblent décrire des successions parallèles favorisées alternativement par la fluctuation météorologique. Ce comportement a du succès dans un pâturage formé essentiellement de thérophytes, comme celui que nous avons étudié, où les espèces vivaces répondent d'une manière moins souple. Elles sont d'ailleurs rares, car elles n'ont guère le temps de s'établir, à cause des labours itinérants.

Il est connu qu'aucune propriété (structurale ou fonctionnelle) d'un système

biologique n'est absolument fixe ; elle est sujette à l'apparition de nouveautés qui proviennent de son interaction avec la variabilité du milieu (CEREIJIDO, 1978). Les différentes étapes de la succession de ces pâturages de thérophytes méditerranéens représenteraient des structures qui sont des réponses aux conditions externes (météorologiques, utilisation humaine séculaire) et aux structures qui les précèdent (étapes antérieures conditionnées aussi par des causes externes). Le système biologique connecte une étape avec la précédente au moyen d'une "mémoire" constituée par une réserve de graines dormantes dans le sol. En réalité, il ne doit pas exister une infinité de possibilités d'évolution des pâturages étudiés, sinon quelques types de transition en accord avec le changement observé dans l'environnement. Pour cela, bien que les groupes d'espèces à loadings plus forts (Figure 2, axe II) ne puissent être considérés comme des indicateurs constants (POOLE, 1974) du changement, au moins quelques espèces de ces groupes peuvent le prédire.

Quant à la différenciation géomorphologique du pâturage avec la succession, les résultats sont en accord avec ceux obtenus dans des travaux précédents (PINEDA et al., 1981 a, b ; DE PABLO et al., 1982). Au fur et à mesure que la succession progresse, l'effet de la géomorphologie croît en importance et détermine une distribution différentielle du pâturage sur la pente. Il est intéressant de faire ressortir que la différenciation géomorphologique semble s'accélérer déjà dans les premières étapes de la succession si elles coïncident avec une année plus humide (Figure 3).

CONCLUSION

Les fluctuations météorologiques qui se produisent d'une année à l'autre, et la dynamique géomorphologique des pentes sont d'importantes sources de variation floristique annuelle dans les pâturages étudiés. C'est probablement l'humidité du sol - un des principaux facteurs limitants en climat méditerranéen - le facteur commun à ces deux types de variation. Les différences d'humidité s'établissent dans l'espace - elles sont liées à un gradient géomorphologique, l'eau s'accumulant au bas des pentes - et dans le temps - fluctuations météorologiques qui se produisent d'une année à l'autre -.

Il existe une tendance générale de changement floristique au cours du temps qui est la vraie "succession" et qui est détectée par l'ordination des observations suivant leur âge. On peut distinguer différentes étapes caractérisées par des espèces indicatrices qui y présentent leur maxima d'abondance, ou bien sont exclusives de quelques unes de ces étapes. Les déviations qui se produisent autour de cette tendance générale n'arrivent pas à être assez fortes pour la cacher complètement. En tout cas, le traitement de données pratiqué permet de différencier et séparer ces tendances.

L'effet du facteur humidité du sol (que ce soit dû à la pluviosité ou à l'emmagasinement dans certains secteurs édaphiques à plus haute rétention) est d'accélérer le cours de la succession. L'inverse est vrai pour les conditions de sécheresse.

BIBLIOGRAPHIE

- ALLIER C., LACOSTE A. (1981). Processus dynamiques de la reconstitution dans la série de *Quercus ilex* en Corse.
In : *Vegetation dynamics in grassland, heathlands and mediterranean ligneous formations*, P. Poissonet et al. eds, Junk, The Hague.
- AUSTIN M.P. (1971). Role of regression analysis in plant ecology.
Prac. Ecol. Soc. Aust., 6, 63-73.
- AUSTIN M.P. (1977). Use of ordination and other multivariate descriptive methods to study succession.
Vegetatio, 35, 165-175.
- AUSTIN M.P. (1980). Searching for a model for use in vegetation analysis.
Vegetatio, 42, 11-12.
- AUSTIN M.P. (1981). Permanent quadrats. An interface for theory and practise.
In : *Vegetation dynamics in grasslands, heathlands and mediterranean ligneous formations*, P. Poissonet et al. eds, Junk, The Hague.
- AUSTIN M.P., WILLIAMS O.B., BELBIN L. (1981). Grasslands dynamics under sheep grazing in a Australian mediterranean type climate.
In : *Vegetation dynamics in grassland, heathlands and mediterranean ligneous formations*, P. Poissonet et al., eds, Junk, The Hague.
- BERNALDEZ F. et al. (1979). Prospection intégrée des pâturages extensifs en Sierra Morena (Espagne).
Colloquio Hispano-Francés sobre areas de montana. Madrid. Actas, 113-123.
- CAXA DE LERUELA M. (1631). *Restauracion de la abundancia de Espana*.
J.P. Le Flem Ed., Ministerio de Hacienda, Madrid.
- CEREJEIDO M. (1978). *Orden, equilibrio y desequilibrio. Nueva imagen*. Mexico. D.F.
- COLINVAUX P. (1973). *Introduction to ecology*. Willey. New-York.
- CONNEL J.H., SLATYER R. (1977). Mechanisms of succession in natural communities and their role in community stability and organization.
American naturalist, 111, 1119-1144.
- COOPER W.S. (1923). The recent ecological history of Glacier Bay, Alaska. II. The present vegetation cycle.
Ecology, 4, 223-246.
- COSTA M. (1974). Estudio fitosociologico de los matorrales de la Provincia de Madrid.
Anal. Inst. Bot. Cav., 31, 225-246.
- COSTA M. (1975). Sobre la vegetation nitrofila vivaz de la Provincia de Madrid (*Artemisio-Santolinetum rosmarinifoliae*).
Anal. Inst. Bot. Cav., 32, 1091-1098.
- COWLES H.C. (1901). The ecological relations of the vegetation on the sand dunes of Lake Michigan.
Bot. Gaz., 27, 95-117 ; 167-202 ; 203-308 ; 361-391.
- CRAFTON W.M., WELLS B.M. (1934). The old field prairie : An ecological study.
In : *Ecological succession*. F.B. Golley Ed., Stroudsburg, Pennsylvania.
- DE PABLO C.T.L. et al. (1982). Space-time variability in mediterranean pastures analysed with diversity parameters.
Vegetatio, 50, 113-125.
- DRURY W.H., NISBERT I.C.T. (1973). Succession.
The Arnold Journal, 54, 331-368.
- ELSTON J., MONTEITH J.L. (1980). In : *Vegetation and atmosphere*. J.L. Monteith Ed., Vol. I
Ac. Press London.
- GARCIA NOVO F. et al. (1969). Essai d'analyse automatique de la végétation et des facteurs du milieu.
Ve Symposium Flora Europea, Sevilla, 1967, 91-115.
- GRIEG-SMITH P. (1964). *Quantitative plant ecology*, Butterworths, London.

- GRIEG-SMITH P. (1969). Analysis of vegetation data. The user view-point.
In : *Statistical Ecology III*, G.P. Patil et al. Eds, 149-162. Pennsylvania State Univ. Press London.
- HABECK J.R. (1968). Forest succession in the Glacier Park Cedar-Hemlock forest.
Ecology, 49, 872-880.
- HARMAN H.H. (1967). *Modern factor analysis*. Univ. Chicago Press. Chicago.
- HOGEWEG P. (1976). *Topics in biological pattern analysis*.
Thesis Univ. Utrecht.
- KLEIN J. (1964). *The Mesta*.
Reprint of K. Press-Port, Ed 1919, Washington.
- LEVASSOR C. et al. (1981). Tipologia de pastizales en relacion con el relieve : la Sierra del Castillo (Madrid).
Pastos, 11, In press.
- LONDO G. (1971). *Patroon in proces in duinvalleivegetaties Langs cen graven neer in de Kennemerduinen*.
Thesis Univ. Nijmegen.
- LORIA M., NOY-MEIR I. (1980). Dynamics of some annual populations in a desert loess plain.
Isr. J. of Botany, 28, 211-225.
- MAAREL E. Van der (1969). On the use of ordination models in phytosociology.
Vegetatio, 19, 21-46.
- MAAREL E. Van der (1975). Observations de la structure et de la dynamique de la végétation des dunes de Voorne.
In : *Colloques phytosociologiques*, 1, 167-183. J.M. Géhu Ed., Vaduz.
- MAAREL E. Van der, WERGER M.J.A. (1978). On the treatment of succession data.
Phytocoenosis, 7, 257-278.
- MAAREL E. Van der (1980). Vegetation development in a former orchard under different treatments : a preliminary report.
Vegetatio, 43, 95-102.
- MARGALEF R. (1968). *Perspectives in ecological theory*. Univ. Chicago Press.
- MARGALEF R. (1979). The organization of space.
Oikos, 33, 152-159.
- MARGALEF R. (1981). Asimetrías introducidas por la operación de la energía externa en secuencias de sedimentos y de poblaciones.
Acta Geol. Hispanica, 16, 35-38.
- MC CORMIK J. (1968). Succession.
Graduate School Fine Univ. Pennsylvania Via., 1, 22-35 ; 131-132.
- MILKOV F.N. (1974). Osnovnie gheograficheskie zakonomernosti skolonovoi microzonal'nosti landshftov.
Voronezh. Izdvo VGU.
- MONTERO J.L., GONZALEZ-REBOLLAR J.I. (1974). *Diagramas bioclimaticos*.
ICONA. Madrid.
- OLSON J.S. (1958). Rates of succession and soil changes in Southern Lake Michigan sand dunes.
Bot. Gaz., 119, 125-170.
- PATTEN B.C. (1975). Ecosystem linearization : an evolutionaly design problem.
American naturalist, 109, 125-170.
- PINEDA et al. (1981 a). Ecological succession in oligotrophic pastures of Central Spain.
Vegetatio, 44, 165-176.
- PINEDA F.C. et al. (1981 b). Succession, diversité et amplitude de niche dans les pâturages du Centre de la Péninsule Ibérique.
Vegetatio, 47, 267-277.
- POOLE R.W. (1974). *An introduction to quantitative ecology*. Mc Graw-Hill, USA.

- QUEZEL P. et al. (1980). Les taxons indicateurs de la dynamique des écosystèmes forestiers et préforestiers provençaux des étages méditerranéens et supra-méditerranéens. *Symposium Dynamique et Végétation*, Montpellier, Actes II, 3.
- RIVAS-MARTINEZ S. (1968). Los jarales de la Cordillera Central. *Collectanea Botanica*, 7, 57, 1033-1082.
- RIVAS-MARTINEZ S. (1979). Brezales y jarales de Europa Occidental. *Lazaroa*, 1, 5-128.
- RIVAS-MARTINEZ S. et al. (1981). Comunidades de pastizal del Monte de El Pardo (Madrid). *Studia Oecologica*, 1, 59-90.
- SASTRE I. et al. (1982). Tipología y erosión de los suelos en un área representativa de las estribaciones del Guadarrama (Cordillera Central). *Anal. Edaf. y Agrobiol.*, 39, 1136-1150.
- TERAN M. (1952). *Geografía de España y Portugal*. Vol. I. Montaner y Simón. Barcelona.
- TRABAUD L., LEPART J. (1981). Changes in the floristic composition of a *Quercus coccifera* L. garrigue in relation to different fire regimes. In : *Vegetation dynamics in grasslands, heathlands and mediterranean ligneous formations*. P. Poissonet et al. Eds, Junk, The Hague.
- VADOUR J. (1969). Données nouvelles et hypothèses sur le Quaternaire de la région de Madrid. *Etudes et travaux de "Méditerranée"*, 8, *Rev. Geograph. Pays Méditerranéens*.
- VALENZUELA M. (1975). Segregación y cambio funcional en un espacio forestal suburbano (El Pardo). *Anal. Inst. Estudios Madrilenos*, 11, 1-37.
- WERGER M.J., LEISTNER O.A. (1975). Vegetationsdynamik in der sudlichen kalahari. In : *Sukzessionsforschung*, 135-158, W. Schmidt Ed., Cramer. Vaduz.
- WHITTAKER R.H. (1967). Gradient analysis of vegetation. *Biol. Rev.*, 49, 207-264.
- WHITTAKER R.H. et al. (1973). Niche, habitat et écotope. *Am. Nat.*, 107, 321-338.
- WHITTAKER R.H. (1975). Functional aspects of succession in deciduous forests. In : *Sukzession Forschung*, Ber. Symposium Ver. Vegetationskunde, Rinteln, 377-405.
- WILLIAMS W.T. et al. (1969). Studies in the numerical analysis of complex rainforest communities III. The analysis of successional data. *J. Ecol.*, 57, 515-536.
- ZEDLER P.H., GOFF F.G. (1973). Size-association analysis of forest successional trends in Wisconsin. *Ecol. Monogr.*, 43, 79-94.

Les séries de l'arganeraie steppique dans le Sous (Maroc) .

J.P. PELTIER[★]

RESUME - Bien que la dynamique de la végétation soit difficile à appréhender, l'auteur propose de distinguer cinq séries au sein de l'arganeraie steppique du Sous. Pour chacune d'elle une séquence de dégradation est proposée.

SUMMARY - It is proposed to distinguish five series of vegetation in the Argania steppic vegetation of the Sous (Morocco), although the dynamism is not easy to see in this region. For every serie a degradation-sequence has been defined.

MOTS CLES - Maroc, Sous, série de végétation, Dynamisme, *Argania spinosa*.

KEY WORDS - Morocco, Sous, serie of vegetation, Dynamism, *Argania spinosa*.

INTRODUCTION

La région concernée se situe dans le SW marocain et a pour cadre le bassin hydrogéologique de l'oued Sous.

Sa particularité tient à la présence de l'arganier (*Argania spinosa*) (1), "essence la plus originale et la plus remarquable de l'Afrique du Nord, tant par son intérêt botanique que par sa valeur sociale (BOUDY, 1950)". Cette endémique algéro-marocaine (2) donne un excellent charbon, procure aux populations locales l'huile qui est le fond de leur alimentation et constitue par son feuillage un "pâturage suspendu" (EMBERGER, 1938) qui représente la seule nourriture des troupeaux pendant la saison sèche. Cette véritable providence pour le Sous conditionne, par son rôle social, l'existence même de la population Chleuh (BOUDY, 1951).

Outre la présence de l'arganier, cette zone est définie par le rôle que jouent l'élément macaronésien (en particulier les euphorbes cactiformes), l'élément tropical (18 taxons) et l'élément endémique (52 taxons propres à la région).

Si on s'en tient à la définition d'EMBERGER (1955), le climat de la région est méditerranéen; cet élément représente d'ailleurs 70 % de la flore de la région. Son caractère le plus remarquable est la fréquence des brumes et des brouillards. Ce phénomène, dont le maximum se produit en été, prend une importance d'autant

★ Laboratoire de Botanique et Biologie végétale de l'Université de Grenoble 1 et Laboratoire "Ecologie et Biogéographie des grands systèmes montagneux" associé au CNRS (LA 242). B.P. 68 - 38402 - Saint-Martin d'Hères, Cédex - France.

(1) La nomenclature des taxons est celle du catalogue des plantes du Maroc de JAHANDIEZ et MAIRE (1931, 1932 et 1934) et de son supplément d'EMBERGER et MAIRE (1941).

(2) Ce genre monotype est en effet présent au Sahara occidental algérien, entre le jbel Ouarkziz et la hammada de Tindouf et sur celle-ci.

plus grande, du point de vue écologique, que les précipitations ordinaires sont faibles (200 à 500 mm annuellement). C'est lui qui explique la densité de la végétation et surtout la présence d'une importante couverture arborée.

SÉRIES DE VÉGÉTATION

Peut-on définir, sous ces bioclimats, des séries comme on le fait habituellement sous les climats tempérés ?

Tous les biologistes donnent du terme introduit par GAUSSEN en 1933 des définitions comparables. Par exemple pour OZENDA (1964), on "appelle série l'ensemble d'un climax, des groupements qui y conduisent par évolution progressive et de ceux qui en dérivent par dégradation".

Dans la région, la plupart des groupements ont subi une détérioration intensive, résultant d'une forte pression humaine qui s'exprime sous la forme d'exploitation abusive des pâturages, de déboisement ou d'extension des cultures céréalières. Souvent, l'excessive dégradation ne permet plus que l'installation d'un maigre tapis d'annuelles, terme ultime après lequel ne subsiste que le sol nu ou le substrat géologique seul. Même lorsqu'il reste encore quelques éléments arbustifs ou arborés, c'est-à-dire lorsque les groupements ont encore une certaine maturité, il est très difficile de mettre en évidence une dynamique naturelle vers une hypothétique végétation forestière climacique. Aussi la notion de série est-elle délicate à appliquer dans la région.

La faible dynamique naturelle de la végétation en zone aride, voire semi-aride, a déjà été soulignée par LE HOUEROU (1969). Ensuite, SHREVE (1972) a même affirmé que l'on ne pouvait parler de successions sous ces bioclimats. Cependant, les travaux les plus récents (KASSAS, 1966; FLORET et al., 1981) concluent tout de même à l'existence de successions, tout en reconnaissant que la dynamique naturelle des systèmes écologiques steppiques ayant acquis une certaine maturité est faible. D'ailleurs ce qui est le plus souvent clairement mis en évidence est le stade régressif ultime d'annuelles conduisant au sol nu, ainsi que le rôle joué par la végétation pérenne dans le piégeage du sable et de la matière organique entraînée par les vents. Ces matériaux qui s'accumulent au pied de chaque touffe créent ainsi des conditions propices au développement d'une abondante végétation constituée d'annuelles (FLORET et al., 1981).

Il est de fait que le caractère essentiel de ces systèmes écologiques est leur forte résilience. Ce terme, proposé par HOLLING (1973) et NOY-MEIR (1974), traduit le fait que les espèces qui les composent disposent de moyens considérables de survie en présence de conditions extrêmes. Si une pression trop forte se manifeste (labours répétés, surpâturage prolongé, etc.), la régénération et la dynamique progressive de ces systèmes deviennent très lentes ou nulles.

En définitive, essayer d'appréhender la dynamique de la végétation dans la région (BENABID, 1982), revient à supposer que chaque strate du relevé floristique représente les diverses expressions de la séquence de la série. Il n'apparaît que ce n'est que de cette façon que l'on peut saisir les modalités de changement et de passage possible des types de végétation les moins évolués vers les plus évolués, car sur le terrain les groupements végétaux paraissent stabilisés et sont certainement plus le résultat de l'intrication stationnelle des facteurs biotiques et abiotiques

qu'une expression dynamique de la formation.

Ceci posé, il est alors possible de définir les principales séries de végétation de l'arganeraie steppique, qui se rattachent soit à l'inframéditerranéen (BENABID, 1976), soit au thermoméditerranéen.

Rappelons que l'inframéditerranéen ne répond pas à des critères thermiques, mais à des critères de végétation. "Sa valeur est essentiellement biogéographique et justifiée par sa position sur le terrain en fonction de l'histoire de la végétation" (QUEZEL, comm. écrite).

Toutefois, malgré l'originalité des groupements végétaux qui s'y rapportent, il y a lieu de se demander si cet étage ne correspond pas plutôt à un thermoméditerranéen inférieur à forte influence océanique (PELTIER, sous-presse).

1 - Série inframéditerranéenne de l'arganier et de l'euphorbe oursin

Son étendue nécessite la distinction de plusieurs variantes à déterminisme climatique, caractérisées chacune par un lot d'espèces différentielles.

A - Série type

Le groupement climax - *Arganio-Euphorbietum echini* (PELTIER, 1982)-est une arganeraie à euphorbe oursin dans laquelle le gommier (*Acacia gummifera*) est bien représenté. Il caractérise tous les adrets du talus de la bordure septentrionale de la chaîne anti-atlasique, compris entre 350 et 1100 m. Il est également présent dans la partie aval de la plaine du Sous, le long de la route Tiznit-Agadir en particulier. Il se développe en bioclimat aride atténué, à forte océanité en rapport avec les brumes printanières et estivales.

B - Variante à *Genista ferox subsp. microphylla*

Elle ne s'individualise que dans les adrets de la terminaison occidentale de l'Anti-Atlas, entre 600 et 1150 m. L'arganeraie climacique à euphorbes cactiformes s'est alors enrichie de *Rhus tripartitum*, *Olea europaea*, *Rhamnus lycioides subsp. oleoides*, *Lavandula dentata*, *Thymus leptobotrys*, *Fumana arabica* et *Thymelaea hirsuta*, espèces qui témoignent d'une diminution très sensible de l'aridité, le Kerdous recevant de plein fouet les perturbations atlantiques.

C - Variante à *Convolvulus trabutianus*

Dans la zone de contact de la bordure septentrionale de l'Anti-Atlas avec les hauts plateaux, entre 1000 et 1500 m, la continentalité se manifeste par l'apparition dans l'arganeraie de *Convolvulus trabutianus*, *Artemisia herba-alba*, *Stipa parviflora*, *Launaea acanthoclada*, *Lavandula mairei*, *Reseda elata*, etc.

D - Variante à euphorbe du Roi Juba

Elle est circonscrite à la zone littorale, au N de Tiznit, en rapport avec la présence d'un microclimat xérique atténué par l'influence de l'océan. Cela se traduit dans le cortège floristique par l'apparition de l'élément macaronésien:

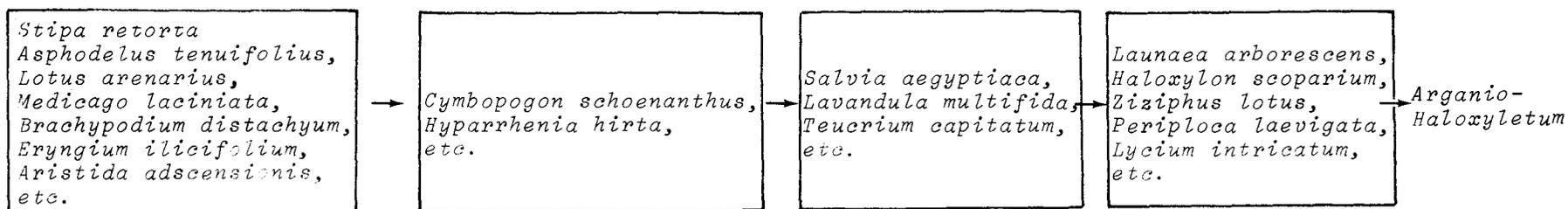


Fig. 2 - Dynamisme de la série inframéditerranéenne de l'arganier et de l'*Haloxylon scoparium*.

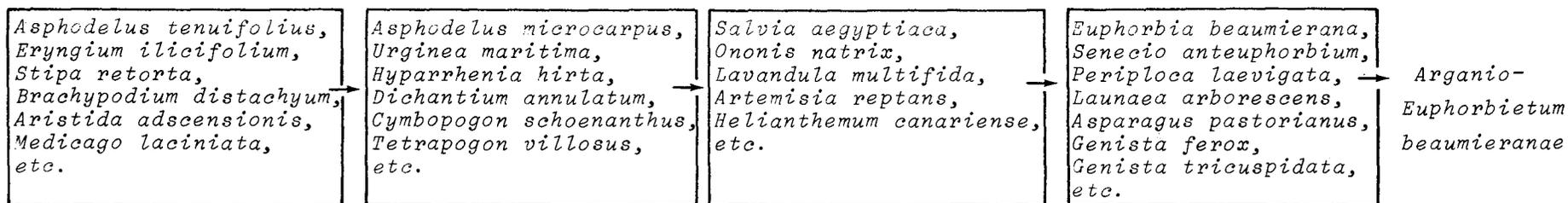


Fig. 3 - Dynamisme de la série inframéditerranéenne de l'arganier et de l'euphorbe de Beaumier.

souvent d'inclinaison assez forte, tournés vers l'W et le S, à condition toutefois que l'altitude ne dépasse pas 300 m. Physionomiquement il est caractérisé par les coussinets cactiformes de l'euphorbe de Beaumier qui se mêlent en grand nombre à l'arganier, au gommier et au lentisque. Son originalité résulte de la présence simultanée de taxons macaronésiens (*Artemisia reptans*, *Atriplex ifniensis*) et de graminées tropicales (*Digitaria commutata*, *Dichantium annulatum*, etc.). Le groupement est lié au bioclimat semi-aride accentué du littoral atlantique.

Trois variantes peuvent être distinguées :

- celle à euphorbe du Roi Juba domine dans la région du cap Rhir en liaison avec une forte océanité, de type insulaire;

- celle à *Salsola longifolia* et *Salsola sieberi* dans les zones les plus directement soumises aux embruns;

- celle à *Rhus pentaphyllum* se développe sur des sols profonds, de type rendzine, à la même altitude que le groupement type, mais uniquement sur les versants tournés vers le N et le NW. Le caractère mésophile de la variante se traduit par la dominance du sumac, mais encore par l'apparition de *Teucrium fruticans*, *Chamaecytisus albidus*, *Rhamnus lycioides* et *Olea europaea*.

La figure 3 montre par quels stades de dégradation on arrive à la steppe d'annuelles.

4 - Série inframéditerranéenne de l'arganier

Deux variantes peuvent être distinguées: une d'ubac et une d'adret.

A - Variante à *Hesperolaburnum platycarpum*

Le groupement climax - *Arganio-Hesperolaburnetum platycarpi* (PELTIER, 1982) - caractérise tous les ubacs frais et humides de la bordure septentrionale de l'Anti-Atlas. L'altitude se situe entre 350 et 1000 m et les sols s'apparentent à des sols rouges fersiallitiques.

C'est une arganeraie dans laquelle se rencontre *Acacia gummifera*, *Rhamnus lycioides*, *Olea europaea*, *Hesperolaburnum platycarpum* ce qui ne laisse aucun doute sur le caractère semi-aride du groupement.

La figure 4 indique ses différents stades de dégradation. Il convient de noter que par rapport aux séries de dégradation précédentes:

- la steppe d'annuelles rassemble cette fois des espèces différentes; elles indiquent un bilan hydrique plus favorable;

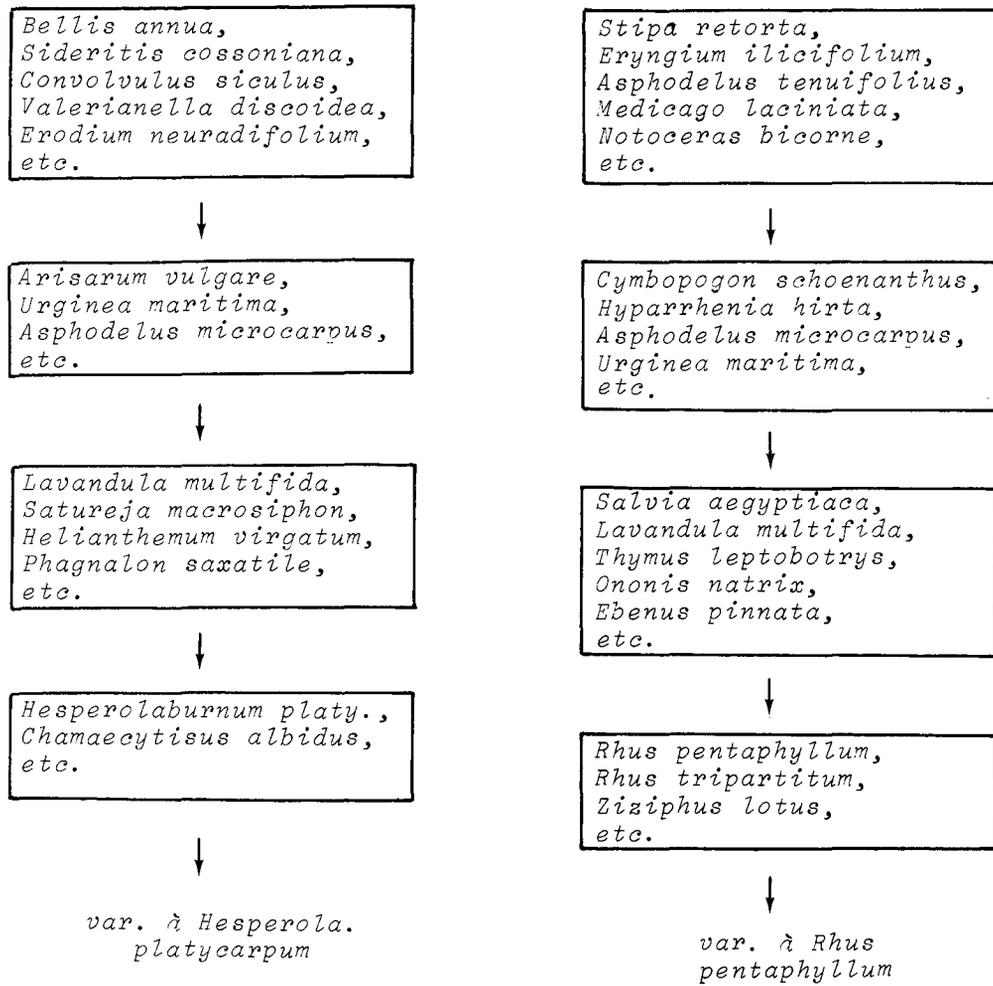
- celle à herbacées vivaces est dominée par les géophytes et non plus par les graminées cespiteuses.

B - Variante à *Rhus pentaphyllum*

Le groupement climax - *Arganio-Rhoisetum pentaphylli* (PELTIER, 1982) - caractérise les adrets du versant S du Haut Atlas, entre 600 et 1000 m. Il montre une nette préférence pour les calcaires blancs et les marnes jaunes du Sénonien, à niveaux de gypse et de sables phosphatés intercalés. Le sol a les caractères des rendzines.

Le groupement est une arganeraie dont la strate arbustive est dominée par le Sumac, associé à *Periploca laevigata* et *Rhus tripartitum*. Il correspond à

Fig. 4 - Dynamisme de la série inframéditerranéenne de l'arganier



un meilleur bilan hydrique global se conjuguant avec l'océanité qui demeure forte.

La figure 4 indique la séquence de dégradation.

5 - Série thermoméditerranéenne de l'arganier

Elle s'étend sur le revers méridional du Haut Atlas et dans la terminaison occidentale de l'Anti-Atlas.

Trois variantes peuvent être distinguées: deux d'ubac et une d'adret.

A - Variante à *Genista ferox subsp. microphylla*

Le groupement climax - *Arganio-Genistetum ferocis* (PELTIER, 1982)- se substitue à l'*Arganio-Hesperolaburnetum* dans les ubacs de la terminaison occidentale de l'Anti-Atlas, mieux exposée aux perturbations atlantiques. Le groupement se développe entre 300 et 650 m et toujours sur des sols rubéfiés relativement profonds, piégés entre les calcaires et les dolomies qui affleurent.

De part sa composition floristique, il se rapproche beaucoup de l'*Arganio-Hesperolaburnetum*; il faut cependant noter ici la présence du caroubier dans la strate arborée et de *Genista ferox* dans la strate arbustive.

Les stades de dégradation (fig. 5) s'apparentent beaucoup à ceux de la série précédente (var. à *Hesperolaburnum platycarpum*). Mais dans chacun il apparaît toujours des espèces différentielles liées à l'augmentation des précipitations: par exemple, dans la steppe à herbacées vivaces ce sont *Bellis silvestris* et *Eryngium tricuspdatum* et dans la steppe à annuelles *Ranunculus sardous*.

B - Variante à armoise blanche

Le groupement climax - *Arganio-Artemisietum herba-albae* (PELTIER, 1982)- est confiné à la partie la plus orientale du versant S du Haut Atlas, zone directement au contact de la chaîne anti-atlasique. C'est un groupement d'adrets échelonnés entre 800 et 1400 m. Les sols sont relativement profonds, sans doute des rendzines. C'est une arganeraie dont la strate arborée rassemble le gommier, l'oléastre et parfois le thuya et le génévrier de Phénicie. Quant à la strate buissonnante, elle est dominée par l'armoise blanche. Sa présence montre que le groupement est lié à une océanité atténuée.

La figure 5 indique que les stades de dégradation ressemblent à ceux des séries situées en bioclimat aride.

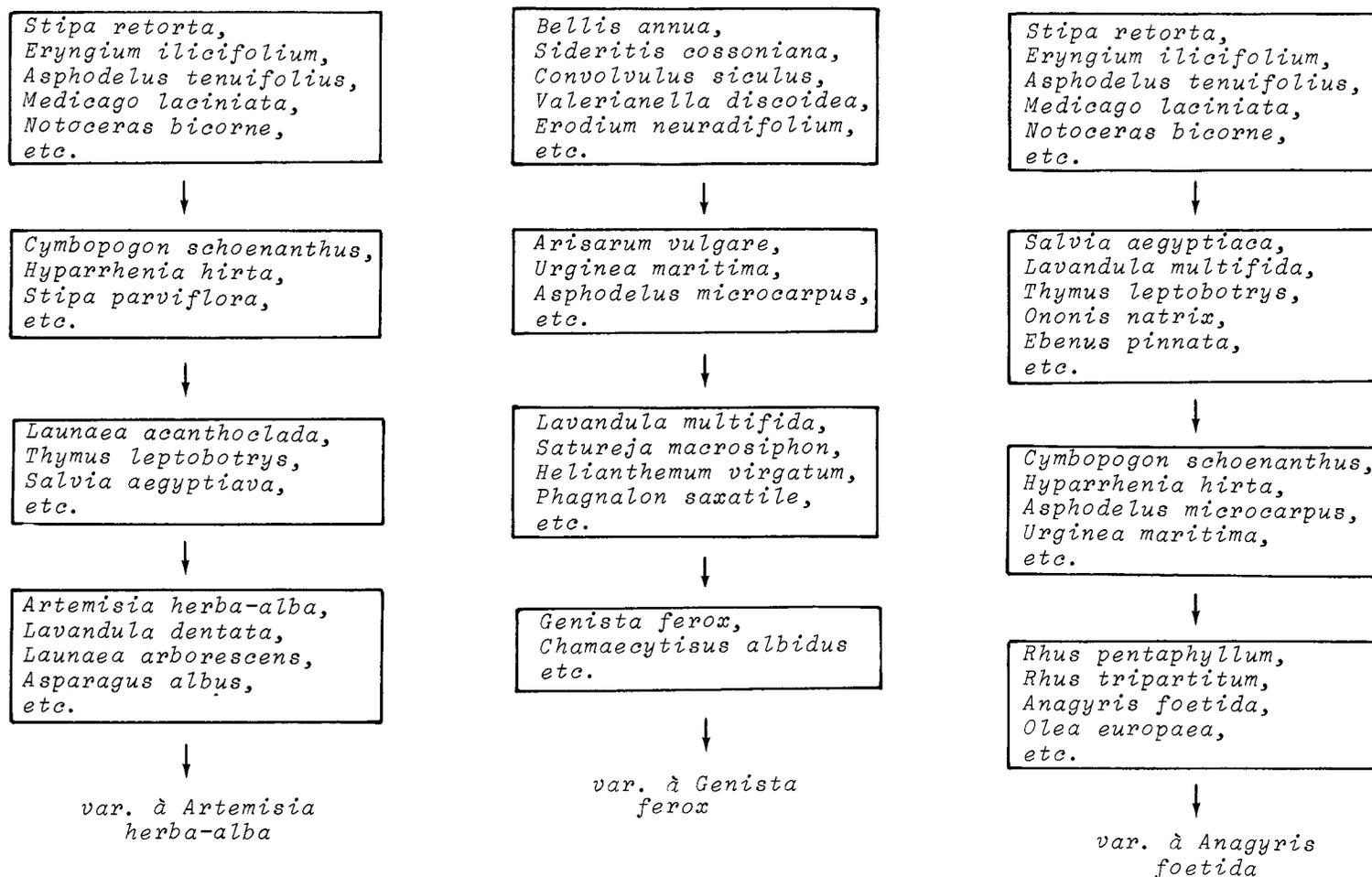
C - Variante à *Anagyris foetida*

Cette variante est très fragmentaire, souvent même réduite à l'état de lambeaux. Elle n'a été reconnue qu'aux environs d'Imouila, localité du Haut Atlas au NW de Tamaloukt. Sa dynamique est malaisée à préciser, car elle se situe sur de bonnes terres cultivables exploitées depuis longtemps.

Le climax semble être une arganeraie à oléastre, *Anagyris foetida* et *Rhus pentaphyllum* (*Arganio-Anagyrisetum*, PELTIER, 1982). Comme la variante précédente, il se localise entre 600 et 1000 m, mais dans les ubacs, de sorte que la substitution du tizra par *Anagyris* est clairement démontrée quand la siccité décroît.

Les autres termes de la série, autant que l'on puisse en juger, s'appa-

Fig. 5 - Dynamisme de la série thermoméditerranéenne
de l'arganier



rentent globalement à ceux de la série précédente (variante à *Rhus pentaphyllum*). Toutefois , ils possèdent de nombreuses espèces mésophiles (*Valerianella microcarpa*, *Kentranthus calcitrapa*, *Nepeta apulei*, etc.) qui attestent un bilan hydrique plus favorable et sont infiltrés d'éléments rudéraux.

CONCLUSION

Les résultats présentés ne doivent pas être considérés comme exhaustifs, en particulier au niveau des stades de dégradation. Ils constituent plutôt un complément au bref aperçu qu'a donné BENABID (1982) sur la zonation altitudinale de la végétation climacique au Maroc.

Pour ce qui concerne les séries présentées, on remarquera qu'il n'est guère possible de lier à chaque groupement climacique une séquence de dégradation particulière. Les schémas montrent en effet que les stades de dégradation sont souvent communs à plusieurs séries voisines.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BENABID A. (1976). Etude écologique, phytosociologique et sylvopastorale de la tétacinaie de l'Amsittène. Thèse de 3ème cycle, Université Aix-Marseille III, 155 p.
- BENABID A. (1982). Bref aperçu sur la zonation altitudinale de la végétation climacique du Maroc. *Ecologia mediterranea*, VIII (1-2), Marseille (définition et localisation des écosystèmes méditerranéens terrestres, Saint-Maximin, 16-20/11/1981).
- BOUDY P. (1950). Economie forestière Nord-africaine. II, fasc.1: monographie et traitements des essences forestières, Paris, Larose.
- BOUDY P. (1951). Economie forestière Nord-africaine. III: description forestière du Maroc . Rabat, Moncho, 294 p.
- EMBERGER L. (1938). Les arbres du Maroc et comment les reconnaître. Paris, Larose, 318p.
- EMBERGER L. (1955). Une classification biogéographique des climats. *Recueil Trav. Lab. Bot. Géol. Zool. Fac. Sc. Montpellier*, 71, 3-43.
- EMBERGER L., MAIRE R. (1941). Catalogue des plantes du Maroc (Spermatophytes et Ptéridophytes). Tome quatrième: suppl. aux vol. I, II, III, Alger, Minerva et *Mém. h. s. Soc. Sc. nat. Maroc*, 915-1181.
- FLORET C., LE FLOC'H E., ROMANE, F., PONTANIER, R. (1981). Dynamique de systèmes écologiques de la zone aride. Application à l'aménagement sur des bases écologiques d'une zone de la Tunisie présaharienne. *Acta Oecologia, Oecol. Applic.*, 2 (3), 195-214.
- HOLLING C.S. (1973). Resilience and stability of ecological systems. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, 4, 1-23.
- JAHANDIEZ E., MAIRE R. (1931). Catalogue des plantes du Maroc (Spermatophytes et Ptéridophytes). Tome premier : Ptéridophytes, Gymnospermes et Monocotylédones. Alger, Minerva, 150 p.

- JAHANDIEZ E. , MAIRE R. (1932). Catalogue des plantes du Maroc. Tome deuxième: Dicotylédones Archichlamydées. Alger, Minerva, 151-558.
- JAHANDIEZ E. , MAIRE R. (1934). Catalogue des plantes du Maroc. Tome troisième: Dicotylédones Gamopétales et supplément aux vol.1 et 2. Alger, Minerva, 559-913.
- KASSAS M. (1966). Plant life in deserts. In : E.S. Hills (ed.), *Arid Lands a geographical appraisal*, 145-180. Methuen Coltd., London and UNESCO, Paris, XVIII et 461 p.
- LE HOUEROU H.N. (1969). La végétation de la Tunisie steppique (avec référence aux végétations analogues de Libye, Algérie et Maroc). *Ann. I.N.R.A.T., Tunis*, 42 (5), 1-622.
- NOY-MEIR I. (1974). Stability in arid ecosystems and the effects of man on it. In: A.J. Cove (ed.), *Structure functioning and management of ecosystems*. Proc. of the first international congress of Ecology. Wageningen, Pudoc., 220-225.
- OZENDA P. (1964). Biogéographie végétale, Paris, Doin, 374 p.
- PELTIER J.P. (1982). La végétation du bassin versant de l'oued Sous (Maroc). Thèse de Doctorat d'Etat, Université de Grenoble 1, 201 p.
- PELTIER J.P. L'étage de végétation inframéditerranéen dans le Sous (Maroc)- *Documents phyto. nll. sér.* (sous-presse).
- SHREVE O. (1972). The desert vegetation of north America. *Botan. rev.*, 8 (4), 195-246.

Les forêts de *Castanea sativa*, *Alnus cordata* et *Ostrya carpinifolia* du massif du San Petrone (Corse).

J. GAMISANS[★]
M. GRUBER[★]
P. QUEZEL[★]

RESUME - Les auteurs décrivent trois groupements liés aux forêts de *Castanea sativa*, *Alnus cordata* et *Ostrya carpinifolia* du massif du San Petrone (Corse). Les plus thermophiles appartiennent au *Digitalo-Castanetum* GAMISANS 1975 *arbutetosum* et *digitaletosum*, le plus mésophile, essentiellement constitué par *Alnus cordata*, au *Stellarico-Buxetum alnetosum cordatae*. Ces deux associations s'intègrent au *Lathyrion veneti* GAMISANS 1975 et aux *Fagetalia Sylvaticae* PAWL. 1928.

SUMMARY - The authors describe three plant-communities linked with the woods of *Castanea sativa*, *Alnus cordata* and *Ostrya carpinifolia* of the "San Petrone" mountain (Corsica). The most thermophilous belong to the *Digitalo-Castanetum* GAMISANS 1975 *arbutetosum* et *digitaletosum*, the most mesophilous, very much constituted of *Alnus cordata*, to the *Stellarico-Buxetum Alnetosum cordatae*. These two plant-communities are combined into the *Lathyrion veneti* GAMISANS 1975 and into the *Fagetalia sylvaticae* PAWL. 1928.

Mots Clés : Phytosociologie, *Castanea sativa*, *Alnus cordata*, *Ostrya carpinifolia*, Corse.

INTRODUCTION

Le paysage végétal du massif du San Petrone (Corse nord-orientale) diffère sensiblement du reste de l'île. Ce massif est essentiellement constitué de schistes lustrés et, du point de vue climatique, apparaît sensiblement plus humide que d'autres régions corses (GAMISANS, 1983). Les forêts y occupent encore des surfaces importantes (en particulier en Castagniccia, Alesani, Moriani) et présentent la particularité, aux étages supraméditerranéen et mésoméditerranéen, d'être dominées par *Castanea sativa* ou localement par *Alnus cordata*, *Ostrya carpinifolia* ou *Quercus pubescens*. Les forêts de chênes à feuillage caduc de Corse ont déjà fait l'objet d'un article récent (BOYER *et al.*, 1983) ; nous n'y reviendrons pas ici.

Le présent travail sera donc plus spécialement consacré aux bois de châtaignier, aulne cordé et charme-houblon. Ces forêts ont déjà été étudiées par l'un de nous (GAMISANS, 1975, 1977 et 1983), mais de nouveaux relevés, réalisés par le même auteur, permettent d'apporter ici des informations supplémentaires sur le plan phytosociologique....

★ Laboratoire de Botanique et Ecologie Méditerranéenne, Faculté des Sciences de Saint-Jérôme - Rue Henri Poincaré 13397 Marseille cédex 13.

ETUDE PHYTOSOCIOLOGIQUE

Les bois d'*Alnus cordata* et les forêts les plus mésophiles de *Castanea sativa* et *Ostrya carpinifolia* offrent un cortège floristique dont les seules variations notables semblent découler essentiellement des conditions écologiques (altitude, facteurs édaphiques) et paraissent peu liées à l'espèce arborescente dominante. *Castanea sativa* participe aussi à des forêts plus sèches comme celles de *Quercus pubescens* ou *Quercus ilex* (BOYER *et al.*, 1983), mais il n'y est jamais dominant ; la même remarque s'applique à *Ostrya carpinifolia*.

L'analyse de la composition floristique de l'ensemble des relevés rassemblés a permis de reconnaître trois groupements qui s'intègrent dans deux associations déjà décrites (GAMISANS, 1975 et 1977) :

- le *Digitalo-Castanetum* où peuvent être distinguées deux sous-associations et plusieurs faciès
- le *Stellario-Buxetum* au sein duquel les forêts les plus mésophiles d'*Alnus cordata* forment une sous-association.

I - Le *Digitalo-Castanetum* GAMISANS 1975. Tableau n° 1, lectotypus relevé n°3, tableau 47 (GAMISANS, 1975 et 1977).

Cette association a été décrite en 1975 à partir des relevés provenant de la Castagniccia et effectués essentiellement dans des forêts de *Castanea*. Les relevés présentés ici (tableau n° 1) concernent des châtaigneraies (8 relevés) mais aussi des bois d'*Alnus cordata* (2 relevés) ou d'*Ostrya carpinifolia* (3 relevés) dominants.

1 - Localisation des relevés

Tous les relevés proviennent de la Castagniccia sauf le n° 9.

- ◊ 1 - En bordure de la route D 46 au NW de Granajola.
- ◊ 2 - A l'E de Stazzona, entre la route N 847 et le Fium'Altu.
- ◊ 3 - Vallée de Fium'Altu au NE du lieu-dit Casette en bordure de la route N 847.
- ◊ 4 - Rive droite du ruisseau de Folverosu, 500 m. en amont du Ponte Fiancu.
- ◊ 5 - San Gavinu d'Ampugnani au SW de Nepita, versant N de la crête.
- ◊ 6 - Entre San Gavinu d'Ampugnani et la source minérale de Caldane.
- ◊ 7 - 600 m à l'W de Ficaja en bordure de la route N 845.
- ◊ 8 - Au SE de Verdese en bordure de la route D 46 non loin de San Pancraziu.
- ◊ 9 - Valle di Moriani à l'W de San Nicolau, en bordure de la route D 34 près de Tribbiolu.
- ◊ 10 - Ibid. 6, mais plus bas.
- ◊ 11 - 1,5 km à l'E de Folverosu, près de la Funtana di Pantane.
- ◊ 12 - Vallée du Fium'Altu, au NW de Tagliu Isolacciu sous la Funta Muriccie.
- ◊ 13 - 1,5 km au S de Casabianca, près du Font de Cansitu en bordure de la route D 205.

2 - Stratification de la végétation

Les arbres dominants sont tantôt le châtaignier (le plus souvent) tantôt *Alnus cordata*, ou bien encore *Ostrya carpinifolia*. *Fraxinus ornus*, *Tilia cordata*, *Ilex aquifolium* jouent un rôle discret dans cette strate. Ces trois espèces sont souvent mieux représentées dans la strate arbustive où interviennent aussi *Corylus avellana*, *Quercus pubescens*, *Q. ilex*, *Prunus avium*, *Erica arborea* et dans les secteurs les plus chauds, *Arbutus unedo*. La strate herbacée y montre un recouvrement important.

Certaines des châtaigneraies sont constituées de vieux arbres et correspondent à d'anciens vergers à fruits ; d'autres sont actuellement traitées en taillis.

3 - Composition floristique et place de ce groupement en synsystème

La fréquence de *Salvia glutinosa* et *Digitalis lutea* permet de se référer au *Digitalo-Castanetum* GAMISANS 1975. A la lumière de ces relevés, *Hypericum androsaemum* et *Euphorbia dulcis* paraissent également avoir leur optimum en Corse dans cette association qu'ils peuvent donc caractériser.

Le cortège floristique de cette association est marqué par la juxtaposition de plusieurs ensembles. Des considérations déjà exposées par ailleurs (GAMISANS 1975 et 1977, BOYER *et al.*, 1983) ont conduit à reconnaître en Corse une alliance, le *Lathyrion veneti* incluse dans les *Fagetalia* et qui réunit la plupart des groupements sylvatiques de l'étage supraméditerranéen de l'île. Le *Lathyrion veneti* comprend deux sous-alliances : le *Buxenion* qui rassemble les groupements développés dans des milieux relativement secs et où apparaissent quelques espèces caractéristiques (ailleurs qu'en Corse) des *Quercetalia pubescentis*, et le *Lathyrenion* regroupant les associations ayant des affinités avec les groupements européens (atlantiques et continentaux) du *Fraxino-Carpinion*.

C'est au *Lathyrion*, plus précisément au *Lathyrenion*, que peut-être rapporté le *Digitalo-Castanetum* qui apparaît donc comme un groupement ayant des affinités avec le *Fraxino-Carpinion*, mais situé dans un contexte climatique plus méditerranéen.

Ainsi que l'avait déjà noté GAMISANS (1975 et 1977 : 371) certains des relevés du *Digitalo-Castanetum*, probablement les plus thermophiles, sont riches en espèces des *Quercetea ilicis*. Sur le tableau n° 1, les relevés 7 à 13 constituent une sous-association *arbutetosum* GAMISANS, GRUBER et QUEZEL (Holotypus relevé n° 10, tableau 1) dont les différentielles sont précisément les espèces des *Quercetea ilicis*, tandis que les relevés 1 à 6 constituent la sous-association *digitaletosum* GAMISANS, GRUBER et QUEZEL (Holotypus relevé n° 3, tableau 47, *in* GAMISANS 1975 et 1977 : 368).

Dans chacune de ces deux sous-associations, il est possible de reconnaître des faciès distincts :

- à *Castanea Sativa* couvrant le plus de surface et probablement étendu par l'homme aux dépens des deux autres.
- à *Alnus cordata*.
- à *Ostrya carpinifolia*.

4 - Ecologie et répartition

Le *Digitalo-Castanetum* n'a été mis en évidence pour l'instant que dans le massif du San Petrone. Il y occupe les ubacs entre 200 et 800 m d'altitude (sous-association *digitaletosum*) ou entre 150 et 600 m (sous-association *arbutetosum*). Il est aussi souvent installé dans les fonds de vallon. Dans tous les cas, il se développe sur des sols assez épais capables de retenir l'eau.

5 - Place du *Digitalo-Castanetum* dans la dynamique de la végétation.

Dans les conditions écologiques décrites ci-dessus, le *Digitalo-Castanetum* constitue probablement le groupement climacique d'une sous-série à châtaignier avec des faciès possibles à *Alnus cordata* et à *Ostrya carpinifolia*. Cette sous-série, préalablement placée dans la série supraméditerranéenne du pin laricio et des chênes (GAMISANS, 1975 et 1977), serait peut-être mieux située dans la série supraméditerranéenne des bois mixtes plus mésophile et dont elle représenterait la variante la plus thermophile.

Il est probable que le faciès à châtaignier a été étendu par l'homme aux dépens des deux autres. Il faut noter, d'autre part, qu'*Alnus cordata* est une excellente espèce pionnière dans le massif du San Petrone et qu'il est capable de s'installer très rapidement après les coupes ou dans les clairières naturelles des châtaigneraies. Il peut alors former un stade plus ou moins durable (préclimacique) avant une nouvelle reconstitution de châtaigneraie mûre (GAMISANS, 1983). Cependant, dans les secteurs à sols humides, son remplacement par d'autres essences est moins évident et il peut apparaître comme climacique.

6 - Affinités

Des relevés fragmentaires effectués par l'un de nous (QUEZEL) en Sardaigne, dans un ensemble sylvatique bien plus dégradé que celui de la Castagniccia, permettent de penser que des groupements à *Ostrya carpinifolia* et *Corylus avellana*, ayant des affinités avec les groupements corses étudiés ici ont certainement été mieux développés par le passé. Leur appartenance au *Lathyrion* ou à des unités comparables n'est pas à écarter, car l'absence en Sardaigne, de nombreuses espèces des *Quercetalia pubescentis*, est, tout comme en Corse, remarquable.

II - Le *Stellario-Buxetum* GAMISANS 1975, *alnetosum cordatae* GAMISANS, GRUBER et QUEZEL subass. nova (Holotypus relevé n° 3, tableau n° 2).

1 - Localisation des relevés

- ◊ 1 - Valle di Moriani, vallon sur le versant E du Nappucciu.
- ◊ 2 - Ibid., plus au sud.
- ◊ 3 - Valle d'Alesani, entre Pietricaggiu et Piubetta au niveau du Pont sur le Compoli.
- ◊ 4 - Valle di Moriani, près de San Giovanni versant NE de Cruce di Zuccaro.
- ◊ 5 - Ibid. 3, plus haut.

◊ 6 - Castagniccia, Mont-d'Olm d'Ampugnani, ravin à 400 m au NW du village.

2 - Stratification de la végétation

Alnus cordata est l'arbre dominant de ce groupement, *Fraxinus ornus*, *Ostrya carpinifolia*, *Castana sativa* l'accompagnent parfois. Ces espèces sont encore présentes dans la strate arbustive où apparaissent aussi *Buxus sempervirens*, *Corylus avellana* et *Ilex aquifolium*. La strate herbacée montre un recouvrement important (30 à 80 %).

3 - Composition floristique et place en synsystème

Ainsi que cela a déjà été noté (GAMISANS 1975 et 1977 : 359), ce groupement à *Alnus cordata* présente des affinités floristiques certaines avec le *Stellario-Buxetum* GAMISANS 1975 (décrit dans la même région mais à des altitudes supérieures et qui se présente comme un bois mixte où le buis joue un rôle important), au point qu'il peut être intégré dans cette association dont les principales caractéristiques sont : *Alnus cordata*, *Allium pendulinum*, *Cardamine impatiens*, *Ulmis glabra*, tandis que *Cymbalaria hepaticifolia*, *Saxifraga rotundifolia*, *Senecio nemorensis* subsp. *fuchsii* et *Stellaria nemorum* subsp. *glochidisperma* (absente des relevés du tableau n° 2) semblent d'excellentes différentielles dans le massif du San Petrone.

Ce groupement appartient à l'alliance *Lathyrion veneti*. Par contre, bien qu'initialement inséré dans la sous-alliance *Buxenion* (GAMISANS l.c.) , il apparaît, au regard de ces relevés supplémentaires, comme devant être placé dans la sous-alliance *Lathyrion*.

La sous-association *alnetosum cordatae* montre surtout la dominance d'*Alnus cordata*, alors que cette espèce ne joue qu'un rôle effacé dans la sous-association *buxetosum*.

4 - Ecologie et répartition

Ce groupement à *Alnus cordata* est ordinairement localisé aux ubacs entre 600 et 800 m d'altitude, mais au-dessus il peut se développer à d'autres expositions et atteint souvent 1000 à 1200 m dans le massif du San Petrone. Il s'intercale fréquemment entre la châtaigneraie et la hêtraie (Monte San Petrone, GAMISANS, 1975 et 1977 : 359), parfois il peut atteindre la partie culminale des reliefs peu élevés (Monte Olmelli).

Il est souvent installé sur des sols assez épais et riches en humus ; c'est ce qui explique que dans les massifs où les sols sont érodés, il ait tendance à se localiser dans les fonds de vallon où il jouxte les ripisylves dans lesquelles *Alnus cordata* intervient aussi.

5 - Rôle dans la dynamique

Dans le massif du San Petrone, ces peuplements à *Alnus cordata* dominant paraissent constituer un climax possible dans les conditions écologiques précédemment exposées. *Alnus cordata*, par ses capacités de pionnier, intervient très tôt dans les successions de végétation qui conduisent vers le climax à partir des groupements dégradés (GAMISANS, 1983).

Le *Stellario-Buxetum alnetosum cordatae* apparaît donc comme le climax de la sous-série à aulne cordé s'intégrant dans la série supraméditerranéenne des bois mixtes (GAMISANS, 1975 et 1978 : 388).

6 - Affinités

Ce groupement à *Alnus cordata* dominant est à rapprocher de l'*Asperulo-Alnetum cordatae* décrit en Italie méridionale par BONIN (1978), association qui se situe sous la hêtraie à la limite des étages supraméditerranéen et montagnard et qui est rapportée aux *Fagetalia*.

Les formations à *Alnus barbata* (vicariant d'*Alnus cordata*) décrites en région pontique par QUEZEL *et al.*, (1980 : 434) occupent une situation écologique assez comparable à celles d'*Alnus cordata* en Corse et en Italie méridionale. Ces auteurs ont écrit en particulier : "C'est un véritable étage à *Alnus* qui se constitue donc, du moins sur certains types de sols (épais, toujours humides en surface et riches en humus) et sur les massifs directement situés en façade maritime". Ces groupements offrent une cortège herbacé très riche en espèces méso-hypsophiles dont beaucoup sont spéciales à ces régions mais où l'on note aussi : *Hypericum androsaemum*, *Stachys sylvatica*, *Salvia glutinosa*, *Circaea lutetiana*, *Carex sylvatica*, *Phyllitis scolopendrium* ceci sous un climat pontique, à fortes précipitations et sans saison sèche estivale (climat de type océanique) encore bien plus humide que celui de la Castagniccia.

Certains relevés effectués en Sardaigne par l'un de nous (QUEZEL), autorisent à penser que des groupements à *Ostrya carpinifolia* et *Corylus avellana*, très voisins des groupements corses étudiés ici, ont pu être plus étendus dans le passé.

On peut supposer d'après ces relevés étant donné l'absence en Sardaigne de nombreuses espèces caractéristiques des *Quercetalia pubescentis*, que ces groupements se rapprochent de ceux du *Lathyrion*.

CONCLUSION

Les forêts mésophiles corses sont à *Castanea sativa*, *Ostrya carpinifolia* et *Alnus cordata* s'intègrent donc dans deux associations :

- le *Digitalo-Castanetum* peut-être situé essentiellement à l'horizon inférieur de l'étage supraméditerranéen, mais aussi en partie à l'horizon supérieur du mésoméditerranéen. Le faciès à *Castanea* y est dominant, probablement sous l'effet de l'action humaine. La sous-association *arbutetosum* apparaît comme la plus thermophile.

- le *Stellario-Buxetum alnetosum cordatae*, plus mésophile correspond à l'horizon supérieur de l'étage supraméditerranéen et *Alnus cordata* y joue un rôle prépondérant.

L'étude de ces forêts a permis de confirmer leur place dans les *Lathyrion veneti* et *Lathyrion*, unités qui, dans le cadre corse, remplacent le *Fraxino-Carpinion* dont elles se rapprochent par un cortège important d'espèces atlantiques en médio-européennes, mais dont elles diffèrent par un pourcentage non

négligeable d'éléments floristiques nettement sud-est européens en méditerranéens. Ces unités se développent, dans le massif du San Petrone, sous un climat où le creux estival des précipitations est marqué (toutefois moins qu'ailleurs en Corse), mais sur des sols qui permettent une certaine compensation hydrique.

LISTE DES NOMS D'UNITES PHYTOSOCIOLOGIQUES

CITEES DANS LE TEXTE

- <i>Quercetea ilicis</i>	Br.-Bl. 1947
- <i>Querc-Fagea</i>	FUKAREK et FABIJANIC 1968
x <i>Quercetalia pubescentis</i>	Br.-Bl. (1931) 1932
x <i>Fagetalia sylvaticae</i>	PAWL. 1928
+ <i>Fraxino-Carpinion</i>	TUXEN 1936
+ <i>Lathyrion veneti</i>	GAMISANS 1975
. <i>Lathyrion veneti</i>	GAMISANS 1975
* <i>Digitalo-Castanetum</i>	GAMISANS 1975
- <i>digitaletosum</i>	GAMISANS, GRUBER et QUEZEL
- <i>arbutetosum</i>	GAMISANS, GRUBER et QUEZEL
* <i>Stellario-Buxetum</i>	GAMISANS 1975
- <i>alnetosum cordatae</i>	GAMISANS, GRUBER et QUEZEL
. <i>Buxenion</i>	GAMISANS 1975

BIBLIOGRAPHIE

- BONIN G. (1978). - Contribution à la connaissance de la végétation des montagnes de l'Apennin centro-méridional. *Thèse de Doctorat-ès-sciences* (C.N.R.S., AO 1387). Marseille.
- BOYER A., GAMISANS J., GRUBER M. et QUEZEL P. (1983). - Les chênaies à feuillage caduc de Corse. *Doc. Phytosoc.*, sous presse.
- GAMISANS J. (1975). - La végétation des Montagnes Corses. *Thèse de Doctorat-ès-sciences*. (C.N.R.S. AO 1388). Marseille.
- GAMISANS J. (1977). - La végétation des Montagnes Corses : Quatrième partie. *Phytocoenologia*, 4(3), 317 - 376.
- GAMISANS J. (1978). - La végétation des Montagnes Corses : Cinquième partie. *Phytocoenologia*, 4(4), 377 - 432.
- GAMISANS J. (1983). - L'Aulne cordé dans son milieu naturel en Corse. *Rev. For. Fr.*, sous presse.
- QUEZEL P., BARBERO M. et AKMAN Y. (1980). - Contribution à l'étude de la végétation forestière d'Anatolie septentrionale. *Phytocoenologia*, 8 (3-4), 365 - 519.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
N° de relevé	200	200	200	400	200	200	400	400	200	400	400	200	400
Surface (m2)	90	90	80	90	70	90	95	95	90	95	95	95	90
Recouvrement A (%)	10	20	50	20	40	30	50	40	30	60	30	60	40
a	50	50	60	60	60	70	40	40	40	50	40	40	40
h	30	20	5	10	30	20	30	15	45	40	30	30	25
Pente °	N	E	N	NE	NW	NW	N	NNW	N	NE	SW	NW	NNE
Exposition	480	470	220	380	450	200	625	425	500	150	380	220	450
Altitude (m)													
<u>Caractéristiques d'association</u>													
<i>Salvia glutinosa</i>		12	12		12	12		12	+	22	11		
<i>Digitalis lutea</i> subsp. <i>australis</i>		+	+		+		11		+		+		+
<i>Hypericum androsaemum</i>	+					+				+			
<i>Euphorbia dulcis</i>	+				11	12							
<u>Caractéristiques du Lathurenion</u>													
<i>Geranium nodosum</i>	+	22	22	23		32		32		23		13	
<i>Circaea lutetiana</i>	+	12	22	22	12	13		22		13			
<i>Alnus cordata</i> A		33	11	11	34			11	11				
a	+	11	11		11			+	+	+			
h		+	+		+				+				
<i>Stachys sylvatica</i>		11		+	12	12			+	22			
<i>Ornithogalum pyrenaicum</i>			+							11		11	
<i>Primula vulgaris</i>		22		+									12
<i>Phyllitis scolopendrium</i>			13	13									
<i>Veronica montana</i>					+	11							
<i>Tilia cordata</i> a								+					
h								+					
<u>Caractéristiques du Lathurion</u>													
<i>Fraxinus ornus</i> A	11			11	11	12			11	11	+	11	
a		11		+	+	11	+	11	+	+	11		+
h	+	11		+	+	11	+	+	11	11	+	+	+
<i>Lathyrus venetus</i>		12	12	12	12	22	11	11	22	12	11	12	22
<i>Festuca heterophylla</i>	11	11		+	11	11	11	12	23	11	+	11	32
<i>Castanea sativa</i> A	44	23		34	11	34	44	44	45	+	44	+	44
a	11	11			+	11	11	11	+	+	11	+	23
h	+	+	+		+	+	+	11	+	+	+	+	11
<i>Polystichum setiferum</i>	13		23	12	13	23		12	12	33		23	12
<i>Ostrya carpiniifolia</i> A		11	34	11		11		11	11	34	11	44	
a	+	22	11	11		11		11		11	11	11	
h		+	+	+	+	+		+	+	11	+	11	
<i>Oenanthe pimpinelloides</i>		12	12	+	+	22		+		+	11	11	+
<i>Teucrium scorodonia</i>			12		12	12	12	+	11		11	+	22
<i>Ilex aquifolium</i> A	11			+	+		+	+					+
a				11	11	+	11	22		+			11
h					+		+	+		+			+
<i>Brachypodium sylvaticum</i>		+	22				11	12			22	12	12
<i>Cyclamen repandum</i>		11		+	11	11			22	11			
<i>Poa trivialis</i> subsp. <i>sylvicola</i>		+	11	11		11		11	+				
<i>Cyclamen linearifolium</i>		11		+	11	11				+			
<i>Astragalus glycyphyllos</i>			+						+		+		
<i>Quercus pubescens</i> A													
a										+		+	
h							+			+		+	11
<i>Hieracium sabaudum</i>						11				11	+		+
<i>Sorbus domestica</i> a				+			+						+
<i>Hypericum montanum</i>		+					+						+
<i>Prunus avium</i> a							+						
<i>Mercurialis perennis</i>			13										
<i>Buxus sempervirens</i>													
<i>Melittis melissophyllum</i>			+		11	12		+	+	11		11	+
<u>Caractéristiques des Fagetelia</u>													
<i>Ranunculus lanuginosus</i>	22	23	12	22	22	22	+	12	22	+		11	11
<i>Sanicula europaea</i>	+			12	23	12	12	13	23	12	12	12	+
<i>Mycelis muralis</i>	+		22		11			+		+		+	
<i>Melica uniflora</i>		12				12		+	12	13			+
<i>Hypericum hircinum</i>					12				+			+	+
<i>Galium rotundifolium</i>	12				12		+						12
<i>Dryopteris borreeri</i>	13				13	12							
<i>Moehringia trinervia</i>	12	11		+									
<i>Carex sylvatica</i>				+		11							
<i>Poa nemoralis</i>						+							
<i>Athyrium filix-femina</i>	+												
<i>Petasites albus</i>				+									
<i>Blechnum spicant</i>	+												
<i>Veronica officinalis</i>	+												

TABLEAU N° I

Caractéristiques des <i>Querceto-Fageteta</i> et <i>Querceto-Fagea</i>													
<i>Potentilla micrantha</i>	+	11	+	11	11	12	+		11	12		+	+
<i>Hedera helix</i>	22			13	24	23	22		13	22		22	22
<i>Viola riviniana</i>	11	11		+	11	11	11	+	+	12		12	
<i>Helleborus lividus</i> subsp. <i>corsicus</i>				+	11			+	11	+	+	+	+
<i>Clematis vitalba</i>			24				22	23	11	+	11	23	+
<i>Clinopodium vulgare</i>			+			11	+	+			11	+	11
<i>Crataegus monogyna</i> a				+		11		+		+	11	11	
h							+			+			
<i>Luzula forsteri</i>		+				+	11	11	+	+			11
<i>Geum urbanum</i>			11	11	11		11			11		11	
<i>Tamus communis</i>					11	11			+		11		+
<i>Cornus sanguinea</i> a				+	+		+				22	+	
h											+		
<i>Corylus avellana</i> A											12		
a									+		13		+
h											+		
<i>Hieracium</i> gr. <i>murorum</i>							+			+			11
<i>Geranium robertianum</i>				+	+	22							
<i>Aquilegia vulgaris</i>					11		+		+				
<i>Fragaria vesca</i>				+								+	
<i>Daphne laureola</i>	+	13											
<i>Agrimonia eupatoria</i>											12	+	
<i>Conopodium majus</i>												+	
<i>Lapsana communis</i>			+	+							+		+
<i>Populus tremula</i> h	+												
<i>Epipactis latifolia</i>				+									
<i>Eromus ramosus</i>										12		+	
<i>Sedum cepaea</i>								11					
<i>Epipactis microphylla</i>			+										
<i>Prunus spinosa</i> a												11	
h												+	
<i>Sambucus nigra</i> a					+								
<i>Hepatica nobilis</i>													12
<i>Asch. platanoides</i> a	11												
n	+												
<i>Malus sylvestris</i> a								+				+	
<i>Ulmus minor</i> a											+		
<i>Alnus glutinosa</i> A			11										
a			+										
<u>Espèces des <i>Quercetea ilicis</i></u>													
<i>Rubia peregrina</i> subsp. <i>requienii</i>			+		+	11	11		11	11		11	22
<i>Quercus ilex</i> A							+					+	-
a							+	11		+	+	+	+
h												+	+
<i>Ruscus aculeatus</i>				13		+	22	13		+	11		12
<i>Asplenium onopteris</i>				+	+	+	+			+			11
<i>Viola alba</i> subsp. <i>dehnhardtii</i>		11					+			11		11	11
<i>Arbutus unedo</i> a					+	+	22		11	+			12
h							+			+		+	
<i>Erica arborea</i> a							+		21			+	+
h													
<i>Lonicera etrusca</i>						11	12		22	12		11	22
<i>Rosa sempervirens</i>										11	+	11	
<i>Cytisus villosus</i> a									+		+		+
<i>Smilax aspera</i>									+			12	
<i>Moehringia pentandra</i>								12			12		+
<i>Viburnum tinus</i> a										+			
<i>Galium scabrum</i>													+
<u>Compagnes</u>													
<i>Pteridium aquilinum</i>	11	11	22	11	11	11	23	12	11	11	23	22	22
<i>Rubus</i> sp.		23	33	13	34		22	23	12		13	23	12
<i>Stellaria media</i>		22			13	12			12				
<i>Cruciata glabra</i>							11			11		+	+
<i>Rumex sanguinatus</i>		11		11				+			11		
<i>Galium spurinum</i>				12	+	12							
<i>Dactylorhiza maculata</i>						+				11			
<i>Aristolochia rotunda</i>			+									11	
<u>Figurent également une fois dans ces relevés :</u>													
<i>Carex olbiensis</i> (12) - <i>Galium mollugo</i> (11) - <i>Rosa canina</i> (5) - <i>Ranunculus bulbosus</i> (4) - <i>Ranunculus ficaria</i> (9) - <i>Vicia</i>													
<i>cracca</i> (13) - <i>Asperula laetigata</i> (9) - <i>Centaurium erythraea</i> (11) - <i>Sison amomum</i> (3) - <i>Juglans regia</i> h (3) -													
<i>Melissa officinalis</i> (3) - <i>Prunella vulgaris</i> (3) - <i>Eupatorium cannabinum</i> (3).													

TABLEAU N° I

	1	2	3	4	5	6
: Numéro de relevé	: 1	: 2	: 3	: 4	: 5	: 6
: Surface (m2)	: 200	: 200	: 200	: 25	: 300	: 200
: Recouvrement A %	: 90	: 80	: 60	: 50	: 70	: 90
: a	: 20	: 30	: 10	: 50	: 10	: 20
: h	: 30	: 60	: 60	: 80	: 70	: 50
: Pente (°)	: 50	: 45	: 30	: 25	: 25	: 40
: Exposition	: ENE	: N	: N	: E	: N	: NW
: Altitude (m)	: 700	: 800	: 700	: 650	: 720	: 700
: <u>Caractéristiques et différentielles du <i>Stellario-Buxetum alnetosum cordatae</i></u>						
: <i>Alnus cordata</i> A	: 23	: 34	: 34	: 23	: 34	: 23
: a	: +	: 11	: 11	: +	: +	: +
: h		: +	: +	: +	: +	
: <i>Allium pendulinum</i>	: +	: 11	: 12	: 12	: 11	
: <i>Cymbalaria hepaticifolia</i>	: +	: +	: +	: 23		
: <i>Cardamine impatiens</i>		: +	: 11			
: <i>Saxifraga rotundifolia</i>	: 12					
: <i>Senecio nemorensis</i> subsp. <i>fuchsii</i>				: +		
: <u>Caractéristiques du <i>Lathyrion</i></u>						
: <i>Stachys sylvatica</i>			: 12	: +	: +	: 12
: <i>Geranium nodosum</i>			: 23		: 22	: 22
: <i>Circaea lutetiana</i>			: 23	: 13		: 13
: <i>Phyllitis scolopendrium</i>				: 22		: +
: <i>Veronica montana</i>		: 12	: +			
: <i>Euphorbia dulcis</i>						: +
: <i>Primula vulgaris</i>						: 12
: <u>Caractéristiques du <i>Lathyrion</i></u>						
: <i>Polystichum setiferum</i>	: 33	: 24	: 23	: 12	: 13	: 23
: <i>Fraxinus ornus</i> A	: 21	: 11	: +		: +	
: a	: 12	: +	: +	: 11	: +	: +
: h	: 11	: +	: +		: +	
: <i>Cyclamen repandum</i>	: 11	: 21	: 12	: +	: 11	: 11
: <i>Ostrya carpinifolia</i> A	: 11				: 11	: 11
: a	: +		: 11		: +	: +
: h			: +			: +
: <i>Mercurialis perennis</i>		: 23	: 13	: 12		
: <i>Allium ursinum</i>	: +	: 11		: 12		
: <i>Brachypodium sylvaticum</i>			: 11	: 12	: +	
: <i>Teucrium scorodonia</i>		: +			: 12	: +
: <i>Cyclamen linearifolium</i>	: 11	: 11	: 11			
: <i>Buxus sempervirens</i> a	: 23			: 22		
: h	: +			: +		
: <i>Castanea sativa</i> A					: +	: 11
: a						: 11
: <i>Hypericum montanum</i>		: +				: +
: <i>Lathyrus venetus</i>		: 12				: 22
: <i>Festuca heterophylla</i>						: 11
: <i>Quercus pubescens</i> A					: +	
: a					: +	
: h					: +	
: <i>Melittis melissophyllum</i>	: +					
: <i>Ilex aquifolium</i> a					: +	
: <i>Poa trivialis</i> subsp. <i>sylvicola</i>					: +	
: <u>Caractéristiques des <i>Fagetalia</i></u>						
: <i>Ranunculus lanuginosus</i>	: 13	: 21	: 33		: 23	: 22
: <i>Mycelis muralis</i>	: 11	: 11	: 11	: 11	: 11	
: <i>Melica uniflora</i>		: 12	: 12	: 22		: 12
: <i>Sanicula europaea</i>		: 13	: 22	: +		: 12
: <i>Galium rotundifolium</i>	: +	: 12			: +	
: <i>Dryopteris borreeri</i>		: 12	: 13	: 12		
: <i>Hypericum hircinum</i>				: 12		: 12
: <i>Athyrium filix-femina</i>				: +		: +
: <i>Veronica officinalis</i>		: +				
: <i>Petasites albus</i>			: +			
: <i>Oxalis acetosella</i>			: 12			
: <i>Carex sylvatica</i>				: 11		
: <i>Cardamine flexuosa</i>					: +	
: <i>Poa nemoralis</i>						
: <i>Moehringia trinervia</i>			: +		: 12	

TABLEAU N° II

Caractéristiques des <i>Quercus-Fagetea</i> et <i>Quercus-Fagea</i>							
<i>Hedera helix</i>	13	23	22	22	22	22	
<i>Geranium robertianum</i>	12	12	12	12	11		
<i>Viola riviniana</i>	+	11	11	11		11	
<i>Potentilla micrantha</i>		+			-	+	11
<i>Helleborus lividus</i> subsp. <i>corsicus</i>	+		11			11	11
<i>Clematis vitalba</i>					+	11	11
<i>Luzula forsteri</i>		+					+
<i>Corylus avellana</i> A							11
a							23
h							+
<i>Hieracium</i> gr. <i>murorum</i>							12
<i>Vaphne laureola</i>						13	
<i>Aquilegia vulgaris</i>							11
<i>Crataegus monogyna</i> a		+					
<i>Clinopodium vulgare</i>						+	
<i>Fragaria vesca</i>						+	
<u>Compagnes</u>							
<i>Rubus</i> sp.		13	22			3,4	13
<i>Quercus ilex</i> A	23	12					+
a							+
<i>Ruscus aculeatus</i>	11					+	
<i>Erica arborea</i> a			+				+
<i>Geranium lucidum</i>		+	11				
<i>Galium spurium</i>		12				23	
<i>Stellaria media</i>		23	12				
<i>Pteridium aquilinum</i>			11			11	
<i>Digitalis purpurea</i> subsp. <i>gyspergerae</i>		+				+	
Sont également présentes une fois :							
<i>Arum italicum</i> (4), <i>Arbutus unedo</i> (a) (6), <i>Cruciata glabra</i> (5), <i>Veronica serpyllifolia</i> (2).							

TABLEAU N° II

STELLARIO-BUXETUM ALNETOSUM CORDATAE

**Un système informatique d'aide à la recherche et à la décision appliqué à la gestion des milieux naturels :
Mise en place et fonctionnement d'une banque de données cartographiques de l'environnement
(projet Molières)**

**A. GIRAUD[★]
R. MANIERE[★]
J. M. MONGET^{★★}**

RESUME - En proposant un exemple de mise en place d'un système normalisé de saisie de l'information cartographique, de constitution et de gestion d'une banque de données localisées -directement hérité de la télédétection- les auteurs tentent de répondre aux questions importantes:

- de disponibilité et de réactualisation de l'information environnementale,
- de difficultés d'analyses multicritères des données cartographiques dont le nombre des variables prises en compte et la complexité de leurs relations nécessitent une aide informatique,
- de choix de stratégies de perception du milieu sans contraintes d'échelles.

Véritable outil d'aide à la recherche et à la décision, c'est, peut être aussi, une nouvelle dimension qui est apportée à la cartographie de l'environnement grâce à ce système intégré de cartographie numérique interactive.

SUMMARY - A standardised system is proposed for data capture, organisation and handling in an environmental cartographic data basis. The application of techniques transferred from remote sensing has been used by the authors in order to answer the following important points:

- availability and updating of environmental data,
- multivariate analysis of cartographic data which is complicated by the number of variables and the complexity of relationships, and requires digital processing,
- choice of environment perception strategies, unhindered by variations in scale.

The integrate digital mapping system proposed is not only a genuine research and decision-making tool, but also a new dimension in environmental cartography.

MOTS-CLES - Banque de données cartographiques, cartographie de l'environnement, cartographie numérique interactive.

INTRODUCTION

Dès 1970, l'UNESCO, à travers ses programmes MAB attirait l'attention sur la nécessité, pour les sciences sociales et naturelles, de jeter les bases indispensables à l'utilisation rationnelle et à la conservation des ressources de la Biosphère. Dans une optique comparable, la CCE lançait en 1977 le projet "Cartographie Ecologique" défini comme la recherche d'une méthode devant permettre d'intégrer dans l'aménagement de l'espace des données issues de l'environnement naturel et ainsi de confronter l'offre écologique et la demande économique et sociale.

★-----
Ecologie et Phytosociologie UER Domaine Méditerranéen, Université de NICE Parc Valrose, 06034 NICE CEDEX

★★ Centre de Télédétection et d'Analyse des Milieux Naturels Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris, SOPHIA-ANTIPOLIS, 06565 VALBONNE CEDEX

Les grands organismes de financement de la recherche nationale tels que le CNRS, la DGRST ou le Ministère de l'Environnement, ont également dirigé des actions à caractères pluri ou interdisciplinaires vers des finalités analogues (ASP-PIREN, ATP-Fonctionnement des Ecosystèmes, Réseau Ecologie et Développement, Comité Equilibre et Lutte Biologique, Comité Gestion des ressources Naturelles renouvelables).

Ces recherches nationales et internationales privilégient tout naturellement l'approche cartographique des problèmes environnementaux aboutissant ainsi à une réflexion diversifiée sur la cartographie de l'environnement (OZENDA, 1974, OZENDA, 1977, BRUNEAU, 1979, OZENDA et PAUTOU, 1980, SAUVAGE, 1980).

La concentration de l'information environnementale dans une banque de données localisées, la spatialisation des données et des synthèses, la gestion et le traitement numérique de l'information s'inscrivent comme des objectifs prioritaires à toute recherche concernant la gestion des ressources naturelles (LUND et al., 1978, REY, 1980, REY, 1981, RICHARD, 1981, GENSAC, 1981, CCE, 1981, DOBREMEZ et VIGNY, 1982).

Pourtant, il faut bien avouer que les actions menées jusqu'alors à l'échelon national, malgré la valeur intrinsèque des travaux réalisés, restent, sur ces points précis, relativement décevantes.

Parmi les causes susceptibles d'être évoquées, trois peuvent être soulignées comme étant tout à fait déterminantes:

- l'inaccessibilité quasi chronique des données sur l'environnement dispersées dans les différents points qui les ont produites ou incitées,
- le traitement traditionnel d'une information cartographique fortement conditionné par les contraintes même du support graphique,
- l'absence d'outils et de méthodes véritablement adaptées à une approche multicritère interdisciplinaire.

La mise en place de banques de données localisées -également appelées banques de données géographiques ou cartographiques- répondant aux problèmes majeurs de combinaisons d'informations issues d'investigations plurithématiques hétérogènes, d'analyses et de traitements véritables grâce à des systèmes de gestion informatisés adaptés aux besoins des utilisateurs potentiels (scientifiques, aménageurs) est particulièrement bien développé aux Etats Unis. ODYSSEY, SYMAP, NORMAP (Nordbeck's and Rystedt's Mapping System), DIME (Dual Independent Map Encoding), ECS (Experimental Cartographic System), SACARTS (Semi Automated Cartographic System), WRIS (Widland Resource Information System), CGIS (Canada Geographical Information System), STANDARD (Storage and Access of Network Data for Rivers and Drainage Basins), GADS (GeoData Analysis and Display System), sont autant d'expériences finalisées de mise en place et de gestion de données localisées.

En France, sous l'impulsion de la télédétection notamment, des organismes tels que l'IGN (Institut Géographique National), l'ORSTOM (Office de la Recherche Scientifique et Technique d'Outre Mer), le BRGM (Bureau de Recherche Géologique et Minière) et quelques laboratoires de recherches universitaires tentent de mettre sur pied des banques de données géographiques tournées vers des finalités souvent précises (DENÈGRE, 1976, FOIN 1976, THOMAS et coll., 1978, HOUPERT et coll., 1979, CREMONT, 1979, LOINTIER et PIEYNS, 1979, CAO, 1980,

Mettant à profit l'expérience importante en matière de traitements des données localisées issues de la télédétection satellitaire et de synthèses cartographiques numériques du CTAMN-ENSM Paris (Centre de Télédétection et d'Analyses des Milieux Naturels de l'Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris), l'expérimentation de la mise en place et de la gestion d'une banque de données cartographiques de l'environnement a été tentée.

MÉTHODES D'ÉTUDE

I - GÉNÉRALITÉS: LE CONCEPT DE BANQUES DE DONNÉES CARTOGRAPHIQUES

Le concept de banque de données localisées va bien au-delà de la simple collection de cartes thématiques -tel un atlas- puisqu'il s'agit non pas d'une accumulation de données cartographiques, mais d'un véritable outil d'aide à la recherche et à la décision.

Une banque de données peut, en effet, être appliquée à un vaste ensemble territorial sans contraintes d'échelles, et notamment:

- permettre l'homogénéisation de données diverses relatives à l'environnement (statistiques, photographiques, télédétectées, cartographiques ou numériques),
- autoriser une restitution graphique rapide et peu coûteuse de l'information numérisée,
- être réactualisée à tout moment, soit en numérisant des données nouvelles, soit en créant une information synthétique à partir de données existantes,
- fournir, en s'appuyant notamment sur la fonction diachronique de la télédétection, un suivi spatio-temporel des régions étudiées,
- jeter les bases d'une approche conceptuelle originale sur la perception d'un espace régionalisé.

Au-delà des fonctions de stockage et de restitution, c'est donc un véritable outil d'aide à la recherche permettant une véritable gestion de l'information localisée doublant le rôle informatif traditionnel de la banque de données par un rôle prospectif.

II - ÉLABORATION D'UN BANQUE DE DONNÉES CARTOGRAPHIQUES

Les différentes étapes nécessaires à la mise en place d'une banque de données cartographiques peuvent être résumées ainsi:

1 - Recensement de l'information de base

Les informations susceptibles d'être prises en compte dans le système développé au CTAMN peuvent avoir des origines diverses:

Ce sont:

- des données cartographiques proprement dites telles diverses cartes thématiques relatives aux milieux naturels et artificialisés, les SDAU, les POS, le cadastre, les photographies aériennes quelles que soient les échelles de ces documents,

- des données alpha-numériques représentées par exemple par des valeurs statistiques, la toponymie ou l'emplacement de relevés d'inventaires,

- des données numériques (ou numérisées) qui proviennent de banques de données déjà constituées comme la topographie de l'IGN, soit de la télédétection.

2 - Définition de l'unité élémentaire de saisie de l'information

Le principe de base de la constitution d'une banque de données cartographiques repose sur le choix d'un réseau régulier de recueil de l'information.

C'est à l'utilisateur de définir au préalable le degré de résolution de sa base de données en délimitant la taille d'une unité élémentaire de saisie de l'information qui tiendra compte des composantes propres à la région étudiée, des différents niveaux de perceptions des informations à numériser et, de toute évidence, des finalités poursuivies.

Cette unité de saisie de l'information est souvent appelée pixel par référence au vocabulaire de la télédétection.

3 - Mise en forme et saisie des données

Pour passer d'une information graphique traditionnelle à une représentation qui puisse être introduite dans un ordinateur, cette information doit être décomposée en un ensemble de valeurs discrètes. Le territoire étudié est donc représenté par un ensemble ordonné d'éléments images -les pixels- qui constituent le support de l'information.

Numériser une information c'est donc la traduire sous forme de valeurs numériques, localisées par rapport à une grille de référence, et donc susceptibles d'être stockées, gérées et traitées par un ordinateur.

La numérisation des objets s'effectue en trois temps (LEYMARIE et coll., 1981, LEYMARIE et MONGET, 1981):

- le repérage et la description des objets sur le document cartographique original. Cette phase préparatoire est fondamentale. Elle conditionne la qualité de la numérisation et, par là même, celle des synthèses susceptibles d'être pratiquées,
- le transfert de l'information dans la grille de référence,
- l'enregistrement en mémoire.

Selon la nature des documents ou des données les valeurs numériques peuvent être :

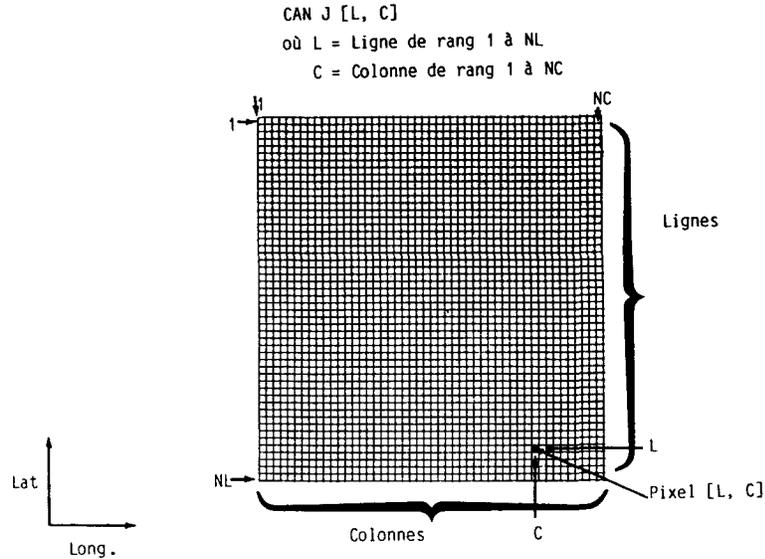
- soit des variables qui représentent des valeurs entières appartenant à un intervalle fini $\{0, 255\}$,
- soit des caractéristiques qui sont des variables logiques dont le codage est essentiellement binaire $\{0, 1\}$.

L'ensemble des ces opérations s'effectue à l'aide d'une table à digitaliser qui permet le repérage et le transfert des points, et d'un logiciel de traitement qui assure la construction et l'enregistrement.

4 - Stockage des données et mode de visualisation

Pour un domaine géographiquement défini, on appelle canal l'ensemble des informations disponibles pour une caractéristique ou une variable.

Ce canal peut se schématiser ainsi:



Chaque canal peut être stocké sur bande magnétique ou sur disque sous deux formes:

- soit un fichier individualisé par canal,
- soit comme élément d'un fichier multivarié appelé MULTI.

Chaque canal peut être visualisé sur un écran en couleur permettant deux types de représentations:

- une image colorée 512 X 512 octets pouvant visualiser les variables et les caractéristiques,
- une image graphique de 512 X 512 bits ne pouvant visualiser que des caractéristiques.

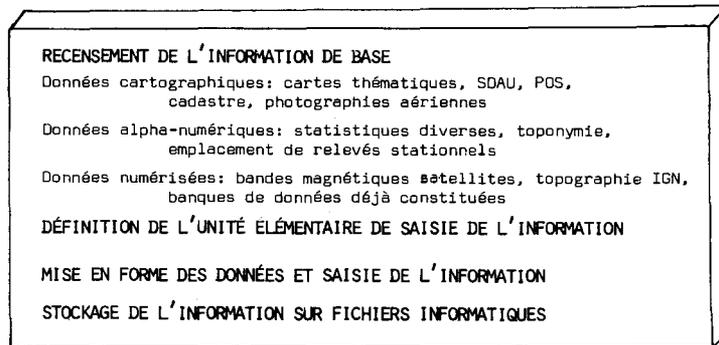
Ces deux catégories d'images correspondent à deux types de mémoires. Les variables et les caractéristiques codées dans un intervalle $\{0, 255\}$ sont stockées dans une mémoire appelée mémoire-image où à chacune variables est associée une couleur codée en huit chiffres binaires, une table couleur indiquant la couleur correspondant à chacune des valeurs possibles de la mémoire-image.

Les caractéristiques sont stockées dans une mémoire appelée mémoire-graphique.

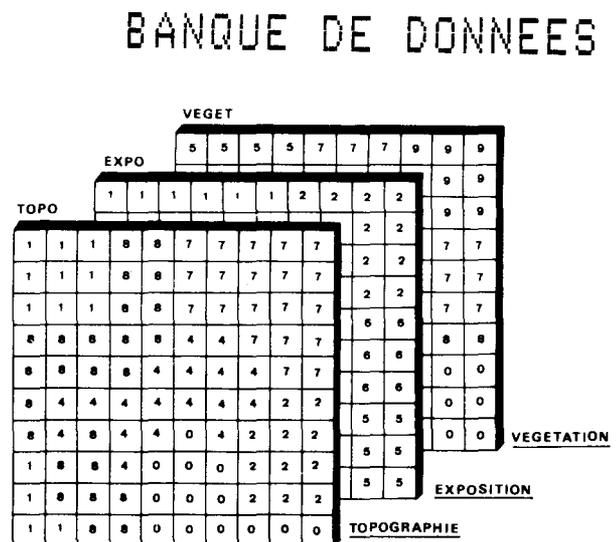
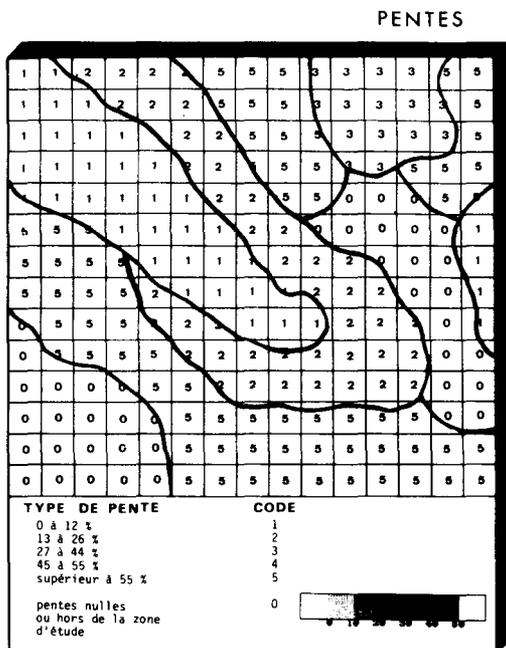
III - GESTION D'UNE BANQUE DE DONNÉES CARTOGRAPHIQUES

Une fois numérisée, l'information cartographique se trouve valorisée de façon importante puisqu'elle peut désormais être soumise à tout logiciel impliqué dans la manipulation et le traitement d'images.

ETAPES PRELIMINAIRES

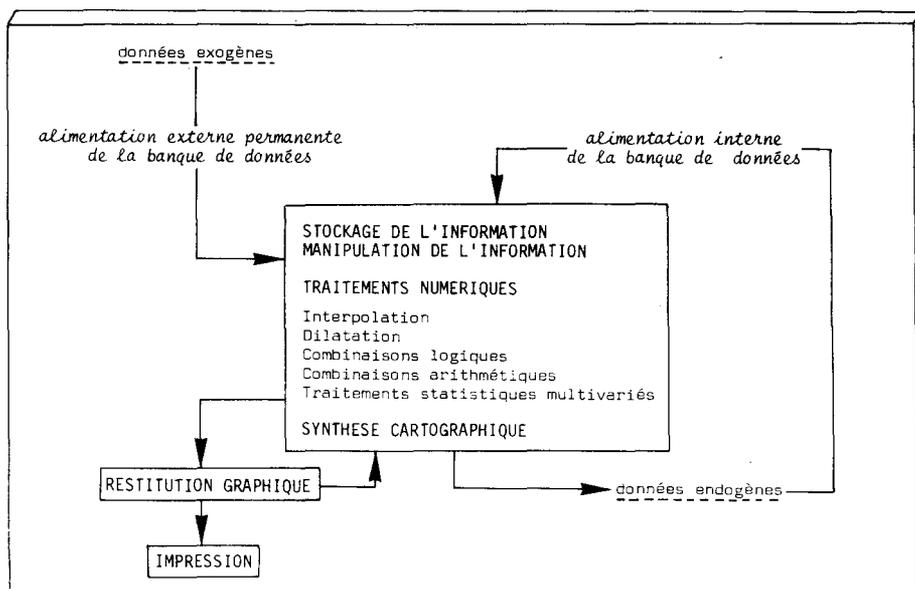


NUMERISATION DE L'INFORMATION



HOMOGENEISATION DE L'INFORMATION

FONCTIONNEMENT SIMPLIFIE



Le système de gestion informatique mis au point au C.T.A.M.N. appelé GEOMULTI -directement hérité des techniques de télédétection - est essentiellement basé sur une consultation s'établissant entre le thématicien et sa base de données.

L'ensemble des logiciels qui le constitue n'exige, de la part des utilisateurs, aucune compétence en informatique ce qui permet une souplesse d'utilisation très large.

L'accès à l'information numérisée est immédiat et s'effectue de façon interactive par l'intermédiaire d'un écran de visualisation en couleur.

Par ailleurs, les résultats obtenus par synthèse cartographique s'affichent également sur l'écran de télévision en couleur et peuvent, s'ils conviennent à l'utilisateur, faire l'objet d'une restitution graphique définitive ou transitoire, ou bien être intégrés dans la base de données en tant que données synthétiques intermédiaires.

La restitution cartographique sur support papier est possible et rapide. Elle peut être obtenue suivant deux formules:

- sortie noir et blanc sur imprimante électrostatique,
- sortie couleur sur typon d'imprimerie par photogravure numérique à laser.

L'exportation de l'information hors de sa base de données d'origine peut être pratiquée de diverses façons soit sous la forme de documents cartographiques traditionnels, soit sous forme numérique (disques ou bandes magnétiques) pour être intégrée dans une autre banque de données numérisées.

Il est également possible de sélectionner, parmi un ensemble de données, celles qui paraissent intéressantes soit pour en avoir une représentation graphique, soit pour y pratiquer des traitements statistiques spécifiques. On peut les corriger, en faire varier les bornes pour rechercher celles qui paraissent significatives.

On peut aussi améliorer tout essai de synthèse cartographique grâce aux moyens suivants:

- méthodes de traitements statistiques multivariées permettant de fournir les critères objectifs de représentations simultanées de plusieurs variables,
- cartographie interactive sur console de visualisation en couleur permettant, à peu de frais, l'exploration d'un grand nombre de stratégies de synthèses tout en balayant un vaste domaine d'échelles.

IV - MOYENS INFORMATIQUES UTILISÉS

Il s'agit essentiellement des moyens informatiques disponibles au Centre de Télédétection et d'Analyses des Milieux Naturels de l'Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris qui oriente ses recherches simultanément vers l'élaboration de méthodes de traitements d'images et d'analyses des données et vers leur application à la télédétection et plus généralement à la cartographie numérique.

Basé sur une architecture de mini-ordinateurs, le système développé au C.T.A.M.N. est divisé en deux ensembles:

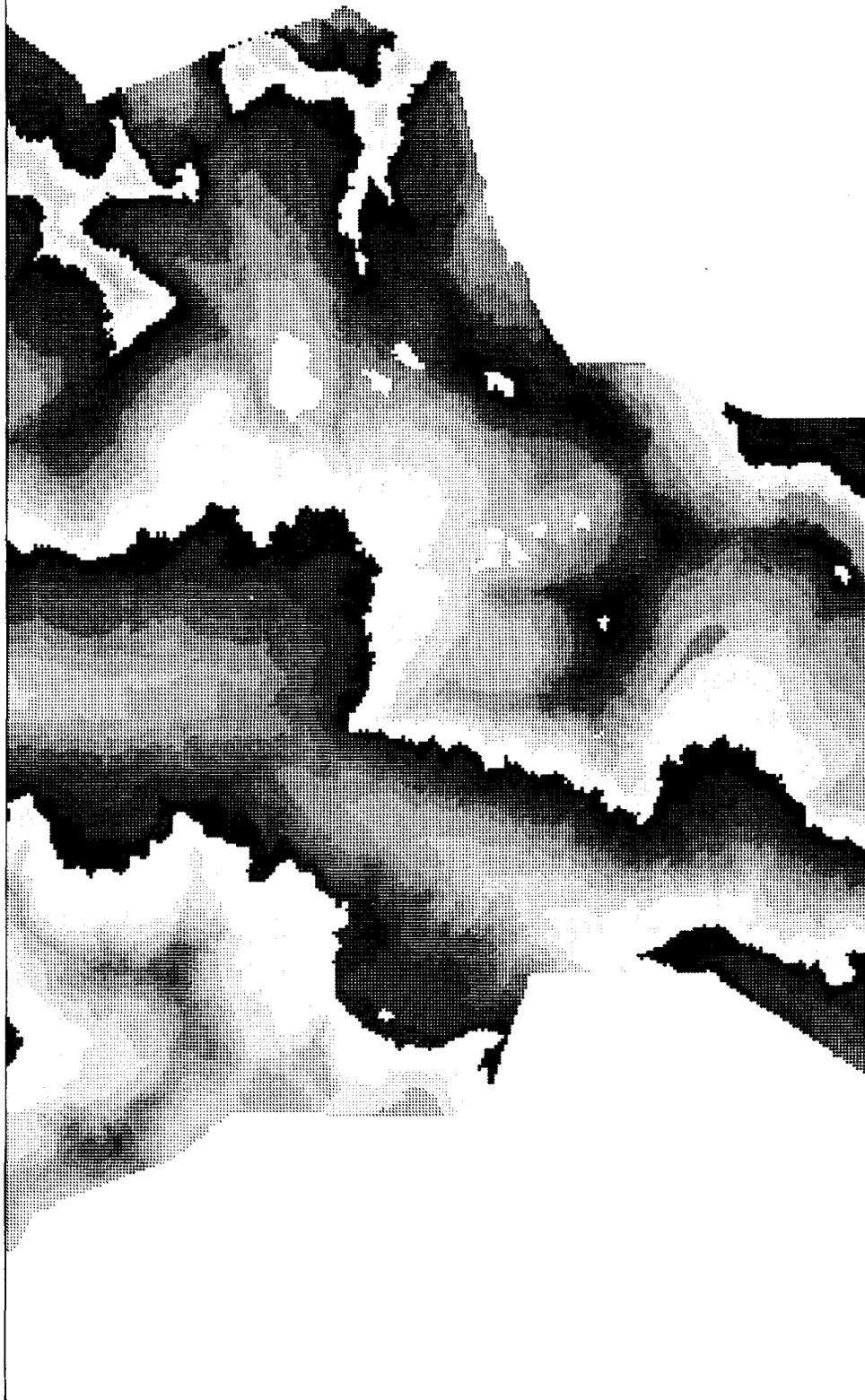
- le premier est réservé à l'exploitation de masse,
- le second est utilisé lors des applications à caractère interactif.

VISUALISATION D'IMAGE MULTI
MOLLIERES

CANAL : 01 = TOPOGRAPHIE 50M.

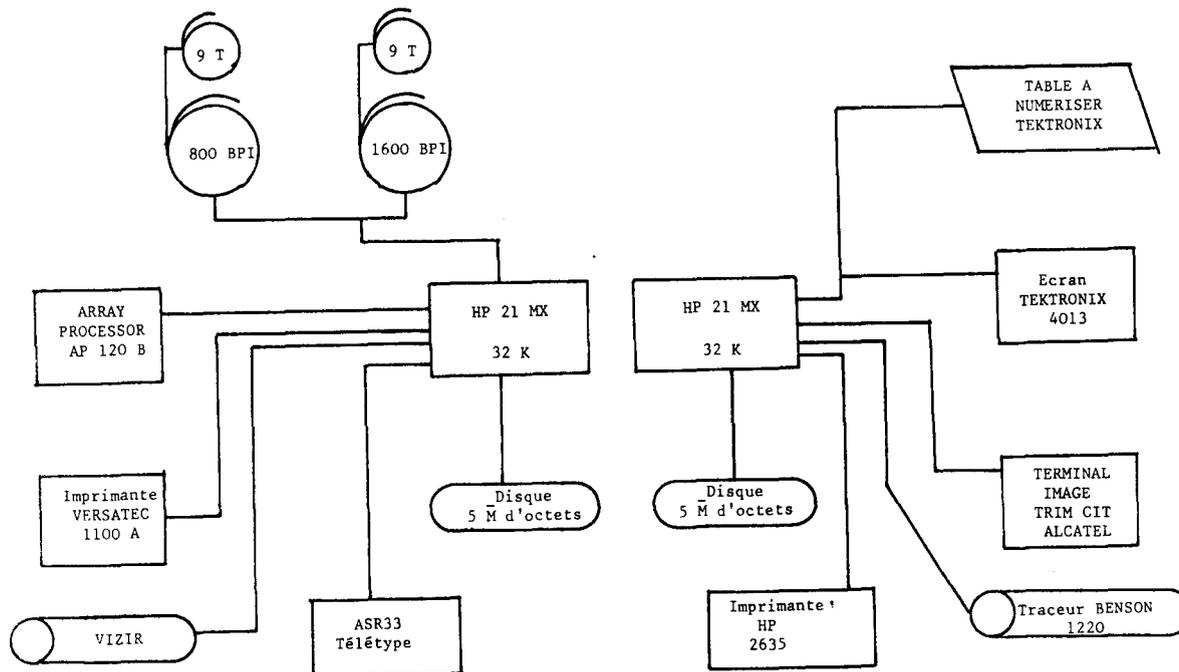
TOPOGRAPHIE

NUMERISEE



<u>Classes d'altitudes</u>	code
	de numérisation
1250 m à 1300 m	25
1300 m à 1350 m	26
1350 m à 1400 m	27
1400 m à 1450 m	28
1450 m à 1500 m	29
1500 m à 1550 m	30
1550 m à 1600 m	31
1600 m à 1650 m	32
1700 m à 1750 m	33
1750 m à 1800 m	34
1800 m à 1850 m	35
1850 m à 1900 m	36
1900 m à 1950 m	37
1950 m à 2000 m	38
2000 m à 2050 m	39
2050 m à 2100 m	40
2100 m à 2150 m	41
2150 m à 2200 m	42
2200 m à 2250 m	43
2250 m à 2300 m	44
2300 m à 2350 m	45
2350 m à 2400 m	46
2400 m à 2450 m	47
2450 m à 2500 m	48
2500 m à 2550 m	49
2550 m à 2600 m	50
2600 m à 2650 m	51
2650 m à 2700 m	52
2700 m à 2750 m	53
2750 m à 2800 m	54
2800 m à 2850 m	55
2850 m à 2900 m	56
2900 m	57

Le C.T.A.M.N. dispose d'un ordinateur rapide (ARRAY Processor FPS AP-120-B), de trois ensembles interactifs de visualisation d'images (TRIM CIT-ALCATEL) et TRIADE SINTRA-ALCATEL), de deux tables coordinographiques (TEKTRONIX et ALTEK) pour la saisie de documents, d'une imprimante traceur (VERSATEC), d'un photogaveur à laser (VIZIR SEP) et d'une station de réception de satellites météorologiques (CIT ALCATEL).



Le processeur de visualisation est l'élément fondamental du traitement de l'image. Ses fonctions principales sont les suivantes :

- gestion des tables couleurs qui associent à chaque valeur d'un élément d'une mémoire une couleur définie par synthèse additive,
- combinaison des différentes mémoires images suivant des opérations logiques ou arithmétiques,
- commande du déplacement latéral et agrandissement de l'image.

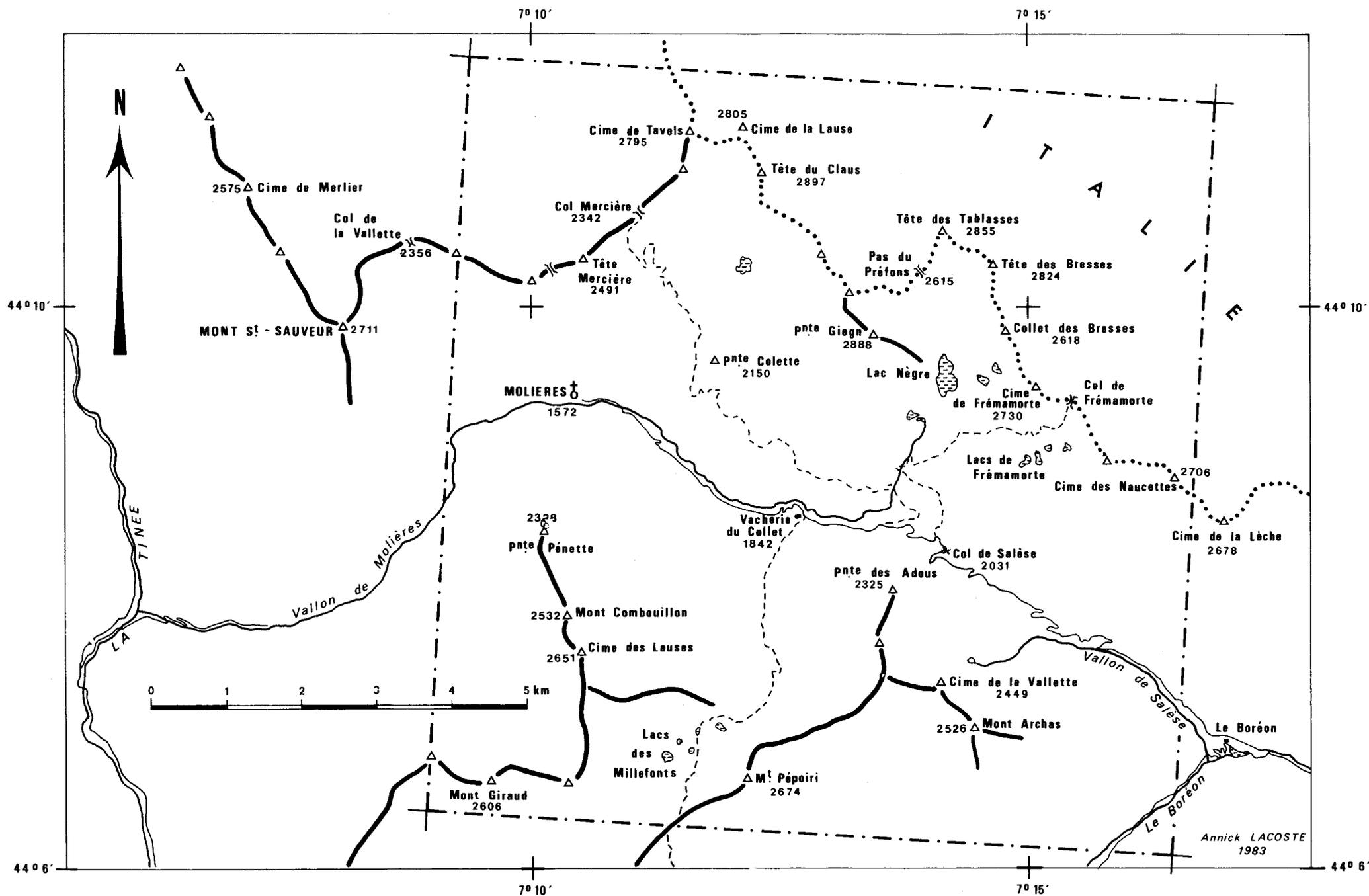
Le logiciel mis au point au C.T.A.M.N. comprend plusieurs niveaux :

- on trouve d'abord un logiciel de base qui assure la commande du processeur, ainsi que les fonctions de lecture et relecture des mémoires-images,
- vient ensuite un logiciel d'aide à la visualisation qui permet notamment la gestion des tables couleurs, la manipulation interactive de l'image, l'affichage des textes et graphiques,
- enfin, un logiciel d'application permet d'utiliser des algorithmes de traitements d'images adaptés aux applications recherchées.

Le logiciel d'application, qui intéresse directement l'utilisateur, peut être réparti en quatre catégories suivant les fonctions réalisées :

- création de fichiers de traitements,
- saisie et stockage des données,
- manipulation des données,
- traitement des données numérisées,
- restitutions graphiques des données et synthèses.

LOCALISATION GEOGRAPHIQUE DE LA ZONE D' ETUDE



EXEMPLE DE MISE EN PLACE ET DE GESTION D'UNE BANQUE DE DONNÉES
CARTOGRAPHIQUES DE L'ENVIRONNEMENT

I - CARACTÈRES GÉNÉRAUX DE L'ÉTUDE

Pour expérimenter la mise en place et la gestion d'une banque de données cartographiques de l'environnement, nous avons choisi de nous intéresser à une zone restreinte, mais représentative et diversifiée, pour laquelle un atlas cartographique était disponible.

Le Parc National du Mercantour, co-investigateur de ce projet, a décidé de tenter l'expérience en mettant à notre disposition un certain nombre de cartes thématiques établies sur le territoire dont il a la responsabilité.

Le domaine choisi est un carré de 10 kilomètres de côtés délimité dans le vallon supérieur de Molières. La dimension de l'unité élémentaire de saisie de l'information a été établie en accord avec J.CLAUDIN, chargé de mission au P.N.M. Elle correspond à un carré de 20 mètres de côtés, le territoire étudié se trouvant ainsi représenté par une grille de référence de 500 lignes et 500 colonnes.

La taille du pixel répond parfaitement à la situation éco-géographique de la zone d'étude en permettant une bonne perception des variables cartographiées à des échelles variant du 1/25 000° au 1/ 20 000°. De plus, elle est parfaitement conforme aux données qui seront fournies dans un proche avenir par le satellite français SPOT et qui pourront, le moment venu, être intégrées à la base de données MOLIERES.

Les thèmes numérisés pour cette étude sont rassemblés dans le tableau ci-dessous, en retrouvera, en annexe, la liste des différentes modalités constitutives.

THÈMES NUMÉRISÉS	ÉCHELLE D'ORIGINE	AUTEUR	NB DE MODALITÉS
TOPOGRAPHIE	1/ 25 000	I.G.N.	34
PENTES	1/ 25 000	P.N.M.	5
EXPOSITIONS	1/ 25 000	P.N.M.	9
VEGETATION	1/ 25 000	P.N.M.	
GEOMORPHOLOGIE			
Morphologie des versants	1/ 25 000	P.N.M.	17
Formes majeurs du relief	1/ 25 000	P.N.M.	8
AVALANCHES			
Observées	1/ 20 000	CEMAGREF	4
Photo-Interprétées	1/ 20 000	CEMAGREF	4

I.G.N.: Institut Géographique National

P.N.M.: Parc National du Mercantour

CEMAGREF: Centre National du Machinisme Agricole du Génie Rural et des Eaux et Forêts

II - EXEMPLES DE GESTION DES DONNÉES NUMÉRISÉES

Afin de présenter l'application de GEOMULTI à la base de données MOLIERES, quelques exemples d'applications potentielles sont proposés.

Il vont de la simple manipulation des données numérisées (accès et restitution) à des traitements véritables (croisement de variables entre elles, synthèses cartographiques multivariées).

Dans un premier temps, on s'attachera à analyser l'intérêt d'une telle approche pour une recherche axée sur la connaissance des milieux naturels.

L'aide à la cartographie de l'environnement sera également abordée en présentant l'élaboration et la production informatique d'une carte thématique tirée d'un fichier complexe dont la légende a été préalablement fixée par les gestionnaires du P.N.M. C'est toute la souplesse d'utilisation de GEOMULTI face à un besoin précis qui est démontrée.

Enfin, un cas théorique d'aménagement des milieux naturels -susceptible de se poser aux responsables du P.N.M.- est résolu par synthèse cartographique.

Une gamme aussi large que possible d'utilisation de GEOMULTI aux problèmes relatifs à l'environnement ne peut, évidemment, être présentée dans le cadre de cette publication. Cela fait l'objet d'une thèse de 3^e cycle (A.GIRAUD, 1983) qui est le fruit d'une collaboration interdisciplinaire exemplaire entre une université (Ecologie et Phytosociologie, Université de Nice), un organisme impliqué dans la gestion des milieux naturels (P.N.M.), une grande école privilégiant la recherche finalisée (C.T.A.M.N.-Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris).

1 - Restitution graphique de l'information numérisée

C'est le rôle informatif de la banque de données qu'il s'agit d'illustrer en recherchant et restituant une information stockée sur fichier informatique.

Deux exemples sont proposés. Le premier concerne la simple restitution graphique d'un thème numérisé. Le second, plus complexe, s'applique à l'un des sous-thèmes du fichier relatif à la végétation (fichier VEGET).

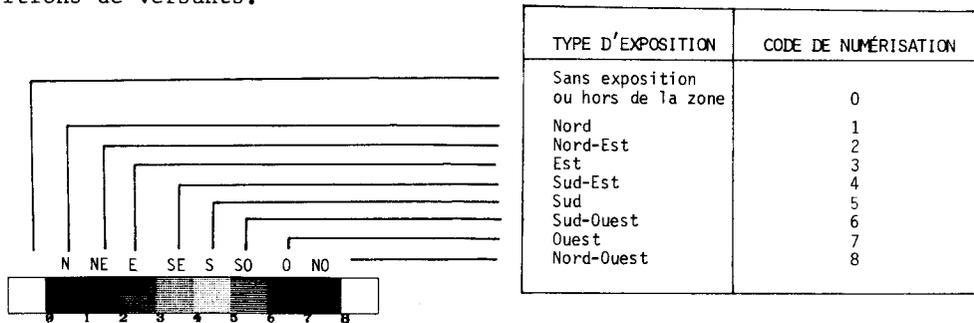
La restitution graphique s'obtient, nous l'avons vu, de deux façons soit sur écran de télévision en couleur (l'information est alors difficilement exportable pour une éventuelle diffusion), soit grâce à une imprimante électrostatique ou un photogaveur à laser (l'information est alors parfaitement disponible pour tout mode de diffusion).

La visualisation sur écran est le support des synthèses cartographiques interactives. La restitution sur imprimante électrostatique a deux finalités soit donner une image rapidement obtenue d'une information analytique ou synthétique tirée de l'écran permettant de l'analyser à loisir et de préparer des traitements ultérieurs, soit permettre une représentation peu coûteuse susceptible d'être publiée. Le photogaveur à laser s'emploie pour des productions cartographiques en couleur de haute qualité.

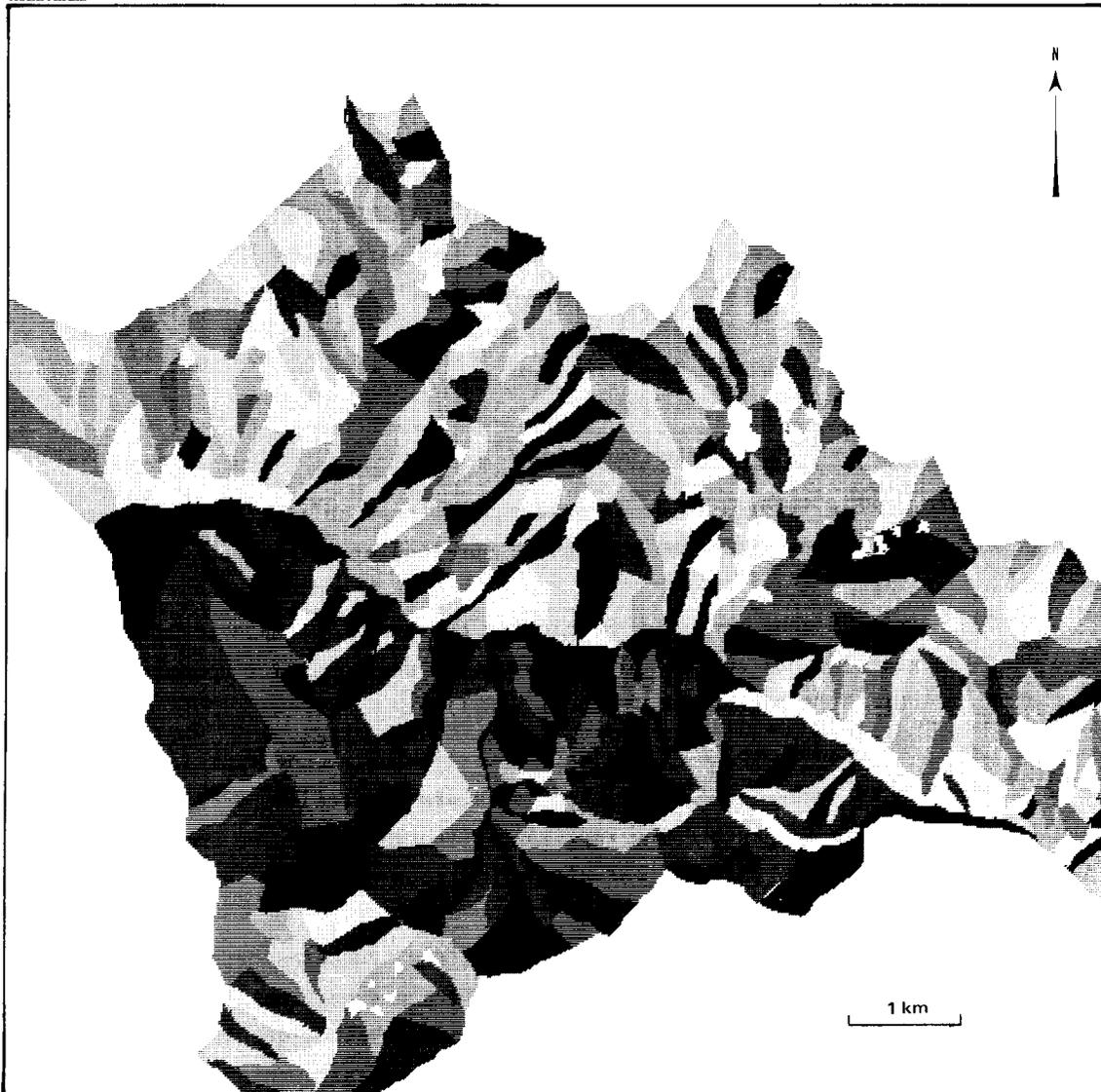
A - Restitution simple de l'information numérisée

A titre d'exemple, nous avons choisi de donner la restitution cartographique obtenue sur l'imprimante électrostatique en noir et blanc de la carte des expositions.

Ce thème est constitué par 9 modalités qui ont été représentées par 9 gamme de gris permettant de les distinguer. Les expositions nord apparaissent en foncé, tandis que les expositions sud apparaissent en clair ce qui permet de marquer nettement les oppositions de versants.



VISUALISATION D'IMAGE MULTI
MOLLIERES CANAL : 01 = EXPOSITION



B - Restitution d'un sous-thème: la strate ligneuse haute dominante

Le thème retenu pour ce second exemple est à extraire de la carte de la végétation du vallon de Molières.

Cette carte -établie par le P.N.M. rend compte de la répartition des faciès de végétation qui se développent dans la zone étudiée en s'appuyant sur le concept de formation végétale (GODRON et al., 1969) caractérisée par les espèces arborées physionomiquement dominantes ou co-dominantes, par la structure de la végétation, le recouvrement des différentes strates considérées et la présence des différents substrats affleurants.

Cette réalisation cartographique a été conçue par son auteur pour être la plus exhaustive possible. L'utilisateur doit pouvoir en retirer les informations qu'il désire au moyen de contre-calques coloriés à partir du document original en s'appuyant sur une codification emboîtée traduisant l'indice de structure, la nature du substrat dominant, l'espèce ligneuse caractéristique (J.L.LAURENT, 1982).

Cette carte, par sa conception, se prête tout à fait à notre expérimentation. Elle représente en effet un fichier complexe d'où l'on peut retirer une information à la demande. 16 sous-thèmes y sont notés et combinés afin de traduire les différents faciès paysagers présents dans le vallon de Molières.

INFORMATIONS ÉLÉMENTAIRES DU FICHER "VEGET"		
	SOUS-THÈMES	NOMBRE DE MODALITÉS
1	Substrat dominant	9
2	Substrat dominé	4
3	Espèce arborée dominante	6
4	Espèce arborée dominée (2)	7
5	Espèce arborée dominée (3)	6
6	Strate ligneuse haute dominante	4
7	Strate ligneuse haute dominée	2
8	Strate ligneuse basse dominante	3
9	Strate ligneuse très basse dominante	4
10	(Strate herbacée dominante + SLTB) dominante	4
11	(Strate herbacée dominante + SLTB) dominée	4
12	(Strate herbacée + SLTB dominante) dominante	3
13	(Strate herbacée + SLTB dominante) dominée	3
14	Strate herbacée basse dominante	4
15	Strate herbacée basse dominée	4
16	Strate herbacée haute	4

La complexité de la carte de faciès paysagers de J.L.LAURENT (16 sous-thèmes, 70 modalités combinées) a nécessité un mode de numérisation spécifique qu'il convient de décrire.

Dans un premier temps, chaque parcelle est considérée comme une entité propre. A chacune d'elles est attribué un code particulier. Cette opération est effectuée sur une table coordinographe.

Dans un deuxième temps, un fichier -appelé VEGET- est créé sur éditeur de texte sous la forme d'une matrice où les parcelles (758 au total) apparaissent en lignes et les sous-thèmes (16) en colonnes. A l'intersection d'une ligne et d'une colonne un chiffre indique le contenu thématique de la parcelle.

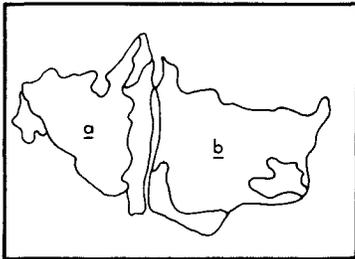
N° de ligne	N° de code des parcelles										Thèmes cartographiés									
0518	3	67	1	0	1	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
0519	3	68	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0
0520	3	69	0	0	1	0	0	2	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0
0521	3	70	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0
0522	3	71	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0523	3	72	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0524	3	73	3	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0525	3	74	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0
0526	3	75	0	0	1	0	0	2	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0
0527	3	76	4	0	1	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
0528	3	77	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0529	3	78	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0530	3	79	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

Un logiciel de lecture et de retranscription cartographique permet de restituer à la demande le contenu exact des parcelles numérisées.

Chacun des sous-thèmes du fichier VEGET peut ainsi être obtenu par l'utilisateur soit isolément (comme pour l'exemple proposé) soit combiné à d'autres (comme on le verra plus loin).

DOCUMENT D'ORIGINE

Densité SLTB + H : supérieur à 80 %
 Densité SLB : entre 10 et 40 %
 Densité SLH : entre 10 et 40 %
 Espèce dominée : Pin cembro
 Espèce dominante : Mélèze
 Substrat dominant: blocs entre 20 et 80 cm



Interprétation des polygones a et b: (d'après J.L.LAURENT, 1982)

a = 1123 E
LA

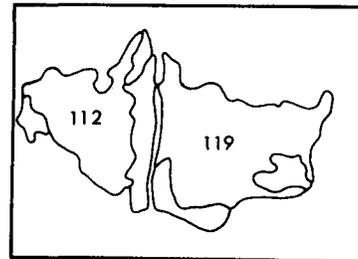
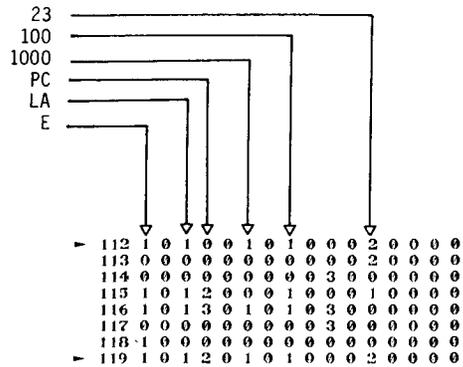
La parcelle a s'individualise par:
 - un substrat constitué de blocs dont le diamètre est compris entre 20 et 80 cm,
 - une espèce physionomiquement dominante qui est le Mélèze,
 - une strate ligneuse haute (SLH) dont le recouvrement est compris entre 10 et 40 %
 - une strate ligneuse basse (SLB) dont le recouvrement est compris entre 10 et 40 %,
 - une strate ligneuse très basse et herbacée dont le recouvrement est supérieur à 80%.

b = 1123 E
LA PC

La parcelle b présente les mêmes caractéristiques que la parcelle a mais le Pin cembro y apparaît comme deuxième espèce caractéristique.

CODAGE DES PARCELLES

a et b

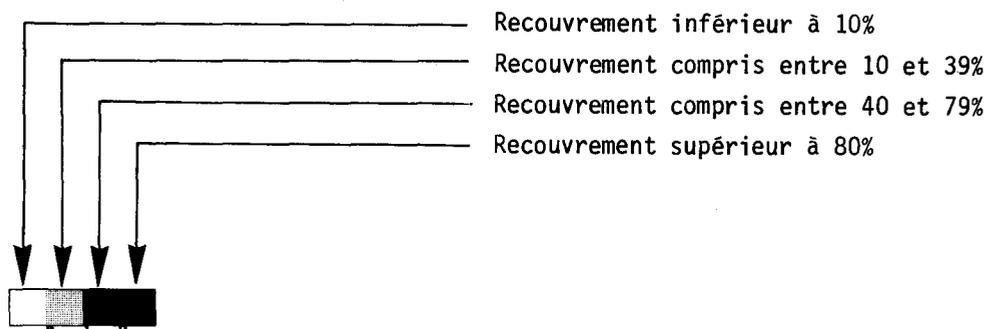


NUMERISATION DES PARCELLES

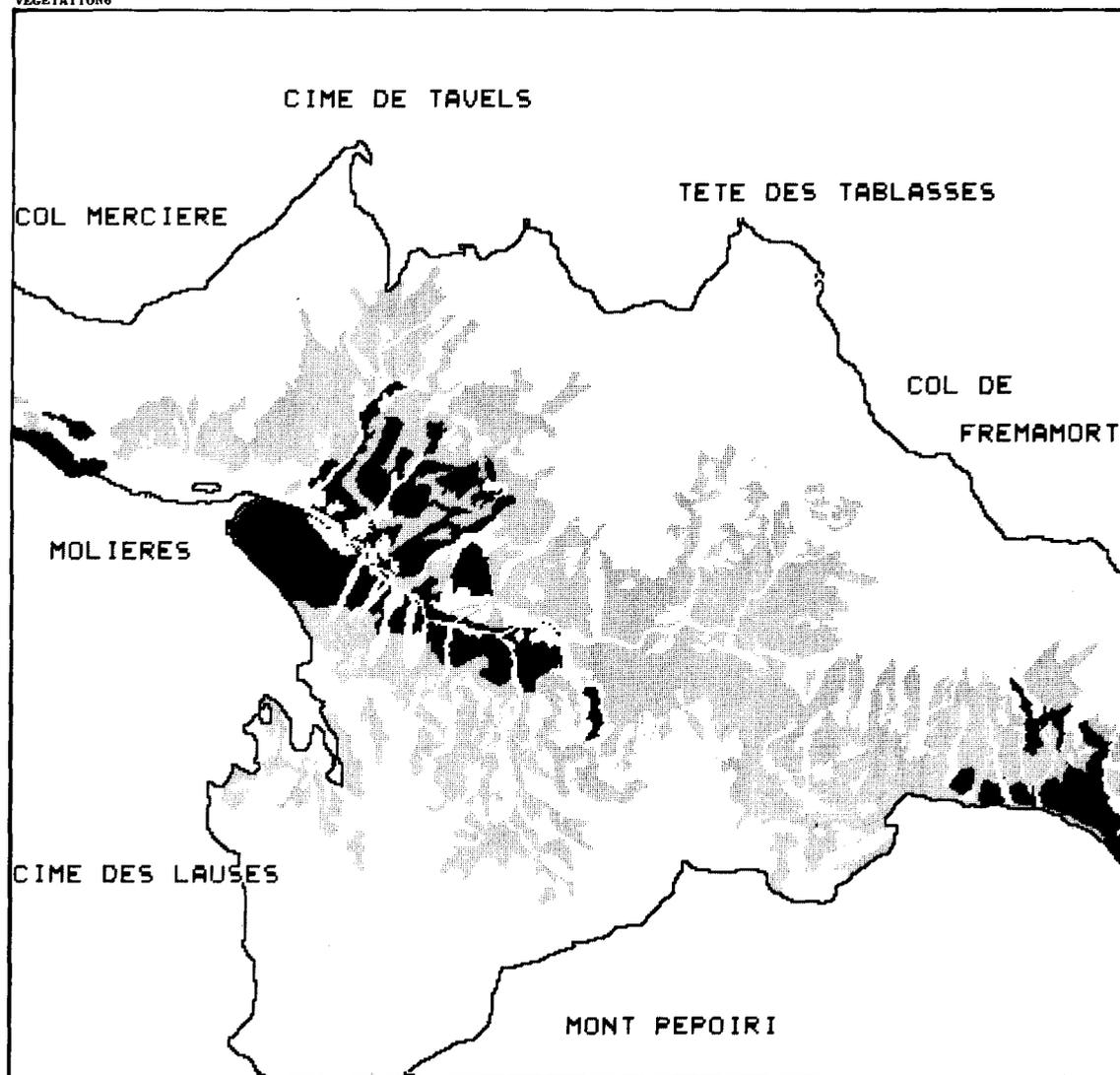
a et b

La répartition de la strate ligneuse haute dominante dans le vallon de Molières peut donc aisément être obtenue après lecture du fichier VEGET et recodage des parcelles numérisées.

La restitution graphique est donnée ici sous la forme d'une sortie noir et blanc obtenue avec l'imprimante électrostatique suivant quatre modalités de recouvrement.



VISUALISATION D'IMAGE MULTI CANAL : 01 - 6LED
 VEGETATION6

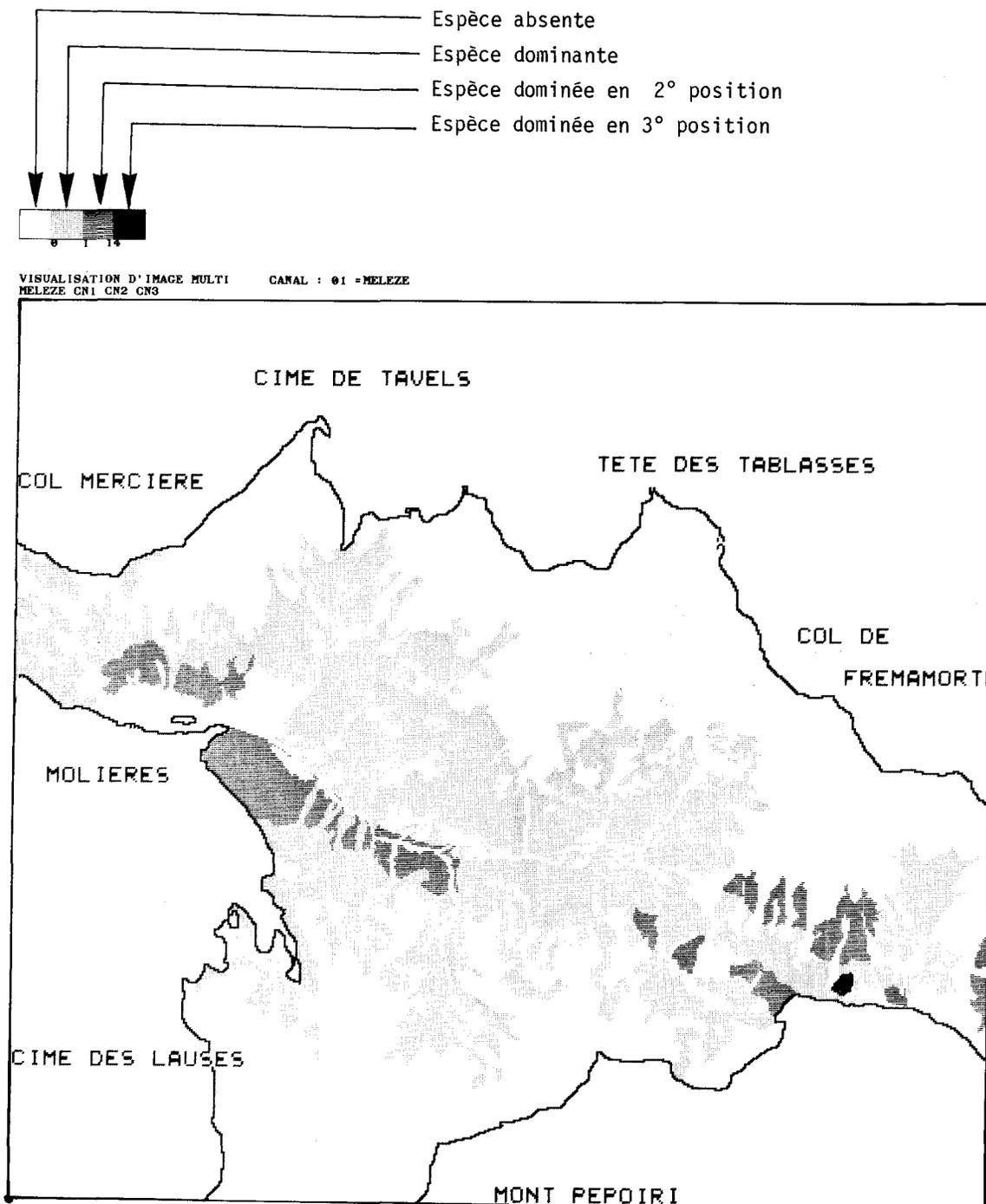


2 - Création et restitution d' une information synthétique

Le problème posé est légèrement plus complexe que précédemment puisque l'information n'existe pas en tant que telle. Il nous faut la créer par une suite de combinaisons logiques (A U B).

L'exemple choisi s'intéresse à la répartition d'une espèce arborée - le mélèze - dont il s'agira d'établir l'aire de distribution ainsi que le degré de participation aux groupements arborés voisins.

Les thèmes pertinents pour cette recherche sont extraits du fichier VEGET pour n'en retenir que les modalités relatives au mélèze. Elles sont ensuite combinées à l'aide d'un logiciel adapté. Le résultat correspond à la carte ci-dessous :



Ce résultat est exemplaire à double titre. Il montre en effet qu'une information synthétique peut être élaborée à partir de la base de données informatisées. Il illustre par ailleurs parfaitement l'alimentation endogène de la base de données. Le thème produit peut désormais participer à tous traitements :

- calcul des aires occupées par cette espèce soit en nombre de pixels, soit directement en surface réelle,
- analyses statistiques simples ou multivariées (croisement avec d'autres variables telles que la pente, l'exposition ou l'altitude).

3 - Analyses multivariées

Le traitement de l'information cartographique n'a pas pour seule finalité la spatialisation des résultats. Des analyses statistiques sont, nous l'avons vu, désormais possibles permettant des calculs de surface rapides ou le croisement de différents thèmes.

L'analyse multivariée peut permettre, par exemple, d'explicitier les relations susceptibles de s'installer entre les différentes espèces arborées, d'une part, et le recouvrement végétal, d'autre part, afin d'apprécier la participation des différents groupements arborés au paysage végétal.

Pour cela, quatre thèmes sont extraits du fichier VEGET et recodés pour être ensuite combinés:

1	Espèces arborées dominantes en première position
2	Espèces arborées dominées en 2 ^o position
3	Espèces arborées dominées en 3 ^o position
4	Recouvrement de la strate ligneuse haute

Dans un premier temps, les répartitions des différents groupements arborés purs et mixtes sont individualisés et leurs surfaces sont calculées en croisant les fichiers 1, 2 et 3.

On obtient ainsi les différentes combinaisons constituant les groupements arborés susceptibles d'être rencontrés dans la zone d'étude avec l'ordre de dominance des essences forestières qui les constituent.

Le résultat final se présente sous la forme d'un tableau où les 20 types de formations individualisées sont identifiées. Les espèces y sont notées suivant leur degré de dominance dans les groupements.

Le tableau obtenu est particulièrement intéressant. On y voit qu'environ 20 % de la région est boisée. On peut également y apprécier les participations relatives des différentes essences forestières. Ainsi, l'importance du mélèze apparaît nettement, puisqu'il occupe à lui seul près de 50 % de la surface boisée. Le pin cembro se détache également et c'est finalement un état exhaustif qui peut être obtenu sur les groupements forestiers du vallon de Molières.

Ce type d'approche, réalisée en quelques minutes de traitements informatiques, consitue une aide précieuse pour tout échantillonnage ultérieur, ou pour d'éventuels aménagements forestiers et cela, d'autant plus que les résultats sont spatialisés.

GROUPEMENTS ARBORÉS SUSCEPTIBLES D'ÊTRE RENCONTRÉS
DANS LE VALLON DE MOLIÈRES

TYPE DE GROUPEMENT	SURFACE OCCUPÉE	
0	80,85 %	
LA	9,25 %	
LA . PC	3,80 %	
LA . PE . PC	0,55 %	
LA . PE	0,40 %	
LA . PC . PE	0,05 %	
LA . PS	0,25 %	
LA . PU	0,05 %	
PC	1,30 %	
PC . LA	0,90 %	
PE	0,15 %	
PE . LA	1,10 %	
PE . PS	0,10 %	
PE . PS . LA	0,05 %	
PS	0,50 %	Espèces caractéristiques
PS . LA	0,45 %	LA = 1 <i>Larix decidua</i>
PS . PE	0,05 %	PC = 2 <i>Pinus cembra</i>
PU	0,10 %	PE = 3 <i>Picea excelsa</i>
PU . LA	0,05 %	PS = 4 <i>Pinus sylvestris</i>
PU . PS	0,05 %	PU = 5 <i>Pinus uncinata</i>

Dans un deuxième temps, les groupements individualisés sont croisés avec les différentes modalités de recouvrement de la strate ligneuse haute afin d'en préciser les densités.

L'histogramme croisé ainsi obtenu peut permettre d'apprécier le "biovolume" des différentes formations arborées individualisées dans le vallon de Molières. Cette information peut être intégrée dans la base de données pour être utilisée pour des objectifs précis (aménagement forestiers, estimation de la biomasse arborée, nidification d'espèces animales).

Recouvrement strate ligneuse haute

	<u>Re1</u>	<u>Re2</u>	<u>Re3</u>	<u>Re4</u>
LA	5094	14974	3266	60
LA.PC	1321	7742	224	0
LA.PC.PE	0	190	0	0
LA.PE	0	596	426	0
LA.PE.PC	0	1370	0	0
LA.PU	0	124	0	0
LA.PS	372	331	0	0
PC .	2328	912	0	0
PC.LA	0	2176	0	0
PE	0	156	61	103
PE.LA	92	0	97	2582
PE.PS	0	0	311	0
PE.PS.LA	0	0	95	0
PS	247	606	151	0
PS.LA	0	1144	0	0
PS.PE	0	0	182	0
PU	41	150	31	0
PU.LA	0	181	0	0
PU.PS	0	0	120	0

Groupements forestiers

Re1 = Recouvrement compris entre 0 et 10 %

Re2 = Recouvrement compris entre 11 et 40 %

Re3 = Recouvrement compris entre 41 et 80 %

Re4 = Recouvrement supérieur à 80 %

4 - Aide à la cartographie de l'environnement

Cet exemple vise deux objectifs:

- d'une part, illustrer la souplesse d'utilisation du système informatique utilisé face à un problème cartographique préalablement imposé,
- d'autre part, démontrer que la production infographique d'une carte de l'environnement est parfaitement possible en abaissant considérablement les coûts de productions de ce type de documents tout en atteignant une qualité graphique comparable à celle des cartes traditionnelles.

Pour atteindre ces finalités, l'une des applications potentielles proposée par l'auteur de la cartographie de la végétation du Parc National du Mercantour a été reprise car elle se prête tout à fait à notre expérimentation.

J.L.LAURENT préconise en effet d'utiliser certains des thèmes qu'il a cartographié afin d'établir une carte synthétique de la végétation du vallon de Molières par superpositions cartographiques.

L'élaboration de cette carte nécessite, dans un premier temps, le report sur contre-calques des différents thèmes impliqués, puis, dans un deuxième temps, leur superposition graphique afin d'en dégager le contenu thématique final.

La clé cartographique proposée est la suivante:

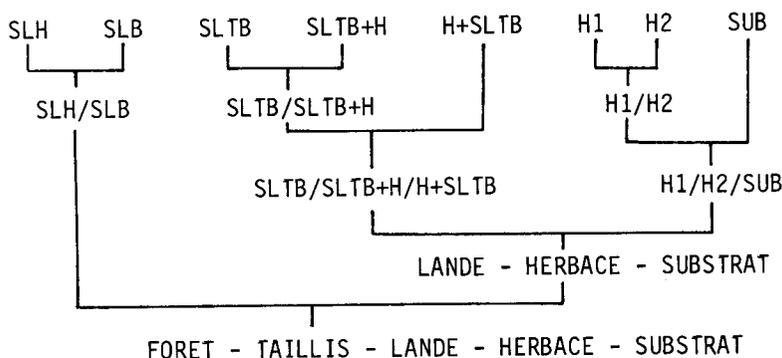
1. <u>FORETS</u>	
1.1. Forêts denses	
1.2. Forêts claires	
1.3. Forêts très claires	
1.3.1. sur ligneux très bas	
1.3.2. sur herbacés	
1.3.3. sur substrats affleurants	
2. <u>TAILLIS</u>	
2.1. Taillis clairs	
2.2. Taillis très clairs	
2.2.1. sur ligneux très bas	
2.2.2. sur herbacés	
2.2.3. sur substrats affleurants	
3. <u>LANDES</u>	
3.1. Landes fermées	
3.1.1. à herbacés	
3.1.2. sur ligneux très bas	
3.2. Landes ouvertes	
3.2.1. sur ligneux très bas	
3.2.2. sur herbacés	
3.3. Landes très ouvertes	
4. <u>PELOUSES</u>	
4.1. Pelouses fermées	
4.2. Pelouses ouvertes	
4.3. Pelouses fermées	
5. <u>MILIEUX SANS VEGETATION</u>	
5.1. Pierriers	
5.2. Eboulis	
5.3. Rochers compacts	
5.4. Blocs	
5.5. Surfaces en eaux	

Les thèmes numérisés nécessaires à l'élaboration de la carte de la végétation du vallon de Molières sont les suivants:

THÈMES RETENUS		
1	Strate ligneuse haute	SLH
2	Strate ligneuse basse	SLB
3	Strate ligneuse très basse	SLTB
4	Strate ligneuse très basse dominante + herbacée	SLTB + H
5	Strate herbacée dominante + ligneux très bas	H + SLTB
6	Strate herbacée bas	H1
7	Strate herbacée haut	H2
8	Type de substrat	SUB

Le contenu thématique du document est réalisé en deux temps:

- dans un premier temps, les 8 thèmes sont sélectionnés dans le fichier VEGET et stockés dans un fichier image,
- dans un deuxième temps, ces thèmes sont croisés deux à deux jusqu'à obtention finale de la carte comme le figure le schéma suivant:



L'élaboration de la carte -qui a nécessité moins de 4 heures de manipulations- s'effectue donc pas à pas, par croisements successifs des différents thèmes visualisés sur écran de télévision en couleur permettant les vérifications indispensables, d'éventuelles corrections, ainsi qu'un codage et un recodage progressif des différentes modalités obtenues en accord avec la légende préalablement fixée.

Une fois réalisé, la reproduction du document peut emprunter deux voies en fonction des coûts susceptibles d'être supportés pour cela:

- des cartes en noir et blanc, comme on l'a vu pour les exemples précédents, d'un faible prix de revient,
- des typons d'impressions photogravés au laser permettant la production de cartes en couleur de grande qualité.

Sortie en noir et blanc:

Ce mode d'impression convient parfaitement pour la publication en noir et blanc de documents d'une qualité graphique certaine à faible prix de revient.

Une contrainte existe cependant, liée à la lisibilité des différentes gammes de gris susceptibles d'être utilisés. En ce qui nous concerne, l'imprimante utilisée fournit une échelle de 10 niveaux distincts allant du noir au blanc. Ceci est parfaitement suffisant si on désire que les taxons restent visuellement identifiables, par contre un problème se pose quand il y a plus de 10 modalités à représenter.

Pour tourner cette difficulté, nous avons cartographié séparément les forêts, les taillis et gaulis, les landes, les pelouses et les substrats avec leurs modalités. Les gammes de gris utilisées essaient de traduire la densité du recouvrement des différents groupements végétaux individualisés. D'autre part, la superposition des mémoires image et graphique a permis de surimposer le pourtour de la zone d'étude et quelques éléments de toponymie.

Sortie couleur:

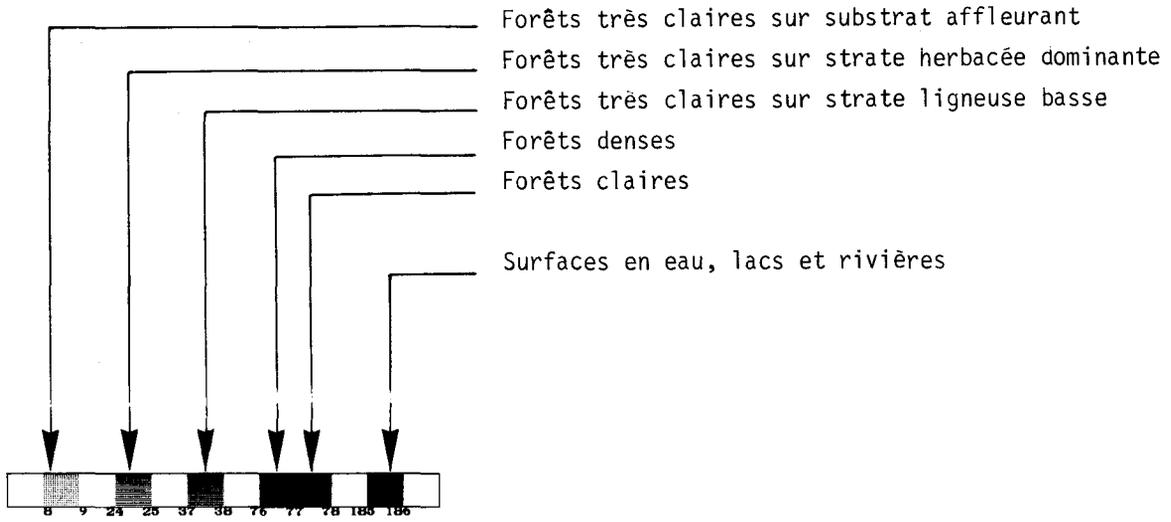
Grace à un financement du Parc National du Mercantour, la réalisation typographique de la carte de la végétation du vallon de Molières en couleur a pu être expérimentée (carte hors texte).

Cette réalisation a nécessité la mise au point d'un chaînage de traitements informatiques spécifique, hérité des techniques de cartographies numériques utilisées pour la cartographie des classifications multispectrales (ALBUISSON, OLIVA, 1982), permettant de restituer la carte élaborée et d'y intégrer la topographie (courbes de niveaux) en utilisant l'une des variables stockée dans la base de données MOLIERES.

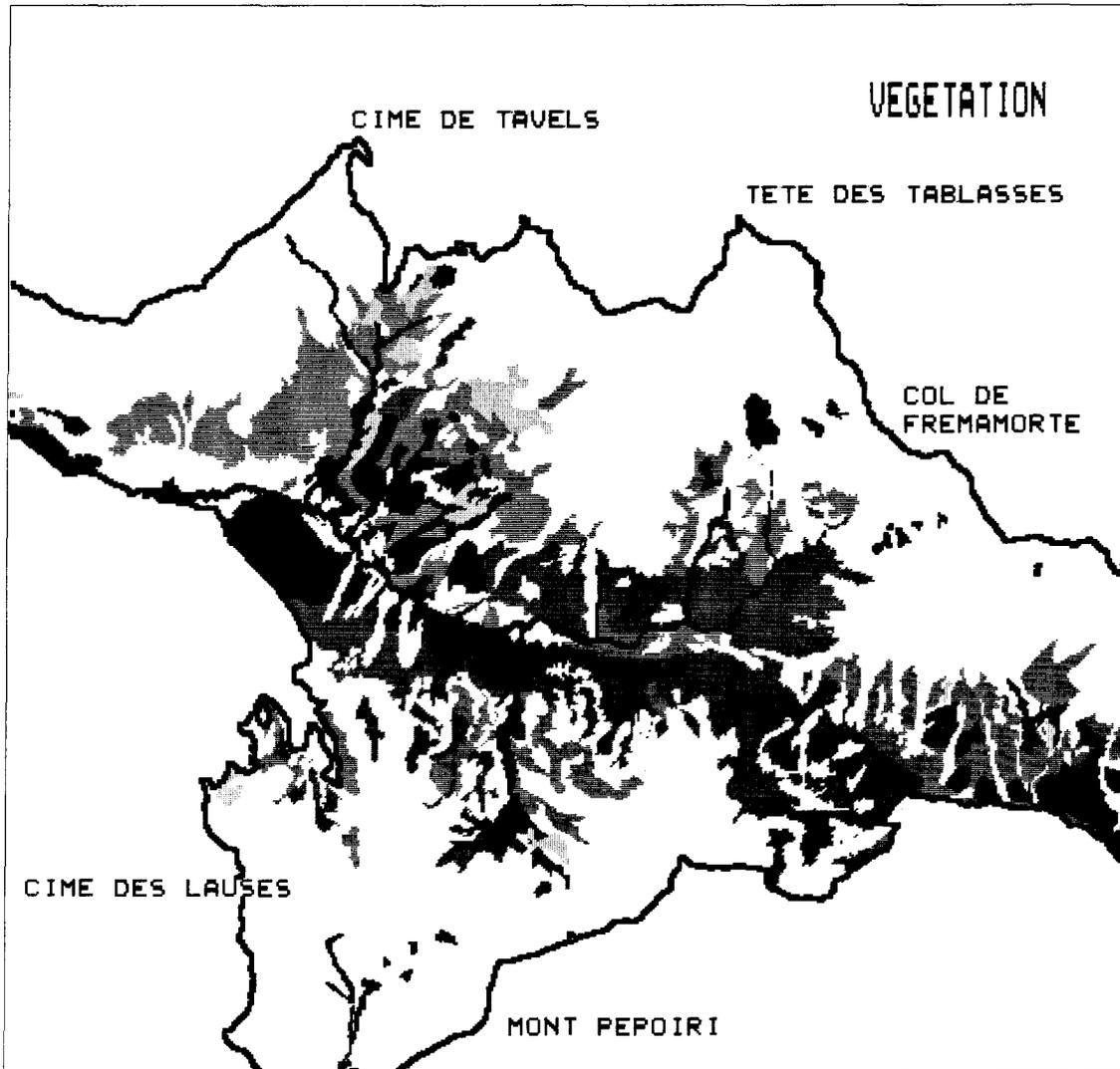
Ces différentes opérations pratiques, largement facilitées par la convivialité du système développé au C.T.A.M.N., ont pour caractéristiques:

- une interactivité permanente qui associe le thématique à chaque étape de la réalisation de la carte en permettant son intervention à tout moment. Les corrections éventuelles, les manipulations, le choix de chartes couleur appropriées effectuées sur l'écran de télévision en couleur n'ont plus aucune incidence sur le coût de production de la carte,
- l'élaboration directe de typons d'impression à très haute résolution,
- une diminution appréciable du temps de réalisation du document désiré (4 heures pour établir le contenu thématique, 2 heures pour les typons d'impression, 1 heure environ pour tracer le pourtour de la zone d'étude et les courbes de niveaux),
- un abaissement non négligeable des coûts de production.

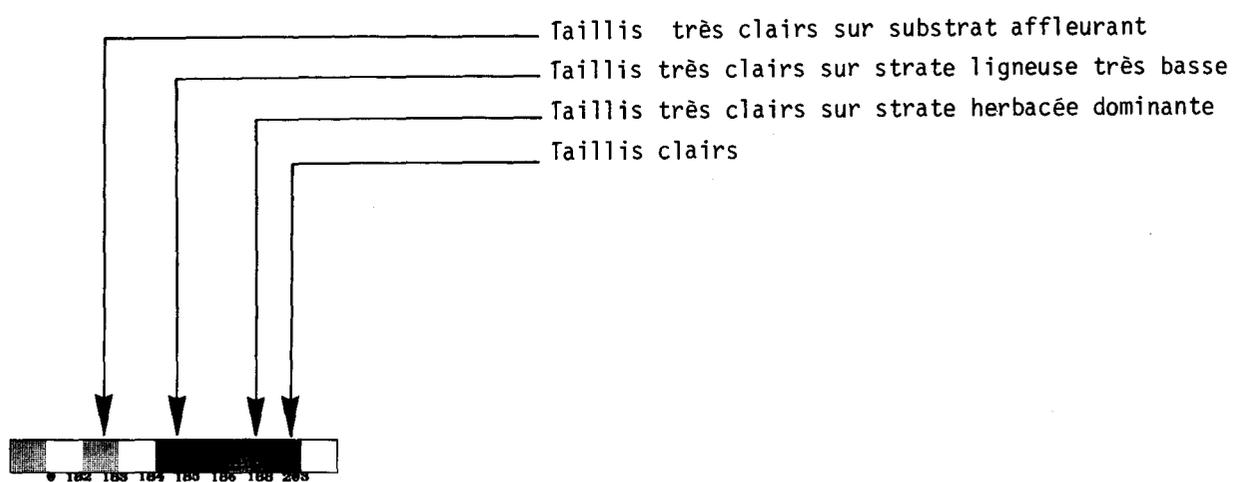
FORETS



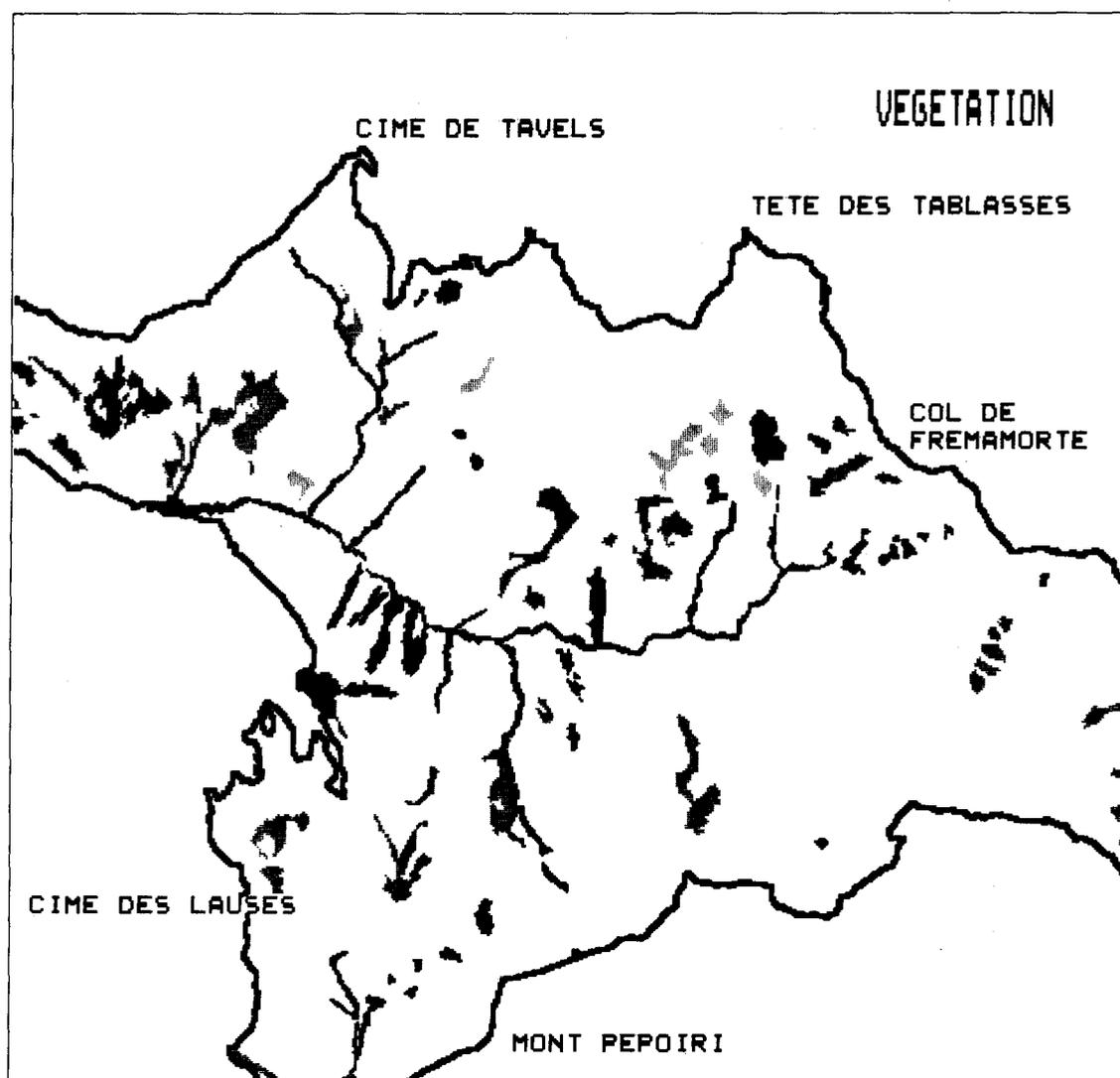
VISUALISATION D'IMAGE MULTI CANAL : 01 = VEGETATION



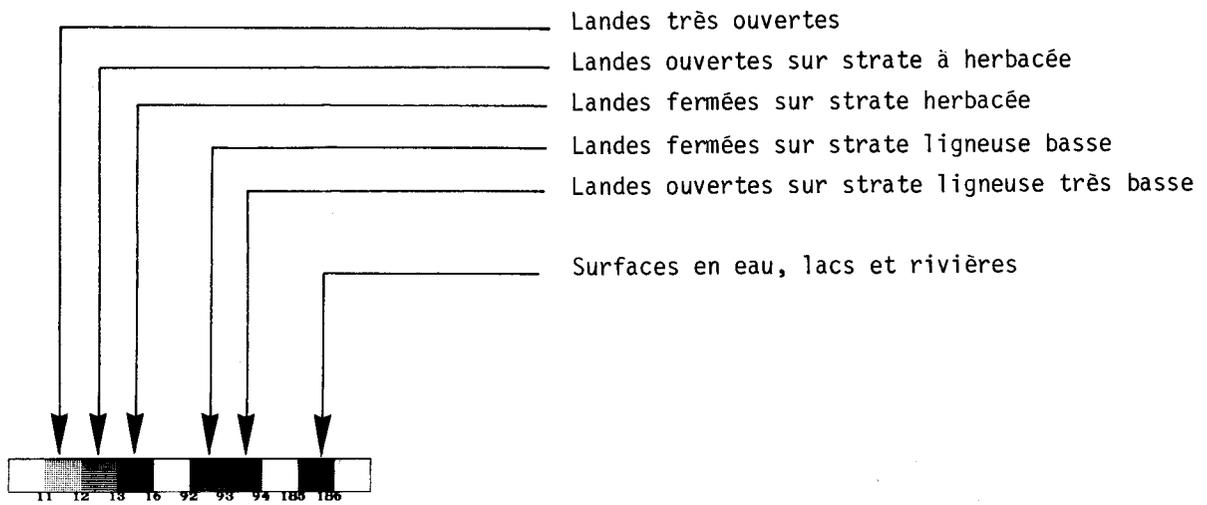
TAILLIS



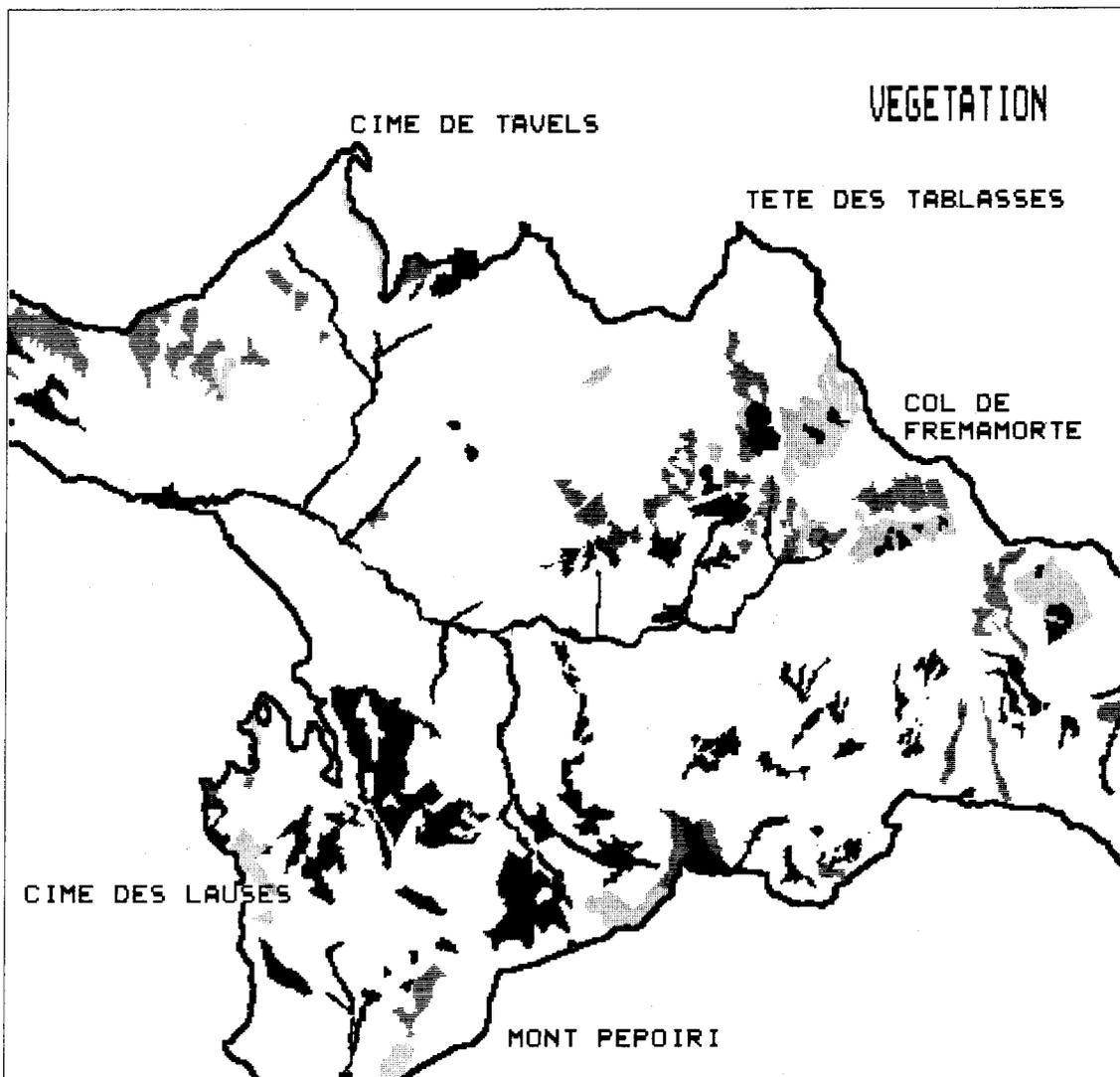
VISUALISATION D'IMAGE MULTI CANAL : 01 - VEGETATION



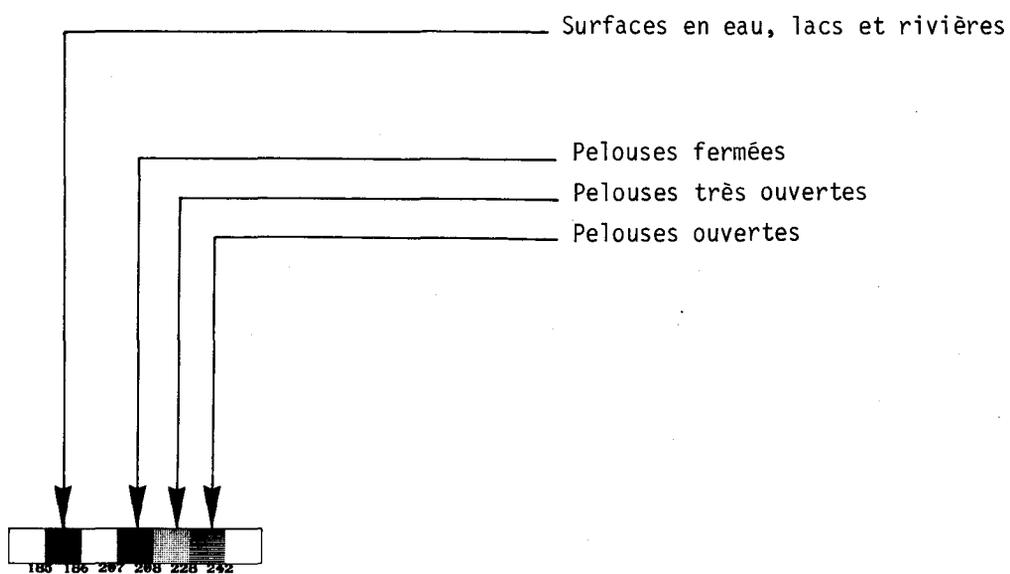
LANDES



VISUALISATION D'IMAGE MULTI CANAL : 01 = VEGETATION

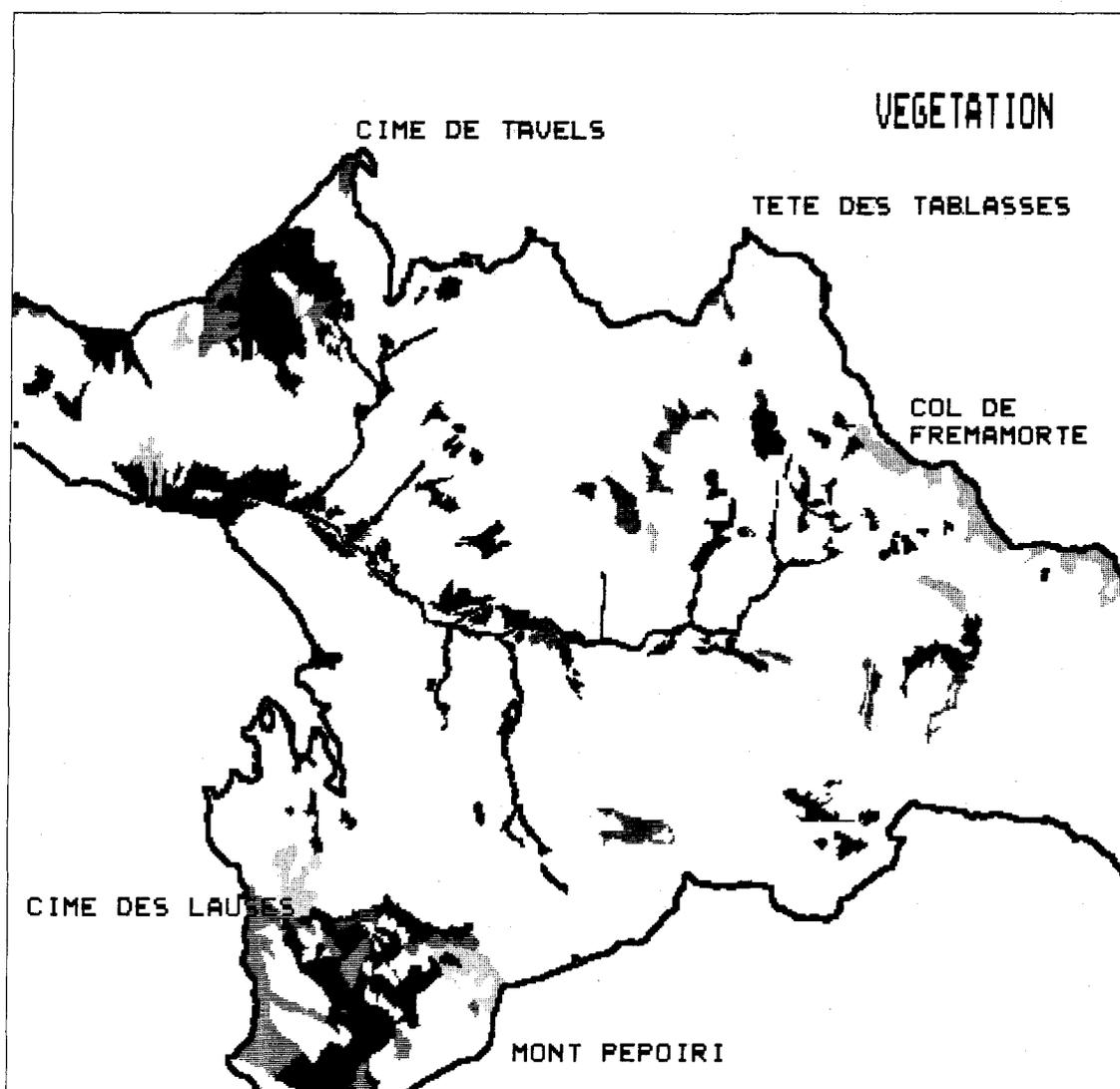


PELOUSES

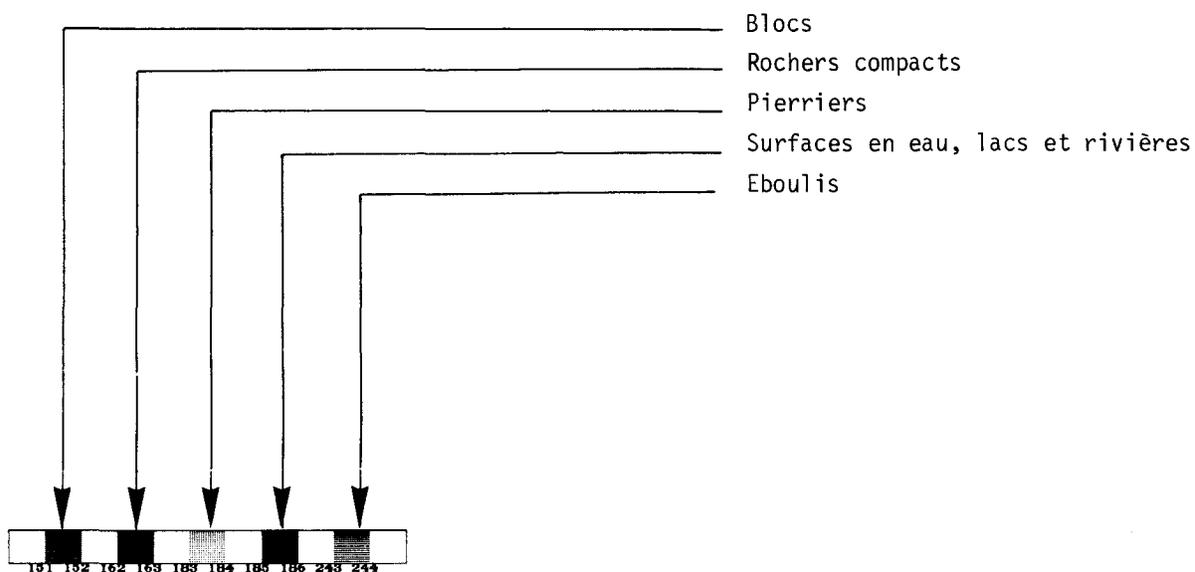


VISUALISATION D'IMAGE MULTI

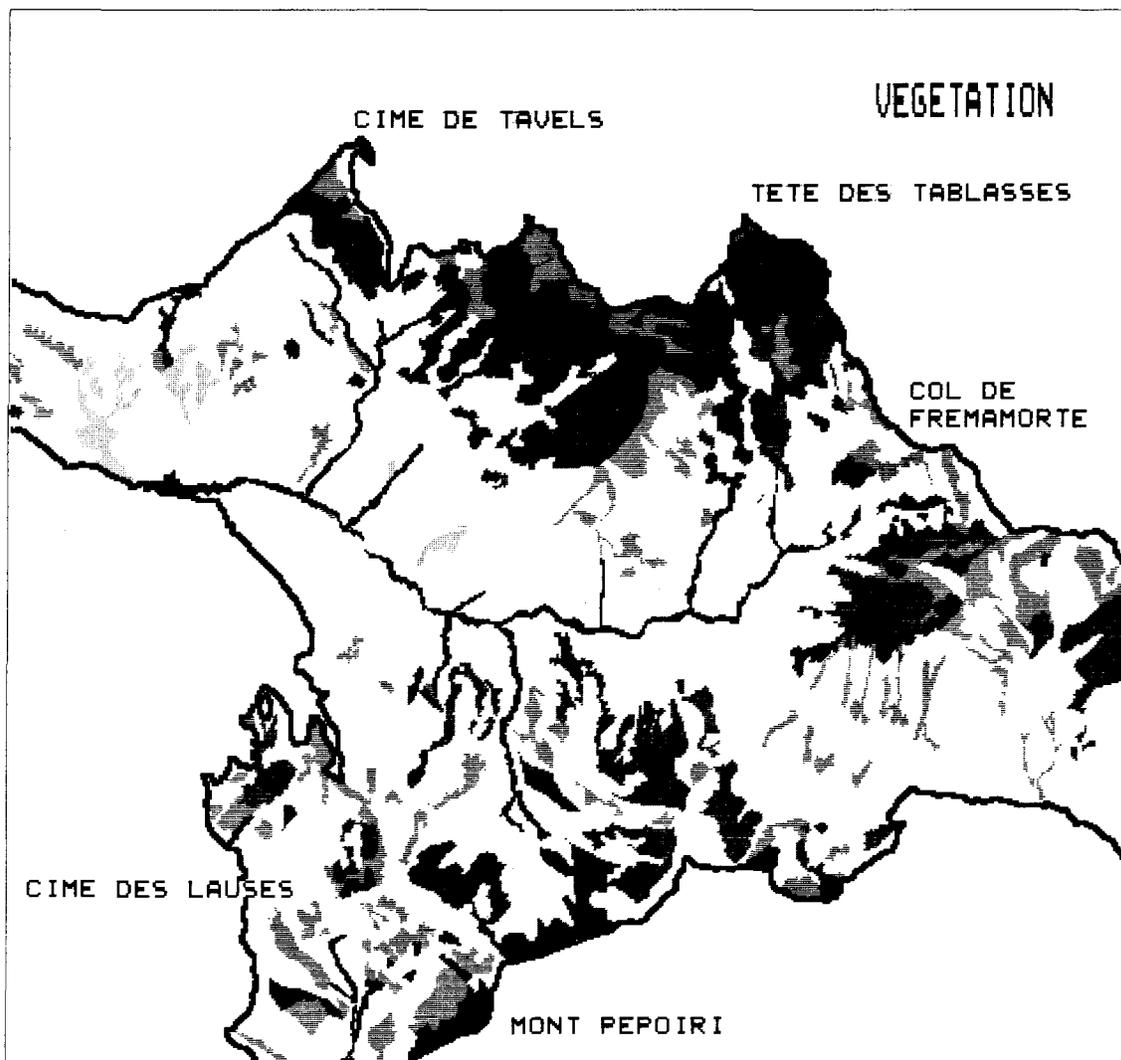
CANAL : 01 - VEGETATION



SUBSTRATS



VISUALISATION D'IMAGE MULTI CANAL : 01 = VEGETATION



5 - Aide à l'aménagement des milieux naturels

Ce dernier exemple cherche à illustrer l'utilisation d'une banque de données localisées comme outil d'aide à la décision. C'est avant tout une image -plus pédagogique que véritablement scientifique- de la faculté d'adaptation du système développé au C.T.A.M.N. (lecture, recodage, superpositions graphiques, combinaisons logiques et restitutions graphiques y sont utilisés) face un problème théorique susceptible de se poser aux gestionnaires d'un Parc National.

La question préalablement posée est celle du choix, pour la région étudiée, de zones de pratique de ski de randonnée en fonction d'un certain nombre de variables telles que la pente, l'exposition, le risque d'avalanche, le degré d'ouverture des milieux naturels.

Une fois les thèmes sélectionnés, les modalités pertinentes sont retenues pour être ensuite recodées de façon binaire suivant qu'elles autorisent ou non la pratique du ski de randonnée.

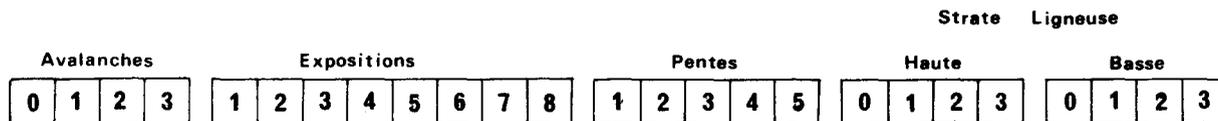
VARIABLES SÉLECTIONNÉES		CODES
PENTES	Pente comprise entre 0 et 12%	1
	Pente comprise entre 13 et 26%	2
	Pente comprise entre 27 et 44%	3
	Pente comprise entre 45 et 55%	4
	Pente supérieure à 55%	5
EXPOSITIONS	Nord	1
	Nord-Est	2
	Est	3
	Sud-Est	4
	Sud	5
	Sud-Ouest	6
	Ouest	7
	Nord-Ouest	8
AVALANCHES	Zone dépourvue de risques	0
	Zone d'avalanche	1
	Zone dangereuse	2
	Zone présumée dangereuse	3
STRATE LIGNEUSE HAUTE	Recouvrement compris entre 0 et 10%	0
	Recouvrement compris entre 11 et 40%	1
	Recouvrement compris entre 41 et 80%	2
	Recouvrement supérieur à 80%	3
STRATE LIGNEUSE BASSE	Recouvrement compris entre 0 et 10%	0
	Recouvrement compris entre 11 et 40%	1
	Recouvrement compris entre 41 et 80%	2
	Recouvrement supérieur à 80%	3

Pour cette tentative de synthèse cartographique appliquée à un schéma d'aménagement potentiel, les données sont donc lues, sélectionnées, recodées en fonction d'un choix déterminé, puis combinées les unes aux autres.

Les zones d'avalanches ou présumées dangereuses, l'exposition nord, les pentes supérieures à 55%, les zones où le couvert végétal présente un recouvrement important sont réunies en aires défavorables, les autres modalités étant alors considérées comme favorables.

La carte obtenue (page suivante) est donc le résultat d'intersections logiques $(A \cap B)$ pratiquées à l'aide d'un logiciel adapté sur les différents fichiers temporaires créés pour le problème posé. Elle constitue un schéma d'aménagement potentiel établi sur des bases préalablement fixées susceptible d'être discuté et critiqué, remanié par les aménageurs, les gestionnaires des espaces concernés ou tout autre partie impliquée dans la question posée.

DONNEES BRUTES

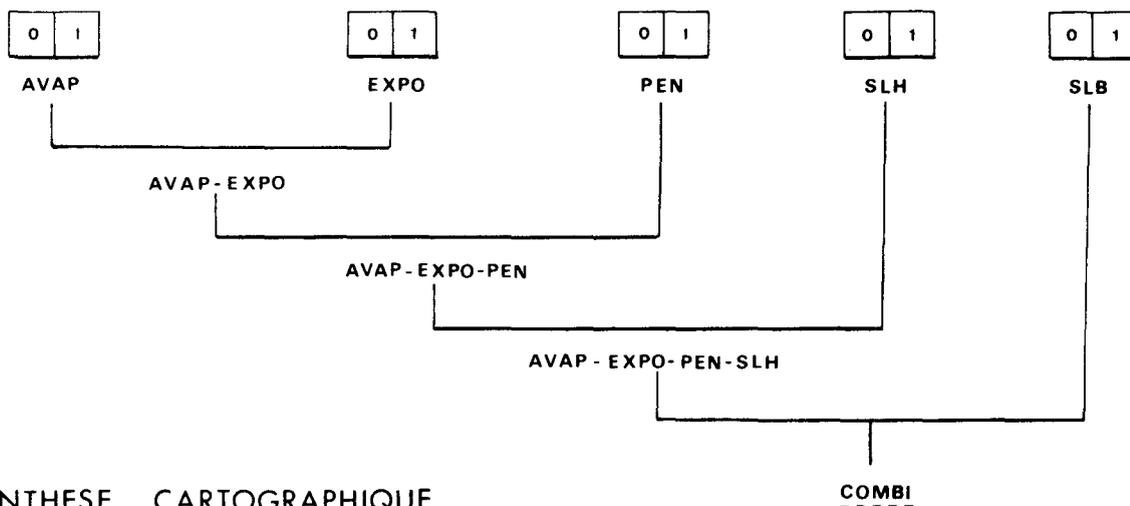


RECODAGE BINAIRE DES DONNÉES

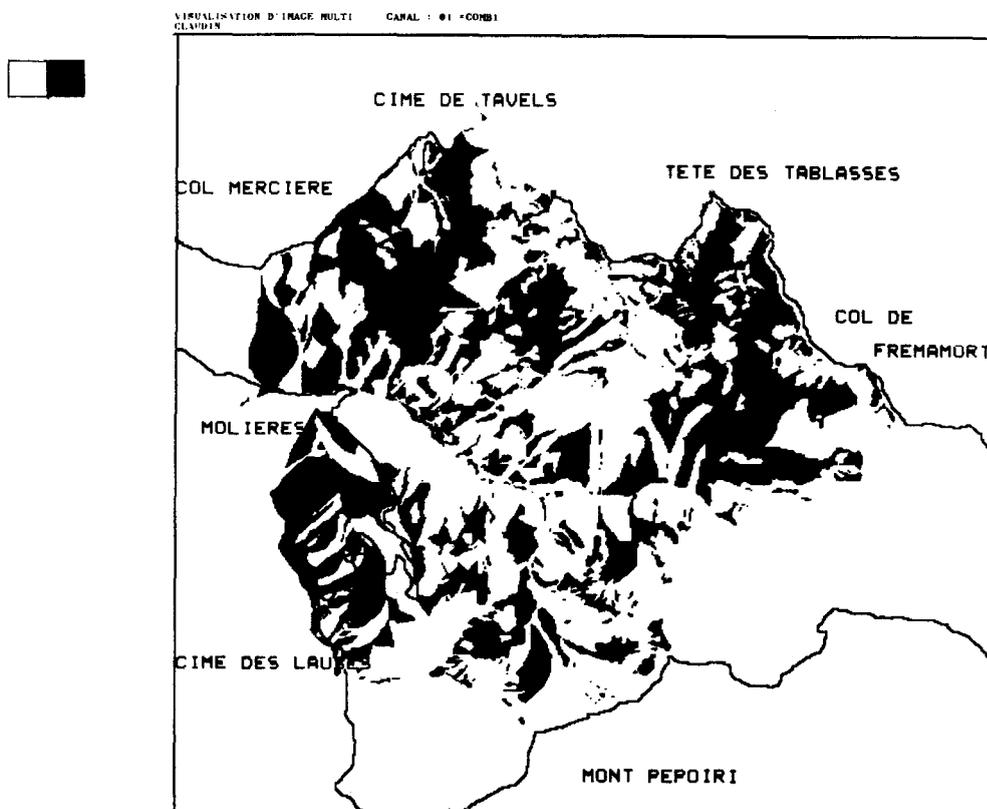
Modalités défavorables = 0
 Pentes: 5
 Expositions: 1
 Avalanches: 1, 2, 3
 Strate ligneuse haute: 3
 Strate ligneuse basse: 3

Modalités favorables = 1
 Pentes: 1, 2, 3, 4
 Expositions: 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8
 Avalanches: 0
 Strate ligneuse haute: 0, 1, 2
 Strate ligneuse basse: 0, 1, 2

DONNEES RECODEES



SYNTHESE CARTOGRAPHIQUE



CONCLUSION

Dans le cadre d'une recherche interdisciplinaire financée par le Parc National du Mercantour, la mise en place et la gestion d'une banque de données localisées de l'environnement ont été expérimentées permettant de saisir et valoriser un ensemble d'informations cartographiques (23 descripteurs numérisés avec une unité de saisie des données conforme à une restitution fidèle des variables cartographiées ainsi que l'intégration future des données issues de SPOT).

Cette expérience a permis d'approfondir les champs d'applications potentielles du système dans les domaines suivants:

- inventaire des données environnementales,
- cartographie de l'environnement,
- aménagement des milieux naturels.

Une telle concentration de l'information, appuyée par un système informatique évolutif et convivial -assurant les fonctions de saisie, de stockage, de manipulation, de remise à jour des données et de traitements numériques multivariés- constitue un outil puissant d'aide à la recherche et à la décision parfaitement adapté à une gestion rationnelle des ressources naturelles.

Par ailleurs, dans un avenir profondément marqué par les progrès extraordinaires de la télématic, ces banques de données numérisées représentent un moyen, bientôt indispensable, de diffusion d'une information environnementale localisée.

BIBLIOGRAPHIE

- ALBUISSON M., OLIVA P. (1982). Cartographie automatique sur restituteur d'image numérique. *4e Coll. Intern. du G.D.T.A., Toulouse, 22-26 juin 1981, 48-55.*
- AMIDON E.L. (1979). Computer Mapping Systems for Integrated Resource Inventories. *Integrated Inventories of Renewable Natural Resources : Proceedings of the workshop, January 8-12, 1978, Tucson, Arizona U.S. Department of Agriculture, General Technical Report, RM-55, 354-359.*
- BARBERO M. (1981). Indicateurs, agrégations et bilans, éléments d'une méthodologie cartographique *Doc. Cart. Ecologique, XIV, 79-89.*
- BEEAN L.E (1979). Computer-Assisted Resource Management. *Integrated Inventories of Renewable Natural Resources : Proceedings of the Workshop, January 8-12, 1978, Tucson Arizona, U.S. Department of Agriculture, General Technical Report, RM-55, 375-381;*
- BERRY J.K., TOMLIN C.D. (1979). An academic approach to cartographic modeling in natural resources management. *Havard Computer Graphics, week 79, Cambridge, Mass., July 15-20th. 1979*
- BERTIN J. (1974). *Semiologie graphique. Mouton -Gauthier-Villars Edit., Paris, 2e édition, 431p.*
- BERTIN J. (1975). Perception visuelle et transcriptions cartographiques. *Séminaire de Cart. de l'aménagement du Territoire, 12-16 mai, Enschede, Pays-Bas, 176-131.*

- BIED-CHARRETON M. (1980). Cartographie et statistique de l'occupation du sol dans le département de l'Indre et Loire en 1979. *Cahiers de l'O.P.I.T.*, 4, 23-27.
- BOLT R.A. (1983). Les images interactives. *La recherche*, 144 (14), 678-686.
- BRUNEAU M. (1979). Deux approches d'une cartographie de l'environnement dans les pays tropicaux. *Symposium International sur la Cartographie de l'Environnement et de sa dynamique, Caen, juin*, 263-281.
- CACHAN P. (1980). Rapport de faisabilité d'un observatoire des changements écologiques, économiques et sociologiques de la montagne vosgienne. *ASP-PIREN n°1, CNRS-INPL/ENSAIA/Laboratoire d'Ecologie appliquée*, 99p.
- CANNON T., HUNT B. (1981). Le traitement des images par ordinateur. *Pour la Science, Décembre* (50), 88-98.
- CAO T.T. (1980). Base de données cartographiques: un système de gestion et d'exploitation pour mini-ordinateurs. *26e Congrès Géologique International, Paris*.
- CARTAN M. (1975). Analyse quantitative d'indicateurs cartographiques : Essai critique sur les relations végétation-milieu en Sologne. *CEPE-CNRS, Document n°77*, 167 p.
- CARTAN M. (1978). Inventaires et cartographies de répartitions d'espèces. *Faune et Flore, CNRS édit.*, 127p.
- CLEAVES R.P. (1981). A Computer assisted system for large-scale engineering mapping. *Photogrammetria*, 36, 203-216.
- Commissions des Communautés Européennes. (1981). Test of a revised methodology : Case-study: Mayo II. *Ecological Mapping of the European community, An foras Forthaba*, 168p.
- COUTEAUX M. (1974). Essai de cartographie du Bas-Vivarais. feuille de Bessègues et Bourg St. Andréol, *Doc. Cart. Ecologique, XIII*, 49-68.
- CREMONT D. (1979). Application de la photogrammétrie et de l'informatique à la cartographie topographique et cadastrale. *Bull. Soc. franç. de photogrammétrie et télédétection* 73-74, 45-63.
- DENEGRE J. (1976). Cartographie numérique et numérisation cartographique. *Informatique et Sciences humaines*, 55-62.
- DENEGRE J. (1980). Traitements d'images et moyen divers d'aide à l'interprétation. *Bull. de liaison du L.C.P.C.*, n°110, 75 -79.
- DENEGRE J., FOIN J.M. (s.d.). Système informatique IGN, acquisition, traitement et gestion des données cartographiques. *IGN*, 12p.
- DOBREMEZ J.F., PAUTOU G., VIGNY F. (1974). Carte écologique des Alpes au 1/100 000, Feuille de Belley, matériaux pour une carte de l'environnement. *Doc. Cart. Ecol.*, XIII, 62-102.
- DOBREMEZ J.F., VIGNY F. (1982). Matériaux pour une carte écologique régionale. Essai appliqué à la région Rhône-Alpes. Lyon au 1/250 000. *Doc. Cart. Ecol.*, XXIV, 1-22.
- FALQUE M., GALAND A., TARLET J. (1975). La planification écologique, une méthode cartographique au service de l'aménagement. *Séminaire de cartographie de l'aménagement du Territoire, 12-16 Mai, Enschede, Pays-Bas*, 197-220.
- FOIN P. (1976) Système de gestions de fichiers et de base de données appliquées à des données géographiques. *Bull. d'information de l'Institut de Géographie National*, 32, 19-24.
- HENDERSON J.A., DAVIS L.S. (1979). ECOSYM : A classification and Information system for wildland Resource Management. *Integrated Inventories of Renewable Natural Resources: Proceeding of the wrokshop, january 8-12, 1978, Tucson, Arizona, U.S. Department of Agriculture, General Technical Report*, RM-55, 384-389.
- GENSAC P. (1981). Recherches méthodologiques pour une carte de l'environnement de la région Rhône-Alpes dans un but de protection de la nature. *Doc. Cart. Ecol.*, XXIV, 99-102
- GODRON M. et coll. (1968). Code pour le relevé méthodique de la végétation et du milieu (principes et transcription sur cartes perforées). *CNRS édit.*, Paris, 169 p.

- GODRON M., POISSONET J. (1972). Quatre thèmes complémentaires pour la cartographie de la végétation. *Bull. Soc. Languedocienne de Geogr.*, 6(3), 329-356.
- HOLDGATE M.W. (1982). Besoins des décideurs en matière d'informations sur l'environnement. *Nature et Ressources*, Vol. XVIII, N°1, 5-10.
- HOUPERT N., MARCHAND A., TISOT J.P. (1979). Présentation d'une banque de données géotechnique. Utilisation en zone urbaine. *Colloque National " Connaître les sous-sols pour l'aménagement urbain "* Lyon 13-14 mars .
- LAURENT J.L. (1982). Carte des faciès paysagers du vallon de Molières. *Parc National du Mercantour*, 1 carte + notice 12p.
- LEFEUVRE J.C., RAFFIN J.P., BEAUFORT de F. (1979). Protection, conservation de la nature et développement. " *Ecologie et Développement* ", journées scientifiques 19-20 septembre 1979, Edition du CNRS, 31-97.
- LEYMARIE P., MONGET J.M. (1981). Le traitement des données de la prospection. *Cours : CTAMN 81/R/17 octobre 81*, 68 p.
- LEYMARIE P., MANIERE S., MONGET J.M. (1981). Rassemblement et numérisation des données géochimiques et géophysiques concernant une étude multivariée sur le nord-limousin. *Contrat CEA n°TMC-II/14.470. Rapport final*, CTAMN/81/R/ 15 novembre 81, 80p.
- LOINTYER M., PIEYN S. (1979). Méthodologie de constitution d'une base de données d'occupation du sol par télédétection. *Rapport final. ORSTOM-Ministère de l'environnement et du cadre de vie - OPIT*, 85p.
- LONG G. (1982). L'expérience de la collecte et du traitement des données écologiques du Centre L. Emberger et de l'écothèque méditerranéenne du CNRS. *Coll. de l'A.F.I.E. : " Le recueil des données dans les études de l'environnement et d'impact. "* Arles, 21-23 Avril, 30p.
- Mc EWEN R.B., ASCE M. (1980). U.S.G.S. Digital Cartographic application Program. *Journal of surveying and mapping division*, 13-22.
- Mac HARG I. (1980). Composer avec la nature. *Cahiers de l'I.A.U.R.I.F.*, 58-59, 184 p.
- MOELLERING H. (1980). Stratégies of real time cartography. *The Cartographic Journal*, 17 (1), 12-15.
- NAGY G., WAGLE S. (1979). Geographic data processing *Computing surveys*, 11 (2), 139-182.
- OZENDA P. (1974). De la carte de la végétation à une carte de l'environnement. *Doc. Cart. Ecol.* XIII, 1-18.
- OZENDA P. (1977). La cartographie écologique. *Courrier du CNRS*, 24, 1-10.
- OZENDA P., PAUTOU G. (1980). Cartographie écologique et cartographie de l'environnement. L'exemple de la région Rhône-Alpes. *Bull. Ecol.*, 11 (1), 53-59.
- PASQUIER B. (1980). Une chaîne informatique pour la production intensive de carte thématique. *10e Conférence de l'Association Cartographique Internationale, Tokyo, 25 août - 10 septembre 1980. Bull. Information de l'IGN*, 42(3), 25-30.
- PEZZ D.R. (1979). An automatic Data Processing System for Multiple Resource Inventories. *Integrated Inventories of Renewable Natural Resources : Proceeding of the Workshop, January 8-12, 1978, Tucson Arizona, U.S. Department of Agriculture, General Technical Report*, RM-55, 319-324.
- REY P. (1980). De la carte de la végétation à la carte écologique. *Bull. Ecol.*, 11(1), 49-52.
- REY P. (1981). Perspective d'évolution de la cartographie de la végétation à petite échelle. *Doc. Cart. Ecol.*, XXIV, 68.
- RHIND D. (1975). Cartographie automatique. *Seminaire de Cartographie de l'aménagement du Territoire*, Enschede, Pays-Bas, 167-195.
- SAUVAGE C. (1980). La cartographie écologique : organisation du réseau cartographique écologique au niveau du CNRS. *Bull. Ecol.*, 11(1), 45-48.
- TEICHOLZ E. (1980). Geographic information systems: the odyssey project. *Journal of the surveying and mapping division*, 119-135.

- THOMAS A., JEANDEL B., MALLET J.L., HOUPERT N. (1978). Geotec: système évolutif de traitement des données géotechniques pour l'urbanisme et la construction. *Proceedings the III International Congress IAEG, 4-8 septembre, Special session 4, 116-129.*
- TOMLINSON R.F., CALKINS H.W., MARBLE D.F. (1976) Computer Handling of Geographical data. *UNESCO Press, Genève, 215 p.*
- TRICART J., KILIAN J. (1979). L'écogéographie et l'aménagement des milieux naturels. *FN/Maspero edit., Paris 325 p.*
- WITMER R.E. (1979). The USGS Land use and Land Cover Classification System. *Integrated inventories of Renewable Natural Resources : Proceedingd of the Workshop January 8-12, 1978, Tucson, Arizona, U.S. Department of Agriculture General Technical Report, RM 55, 178-182*

REMERCIEMENTS

Il est désormais admis que l'analyse et la gestion des écosystèmes naturels et anthropisés exigent une réflexion interdisciplinaire et l'emploi de techniques informatiques appropriées.

Ce principe a été mis en action pour cette recherche en confrontant des approches diverses et complémentaires (universitaires, ingénieurs, gestionnaires impliqués dans l'aménagement des milieux naturels).

Cette étude, entièrement financée par le Parc National du Mercantour, n'aurait pu être menée à bien sans la compréhension de J.FLORENT, directeur du P.N.M., et J.CLAUDIN, chargé de mission au P.N.M., qui ont accepté d'investir temps et crédits dans cette expérimentation.

Par ailleurs, rien n'aurait pu être réalisé sans les efforts de conception et de mise au point consentis pour l'élaboration de logiciels adaptés à nos besoins par M.ALBUISSON chargé de recherche au C.T.A.M.N. et M.POISSON, ingénieur de recherche à la SODETEG.

ANNEXES

MODALITÉS DES DIFFÉRENTS THÈMES NUMÉRISÉS

TOPOGRAPHIE

Les cartes I.G.N. (St Etienne de Tinée 5-6, Le Boréon 7-8) au 1/ 25 000° ont été numérisées en ne retenant que les courbes de niveau équidistantes de 50 mètres.

Les altitudes dans la zone d'étude s'échelonnant de 1250 mètres à 2900 mètres, la carte hypsométrique numérisée présente 33 modalités.

PENTES

C'est un document dont l'échelle d'origine est le 1/25 000°. Il a été réalisé par le Parc National du Mercantour.

5 modalités y sont prises en compte:

Type de pente	code de numérisation
0 à 12 %	10
13 à 26 %	20
27 à 44 %	30
45 à 55 %	40
supérieur à 55 %	50
pentcs nulles ou hors de la zone d'étude	0

EXPOSITIONS

L'échelle de réalisation de cette carte est le 1/25 000°. Elle est produite par le Parc National du Mercantour.

9 modalités sont distinguées:

Type d'exposition	code de numérisation
Nord	1
Nord-Est	2
Est	3
Sud-Est	4
Sud	5
Sud-Ouest	6
Ouest	7
Nord-Ouest	8
Sans exposition ou hors de la zone d'étude	0

AVALANCHES

Document au 1/20 000° édité et élaboré par le C.E.M.A.G.R.E.F. Les zones d'avalanches y sont délimitées de deux façons différentes, soit par photo-interprétation, soit par observations faites sur le terrain. Deux cartes sont disponibles avec une légende commune.

4 modalités ont été distinguées:

Type de zone	code de numérisation
zone d'avalanches	100
zone dangereuse	200
zone présumée	250
zone sans risques ou hors de la zone d'étude	255

SEMINAIRE

Le séminaire d'échanges "Technologie et Développement" aura lieu cette année du 1er au 10 septembre à SOPHIA ANTIPOLIS. Ce séminaire s'adresse à un public ayant une expérience professionnelle, qu'il soit français ou des pays en voie de développement.

10 ateliers thématiques auront lieu sur les thèmes :

- Politiques vivrières et développement rural
- Recherche-développement et systèmes agraires
- Maîtrise de l'eau
- Machinisme et motomécanisation rurale
- Evaluation des projets de santé
- Insertion des soins de santé primaires
- Maîtrise de l'énergie
- Industrialisation et développement
- Urbanisme opérationnel et opérations d'habitat
- Assainissement et valorisation des déchets

Ce séminaire, organisé par le Bureau de Liaison des Agents de la Coopération Technique (BLACT), le Centre de Formation des Coopérants Culturels et Techniques Internationaux (CFECTI), le Groupe de Recherche et d'Echanges Technologiques (GRET) et le Service d'Etudes du Secrétariat Général aux Affaires Régionales Provence-Alpes-Côte d'Azur (SGAR-P.A.C.A.) devrait contribuer à faire avancer la réflexion sur les pratiques novatrices en matière de développement et de coopération.

Renseignements - Inscriptions

Service d'Etudes du SGAR-P.A.C.A.
 Elisabeth LAMAZE
 37 bld Périer
 13008 MARSEILLE
 Tél. : (91) 53.50.05 poste 44

ANALYSE D'OUVRAGE

Précis de Botanique : végétaux supérieurs. Tome II
 par H. GAUSSEN et J.F. LEROY

Prix public : 210 F ; 592 pages, 257 figures - Format 16 x 24 - MASSON EDITEUR

La première édition du Précis de Botanique ne comportait qu'un volume ; devant l'abondance des matières, le deuxième a doublé ou presque le nombre de ses pages et son découpage en deux tomes est devenu une nécessité.

Le deuxième tome qui vient de paraître est consacré aux plantes supérieures : Gymnospermes et Angiospermes. Le regretté professeur H. GAUSSEN a fait bénéficier le chapitre concernant les Gymnospermes des progrès des connaissances sur ce groupe et de sa profonde expérience qu'il possédait de ces végétaux.

Les généralités, dont l'auteur est le Professeur OZENDA, membre de l'Académie des Sciences, n'ont été l'objet que de légères retouches.

Dans ce tome, c'est au Professeur J.F. LEROY qu'est revenue la lourde et difficile tâche d'exposer la systématique des Angiospermes. Aucun ouvrage français n'en donne un tableau moderne. Cette carence est comblée, car la partie Systématique du Précis tient compte de toutes les nouveautés et se veut d'être complète, autant que le permettent les dimensions de l'ouvrage. Inutile de dire que l'illustration en grande partie originale facilite la lecture.

Ce livre concerne tous ceux qui de près ou de loin s'intéressent au monde végétal : étudiants en Sciences naturelles, enseignants, agronomes, écologistes ne sauraient s'en passer.

Imprimé en France
au C.R.D.P. de Marseille
en juillet 1983
D. L. Imprimeur
3e trim. 1983

INSTRUCTIONS AUX AUTEURS

Les articles proposés doivent être renvoyés, dactylographiés, au Secrétariat général de la Revue. Ils seront soumis à l'un des membres du comité de lecture ou du comité de rédaction avant confirmation de leur acceptation.

Ils devront être dactylographiés alors, pour le tirage offset, suivant les normes de la Revue. Celles-ci seront précisées aux auteurs par le Secrétariat lors de la confirmation de l'acceptation du manuscrit.

Tous les schémas et graphiques devront être réduits au format 21 x 29,7. Dans le cas contraire, cette réduction sera faite aux frais des auteurs. Les articles ne pourront dépasser 25 pages dactylographiées.

Les abonnés peuvent publier dans *Ecologia Mediterranea* des travaux originaux et des mises au point sur des sujets se rapportant à l'écologie générale terrestre et limnique en région méditerranéenne et à l'écologie appliquée. Ceux-ci peuvent être publiés en langue française de préférence mais aussi en langue anglaise, italienne ou espagnole. La présence du titre en langue anglaise et du résumé en langue anglaise ou espagnole est indispensable.

T A R I F

Tomes I, II, VII (2)	50 F
Tomes III, IV, V, VI, VII (1), VIII (3) (4)	70 F
Tome VIII (1/2)	120 F

Participation au frais d'expédition : France : 10 F
Etranger 30 F

Achats groupés (trois volumes et plus) : Remise de 30 %

Collection ECOLOGIA (Tomes I à VII inclus) 250 F

Etudiants : Remise de 50 %

Abonnement pour 1983 (fascicules 1, 2, 3, 4) (frais d'expédition inclus) :

France : 230 F

Etranger : 290 F

Toutes les commandes doivent être faites auprès du Secrétariat de la Revue accompagnées du paiement par chèque ou mandat, libellé au nom de :

Régisseur d'Avances de l'Université AIX-MARSEILLE III Centre St-Jérôme, CCP n° 9404. 68 M MARSEILLE
--

SOMMAIRE

JEUDY DE GRISSAC A., LE FUR C. — Conditions de dépôt et nature sédimentaire des fonds de la rade Sud de Marseille avant les travaux d'aménagement de la plage du Prado	3
BRESSAC Y. — Le cycle biologique d' <i>Acanthodiptomus denticornis</i> (Wierzejski 1887) (Copepoda Calanoïda) dans la retenue hydro-électrique de Serre-Ponçon	19
BOUMEZZOUGH A., MUSSO J.-J. — Etude des communautés animales ripicoles du bassin de la rivière Aille (Var - France). I. Aspects biologiques et éco-éthologiques	31
MICHALIS K.-B. — New biotopes of the species <i>Allobophora dofleini</i> (Ude, 1922) and the subspecies <i>Bimastus antiquus bouchei</i> (Zicsi-Michalis, 1981) (Oligochaeta-Lumbricidae)	57
PECO B., LEVASSOR C., CASADO M.-A., GALIANO E.-F., PINEDA F.-D. — Influences météorologique et géomorphologique sur la succession de pâturages de thérophytes méditerranéennes	63
PELTIER J.-P. — Les séries de l'arganeraie steppique dans le Sous (Maroc)	77
GAMISANS J., GRUBER M., QUEZEL P. — Les forêts de <i>Castanea sativa</i> , <i>Alnus cordata</i> et <i>Ostrya carpinifolia</i> du massif de San Petrone (Corse)	89
GIRAUD A., MANIERE R., MONGET J.-M. — Un système informatique d'aide à la recherche et à la décision appliqué à la gestion des milieux naturels : mise en place et fonctionnement d'une banque de données cartographiques de l'environnement (projet Molières)	101