

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

ecologia mediterranea

revue d'écologie terrestre et limnique



TOME XI - 1985

Fascicule 4

Directeur de la publication :

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

Secrétariat général :

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

Comité de rédaction :

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

COMITE DE LECTURE

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

ecologia mediterranea

revue d'écologie terrestre et limnique

Les pelouses du *Xerobromion erecti* Br.-Bl. et Moor 1938 du Bassin des Nestes (Hautes-Pyrénées).

M. GRUBER*

RESUME - L'auteur étudie les pelouses sèches du *Xerobromion erecti* dans le bassin des Nestes (Pyrénées centrales septentrionales). Ces pelouses, très proches de celles des autres zones des Pyrénées centrales, s'intègrent à l'association *Saturejo (montanae) - Koelerietum vallesianae* Chouard 1943 où deux sous-associations peuvent être distinguées : *genistetosum nova* la plus thermophile, *paronychietosum nova* plus mésophile.

NOTES CLES - Phytosociologie, pelouses sèches, Pyrénées.

SUMMARY - The author describes the dry grasslands of *Xerobromion erecti* in the Nestes-basin (northern central Pyrenees). These grasslands, similar to those of other parts of central Pyrenees, are integrated in the plant-community *Saturejo (montanae) - Koelerietum vallesianae* Chouard 1943 where two sub-associations are distinguished : *genistetosum nova* the most thermophilous, *paronychietosum nova* more mesophilous.

KEY WORDS - Phytosociology, dry grasslands, Pyrénées.

Les pelouses thermophiles s'intégrant à l'alliance du *Xerobromion erecti* sont relativement peu étendues au versant septentrional de la chaîne pyrénéenne. Ce côté des Pyrénées est en effet soumis aux influences climatiques océaniques qui ne permettent guère le développement de cette végétation xérophile ; elle peut cependant exister sur des substrats rocheux avec des pentes très accusées. Le *Xerobromion* a été étudié dans les parties orientales et méridionales du massif par BRAUN-BLANQUET (1938), SUSPLUGAS (1942) et VIGO (1968 et 1979) ; ce dernier auteur et ses collaborateurs (CARRERAS et al. 1983) ont fourni une étude phytosociologique synthétique des pelouses entrant dans cette alliance, en Pyrénées catalanes. Les pelouses sèches du *Xerobromion* apparaissent aussi au versant nord, surtout à l'étage collinéen et un peu moins fréquemment au montagnard. En Pyrénées centrales, c'est surtout CHOUARD (1943) qui a indiqué cette végétation, sous le binôme *Xerobrometum pyrenaicum*, au-dessous de 2000 m d'altitude dans les montagnes calcaires de la vallée de Gavarnie. CLAUSTRES (1966) a décrit une végétation semblable dans les Pyrénées ariégoises centrales.

Il paraît intéressant d'analyser ces pelouses dans le bassin des vallées des Nestes, situé, du point de vue géographique, au milieu des Pyrénées. Parmi ces pelouses vivent les éléments floristiques les plus méditerranéens qu'il est possible d'observer dans cette région de la Bigorre (excepté quelques falaises calcaires de faible altitude bien orientées au sud).

CARRERAS et al. (1983) ont bien montré que le *Xerobromion* vient souvent "mourir" au contact de la végétation s'intégrant à la classe des *Ononido-Rosmarinetea* Br.-Bl. 1947 (*Aphyllanthion* Br.-Bl. 1931 em-1947 ou *Ononidion striatae* Br.-Bl. et Susplugas 1937) dans les vallées sèches et un peu continentales des Pyrénées catalanes. Au versant nord des Pyrénées, les *Ononido-Rosmarinetea* n'existent pas ; les seules plantes appartenant à cette classe phytosociologique méditerranéenne qui ont réussi à se maintenir se localisent de préférence sur les roches ou au sein des pelouses sèches et bien ensoleillées des vallées les plus internes.

*Laboratoire de Botanique et Ecologie Méditerranéenne, Faculté des Sciences et Techniques de St-Jérôme, rue H. Poincaré, 13397 Marseille Cedex 13.

SATUREJO (MONTANAE) - KOELERIETUM VALLESIANAE CHOUARD 1943

- *genistetosum nova* (1 à 7)
- *paronychiotosum nova* (8 à 19)

N° du relevé	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Altitude (m)	760	780	760	800	810	820	850	880	980	990	970	1050	1080	1150	1220	1240	1360	1390	1420
Recouvrement herbacé (%)	85	80	70	50	60	70	50	65	70	60	65	60	55	80	70	65	70	60	55
Pente (°)	25	35	40	20	40	25	60	50	25	25	40	50	40	45	40	50	40	60	50
Exposition	SE	SE	S	S	S	S	S	S	S	SE	S	S	S	S,SE	S	S	S	SE	S
Substrat	Sch.	Sch.	Sch.	Calc.	Calc.	Sch.	Sch.	Sch.	Sch.	Sch.	Sch.	Sch.	Calc.	Calc.	Sch.	Sch.	Sch.	Calc.	Calc.
Surface du relevé (m ²)	50	80	40	50	60	60	40	50	80	30	40	60	50	50	70	80	70	40	50
Nbre d'espèces du relevé	25	32	20	29	38	49	24	35	39	29	31	39	24	35	28	27	28	34	34

Caractéristiques et préférentes de l'association :

<i>Teucrium pyrenaicum</i>	3.4	3.5	.	1.3	+	2.3	1.2	1.2	1.2	.	1.1	1.2	1.3	2.3	2.4	1.2	1.2	2.3	2.2
<i>Astragalus monspessulanus</i> .....	.	1.1	.	.	1.2	1.1	+	+	.	.	1.2	+	+	1.1	1.2	1.2	1.1	1.1	1.3
<i>Festuca cf. aquilex</i> Kerguelen .....	.	.	3.4	+	1.1	1.1	.	.	1.2	2.1	1.3	.	1.2	1.2	2.1	2.1	+	1.3	2.1
<i>Melica ciliata</i>	1.1	2.1	1.1	1.1	1.1	.	1.1	1.1	2.1	2.2	1.1	1.3	+	1.1	.	.	.	.	.
<i>Thymus vulgaris</i> var. <i>verticillatus</i> .....	.	.	1.3	+	2.2	2.2	.	2.3	.	.	2.3	.	2.3	1.2	.	.	2.3	2.2	2.2
<i>Fumana procumbens</i> .....	.	.	.	1.2	1.3	1.2	.	.	.	.	1.1	.	1.1	1.2	.	.	+	+	1.1
<i>Satureja montana</i> .....	.	.	.	.	.	.	2.3	2.3	.	.	2.2	2.3	2.2	2.3	2.3	1.2	.	.	.
<i>Helianthemum apenninum</i> .....	.	1.2	.	.	1.1	.	.	1.1	.	.	1.2	.	1.1	1.2	.	.	.	.	.
<i>Anthericum liliago</i> .....	.	.	.	.	1.1	1.1	+	.	.	.	.	1.1	+	.	.	.	.	.	+
<i>Petrorhagia prolifera</i> .....	.	.	+	.	.	.	.	.	+	1.2	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Vulpia myuros</i> .....	.	.	.	.	.	.	.	.	+	1.1	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Ononis pusilla</i> .....	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.

Différentielles thermophiles :

<i>Genista scorpius</i>	1.1	1.1	.	.	1.1	1.1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Euphorbia brittingeri</i> .....	+	+	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Galium lucidum</i>	+	1.1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Coronilla minima</i> .....	.	1.3	.	.	.	1.3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Anacamptis pyramidalis</i> .....	.	.	.	+	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Trifolium glomeratum</i> .....	.	.	1.1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Ophrys apifera</i> .....	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Filago pyramidalis</i> .....	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Cynosurus echinatus</i> .....	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

Différentielles mésophiles :

<i>Euphrasia stricta</i> .....	.	.	.	.	.	.	.	+	1.1	1.2	.	.	.	+	1.1	+	.	.	.
<i>Paronychia kapela</i> subsp. <i>serpyllifolia</i> .....	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	1.3	.	.	+	.	.	+	1.4	.
<i>Helianthemum canum</i> subsp. <i>piloselloides</i> .....	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.2	.	1.2	1.3	1.2	1.2	.	.	.	.
<i>Sedum reflexum</i> .....	.	.	.	.	.	.	.	.	1.1	1.1	.	1.1	.	.	.	.	.	.	.
<i>Globularia nudicaulis</i> .....	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	+
<i>Cruciata glabra</i> .....	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	+	.	.	.	.	.	.
<i>Briza media</i> .....	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	+	+	.	.	.
<i>Arctostaphylos uva-ursi</i> .....	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	1.4	.	.	+
<i>Acinos alpinus</i> .....	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+
<i>Scabiosa cinerea</i> .....	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+

Caractéristiques du Xerobromion :

<i>Seseli montanum</i>	1.1	1.1	1.1	1.2	+	1.2	1.1	1.1	.	1.1	.	1.1	+	1.1	1.1	1.1	1.2	1.1	+
<i>Teucrium chamaedrys</i>	2.1	2.2	1.1	1.2	2.2	1.2	1.2	+	.	.	1.3	1.1	1.1	1.1	.	.	1.1	1.1	1.1
<i>Stachys recta</i>	1.1	1.1	1.1	.	1.1	1.1	1.2	.	1.2	.	+	1.1	+	1.3	.	+	1.2	1.1	1.1
<i>Koeleria vallesiana</i> .....	.	.	.	.	1.1	2.1	1.2	1.2	1.2	+	.	+	1.1	2.1	1.2	2.1	1.1	2.2	1.1
<i>Phleum phleoides</i>	+	1.1	1.1	1.2	.	1.2	+	.	1.1	1.1	1.1	1.1	.	+	.	.	.	1.2	1.2
<i>Sedum sediforme</i> .....	.	1.2	.	1.1	1.2	1.2	1.2	1.1	.	.	1.2	+	.	1.3	.	.	1.1	1.2	1.3
<i>Allium sphaerocephalon</i> .....	.	.	.	1.1	1.1	1.1	+	.	1.1	1.3	.	1.3	+	.	.	.	1.1	1.1	1.1
<i>Ononis natrix</i>	2.3	1.1	.	.	1.2	1.1	1.1	1.1	.	.	1.2	1.2	.	2.1	1.2	1.1	.	.	.
<i>Carex humilis</i> .....	.	+	.	.	.	+	.	.	.	.	1.2	1.2	.	1.1	1.1	.	.	.	.
<i>Linum trigynum</i> .....	.	.	.	.	1.1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

Caractéristiques des Brometalia erecti et des Festuco-Brometea :

<i>Helianthemum nummularium</i>	2.2	2.2	1.2	2.2	1.2	2.2	2.3	2.1	1.2	1.2	1.2	2.2	.	2.2	1.2	1.2	1.1	2.2	1.2
<i>Sanguisorba minor</i> .....	.	1.1	.	+	+	+	.	.	+	1.1	+	.	+	+	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
<i>Brachypodium pinnatum</i>	1.2	1.2	.	1.2	1.2	1.1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	1.1
<i>Acinos arvensis</i> .....	.	+	1.1	.	.	+	+	+	+	.	+	1.1	.	.	.	1.1	.	.	.
<i>Seseli libanotis</i>	1.1	1.3	.	.	.	.	.	.	1.2	1.1	.	.	.	.	.	+	1.2	1.3	1.1
<i>Asperula cynanchica</i>	1.1	2.1	.	.	1.1	2.1	+	1.1	.	.	1.1	+	+	1.1	1.1	1.1	.	.	.
<i>Scabiosa columbaria</i> .....	.	.	.	.	+	+	.	.	+	+	.	.	.	+	+	+	1.1	.	.
<i>Dianthus carthusianorum</i> .....	.	.	+	.	.	.	.	.	1.1	1.3	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Thymus praecox</i> subsp. <i>polytrichus</i> .....	.	.	.	.	.	.	.	.	1.1	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Arabis hirsuta</i> .....	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+
<i>Trifolium ochroleucum</i> .....	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Ononis repens</i> .....	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Carlina vulgaris</i> .....	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Trifolium montanum</i> .....	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.1	.	.	.	.	.	.	.
<i>Pimpinella saxifraga</i> .....	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Trifolium striatum</i> .....	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.1	2.1	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Euphrasia salisburgensis</i> .....	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Centauria scabiosa</i> .....	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Alyssum alyssoides</i> .....	.	.	.	.	.	1.2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Carlina acanthifolia</i> subsp. <i>cynara</i> .....	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Veronica austriaca</i> subsp. <i>vahllei</i> .....	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Hippocrepis comosa</i> .....	.	.	.	.	1.2	1.1	1.2	1.2	1.3	.	1.1	1.2	.	1.2	.	.	1.1	1.2	1.1

N° du relevé	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Altitude (m)	760	780	760	800	810	820	850	880	980	990	970	1050	1080	1150	1220	1240	1360	1390	1420
Recouvrement herbacé (%)	85	80	70	50	60	70	50	65	70	60	65	60	55	80	70	65	70	60	55
Pente (°)	25	35	40	20	40	25	60	50	25	25	40	50	40	45	40	50	40	60	50
Exposition	SE	SE	S	S	S	S	S	S	S	SE	S	S	S	S	S	S	S	SE	S
Substrat	Sch.	Sch.	Sch.	Calc.	Calc.	Sch.	Sch.	Sch.	Sch.	Sch.	Sch.	Sch.	Calc.	Calc.	Sch.	Sch.	Sch.	Calc.	Calc.
Surface du relevé (m ²)	50	80	40	50	60	60	40	50	80	30	40	60	50	70	80	70	40	50	
Nbre d'espèces du relevé	25	32	20	29	38	49	24	35	39	29	31	39	24	35	28	27	28	34	34

Compagnes :

<i>Silene nutans</i> .....	.	+	1.2	.	+	+	+	+	.	+	+	.	1.1	+	1.1	+	+	1.1	+	+
<i>Potentilla tabernaemontani</i>	+	.	.	.	+	1.1	.	.	+	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Dactylis glomerata</i>	1.1	1.1	.	+	1.1	.	+	1.1	.	.	1.1	+	.	.	.	.	.	.	.	1.2
<i>Rupoleum falcatum</i> subsp. <i>cernuum</i>	1.1	1.1	.	1.2	+	1.1	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	+	1.2	1.1	1.1
<i>Galium album</i> .....	.	.	.	+	.	.	1.1	+	.	1.1	+	.	.	.	.	.	.	1.2	.	1.1
<i>Anthyllis vulneraria</i> subsp. <i>pyrenaica</i> .....	.	.	.	+	1.3	.	+	.	+	.	.	.	.	.	1.1	+	1.1	+	1.1	.
<i>Saponaria ocymoides</i>	1.2	1.2	1.2	.	1.3	1.2	.	.	1.3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.2
<i>Origanum vulgare</i> .....	.	+	.	+	+	.	.	1.1	+	.	.	.	.	+	1.3	.	.	.	.	+
<i>Buxus sempervirens</i> .....	.	.	.	.	+	+	.	+	.	+	.	.	.	+	1.4	+	1.3	1.2	.	.
<i>Echium vulgare</i> .....	.	.	+	+	.	+	+	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+
<i>Vincetoxicum hirsutinaria</i> subsp. <i>intermedium</i>	1.1	1.1	.	1.1	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Lotus corniculatus</i> .....	+	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Geranium sanguineum</i>	1.3	1.1	.	.	.	+	.	+	.	.	.	.	1.1	.	.	.	.	.	.	1.4
<i>Polygala vulgaris</i> .....	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Achillea millefolium</i> .....	+	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Dianthus monspessulanus</i> .....	.	+	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Erysimum decumbens</i> .....	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Tanacetum corymbosum</i> .....	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Hieracium cf. hyperygium</i> .....	.	.	.	.	.	.	.	.	+	1.3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Clinopodium vulgare</i> .....	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Vicia cracca</i> .....	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Medicago lupulina</i> .....	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Quercus pubescens</i> (plantules) .....	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Rumex scutatus</i> .....	.	.	.	.	.	.	.	.	+	1.1	1.3	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Erius alpinus</i> .....	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Linaria alpina</i> .....	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Saxifraga paniculata</i> .....	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Sedum album</i> .....	.	.	1.2	1.3	.	.	.	+	+	2.3	2.4	.	1.3	.	.	.	.	+	+	1.2
<i>Euphorbia cyparissias</i> .....	.	.	.	.	.	.	.	.	1.3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.3
<i>Trifolium arvense</i> .....	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.1	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Trifolium campestre</i> .....	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Arenaria serpyllifolia</i> .....	.	.	.	.	.	1.3	.	.	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.

SATUREJO (MONTANAE) - KOELERIETUM VALLESTIANAE CHOUARD 1943

- *oeristetosum* nova (1 à 7)
- *patonychietosum* nova (8 à 19)

I - ETUDE PHYTOSOCIOLOGIQUE (voir tableau n° 1)

1.1 - Localisation des relevés

- 1 - 500 m au N d'Ancizan (Aure) ; calcschistes.
- 2 - 600 m au N d'Ancizan (Aure) ; calcschistes.
- 3 - Butte de la tour de Cadéac (Aure) ; schistes.
- 4 - Au-dessus de la route de Jumet, 500 m au NE du hameau (Aure) ; calcaires du Crétacé.
- 5 - Route de Cadéac à Gouaux, 1 km après le croisement d'Arreau (Aure) ; calcaires.
- 6 - Route de la Hourquette d'Ancizan, 600 m au S du village (Aure) ; calcschistes.
- 7 - 1 km au SW de St-Lary, versant S au-dessus du pont de la Neste (Aure) ; calcschistes.
- 8 - Entre Vignec et le grand virage de la route de Soulan, 1 km au NE de Vignec (Aure) ; calcschistes.
- 9 - Butte du château de Génos (Louron) ; schistes.
- 10 - A l'W du château de Génos (Louron) ; schistes.
- 11 - Grand virage de la route de Soulan (Aure) ; calcschistes.
- 12 - Au-dessous de Fabian avant le Pont de Moudang (Aure) ; schistes.
- 13 - Soulane de Pradères, 1,5 km avant Soulan (Aure) ; calcaires.
- 14 - Soulane de Pradères, 1,3 km avant Soulan (Aure) ; calcaires.
- 15 - 400 m à l'W du village d'Eget (Aure) ; schistes.
- 16 - 500 m à l'W du village d'Eget (Aure) ; schistes.
- 17 - Crête de Pénaube à l'W de Génos (Louron) ; calcschistes.
- 18 - Crête de Pénaube à l'W de Génos (Louron) ; calcaires.
- 19 - Crête de Pénaube à l'W de Génos (Louron) ; calcaires.

1.2 - Plantes non consignées dans le tableau n° 1 :

Les espèces suivantes auraient dû figurer sur le tableau n° 1 ; deux fois : *Hypericum perforatum* (1,9), *Prunus spinosa* (a) (1,2), *Reseda lutea* (2,6), *Phyteuma orbiculare* (2,4), *Rubia peregriana* (2,11), *Verbascum thapsus* (3,6), *Viola hirta* (2,5), *Sempervivum arachnoideum* (6,17), *Phleum pratense* subsp. *bertolonii* (8,11), *Verbascum nigrum* (9,10), *Poa pratensis* (9,10), *Plantago lanceolata* (9,10), *Agrostis capillaris* (9,15), *Campanula rotundifolia* (9,17), *Sedum acre* (9,10), *Sempervivum tectorum* (12,19), *Juniperus communis* (pl et a) (13,16) et *Rhinanthus mediterraneus* (15,16) ; une fois : *Centaurea nemoralis* (1), *Amelanchier ovalis* (a) (2), *Chaenorhinum minus* (4), *Ligustrum vulgare* (a) (5), *Helianthemum pyrenaicum* (5), *Laserpitium siler* (4), *Cerastium arvense* (8), *Arenaria grandiflora* (8), *Chamaecytisus supinus* (5), *Jasione montana* (9), *Trisetum flavescens* (9), *Agropyron caninum* (9), *Scrophularia canina* subsp. *hoppii* (9), *Senecio adonidifolius* (9), *Crepis capillaris* (9), *Bromus mollis* (9), *Linum bienne* (9), *Aira caryophylla* (9), *Sedum anglicum* (10), *Rosa canina* (a) (12), *Potentilla rupes-tris* (12), *Genista pilosa* (12), *Festuca curvula* subsp. *cagiriensis* (12), *Poa cenisia* (12), *Carduus medius* (12), *Trifolium rubens* (12), *Hieracium lawsonii* (13), *Corylus avellana* (a) (13), *Laserpitium latifolium* (15), *Anthoxanthum odoratum* (16), *Helleborus foetidus* (16), *Quercus petraea* (a) (16), *Betula pendula* (a) (16), *Potentilla micrantha* (17), *Sedum brevifolium* (17), *Sedum dasphyllum* (19) et *Festuca trichophylla* (19).

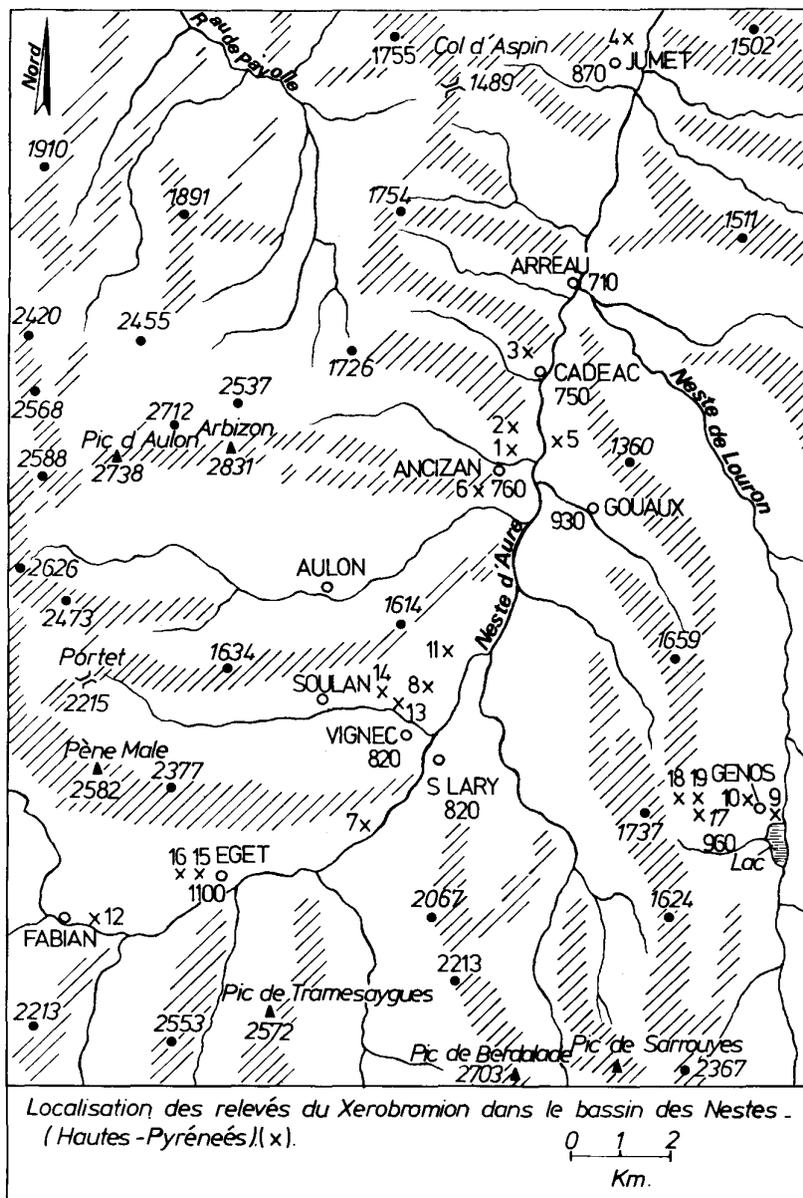
1.3 - Phytosociologie

Les relevés effectués (19) au sein des pelouses du *Xerobromion* proviennent en majorité de la vallée de la Neste d'Aure ; quelques-uns ont été notés dans la vallée voisine de la Neste de Louron. La pelouse, comme l'indique CHOUARD (1943), contient assez souvent des plantes chamaephytes thermophiles telles que *Satureja montana*, *Thymus vulgaris*, *Fumana procumbens* ou *Coronilla minima*, ainsi que des graminées de milieu sec comme *Koeleria vallesiana*, *Phleum phleoides* ou *Festuca auquieri* (*F. duriuscula* auct. plur. sud France) ; ces divers taxons confèrent à cette végétation une physionomie xérique tout à fait inhabituelle pour cette région. Le caractère de xéricité permet également de les repérer assez facilement au sein du paysage plutôt verdoyant des Pyrénées centrales.

L'association envisagée ici correspond assez bien au groupement à *Koeleria vallesiana* et *Satureja montana* décrit par CHOUARD (1943) dans les montagnes calcaires de Gavarnie, auquel il a donné le nom de *Xerobrometum pyrenaicum*. Mais sur le plan purement nomenclatural, un nom d'association

phytosociologique comportant une épithète géographique n'est en principe pas valable (code international de nomenclature phytosociologique). Aussi, il vaut mieux dénommer cette association sous le binôme : *Satureja montanae* - *Koelerietum vallesianae* Chouard 1943.

Les plantes caractéristiques de l'association figurant sur le tableau sont soit des méditerranéennes (subméditerranéennes ou oroméditerranéennes) soit des méridionales dans le cadre européen ; les plus abondantes sont *Teucrium pyrenaicum*, *Astragalus monspessulanus*, *Festuca auquieri*, *Melica ciliata*, *Thymus vulgaris*, *Fumana procumbens*, *Satureja montana*, *Helianthemum apenninum*, *Anthericum liliago*,... L'influence floristique méditerranéenne est encore bien sensible au niveau de ces



pelouses. *Bromus erectus* est curieusement absent de ces pelouses centro-pyrénéennes.

L'association existe à l'étage collinéen comme au montagnard (entre 700 et 1500 m dans le secteur étudié). Il est bien compréhensible qu'à cette amplitude altitudinale doit correspondre une certaine variabilité dans la composition floristique des pelouses. Ainsi, il a été possible de distinguer au moins deux sous-unités se rapportant à deux tranches altitudinales. Entre 700 et 900 m environ, c'est-à-dire sensiblement à l'étage collinéen, se rencontrent tout un lot de taxons méditerranéens qui n'arrivent pas à dépasser cette altitude ; les plus significatifs sont *Genista scorpius* (abondant localement en vallée d'Aure), *Coronilla minima* et *Anacamptis pyramidalis* : c'est la sous-association

genistetosum nova, la plus thermophile. Entre 900 et 1500 m donc principalement à l'étage montagnard, le "*Xerobrometum*" s'appauvrit en plantes méditerranéennes ; par contre, il apparaît des éléments plus mésophiles comme *Euphrasia stricta*, *Paronychia kapela* subsp. *serpyllifolia*, *Helianthemum canum* subsp. *piloselloides*, *Globularia nudicaulis*,... C'est la sous-association *paronychietosum nova*, plus alticole.

Statistiquement, la masse des taxons caractéristiques du *Xerobromion*, des *Brometalia erecti* W. Koch 1926 em. br.-Bl. 1936 et des *Festuco-Brometea* Br.-Bl. et Tüxen 1943 est largement dominante (voir le tableau). Parmi la liste des plantes qui figurent dans les compagnes *Buxus sempervirens* et *Quercus pubescens* (plantules) ne manquent pas sur ces versants sud grillés par le soleil.

Du point de vue de la distribution géographique, le *Saturejo-Koelerietum* apparaît d'une manière discontinue depuis le bas de la vallée d'Aure (zone de Sarrancolin) jusqu'à la soulane de Couplan au-dessus de Fabian. L'association est spécialement bien développée à la soulane de Pradères au-dessus de Vielle-Aure. En vallée de Louron, nous la connaissons surtout à la crête de Pénaube, au NW du village de Génos, sur des calcaires du Dévonien, de même que sur la butte schisteuse portant la tour de guet de ce même village.

Sur le plan strictement biogéographique, le pourcentage en plantes méditerranéennes est considérable pour le secteur d'étude envisagé ; en regroupant les taxons euméditerranéens, les méditerranéens plus largement répandus, les subméditerranéens et les oroméditerranéens, la proportion est de 34,4 % du total de toutes les espèces rencontrées parmi ces pelouses. Ce pourcentage serait encore augmenté s'il était tenu compte du spectre de recouvrement des espèces.

2. ECOLOGIE DE L'ASSOCIATION

Situé entre 700 et 1500 m, le *Saturejo-Koelerietum* a une distribution altitudinale collinéo-montagnarde. Il est obligatoirement installé sur les soulanes (versants sud) où l'ensoleillement est considérable en qualité et en durée. Les substrats préférés sont les calcaires, les calcschistes et plus rarement les schistes pauvres en calcaire. Cette végétation évite, dans le secteur étudié, les roches vraiment siliceuses. La majorité de nos relevés ont été effectués sur des terrains correspondant aux couches géologiques dinantiennes ou dévoniennes sauf à Sarrancolin où affleurent des calcaires secondaires (Crétacé). Sur le tableau phytosociologique qui figure dans cette note presque partout où il a été noté "schistes", il s'agit de roches riches en calcaires (calcschistes).

Le *Saturejo-Koelerietum* s'épanouit sur des versants très pentus et, à la limite supérieure altitudinale, certains de ses constitutants floristiques finissent par occuper une position exposée rupicole (cas de *Thymus vulgaris*, *Fumana procumbens*, *Astragalus monspessulanus* et *Teucrium pyrenaicum* à la crête de Pénaube dans le Louron) sur les falaises calcaires ou calcschisteuses avoisinantes. Les pentes très fortes (de 20 à 60°) ont pour corollaire une érosion constante des sols par glissement permanent vers l'aval. Cela est un obstacle à la fermeture de la pelouse qui pourrait être une évolution progressive éventuelle de cette végétation. De plus, l'eau ne peut guère se maintenir sur de telles pentes ; aussi, en été ces pelouses sont soumises à un certain degré de sécheresse ayant pour conséquence une maturité précoce, durant la première quinzaine du mois de juillet.

Les sols sont des rendzines très caillouteuses dont le pH des divers horizons peut être basique ou légèrement acide. Selon CARRERAS et al. (1983) la gamme des pH mesurés dans les pelouses du *Xerobromion* des Pyrénées catalanes va de 5,5 à 8,7.

Il semble aussi que l'effet climatique légèrement interne de la vallée d'Aure favorise ce type de pelouse (voir GRUBER, 1982) ; il en est de même dans la vallée voisine de Gavarnie. CARRERAS et al. (1983) soulignent également que "les pelouses du *Xerobromion* des Pyrénées catalanes trouvent leur plus grand développement dans les régions intérieures, à climat plus ou moins continental".

Le recouvrement de cette végétation xérophile est rarement total ; en raison des pentes raides et des sols en érosion constante, la couverture végétale ne dépasse pas 80 %, la moyenne se situant entre 60 et 70 %.

Ces caractéristiques diverses : localisation aux soulanes plutôt calcaires, pentes accusées, sols peu stables, relative ouverture de la pelouse, présence remarquable de chamaephytes, ont pour conséquence cet aspect xérique peu fréquent dans les vallées des Nestes et, d'une manière générale, sur le versant nord des Pyrénées centrales et occidentales.

3. ROLE DANS LA DYNAMIQUE DE LA VEGETATION

Le *Saturejo - Koelerietum* évolue dans le cadre des bois de *Quercus pubescens* à buis d'affinité subméditerranéenne ou des chênaies à *Quercus petraea* les plus thermophiles ; plus rarement, il voisine avec les boqueteaux de *Pinus sylvestris* (Couplan). L'évolution progressive vers les chênaies caducifoliées (*Buxo-Quercetum pubescentis* Br.-Bl. (1931) 1932 ou *Teucrio-Quercetum petraea* Lapraz 1966 dans ses variantes les plus chaudes), bien que très lente, est réalisable et il nous a été possible de constater que le buis, le noisetier et même en certains points *Acer monspessulanum* peuvent à l'occasion s'installer au sein de ces pelouses ouvertes. Lorsque le milieu arbustif se maintient et se ferme, les représentants du *Xerobromion* s'amenuisent et les sols s'épaississent car l'érosion due aux pentes excessives n'agit plus. Si en plus l'homme et les animaux domestiques n'interviennent pas négativement sur le milieu (diminution de la pression des troupeaux générale à laquelle on assiste de nos jours), la reconstitution d'une chênaie caducifoliée ou beaucoup plus rarement d'une pinède xéro-ophile sera théoriquement possible.

4. COMPARAISON AVEC DES PELOUSES DU XEROBROMION SITUEES DANS D'AUTRES REGIONS

Des pelouses se rattachant à l'alliance du *Xerobromion erecti* ont pu être décrites depuis l'Angleterre méridionale jusqu'à l'Allemagne centrale, vers le nord de l'Europe (BRAUN-BLANQUET, 1952). Au sud, elles atteignent les Pyrénées, les Corbières, les Cévennes, les Alpes méridionales et l'Italie septentrionale. BRAUN-BLANQUET (l.c.) observe cette alliance, au-dessus de 500 m d'altitude, aux côtés du *Buxo-Quercetum pubescentis* des Cévennes et des Corbières. MOLINIER (1967) a décrit un *Festuco-Koelerietum* (à *Festuca glauca* et *Koeleria vallesiana*) dans la série occidentale du chêne pubescent de Provence. En réalité, le *Xerobromion* vient s'étioler en Europe sud-occidentale, ses derniers représentants les plus thermophiles s'intriquant plus ou moins dans les pelouses des *Ononido-Rosmarinetea* et plus spécialement dans l'*Aphyllanthion* ; Cette dernière alliance est d'ailleurs particulièrement bien développée dans les Pyrénées catalanes (BOLOS, 1976).

A la partie orientale des Pyrénées pas moins de neuf associations, appartenant au *Xerobromion*, ont été décrites (CARRERAS et al., 1983) ; elles offrent toutes en commun la présence significative d'éléments des *Ononido-Rosmarinetea*, en proportion notable, due à l'introggression existant entre ces deux végétations dans les zones subméditerranéennes de l'Europe méridionale. Quant aux diverses pelouses se réclamant du *Xerobromion* indiquées en Ariège (CLAUSTRES, 1966) et ailleurs dans les Pyrénées centrales septentrionales (CHOUARD 1943, MARQUEHOSSE 1950, DUPIAS 1947, 1952, 1960, 1964, 1971 et VANDEN BERGHEM 1974), elles s'intègrent à peu près toutes au *Saturejo-Koelerietum* étudié dans le cadre de cette note.

Vis-à-vis des associations décrites en Pyrénées orientales, le *Saturejo-Koelerietum* est assez appauvri du point de vue floristique ; il est en effet moins riche en plantes méditerranéennes et il faut noter le manque ou la rareté de *Bromus erectus*, *Avenula mirandana*, *Odontites verna* subsp. *serotina*, *Artemisia campestris*, *Achillea odorata*, *Artemisia alba*, *Hyssopus officinalis*, *Dichanthium ischaemum*, *Plantago sempervirens*, *Prunella laciniata*, *Globularia punctata*, *Linum salsoloides*, *Lavandula angustifolia* subsp. *pyrenaica*,... (voir le tableau synthétique établi par CARRERAS et al. 1983). Ce phénomène d'appauvrissement est bien normal car le *Xerobromion* vit, en Bigorre, dans des vallées à climat océanique où l'influence méditerranéenne n'arrive plus du tout, mais où elles sont un peu favorisées par le caractère un peu interne de certaines d'entre elles (versants sud bien à l'abri des nébulosités d'origine atlantique).

5. CONCLUSIONS, ROLE ECONOMIQUE

Les pelouses du *Xerobromion* des Pyrénées centrales sont limitées aux versants de soulaines, sur substrat de préférence calcaire et aux altitudes où *Quercus pubescens* et *Quercus petraea* ont leur optimum de développement ; c'est dire qu'elles colonisent les versants les plus chauds et les plus xériques des étages collinéen et montagnard sec de cette partie du massif. Le climat relativement humide des vallées nord-pyrénéennes ne leur est pas toujours favorable, mais elles couvrent des surfaces notables sur certains versants bien exposés et protégés des nébulosités humides d'origine océanique

(surtout en Ariège, Haute-Garonne et Hautes-Pyrénées).

Du point de vue économique, dans une région où les prairies de fauche sont luxuriantes (souvent deux coupes annuelles : foin et regain ; ensuite pacage jusqu'au début de l'hiver), où les pâturages naturels du *Cynosurion cristati* Tüxen 1947 et du *Mesobromion erecti* Br.-Bl. et Moor 1938 em. Oberd. 1949 occupent des aires considérables, les montagnards délaissent un peu ce type de végétation moins rentable. Elle peut à l'occasion servir de lieu de pacage assez appréciable pour les troupeaux de moutons ou de chèvres encore présents dans le secteur. De plus, même en les amendant, les pelouses du *Xerobromion* ne seraient susceptibles de fournir qu'un foin de qualité médiocre ; ayant eu le choix, les montagnards bigourdans ne les ont donc qu'assez peu utilisées.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BOLOS O. de (1961).—La transición entre la Depresion del Ebro y los Pirineos en el aspecto geobotánico. *An. Inst. Bot. Cavanillès*, 18, 199-254.
- BOLOS O. de (1976).—L'*Aphyllanthion* dans les pays catalans. *Collectanea botanica*, X (5), 107-141.
- BRAUN-BLANQUET J. et MOOR M. (1938).—Prodromus der Pflanzengesellschaften : verband des *Bromion erecti*, 5, 1-64.
- BRAUN-BLANQUET J., ROUSSINE N. et NEGRE R. (1952).—Prodrome des groupements végétaux de la France méditerranéenne. C.N.R.S., *Serv. Carte Group. vég. et Dir. Carte group. vég. d'Af. du N.*, 1-297.
- CARRERAS J., CARILLO A., FONT X., NINOT J.M. et VIGO J. (1983).—Els prats de l'aliança *Xerobromion* als Pirineus catalans. *Collectanea Botanica*, 14, 151-209.
- CHOUARD P. (1943).—Le peuplement végétal des Pyrénées centrales ; I. Les montagnes calcaires de la vallée de Gavarnie (suite 2). *Bull. Soc. Bot. Fr.* 90, 25-29.
- CLAUSTRES G. (1966).—Les glumales des Pyrénées ariégeoises centrales : recherches d'écologie descriptive et d'écologie causale. *Botanica Rhodonica*, A (1), 1-493.
- DUPIAS G. (1947).—Le Ger de Troubat (Hautes-Pyrénées). *Bull. Soc. Bot. Fr.*, 94, 90-94.
- DUPIAS G. (1952).—Etude de quelques stations de végétaux méridionaux dans les Pyrénées commingeoises. *Le Monde des Plantes*, 287-288, 21-22.
- DUPIAS G. (1960).—La montagne de Rié. *Le Monde des Plantes*, 329, 3-5.
- DUPIAS G. (1964).—Le massif du Cagire. Végétation et flore. *Le Monde des plantes*, 345, 8-11.
- DUPIAS G. (1971).—Végétation et flore des vallées d'Arrens et d'Estaing (Parc National des Pyrénées). *Le Monde des Plantes*, 370-371, 8-10.
- GRUBER M. (1982).—Degré de continentalité de quelques vallées pyrénéennes : relations avec la végétation. *Ecologia Mediterranea VIII* (3), 57-68.
- GUINOCHE M. (1970).—Clé des Classes, Ordres et Alliances phytosociologiques de la France. *Naturalia Monspeliansia*, 21, 79-119.
- MOLINIER R. (1967).—Le massif de Siou-Blanc et la forêt de Morières. *Ann. Soc. Sc. Nat. Toulon et Var*, 1-64.
- MARQUEHOSSE P. (1950).—Chênaies calcaires et groupements alliés aux Pays des Gaves et de l'Adour. *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse* 85, 51-62.
- SUSPLUGAS J. (1942).—Le sol et la végétation dans le Haut-Vallespir (Pyrénées orientales). Montpellier, 1-225.
- VANDEN BERGHEM C. (1974).—La végétation des environs de Gavarnie (Hautes-Pyrénées, France). *Les naturalistes Belges*, 56, 3-29.
- VIGO J. (1968).—Notas sobre la vegetacion del valle de Ribes. *Collectanea Botanica*, VII (2), 1171-1185.
- VIGO J. (1979).—Notes fitocenologiques III (Els prats calcicoles montans a la vall de Ribes i zones properes). *Collectanea Botanica*, XI (15), 329-385.

**L'Aire minimale d'un peuplement terricole
lichéno-bryophytique (*Toninio-Psoretum decipientis*
Stodiek).**

S. KHALIFE ★

RESUME - L'aire minimale d'un peuplement lichéno-bryophytique (*Toninio-Psoretum decipientis* Stodiek) est étudiée au moyen de deux méthodes :

- méthode de la courbe du nombre d'espèces en fonction de la surface (courbe aire-espèces);
 - méthode de GOUNOT et CALLEJA (étude de la variation d'un coefficient de similitude moyen en fonction de l'aire).
- Seule la dernière s'est révélée satisfaisante et a permis la détermination de l'aire minimale qualitative (250-500cm²) et de l'aire minimale quantitative (500-1000cm²).

SUMMARY - The minimal area of a lichen-bryophytic community (*Toninio-Psoretum decipientis* Stodiek) is studied by two methods :

- the method of the species-area curve;
 - the method of the mean similarity-area curve.
- Only the last method proved to be satisfactory and showed the determination of the qualitative minimal area (250-500cm²) and the quantitative minimal area (500-1000cm²).

RESUMO - La mínima área de surgranda briofita-likena kunojo (*Toninio-Psoretum decipientis* Stodiek) estas studita per du metodoj :

- metodo de la kurbo pri la nombro de specioj funkcio de l'areo (areo-specia kurbo);
 - metodo de GOUNOT kaj CALLEJA (studo de la variado de mezsimileca koeficiento funkcio de l'areo).
- Nur la dua aperis kontentiga kaj ebligis la determinon de la mínima areo kvalita (250-500cm²) kaj de la kvanta (500-1000cm²).

INTRODUCTION

Les peuplements lichéniques terricoles peuvent s'étendre sur des surfaces variables de quelques cm² à plusieurs dizaines de m². Le plus souvent, en raison des difficultés de détermination des espèces, il n'est pas possible d'étudier des surfaces très grandes, d'où la nécessité de connaître l'aire minimale, plus petite surface à étudier pour que le relevé de végétation soit significatif du peuplement considéré.

Des travaux récents ont été effectués sur l'aire minimale des peuplements lichéniques saxicoles et corticoles : (ROUX et RIEUX, 1980; RIEUX et ROUX, 1982). Basés sur l'étude de la variation du coefficient de similitude moyen en fonction de la surface, ils montrent que l'aire minimale de ces peuplements est faible, comprise entre 100 et 400cm², ce qui autorise l'utilisation de la méthode du prélèvement intégral pour effectuer des relevés.

L'aire minimale des peuplements lichéniques terricoles n'ayant fait l'objet d'aucune étude basée sur une méthode objective, nous avons donc entrepris, sur la base des travaux précédemment cités, la détermination de l'aire minimale d'une association lichénique bien connue, le *Toninio-Psoretum decipientis* Stodiek (= *Fulgensietum fulgentis* Gams). Dans cette association, les lichens sont régulièrement associés à des bryophytes qui seront également étudiées. Par contre, les phanérogames n'ont pas été prises en considération.

★Laboratoire de Botanique et Ecologie méditerranéenne, Fac. St-Jérôme, rue H. Poincaré
13397 MARSEILLE CEDEX 13, France

I - MATERIEL ET METHODES D'ETUDE

La surface étudiée a été prélevée dans une tonsure à cryptogames située dans un *Brachypodium ramosi* Br. Bl. 1924 appauvri (faciès à *Thymus vulgaris* L.) par le pâturage. La localisation géographique et les caractéristiques écologiques de la station sont les suivantes : France, Languedoc occidental, Gard, Pujaut, Plateau d'Aspre; altitude : 90m; pente très légère vers l'ouest; sol argileux peu calcaire, par endroits même à peu près totalement décalcifié.

Sur les 3600cm² prélevés (225 quadrats de 16cm²), 128 quadrats seulement (soit 2048cm²) ont été utilisés dans ce travail (fig. 1).

Le premier quadrat a été subdivisé en quatre petits quadrats de 4cm². Tous les quadrats ont été étudiés avec la plus grande précision au microscope et à la loupe binoculaire comme le recommande RIEUX et ROUX (1980,1982). Le recouvrement de chaque espèce a été évalué en % au moyen d'une feuille de polyéthylène transparente quadrillée.

a	b	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
c	d											
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	
46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	
76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	
91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	
106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	
121	122	123	124	125	126	127	128					
136	137	138	139	140	141	142	143					
151	152	153	154	155	156	157	158					
166	167	168	169	170	171	172	173					

Fig. n°1. Disposition de 128 quadrats de 16cm² étudiés dans un peuplement lichénique terricole (*Toninio-Psoretum decipientis*).

II - ANALYSE FLORISTIQUE ET PHYTOSOCIOLOGIQUE

Sur les 2048cm² étudiés, 31 taxons ont été recensés, parmi lesquels trois champignons non lichénisés n'ont pu être identifiés. L'un d'eux (*Pyrénomycète* sp.) paraissant très intéressant, parasite *Trichostomum crispulum* Bruch. (mousse très abondante dans le relevé : 26,3%). Les bryophytes recensées sont au nombre de 9 dont quatre pour lesquelles nous avons pu identifier seulement le genre ou la famille (absence de capsules) et une hépatique (*Riccia sorocarpa* Bisch.) (tableau 1).

TABLEAU 2 : *Toninio-Psoretum decipientis* Stidiek : Relevé phytosociologique correspondant au 2048cm² étudiés, soit 128 quadrats de 16cm². Les recouvrements sont exprimés en %.

St. = espèce toujours observée stérile;

+ = recouvrement inférieur à 0,1%;

* = sur la base ligneuse de *Thymus vulgaris* L..

LICHENS :

<i>Buellia punctata</i> * (Hoffm.) Massal.	+
<i>Caloplaca holocarpa</i> * (Hoffm.) Wade	+
<i>Cladonia foliacea</i> (Huds.) Willd. var. <i>convoluta</i> (Lamk.) n.c. st.	4,8%
<i>Cladonia furcata</i> (Huds.) Schrad. var. <i>palamaea</i> (Ach.) Nyl. st.	0,9%
<i>Cladonia rangiformis</i> Hoffm. var. <i>pungens</i> (Ach.) Vain. f. <i>aberrans</i> Des Abb. st.	0,7%
<i>Cladonia rangiformis</i> Hoffm. var. <i>pungens</i> (Ach.) Vain. f. <i>pungens</i> st.	1,7%
<i>Cladonia symphicarpa</i> (Ach.) Fr. st.	0,5%
<i>Catapyrenium lachneum</i> (Ach.) R. Sant.	+
<i>Collema tenax</i> (Sw.) Ach. st.	1,2%
<i>Fulgensia fulgens</i> (Sw.) Elenk.	1,5%
<i>Parmelia taractica</i> Krempelh. f. <i>hypoclista</i> (Nyl.) n.c.	0,4%
<i>Psora decipiens</i> (Hedw.) Hoffm.	0,4%
<i>Rinodina</i> sp1 *	+
<i>Rinodina</i> sp2 *	+
<i>Squamarina cartilaginea</i> (With.) P. James f. <i>cartilaginea</i>	3,8%
<i>Squamarina cartilaginea</i> (With.) P. James f. <i>pseudocrassa</i> (Mattick) Hawksw.	+
<i>Squamarina lentigera</i> (Web.) Poelt	0,6%
<i>Toninia</i> cf. <i>coeruleonigricans</i> (Light.) (Th. Fr. st.	+
<u>CHAMPIGNONS NON LICHENISES :</u>	
Champignon sp.* (conidies brunes bicellulaires)	0,1%
Pyrénomycète sp1 (parasite de <i>Trichostomum crispulum</i> Bruch. st.)	0,3%
Pyrénomycète sp2 (spores brunes murales)	+

BRYOPHYTES :

a- Mousses :

<i>Barbula acuta</i> Brid. st.	4,0%
<i>Barbula convoluta</i> Hedw. st.	+
<i>Bryum</i> sp. st.	0,4%
<i>Encalypta vulgaris</i> (Hedw.) Hoffm.	0,1%
<i>Pleurochaete squarrosa</i> (Brid.) Lindb. st.	0,3%
<i>Pottia</i> sp1 st.	+
<i>Pottia</i> sp2 st.	+
<i>Pottiacée</i> sp. st.	+
<i>Trichostomum crispulum</i> Bruch, st.	26,3%

b- Hépatiques :

<i>Riccia sorocarpa</i> Bisch. st.	+
Recouvrement global en %	48,0%

La surface restante est occupée par de petits cailloux et colonisée par des phanérogames dont les deux dominants sont *Poa bulbosa* L. et *Thymus vulgaris* L.

III - AIRE MINIMALE QUALITATIVE

1 - Méthode de la courbe aire-espèces

TABLEAU 3 : Nombre de taxons en fonction de la surface étudiée :

Nombre	Quadrats	Surface correspondante en cm ²	Nombre de taxons
	Numéros		
1/4	1a	4cm ²	4
1/2	1a , 1b	8cm ²	8
1	1a , 1b , 1c , 1d	16cm ²	9
2	1 , 2	32cm ²	10
4	1 , 2 , 16 , 17	64cm ²	13
8	1,2,16,17 / 3,4,18;19	128cm ²	17
16	1,2,16,17/3,4,18,19/31,32,46,47/33,34,48,49	256cm ²	22
32	1-8 / 16-23 / 31-38 / 46-53	512cm ²	23
64	1-8/16-23/31-38/46-53/61-68/76-83/91-98/106-113	1024cm ²	24
128	1-12/16-27/31-42/46-57/61-68/76-87/91-102/106-117/ 121-128/136-143/151-158/166-173	2048cm ²	31

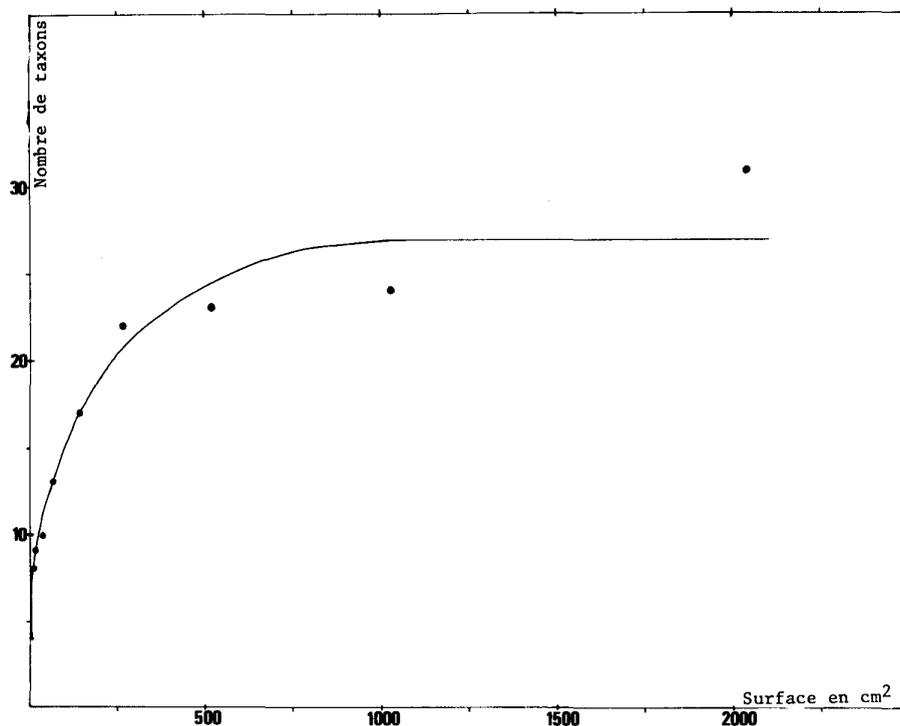


Fig. n°2 Nombre de taxons en fonction de la surface étudiée (courbe aire-espèces).

Le tableau 3 et la fig. 2 montrent que l'augmentation du nombre des taxons avec la surface n'est pas régulière. Ce nombre croît rapidement jusque vers 500cm², plus lentement au-delà.

En utilisant des coordonnées semi-logarithmiques, nous constatons que la relation aire-espèce est voisine d'une droite (fig. 3).

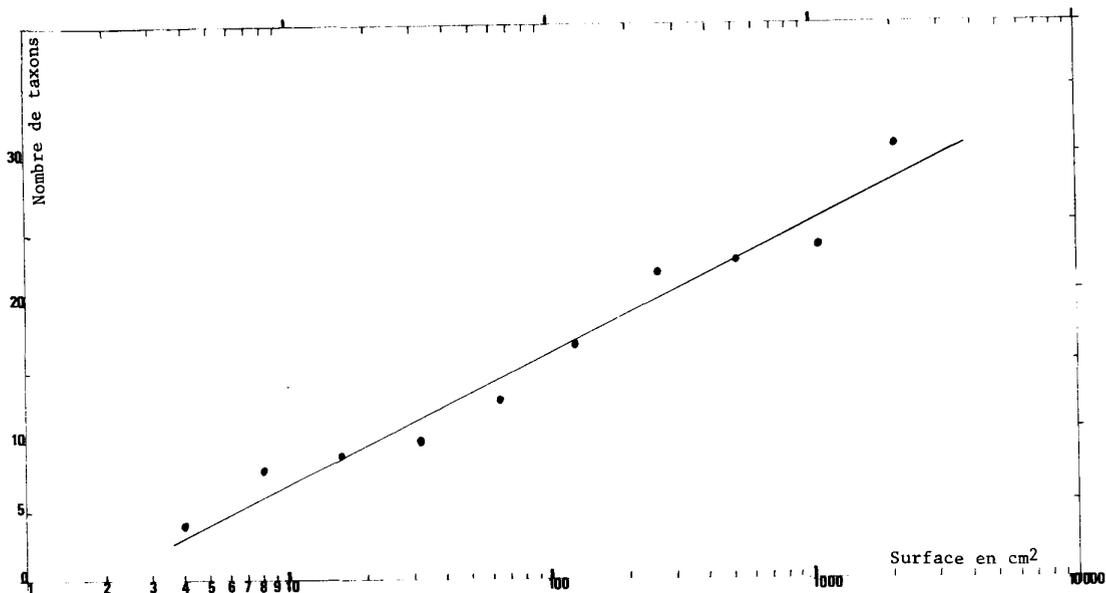


Fig. n°3 Nombre de taxons en fonction de la surface étudiée (coordonnées semi-logarithmiques).

D'après les deux graphes (fig. 2 et fig. 3), il est bien difficile de déterminer l'aire minimale en appliquant la méthode aire-espèces puisqu'il n'y a pas stabilisation du nombre d'espèces. D'une manière grossière, nous pouvons au mieux estimer qu'elle est comprise entre 500 et 1000cm².

C'est pourquoi, il nous a semblé indispensable de la déterminer au moyen de la méthode courbe aire-coefficient de similitude moyen, méthode qui est bien plus satisfaisante et permet en outre de tester l'homogénéité du peuplement étudié.

2 - Méthode de la courbe - coefficient de similitude moyen

Cette méthode consiste en la comparaison de quatre surfaces contigües (quatre quadrats) au moyen d'un coefficient de similitude qualitatif, par exemple le coefficient de similitude de SORENSEN (1948).

$$Ps = \frac{c^2c}{a+b}$$

où Ps = coefficient de similitude calculé;
 a = nombre d'espèces dans le quadrat A;
 b = nombre d'espèces dans le quadrat B;
 c = nombre d'espèces communes aux quadrats A et B.

La comparaison des quatre surfaces donne six valeurs du coefficient de similitude moyen dont on fait la moyenne (tableau 4). Pour 1024cm², nous n'avons pu effectuer qu'une comparaison de deux placettes.

TABLEAU 4 : Valeur des coefficients de similitude de SORENSEN et de KULKZINSKY en fonction de la surface des placettes.

Nombre de placettes comparées, 2 à 2	Surface de chaque placette en cm ²	Quadrats correspondant à chaque Placette étudiée	Coefficient de similitude de SORENSEN et KULKZINSKY				
			Valeurs extrêmes	Moyenne	Valeurs extrêmes	Moyenne	
4	4	1/4	1a, 1b, 1c, 1d	0,55-0,86	0,7	0,4-0,91	0,66
4	16	1	1 / 2 / 16 / 17	0,63-0,89	0,76	0,24-0,69	0,47
4	32	2	1,2 / 3,4 / 16,17 / 18,19	0,74-0,87	0,8	0,43-0,89	0,66
4	64	4	1,2,16,17/3,4,18,19/31,32,46,47/ 33,34,48,49	0,67-0,88	0,78	0,68-0,83	0,76
4	256	16	A=1-4,16-19,31-34,46-49/ B=5-8, 20-23,35-38,50-53/ C=61-64,76-79, 91-94,106-109/ D=65-68,80-83,95- 98,110-113.	0,85-0,92	0,89	0,69-0,82	0,76
4	512	32	A=1-8,16-23,31-38,46-53; B=61-68,76-83,91-98,106-113; C=9-12,24-27,39-42,54-57,69-72, 84-87,99-102,114-117; D=121-128,136-143,151-158,166-173.	0,78-0,93	0,85	0,76-0,89	0,83
2	1024	64	A=1-8,16-23,31-38,46-53,61-68,76- 83,91-98,106-113; B=9-12,24-27,39-42,54-57,69-72, 84-87,99-102,114-117,121-128, 136-143,151-158,166-173.		0,83		0,84

En observant la courbe (fig. 4), nous voyons que son interprétation est plus facile que celle de la méthode aire-espèces. Le coefficient de similitude moyen atteint son maximum à 0,89 pour une surface de 256cm² et décroît ensuite jusqu'au 0,85 (512cm²) et même 0,83 (1024cm²). Cette décroissance est due à une baisse de l'homogénéité du peuplement étudié. On peut donc admettre que l'aire minimale qualitative du peuplement terricole est comprise entre 250 et 500cm².

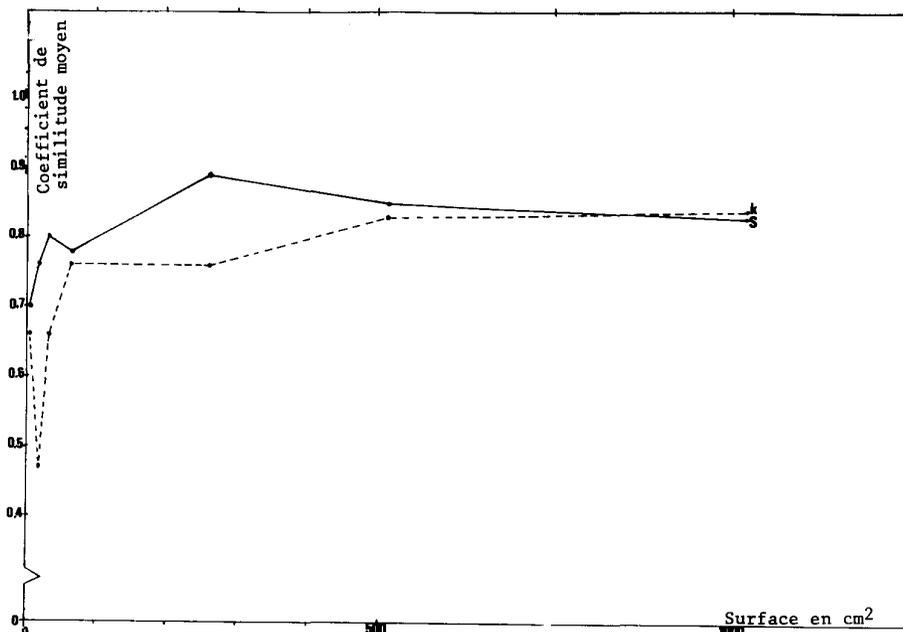


Fig. n°4 Courbe du coefficient de similitude moyen de la surface étudiée :
S = Coefficient de SORENSEN K = Coefficient de KULKZINSKY.

IV - AIRE MINIMALE QUANTITATIVE OU STRUCTURALE

L'aire minimale quantitative ou structurale a été déterminée selon la méthode de COPPEJANS (1977) et ROUX et RIEUX (1980,1982) en comparant les placettes au moyen d'un coefficient de similitude quantitative (tenant compte du recouvrement de chaque espèce), celui de KULKZINSKY (1927).

$$P_k = \frac{\sum_{i=1}^n R_c}{\sum_{i=1}^n R_a + R_b}$$

où : P_k = coefficient de similitude moyen de KULKZINSKY calculé;
 R_a = recouvrement de l'espèce i dans le quadrat A;
 R_b = recouvrement de l'espèce i dans le quadrat B;
 R_c = plus petite des deux valeurs du recouvrement de l'espèce i dans le quadrat A ou dans le quadrat B.

Les placettes comparées sont les mêmes que pour le coefficient de SORENSEN. La courbe a été tracée sur le même graphique (fig. 4) pour pouvoir la comparer avec celle du coefficient de SORENSEN.

Cette courbe décroît rapidement au début pour recroître rapidement puis se stabiliser. Le coefficient de similitude moyen atteint son maximum à 0,83-0,84) pour 512cm² et 1024cm². L'aire minimale quantitative du peuplement étudié peut donc être estimée à 500-1000cm², soit environ le double de l'aire minimale qualitative.

V - COMPARAISON AVEC LES TRAVAUX D'AUTRES AUTEURS (TABLEAU 5)

Le tableau 5 (présenté sur la page suivante) montre que l'aire minimale du peuplement lichéno-bryophytique étudié est un peu supérieure à celle des peuplements algaux et des peuplements lichéniques saxicoles et corticoles; elle reste toutefois très inférieure à celle des peuplements phanérogamiques.

TABLEAU 5 : Début de la stabilisation relative du coefficient de similitude moyen "seuil" obtenu par différents auteurs.

Auteurs	Peuplements étudiés	Valeur "seuil" du coefficient de similitude moyen et l'aire minimale correspondante	
		Qualitatif	Quantitatif
BOUDOURESQUE (1974)	Peuplement algal sciaphile	0,65; $\approx 200\text{cm}^2$	
COPPEJANS (1976)	Peuplement algal photophile	0,75; $\approx 200\text{cm}^2$	0,87; $\approx 400\text{cm}^2$
ROUX et RIEUX (1980)	Peuplement lichénique franchement héliophile (s.ass. à <i>Caloplaca tenuatula</i> de l' <i>Aspicilietum calcarea</i> .	0,8; $\approx 100\text{cm}^2$	0,75; 200-300 cm^2
	Peuplement lichénique très peu héliophile (<i>Verrucarietum cazzae</i>)	>0,77; 300-400 cm^2 ?	>0,73; 300-400 cm^2 ?
RIEUX et ROUX (1982)	Peuplement lichénique corticole à <i>Physconia grisea</i>	0,73; 100-150 cm^2	0,8; 100-150 cm^2
KHALIFE (1985) (présent travail)	Peuplement lichénique terricole <i>toninio-Psoretum decipientis</i>	0,85; 250-500 cm^2	0,83-0,84; 500-1000 cm^2
GOUNOT et CALLEJA (1962)	Pelouse de <i>Brachypodium ramosi</i>	0,8; $\approx 8\text{m}^2$	
	Pelouse du <i>Sanguisorbo-Deschampsietum</i>	0,9; $\approx 25\text{m}^2$	
	MORAVEC (1973)	Peuplement herbacé palustre du <i>Caricetum vesicariae</i>	0,79; $\approx 16\text{m}^2$
	Forêt du <i>Luzulo-Fagetum</i>	0,71; $\approx 100\text{m}^2$	

CONCLUSION

La détermination de l'aire minimale d'autres peuplements lichéno-bryophytiques terricoles sera nécessaire pour confirmer les résultats obtenus. Cependant, comme les valeurs de l'aire minimale sont peu élevées, on peut dès à présent envisager l'étude de ces peuplements selon la méthode du prélèvement intégral d'une surface au moins égale à l'aire minimale quantitative, méthode dont les avantages ont été soulignés notamment par ROUX et RIEUX (1980).

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier vivement ceux qui nous ont aidés dans cette étude par leurs conseils, déterminations et corrections : CLAUZADE G. (Gordes), HEBRARD J.P. (Marseille) et ROUX C. (Marseille).

BIBLIOGRAPHIE

- BOUDOURESQUE C.F. (1974). Aire minima et peuplements algaux marins. *Soc. Phycol. de France*, 19, 141-157.
- BOUDOURESQUE C.F. et BELSHER T. (1979). Le peuplement algal du port de Port-Vendres : recherches sur l'aire minima qualitative. *Cah. Biol. mar. fran.*, 20, 259-261.
- CLAUZADE G. et ROUX C. (1976). *Les champignons lichénicoles non lichénisés*. Univ. des Sc. et Techn. du Languedoc, laboratoire de Systématique et Géobotanique Méditerranéenne, Institut de Botanique. Montpellier. 110p.
- CLAUZADE G. et ROUX C. (1985). *Likenoj de Okcidenta Eŭropo : ilustrita determinolibro*. S.B.C.O. édit., Royan. 893p.

- COPPEJANS E. (1977). Résultats d'une étude d'homogénéité de peuplements algaux photophiles sur substrat rocheux à Port-Cros et à Banyuls (France).
Rapp. comm. int. Mer. Médit., 24(4), 143-144.
- DIXON N., M.A., F.L.S. (1954). *The student's Handbook of British Mosses*.
Sunfield et Day édit., Eastbourne. 582p. + 62planches.
- GOUNOT M. et CALLEJA M. (1962). Coefficient de communauté, homogénéité et aire minimale.
Bull. Serv. Carte Phytogéogr., série B., 7(2), 181-200.
- MORAVEC J. (1973). The determination of the minimal area of phytocenoses.
Folia Geobot. Phytotax., 8(1), 23-47.
- OZENDA P., CLAUZADE G. (1970). *Les lichens. Etude biologique et flore illustrée*.
Masson et Cie édit., Paris. 801p.
- RIEUX R. et ROUX C. (1969). Etude de la flore lichénique et bryophytique de la pelouse à Brachypode rameux (*Brachypodium ramosi*) de la région de Villeneuve-Lès-Avignons.
Soc. Etudes Sc. Nat. Vaucluse, 1967-1969, 29-72.
- RIEUX R. et ROUX C. (1982). La minimumaj areoj de surŝela likenkunajo (*Physconia grisea* kunaĵo).
Ecologia Mediterranea, 7(3), 153-165.
- ROUX C. (1979). *Etude écologique et phytosociologique des peuplements lichéniques saxicoles-calci-
coles du SE de la France*.
Thèse de Doctorat d'Etat, Univ. Pierre et Marie CURIE, Paris. 534p. + 4 publications
ann.
- ROUX C. et RIEUX R. (1980). L'aire minimale des peuplements de lichens crustacés saxicoles-calci-
coles.
Rev. Biol. Ecol. Médit., 7(2), 65-88.
- ZAHLEBRUCKNER A. (1922-1940). *Catalogus lichenum universalis*.
Gebrüder Borntraeger edit., Leipzig.

N° des quadrats	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	
<i>Buellia punctata</i> (lign.)														0,2		0,1									
<i>Caloplaca holocarpa</i> (lign.)		+		+									+		0,1	0,2		+		+					
<i>Cladonia foliacea</i>																									
<i>v. convoluta</i> st.	1,0	3,6	2,4	0,2	1,0	1,0	5,9	1,2	1,3	0,4	5,2	0,5	2,2	0,8	0,2	2,0	0,2	0,8	2,2	0,5	0,1		1,6	1,2	
<i>C. furcata</i> v. <i>palamaea</i> st.			0,2					1,0							0,5	1,0		0,4							
<i>C. rangiformis</i> v. <i>pungens</i>																									
f. <i>abberans</i> st.																									
<i>C. r. v. p. f. pungens</i> st.	1,6	0,5		2,2	0,5	0,4	2,3	0,5	+		+		1,5	4,5			1,1	1,0				+			
<i>C. symphycharpa</i> st.	0,1	0,2			0,2	0,2							0,6		0,2	0,1	0,8			0,1					
<i>Collema tenax</i> v. st.	0,1	0,5	0,8	0,5	0,8	0,3	+	+	0,5	0,6	0,1			+	0,8	+	0,1	0,8	0,4	0,2	0,3	0,7	0,1	+	
<i>Dermatocarpon lachneum</i>									0,1												+				
<i>Fulgensia fulgens</i>	0,3	+	+	0,3	0,1	0,3	0,3	+	1,0	0,6	+	0,1	+	0,1	0,2	0,2	+	0,6	+	+	0,1	0,5	+		
<i>Parmelia taractica</i>																									
f. <i>hypoclista</i>																									
<i>Psora decipiens</i>									1,6																
<i>Rinodina</i> sp.1 (lign.)														+											
<i>R.</i> sp.2 (lign.)																									
<i>Squamarina cartilaginea</i>																									
f. <i>cartilaginea</i>								+	0,8		0,5	0,2			0,2	0,8	0,7	1,1	0,1	1,5	1,2	3,2		0,2	
<i>S. c. f. pseudocrassa</i>																									
<i>Squamarina lentigera</i>									0,1							0,4					2,2				
<i>Toninia</i> cf.																									
<i>coeruleonigricans</i> st.							+															+			
<i>Champignon</i> sp.																									
<i>Pyrénomycète</i> sp.1			0,1	0,1	0,1	0,1			+	+	+	+					+	+	0,1	+	+	0,1	0,1	+	+
<i>Pyrénomycète</i> sp.2																					0,1			+	+
<i>Barbula acuta</i> st.	0,1	3,0	1,0	2,1	0,5	1,2	0,1	0,3	0,5	+	0,2		2,5	0,2	1,2	1,0	0,5	1,0	1,2	2,2	0,3	1,6	0,3		
<i>B. convoluta</i> st.																									
<i>Bryum</i> sp. st.	0,1		0,2	0,2	0,2	+			0,1	+	+		0,5	1,0	0,1				+	+	+	+	+	+	
<i>Encalypta vulgaris</i> st.																		0,1		+	0,5		+		
<i>Pleurochaete squarrosa</i> st.	0,6	0,1	0,8	+	0,1	0,1	+	0,3	0,4	+				0,8		+	+	+		+	0,1		+		
<i>Pottia</i> sp.1 st.																									
<i>P.</i> sp.2 st.																									
<i>Pottiacée</i> sp. st.													0,2								+				
<i>Trichostum crispulum</i> st.	6,0	4,2	5,9	3,6	6,2	5,2	0,5	0,6	6,8	4,5	8,0	1,4	2,0	0,8	2,2	7,0	5,0	5,2	5,8	4,0	5,3	2,9	7,6	0,8	
<i>Riccia sorocarpa</i>																									
Recouvrement total en cm ²	9,9	12,2	11,4	9,5	9,8	9,0	9,3	4,0	13,2	6,2	14,2	2,3	9,6	8,5	5,9	12,8	8,4	11,1	9,8	8,8	10,5	9,1	9,8	2,3	
Recouvrement total en %	62,2	76,6	71,6	59,4	61,0	56,6	57,8	25,0	82,8	38,7	88,7	14,4	60,0	53,1	36,9	80,3	52,8	69,4	60,9	54,7	65,6	56,9	60,9	14,4	
Nombre d'espèces	9	9	9	10	10	10	8	9	13	8	9	5	10	9	10	13	10	13	9	13	13	8	10	6	

Tableau n°1 Tableau phytosociologique de *Toninia-Potretum decipiens* : analyse détaillée de tous les quadrats. (Les recouvrements sont exprimés en cm² et % pour l'ensemble des quadrats.)

N° des quadrats	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	
Buellia punctata (lign.)																									
Caloplaca holocarpa (lign.)	+	+		+																					
Cladonia foliacea																									
v. convoluta st.	2,0	0,3	0,6		3,0	0,2	0,8	0,8	2,8	0,2	+	+	4,5	2,5	1,2							0,4	0,1	0,1	
C. furcata v. palamaea st.	0,6	1,0				0,3				0,2	0,1		0,1						0,2					0,8	
C. rangiformis v. pungens																									
f. abberans st.																									
C. r. v. p. f. pungens st.			0,4	1,8	0,6			0,2			0,2	0,2	0,3	+	0,2	0,5	0,1	0,3						0,5	
C. symphycarpa st.	0,5	0,1	0,8	0,2				0,0		+			0,1		0,5				0,1		+				
Collema tenax v. st.	0,3	0,8	0,3	0,4	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,5	0,1	0,1	0,5	0,5	0,5	0,8	0,1	0,1	0,1	0,4	0,2	0,5	0,2	0,4	
Dermatocarpon lachneum																									
Fulgensia fulgens	+	0,4	0,1	0,2	1,3	0,4	0,1	0,6	+	0,2	+	0,6		+	1,0	0,2	+	0,4	0,1	0,5	+		0,5	0,4	
Parmelia taractica																									
f. hypoclista								0,2								0,1	0,3								
Psora decipiens																							0,5	1,0	
Rinodina sp.1 (lign.)																									
R. sp.2 (lign.)																									
Squamarina cartilaginea																									
f. cartilaginea	0,1				1,2	1,2	0,1		0,9		2,0						1,8	0,6	0,2			0,1	0,5	1,0	
S. c. f. pseudocrassa																									
Squamarina lentigera				+			0,1	0,5			1,3		0,1					0,6	0,3	+					
Toninia cf.																									
coeruleonigricans st.		0,2							+	+			+								0,0	+		+	
Champignon sp.																									
Pyrenomycete sp.1		0,2	+	0,1	0,1	+	+	+	+	0,1	+		0,1	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	
Pyrenomycete sp.2										+	+												+	+	+
Barbula acuta st.	0,5	1,2	1,0	2,0	0,2	0,1	0,5	0,8	0,2	1,3	0,8	0,8	0,9	0,8	2,1	0,8	0,2	0,6	0,3	0,3	0,2	1,6	0,5	0,3	
B. convoluta st.	+																								
Bryum sp. st.	0,1	0,1		+	+		+	0,0	+	+	+	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1		0,1	+		+		+	+	
Encalypta vulgaris st.															0,1				+	+		+			
Pleurochaete squarrosa st.	+				+	+	+			+					0,2	0,2	+	+		+		+	+		
Pottia sp.1 st.		+	+	+									+		+				+						
P. sp.2 st.																									
Pottiacee sp. st.																									
Trichostum crispulum st.	2,8	3,0	3,5	5,0	7,0	2,2	4,4	7,0	1,4	11,5	6,1	6,1	3,1	5,2	5,8	3,5	2,6	4,8	1,2	2,6	4,2	9,5	6,1	2,2	
Riccia sorocarpa																									
Recouvrement total en cm2	6,9	7,3	6,7	9,8	13,7	4,8	6,6	10,3	5,6	14,1	10,6	7,9	9,9	9,1	11,9	6,1	5,2	7,5	2,8	3,9	4,8	12,1	8,4	7,0	
Recouvrement total en %	43,1	45,9	41,9	60,9	85,6	29,7	41,3	64,4	35,0	88,4	66,6	49,7	62,2	57,2	74,7	38,4	32,8	47,2	17,2	24,4	30,0	75,9	52,8	43,4	
Nombre d'espèces	12	12	9	11	10	9	11	10	9	12	12	7	12	8	12	9	9	10	11	8	8	10	11	13	

Tableau n°1 (suite).

N° des quadrats	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	
<i>Buellia punctata</i> (lign.)																									
<i>Caloplaca holocarpa</i> (lign.)	+																							+	
<i>Cladonia foliacea</i>																									
<i>v. convoluta</i> st.	1,3	0,3	0,4	1,2			0,3	1,8	0,1		+		0,5	0,1	0,5				0,1	0,2			0,1		
<i>C. furcata</i> v. <i>palamaea</i> st.	0,8		+	0,2			0,3		0,3								0,1		0,1					2,5	
<i>C. rangiformis</i> v. <i>pungens</i>																									
<i>f. abberans</i> st.																									
<i>C. r. v. p. f. pungens</i> st.	0,5	0,2		0,5	0,2	0,2	0,8						0,1	0,2	0,2	0,1		0,3							
<i>C. symphycharpa</i> st.	0,1	+							0,4									+	0,1	0,2	+				
<i>Collema tenax</i> v. st.	+	0,2	+		0,2	0,1	+	+	+	0,1	+	0,1	0,2	0,8	+	0,1	0,1	0,1	+	+	0,1	0,1	+	+	
<i>Dermatocarpon lachneum</i>																									
<i>Fulgensia fulgens</i>	+	+	+	+	0,2	0,3	0,2	0,1	+	+	0,1	0,1		0,1	0,4	0,4	0,1	0,1	0,8	1,5			0,2	0,1	
<i>Parmelia taractica</i>																									
<i>f. hypoclista</i>	0,3							1,4											0,1						
<i>Psora decipiens</i>	0,1								0,3		0,2										0,4		0,1	0,1	0,5
<i>Rinodina</i> sp.1 (lign.)																									
<i>R.</i> sp.2 (lign.)																								+	
<i>Squamarina cartilaginea</i>																									
<i>f. cartilaginea</i>			0,3	0,1	0,8	0,8	2,6	1,4	2,0	0,1	0,7	0,3	0,7		0,5		0,5	+	1,2	0,5	1,0	+	0,1		
<i>S. c. f. pseudocrassa</i>																									
<i>Squamarina lentigera</i>		+	0,1		+							0,5													
<i>Toninia</i> cf.																									
<i>coeruleonigricans</i> st.									+	+				0,1										+	
<i>Champignon</i> sp.																									
<i>Pyrenomycète</i> sp.1	+	+	+		0,1	0,1	+	0,1	+	+	0,1	0,1	+	+	+	0,1	+	0,1	+		+	+	+	+	
<i>Pyrenomycète</i> sp.2	+									+													+	+	
<i>Barbula acuta</i> st.	0,2	1,2	0,9	1,0	1,0	0,3	0,4	1,0	0,2	1,1	0,6	1,1	1,1	0,5	0,3	2,0	0,6	2,5	0,5	0,5	0,2	1,0	0,4	0,3	
<i>B. convoluta</i> st.																									
<i>Bryum</i> sp. st.	0,1	+	0,1	+	0,1	0,1	0,1	0,2	+	0,1	+	+		+	0,1	+		+	+	+	+	+	+	+	
<i>Encalypta vulgaris</i> st.															0,1	+			0,1						
<i>Pleurochaete squarrosa</i> st.	0,1	+	+	0,2				0,1	+	+			0,1	+	+	0,1			0,1		+				
<i>Pottia</i> sp.1 st.																									
<i>P.</i> sp.2 st.																									
Pottiacée sp. st.										0,1															
<i>Trichostum crispulum</i> st.	2,8	3,8	5,6	1,3	7,8	7,5	2,6	5,2	5,0	7,6	5,8	5,5	2,5	7,3	4,5	6,8	3,5	4,5	4,5	2,2	4,8	3,6	3,3	5,5	
<i>Riccia sorocarpa</i>																									
Recouvrement total en cm2	6,3	5,8	7,5	4,6	10,4	9,6	7,6	11,3	8,3	9,2	7,5	7,8	5,3	9,3	6,6	9,6	4,9	7,6	7,6	5,5	6,0	4,9	4,4	8,9	
Recouvrement total en %	39,4	36,2	46,7	29,0	65,3	60,0	47,5	70,9	52,2	57,5	47,2	48,4	33,4	58,1	41,2	60,0	30,6	47,8	47,5	34,7	37,8	30,6	27,5	55,9	
Nombre d'espèces	15	11	11	9	9	8	10	10	13	11	9	8	8	10	11	9	7	9	14	9	8	7	13	9	

Tableau n°1 (suite).

N° des quadrats	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	
<i>Buellia punctata</i> (lign.)					+																				
<i>Caloplaca holocarpa</i> (lign.)	+								+			+					+					+			
<i>Cladonia foliacea</i>																									
<i>v. convoluta</i> st.	0,4	1,0	0,1	1,5	0,8	+		0,2	0,4	0,2	0,6		2,1		0,3	1,5	3,0	1,5	0,4	0,1	0,1	1,8	+	0,1	
<i>C. furcata</i> v. <i>palamaea</i> st.	+						1,4	0,1			+		0,2				0,2								
<i>C. rangiformis</i> v. <i>pungens</i>																									
f. <i>abberans</i> st.												0,6										0,2	1,3		
<i>C. r. v. p. f. pungens</i> st.		0,3		0,1		0,2					+		+	0,4	0,2					+	+				
<i>C. symphycharpa</i> st.							0,1								+										
<i>Collema tenax</i> v. st.	0,1	0,1	+		0,1	0,5	0,5	0,1	0,5	0,1	+	+	0,2	+	+	0,1	0,1	0,1	+	0,1	0,1	+	0,4	0,1	
<i>Dermatocarpon lachneum</i>																						+		0,1	
<i>Fulgensia fulgens</i>	0,2	0,1		+	+	0,8	2,5	0,6	0,2	0,2	+	+	+	0,2	+	+	0,1	0,6	0,1	0,1	0,1	0,2	+		
<i>Parmelia taractica</i>																									
f. <i>hypoclista</i>																									
<i>Psora decipiens</i>									0,6	0,2													+		
<i>Rinodina</i> sp.1 (lign.)																									
<i>R.</i> sp.2 (lign.)																									
<i>Squamarina cartilaginea</i>																									
f. <i>cartilaginea</i>		0,1	0,3	0,6	0,5	0,3	0,8	0,7	0,2	1,5	0,6	1,3	0,8	1,2	0,2	0,4	2,5	2,2			0,3	+	1,3	0,2	0,5
<i>S. c. f. pseudocrassa</i>																									
<i>Squamarina lentigera</i>	0,2					0,2	0,1	2,2											0,1						
<i>Toninia</i> cf.																									
<i>coeruleonigricans</i> st.		+							+			+								+	+	+	+	+	
Champignon sp.																									
<i>Pyrenomycete</i> sp.1	+	+		+	+	+	+	+	0,1	+	+	+	0,1	+	+	+	0,1	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Pyrenomycete</i> sp.2								+																	
<i>Barbula acuta</i> st.	0,2	0,2	0,1	0,1	1,5	0,5	1,5	0,5	0,6	0,2	0,2	1,2	0,2	+	0,1	0,1	0,6	1,2	1,0	0,4	0,1	0,7	1,0	0,6	
<i>B. convoluta</i> st.																									
<i>Bryum</i> sp. st.		+	+		0,1	+	+	0,1	0,1	+	0,1	+			+	+	0,1	0,1	+	+	+	+	0,1	0,1	
<i>Encalypta vulgaris</i> st.			+			+											0,3							+	
<i>Pleurochaete squarrosa</i> st.		+				+					+		+				+	+		+			+		
<i>Pottia</i> sp.1 st.													+												
<i>P.</i> sp.2 st.																									
Pottiacée sp. st.															+										
<i>Trichostimum crispulum</i> st.	3,8	1,5	0,6	0,9	2,4	3,2	4,8	3,8	5,8	4,8	4,5	2,6	3,5	0,8	1,2	1,8	5,2	5,9	5,6	5,9	2,0	2,5	5,5	6,5	
<i>Riccia sorocarpa</i>																									
Recouvrement total en cm2	5,0	3,4	1,2	3,3	5,3	5,8	11,8	8,2	8,8	7,3	6,1	5,9	7,2	2,8	2,1	4,0	12,3	11,8	7,3	6,9	2,8	7,8	7,3	8,2	
Recouvrement total en %	31,6	21,6	7,8	20,6	33,4	36,6	73,7	51,6	55,2	45,9	38,1	36,9	45,3	17,2	13,4	25,0	77,2	73,7	45,6	43,4	17,2	49,1	45,6	51,2	
Nombre d'espèces	10	11	7	7	9	12	10	10	12	9	11	11	11	7	11	8	12	10	10	11	12	11	11	10	

Tableau n°1 (suite).

N° des quadrats	121	122	123	124	125	126	127	128	136	137	138	139	140	141	142	143	151	152	153	154	155	156	157	158
<i>Buellia punctata</i> (lign.)																				+				
<i>Caloplaca holocarpa</i> (lign.)					+									+								+		
<i>Cladonia foliacea</i>																								
<i>v. convoluta</i> st.	+	0,2	+	1,0	2,5	0,1	+	0,1	1,0	0,1	0,2	0,3	0,1		0,9	+	0,7	0,1	0,3	0,8		2,8	0,2	1,8
<i>C. furcata v. palamaea</i> st.	0,1					0,2			0,2	0,5	0,2		1,0				0,3		0,1		0,1			
<i>C. rangiformis v. pungens</i>																								
<i>f. abberans</i> st.						0,1		0,8			0,5		2,1		1,5					+	0,1			
<i>C. r. v. p. f. pungens</i> st.			0,6		0,2						0,4	1,2		0,2			1,0	+	0,8		0,4	0,5		0,2
<i>C. symphycarpa</i> st.					0,4	0,4				+				+			0,6	+						0,3
<i>Collema tenax v. st.</i>	+	0,7	0,3	+	0,1	+	+	0,1	0,1	0,5	0,5	0,1	0,1	+	0,1	0,1	0,1	0,1	+	0,3	0,1	0,1		
<i>Dermatocarpon lachneum</i>																								0,1
<i>Fulgensia fulgens</i>	+	0,3	0,8		0,1	0,1	+	0,1	0,1	0,2	0,1	0,8	+	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1		0,3	0,1	0,1		+
<i>Parmelia taractica</i>																								
<i>f. hypoclita</i>						+								2,0		+				3,2		0,6		
<i>Psora decipiens</i>													0,2											
<i>Rinodina sp.1</i> (lign.)						+																		
<i>R. sp.2</i> (lign.)														+										
<i>Squamarina cartilaginea</i>																								
<i>f. cartilaginea</i>		2,2	1,0	+	0,1	1,8		1,8			0,2	0,1	1,3		0,5	0,7	1,5		1,5		1,3	1,3	+	0,6
<i>S. c. f. pseudocrassa</i>																								
<i>Squamarina lentigera</i>																					0,2			
<i>Toninia cf.</i>																								
<i>coeruleonigricans</i> st.					+				+	+	+	+			+						+	0,1	+	
<i>Champignon</i> sp.					+									+									+	
<i>Pyrénomycète sp.1</i>	0,1	+	+		+	0,1	+	+	+	+	0,1		+	+	+	+	0,1	+	+	+	+	+	0,1	+
<i>Pyrénomycète sp.2</i>					+			+	+	+			+	+	+							+		+
<i>Barbula acuta</i> st.	0,4	0,1	0,2	+	0,1	0,2	+	0,4	0,1	0,3	0,3	0,1	+	+	0,2	0,1	0,7	0,9		0,3	0,2	0,4	0,1	0,2
<i>B. convoluta</i> st.																								
<i>Bryum</i> sp. st.		+	+		0,1	0,1	+	+	+	+	0,1	+	+	+	+	0,1	0,1	+		+	+	0,1		
<i>Encalypta vulgaris</i> st.					+											+						+		
<i>Pleurochaete squarrosa</i> st.					+	+				+		+	+	+	+	0,1		+				+		0,0
<i>Pottia sp.1</i> st.																								
<i>P. sp.2</i> st.																					+			
<i>Pottiacée</i> sp. st.																								
<i>Trichostimum crispulum</i> st.	6,8	5,4	1,5	0,1	6,2	11,0	2,7	5,2	3,4	2,0	6,3	4,5	4,0	12,3	3,3	3,6	2,8	5,3	0,8	5,6	6,5	4,9	0,5	0,8
<i>Riccia sorocarpa</i>		0,2									+					0,1								
Recouvrement total en cm ²	7,4	9,2	4,5	1,1	10,1	14,3	2,7	8,6	5,0	3,7	9,2	7,2	8,9	14,7	6,7	5,2	8,2	6,6	3,6	10,8	8,9	11,1	0,9	4,1
Recouvrement total en %	46,2	57,8	28,4	7,2	63,1	89,7	16,9	53,8	31,6	23,1	57,5	45,3	55,9	91,9	41,9	32,8	51,6	41,4	22,8	67,5	55,9	69,7	5,6	25,9
Nombre d'espèces	7	9	9	5	15	14	8	10	10	12	13	10	13	14	12	12	11	11	7	13	10	16	6	10

Tableau n°1 (suite).

Tableau n°1 (suite).

N° des quadrats	166	167	168	169	170	171	172	173
<i>Buellia punctata</i> (lign.)	+							
<i>Caloplaca holocarpa</i> (lign.)	+	+	+					
<i>Cladonia foliacea</i>								
<i>v. convoluta</i> st.	0,5	0,3	0,2	2,1	0,8	0,1	1,0	0,2
<i>C. furcata v. palamaea</i> st.		0,3	0,8					0,5
<i>C. rangiformis v. pungens</i>								
<i>f. abberans</i> st.			0,3	0,1	+	0,5		
<i>C. r. v. p. f. pungens</i> st.	+	1,0	+	0,8				+
<i>C. symphycharpa</i> st.	0,7		0,8	0,2	0,4	+		0,1
<i>Collema tenax v. st.</i>	0,0	0,2	+	0,3	0,1	0,1		0,1
<i>Dermatocarpon lachneum</i>								
<i>Fulgensia fulgens</i>	0,1	0,6	1,1	0,2	0,1	0,3	+	+
<i>Parmelia taractica</i>								
<i>f. hypoclita</i>		0,1						
<i>Psora decipiens</i>								1,5
<i>Rinodina sp.1</i> (lign.)	+							
<i>R. sp.2</i> (lign.)		+			+			
<i>Squamarina cartilaginea</i>								
<i>f. cartilaginea</i>	+	0,5	1,4	0,6	0,3	0,1	0,1	7,0
<i>S. c. f. pseudocrassa</i>						0,2		
<i>Squamarina lentigera</i>			0,5					
<i>Toninia cf.</i>								
<i>coeruleonigricans</i> st.	+			+	+	+		
<i>Champignon</i> sp.		+						
<i>Pyrénomycète sp.1</i>	+	0,1	+	+	+	+	+	
<i>Pyrénomycète sp.2</i>		+		+				
<i>Barbula acuta</i> st.	1,5	0,6	1,0	0,2	0,3	0,6	0,1	0,1
<i>B. convoluta</i> st.								
<i>Bryum</i> sp. st.		+	+	+	+	+	+	
<i>Encalypta vulgaris</i> st.						+		
<i>Pleurochaete squarrosa</i> st.	0,1			+	0,2		+	
<i>Pottia sp.1</i> st.								
<i>P. sp.2</i> st.								
<i>Pottiacée</i> sp. st.								
<i>Trichostimum crispulum</i> st.	2,6	6,4	7,0	3,0	2,0	3,5	0,3	1,2
<i>Riccia sorocarpa</i>								
Recouvrement total en cm2	5,7	10,2	13,1	7,6	4,4	5,5	1,5	10,8
Recouvrement total en %	35,6	63,7	82,2	47,5	27,5	34,7	9,7	67,5
Nombre d'espèces	14	15	14	14	13	13	8	10

**Osservazioni ecologiche preliminari sul Khorasan
(Iran nord-orientale)**

G. MARCUZZI*

RESUME - Nos recherches concernent les steppes de Mashhad (Meched): steppes semi-désertiques (Zuzan-Ghamesabad-Khaf) et d'altitude (vallée du Khar), steppes tempérées de la plaine alluviale. L'étude des matériaux collectés permet d'esquisser un réseau trophique représentant les flux d'énergie qui traversent les organismes de la région et d'indiquer les variations dues aux conditions locales. Cette chaîne trophique est illustrée seulement d'une façon orientative par un graphique comprenant les Vertébrés terrestres (y compris l'homme) et les Invertébrés. L'accent est mis sur l'intérêt de recherches expérimentales sur les régimes alimentaires et les transferts énergétiques chez les animaux; des valeurs quantitatives concernant notamment les biomasses seraient particulièrement opportunes.

SUMMARY - Though the survey is limited to the steppe environment of the region of Mashhad, including sub-deserts such as that of Zuzan-Ghamesabad (Khaf), montane environments such as those of the Khar-valley, but particularly the temperate steppes of the alluvial plain of Mashhad, some preliminary considerations are possible. The determination of all the collected material has permitted to construct a "food-web"-what means energy- and matter-flow- existing among the organisms present in this area, with the due variations determined by local conditions. The food-web is illustrated though only tentatively in a graph, including both terrestrial vertebrates (man included) and invertebrates. Special emphasis is stressed upon the necessity of experimental research about caloric content of the different organisms and their food habits and preferences. Also a quantitative research would prove extremely interesting.

PAROLE CHIAVE: Iran nord-orientale, steppe, ecologia.

INTRODUZIONE

Nel 1973 ho avuto occasione di compiere delle osservazioni ecologiche sulla vegetazione e sul popolamento animale del Khorasan (Iran nord-orientale) e più precisamente nella regione di Mashhad (o Meched) (fig. 1 - 2). Le osservazioni sono state fatte in due stagioni, primavera (aprile) e autunno (ottobre - novembre) dimodochè nell'insieme ho potuto formarmi un'idea - anche se solo superficiale - delle condizioni di vita naturale ed artificiale in questa regione dell'Iran. Da notare che finora pochissime raccolte sia di vegetali che di animali sono state fatte in questa parte del paese, come risulta molto evidente dalla flora dell'Iran di Parsa, dove ci sono pochissime citazioni di località del Khorasan in confronto alle altre provincie ("ostan") e da alcuni lavori su animali iraniani (soprattutto Coleotteri Tenebrionidi, Rettili, Uccelli etc.). Un'eccezione forse è costituita dai Rettili, per i quali ci sono molto spesso indicazioni per l'Iran nord-orientale (che in pratica corrisponde al Khorasan) nella fauna dell'URSS di Terentev e Chernov.

CONDIZIONI ECOLOGICHE GENERALI

Dal punto di vista geologico si può dire che nel Khorasan il Miocene è generalmente continentale (100-150 m di conglomerati, calcari e argille sabbiose di color rosso-bruno simili a rocce

*Dipartimento di Biologia dell'Universita, PADOVA, Italia



Fig. 1 - Localizzazione dell' regione studiata.

del Terziario recente dell'URSS). Ricerche recenti del NIOC (National Iran Oil Co.) dimostrano che l'estremo angolo nord-orientale dell'Iran a partire dal Dogger era coperto da un ampio mare mesozoico. Alla fine del Giurassico, forse quale conseguenza dei movimenti epirogenetici, la zona è stata sottoposta da una fase regressiva. Una seconda trasgressione ha avuto luogo alla fine del Barremiano (Cretaceo marino); la terza corrisponde al Maestrichtiano, alla quale seguì la regressione che permise la deposizione dei Red Beds del Paleocene. L'ultima trasgressione ha avuto luogo nel Paleocene medio, provenendo dalla parte orientale della zona di Sarakhs (Pesteh-Leigh Red Beds), seguita dalla regressione dell'Oligocene inferiore. Noi possiamo considerare quindi sufficientemente provato che la gran parte della vita vegetale ed animale di questa regione ha potuto evolversi senza esser disturbata (o quasi) da questa epoca a tutt'oggi. La zona a N-E di Mashhad è stata interessata dalle fasi orogene-tiche tardo-alpine (molto probabilmente post-mioceniche).

Una caratteristica geologica dell'Iran non comune è costituita dalle profonde tracce lasciate sul paesaggio geologico e su quello in generale dalle opere umane che risalgono a vari millenni (almeno al VIII secolo a.C.). Perciò oggi - come osserva Clapp - si trovano dighe, bacini d'irrigazione, città scomparse, mura cadute e - noi possiamo aggiungere a proposito dei subdeserti, così frequenti nell'Iran centrale e nord-orientale - acquedotti sotterranei (strutture pressochè uniche al mondo). Per tutti questi motivi l'attuale aspetto è molte volte artificiale, anche se ad un primo esame non ci si accorge di ciò.

Ovviamente per un rilievo del paesaggio sia geologico che più in generale naturale, si potrebbero utilizzare vantaggiosamente i metodi del remote sensing (cfr. anche Cerceau). Anche le fotografie fornite dal satellite (NASA) sono spesso un valido aiuto nella ricerca geologica ed ecologica (vedi ad es. a proposito di regioni contigue all'Iran le fotografie della Valle dell'Indo e del deserto del Thar che ci offre il Pilleri).

Dal punto di vista tectonico la catena situata immediatamente a nord e a est di Mashhad (Kuh -i Hazar-Masjid) costituisce secondo Bonnard, ad altre catene parallele situate alla frontiera sovietica, l'unità orografica chiamata comunemente Kopet Dagh, costituita da depositi giurassici e cretaccici, orientati NO-SE. Allo stesso sistema NO-SE appartengono le due catene situate a Sud e a Sud-Est di Mashhad, Kuh -i- Binalud e Kuh -i- Jamshid. Il sistema del Kopet Dagh rappresenterebbe un ciclo orogenetico anteriore al ciclo terziario alpino, e farebbe parte delle "Altaidi" di Suess. Praticamente, questo sistema rappresenterebbe il margine meridionale dell'Angara, che doveva rinchiudere la regione di Mashhad (Bonnard, p. 346). Le implicazioni di carattere biogeografico e paleobiogeografico sono fin troppo evidenti. Al contrario, le catene situate a sud di Mashhad (Kerat-Kuh e Kuh -i- Surkht) potrebbero considerarsi facenti parte del sistema dell'Elburz, del tutto indipendente dal Kopet Dagh, e verosimilmente facente parte del ciclo orogenetico Terziario o "alpino".

I suoli del Khorasan sono abbastanza ben conosciuti grazie alla carta della FAO, secondo la quale i principali tipi sono: suoli bruni, suoli alluvionali, serozem, solonchak (lungo il Kashaf Rud) e litosuoli. Inoltre bisogna parlare di ranker per i suoli grezzi originati da rocce non carbonatate.

Delle osservazioni personali fatte su qualche campione dei suoli raccolti nelle osserva-

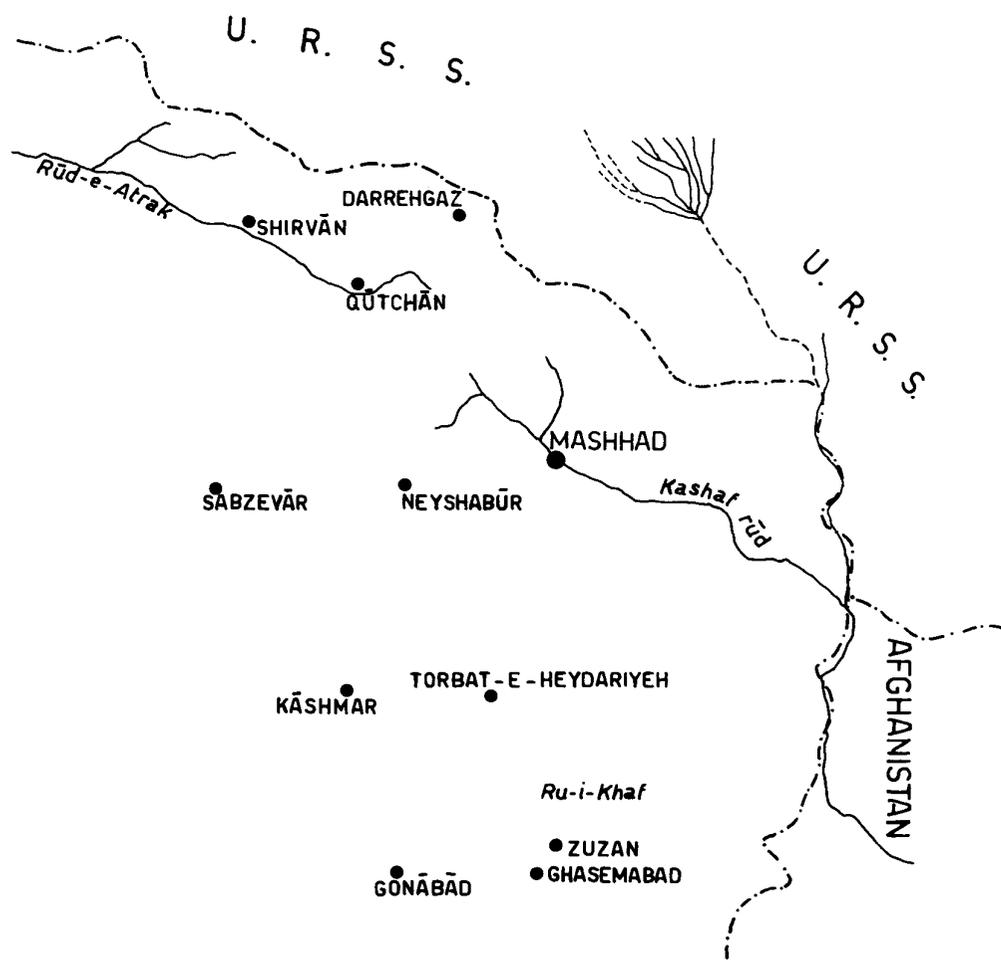


Fig. 2 - Territorio esplorato dal punto di vista ecologico.

zioni ecologiche di cui si parlerà più avanti hanno dato luogo ai seguenti risultati (limitatamente a granulometria, CaCO_3 e presenza di Cloro):

	sabbia	limo	argilla	CaCO_3	Na Cl
Ghasemabad, suolo senza drenaggio e senza pietre	89	9.5	1.5	13%	-
Ghasemabad, nei pressi del villaggio	82	9.6	8.4	5%	-
Tra Khaf e Torbate Hyidarie	90	2.7	7.3	8%	+
Deserto sassoso a NE di Ghasemabad	91	7.3	1.7	7%	-
Subdeserto vicino ad una sorgente nei pressi di Ghasemabad	97	2.2	0.4	16%	-
Deserto salato presso Neishapur (+) tracce di sabbia fine	(+)	100	-	11%	+

Evidentemente si tratta costantemente di serozem, a volte salati.

Il clima è assai poco conosciuto. Basandoci sui dati messi a nostra disposizione dall'Istituto di Geografia dell'Università di Mashhad, è stato possibile costruire due diagrammi ombro-termici, uno per la città di Mashhad, un altro per quella di Neishapur (fig. 3). Purtroppo nulla si conosce sul clima delle regioni montuose situate a nord di Mashhad (Khar) né delle regioni subdesertiche situate al sud (Khaf, etc.). Solo in base a delle estrapolazioni dei dati che noi abbiamo sulla temperatura e sulle precipitazioni, e tenendo conto dell'altitudine delle località dove sono state fatte delle ricerche di carattere ecologico (vedi oltre), possiamo stimare in un modo molto approssimativo i seguenti valori del pluviometro di Lang: Sarakhs e Ghasemabad, 9; Neishapur, 10; Mashhad, 15; valle del Khar, 20; Tarbe Farieman, 25; montagne del Khar, 50. In pratica avremo un pluviometro che nella pianura va da 9 a 25, in montagna va da 25 a 50. Ben visibili sono gli effetti del diverso indice di Lang sul popolamento entomologico (maggior o minor abbondanza di Coleotteri Tenebrionidi a seconda dell'aridità, espressa appunto per mezzo del pluviometro di Lang) (cfr. Marcuzzi, 1951).

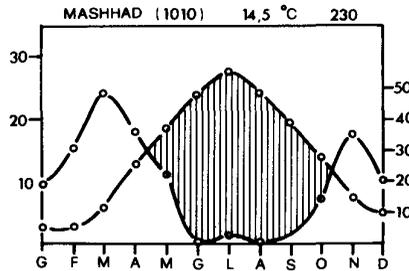


Fig. 3 - Diagramma ombro-termico di Mashhad.

Mancano assolutamente ricerche precedenti sul microclima delle steppe del Khorasan. Da osservazioni compiute personalmente nella regione del Khaf si può dedurre il seguente specchietto (che ovviamente ha un valore meramente orientativo):

o r a	9.00	10.15	11.00	15.15
temp. del suolo	28	27	41	40.5°C
temp. alla superficie del suolo	40	28	50	40.5°C
temp. dell'aria	27.5	27	32	35°C
umidità rel. alla superficie del suolo	50	50	50	51%

Da notare che di notte la temperatura dell'aria era di ca. 10°C.

I seguenti sono i tipi principali di vegetazione del Khorasan nord-orientale stando alla carta della vegetazione del Mediterraneo della FAO/UNESCO (Gausson, De Philippis):

A - clima desertico accentuato: 16, formazioni perenni con o senza efemerofite, ad *Aristida plumosa*, *Aelurops repens*, *Astragalus*, *Echinops*, *Heliotropium*, *Fagonia*, *Stellera*, *Reaumuria*, *Peganum harmala*, *Tamarix* negli uidian e *Calligonum* sulle dune;

B - climi mediterranei e subdesertici attenuati, sottoclima temperato: 20, pseudosteppa arbustive con *Artemisia herba-alba*, *Haloxylon salicornicum*, *Zygophyllum*, *Anabasis*, *Noaea mucronata*, *Pistacia e Amygdalus*; 24, idem, pseudosteppa e steppe arbustive o alberate a *Pistacia e Amygdalus*, con clima temperato o temperato-freddo; 25, idem, steppa alta in prevalenza arborea, arbustiva o no, in clima temperato o temperato-freddo, con *Artemisia herba-alba*; *Aristida plumosa*, *Haloxylon*, *Zygophyllum*, *Stellera lesserti*, *Ephedra*, *Astragalus*, *Acanthophyllum*, *Acantholimon*, *Cousinia* ed *Echinops*.

C - climi freddi a estate secca e temperata: 33, steppa alberata o no, a *Pistacia mutica*, *Amygdalus scoparia* A. *horrida*, *Juniperus exoelsa*, accanto a cespugli di *Celtis*, *Pirus*, *Crataegus*, *Prunus*, *Daphne*, *Rhamnus*, ed erbe come *Artemisia maritima*, *Stipa barbata*, *S. lagascae*, etc.. Più in alto si ha 34, idem, con steppe alberate o no, a *Juniperus exoelsa*, *Amygdalus*, *Celtis*, *Crataegus*, *Artemisia*, *Astragalus*, *Acantholimon* e *Onobrychis cornuta*.

La sensazione più viva che si ha in questa parte dell'Iran è l'estrema degradazione della vegetazione naturale dovuta all'eccessivo pascolo delle pecore, capre e secondariamente asini, cavalli, vacche e dromedari. Che questa degradazione sia in aumento è provato dall'aumento in Iran del bestiame, come il seguente schema dimostra chiaramente:

	ovini	capre	bovini	asini	cavalli	(migliaia)
1959	27.000	12.800	5.200	1.620	452	
1966/67	28.000	18.200	5.200	2.000	470	
1978	33.600	13.500	4.500	1.800	350	
	cammelli	bufali	muli	maiali		(migliaia)
1958	440	1.820	-	-		
1966/67	250	230	130	8		
1978	27	220	122	55		

Ciò significa che solo in 19 anni ci sono stati 7.842.000 capi di bestiame in più che sfruttano nel modo più irrazionale i pascoli già estremamente impoveriti.

DESCRIZIONE DELLE COMUNITA' BIOTICHE OSSERVATE

A questo punto descriviamo molto brevemente le comunità biotiche osservate in alcune località dove è stato possibile fare delle osservazioni ecologiche anche se molto superficiali (microclima, suolo, caratteri generali del paesaggio, grado di antropizzazione e degradazione della vegetazione naturale etc.) (1).

A - Steppe subdesertiche all'ovest del Khaf ("kevir").

a) Deserto sassoso vicino a colline di rocce del Miocene continentale (Upper Red Formation), dove in certi punti si concentra la sabbia: gli unici animali vivi (in autunno) sono degli scorpioni (*Buthus eupeus afghanus*); inoltre vari Tenebrionidi morti (*Pimeliini*). La temperatura alla superficie del suolo alle 9 di mattina era 40°C.

b) Presso Zuzan (m. 618) c'è un subdeserto con un suolo molto ricco di argilla (8,4%); la vegetazione è in gran parte alofila, con prevalenza di *Alhagi camelorum* (risparmiata dalle pecore e dalle capre) e *Peganum harmala*. Sotto i sassi c'è un'abbondante fauna a Tenebrionidi (*Blaps bengalense*, *B. titanus* e *B. holconata*, *Adesmia servillei provincialis*, *Opatroides punctulatus*, *Mesostena puncticollis*, di cui le due ultime specie presso il villaggio) che vivono assieme ad una specie di Coccinellide. Queste specie, trovate nel mese di Ottobre, devono essere considerate tra le più resistenti alle condizioni xeriche accentuate. Le uniche lucertole sono delle *Eremias* e il *Phrynocephalus helioscopus* (quest'ultimo molto più abbondante). La temperatura alla superficie del suolo alle 11 era di 50°C.

(1) I materiali raccolti sono stati studiati solo parzialmente. I vegetali sono stati classificati dal Prof. Dr. K.H. Rechinger dell'Università di Vienna, che ringrazio vivamente per il suo aiuto; i Tenebrionidi sono stati determinati dall'amico Dr. Z. Kaszab, direttore del Museo di Storia Naturale di Budapest; alcuni Cleonini (Coleotteri Curculionidi) sono stati studiati dal Dr. G. Osella del Civico Museo di Storia Naturale di Verona. Il resto del materiale è rimasto in gran parte presso il Dipartimento di Biologia dell'Università di Mashhad, in quanto raccolto (in autunno) con i mezzi di questo Dipartimento.

c) Distretto subdesertico, con delle dune rivestite parzialmente da arbusti di tamerici (*Tamarix* sp.), con una vegetazione costituita in prevalenza da *Alhagi*, *Salsola* sp. plur., *Aellenia* sp., *Prosopis stephaniana*, etc. La fauna è data da Tenebrionidi come *Cyphogenia gibba*, *Pimelia* sp. aff. *matthiesseni*, *Ocnema menetriesi*, *Blaps* sp. plur., *Pseudopodhomala gabrieli*, *Trigonoscelis nodosa* e da una specie molto grande di *Cleonini*. Sui *Tamarix* si trovano solamente una specie molto piccola di Eterottero ed una di Omottero, entrambi verdi. Le lucertole di questa zona sono *Phrynocephalus helioscopus* e una specie del gen. *Eremias* (subgen. *Mesalina*). La temperatura alla superficie del suolo alle 15,15 era di 40,5°C (ottobre). Gli unici uccelli catturati sono *Circus macrourus* e *Falco columbarius*. In questa regione esiste anche — sebbene rara — la *Gazzella subgutturosa*.

d) In una steppa col suolo compatto di aspetto argilloso, mal drenato, dalla superficie suddivisa in poligoni, la pianta dominante è una *Salsola* dai frutti verdi. L'unico insetto è una specie di formica e l'unica lucertola è una *Agama*.

e) Un ambiente molto interessante tra Zuzan e Torbat Jam (non lontano da Dashteban) è una steppa povera, con *Tevenotia scabra* e *Ceratocarpus arenarius*, *Minuartia meyeri*, *Ephedra* sp., *Aristida* sp. (pressochè senza foglie, come conseguenza del pascolo). La superficie, sabbiosa, è disseminata di piccoli sassi costituiti in gran parte di selce. Qui l'unico animale osservato e catturato è una *Agama*. La temperatura alla superficie del suolo alle 10,15 era 48°C.

f) Nel villaggio di Dashteban alcune vecchie case abbandonate costituiscono un habitat del tutto particolare grazie all'ombra perenne e all'umidità relativamente elevata: qui si trovano due specie di Blatte, *Polyphaga aegyptiaca* e *Heterogamodes* sp., ed una specie di *Geckonidae* (*Alsophylax* sp.). Quest'ultimo sembra esser assente nella fauna dell'URSS, dimodochè dovrebbe esser un elemento di steppe relativamente calde e secche.

B - A nord di Mashhad, sulla catena chiamata localmente Khar, in realtà Kuh-e-Hazar Masjed, costituita di rocce del Giurassico e del Cretaceo inferiore (Cretaceo continentale a conglomerati rossi), ad un'altitudine di 2000 m. o più, c'è una vegetazione data solo da due specie di *Artemisia* assenti nella pianura (*A. Cina* e *A.* sp.), *Prosopis stephaniana*, *Chrozophora tinctoria*, *Verbascum* sp., *Euphorbia* sp., *Salsola* sp., (gr. *kali*), *Aster altaicus* etc. I *Verbascum* sterili hanno le foglie basilari ancora fresche, mentre le piante fertili (ora in frutto) presentano in generale le foglie già appassite. La fauna, non molto povera, si concentra particolarmente al di sotto delle foglie basilari dei *Verbascum* o in genere dei vegetali, ed è costituita da Coleotteri Carabidi, Stafilinidi, Tenebrionidi (*Calyptopsis clypeata*, *Colposcelis globicollis*, *Dendarus transcaspicus*, *Gonocephalum pusillum*); Eterotteri, ragni, opilioni, zecche, etc. I Carabidi sono qui più abbondanti dei Tenebrionidi in accordo con l'indice dei Tenebrionidi di Marcuzzi, secondo il quale quanto più basso è il pluviometere di Lang tanto più abbondanti sono i Tenebrionidi nella fauna collettologica o in quella entomologica in generale. Gli uccelli di questa zona di montagna sono *Alectoris chukar* e *Perdix perdix*, una specie di poiana (*Buteo* sp.), oltre a vari Passeriformi che purtroppo non sono stati catturati per cause indipendenti dall'autore di questa nota.

Nella valle del Khar, con una vegetazione meso-igrofila caratterizzata da *Salix* sp. ed altre erbe ed arbusti, il paesaggio è molto antropizzato come conseguenza del pascolo e del passaggio continuo di carovane di dromedari, automobili, camion etc.. La fauna è perciò molto povera: unico insetto abbondante è un Carabide del genere *Bembidion* che vive sia sotto le pietre nei pressi del torrente che sotto le cortecce dei salici, nonché nelle crepe di questi, costume che non si riscontra nei nostri *Bembidion*. Qui è stato trovato un arbusto di *Capparis spinosa* e varie piante di *Glycyrrhiza glabra*.

Più lontano sempre nella valle del Khar, c'è un ambiente acquatico ed umido costituito da una piccola palude, una sorgente perenne, un ruscello ed una prateria più o meno umida, dove si trova una fauna igrofila molto peculiare (formiche, Grillidi, Tenebrionidi, Carabidi e Ortotteri Saltatori). La vegetazione palustre è caratterizzata da *Mentha longifolia*, *Lythrum salicaria*, *Epilobium hirsutum* (in fiore nel mese di ottobre), *Pulicaria arabica* e *Juncus* cfr. *inflexus*.

C - Tarbe Farieman, a ca. 65 km SSE di Mashhad, presso alcune colline dell'Eocene (Red Sandstone, andesite e marne). E' stato raccolto del materiale presso la enorme diga che a primavera racchiude una grande quantità di acqua. Sull'orlo del lago (che al momento della raccolta in novembre era completamente vuoto) c'è solo un piccolo numero di specie igrofile, probabilmente banali (*Chlaenius* sp., *Bembidion* sp. e dei Grillidi molto abbondanti). Presso l'acqua e nel fango c'è un'abbondante

te vegetazione igrofila data da *Juncus*, *Scirpus*, *Carex*, *Equisetum ramosissimum*, una Graminacea molto abbondante (*Crypsis schoenoides* ?) e salici (*Salix* sp. cfr. *alba*).

Molto più interessante è senza dubbio la vegetazione xerofila dei dintorni di questo lago da sbarramento, costituita da *Alhagi camelorum* (che qui è mangiato dai dromedari), *Poterium sanguisorba* (?), *Lactuca orientalis*, *Artemisia* sp., *Launaea spinosa*, *Bromus tectorum*, *Noaea spinosissima*, *Xanthium spinosum* ed una specie molto interessante di *Astragalus* (subgen. *Tragacantha*) dal gambo molto grosso, provvisto di grandi spine e colle foglie estremamente ridotte. Anche qui il sovra-pascolo (over-grazing) fa sentire i suoi effetti estremamente dannosi in quanto la vegetazione (e possiamo dire senz'altro anche la fauna) è molto impoverita e pressochè in via di scomparsa. Delle misure urgenti dovrebbero essere adottate in Iran prima che certi tipi di vegetazione naturale relativamente rari scompaiano completamente (1).

D - All'est di Mashhad, verso la frontiera con l'URSS, prima di Mozduran (presso Sarakhas) è stata fatta una raccolta presso un fiume che scorre in una piana alluvionale salata, dimodochè alle rive dell'acqua si ha un deposito di sale che conferisce all'ambiente un colore bianco molto peculiare. Alla riva del fiume c'è solo una specie di *Cicindela*. Sui *Tamarix* sono state raccolte solo delle formiche e degli Eterotteri. Sul suolo sabbioso si osservano delle lucertole (*Eremias* sp.), Grillidi, formiche e l'Ortottero Saltatore *Oecanthus pellucens*, mentre nella sabbia si trovano molte larve di *Myrmeleoniidae* o formicaleoni. La vegetazione è completamente alofila: *Salsola* sp., *Sporobolus* sp. (senza fiori); molto abbondante è anche lo *Alhagi camelorum*.

Lontano dal fiume, su alcune colline aride pressochè prive di vegetazione (settembre), la fauna è costituita solamente da qualche Tenebrionide ancora vivo (*Pimelia bajula solieri*), formiche e lucertole (*Eremias*).

A metà cammino tra Mashhad e Sarakhas, in una steppa non salata, la vegetazione è molto ricca, con *Alhagi camelorum*, *Peganum harmala*, varie Chenopodiacee (*Salsola* sp., *Cressa cretica*, *Goebelis pachycarpa* (in frutto), due Composite spinose, una simile ad una *Centaurea* dai fiori violetti, l'altra con dei fiori gialli e delle spine patenti. C'è inoltre una specie spinosa di *Ononis*. La fauna in questa stagione è praticamente assente: è stato trovato un Tenebrionide morto; l'unico insetto molto abbondante e attivo è una specie di formica.

E - Regione stepparia ad ovest di Mashhad, verso Nishapur (2).

A circa 20 km. da Mashhad, ad un'altitudine di 1000-1100 m., c'è un ambiente molto antropizzato come conseguenza dell'utilizzo della terra che in generale, in questa zona, è irrazionale e primitivo (cultura del frumento alla mercè della quantità di precipitazioni dell'annata). La distruzione pressochè totale della vegetazione spontanea permette la vita di un piccolo numero di specie molto resistenti (Composite, Crucifere, tra cui *Lepidium draba* e *Erysimum aitichisonii*) etc.. In questo ambiente la fauna è costituita da elementi probabilmente molto banali, come Isopodi, ragni, formiche, chilopodi (*Scolopendromorpha*) etc.

Un ambiente molto meglio conservato (in quanto non ha mai potuto essere utilizzato per le colture) è una collina di rocce metamorfiche (del Secondario) di colore rossastro che danno luogo alla formazione di un ranker di un caratteristico color rosso che ricorda un po' la "terra rossa" delle regioni mediterranee: si tratta qui di una laterite formata in un clima umido e caldo (plio-Pleistocene), alternato a un clima desertico. La vegetazione (mese di aprile) è molto ricca e "verde" nonostante il pascolo eccessivo; essa è costituita da leguminose, Rosacee (tra cui *Ulthemia persica*), Composite (anche qualche specie spinosa), Crucifere, Graminacee, *Artemisia* sp., *Achillea santolina*, *Eremostachys* sp. (senza fiori nè frutti) etc. La fauna è costituita da Isopodi (*Porcellio verisim.* *ficulneus* ed un altro genere, scorpioni (*Buthus eupeus*, Chilopodi (in generale *Scolopendromorpha*), e coleot

(1) A Theheran nel 1973 c'era la "Iran Game and fish Department" dipendente dal Ministero delle risorse naturali, ma sembra che ci fosse una resistenza troppo grande nella popolazione a qualsiasi misura di conservazione, in quanto queste vanno contro gli interessi dell'agricoltura, dell'allevamento e contro la presenza del nomadismo, che determina il passaggio continuo su una gran parte del territorio del bestiame, che si può dire distrugge al suo passaggio ogni traccia di vegetazione, favorendo solo le specie che non possono essere mangiate dagli animali. Non solo ma tra queste ultime ce ne sono alcune come la *Launaea spinosa* che durante l'inverno sono raccolte dagli abitanti, inumidite con dell'acqua e date alle capre e alle pecore, che si alimentano con questo povero nutrimento, dimodochè la vegetazione in qualche posto è quasi completamente assente, e non per ragioni fisiche o geografiche.

(2) Si può scrivere anche Neyshabur (Times Weltatlas).

teri Curculionidi e Tenebrionidi. I primi sono rappresentati da diverse specie di Cleonini: *Chromonotus confluens*, *Bothynoderes* sp. prope *obliquefasciatus*, *Stephanophorus strabus*, *S. subfuscus* e *Conorhynchus pistor*, di cui i più abbondanti sono *Bothynoderes* e *Stephanophorus subfuscus*. E' il caso di sottolineare che tutte queste specie sono endemiche delle steppe della Asia occidentale, con eccezione di *S. strabus*. Due specie (*Bothynoderes* e *S. subfuscus*) non erano ancora conosciuti dall'Iran. Nessuna di queste specie è presente in Mongolia, i cui Cleonini sono stati studiati da Ter-Minassian. I Tenebrionidi di questo biotopo così interessante sono rappresentati da diverse specie di grande interesse biogeografico, come *Lasiostoma gemmata* (abbondante), *L. elongata*, *Pimelia gracilipes*, *P.* sp. aff. *matthiesseni*, *Calypsoptis* sp. aff. *basmanica*, *Dissonomus rosae* (abbondante), *Catomus subniger* etc..

Uno degli ambienti più interessanti posti tra Mashhad e Neishapur è costituito da una collina di rocce metamorfiche probabilmente acide, esposte ai venti, con un suolo di tipo ranker, pochissimo sviluppato, dimodochè si può dire che le piante nascono direttamente dalla roccia, nelle cui fessure si concentra un po' di terra. Le piante dominanti sono due Leguminose del genere *Astragalum* (sectio *Xiphidium* e sectio *Myobroma*), Crucifere (tra cui *Malcolmia africana* e *Goldbachia laevigata*), Composte, Ranunculacee (*Adonis* sp. e *Ceratocephalus falcatus*, quest'ultimo estremamente abbondante), *Myosotis* sp., *Papaver* sp., *Hyecoum* sp., *Gagea* sp. ed una specie di *Acantholimon* a culmi e foglie pungenti molto caratteristici, che costituisce una sorta di piccoli cuscinetti in prossimità della cima della collina. Sotto le pietre dove vive questa magra vegetazione, che verso la cima assume un aspetto nano (soprattutto *Ceratocephalus* e *Malcolmia*, che raggiungono appena 1-2 cm. di altezza), c'è una fauna molto ricca, data da Tenebrionidi (specie in genere piccole), come *Zophosis* sp. aff. *scabriuscula*, *Gnathosia hydrobiiformis*, molto abbondante sotto piccole pietre e vegetali, etc.), Eterotteri geofili (*Aphanus rolandri*, *Emblethis brachypterus*, *Apterola* sp.) e Cerambicidi (*Phytoecia* del sottogenere *Opsilia*, la cui larva si sviluppa nelle radici e nei gambi delle piante). Bisogna sottolineare il fatto che, a differenza della fauna della pianura e dei dintorni dei villaggi, tra queste specie d'insetti c'è una buona rappresentanza di forme endemiche o almeno limitate alle steppe dell'Asia sub-occidentale (Turkestan, Transcaspi). Abbiamo visitato anche un ambiente molto antropizzato, e precisamente un piccolo villaggio formato di costruzioni di fango indurito (caratteristiche di numerose parti aride dell'Iran) dove la flora e la fauna sono date da elementi molto banali, come *Opatroides punctulatus* (esteso in tutto il bacino del Mediterraneo, Caucaso, Asia centrale e occidentale, Africa orientale e forse anche India), *Blaps pterosticha* (specie ad ampia diffusione), *Penthodon* sp., *Aphodius* sp. (un coprofago legato alla presenza di animali domestici), Isopodi, *Calosoma* sp. ed una specie di lepidottero la cui larva, molto grande, vive nei tronchi dei salici. Evidentemente si tratta di elementi condizionati dalla presenza dell'uomo.

Un ambiente tra i più interessanti da me visitati in Iran è infine una steppa salata, localmente chiamata "deserto" a 15-20 km. da Neishapur ⁽¹⁾. Si tratta di un'enorme piana alluvionale, la cui altitudine oscilla tra i 1100 e i 1200 m., costituita completamente da un limo di colore rossastro molto caratteristico, in vari punti coperto (almeno in aprile) da un sottile strato di piccoli cristalli di sale che conferiscono al suolo un caratteristico color bianco. A un primo esame il sale è risultato esser dato in gran parte da cloruro di sodio.

La vegetazione è decisamente alofila, ed è costituita da tamerici (*Tamarix* sp.), *Cynodon dactylus*, *Obione* sp. (molto abbondante), *Spinacia camelorum*, *Peganum harmala*, *Haloenemum* (?) (una delle piante dominanti), *Fumaria* sp. e diverse altre ancora indeterminate. La fauna è relativamente ricca, data da lucertole (*Eremias* sp.), *Lycosa* sp. (un animale di 2,5 cm. di lunghezza), Coleotteri Tenebrionidi (*Scleropatrum hirtulum* e *Mesostena puncticollis*), Stafilinidi (*Quedius* sp.) Carabidi, Curculionidi Cleonini (*Chromosomus schach?* e *Trichotocleonus* sp.) ed infine il Dermattero *Labidura riparia*.

LA VERTEBRATOFAUNA TERRESTRE

Per quanto riguarda la fauna a vertebrati terrestri di questa parte dell'Iran, ci sono delle opere faunistiche recenti su qualche gruppo che possono darci un'idea anche se indiretta e senza finalità ecologiche.

(1) Immediatamente fuori dalla città, a 1200 m. in un ambiente molto antropizzato, abbiamo trovato *Poa bulbosa* e *Bongardia chrysogonum*. Sotto un sasso c'era un esemplare di una specie molto copiosa di Solifugo.

Io ho potuto esaminare le collezioni del Museo zoologico del Dipartimento di Biologia dell'Università di Mashhad, Facoltà di Scienze, e fare io stesso qualche modesta raccolta nelle località di già nominate, e ho potuto registrare per i dintorni di Mashhad le seguenti specie da me esaminate e classificate (M = Mashhad; N = Neishapur).

1 - Mammiferi: *Plecotus auritus wardi* Thomas (M); *Hemiechinus auritus* Pall. (M); *Jaculus jaculus* Brdt. (M); *Ellobius talpinus* Pall. (M); *Citellus citellus* L. (M); *Hystrix hirsutirostris* Brandt (M); *Felis chaus* Temm. (N); *Canis lupus* L. (Torbate Heyidarie); *Canis aureus* L. (M); *Vulpes* sp. (M, N); *Martes foina* Erxl. (M); *Mustela putorius* L. (N) e *Meles meles* L. (N).

2 - Uccelli: *Podiceps c. cristatus* L. (M, nidificante e migrante, durante l'inverno nel sud); *Ardea c. cinerea* L. (M); *Ardea p. purpurea* L. (M, Shirvan); nidificante; *Egretta g. garzetta* L. (M, N, nidificante); *Ixobrychus m. minutus* L. (M), nidificante, probabilmente migrante, inanellata in Iran; *Botaurus lentiginosus* Mont. (M), erratico; *Botaurus s. stellaris* L. (M) nidificante forse anche migrante; *Cygnus olor* Gm. (M) nidificante: si sposta verso il sud durante l'inverno; nell'inverno 1972-73 c'erano in Iran ca. 500-550 esemplari di questa specie; *Anser anser rubrirostris* Sw. (Sarakhs), forse di doppio passo; nell'inverno 1972-73 c'erano in Iran 15.000-17.000 esemplari di questa specie; *Anser coerulescens* L. (N); *Anas p. platyrhynchos* L. (M,N) nidificante, probabilmente migrante; in Iran questa specie è inanellata: nell'inverno 1972-73 c'erano 350.000-400.000 esemplari; *Anas c. crecca* L. (N), di passo e forse nidificante; nell'Iran inanellata; nell'inverno 1972-73 c'erano da 1.250.000 a 1.350.000 esemplari; *Anas penelope* L. (Sarakhs), invernale, inanellata nell'Iran; nell'inverno 1972-73 120.000-150.000 es.; *Dafila a. acuta* L. (M) probabilmente di passo; inanellata; nel citato inverno c'erano 500.000-600.000 es.; *Spatula clypeata* L. (Shahrood), probabilmente di passo; inanellata; nell'inverno citato 60.000-70.000 es.; *Netta rufina* Pall. (Sarakhs) estivo, forse nidificante; inanellato; nell'inverno 1972-73 4.000-4.500 es.; *Aythya nyroca* Guld. (M), forse nidificante, estivo; inanellato; nell'inverno 1972-73 da 200 a 1000 es. in tutto l'Iran; *Gypaetus b. barbatus* L. (M), nidificante; *Neophron p. peronopterus* L. (M), nidificante; *Gyps f. fulvus* Hab. (M, Sarakhs), nidificante; *Aegypius monachus* L. (M), nidificante; *Falco columbarius insignis* Clark (o *pallidus* Sushkin?) (M), forse di passo; *Falco cherrug* Gray, nidificante, parzialmente migrante; *Aquila chrysaetus homeyeri* Sev. (M, N, Ghayen), nidificante; *Buteo r. rufinus* Cretz., fase chiara (M) nidificante; *Buteo buteo vulpinus* Gloger (M) nidificante; *Accipiter gentilis* cfr. *gentilis* L. (M) nidificante; *Circus macrourus* Gm. (Ghase mabad), nidificante; *Circus c. cyaneus* L. (M) nidificante; *Alectoris chukar* sbsp.? (M, valle del Khar) residente, nidificante; *Perdix perdix* sbsp.? (M, valle del Khar) residente, nidificante; *Coturnix c. coturnix* L. (N) migrante e nidificante; *Phasianus colchicus talischensis* Lorenz (Sarakhs); *Rallus a. aquaticus* L. (M) forse solo di passo; inanellato in Iran; *Porzana porzana* L. (N) forse solo di passo; inanellato in Iran; nell'inverno 1972-73 in Iran c'erano 450.000-500.000 es.; *Vanellus vanellus* L. (M), nidificante e forse di passo; inanellato in Iran; *Gallinago g. gallinago* L. (M), nidificante, migrante, inanellato in Iran; *Tringa t. totanus* L. (N), nidificante e probabilmente migrante, inanellato; *Himantopus h. himantopus* (M, N) nidificante e migrante, inanellato; *Burhinus o. oedicephalus* L. (M) nidificante e probabilmente migrante; *Larus r. ridibundus* L. (M) invernale o di passo; *Larus melanocephalus* Temm. (M) forse erratico; *Pterocles alchata caudacutus* Gm. (N) nidificante; *Bubo bubo interpositus* Rotsch. (M, N) nidificante; *Athene noctua bactriana* Blyth (Touss), nidificante?; *Asio o. otus* L. (N) nidificante; sverna nell'Iran e nell'India nord-occidentale; *Cuculus saturatus* Blyth (M); *Caprimulgus europaeus uniwini* Hume (M), inanellato in Iran; *Apus a. apus* L. (M), nidificante; *Alcedo a. atthis* L. (M) nidificante, probabilmente migrante; inanellato; *Merops apiaster* L. (M), nidificante, migrante; *Coracias garrulus* L. (M) nidificante, migrante, inanellato; *Corvus c. corax* L. (Sabravar), nidificante, residente; *Corvus corone* cfr. *orientalis* Eversmann (M), nidificante, forse di passo; *Corvus c. cornix* L. (Gonabad) nidificante, forse anche di passo; *Pica pica bactriana* Bonaparte (M) nidificante; *Lanius excubitor homeyeri* Cab.? (M) nidificante, migrante, inanellato; *Sturnus vulgaris caucasicus* Lorenz (M) nidificante, migrante, inanellato; *Pastor roseus* L. (M), nidificante, probabilmente migrante, inanellato in Iran.

Gli uccelli sono nell'insieme elementi presenti pressochè tutti - come specie - anche in Europa, con eccezione di *Cuculus saturatus*, *Botaurus lentiginosus* è una specie nord-americana che fa qualche comparsa accidentale nella Paleartide.

Diverse specie ripicole o acquatiche trovano (1973) rifugio nelle "Wetland Protected Regions": così nella regione di Bakhtegan si trovano *Himantopus himantopus* e *Podiceps cristatus*; nella regione di Hamoun sono protetti gli Anatidi *Anas platyrhynchos*, *A. crecca*, *Spatula clypeata*, *Netta*

rufina, oltre ad *Anser anser* e *Fulica atra*. Ancora più importante in quanto area di svernamento, interessante anche da un punto di vista internazionale, e quindi vero e proprio "santuario", è la regione protetta di Siakhesheem, dove si trovano *Anas platyrhynchos*, *A. acuta*, *Spatula clypeata*, *Anser anser* e *Fulica atra*, tra le specie da me segnalate per il Khorasan. Di queste, nidificano in questa riserva *Anas crecca*, *A. platyrhynchos* e *Podiceps cristatus*.

Di tutte le numerose stazioni di inanellamento esistenti in Iran (1973) purtroppo c'è una sola nel Khorasan, e precisamente a ca. 25 km. ad est di Dasht et Dasht, nella parte più nord-occidentale della provincia (o "ostan"), dove ci sono delle condizioni ambientali completamente diverse da quelle dei dintorni di Mashhad. Non solo, ma nell'opera di Cornwallis & Ferguson non c'è una sola località del Khorasan dove siano stati osservati uccelli inanellati.

3 - Rettili: *Testudo graeca* L.; *Alsophylax loricatus* Strauch; *Alsophylax* sp. (Dashteban, Khaf); *Eublepharis macularius* Blyth (Toorghabe); *Agama rudrata* Ol.? (Chayak); *Agama erythrogastra* Nik. (Mashhad, Toorghabe); *Agama caucasica* Eichw.; *Phrynocephalus helioscopus* Pall. (Ghasemabad, Zuzan); *Phrynocephalus* sp.; *Varanus* sp.; *Ophisaurus apus* Pall. (Rasht); *Eumeces taeniolatus* Blyth; *Eremias* sp. subgen. *Mesalina* (Ghasemabad, Zuzan); *Eremias strauchi* Kessl.; *Typhlops vermicularis* Mzrr. (Mashhad); *Eryx tataricus* Licht.; *Eryx miliaris* Pall.; *Natrix natrix persa* Pall. (Rasht); *Natrix tessellata* Laur. (Mashhad); *Coluber rhodorachis* Jan. *Coluber ravergieri* Mén.; *Coluber tyria* L. (fiume Gochan); *Lytorhynchus ridgwayi* Boul.; *Tarbophis fallax iberus* Eichw.; *Taphrometopon* sp.?.; *Naja naja* L. (Mashhad, Monti Khalahi); *Vipera lebetina* L. (Mashhad, Darrchor).

Varie di queste specie, sebbene raccolte nel Khorasan, non hanno alcuna indicazione di località. Le specie di cui è stato classificato solo il genere non sono comprese nella Fauna dell'URSS di Terentev & Chernov, che io ho utilizzato per la determinazione, vista la completa mancanza di lavori di sistematica e faunistica presso l'Università di Mashhad (1973). Probabilmente si tratta di elementi estranei alla fauna dell'URSS e pertanto tipici dell'Asia sud-occidentale. Nell'insieme però si tratta di elementi ben rappresentati nell'Asia occidentale, e a volte anche in Europa e in Africa settentrionale. Le specie che sembrano esclusivamente asiatiche sono *Agama erythrogastra*, *A. caucasica* (anche nel Caucaso), *Alsophylax loricatus*, *Eumeces taeniolatus*, *Eublepharis macularius*, *Eremias strauchi*, *Eryx tataricus*, *Eryx miliaris*, *Lytorhynchus ridgwayi* e *Naja naja*.

COMMENTO

Pur trattandosi di una prospezione molto limitata nell'ambiente steppario dei dintorni di Mashhad, comprendente sia ambienti sdesertici come quelli di Zuzan-Ghasemabad (Khaf), sia ambienti di montagna come quelli della valle del Khar, sia soprattutto quelli steppari propriamente detti (steppe temperate) della piana alluvionale di Mashhad-Neishapur e di Mashhad-Mozduran, credo sia lecito a questo punto far qualche considerazione generale, anche se solo preliminare.

L'aspetto che mi preme metter in risalto è quello dei rapporti trofici che esistono — o per lo meno possono esistere — in queste steppe del Mondo Antico, ancora così male esplorate dal punto di vista naturalistico ed ancor peggio ecologico. Si sa infatti che uno dei fini dell'ecologia descrittiva e più particolarmente della sinecologia è la dimostrazione dei rapporti trofici, il che significa flusso di energia e di materia dentro di un ecosistema. Ed una maniera di esprimere questi rapporti (anche se solo in modo qualitativo) è quello usato da Tischler per costruire i suoi "biozonotische Konnex" il cui concetto mi sembra molto stimolante e sempre di attualità. A questo fine ho costruito — ispirandomi ai rapporti stabiliti da questo autore per le steppe eurasiatiche in generale — un "biozoenotische Konnex" che viene rappresentato nella fig. 4. I taxa in esso presenti risultano sia dalle mie osservazioni in campagna che dall'esame e determinazione dei vertebrati ora elencati. Inutile dire che i rapporti dovrebbero esser studiati — almeno limitatamente a qualche catena trofica o a qualche gruppo animale — quantitativamente, stabilendo nello stesso tempo abbondanza di certe specie, biomassa, contenuto calorico etc., ma con le condizioni esistenti in Iran e più particolarmente a Mashhad una ricerca di questo tipo non è concepibile.

Ringraziamenti. Ringrazio vivamente i Direttori dell'Istituto di Geografia e dell'Istituto di Geologia dell'Università di Mashhad, che hanno messo a mia disposizione dati meteorologici e bibliografici e che mi hanno dato utili consigli, nonché il Prof. Mobayen dell'Istituto di Botanica

dell'Università di Teheran, che mi ha inviato una copia della carta della vegetazione dell'Iran. La parte grafica del lavoro è stata curata dal sig. Renzo Mazzaro, tecnico esecutivo presso il Dipartimento dove sono stati elaborati i dati raccolti e scritta la presente nota, che ringrazio vivamente.

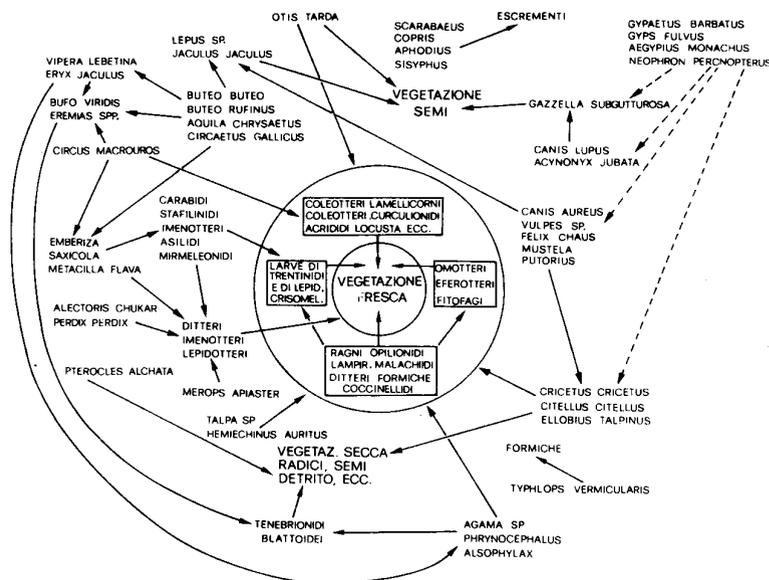


Fig. 4 - "Biozootisches-Konnex" della regione di Mashhad basato sui dati a disposizione dell'autore (ispirato a Tischler).

BIBLIOGRAFIA

- AFCHAR A. (1970). Geology of Sarakhs area and Khangiran gas field, Geol. Div. Expl. & Prod. Group, NIOC, Teheran.
- BONNARD E. G. (1944). Contribution a la connaissance geologique du Nord-Est de l'Iran (environs de Méched), *Eclog. Geol. Helv.*, 37, 33.
- BRINK (v.d.) F. H. & BARRUEL P. (1971). Guide des mammiferes d'Europe, Delachaux et Niestlé, Paris & Bruxelles.
- BYALYNITSKII - BIRULYA A. A. (1964). Arthrogastric Arachnides of Caucasia, P.I. Scorpions, Jerusalem (trad. dal russo).
- CERCEAU D. (1974). Inventaire des ressources naturelles par photographie infrarouge et par thermographie, *Bull. Ecol.*, 5, 85.
- CLAPP F. G. (1940). Geology of eastern Iran, *Bull. Geol. Soc. Amer.*, 51, N. 1.
- CORNWALLIS L. & FERGUSON D. (1969). A review of bird ringing in Iran through 1969, *Iran Game and Fish Depnt, Publication*, Tehran.
- FIROUZ E., HASSINGER J. D. & FERGUSON D. A. (1970). The wild life Parks and Protected regions of Iran, *Biol. Conserv.*, 3, 37.
- GRIDELLI E. (1954). Catalogo ragionato delle specie della Famiglia Tenebrionidae a me note dell'Afghanistan, *Atti Museo Civ. St. Nat. Trieste*, 19, 169.
- HETCHECOPAR R. D. & HUE F. (1970). Les oiseaux du proche et du Moyen Orient, Boubée, Paris.
- KASZAB Z. (1965). Oesterreichische entomologische Expedition nach Persien und Afghanistan, *Ann. Nat. Mus. Wien*, 68, 667.

- MARCUZZI G. (1951). I Tenebrionidi come indicatori del clima, *Riv. Biol.*, 43, 399.
- MEDVEDEV G. S. (1983). Zur Evolution der Nahrungsspezialisierung der Tenebrioniden (Coleoptera), *Verh. SIEEC X*, Budapest, 78.
- MERTENS R. & WERMUTH H. (1960). Die Amphibien und Reptilien Europas, W. Kramer, Frankfurt a.M.
- MILLER G. S. (1912). Catalogue of the Mammals of Western Europe, London, British Museum.
- MOBAYEN S. & TREGUBOV V. (1970). Guide pour la carte de la vegetation naturelle de l'Iran, 2.500.000, Université de Teheran, Projet UNDP/FAO IRA, 7, *Bull. N. 14*.
- PETERSON R., MOUNTFORT G. & HOLLAM, P.A.D. (1954). Die Vögel Europas, P. Parey, Hamburg & Berlin.
- PIERRE F. (1968). Contribution a la faune de l'Iran. 12. Etude ecologique et biogeographique de Tenebrionides Pimeliinae des regions desertiques et semi-desertiques de l'Iran, *Ann. Soc. Ent. Fr.*, 4, 997.
- PILLERI G. (1975). Zoologische-cetologische Expedition zum Indus und Brahmaputra im Winter 1973-74, Hirnanatomisches Institut, Ostermundigen, Schweiz.
- SANDERS A. F. (1968). Reconnaissance soil map of Mashhad-Quchan area; Ostan Khorasan, 1:100.000 (approx.) sheets 1 & 2.
- SCOTT D. A. (1973). Ornithology Unit, Parks and Wildlife Division, Dept of Environmental Conserv., Project Completion Report, W, 2.52.1
- STUGREN B. (1982). Probleme moderne de ecologie, Edit. stiintif. enciclop. Bucuresti.
- TERENTEV P. V. & CHERNOV S. A. (1965). Key to Amphibians and Reptiles, Jerusalem (trad. dal russo).
- TER-MINASSIAN M. E. (1972). Cleoninae (Coleoptera Curculionidae) of the Soviet Mongolian Zoological expeditions 1967-69, Nasekomi Mongolii, v. 1, *Mongolomi saviz. Izdat. Nauka*, Leningrad.
- TISCHLER W. (1955). Synökologie der Landtiere, Fischer, Stuttgart.
- TOSCHI A. & LANZA B. (1959). Mammalia, in Fauna d'Italia, Calderini, Bologna, 4.
- UNESCO/FAO (1963). Bioclimatic map of the Mediterranean zone, 19.
- UNESCO/FAO (1963). Bioclimatic map of the Mediterranean zone. Explanatory notes.
- UNESCO/FAO (1970). Carte de la vegetation de la région méditerranéenne.
- UNESCO/FAO (1970). Carte de la vegetation de la région méditerranéenne. Notice explicative.

Eathworms(oligochaeta: lumbricidae) from the mountainous mas of Pella province: southwest region, and Imathias province, northwest region: a systematical and ecological study.

**K. MICHALIS ★
A. FRAGOULIS ★
S. PANIDIS ★**

SUMMARY - In this research, it was studied systematically and ecologically, the Oligochaetofauna of the mountainous mass of Pella province, southwest region, and Imathia province, northwest region. From the studies of soil analysis in the region of Pella province and from pH measurements we conclude the following : a) The more the organic matter and carbon in a biotope, the more the number of species we found in this (Table I). The reverse is happened with the increation of silt-clay percentage, e.g. the number of species decreases. As regard the percentage of sand we observed a relational increase of the number of species. Finally, in pH measurements, it was observed that some species are tolcraant in a wide range of pH. These species we mention as ubiquitous.

ZUSAMMERNFASUNG - Es wurden die Gebieten des Bergischen Landes SW-vom Kreis Pella und NW-vom Kreis Imathie von Okologischen und systematischen Hinsicht bezüglich der Oligochaetenfauna untersucht.

Von Bodenuntersuchungen im Gebiet Pella und von der Ermittlung der Ph Werte desselben Bereiches stellt man Fest dass : mit der Zunahme des organischen Materials im erwähnten Gebiet als auch desjenigen des Kohlenstoffs (C) die Zahl der festgestellten Arten nimmt zu (Tafel I).

Im Gegenteil beobachtet man eine Abnahme der obigen Arten bei der zunahme der Materialien wie etwa Ton und Schamm. Beim Anwesenheit von Sand betrachtet man eine unwesentliche Zuwachs der Artenzahl.

Bei den Ph-Messungen wurde beobachtet, dass manche Arte sind anpassungs fähiger in einer weiteren Ph-Schwankung sind. Die Arte bezeichnet man als allerorten (lebende).

RESUME - Les auteurs étudient la faune des Oligochètes du point de vue de la systématique et de l'écologie dans la région montagneuse au SW du département de Pella et au NW du département de Imathia (Macédoine - Grèce). Par des études de sol dans la région du département de Pella et aussi par des mesures de Ph, on tire les conclusions suivantes.

Le nombre des espèces trouvées s'accroît avec l'augmentation de la matière organique et du carbone (C). Au contraire, s'il y a augmentation des limons et argiles, ce nombre diminue.

La présence de sable provoque un accroissement du nombre des espèces. A propos du Ph, on a observé que certaines espèces sont résistantes notamment aux grandes valeurs de Ph. Ces espèces sont signalées comme partout présentes.

INTRODUCTION

We studied the Oligochaeta of Pella province, Southwest region and Imathias province, northwest region.

Our research took place on the mountainous masses of the above provinces with the exemption of few biotopes, which we met at low plains.

For the systematic classification of the collected material, we used the classification's system of V. Pop (1941). For some generic features, which play an important role in Oligochaeta's Systematic, e. g. nephridial bladders, we were helped from the system of Perel (1977, 1979). Also, we had a remarkable assistance from Bouché (1972). The collection of the material took place during two different annual periods. In the region of southwest Edessa, the collection took place during the Spring, 1982, whereas in the region of northwest Imathia during the Fall, 1983.

We studied the soil factors only in Pella province. As we shall see in the results, we could make satisfactory conclusions about the region. However, our research is being continued, and we shall be in the position to give conclusions for the whole mountainous complex of central and east Macedonia shortly.

★ Université de Thessaloniki - Laboratoire de Zoologie - Thessaloniki - GRECE

Synoptical table of Lumbricidae species, which were found in the above regions.

Allolobophora caliginosa (Savigny, 1826)
Allolobophora rosea (Savigny, 1826)
Allolobophora chlorotica (Savigny, 1826)
Allolobophora jassyensis (Michaelsen, 1891)
Allolobophora antipai (Michaelsen, 1891)
Eiseniella colchidica (Perel, 1967)
Eiseniella tetraedra tetraedra (Savigny, 1826)
Eiseniella tetraedra hercynia (Michaelsen, 1890)
Eisenia foetida (Savigny, 1826)
Dendrobaena veneta (Rosa, 1886)
Dendrobaena rubida subrucunda (Eisen, 1874)
Dendrobaena byblica (Rosa, 1893)
Octolasion lacteum (Oerley, 1881)
Octodrilus complanatus (Ant. Douges, 1828)
Lumbricus rubellus (Hoffmeister, 1843)

Distribution of the species in the various biotopes of the above region.

Genera *Allolobophora* (Eisen, 1874 emend. Pop, 1941)

Allolobophora caliginosa (Savigny, 1826)

T833 4 sam. Bridge Agia Foteini 23-6-82 leg. Michalis - Fragoulis and Panidis. T841 8 sam. south region Agia Foteini 23-6-82 leg. Michalis - Fragoulis and Panidis. T851 1 sam. River Flamouria 23-6-82 leg. Michalis - Fragoulis and Panidis. T906 8 sam. Giannakochori by Naoussa 4-11-83 leg. Michalis - Fragoulis and Panidis. T911 5 sam. Agios Nikolaos by Naoussa (Arapitsa) 4-11-83 leg. Michalis - Fragoulis and Panidis. T928 10 sam. North region Agios Nikolaos by Naoussa (Arapitsa) 4-11-83 leg. Michalis - Fragoulis and Panidis. T 939 3 sam. Karydies by Agia Foteini 4-11-83 leg. Michalis - Fragoulis and Panidis.

Allolobophora rosea (Savigny, 1826)

T829 10 sam. Eastern region Agia Foteini 23-6-82 leg. Michalis - Fragoulis and Panidis. T836 5 sam. Bridge Agia Foteini 23-6-82 leg. Michalis - Fragoulis and Panidis. T843 8 sam. South region Agia Foteini 23-6-82 leg. Michalis - Fragoulis and Panidis. T848 3 sam. River Flamouria 23-6-82 leg. Michalis - Fragoulis and Panidis. T852 9 sam. Village Proastio by Edessa 23-6-82 leg. Michalis - Fragoulis and Panidis. T859 3 sam. Kerassies by Agia Foteini 23-6-82 leg. Michalis - Fragoulis and Panidis. T862 6 sam. Platani by Edessa 23-6-82 leg. Michalis - Fragoulis and Panidis. T908 14 sam. Giannakochori by Naoussa 4-11-83 leg. Michalis - Fragoulis and Panidis. T918 1 sam. Agios Athanasios by Naoussa 4-11-83 leg. Michalis - Fragoulis and Panidis. T933 3 sam. Rhodochori by Naoussa 4-11-83 leg. Michalis - Fragoulis and Panidis. T942 2 sam. Karydies by Agia Foteini 4-11-83 leg. Michalis - Fragoulis and Panidis.

Allobophora chlorotica (Savigny, 1826)

T830 1 sam. Eastern region Agia Foteini 23-6-82 leg. Michalis - Fragoulis and Panidis. T834 2 sam. Bridge Agia Foteini 23-6-82 leg. Michalis - Fragoulis and Panidis. T842 4 sam. South region Agia Foteini 23-6-82 leg. Michalis - Fragoulis and Panidis. T857 2 sam. Kerassies by Agia Foteini 23-6-82 leg. Michalis - Fragoulis and Panidis. T907 8 sam. Giannakochori by Naoussa 4-11-83 leg. Michalis - Fragoulis and Panidis. T 910 19 sam. Agios Nikolaos (Arapitsa) by Naoussa 4-11-83 leg. Michalis - Fragoulis and Panidis. T917 2 sam. Agios Athanasios by Naoussa 4-11-83 leg. Michalis - Fragoulis and Panidis. T922 11 sam. Milita by Naoussa 4-11-83 leg. Michalis - Fragoulis and Panidis. T932 2 sam. Rhodochori by Naoussa 4-11-83 leg. Michalis - Fragoulis and Panidis. T935 22 sam. Border between Naoussa and Giannakochori 4-11-83 leg. Michalis - Fragoulis and Panidis. T941 2 sam. Karydies by Agia Foteini 4-11-83 leg. Michalis - Fragoulis and Panidis. T944 3 sam. Fyteia by Veroia 20-11-83 leg. Michalis.

Allolobophora jassyensis (Michaelsen, 1891)

T839 2 sam. Sevastiana province Pella 23-6-82 leg. Michalis - Fragoulis and Panidis. T844 1 sam. South region Agia Foteini 23-6-82 leg. Michalis - Fragoulis and Panidis. T853 7 sam. Village Proastio by Edessa 23-6-82 leg. Michalis - Fragoulis and Panidis.

Allolobophora antipai (Michaelsen, 1891)

T945 2 sam. Fyteia by Veroia 10-11-83 leg. Michalis

Genera Eiseniella Michaelsen, 1900

Eiseniella colchidica Peréi, 1967

T943 e sam. Western region by Veroia 20-11-83 leg. Michalis.

This species is found for second time in Greece. For first time it was found in 1980 by Zicsi - Michalis (ZICSI-MICHALIS, 1981).

Eiseniella tetraedra tetraedra (Savigny, 1826)

T837 10 sam. Bridge by Agia Foteini 23-6-82 leg. Michalis - Fragoulis and Panidis. T845 2 sam. Southern region Agia Foteini 23-6-82 leg. Michalis - Fragoulis and Panidis. T849 1 sam. River Flamouria 23-6-82 leg. Michalis - Fragoulis and Panidis. T849 1 sam. River Flamouria 23-6-82 leg. Michalis - Fragoulis and Panidis. T915 5 sam. Agios Nikolaos (Arapitsa) by Naoussa 4-11-83 leg. Michalis - Fragoulis and Panidis.

Eiseniella tetraedra hercynia (Michaelsen, 1890)

T838 1 sam. Bridge Agia Foteini 23-6-82 leg. Michalis - Fragoulis and Panidis.

Genera Eisenia Malm, 1877 emend. Pop, 1941

Eisenia foetida (Savigny, 1826)

T855 1 sam. Village Proastio by Edessa 23-6-82 leg. Michalis - Fragoulis and Panidis.

Genera Dendrobaena Eisen, 1874 emend. Pop, 1941

Dendrobaena veneta (Rosa, 1886)

T913 15 sam. Agios Nikolaos (Arapitsa) by Naoussa 4-11-83 leg. Michalis - Fragoulis and Panidis.

Dendrobaena byblica (Rosa, 1893)

T850 1 sam. River Flamouria 23-6-82 leg. Michalis - Fragoulis and Panidis.

Genera Octolasion Oerley, 1885

Octolasion lacteum (Oerley, 1881)

T831 3 sam. Eastern region Agia Foteini 23-6-82 leg. Michalis - Fragoulis and Panidis. T847 1 sam. River Flamouria 23-6-82 leg. Michalis - Fragoulis and Panidis. T856 1 sam. Village Proastio by Edessa 23-6-82 leg. Michalis - Fragoulis and Panidis. T860 1 sam. Kerassies by Agia Foteini 23-6-82 leg. Michalis - Fragoulis and Panidis. T909 52 sam. Agios Nikolaos (Arapitsa) by Naoussa 4-11-83 leg. Michalis - Fragoulis and Panidis. T926 3 sam. Militsa by Naoussa 4-11-83 leg. Michalis - Fragoulis and Panidis. T930 3 sam. Agios Nikolaos (Arapitsa) by Naoussa (North region) 4-11-83 leg. Michalis - Fragoulis and Panidis. T931 11 sam. Rhodochori by Naoussa 4-11-83 leg. Michalis - Fragoulis and Panidis. T936 4 sam. Border between Naoussa and Giannakochori 4-11-83 leg. Michalis - Fragoulis and Panidis.

Genera Octodrilus Omodeo, 1956

Octodrilus complanatus (Ant. Dugès, 1828)

T914 5 sam. Agios Nikolaos (Arapitsa) by Naoussa 4-11-83 leg. Michalis - Fragoulis and Panidis. T927 1 sam. Militsa by Naoussa 4-11-83 leg. Michalis - Fragoulis and Panidis.

Genera Lumbricus Linnaeus, 1758 emend. Eisen, 1874

Lumbricus rubellus Hoffmeister, 1843

T828 26 sam. Eastern region Agia Foteini 23-6-82 leg. Michalis - Fragoulis and Panidis. T835 30 sam. Bridge by Agia Foteini 23-6-82 leg. Michalis - Fragoulis and Panidis. T840 25 sam. South region Agia Foteini 23-6-82 leg. Michalis - Fragoulis and Panidis. T846 9 sam. River Flamouria 23-6-82 leg. Michalis Fragoulis and Panidis. T854 2 sam. Village Proastio by Edessa 23-6-82 leg. Michalis and Panidis. T858 6 sam. Kerassies by Agia Foteini 23-6-82 leg. Michalis - Fragoulis and Panidis. T861 15 sam. Bridge Flamouria 23-6-82 leg. Michalis - Fragoulis and Panidis. T 912 19 sam. Agios Nicolaos (Arapitsa) by Naoussa 4-11-83 leg. Michalis - Fragoulis and Panidis. T916 6 sam. Agios Athanasios by Naoussa 4-11-83 leg. Michalis - Fragoulis and Panidis. T920 4 sam. Rema by Rodochori 4-11-83 leg. Michalis - Fragoulis and Panidis. T925 4 sam. Militsa by Naoussa 4-11-83. Michalis - Fragoulis and Panidis. T929 7 sam. Agios Nikolaos (Arapitsa) by Naoussa (North region). 4-11-83 leg. Michalis - Fragoulis and Panidis. T934 6 sam. Rodochori by Naoussa 4-11-83 leg. Michalis - Fragoulis and Panidis. T938 2 sam. Border between Naoussa and Rodochori 4-11-83 leg. Michalis - Fragoulis and Panidis. T940 5 sam. Karydies by Agia Foteini 4-11-83 leg. Michalis - Fragoulis and Panidis.

Study of soil factors

1 - Procedure for soil analysis.

The procedure consist from three parts (Alexiadis, 1977).

2 - For the determination of organic matter we used :

a) The method of oxidation of $K_2 Cr_2 O_7$ in presence of H_2SO_4 (Alexiadis, 1977).

b) The Loss by ignition % (Lunt - Jacobson, 1944) in temperatures from 1000° C to 1100° C.

The results of the above measurements are found on table I.

Biotopes	PH	Organic matter %	Carbon %	Loss by ignition %	CL	Sand %	Sand fractions %					
							0.50	0.250	0.180	0.125	0.09	0.063
1	6.59	3.19	1.85	12.92	59.74	39.05	2.10	16.28	13.09	27.44	22.44	18.65
2	6.69	1.59	0.92	11.29	73.72	24.07	3.57	16.76	9.73	23.10	23.59	23.25
3	6.71	4.08	2.37	22.87	59.65	34.55	2.78	18.58	9.18	19.51	23.58	26.37
4	6.81	3.58	2.08	13.30	34.97	58.82	2.02	21.69	12.15	24.68	21.07	18.39
5	6.76	3.45	2.00	12.73	43.00	53.37	8.56	24.83	10.97	19.75	18.06	17.83
6	6.58	4.98	2.89	16.86	60.89	31.23	1.29	18.38	12.01	23.52	22.20	22.59
7	4.96	7.72	4.48	16.64	43.80	47.32	4.08	24.51	11.70	21.17	20.67	17.87
8	6.82	1.16	0.67	18.13	63.40	33.38	2.43	15.45	10.83	24.09	23.86	23.34

Table I - Shows the results of soil mechanical analysis with the various procedures.

The determination of soil pH, for each biotope, was done potentiometrically, with solution of INKCl. The results from these measurements are found on table II.

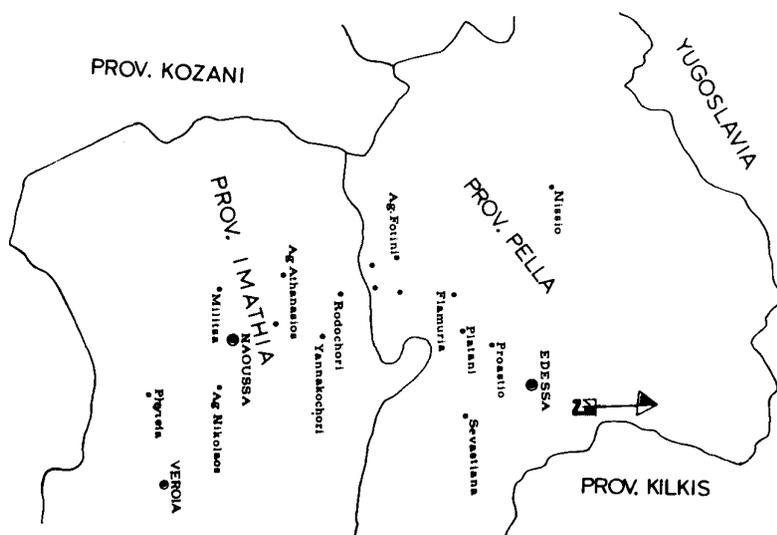
Species \ Biotopes *	7	6	1	2	3	5	4	8
<i>Lumbricus rubellus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Allolobophora rosea</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Allolobophora clortica</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Allolobophora calliginosa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Allolobophora jassyensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Octolasion lacteum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Dendrobaena subrubicunda</i>						0		
<i>Dendrobaena byblica</i>							0	
<i>Eiseniella t.tetraedra</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Eiseniella t.hercynia</i>						0		
<i>Eisenia foetida</i>			0					

Table II - Shows the range of pH for the various species (horizontal) and the number of species for each biotope (vertical).

CONCLUSIONS

As could be seen from tables I and II, which contain the results of mechanical analysis, and pH, most species we found in our collection from the northwest region of Pella province appeared to have a wide range of pH. This observation is in agreement with the results of Edwards and Lofty (1977). As it appears: from table II, the species *Lumbricus rubellus*, *Allolobophora caliginosa*, *Allolobophora jassyensis*, *Eiseniella tetraedra tetraedra* and *Octolasion lacteum* were found in a wide range of pH, so they could be characterized as ubiquitous. In fact, the above mentioned are cosmopolitan species.

Combining the data from tables I and II we show that, the more organic matter in a biotope, the more species we found in this. Naturally, it was something expected. Also, the same we observed for C. However, the opposite results we had for the percentage of silt-clay. The higher this



Map of Pella and Imathia provinces

percentage, the fewer the species we found. In our opinion this could be explained from the fact that, so the silt increases the oxygen concentration decreases and this is a problem for Oligochaeta.

As regard the percentage of sand, we see a relative increase of species in each biotope. This is so because in these region, we have a good oxygenation of the soil, but because the high percentage of silt, the detention of water is limited. Because of this, these soils are not fertile.

REFERENCES

- ALEXIADIS . (1977). - Fysiki ke chimiki analysis tou edaphous. Thessaloniki. 1 - 383.
- BOUCHE B. M. (1972). - Lumbriciens de France. Ecologie et Systematique. Ed. INRA, Paris 1 - 671.
- CROXTON E. FRED. (1959). - Elementary statistics with aplications in medicine and the Biological Sciences. N. York.
- EDWARDS C. A. , LOFTY J. R. (1977). - Biology of earthworms. Sec., Edit., London 1 - 833.
- KOLTHOFF I. M., JANDELL E. - Texbook of quantitative inorganic analysis. Third Edit.
- MICHALIS K. (1983).) New biotopes of the species *Allolobophora dofleini* (Ude, 1922) and the subspecies *Bimastus antiquus bouchei* Zisci - Michalis, 1981 (Oligochaeta : Lumbricidae) Ecol. Med., IX, 1, 57 - 64.
- PEREL T. S. (1977). - Key to *Lumbricidae* genera based on the shape and position of nephridial bladers a taxonomic character (USSR fauna taken as an example) P., Cent., pir., Biol., exp. 9 : 85 - 94.
- PEREL T. S. (1979). - Range and regulirities in the distribution of earthworms of USSR fauna. Publ., Nanka, Moskow, 1 - 272.
- POP V. (1941). - Zur Phylogenie und Systematik der Lumbriciden. Zool., Jahrb System., 74 : 487 - 522.
- ZICSI A., MICHALIS K. (1981). - Übersicht der Regenwurm - fauna Griechelands. (Oligochaeta : Lumbricidae). Act., Zool., Acad., Scien., Hung., XXVII, 1-2, 239 - 264.

Le phytoplancton apporté par l'Arc à l'étang de Berre (côte méditerranéenne française) :

- dénombrement, composition spécifique, pigments et adénosine 5' triphosphate.

M. TRAVERS★★
KI-TAI KIM★

RESUME - Des prélèvements réguliers ont été effectués pendant deux ans à proximité de l'embouchure de l'Arc pour étudier les principaux caractères de son phytoplancton et son influence sur l'écologie de l'étang fortement dessalé de Berre, dont l'Arc est un important affluent. Il a été identifié 80 taxons dont 60 Diatomées, surtout Pennées. Sauf multiplication intense mais rare de petites Chlorophycées (jusqu'à $38 \cdot 10^6 \cdot l^{-1}$), l'essentiel du phytoplancton (ou pseudo-phytoplancton) est constitué de Diatomées. Les moyennes bisannuelles les plus significatives sont d'environ 800.000 cellules ; $3,2 \mu g$ de chlorophylle a et $50 \mu g$ de Carbone phytoplanctonique par litre, mais il existe d'importantes variations saisonnières. La composition des peuplements, leur diversité spécifique et leur équitabilité (généralement élevées) indiquent une pollution modérée (mésosaprobité) : parmi les espèces les plus abondantes, on rencontre une prédominance de β -mésosaprobies, mais aussi des contingents notables d' α -mésosaprobies et d'oligosaprobies. Malgré un volume cellulaire moyen beaucoup plus important que celui du phytoplancton de Berre, la biomasse phytoplanctonique de l'Arc est un peu plus faible que celle de l'étang. Les apports de l'Arc se traduisent donc par une certaine dilution du plancton. Ils sont néanmoins essentiels pour l'étang, non seulement par leur contenu très important en azote et phosphore inorganiques, mais encore par un "ensemencement" régulier en espèces susceptibles de se multiplier dans cet étang essentiellement peuplé de phytoplancton dulçaquicole.

SUMMARY - Water samples have been regularly carried out from a station in the estuary of the River Arc over a two years period, in order to study phytoplankton principal characters and their influences on the ecology of Etang de Berre, a very diluted brackish lake (South-East of France). 80 taxa have been identified, among which 60 were Pennate Diatoms. Except for the intensive but very rare multiplication of little Chlorophyceae (maximum : $38 \cdot 10^6 \text{ cell} \cdot l^{-1}$), natural main phytoplankton (pseudo-phytoplankton) populations usually consisted of Diatoms. Two-years averages are about 800.000 $\text{cell} \cdot l^{-1}$, $3,2 \mu g \cdot l^{-1}$ chlorophyll and $50 \mu g \cdot l^{-1}$ phytoplanktonic carbon, but there were important seasonal variations. The composition of plankton population, the specific diversity and the equitability (generally high) indicate a mesosaprobic pollution : a predominance of β -mesosaprobic species has been observed among the most abundant taxa. But contingents of α -mesosaprobic and oligosaprobic species were also observed. In spite of a much bigger cell volume than in the Etang de Berre, the phytoplankton biomass in the River Arc is a little lower than that of the Etang de Berre. The phytoplankton of the Etang de Berre gets somewhat diluted by Arc River outflow but this input remains essential, not only because of its very high content of inorganic nitrogen and phosphorus, but also for the constant breeding with cells capable of multiplying in the area mainly populated with freshwater species.

MOTS CLES : Phytoplancton, Arc, étang de Berre, Utermöhl, diversité, pigments, ATP.

★ Yeungnam University, Dept. Biol., College of Science, 214-1 Dae-dong, 632 GYONGSAN, Republic of Korea.

★★ Centre d'Océanologie de Marseille, Station Marine d'Endoume, rue Batterie des Lions, 13007 MARSEILLE, France.

INTRODUCTION

L'étang de Berre et son annexe, l'étang de Vaïne, forment une étendue d'eau saumâtre vaste (en tout 180 km²) mais peu profonde (5,4 m en moyenne) reliée à la Méditerranée NW par le canal de Caronte et le Golfe de Fos (figure 1). La salinité de ces étangs, autrefois proche de celle de la mer, s'est considérablement abaissée depuis la dérivation vers l'étang de Berre, en 1966, du plus important affluent du Rhône, la Durance, en vue de son exploitation hydroélectrique. La salinité de l'eau est maintenant le plus souvent comprise entre 2 et 3‰, mais peut subir des variations importantes et remonter en été jusqu'à 15‰, voire davantage au voisinage du fond (KIM et TRAVERS, 1984).

Grâce notamment à la richesse exceptionnelle du milieu en sels nutritifs, ces étangs présentent une production primaire pélagique relativement élevée (290 g C.m⁻².an⁻¹ ; KIM, 1983) et entretiennent une très forte densité de populations phytoplanctoniques (environ 10⁸ cell.l⁻¹ en moyenne). Les espèces dominantes y sont généralement d'origine dulçaquicole (KIM et TRAVERS, 1984).

On a montré (KIM et TRAVERS, 1985), que l'Arc, principal affluent de l'étang de Berre avant la dérivation E.D.F. (Electricité de France) de la Durance, joue encore un rôle de premier plan dans l'enrichissement des étangs en nitrates et phosphates susceptibles de limiter la photosynthèse. On peut évaluer les apports annuels d'azote nitrique et de phosphore inorganique respectivement à 642 et 70 t.

Puisque le phytoplancton des étangs est essentiellement dulçaquicole, il était également intéressant de chercher à mesurer le rôle joué par l'Arc à cet égard, qualitativement et quantitativement, par ses propres apports continuels d'organismes phytoplanctoniques à l'étang de Berre.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Pendant deux ans, des échantillons d'eau ont été prélevés en surface dans l'Arc, à environ 1,8 km de son embouchure, à partir du pont proche du village de Mauran (figure 1). Du 7 décembre 1976 au 11 décembre 1978 ont été réalisés 52 prélèvements à raison de 3 par mois, en moyenne, pendant la première année, et d'un seul par mois ensuite.

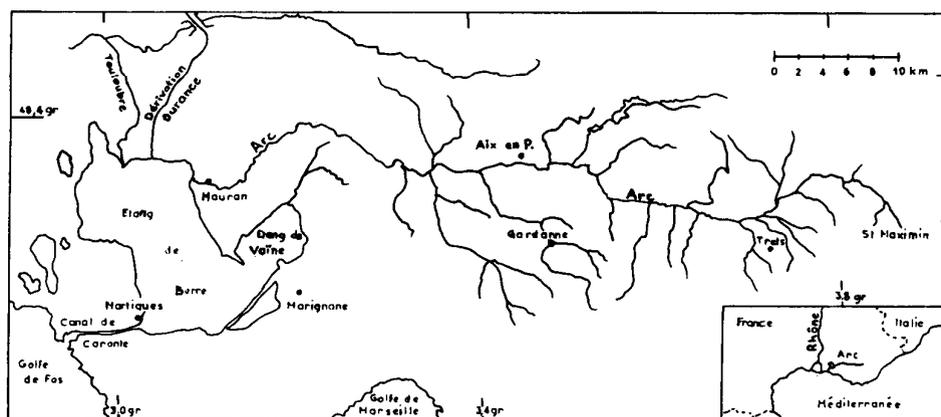


Fig. 1 - Le bassin de l'Arc et l'Etang de Berre.

200 ml d'eau, fixés au Lugol-acétate, étaient destinés à l'étude microscopique du phyto-plancton, selon la méthode d'Utermöhl (1931, 1958 ; chambres combinées de 5 à 100 ml ; microscope Wild M 40 équipé du contraste de phase).

500 ml d'eau étaient réservés au dosage de la chlorophylle a et des phéopigments par fluorimétrie, selon la méthode de YENTSCH et MENZEL (1963): filtration de 50 à 500 ml sur filtres Sartorius en acétate de cellulose de porosité 0,45 μm ; fluorimètre à filtres Turner (Model III), avec photomultiplicateur R 136, filtres Corning Cs-5-60 et Cs-2-64.

Enfin, 200 ml étaient utilisés pour le dosage de l'A.T.P. (adénosine 5' triphosphate) selon la méthode de HOLM-HANSEN et BOOTH (1966) : filtration de 100 à 200 ml sur filtres Sartorius en acétate de cellulose de porosité 0,45 μm ; appareil Pico-ATP Jobin et Yvon.

Une certaine pondération a été apportée dans le calcul des moyennes générales afin de tenir compte de l'espacement irrégulier des sorties. Chaque valeur bisannuelle est la moyenne de deux valeurs annuelles ; chacune de celles-ci est la moyenne des valeurs mensuelles et la moyenne du mois est une simple moyenne arithmétique des données de chaque sortie du mois. Toutefois pour les pigments et pour les densités de populations, dont les valeurs présentent une distribution très éloignée de la normale, on a eu recours à la transformation logarithmique de chaque valeur avant les calculs de moyennes. Une transformation inverse a finalement conduit à des moyennes géométriques.

L'hétérogénéité et le degré d'organisation ou de complexité des peuplements ont été évalués selon deux indices liés à la théorie de l'information : l'indice de Brillouin-Margalef (BRILLOUIN, 1951 ; MARGALEF, 1956) :

$$\bar{D} = \frac{1}{N} \log_2 \frac{N!}{s \prod_{i=1}^s n_i!}, \text{ et l'indice de Shannon (1948) :}$$

$$\bar{D}' = - \sum_{i=1}^s \frac{n_i}{N} \log_2 \frac{n_i}{N}. \text{ Le sous-échantillon étudié intégralement a un effectif total de } N$$

individus répartis parmi les S espèces présentes d'effectifs n_i . La diversité est ainsi exprimée en bits par individu ou plus précisément ici en bits par cellule (ou par filament de Cyanophycée). Ces deux indices sont pratiquement équivalents pour de grands échantillons, \bar{D} prenant toujours une valeur un peu inférieure à \bar{D}' (e.g. PIELOU, 1969 ; TRAVERS, 1971). Bien que \bar{D} convienne mieux que \bar{D}' pour les petites collections dénombrées complètement (PIELOU, 1966a, 1966b, 1969, 1975), la plupart des auteurs préfèrent l'indice de Shannon, surtout à cause de sa simplicité et de l'élégance de la formule théorique : $H = - \sum p_i \log p_i$. Dans le cas présent, il nous a paru prudent d'utiliser simultanément les deux indices car il y a parfois des sous-échantillons vraiment petits, d'où une divergence notable entre les deux estimations. D'ailleurs, certaines valeurs de N ou S étaient trop faibles pour permettre un calcul fiable et les résultats n'ont pas été retenus.

Accessoirement, on a aussi calculé l'indice de Gleason-Margalef (MARGALEF, 1951) :

$d = \frac{S-1}{\log_e N}$. Le recours à cet indice fort simple est évidemment inutile *a priori* quand on dispose d'indices tenant compte de la représentation de chaque espèce. Mais il est intéressant de voir dans quelle mesure son évolution suit celle de tels indices.

Pour apprécier la part prise dans la diversité par le mode de distribution des individus dans les catégories spécifiques, la diversité relative a été évaluée, soit par rapport à la diversité maximale possible pour N et S mesurés, soit par rapport à l'intervalle maximal de variation possible pour ces mêmes valeurs (e.g. PIELOU, 1966a, 1966b, 1975 ; HURLBERT, 1971). On a ainsi pour l'indice de Brillouin-Margalef :

$$J = \frac{\bar{D}}{\bar{D}_{\max}} \quad \text{et} \quad E = \frac{\bar{D} - \bar{D}_{\min}}{\bar{D}_{\max} - \bar{D}_{\min}}$$

(cette mesure d'équidistribution est le complément à 1 de la redondance R de PATTEN, 1961, 1962 - qui est elle-même une mesure de dominance multispécifique). Dans ces équations,

$$\bar{D}_{\max} = \frac{1}{N} (\log_2 N! - S \log_2 (N/S)!), \text{ estimation purement théorique, mais simple et suffisante, et}$$

$$\bar{D}_{\min} = \frac{1}{N} (\log_2 N! - \log_2 [N-(S-1)]!). \text{ Pour l'indice de Shannon, on montre aisément que}$$

$\bar{D}'_{\max} = \log_2$ et que $\bar{D}'_{\min} = 0$, d'où une seule estimation de diversité relative : $J' = E' = \frac{\bar{D}'}{\log_2 S}$.

COMPOSITION, DENSITÉ ET DIVERSITÉ DES POPULATIONS PHYTOPLANCTONIQUES

I - COMPOSITION TAXINOMIQUE

Il a été identifié 80 taxons appartenant à 72 espèces différentes et à 5 classes d'importance très inégale (tableau 1). Cet inventaire est relativement limité car il n'avait pas pour but d'établir une liste exhaustive mais de dénombrer et identifier les taxons les plus abondants. On constate néanmoins une dominance très forte des Diatomées puisqu'on y rencontre 60 taxons élémentaires (53 espèces) en grande majorité d'origine benthique et classés dans les Pennées. 16 genres sont représentés dans cet inventaire. Les plus diversifiés sont *Nitzschia* avec 12 taxons de base, *Navicula* (6), *Surirella* (5), puis avec 4 taxons chacun : *Cyclotella*, *Fragilaria*, *Melosira*, *Rhoicosphenia* et *Synedra*.

Très en retrait de cette prépondérance des Diatomées, on trouve les Chlorophycées représentées par 13 taxons répartis en 8 genres dont aucun ne domine fortement. Les Cyanophycées (ou Cyanobactéries) identifiées appartiennent à 5 espèces de 5 genres différents. Il est possible que les filaments d'*Oscillatoria okenii* Agardh aient été confondus dans la masse des *O. rubescens*. La présence de *Wollea saccata* peut surprendre, compte tenu de ce que l'on connaît de sa distribution dans le monde, mais la détermination nous paraît correcte (comme dans l'étang de Berre et la mer proche - KIM, 1980 ; KIM et TRAVERS, 1984).

En ce qui concerne les Chlorophycées, à la liste du tableau 1 s'ajoutent des espèces non identifiées appartenant au genre *Scenedesmus* et indiquées *Scenedesmus* spp. A dans le texte. Leurs cellules ont une taille relativement petite et sont groupées en cénobes de deux cellules seulement. Il est assez souvent arrivé que des flagellés nus, notamment des Chlorococcales et des Gymnodiniens, n'ont pas pu être identifiés, ni même parfois rangés dans une classe, en raison des déformations subies.

Le tableau 2 donne une indication approximative des variations quantitatives des espèces les mieux représentées (lorsqu'elles dépassent en plusieurs occasions la densité de 1000 cell.l⁻¹). A une exception près, il ne s'agit que de Diatomées. Les Chlorophycées, la plupart des Cyanophycées et du reste aussi nombre d'espèces de Diatomées sont susceptibles aussi de se multiplier mais de façon seulement très sporadique.

II - VARIATIONS SAISONNIÈRES (Fig. 2, 3 et 4).

La densité des populations phytoplanctoniques s'est révélée extrêmement variable entre quelques milliers et 39 millions de cellules par litre, soit selon un rapport de variation de 4 ordres de grandeur. On peut résumer de la façon suivante l'évolution quantitative et qualitative de ce phytoplancton pendant les deux années d'étude.

La phase hivernale (1976-77) de pauvreté phytoplanctonique dure jusqu'en février, les densités de populations n'excédant pas 100.000 cellules par litre jusqu'au début de ce mois, puis s'élevant alors rapidement pour atteindre 300.000 cell.l⁻¹ en fin de mois. Malgré une équitabilité assez forte, la diversité est seulement modérée en raison des effectifs réduits.

On remarque pendant cette période la présence constante de *Navicula viridula* var. *viridula* qui se développe graduellement et accentue sa prolifération fin février (160.000 cell.l⁻¹) pour prendre une place importante pendant la période suivante. La Cryptophycée *Rhodomonas pusilla* et les Diatomées *Gomphonema olivaceum* var. *calcareum*, *Synedra ulna* var. *ulna*, *Cymbella affinis*, *Nitzschia palea* var. *palea* ont été observées avec une densité un peu plus importante que les autres espèces.

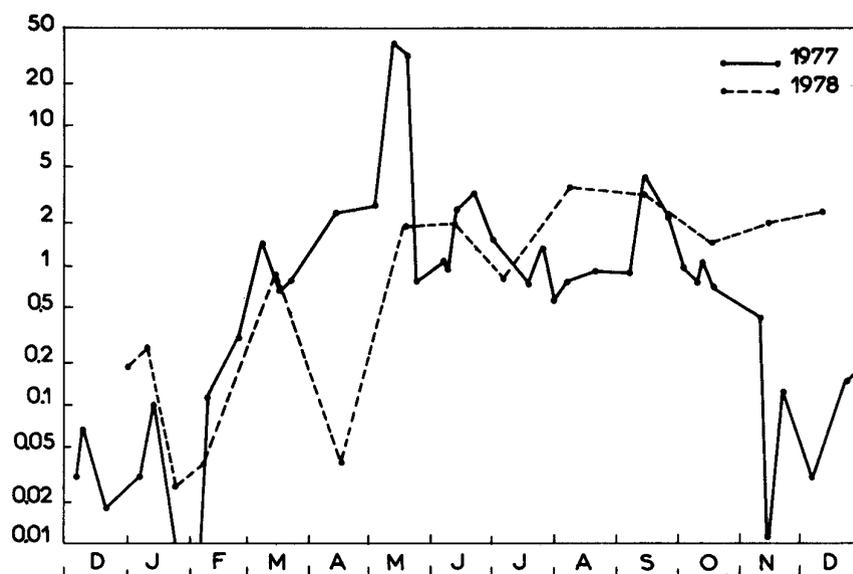


Fig. 2. - Evolution annuelle de la densité des populations phytoplanctoniques en 10^6 cell.l^{-1} de décembre 1976 à décembre 1978.

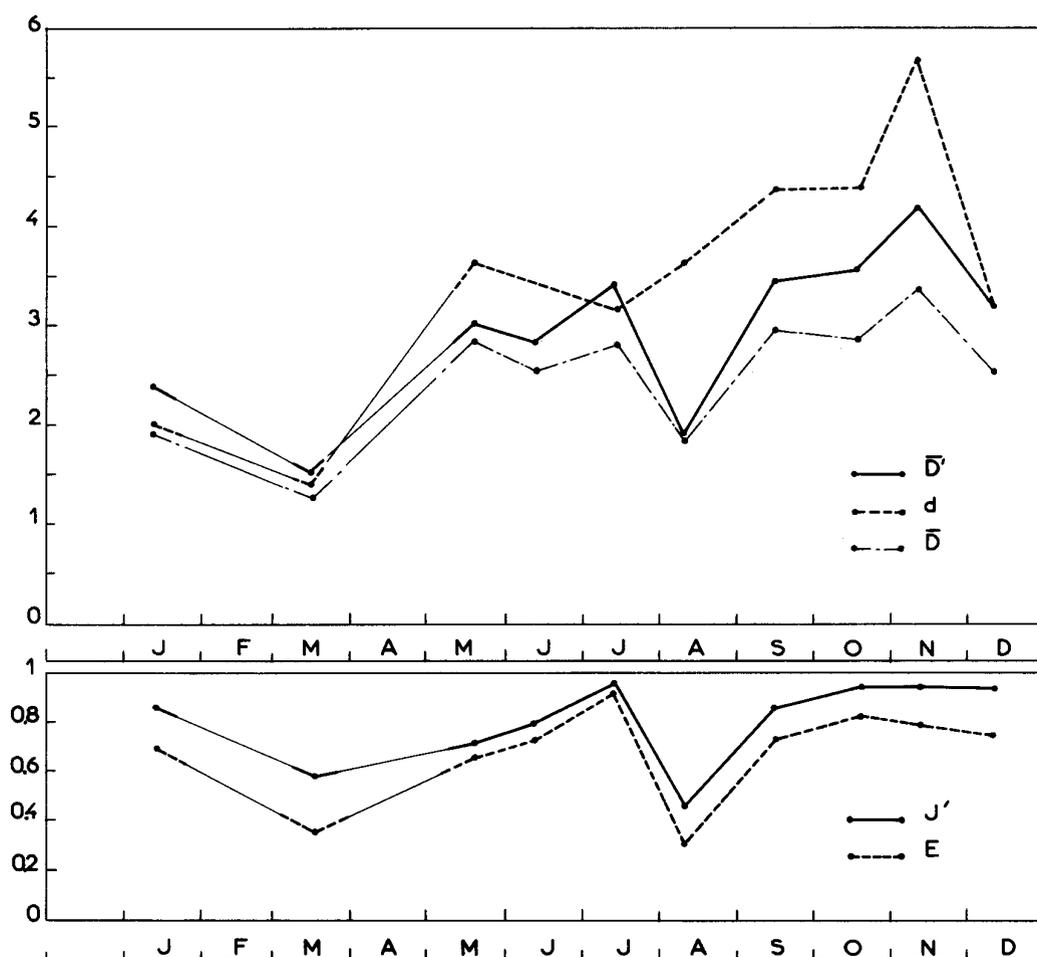


Fig. 3. - Evolution annuelle de la diversité et de l'équitabilité taxinomiques en 1977.

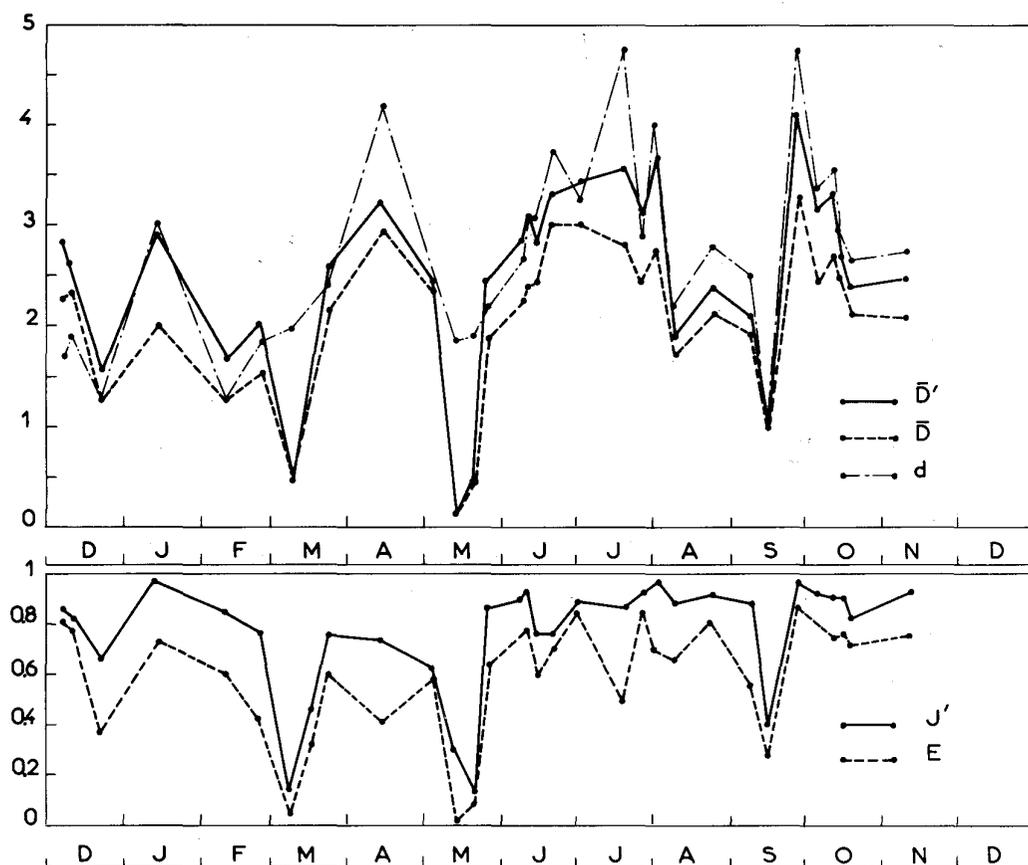


Fig. 4. - Evolution annuelle de la diversité et de l'équitabilité taxonomiques en 1978

La poussée "printanière" commencée au cours de février s'accroît et se prolonge jusqu'en mai où elle atteint la densité considérable de $39 \times 10^6 \text{ cell.l}^{-1}$ avant de régresser très brutalement. *Navicula viridula* var. *viridula* domine les populations de Diatomées en mars et avril, relayée par *Melosira varians* au début de mai ; leur densité peut atteindre $1,5 \cdot 10^6 \text{ cell.l}^{-1}$. Mais la poussée numérique principale est due bien davantage à la forte multiplication de très petites Chlorococcales dont la densité dépasse $38 \times 10^6 \text{ cell.l}^{-1}$. En outre, on observe *Synedra ulna* var. *ulna*, *Gomphonema olivaceum* var. *calcareum*, *Diatoma vulgare* var. *vulgare* et var. *productum*, *Pinnularia microstauron* var. *microstauron*, *Surirella ovata* var. *salina*, *Cyclotella comta* var. *comta*, *Scenedesmus quadricauda*, *Fragilaria crotonensis* var. *crotonensis*, *Nitzschia palea* var. *palea*, *N. acicularis* var. *acicularis*, *Rhoicosphenia curvata* var. *curvata*, *R. marina* var. *heterosticta*, dont l'abondance est généralement comprise entre 10^4 et 10^5 cell.l^{-1} .

Pendant cette poussée diversité et équitabilité varient beaucoup. D'abord faibles en mars, quand le phytoplancton est fortement dominé par *Navicula viridula* var. *viridula*, elles atteignent des valeurs nettement plus élevées de la fin de mars au début de mai, en relation avec la multiplication simultanée d'un ensemble d'espèces de Diatomées. Elles retrouvent provisoirement des valeurs minimales en mai lors du développement massif des nanochlorophycées.

De fin mai à début septembre 1977, la densité des populations varie entre $0,7$ et $3,2 \times 10^6 \text{ cell.l}^{-1}$. Leur diversité relative demeure constamment élevée tandis que la diversité globale s'élève à des valeurs maximales de fin juin au début d'août, puis décroît légèrement. Une grande partie des taxons de la période printanière sont encore représentés. *Melosira varians* renforce sa présence (autour de 10^6 cell.l^{-1}). *Nitzschia acicularis* var. *acicularis* et *N. palea* var. *palea* se multiplient rapidement, atteignant 10^5 à 10^6 cell.l^{-1} . On remarque aussi en particulier l'apparition

de *Cocconeis placentula* var. *euglypta* dont l'abondance et la fréquence égalent celle de *Melosira varians*. D'autre part, on observe *Diatoma vulgare* var. *vulgare* et var. *productum*, *Gomphonema olivaceum* var. *calcareum*, *Rhoicosphenia curvata* var. *curvata* et *Surirella ovata* var. *salina* dont les populations atteignent environ 10^4 à 10^5 cell.l⁻¹. *Fragilaria crotonensis* var. *crotonensis* a été observée en abondance mais moins fréquemment que pendant la poussée printanière. En revanche, *Rhoicosphenia marina* var. *heterosticta* accroît un peu sa population. On trouve ensuite, par ordre d'importance décroissante, *Navicula viridula* var. *viridula* et *Synedra ulna* var. *ulna* qui diminuent jusqu'à 10.000 cell.l⁻¹ environ. *Asterionella formosa* var. *formosa* et *Cyclotella glomerata* se multiplient sporadiquement, dépassant alors 10^5 cell.l⁻¹. La plupart des taxons observés avec quelque abondance pendant cette période sont donc des Diatomées.

Pendant la seconde moitié de septembre est observée une poussée automnale atteignant 4×10^6 cell.l⁻¹ et provoquant une chute importante des valeurs de tous les indices de diversité. Cette poussée mise à part, la population automnale est quantitativement voisine de celle de l'été ou un peu moins abondante. Sa diversité taxinomique reprend aussi des valeurs comparables. Divers taxons jouent un rôle dans cette poussée, mais on peut surtout citer la prépondérance de *Navicula viridula* var. *viridula* et *Nitzschia palea* var. *palea* suivies par *Melosira varians*. D'autres taxons ont été observés moins fréquemment. Ce sont *Cocconeis placentula* var. *euglypta*, *Gomphonema olivaceum* var. *calcareum*, *Rhoicosphenia curvata* var. *curvata*, *R. marina* var. *heterosticta*, *Surirella ovata* var. *salina* et *Scenedesmus* spp. A, atteignant environ 10^4 à 10^5 cell. l⁻¹, ainsi que *Synedra ulna* var. *ulna* dont les populations sont un peu moins nombreuses.

La période de pauvreté qui s'étend de mi-novembre 1977 à février 1978 commence par une chute brutale de la densité du phytoplancton au milieu de novembre (11.000 cell.l⁻¹). On assiste ensuite à deux recrudescences limitées : le 22 novembre (125.000 cell.l⁻¹), la population est surtout constituée par *Pinnularia microstauron* var. *brebissonii* et *Synedra ulna* var. *ulna* ; le 23 décembre (150.000 cell.l⁻¹) et le 11 janvier (250.000 cell.l⁻¹) par *Nitzschia palea* var. *palea*, *Navicula viridula* var. *viridula*, *Diatoma vulgare* var. *vulgare* et *Synedra ulna* var. *ulna*.

Les variations quantitatives sont très importantes de mars à juin 1978. Une première poussée printanière correspondant à une chute de la diversité est constatée en mars où elle atteint 900.000 cell.l⁻¹, mais elle ne se poursuit pas en avril et la densité retombe alors à environ 40.000 cell.l⁻¹. Une grande poussée ($2,4 \times 10^6$ cell. l⁻¹) se développe ensuite en mai et juin. *Navicula viridula* var. *viridula* est fortement prédominante sur les autres espèces pendant la poussée de mars et on la retrouve dans la grande poussée, cette fois bien secondée par *Nitzschia palea* var. *palea*. Ces deux espèces sont suivies en importance, surtout lors de cette seconde poussée, plus multispécifique que la première, d'où une diversité et une équitabilité plus fortes, par *Diatoma vulgare* var. *vulgare*, et *Gomphonema olivaceum* var. *calcareum*, légèrement moins abondantes, puis *Melosira varians* et *Nitzschia acicularis* var. *acicularis* qui se multiplient sporadiquement, leur abondance égalant ou dépassant parfois celles de *Navicula viridula* var. *viridula* et de *Nitzschia palea* var. *palea*. Cette poussée comprend également mais à un niveau plus modeste (10^4 à 10^5 cell.l⁻¹) *Cocconeis placentula* var. *euglypta*, *Diatoma vulgare* var. *productum*, *Fragilaria crotonensis*, *F. intermedia*, *Pinnularia microstauron* var. *brebissonii* et var. *microstauron*, *Surirella ovata* var. *salina*, *Synedra ulna* var. *ulna* et *Ankistrodesmus falcatus* var. *falcatus*.

Pendant la longue période estivale et automnale qui dure de juillet à décembre 1978, l'Arc conserve un phytoplancton relativement abondant et généralement diversifié. Après une légère décroissance en juillet, au cours de laquelle la population se réduit jusqu'à 800.000 cell. l⁻¹, la poussée reprend de plus belle en août avec un développement de Chlorophycées qui abaisse fortement la diversité et élève la densité jusqu'à $3,4 \times 10^6$ cell.l⁻¹. Une certaine décroissance réapparaît en octobre, mais elle est limitée ($1,5 \times 10^6$ cell.l⁻¹) et la poussée reprend pour atteindre $2,35 \times 10^6$ cell.l⁻¹ en décembre.

Pendant ce semestre, *Diatoma vulgare* var. *productum*, *Fragilaria intermedia*, *Navicula viridula* var. *viridula*, *Nitzschia kuetzingiana* var. *kuetzingiana*, *N. palea* var. *palea*, *Oscillatoria rubescens*, *Wolleea saccata* se sont multipliées abondamment et fréquemment, atteignant environ 10^5 à 10^6 cell. l⁻¹ (ou filaments l⁻¹ pour les Cyanophycées filamenteuses). *Gomphonema olivaceum* var. *calcareum*, *Nitzschia acicularis* var. *acicularis*, *Ankistrodesmus falcatus* var. *mirabilis* et *Scenedesmus* spp. sont également responsables des poussées de cette période mais moins abondants que les

taxons cités auparavant. *Cyclotella melosiroïdes* présente des floraisons abondantes mais très sporadiquement. D'autre part, *Pinnularia microstauron* var. *brebissonii*, *Rhoicosphenia marina* var. *heteroticta* et *Ankistrodesmus falcatus* var. *falcatus* conservent plus de 10^4 cell.l⁻¹.

Si l'on compare l'évolution du phytoplancton au cours des deux années, on constate qu'en 1977, les variations des populations phytoplanctoniques semblent plus fortes que l'année suivante. L'évolution saisonnière peut paraître plus compliquée en 1977 qu'en 1978, mais en fait, elle est plus facile à schématiser. On peut dire que, pendant les deux années, le cycle annuel comprend une phase de relative pauvreté hivernale, une phase de croissance printanière, en une ou deux poussées d'intensité variable, puis une longue période estivo-automnale marquée par une série de poussées.

Parmi les taxons dominant le phytoplancton de l'Arc, certains ont été observés en abondance au cours des deux années, tels *Diatoma vulgare* var. *vulgare* et var. *productum*, *Gomphonema olivaceum* var. *calcareum*, *Navicula viridula* var. *viridula*, *Nitzschia acicularis* var. *acicularis* et *N. palea* var. *palea*. Parmi ceux qui ne se sont fortement développés que pendant une seule des deux années, les taxons représentés seulement ou surtout en 1977 sont : *Cocconeis placentula* var. *euglypta*, *Fragilaria crotonensis* var. *crotonensis*, *Melosira varians*, *Pinnularia microstauron* var. *microstauron*, *Rhoicosphenia curvata* var. *curvata*, *Surirella ovata* var. *salina* et *Synedra ulna* var. *ulna*. Au contraire, *Nitzschia kuetzingiana* var. *kuetzingiana* a été observée seulement en 1978.

III - DIVERSITÉ TAXINOMIQUE (Fig. 3 et 4).

La diversité taxinomique, qu'elle soit générale ou relative, présente le plus souvent des valeurs assez élevées. Elle ne s'abaisse beaucoup que lors de multiplications intenses de petites Chlorophycées ou de *Navicula viridula* var. *viridula*. Les fluctuations de \bar{D} et \bar{D}' sont très voisines, \bar{D}' ayant toujours une valeur supérieure à \bar{D} (par définition ; e.g. BRILLOUIN, 1951) et la différence entre eux étant liée à la taille des échantillons étudiés. L'indice beaucoup plus simple de Gleason-Margalef varie le plus souvent dans le même sens que les deux autres, en dépit de quelques exceptions importantes.

Les mesures de diversité relative J et J' donnent des valeurs si proches l'une de l'autre qu'il n'a pas semblé utile de chercher à figurer les deux. En revanche, l'évolution de E présente quelques différences de détail, bien qu'elle suive la même ligne générale.

PIGMENTS DU PHYTOPLANCTON

Le dosage de la chlorophylle a est souvent considéré par les auteurs comme une estimation de biomasse phototrophe. En réalité, la variabilité du contenu chlorophyllien des organismes est considérable, selon un rapport de 1 à plus de 10, ou même de 20, et cette mesure commode offre plutôt une estimation intermédiaire entre biomasse et productivité puisque la teneur en chlorophylle est évidemment un des facteurs limitants primordiaux de la photosynthèse.

La méthode fluorimétrique employée ici permet d'évaluer les teneurs en chlorophylle a et en phéopigments. On sait qu'en réalité les phéopigments dosés comprennent seulement les phéophytines et phéophorbides, et que la teneur en chlorophylle a "active" ou "fonctionnelle" obtenue par soustraction inclut aussi la chlorophyllide. Le biais correspondant doit cependant être faible. D'autre part, en présence de Chlorophycées, les estimations fluorimétriques de pigments a peuvent être faussées par la présence de chlorophylle b à cause de la proximité des bandes d'absorption des chlorophylles a et b (BOTO et BUNT, 1978). Cette nouvelle source d'erreur doit avoir des conséquences limitées dans l'Arc puisqu'il y a peu de Chlorophycées planctoniques. Enfin, RIEMANN (1978) a montré qu'au delà de $3 \cdot 10^{-3}$ M l'acidification trop forte provoque des interférences perturbant l'évaluation des phéopigments. Ici, l'acidification des extraits acétoniques a été réalisée avec 2 gouttes de HCl à 50 %, ce qui équivalait à $2 \cdot 10^{-2}$ M environ et a donc pu surestimer un peu les phéopigments.

Avec une moyenne générale (sans tentative de normalisation) de 7,92 μg de chlorophylle *a* par litre en 1977 et 4,56 en 1978, l'Arc se révèle assez riche en pigments photosynthétiques planctoniques, en tout cas le plus riche des affluents de l'étang de Berre, à cet égard comme pour le nombre de cellules. Si l'on utilise des moyennes pondérées mais arithmétiques, on obtient en 1977 comme en 1978 un contenu moyen de 3,3 $\text{pg chl. } a.\text{cell.}^{-1}$. Mais il peut être préférable de recourir aux moyennes géométriques pour tenir compte de la distribution des données. On obtient alors des teneurs moyennes de 3,24 $\mu\text{g.l}^{-1}$ en 1977 et 3,22 en 1978 auxquelles correspondent, en rapportant ces valeurs aux moyennes géométriques des densités de populations, des contenus cellulaires d'environ 4,4 et 4,0 $\text{pg chl. } a.$

La concentration de chlorophylle *a* présente des fluctuations saisonnières très importantes (fig. 5), d'ailleurs plus marquées et plus nombreuses en 1977 qu'en 1978, mais ceci n'est sans doute qu'apparent et dû à la différence de fréquence des mesures. L'année commence par une certaine pauvreté, mais les teneurs d'élèvent ensuite rapidement, en relation avec les poussées printanières. Elles diminuent ensuite mais on peut retrouver, surtout en 1977, des poussées importantes à la fin de l'été et en automne.

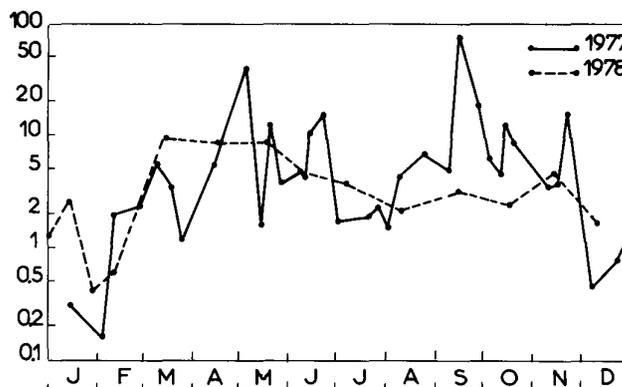


Fig. 5.- Evolution annuelle de la teneur en chlorophylle *a* ($\mu\text{g.l}^{-1}$) de janvier 1977 à décembre 1978.

L'évolution des teneurs en chlorophylle *a* s'accorde souvent assez bien avec celle des dénombrements cellulaires mais les valeurs relatives des pics peuvent différer sensiblement d'un paramètre à l'autre. Ces divergences peuvent notamment dépendre de la taille et du contenu chlorophyllien du plancton recueilli. Ainsi, le maximum de chlorophylle *a* constaté le 4 mai 1977 est-il dû à une grande abondance de *Melosira varians*, l'une des plus grosses espèces phytoplanctoniques observées dans l'Arc, avec un volume cellulaire moyen de 12.000 μm^3 . Le pic du 20 mai semble surtout dû aux grosses Chlorophycées des genres *Scenedesmus* et *Closterium*. En revanche, les très nombreuses mais petites Chlorophycées responsables des densités de populations considérables observées les 13 et 20 mai ne contiennent que peu de pigments chacune. Les pics de chlorophylle à nouveau mesurés les 16 et 22 juin, puis surtout le 15 septembre, sont encore essentiellement le fait de *Melosira varians*.

Le maximum de chlorophylle du 22 novembre 1977 ne peut être expliqué par l'examen du phytoplancton, mais comme il correspond à un très fort pic de phéopigments on peut supposer que l'essentiel des pigments provient de débris végétaux allochtones. On peut d'ailleurs remarquer qu'il y eut de fortes pluies et un important accroissement du débit de l'Arc les 20 et 21 novembre. Si une telle situation se prolonge, la dilution peut ensuite concerner toutes les mesures. C'est ce qui a été observé le 26 janvier 1978, quand, à la suite de très fortes pluies et inondations, toutes les teneurs en pigments se sont abaissées en même temps que le nombre de cellules.

Les teneurs en phéopigments (fig. 6 et 7) varient également beaucoup autour d'une moyenne bisannuelle arithmétique de $1,52 \mu\text{g.l}^{-1}$ ou d'une moyenne géométrique de $0,63 \mu\text{g.l}^{-1}$. Ces fluctuations ne semblent guère corrélées avec celles de la chlorophylle *a* et la valeur du taux de phéopigments (phéopigments/chl. *a* + phéopigments) présente aussi d'importantes variations autour d'une moyenne bisannuelle de 24,1 ou 23,6 % (respectivement arithmétique ou géométrique). Ce taux pourrait sembler présenter un cycle cohérent en 1978, mais il n'en est pas de même en 1977 où les fluctuations semblent presque erratiques, sans montrer aucune corrélation nette avec d'autres paramètres que les pigments. Les valeurs les plus fortes, et même les moyennes indiquées, sont assez élevées mais la technique d'acidification en est peut-être responsable, au moins partiellement.

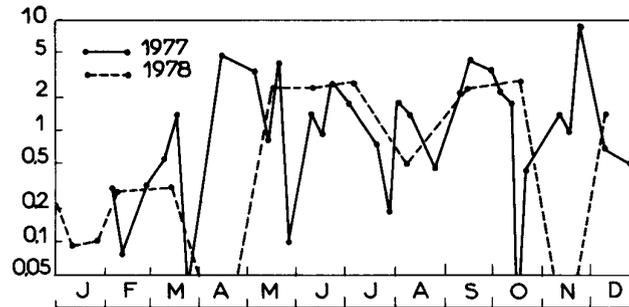


Fig. 6. - Evolution annuelle de la teneur en phéopigments ($\mu\text{g.l}^{-1}$) de janvier 1977 à décembre 1978.

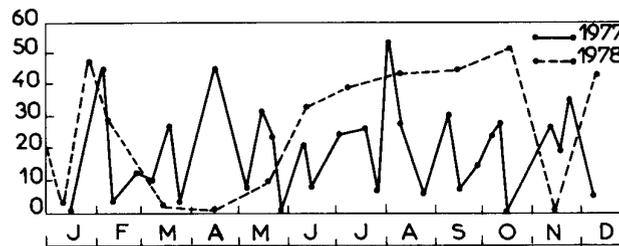


Fig. 7. - Evolution annuelle du taux de phéopigments (%) de janvier 1977 à décembre 1978.

A.T.P. DU PLANCTON DE L'ARC

L'adénosine triphosphate est incontestablement un meilleur indice de biomasse que la chlorophylle puisque le rapport C/ATP est beaucoup plus constant que le rapport C/chl. *a*. En outre, il correspond mieux à la biomasse réellement vivante puisque l'ATP disparaît très vite après la mort, ce que ne fait pas la chlorophylle. En revanche, l'ATP n'est pas spécifique du plancton phototrophe et celui que nous avons mesuré peut aussi bien appartenir à d'autres organismes, tels que du microzooplancton ou des bactéries notamment.

Les moyennes arithmétique et géométrique des teneurs mesurées dans l'Arc s'élèvent à 192 et 129 ng.l^{-1} , soit beaucoup moins que dans l'étang de Berre à la même époque, mais plus que dans les autres cours d'eau qui s'y jettent (KIM, 1981). A cet égard, on retrouve donc sensiblement les mêmes rapports avec les milieux proches que pour le dénombrement cellulaire ou la concentration

chlorophyllienne. Mais dans le détail, les fortes variations temporelles constatées (fig. 8) ne correspondent guère à celles des autres paramètres biologiques.

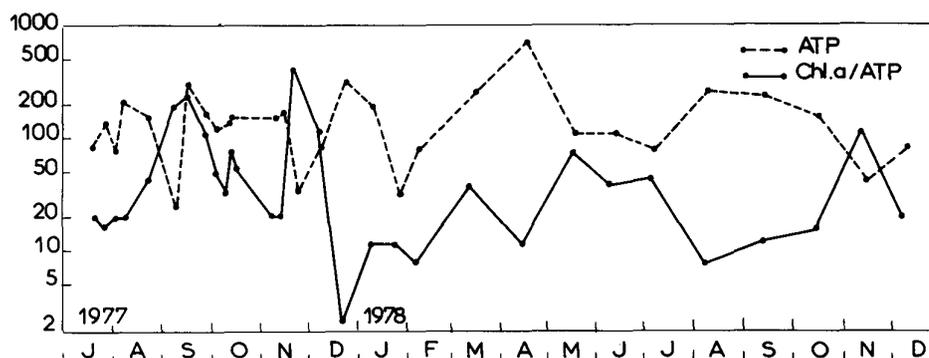


Fig. 8. - Evolution de la teneur en ATP (ng.l^{-1}) et du rapport chlorophylle a/ATP de juillet 1977 à décembre 1978.

On constate aussi que les quantités mesurées paraissent assez faibles. En effet, le rapport des teneurs en chlorophylle a et en ATP ("chl. a/ATP"), dont les fluctuations sont essentiellement commandées par celles de l'ATP (fig. 8), présente souvent des valeurs assez élevées, sans doute trop élevées même. Leur moyenne générale arithmétique atteint 45,4 et la moyenne géométrique 33,5, alors qu'elle se situait par exemple vers 15 à 20 dans les lacs étudiés par PAERL *et al.* (1976). On peut encore se rendre compte autrement de la vraisemblable sous-estimation des mesures d'ATP. En effet, malgré la grande variabilité du rapport C/chl. a, on peut risquer une estimation quasi minimale de la quantité de carbone phytoplanctonique en utilisant pour ce rapport la valeur de 15. On obtient ainsi en moyenne au moins $48,5 \mu\text{g C}$ de phytoplancton. l^{-1} , en prenant la moyenne géométrique pour la chlorophylle. Pour estimer le carbone en fonction de l'ATP, on peut utiliser la valeur "classique" du rapport C/ATP : 250 ou même 276, valeur mesurée dans les lacs par PAERL et WILLIAMS (1976). On aboutit alors respectivement à une teneur moyenne en C vivant de 32,2 ou $35,6 \mu\text{g.g}^{-1}$, toujours en prenant la moyenne géométrique. Compte tenu de ce que le rapport C/chl. a utilisé a beaucoup plus de chances d'être trop faible que d'être trop fort et de ce que l'ATP mesuré n'est pas limité à celui du phytoplancton, la teneur en ATP est donc très certainement sous-évaluée. Diverses erreurs méthodologiques peuvent agir en ce sens (e.g. LEMASSON et PAGES, 1981). Les causes les plus importantes de cette apparente sous-estimation de l'ATP planctonique de l'Arc découlent probablement de l'importance de sa charge sestonique. En effet, d'une part, il peut y avoir une forte adsorption d'ATP sur les particules (SUTCLIFFE *et al.*, 1976) et, d'autre part, leur présence allonge la durée de filtration, ce qui abaisse les teneurs en ATP (e.g. LABORDE, 1972 ; ROMANO, 1982b). Or, en raison de l'abondance du seston et sans doute plus spécialement des argiles en suspension, la filtration a pu durer jusqu'à 15 ou 20 minutes, durée certainement excessive.

Il faut aussi tenir compte de ce que les rapports de conversion C/ATP varient selon les milieux et les organismes. Il est notamment intéressant dans le cas présent de rappeler le rapport 350 proposé par LEMASSON et PAGES (1981) pour une zone tropicale d'estuaire, urbanisée et très riche en phosphates comme l'Arc. Avec ce facteur, la biomasse moyenne dépasserait $45 \mu\text{g.l}^{-1}$, se rapprochant ainsi beaucoup de l'estimation minimale déduite des teneurs en chlorophylle. RIEMANN et WIUM-ANDERSEN (1981) ont même trouvé des rapports encore plus élevés pour des Chlorophycées d'eau douce.

Mais on peut aussi rappeler que divers auteurs (HOLM-HANSEN, 1970 ; CAVARI, 1976 ; PERRY, 1976 ; RIEMANN et WIUM-ANDERSEN, 1981) ont lié les valeurs élevées du rapport de conversion à une déficience en phosphates, ce qui n'est certes pas le cas de l'Arc, et que ROMANO (1982) a constaté que le rapport 250 surestime souvent le carbone en zones perturbées. Le mieux serait sans doute

de tenir compte aussi de la teneur en ADP et AMP (ROMANO, 1982a), mais nos données ne concernent pas ces deux autres formes.

DISCUSSION ET CONCLUSIONS GÉNÉRALES

Si l'on s'appuie sur les dénombrements et la teneur en chlorophylle, on peut estimer qu'en dehors d'une période hivernale de relative pauvreté, les eaux de l'Arc sont assez riches en phytoplancton. Les moyennes annuelles "arithmétiques" (pondérées dans le temps mais sans transformation logarithmique normalisante) s'élèvent respectivement en 1977 et 1978 à 2,4 et $1,4 \cdot 10^6$ cell.l⁻¹ environ. Mais ces moyennes donnent un poids excessif aux poussées intenses mais brèves. On aboutit à une évaluation plus significative en recourant à une moyenne pondérée géométrique. Les densités moyennes de populations sont alors en 1977 et 1978 de 0,74 et $0,82 \cdot 10^6$ cell.l⁻¹, soit environ $0,78 \cdot 10^6$ pour l'ensemble de la période.

Quoique relativement élevées, ces valeurs n'en sont pas moins considérablement plus faibles que celles observées dans l'étang de Berre à la même époque, soit environ $100 \cdot 10^6$ cell.l⁻¹ (KIM et TRAVERS, 1984). Or il est certain que le développement du phytoplancton dans l'Arc ne peut y être limité par les teneurs en azote ou phosphore inorganique car ses eaux sont exceptionnellement riches en nitrates, nitrites et phosphates (KIM et TRAVERS, 1985). Toutefois peut-être a-t-on affaire à cet égard à de la dystrophie plus qu'à de l'eutrophie véritable (ou à l'eutrophication plus qu'à l'eutrophisation). Mais il faut aussi tenir compte de ce que la pente moyenne de l'Arc lui confère une vitesse peu compatible avec la durée nécessaire à un développement massif du phytoplancton. En effet, à la vitesse d' $1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, toute la longueur de l'Arc serait parcourue en un peu moins de 24 h. Même pour une vitesse 2 à 4 fois inférieure, la durée du transport serait encore trop brève pour permettre un développement phytoplanctonique important puisqu'il ne pourrait y avoir que quelques divisions cellulaires. Aussi peut-on penser qu'on n'a pas affaire surtout à un authentique rhéoplancton autochtone (rhithroplancton ; hyporhithron, DUSSART, 1966), mais plutôt, en ce qui concerne au moins les espèces les plus abondantes, à des populations qui se multiplient dans des eaux calmes, qu'il s'agisse d'anses latérales ou élargissements locaux de la rivière ou qu'il s'agisse de tributaires de l'Arc, tels que canaux de drainage ou affluents à cours lent. Il faut ajouter qu'une grande partie des espèces recensées ne sont que tycho-pélagiques (ou pseudo-planctoniques) et appartiennent en réalité à du périphyton emporté par le courant. Certaines espèces comme *Navicula cryptocephala*, *Synedra ulna*, *Gomphonema parvulum* ou *Cocconeis placentula* connaissent d'ailleurs un développement particulièrement actif en présence de courant (MC INTIRE, 1968).

Les eaux étudiées sont affectées par des pollutions diverses, d'origine urbaine, industrielle ou agricole, qui sont vraisemblablement à l'origine des importantes teneurs constatées pour les nitrates, nitrites et phosphates. Il est intéressant de rechercher l'influence de ces pollutions sur la composition des peuplements phytoplanctoniques.

Le 13 mai 1977 des pics tout à fait exceptionnels de phosphates ($133 \mu\text{atg} \cdot \text{l}^{-1}$) et de nitrites ($78 \mu\text{atg} \cdot \text{l}^{-1}$) correspondent à un développement tout aussi exceptionnel de minuscules Chlorococcales ($38 \cdot 10^6 \cdot \text{l}^{-1}$). Mais de tels développements exubérants de Chlorophycées ou de Cyanophycées sont rares dans l'Arc. La forte prédominance habituelle des Diatomées sur les autres classes indique que l'Arc ne supporte en général qu'une pollution modérée.

Parmi les espèces bien représentées dans l'Arc, certaines ont été citées par les auteurs (e.g. RODHE, 1948 ; PATRICK, 1966, fide CAIRNS et al., 1972) comme bien corrélées avec une abondance de phosphates ou nitrates, telles *Gomphonema parvulum*, *Nitzschia palea*, *Melosira varians* ou *Scenedesmus quadricauda*. On peut aussi remarquer que *Nitzschia palea*, l'une des espèces les plus constamment rencontrées, se développe surtout massivement au deuxième semestre quand les nitrates sont plus abondants.

D'une façon générale, on peut rechercher des espèces indicatrices du degré de pollution selon le "Saprobien-System" d'abord établi par KOLKWITZ et MARSSON (1908) et repris par divers auteurs (e.g. FJERDINGSTAD, 1964, 1965 ; ROUND, 1965 ; SLADECEK, 1973). On trouve en abondance

Nitzschia palea, Diatomée très tolérante, mais plutôt indicatrices d'eaux α - mésosaprobés (VENTZ, 1964). *Navicula viridula*, espèce la plus constamment abondante, *N. cryptocephala*, *Nitzschia acicularis*, *N. angustata* var. *angustata* caractérisent également surtout des eaux α - mésosaprobés. *Nitzschia recta* et *Ankistrodesmus falcatus* var. *falcatus* peuvent habiter des eaux α ou β - mésosaprobés. Mais on note surtout des taxons plus typiquement indicateurs d'eaux β - mésosaprobés : *Oscillatoria rubescens*, *Cocconeis placentula* var. *placentula*, *Cyclotella kuetzingiana*, *Cymbella ventricosa*, *Diatoma vulgare* var. *vulgare*, *Gomphonema olivaceum*, *G. parvulum*, *Gyrosigma acuminatum*, *G. attenuatum*, *Melosira varians*, *Nitzschia microcephala*, *N. stagnorum*, *N. vermicularis*, *Pinnularia microstauron* var. *brebissonii*, *Rhoicosphenia curvata* var. *curvata*, *Surirella ovata* var. *ovata*, *Synedra tenera*, *S. capitata*, *Actinastrum hantzschii* et *Scenedesmus quadricauda*, *Asterionella formosa*, *Diatoma elongatum*, *Fragilaria crotonensis* et *Melosira italica* font la transition avec les eaux oligosaprobés. Enfin, les espèces suivantes seraient franchement indicatrices de ces eaux : *Cyclotella comta*, *C. glomerata*, *Nitzschia hantzschiana* et *Pinnularia microstauron* var. *microstauron*.

Par conséquent, le recours aux espèces indicatrices, bien qu'il ne soit pas indemne de critiques (cf. SLADCEK, 1973), permet de considérer que les eaux de l'Arc au pont de Mauran sont en moyenne des eaux β - mésosaprobés, c'est-à-dire des eaux supportant une pollution assez modérée pour permettre le développement d'un peuplement microphytique assez varié.

Si l'on se réfère à la classification de FJERDINGSTAD (1964, 1965) selon la "saprobie valency", on voit aussi que les espèces abondantes dans l'Arc sont considérées comme saprophiles (i.e. se développant bien dans les eaux polluées sans y être inféodées), alors qu'aucune n'est ni saprobionte, ni saproxène ou saprophobe. Ces espèces se classent soit dans les communautés mésosaprobés (zones V, VI et VII de FJERDINGSTAD, c'est-à-dire α , β ou γ -mésosaprobés), telles *Gomphonema parvulum*, *Nitzschia palea*, *Navicula cryptocephala*, *Diatoma elongatum*, *D. vulgare*, *Scenedesmus falcatus*; soit dans les communautés oligosaprobés (zone VIII) telles *Diatoma elongatum*, *Synedra ulna*, *Gyrosigma attenuatum* ou *Cocconeis placentula*.

Le degré de saturation des eaux en oxygène et la valeur du rapport NO_3/NO_2 généralement élevés (KIM et TRAVERS, 1985), confirment bien que la pollution est assez limitée. De même les valeurs généralement assez fortes de la diversité spécifique et de l'équitabilité renforcent cette constatation.

On peut toutefois remarquer que les Diatomées signalées par CAPBLANCQ et CASSAN (1979) dans les eaux de l'Agout touchées par la pollution organique se retrouvent toutes dans l'Arc et qu'il existe aussi une certaine ressemblance avec la flore diatomique des eaux moyennement polluées de l'Argens (GALVIN-CHABRIERE et CAZAUBON, 1984).

Quels effets peut avoir sur l'étang de Berre l'apport continu du phytoplancton ou pseudophytoplancton de l'Arc? Si l'on ne considère que le dénombrement des organismes, ce ne peut être qu'une forte dilution puisque la densité moyenne des populations de l'Arc est environ 100 fois plus faible que celle de l'étang de Berre. Les quelque 10^{18} cellules déversées annuellement ne peuvent contribuer que pour une faible part à compenser l'exportation massive de phytoplancton saumâtre vers le Golfe de Fos.

Mais la taille moyenne des organismes récoltés dans l'Arc est très supérieure à celle observée dans l'étang de Berre. Le phytoplancton de ce dernier est le plus souvent constitué en grande majorité de cellules (notamment Chlorophycées) de volume inférieur (parfois très inférieur) à $100 \mu\text{m}^3$. Cette situation n'apparaît qu'exceptionnellement dans l'Arc. On y trouve plus généralement parmi les organismes dominants des Diatomées de taille bien supérieure. Ainsi le volume cellulaire moyen de *Melosira varians* atteint $12.000 \mu\text{m}^3$, ceux de *Cocconeis placentula* var. *euglypta*, *Cymbella affinis* et *Diatoma vulgare* sont compris entre 4.000 et $5.000 \mu\text{m}^3$, *Navicula viridula* et *Pinnularia microstauron* dépassent $2.000 \mu\text{m}^3$.

D'autre part, la teneur moyenne en chlorophylle *a* des eaux de l'Arc atteint environ la moitié de celle du plancton de l'étang de Berre. La dilution n'est donc pas aussi importante que le laisserait croire la seule comparaison des densités de populations.

Mais le phytoplancton de l'Arc peut-il survivre et se multiplier dans l'étang de Berre ? Bien que l'essentiel du phytoplancton de l'étang soit constitué d'espèces dulçaquicoles (KIM et TRAVERS, 1984), ce ne sont pas les mêmes taxons qui sont responsables des développements

massifs dans l'Arc et dans l'étang, la seule exception importante étant celle de *Fragilaria crotonensis*. Les Chlorophycées et Cyanophycées, si abondantes dans l'étang, se développent beaucoup moins dans l'Arc où les Diatomées s'assurent une prépondérance quasi-constante, alors qu'on ne l'observe qu'exceptionnellement dans l'étang. Cette différence de composition taxinomique ne doit pas surprendre, compte tenu des différences notables qui séparent les deux milieux, notamment aux points de vue de la stabilité et de la salinité même si cette dernière excède rarement 3 ‰ dans l'étang.

On pourrait théoriquement s'attendre à retrouver dans l'étang toutes les espèces observées dans le plancton de l'Arc. Il en a été retrouvé 72 %, ce qui constitue déjà une forte proportion, compte tenu des limites de l'échantillonnage. Le phytoplancton de l'Arc joue donc à l'égard de l'étang un rôle important et permanent pour son ré-ensemencement en taxons dulçaquicoles. Ce rôle est d'autant plus important que l'Arc semble le plus riche en espèces de tous les affluents de l'étang.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient vivement Mme H. EXSHAW pour la dactylographie et Mr R. PAUL pour la réalisation des figures.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BOTO K.G., BUNT J.S. (1978). Selective excitation fluorometry for the determination of chlorophylls and pheophytins. *Anal. Chem.*, 50 (3), 392-395.
- BRILLOUIN L. (1951). Physical entropy and information. II. *J. Appl. Physics*, 22, 338-342.
- CAIRNS J. Jr., LANZA G.R., PARKAR B.C. (1972). Pollution related structural and functional changes in aquatic communities with emphasis on freshwater algae and protozoa. *Proc. Acad. nat. Sci. Philadelphia*, 124, 79-127.
- CAPBLANCQ J., CASSAN M. (1979). Etude du Périphyton d'une rivière polluée (l'Agout). I. Structure et développement des communautés sur substrats artificiels. *Annls Limnol.*, 15 (2), 193-210.
- CAVARI B. (1976). ATP in Lake Kinneret : indicator of microbial biomass or of phosphorus deficiency. *Limnol. Oceanogr.*, 21 (2), 231-236.
- DUSSART B. (1966). *Limnologie. L'étude des eaux continentales*. Paris, Gauthier Villars, 1-678.
- FJERDINGSTAD E. (1964). Pollution of streams estimated by benthic phytomicroorganisms. I. A system based on communities of organisms and ecological factors. *Int. Revue ges. Hydrobiol.*, 49 (1), 63-131.
- FJERDINGSTAD E. (1965). Taxonomy and saprobic valency of benthic phytomicroorganisms. *Int. Revue ges. Hydrobiol.* 50 (4), 475-604.
- GALVIN-CHABRIERE N., CAZAUBON A. (1984). Etude du périphyton d'un secteur pollué d'une rivière varoise, l'Argens. Evolution spatiale du peuplement algal en période d'intense pollution. *Annls Limnol.* (sous presse).
- HOLM-HANSEN O. (1970). ATP levels in algal cells as influenced by environmental conditions. *Pl. Cell Physiol.*, Tokyo, 11, 689-700.
- HOLM-HANSEN O., BOOTH D.R. (1966). The measurement of adenosine triphosphate in the Ocean and its ecological significance. *Limnol. Oceanogr.*, 11, 510-519.
- HURLBERT S.H. (1971). The nonconcept of species diversity : a critique and alternative parameters. *Ecology*, 52, 577-586.
- KIM K.T. (1980). Contribution à l'étude de l'écosystème pélagique dans les parages de Carry-le-Rouet (Méditerranée nord-occidentale). 3. Composition spécifique, biomasse et production du microplancton. *Tethys*, 9 (4), 317-344.
- KIM K.T. (1981). *Le phytoplancton de l'étang de Berre : composition spécifique, biomasse et production; relations avec les facteurs hydrologiques, les cours d'eau afférents et le milieu marin voisin (Méditerranée nord-occidentale)*. Thèse d'Etat. Univ. d'Aix-Marseille II, 1-474.

- KIM K.T. (1983). Production primaire pélagique de l'étang de Berre en 1977 et 1978. Comparaison avec le milieu marin. *Mar. Biol.*, 73, 325-241.
- KIM K.T., TRAVERS M. (1984). Le phytoplancton des étangs de Berre et Vaïne (Méditerranée nord-occidentale). *Int. Revue ges. Hydrobiol.*, 69 (3), 361-388.
- KIM K.T., TRAVERS M. (1985). Apports de l'Arc à l'étang de Berre (côte méditerranéenne française). Hydrobiologie, caractères physiques et chimiques. *Ecologia mediterranea*, 11 (2/3), 25-40.
- KOLKWITZ R., MARSSON M. (1908). Ökologie der pflanzlichen Saprobien. *Ber. Dtsch. bot. Ges.*, 26 a, 505-519.
- LABORDE P. (1972). L'Adénosine triphosphate des microorganismes marins planctoniques. Rapport avec la biomasse et la productivité primaire. Univ. d'Aix-Marseille II, Thèse 3ème Cycle, 1-88.
- LEMASSON L., PAGES J. (1981). Utilisation de l'ATP (adénosine triphosphate) comme estimateur de la biomasse du seston en eau saumâtre tropicale. *Doc. Sci. Centre Rech. Océanogr., Abidjan*, 12 (2), 29-44.
- MARGALEF R. (1951). Diversidad de especies en las comunidades naturales. *Publ. Inst. Biol. apl.*, 9, 5-27.
- MARGALEF R. (1956). Información y diversidad específica en las comunidades de organismos. *Inv. Pesq.*, 3, 99-106.
- MAC INTIRE C.D. (1968). Structural characteristics of benthic algal communities on laboratory streams. *Ecology*, 49 (3), 520-537.
- PAERL H.W., WILLIAMS N.J. (1976). The relation between ATP and microbial biomass in diverse aquatic ecosystems. *Int. Revue ges. Hydrobiol.*, 60 (5), 675-690.
- PAERL H.W., TILZER M.M., GOLDMAN C.R. (1976). Chlorophyll a versus adenosine triphosphate as algal biomass indicators in lakes. *J. phycol.*, 12, 242-246.
- PATRICK R. (1966). The effect of varying amounts and ratios of nitrate and phosphate on algae blooms. *Purdue Univ. Engin. Bull.*, 121 (1), 41-51.
- PATTEN B.C. (1961). Diversity of surface manoplankton communities sampled on Chesapeake Bay Cruises of R/V Pathfinder and R/V Observer January 1960-January 1961. *Virginia Inst. mar. Sci., Spec. sci. Rep.*, 23, 1-18.
- PATTEN B.C. (1962). Species diversity in net phytoplankton of Raritan Bay. *J. mar. Res.*, 20 (1), 57-75.
- PERRY M. (1976). Phosphate utilization by an oceanic diatom in P-limited chemostat culture and in the oligotrophic waters of the central North Pacific. *Limnol. Oceanogr.*, 21 (1), 88-107.
- PIELOU E.C. (1966 a). Species-diversity and pattern-diversity in the study of ecological succession. *J. theoretical Biol.*, 10, 370-383.
- PIELOU E.C. (1966 b). The measure of diversity in different types of biological collections. *J. theoretical Biol.*, 13, 131-144.
- PIELOU E.C. (1969). *An introduction to mathematical ecology*. Wiley-Interscience, New-York, 1-286.
- PIELOU E.C. (1975). *Ecological diversity*. John Wiley and Sons, New-York, 1-165.
- RIEMANN B. (1978). Carotenoid interference in the spectrophotometric determination of chlorophyll degradation products from natural populations of phytoplankton. *Limnol. Oceanogr.*, 23 (5), 1059-1066.
- RIEMANN B., WIUM-ANDERSEN S. (1981). The ATP and total adenosine nucleotide content of four unicellular and colonial green algae. *Oikos*, 36 (3), 368-373.
- RODHE W. (1948). Environmental requirements of fresh-water plankton algae. *Symb. Bot Upsalienses*, 10, 1-149.
- ROMANO J.C. (1982 a). Les nucléotides adényliques (ATP, ADP, AMP) dans le milieu marin (matière organique particulaire des eaux et sédiments superficiels). Application à l'étude de la microbiomasse. Thèse d'Etat, Univ. d'Aix-Marseille II, 1-199.
- ROMANO J.C. (1982 b). Impact de l'échantillonnage sur la mesure des nucléotides adényliques (ATP, ADP, AMP) du microplancton. 1. Adaptation du volume de filtration à la charge sestonique. *Tethys*, 10 (4), 384-389.
- ROUND F.E. (1965). *The biology of the algae*. London, Edward Arnold Ltd, 1-269.

- SHANNON C.E. (1948). The mathematical theory of communication in : Shannon and Weaver : *The mathematical theory of communication*. Univ. of Illinois Press, Urbana, Ill., 1-125.
- SLADECEK V. (1973). System of water quality from the biological point of view. *Ergebn. Limnol.*, 7, 1-218.
- SUTCLIFFE W.H. Jr., ORR E.A., HOLM-HANSEN O. (1976). Difficulties with ATP measurements in inshore waters. *Limnol. Oceanogr.*, 21 (1), 145-149.
- TRAVERS M. (1971). Diversité du microplancton du Golfe de Marseille en 1964. *Mar. Biol.*, 8 (4), 308-343.
- UTERMÖHL H. (1931). Neue Wege in der quantitativen Erfassung des Planktons. *Verh. int. verein. Limnol.*, 5, 567-596.
- UTERMÖHL H. (1958). Zur Vervollkommen der quantitativen Phytoplankton Methodik. *Comm. Assoc. int. Limnol. théor. appli.*, 9, 1-38.
- VENTZ D. (1964). Beitrag zur Saprobiologie einiger Organismen. *Int. Revue ges. Hydrobiol.*, 49 (1), 133-138.
- YENTSCH C.S., MENZEL D.W. (1963). A method for the determination of phytoplankton chlorophyll and phaeophytin by fluorescence. *Deep-Sea Res.*, 10, 221-231.

Tableau 1. : Inventaire des taxons observés.

Cyanophycées

Borzia trilocularis Cohn
Isocystis cf. *messanensis* Borzi
Merismopedia punctata Meyen
Oscillatoria rubescens De Candolle
Wollea saccata (Wolle) Bornet & Flahaut

Diatomées

Achnanthes exigua Grunow var. *heterovalvata* Krasske
Asterionella formosa Hassal var. *formosa*
Cocconeis placentula Ehrenberg var. *placentula*
Cocconeis placentula var. *euglypta* (Ehrenberg) Cleve
Cyclotella comta (Ehrenberg) Kützing var. *comta*
Cyclotella glomerata Brachmann
Cyclotella kuetzingiana Thwaites var. *kuetzingiana*
Cyclotella melosiroides (Kirchner) Lemmermann
Cymbella affinis Kützing
Cymbella ventricosa Kützing
Diatoma elongatum (Lyngbye) Agardh var. *elongatum*
Diatoma vulgare Bory var. *productum* Grunow
Diatoma vulgare var. *vulgare*
Fragilaria crotonensis Kitton var. *crotonensis*
Fragilaria intermedia Grunow
Fragilaria ungeriana Grunow
Fragilaria virescens Ralfs var. *capitata* Oestrup
Gomphonema olivaceum (Lyngbye) Kützing var. *calcareum* Cleve
Gomphonema parvulum Kützing var. *parvulum*
Gomphonema cf. *ventricosum* Gregory
Gyrosigma acuminatum (Kützing) Rabenhorst var. *acuminatum*
Gyrosigma attenuatum (Kützing) Rabenhorst
Melosira granulata Ralfs var. *muzzanensis* (Meister) Hustedt
Melosira italica (Ehrenberg) Kützing var. *italica*
Melosira juergensii Agardh var. *juergensii*
Melosira varians Agardh
Navicula cryptocephala Kützing var. *cryptocephala*
Navicula pupula Kützing var. *mutata* (krasske) Hustedt
Navicula salinarum Grunow
Navicula schoenfeldii Hustedt
Navicula cf. *simplex* Krasske
Navicula viridula Kützing var. *viridula*
Nitzschia acicularis (Kützing) Smith var. *acicularis*
Nitzschia angustata Grunow var. *acuta* Grunow
Nitzschia angustata var. *angustata*
Nitzschia gracilis Hantzsch
Nitzschia hantzschiana Rabenhorst
Nitzschia kuetzingiana Hilse var. *kuetzingiana*

Nitzschia microcephala Grunow
Nitzschia palea (Kützing) Smith var. *palea*
Nitzschia recta Hantzsch
Nitzschia stagnorum (Rabenhorst) Grunow
Nitzschia thermalis (Ehrenberg) Auerwald var. *minor* Hilse
Nitzschia vermicularis (Kützing) Hantzsch
Pinnularia hemiptera (Kützing) Cleve var. *hemiptera*
Pinnularia microstauron (Ehrenberg) Cleve var. *brebissonii* (Kützing) Mayer
Pinnularia microstauron var. *microstauron*
Rhoicosphaenia curvata (Kützing) Grunow var. *curvata*
Rhoicosphaenia curvata var. *subacuta* Schmidt
Rhoicosphaenia marina Schmidt var. *heterosticta* Schmidt
Rhoicosphaenia marina var. *intermedia* Schmidt
Surirella biseriata Brébisson var. *constricta* Hustedt
Surirella ovalis Brébisson var. *ovalis*
Surirella ovata Kützing var. *ovata*
Surirella ovata var. *salina* (Smith) Rabenhorst
Surirella tenera Gregory var. *tenera*
Synedra affinis Kützing var. *affinis*
Synedra capitata Ehrenberg
Synedra ulna (Nitzsch) Ehrenberg var. *danica* (Kützing) Grunow
Synedra ulna var. *ulna*

Chlorophycées

Actinastrum hantzschii Lagerheim
Ankistrodesmus falcatus (Corda) Ralfs var. *falcatus*
Ankistrodesmus falcatus var. *mirabilis* (West & West) Smith
Closterium calosporum Wittrock
Closterium parvulum Nägeli var. *angustum* West & West
Hyaloraphidium cf. *contortum* Pascher & Korchikoff
Hyalotheca dissiliens (Smith) Brébisson f. *bidentula* Nordstedt
Hyalotheca mucosa (Dillwell) Ehrenberg
Kirchneriella elongata Smith
Ourococcus bicaudatus Grobety
Scenedesmus falcatus Chodat
Scenedesmus quadricauda (Turpin) Brébisson

Cryptophycées

Rhodomonas pusilla Bachmann

Dinophycées

Glenodinium inaequale Chodat

Bioclimatologie humaine et limite du domaine méditerranéen dans le Midi de la France.

. Réflexions sur la notion de limite climatique

J.P. BESANCENOT ★

RESUME - Le problème de la limite septentrionale du domaine méditerranéen peut être abordé sous des angles très variés. On se propose de le traiter ici en référence à la bioclimatologie humaine. Le Midi de la France permet d'identifier un noyau relativement peu étendu de climat méditerranéen "pur" et diverses variantes subméditerranéennes, qui possèdent chacune un ou deux des trois attributs des milieux "tempérés chauds". En définitive, les limites bioclimatiques sont interprétées, suivant les endroits, tantôt comme de brusques discontinuités, tantôt comme des bandes de fort gradient horizontal, et tantôt enfin comme des zones de transition (dans des secteurs où s'interpénètrent, avec une grande variabilité interannuelle, les deux climats qui entrent en contact).

SUMMARY : The study of the boundary between mediterranean and mid-temperate climates can be approached from several points of view. The present paper attempts to identify this boundary in the perspective of human bioclimatology. The case of Southern France is presented showing a core mediterranean climate, that occupies a limited area, and a few submediterranean variants, that meet one or two but not all three of the warm-temperate qualifications. Finally, according to places, the bioclimatic limits are interpreted either as sharp discontinuities or as stripes with strong horizontal gradients or again as transition zones (in the sectors submitted to confronting and alternating, damped and degraded mediterranean and mid-temperate influences).

MOTS CLES : Limite climatique, bioclimatologie humaine, climat méditerranéen, climat de transition, Midi méditerranéen (France).

INTRODUCTION

Si l'on devait simplifier à l'extrême une carte des climats de la France en n'y retenant que deux subdivisions, c'est sans conteste la limite du domaine méditerranéen qu'il faudrait conserver. A une France du Nord, où s'affrontent tout au long de l'année influences océaniques et influences continentales, s'opposerait alors une France du Midi, que quelques mois d'été soustrairaient à la circulation d'ouest des latitudes moyennes et au jeu des dépressions frontales.

La limite ainsi tracée n'aurait pas seulement une signification climatique. Le Midi méditerranéen est, en effet, la seule grande région française que le climat suffise à individualiser et, par suite, à délimiter. Il ne viendrait à l'idée de personne de fonder un découpage régional de l'ouest, du nord ou de l'est de la France sur des considérations exclusivement, ou même principalement climatiques. Mais en domaine méditerranéen, une telle attitude va de soi. Il faut dire que nulle part ailleurs le climat ne s'intègre aussi parfaitement au paysage. Nulle part, aidé par la discontinuité de la végétation et par l'ampleur des dénivellations, il n'assure aux violentes averses un si grand pouvoir morphogénique, propice à une évolution aussi rapide des formes superficielles. Nulle part il ne fait ressortir des couleurs aussi vives et aussi contrastées : bleu de la mer et du ciel, vert des forêts, gris argenté des oliviers, rouge des porphyres, blanc des calcaires... Nulle part, non plus, il ne constitue une ressource naturelle aussi exploitée (ne serait-ce que par le tourisme), un facteur aussi décisif de la mise en valeur, un déterminant et un unificateur aussi puissants des modes de vie et des genres de vie... En un mot, nulle part ailleurs le climat n'imprime aussi fortement sa marque à la géographie - géographie physique, géographie humaine et

★Chargé de recherche C.N.R.S., Centre de Recherches de Climatologie, 36 rue Chabot-Charny, 21000 DIJON, France.

économique, géographie tout court... Et pourtant, les régions méditerranéennes juxtaposent à certains égards les topographies et les structures les plus variées de toute la France : il y a là des plaines, des collines, des plateaux calcaires plus ou moins accidentés, des massifs hercyniens et de puissantes chaînes plissées. Sans le climat et ses multiples conséquences, il serait bien malaisé de trouver à tous ces pays le moindre dénominateur commun, susceptible d'en faire une authentique entité régionale.

En présence d'une personnalité climatique aussi caractérisée, rien ne devrait être plus facile que de délimiter le domaine méditerranéen. Mais la diversité des tracés qui ont pu être proposés par les auteurs suffit à faire justice de cette impression. En réalité, la tâche s'avère redoutable et, en l'état actuel des choses, il paraît utopique d'espérer aboutir à une solution à la fois simple et irréfutable. Les limites les plus couramment retenues sont tirées du calcul d'un indice d'aridité estivale (L. EMBERGER, 1943 ; A. DOUGUEDROIT, 1976, pp. 234-260 ; P. DAGET, 1977 ; P. DAGET, 1980 ; P. DAGET & P. DAVID, 1982 ; P. QUEZEL & M. BARBERO, 1982 ; P. DAGET, 1984) ou assimilées à des limites phytogéographiques (A. GUILLAUME, 1960), une fois constaté le bon accord existant entre la physionomie des formations végétales et les facteurs physiques : limites de l'olivier (*Olea europea L.*), du genêt épineux (*Genista scorpius D.C.*), du thym (*Thymus vulgaris*), du chêne-vert (*Quercus ilex L.*)... On n'y fera ici que de brèves allusions, de manière à pouvoir envisager d'autres principes de délimitation, moins conventionnels puisqu'ils font intervenir l'influence exercée par le climat sur l'homme, pris en tant qu'individu biologique, en tant qu'élément de la biosphère. On se préoccupera donc avant tout de la façon dont le climat affecte le fonctionnement de l'organisme humain, et éventuellement des phénomènes pathologiques qu'il peut contribuer à provoquer.

Bien évidemment, nous ne revendiquons aucun monopole pour cette perspective anthropobiologique, et il serait absurde de prétendre que les limites définies en référence à la vie humaine sont plus satisfaisantes que d'autres. Il semble néanmoins utile de jeter un regard un peu inhabituel sur une question tant rebattue, et l'on peut espérer que la confrontation de différents critères de délimitation débouchera sur un gain appréciable de précision. Ce devrait être, en même temps, l'occasion de réfléchir à la notion de limite climatique, dont l'intérêt débord largement le cadre du Midi méditerranéen français.

I - LIMITE LINÉAIRE OU BANDE DE TRANSITION ?

Il est indéniable que le thème de la différenciation spatiale ou, si l'on préfère, de la division de l'espace en unités régionales aussi homogènes que possible, constitue l'un des points forts - d'aucuns diraient la finalité - de toute analyse géographique. Mais ce thème, inséparable de l'identification des limites qui articulent l'espace, fait l'objet d'un débat sans fin (A. DAUPHINE, 1976, pp. 16-17).

La première question est celle de savoir si la limite doit être considérée comme une ligne sans épaisseur, d'une netteté absolue, qui introduirait une coupure franche, un véritable hiatus, dans la continuité des milieux naturels (R. BRUNET, 1968), ou s'il faut y voir une frange, de largeur non négligeable, qui, par des transitions plus ou moins directement perceptibles, ferait passer d'un ensemble spatial homogène à un autre, qui ne l'est pas moins, tout en ménageant entre eux des secteurs d'indétermination, d'interpénétration ou de recouvrement (A. GIBERT, 1949, pp. 27-28). Or, les deux conceptions ont été défendues, et l'on doit convenir qu'elles se justifient partiellement l'une et l'autre.

1 - La limite linéaire

Nombre d'auteurs présentent la limite-frontière comme la plus satisfaisante en bordure septentrionale du domaine méditerranéen. Dans l'*Atlas climatique de la France* (1969, pl. 1), les limites entre les différents ensembles régionaux sont figurées par des parties ombrées, de largeur variable mais nulle part négligeable, et à l'évidence destinées à souligner le caractère progressif du passage de l'une à l'autre des principales subdivisions du climat français. Dégradation, donc, plus que discontinuité... Mais, reproduisant cette carte, F. DURAND-DASTES & L. SANDERS (1984, p. 94) ont renoncé à cerner le Midi méditerranéen par un tel "ruban", au profit d'une ligne sans épaisseur. L'in-

tention des auteurs apparaît clairement : il s'agissait de montrer que là, et là seulement, le climat se transforme brutalement. Il ne fait aucun doute que, si le domaine méditerranéen peut être délimité avec une telle netteté, c'est en raison de son encadrement montagneux. Mais il est tout aussi révélateur que l'on n'ait pas modifié le figuré, et que l'on ait donc maintenu une véritable discontinuité climatique, au niveau des deux brèches qui s'ouvrent dans l'écran orographique rétro-méditerranéen, c'est-à-dire en Lauragais (seuil de Naurouze) et dans la vallée du Rhône.

Cette interprétation appellerait une longue discussion. Cependant, force est bien de constater qu'elle est extrêmement répandue. On sait, par exemple, qu'un monument a été érigé au bord de la Nationale 7, à Pont-de l'Isère, à 9 kilomètres au nord de Valence, pour marquer le passage du 45e parallèle. Toutefois, dans l'esprit de ses concepteurs, il ne devait pas tant indiquer l'équidistance du Pôle Nord et de l'équateur que symboliser la frontière idéale du Midi. Le cliché le plus répandu dans le grand public (H.P. EYDOUX, 1969, pp. 11-12) n'est-il pas, d'ailleurs, celui qui fait du domaine méditerranéen une apparition brusquée, comme en ménagerait un rideau de théâtre se levant sur un éblouissement de lumière, dans le chant des cigales ? Que de témoignages littéraires ne pourrait-on invoquer à ce sujet, de Paul Valéry à André Gide, de Paul Morand à la comtesse de Noailles ou à Blaise Cendrars, qui se prétendait capable de découvrir les yeux fermés le moment précis où il abordait le domaine méditerranéen ! "On sait toujours, à quelques kilomètres près, renchérit A. SIEGFRIED (1943, p. 11), si l'on est encore dans l'air méditerranéen ou si l'on en est sorti".

Mais quel crédit le scientifique peut-il apporter à de telles intuitions ? En principe, des limites linéaires ne se conçoivent que pour une seule variable, qui serait tantôt un paramètre isolé du climat (comme la température), tantôt une combinaison de plusieurs éléments (fondus, par exemple, dans un indice d'aridité), et tantôt un critère dérivé, un "réactif", du climat (comme l'aire d'extension de telle ou telle espèce végétale, de tel ou tel groupement floristique). Dans ces conditions, ce n'est pas à une limite que l'on aboutit, mais à une infinité. Et pour que l'on puisse en tirer une délimitation à valeur générale, il faudrait :

- soit que l'on réussisse à isoler un paramètre du climat qui imprime au milieu géographique considéré une note absolument déterminante (certains auteurs admettent que le déficit hydrique de la saison végétative peut jouer ce rôle) ;

- soit que toutes les isolignes, ou du moins bon nombre d'entre elles, finissent par s'accoler.

Pour raisonner sur un cas concret, nous avons construit (fig. 1) la carte du risque de coup de chaleur mortel. Sans entrer dans les détails (J.P. BESANCENOT, 1985, pp. 10-14), indiquons que cet accident pathologique est lié au fait que le corps humain, pour des raisons diverses (âge, état de santé, port de vêtements trop épais ou trop ajustés, surcharge alimentaire, abus d'alcool...), se trouve dans l'incapacité d'éliminer sous forme de chaleur sensible (convection), de chaleur latente (évaporation de la sueur) et de radiation (rayonnement propre) toutes ses calories superflues - c'est-à-dire à la fois celles qu'il produit, du fait même de la vie et de l'activité physique (métabolisme) et celles qu'en ambiance chaude, il reçoit du milieu extérieur (par conduction, convection et surtout radiation). La température interne s'élève alors significativement au-delà des 36,5-37°C qui sont le garant de la santé, et il résulte de cette hyperthermie des troubles graves. On ne se préoccupera ici que des cas mortels. Différentes études ont montré que le meilleur prédicteur était l'indice thermohygro-métrique de E.C. THOM (1959), libellé comme suit :

$$THI = t^{\circ} - [(0,55 - 0,0055 U\%)(t^{\circ} - 14,5)] ,$$

avec t° = température (°C) et $U\%$ = humidité relative. THI (°C) désigne alors la "température effective", celle qui dans un air saturé de vapeur d'eau, provoquerait les mêmes sensations de chaleur ou de froid, et imposerait les mêmes réactions thermorégulatrices. Si les coups de chaleur ne laissent aucune séquelle au-dessous de 28,9°C "effectifs", le pronostic s'assombrit rapidement ensuite : d'après C.H. WYNDHAM (1970, p. 201), on déplore quelque 0,084 issues fatales pour mille personnes exposées entre 29 et ^{* in fine} 33,8°C, etc... Chaque journée a donc été affectée d'un "coefficient de risque" évalué à partir du THI maximal, et la somme de tous les coefficients journaliers fournit une estimation du nombre de personnes qui risquent chaque année de succomber à la suite d'un coup de chaleur.

Partant des Pyrénées orientales, la courbe des 0,05 décès probables pour mille personnes exposées contourne les Corbières, s'insinue dans la gouttière de l'Aude et du Fresquel jusqu'aux abords de Castelnaudary, puis épouse le tracé rigide de l'escarpe bordière du Massif Central, de la Montagne Noire au Vivarais. Le Rhône étant rejoint immédiatement au nord de Valence, l'isoligne de 0,05 laisse à l'écart le Ventoux, les monts du Vaucluse (plateau de Saint-Christol) et la majeure partie du Lubé-

ron, remonte le cours de la Durance jusqu'à Sisteron et celui de la Bléone jusqu'à Digne, dépasse Draguignan au pied du Plan de Canjuers, s'insinue dans les vallées du Var et de ses affluents, pour s'accrocher en dernier lieu à la haute corniche niçoise... On aura reconnu là un tracé très proche de la limite septentrionale de l'olivier, et la remarque se vérifierait tout autant à l'étranger : sur toute la rive européenne de la Méditerranée, entre l'Espagne et la Turquie, la courbe des 0,05 coups de chaleur mortels pour mille s'identifie à la limite nord de l'arbre de Minerve. On ne relève guère que deux exceptions : hors du domaine de l'olivier, les risques de surcharge thermique restent notables sur la plaine du Pô et en Aquitaine occidentale (Gironde, Landes de Gascogne). Tout au plus pourra-t-on ajouter un léger décalage dans le sillon rhodanien, où l'olivier ne dépasse pas le défilé de Donzère, alors que les coups de chaleur meurtriers gardent une fréquence appréciable, on vient de le dire, jusqu'à Valence. La discordance est infime, à l'échelle où nous nous plaçons. Or, a priori, rien ne laissait présager un tel accord. En effet, si l'on se trouve dans les deux cas en présence de critères dérivés du climat, ils répondent à un déterminisme bien différent :

- en dehors de la pluviosité estivale, qui empêche la formation des bourgeons d'où doivent sortir les branches portant les fruits l'année suivante (P. BIROT, 1964, pp. 78-79), ce sont les rigueurs thermiques, hivernales et printanières, qui bannissent l'olivier des régions plus septentrionales ; cet arbre, en effet, ne supporte ni des minima absolus inférieurs à -8°C en année moyenne, ni des extrema inférieurs à -12 ou -13°C , surtout si le refroidissement s'installe brutalement dans une ambiance humide ; et ses branches, fragiles en dépit des apparences, résistent difficilement à une forte charge de neige, pour peu qu'elle se prolonge ;

- au contraire, la diminution du risque de coups de chaleur provient d'une raréfaction du temps lourd pendant l'été, et il n'y a pratiquement aucun décès à redouter tant que la température ne dépasse pas 29°C dans un air saturé de vapeur d'eau, ou 36°C par une humidité relative de 40%.

Autrement dit, et bien que la responsabilité incombe, d'un côté au froid de l'hiver, de l'autre à la chaleur humide de l'été, on obtient deux courbes qui coïncident presque parfaitement. Dès lors, on ne peut s'empêcher de songer à l'existence d'un *seuil critique* qui militerait bien en faveur d'une limite climatique linéaire, même si (et l'on y reviendra, les phytocéologues refusent aujourd'hui de voir dans la simple présence de l'olivier un critère de méditerranéité.

Mais, demande-t-on, pourquoi avoir privilégié la courbe 0,05 ? De fait, la prise en compte d'autres niveaux de risque amène à restituer à la limite climatique une certaine épaisseur.

2 - La limite dotée d'une certaine épaisseur

La courbe des 0,10 coups de chaleur mortels pour mille habitants (qui représente un risque double du précédent) "colle" à la première, au point qu'il est souvent impossible de l'en distinguer. Celle des 0,15 cas mortels pour mille (soit un risque trois fois plus élevé qu'initialement) ne s'écarte elle-même que très peu des précédentes. Le relief aidant, les trois isolignes (fig. 1) sont parfois confondues. On notera simplement que, dans le couloir rhodanien, la courbe 0,15 ramène au niveau de Donzère - autrement dit, à la limite de l'olivier... Mais tout change lorsqu'on passe à d'autres valeurs de risque. En dehors des hautes montagnes (Alpes du nord, Pyrénées, régions sommitales du Massif Central), la courbe correspondant à un risque de 0,01 coup de chaleur mortel pour mille sort du cadre de la carte : elle s'inscrirait, par exemple, au nord de Dijon et de Paris ! La probabilité de 0,20 décès pour mille n'apparaît pas davantage : il faudrait la chercher sur le golfe de Valence (Espagne), sur le sud de la Sardaigne, sur la Calabre ou sur le Péloponèse !...

En d'autres termes, les courbes représentant le risque de coup de chaleur mortel sont normalement très espacées. Mais un petit nombre d'entre elles viennent s'accoler les unes aux autres à quelque distance en arrière de la Méditerranée, attestant l'existence d'un gradient thermique anormalement élevé.

On pourrait faire des observations voisines à propos d'autres éléments, ou d'autres réactifs du climat. Nous nous limiterons ici à deux exemples :

- La courbe des 100 jours annuels de très beau temps (défini par l'absence totale de pluie et par une durée d'insolation proche du maximum théorique, compte tenu de la latitude et de la saison) se confond, sur la majeure partie de son tracé, avec la courbe de 125 jours. Mais les courbes encadrantes (75 et 150 jours) sont rejetées très loin, respectivement, vers le nord et vers le sud (J.P. BESAN-CENOT, 1984, pp. 333-335).

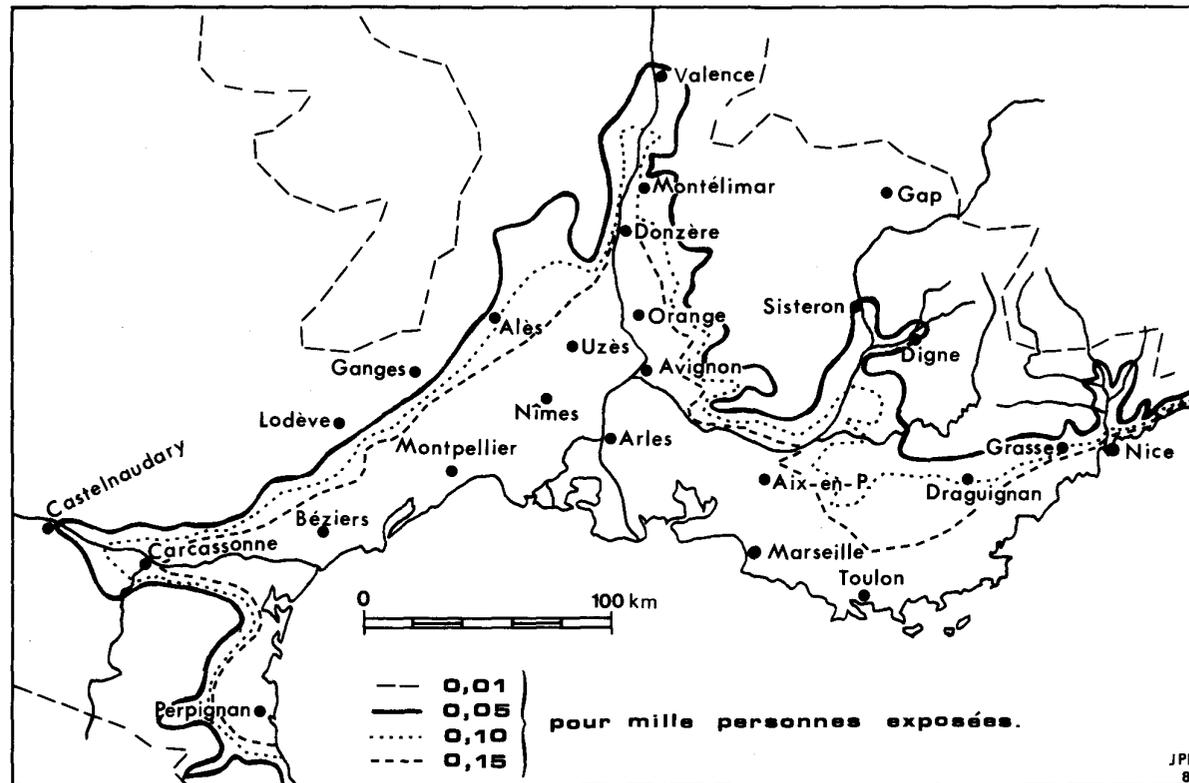


Fig. 1.- Le risque de coup de chaleur mortel dans le Midi méditerranéen français.

- De même, pour un écart en latitude comparable, E. BENEVENT (1926, p. 420) a montré que le nombre annuel de jours de pluie augmentait d'à peine 12 entre Digne et Gap, mais de 55 entre Gap et Le Monestier de Clermont, en Matésine.

On admettra donc qu'il se produit, en certains endroits, une modification des conditions ambiantes beaucoup plus rapidement progressive qu'ailleurs, et l'on est fondé à faire coïncider les limites entre les grandes régions climatiques avec ces bandes de très fort gradient horizontal. Après la limite linéaire, calquée sur une isoligne quelconque d'un élément (ou d'un réactif) du climat choisi de façon plus ou moins arbitraire, voici donc un deuxième type de limite possible et celle-ci, dotée d'une épaisseur non négligeable, n'oppose plus aussi vigoureusement les deux milieux qui entrent en contact.

La difficulté provient du fait que, lorsqu'on passe d'un élément du climat à un autre, les secteurs de fort gradient, autrement dit les discontinuités virtuelles, ne coïncident qu'exceptionnellement. Or, on l'a déjà dit, il est rare que l'on puisse tirer une division régionale de la prise en compte d'un seul critère. Dans ces conditions, une démarche différente s'impose, qui doit conduire à l'identification de climats de transition.

II - DES CLIMATS DE TRANSITION

Il convient cette fois de se placer au coeur du domaine méditerranéen, et non à une périphérie plus ou moins insaisissable. On s'efforce alors de saisir, puis de préciser numériquement les caractères originaux de ce milieu. A partir de là, la superposition de cartes analytiques permet d'en évaluer les inclusions et les intersections, de façon à dégager les différents regroupements géographiques de ces éléments ; et l'on sort de l'aire d'extension d'un climat lorsqu'il y a plus de caractères absents que de présents, ou lorsque ces derniers perdent l'essentiel de leur signification (J. MOUNIER, 1979, pp. 121-122).

Le principe est simple. Un exemple le fera mieux comprendre.

Référence faite à son influence sur la vie humaine, et après élimination d'une foule de caractères redondants, l'originalité du climat méditerranéen (J.P. BESANCENOT, 1984, pp. 559-561) a pu être rapportée à quatre traits principaux :

1) Le premier tient à l'existence d'un hiver sensible, qui légitime l'inclusion du domaine méditerranéen dans l'aire des climats tempérés, à saisons thermiques contrastées. Le plus simple serait, apparemment, de définir cet hiver par la température, mais chacun sait combien la lecture du thermomètre peut réserver de surprises, en révélant un désaccord flagrant avec nos propres sensations de chaleur ou de froid. La raison en est que ces sensations ne sont jamais sous la dépendance exclusive de la température, mais conditionnées simultanément par un grand nombre d'éléments du climat, au premier rang desquels figure l'animation de l'air. D'où la nécessité de recourir à une notion plus complexe, comme le pouvoir réfrigérant du vent, tiré de la formule de P.A. SIPLE & C.F. PASSEL (1945) :

$$K = (10,45 + 10\sqrt{v} - v)(33 - t^{\circ}) ,$$

avec v = vitesse du vent (m/s) et t° = température ($^{\circ}\text{C}$). Le pouvoir réfrigérant K est obtenu en kilocalories rapportées à l'heure et au mètre carré de surface corporelle ($\text{kcal.h}^{-1}.\text{m}^{-2}$), et l'expérience indique que, pour identifier un climat méditerranéen, il faut au moins un mois d'hiver avec un indice K égal ou supérieur à 450, en moyenne journalière (une telle valeur correspond à une température de $+10^{\circ}\text{C}$ conjuguée à un vent de 1 m/s, ou à $14,8^{\circ}\text{C}$ avec un vent soufflant à 3 m/s).

2) Si le domaine méditerranéen appartient incontestablement par son hiver, au climat "tempéré", il n'en fait pas moins figure d'ensemble original à l'intérieur des latitudes moyennes, et cette originalité lui est surtout conférée par son été. D'où l'adoption d'un second critère distinctif, que l'on définira à l'aide du même indice de refroidissement : un mois au moins avec un indice K inférieur à 300 (ce qui implique une température égale ou supérieure à $21,7^{\circ}\text{C}$ avec un vent de 4 m/s).

3) Mais des hivers froids et des étés chauds ne sont pas l'apanage exclusif des climats méditerranéens (on les retrouverait, par exemple, en milieu tempéré continental). Ce qui, dans le contexte des latitudes moyennes, singularise le pourtour de la Méditerranée, c'est que la saison chaude y est fort chargée de vapeur d'eau, du fait de l'irruption périodique de dispositions évoquant les basses latitudes (plus précisément le début de la saison sèche sous les tropiques). Certes, compte tenu de sa température, qui détermine une capacité hygrométrique considérable, l'air reste d'ordinaire

éloigné de son point de saturation, et l'humidité relative se maintient à un niveau remarquablement bas. Mais cela n'empêche pas que cet air renferme une masse importante de vapeur d'eau, susceptible de contrarier la respiration en inhibant l'évaporation pulmonaire ; le plus simple est de l'exprimer par la tension de vapeur. On identifie ainsi un troisième caractère distinctif des climats méditerranéens : un mois au moins avec une tension de vapeur \bar{U} égale ou supérieure à 17 millibars.

4) Si les trois premiers critères matérialisent l'emprise alternée, sur la Méditerranée, des conditions climatiques propres aux latitudes encadrantes (latitudes moyennes en hiver, tropiques secs en été), le dernier doit traduire la spécificité de l'espace soumis à l'action durable des hautes pressions subtropicales : c'est la fréquence élevée des journées de beau ou de très beau temps, que l'on pourra définir par l'absence totale de précipitations en période diurne (entre 6 et 18 heures TU) et par une durée d'insolation d'au moins 9 heures. Dans ces conditions, il semble que ce soit la courbe des 100 jours annuels de beau temps qui cerne le mieux le domaine méditerranéen - et l'on a dit plus haut que cette courbe se confondait la plupart du temps avec celle de 125 jours...

Quatre caractères originaux du climat méditerranéen sont ainsi mis en évidence : au moins un mois "froid" ($K \geq 450$),
un mois "chaud" ($K < 300$),
un mois "lourd" ($\bar{U} \geq 17$ mb),
et 100 jours de "beau temps".

Notons immédiatement que le premier de ces critères n'est d'aucune utilité pour délimiter le domaine méditerranéen en direction du nord, puisque l'on retrouverait un hiver thermique sur l'ensemble des latitudes moyennes. La disparition de tout mois "froid" marquerait le passage du climat méditerranéen au désert chaud : c'est un problème qui ne nous concerne pas ici (P. PAGNEY, J.P. BESANCENOT & J.P. CHABIN, 1984). En revanche, les trois autres critères permettent de fixer la limite septentrionale de notre domaine, et les isolignes correspondantes ont été reportées sur la figure 2. On remarquera que, le plus souvent, c'est la chaleur de l'été qui remonte le plus loin en direction du nord (spécialement dans la vallée de la Saône), alors que la surcharge hygrométrique de l'atmosphère estivale cerne au plus près la Méditerranée, et que la limite des 100 jours de beau temps occupe une position intermédiaire entre les deux courbes précédentes. Mais ce dispositif n'a rien de systématique : les isolignes, très enchevêtrées, se recourent de nombreuses fois.

Dans ces conditions, comment concevoir la limite du domaine méditerranéen ?

Deux cas très simples se présentent tout d'abord. Lorsqu'*aucune* des trois conditions énoncées (un mois chaud, un mois lourd et un grand beau temps) n'est remplie, c'est-à-dire en pratique au nord de la plus septentrionale des trois isolignes retenues, le climat n'a plus rien de méditerranéen. On le définira, en première approximation, comme "*tempéré moyen*". Les régions correspondantes portent sur la carte, des hachures verticales : ce sont, essentiellement, le centre et le nord de la France, plus accessoirement les montagnes... A l'inverse, chaque fois que *les trois* conditions sont réunies, donc au sud de la plus méridionale des trois courbes, le climat peut sans hésitation être qualifié de *méditerranéen* (ou "*tempéré chaud*"). Les régions concernées sont soulignées par des hachures horizontales. On remarquera sans plus attendre que ce domaine "méditerranéen franc" a une extension relativement restreinte : il s'accroche au pourtour méditerranéen, en laissant même le Roussillon à l'écart. Et il pousse une digitation, à première vue aberrante, en direction de l'Aquitaine : on y reviendra.

Dans l'intervalle des courbes extrêmes, autrement dit là où les deux ensembles "tempéré moyen" et "tempéré chaud" se chevauchent ou se recourent, on doit individualiser des milieux de transition, qui possèdent seulement un ou deux des caractères distinctifs (une ou deux des modalités) du climat méditerranéen. Bien que le terme ait déjà été utilisé dans un sens différent (M. BARBERO, G. BONIN & P. QUEZEL, 1971), on pourra, faute de mieux, qualifier de *subméditerranéennes* les régions réunissant *deux* des trois attributs des milieux "tempérés chauds", comme la vallée de la Durance en aval de Sisteron, qui ignore uniquement la surcharge estivale de vapeur d'eau, ou comme le versant sud de la Montagne Noire et le seuil de Naurouze, simplement privés de la chaleur de juillet-août. La présence d'*un seul* des trois caractères "tempérés chauds" n'autorisera plus à parler que d'un climat à *affinités subméditerranéennes* : ce serait le cas de la vallée de la Saône, où la chaleur de juillet constitue l'unique indice de méditerranéité ; c'est aussi, localement, le cas du Lubéron, où seul le beau temps rappelle l'ambiance de la Provence.

Dans ses grandes lignes, le schéma obtenu est assez simple. Comme on pouvait s'y atten-

dre, il rattache la façade méditerranéenne, dans sa presque intégralité, à l'espace "tempéré chaud". La seule exception, on l'a dit, vient du Roussillon. Exception toute relative, d'ailleurs, puisque la tension de vapeur moyenne d'août frôle la barre des 17 mb : l'exclusion du domaine méditerranéen franc n'est donc prononcée ici que pour un déficit hydrique de quelques dixièmes de millibar. Et il est indiscutable que d'autres périodes conduiraient à un résultat différent. Cela dit, il nous plaît assez que la série prise en compte, en l'occurrence les quinze années 1961-1975, fasse du Roussillon une province bioclimatique à part, car bien d'autres aspects du climat confirmeraient ce caractère marginal. A. DAUPHINE (1976, p. 250) l'a bien montré pour la pluviométrie. Si le Roussillon s'intègre sans équivoque au domaine méditerranéen pendant l'été, la saison pluvieuse y débute dès septembre, pour se prolonger en janvier, ce qui évoque déjà l'Aquitaine. Après quoi, le minimum de février, ailleurs bien marqué, y est à peine perceptible, et les pluies de printemps ne cessent pas avant mai. De plus, en toute saison, la variabilité des précipitations apparaît extrême, dans le temps comme dans l'espace, tandis que les excès d'intensité ou de durée des averses y sont plus fréquents que partout ailleurs. De sorte que la bioclimatologie humaine n'est pas seule à classer le Roussillon comme subméditerranéen...

Beaucoup plus discutable apparaît la façon dont les choses se présentent vers l'ouest. Le climat méditerranéen apparemment "pur", celui qui possède les trois modalités définies ici, s'insinue par le seuil de Naurouze, avant de prendre en écharpe le bassin d'Aquitaine, en bande étroite, sur la rive gauche de la Garonne, à travers les plateaux de la Lomagne et du Condomois, jusqu'aux Landes de Gascogne, où il atteint ponctuellement l'océan Atlantique, à la fois un peu au sud d'Arcachon et sur la côte basque. Très vraisemblablement, les répercussions du climat sur la santé sont-elles, en gros, les mêmes en Aquitaine et sur le pourtour méditerranéen. Mais cette ressemblance, pour ne point dire cette identité, est-elle suffisante pour que l'on identifie sans plus de scrupules une grande région climatique filiforme, qui joindrait la Côte d'Azur au golfe de Gascogne ?

La réponse dépend, en fait, de l'objectif poursuivi. Si l'on se préoccupe uniquement de la façon dont le climat affecte l'organisme humain, une telle proposition paraît admissible ; partout, les efforts imposés au corps doivent être à peu près de même nature et de même intensité, partout les risques encourus doivent être du même ordre. Mais si l'on a des ambitions plus vastes, et que l'on cherche à définir un cadre utilisable en géographie régionale, il devient ridicule de placer le Bas-Languedoc et la moyenne Garonne dans le même ensemble. Si le bassin d'Aquitaine constitue vraiment un "Midi" à l'intérieur du territoire français (et l'on n'oubliera pas que Toulouse, avec 42,9°C, a ravi à Montpellier le record national des températures maximales), c'est un Midi océanique. Quand on vient des plaines languedociennes, le changement s'impose dans les paysages après Carcassonne : d'un côté la vigne, l'amandier, l'olivier, le chêne-vert et les cultures étagées en terrasses ; de l'autre encore la vigne, mais le maïs, le noyer, le chêne à feuilles caduques et les prairies bien arrosées. Les pluies se font à la fois plus abondantes et plus fréquentes (H. SCHNEIDER, 1972) : si Béziers reçoit moins de 500 mm de précipitations annuelles, Agen en totalise 707 ; Pau compte en moyenne 164 jours de pluie par an, contre 60 à Narbonne, et l'on pourrait multiplier les exemples... Plus important encore : le régime pluviométrique trahit l'atténuation, voire la disparition progressive, vers l'ouest, de la sécheresse estivale : après un printemps abondamment arrosé, qui se poursuit jusqu'en juin, l'aridité aquitaine ne se manifeste qu'en juillet (les orages d'août donnent un maximum pluviométrique d'été à la région toulousaine comme à l'Ariège), et elle n'apparaît nulle part absolue.

C'est pourquoi, il faut impérativement ajouter à la carte une quatrième limite : celle de la sécheresse estivale, que l'on pourrait apprécier de différentes manières. Le plus simple sera sans doute de s'en tenir à la courbe des 40 jours "secs" au cours des mois "secs" consécutifs de l'année (*Carte bioclimatique...*, 1963), la sécheresse quotidienne étant définie par l'absence de pluie et par une faible humidité relative, la sécheresse mensuelle par un total de précipitations, exprimé en millimètres, inférieur au double de la température, en degrés Celsius. Trente jours seulement remplissent ces conditions à Toulouse, contre 42 à Carcassonne. La limite, une fois de plus, passe très près de Castelnaudary, l'indice xéothermique 40 correspondant à peu près à la limite de culture de l'olivier lors de son maximum du XIX^e siècle (*Carte de la végétation...*, 1970, p. 43). Cette limite n'avait guère pu apparaître plus tôt, étant donné quela pluviosité n'a pratiquement aucune répercussion directe sur l'organisme humain. Si la courbe des 0,05 coups de chaleur mortels pour mille passait elle aussi aux abords de Castelnaudary, elle ne pouvait être interprétée comme une limite absolue, puisque des risques notables réapparaissaient en Aquitaine...

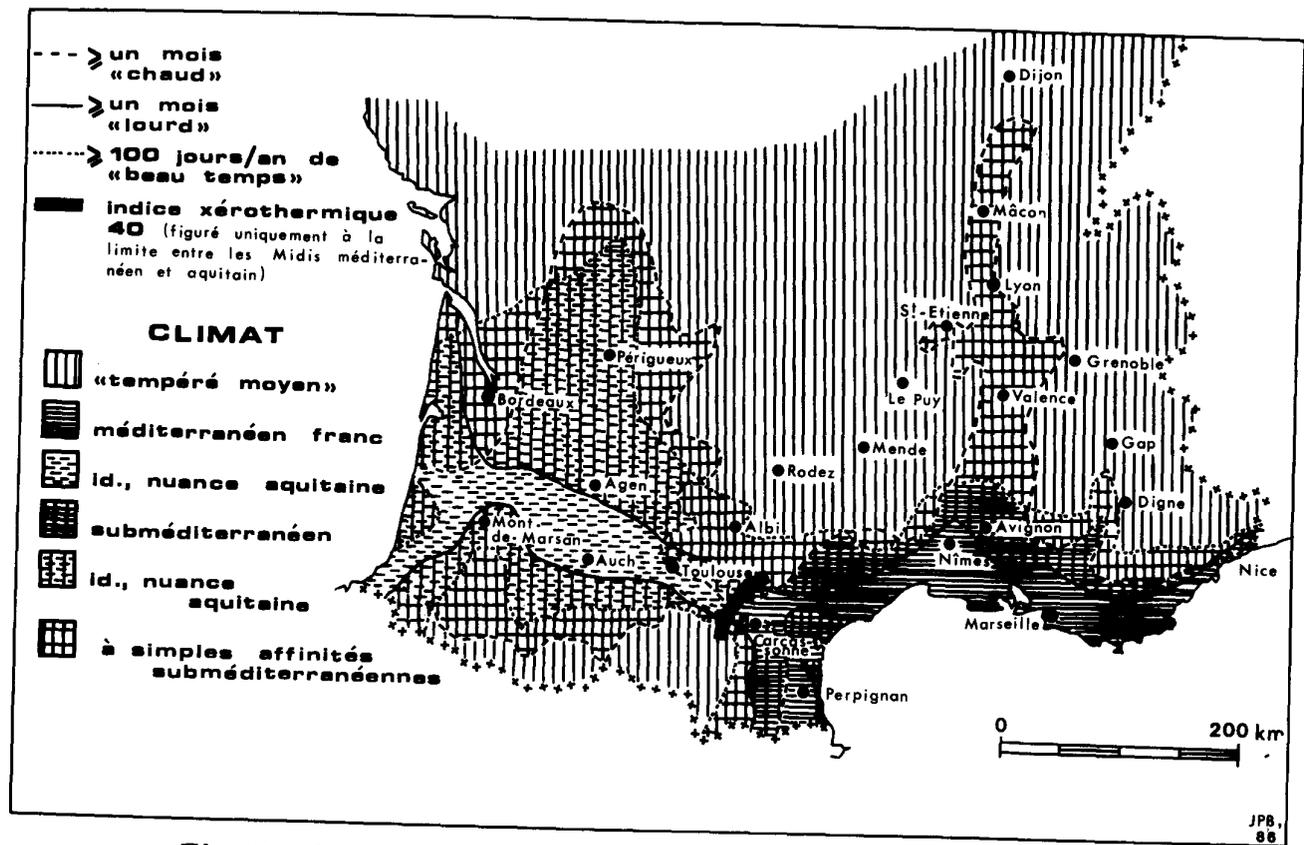


Fig. 2.- Limites bioclimatiques & types de climats dans les Midis français.

III - INTERPRETATION ET DISCUSSION

La carte obtenue (fig. 2) n'apporte bien sûr, au problème posé, qu'une solution parmi beaucoup d'autres. Mais sa confection aura permis de faire plusieurs observations de portée générale.

1 - Des limites toutes semblables ?

En premier lieu, cette étude confirme la possibilité d'envisager trois types de limites climatiques ou bioclimatiques :

- des limites linéaires, qui se confondent avec telle ou telle isoligne, jugée particulièrement significative, de tel ou tel paramètre, ou de tel ou tel réactif du climat, dont on a reconnu le caractère discriminant ; la courbe des 0,05 coups de chaleur mortels pour mille en fournit un exemple, de même que la limite nord de l'olivier, dès l'instant où l'arbre n'est plus considéré pour lui-même, mais en tant que symbole d'un ensemble de caractères phytogéographiques (L. EMBERGER, 1943, pp. 160-162).

- des limites dotées d'une réelle épaisseur, qui correspondent à l'intervalle à l'intérieur duquel un ou plusieurs paramètres importants du climat présentent un gradient horizontal anormalement fort (la bande comprise entre les isolignes 0,05 et 0,15 coups de chaleur mortels pour mille répond à cette définition).

- enfin, des limites interprétées comme des bandes de transition, de chevauchement et de dégradation, où l'on relève certains des caractères des deux climats qui entrent en contact, sans jamais les trouver tous réunis.

Mais faut-il obligatoirement choisir entre ces trois types de limites ? En réalité, il semble qu'elles peuvent fort bien coexister. Ainsi, le passage du domaine "tempéré moyen" au climat méditerranéen se fait parfois avec brutalité, parfois par des transitions presque insensibles. Tout dépend de la disposition du relief et de l'allure générale du substratum. Le premier cas (limite-frontière) se réalise essentiellement lorsque le front de mer est bordé, à faible distance, par une puissante barrière montagneuse. Les trois isolignes limites se trouvent alors plus ou moins accolées. Le meilleur exemple de cette Méditerranée réduite "à d'étroites bandes continentales, à des terres exiguës collées à la mer" (F. BRAUDEL, 1976, p. 211), provient des Alpes maritimes. Mais il serait faux d'imaginer qu'il existe partout des frontières aussi rigides. Dans le couloir de la Saône et du Rhône, le passage d'un climat à un autre ménage une foule de milieux de transition, et ce n'est pas un hasard si tant de villes y revendiquent le titre de "Porte du Midi". Quelque trois cents kilomètres ne séparent-ils pas les domaines "tempéré moyen" et "tempéré chaud", dans leurs tonalités franches ? En présence de ces innombrables "vestibules du Midi" - nous empruntons l'expression à C. PARAIN, 1936, p. 22 -, toute recherche d'une grande précision dans le bornage resterait illusoire.

2 - Des limites polyvalentes ?

Le second enseignement que l'on peut tirer de cette investigation est qu'il n'existe probablement pas de limite climatique polyvalente. Une délimitation valable en bioclimatologie humaine ne peut s'appliquer telle quelle à des problèmes d'écologie végétale : on l'a bien vu avec le passage du climat méditerranéen au climat aquitain. La régionalisation des climats ne peut donc pas se faire selon une méthode stéréotypée. Il faut, à chaque fois, choisir, voire fabriquer sa méthodologie, bien sûr en fonction des documents dont on dispose et des caractéristiques générales des différents climats qui entrent en contact, mais aussi en fonction de l'objectif poursuivi. Il existe théoriquement autant de limites possibles que d'angles sous lesquels on peut aborder la question, et il ne faut pas s'étonner si des conceptions très diverses ont pu être proposées. C'est, au reste, le propre de la géographie régionale que de trouver un compromis satisfaisant entre des tracés souvent discordants.

Encore l'écart entre les différentes limites est-il compliqué par les fluctuations de chacune d'entre elles, à différents pas de temps.

3 - Des limites immuables ?

On laissera de côté, faute de données numériques adéquates, le fait que les limites cli-

matiques actuelles ne sauraient jamais représenter qu'un moment dans l'histoire continue des climats de la terre, en perpétuelle évolution. Mais il faut insister sur la variabilité des conditions climatiques en années successives, qui soulève le problème de la stabilité des canevas de répartition, donc des limites portées sur les cartes et, par suite, de la fiabilité de ces cartes elles-mêmes, dont il est toujours permis de se demander si elles sont autre chose qu'une fiction statistique.

A. BAUDIERE & L. EMBERGER (1959, p. 98) ont ainsi constaté que, sur les marges septentrionales du domaine méditerranéen, les régimes pluviométriques n'étaient pas "les moyennes d'années qui se ressemblent...", mais d'années ayant les unes des étés franchement secs, et d'autres des étés plus ou moins humides". Dans ces territoires de liaison, ajoutent-ils (p. 114), le climat subit, suivant les millésimes, plus fortement l'une ou l'autre des influences qui s'affrontent. A Pont-Saint-Esprit, par exemple, les années à pluviosité méditerranéenne (courbes pluviométriques concaves en été) ont une fréquence égale à celle des années extra-méditerranéennes (courbes à convexité estivale) : ce serait là l'illustration parfaite d'un climat de transition... Mais la dégradation des caractères "tempérés chauds" est plus marquée à Montélimar, où le minimum pluviométrique estival ne se retrouve plus que trois fois sur sept.

Une classification ascendante hiérarchique, appliquée aux moyennes mensuelles de température et de précipitations, a permis à F. DURAND-DASTES & L. SANDERS (1984) de confirmer l'existence de groupes bien constitués de stations où le temps varie presque toujours de façon homogène. A l'intérieur du Midi méditerranéen français, la plupart des localités se retrouvent ainsi classées ensemble neuf, sinon dix années sur dix. Mais à la périphérie de ce "noyau" à forte cohérence, la situation se dégrade rapidement : Carcassonne et Montélimar ne seraient plus que sept fois sur dix rattachées au domaine méditerranéen !

Nos critères bioclimatiques autorisent des constatations très voisines. Alors que Montpellier, Nice, Marseille et Saint-Raphaël connaissent au moins neuf années sur dix un climat "méditerranéen pur", le chiffre tombe en moyenne à 6,5 à Carcassonne, les 3,5 autres années n'étant plus que subméditerranéennes. Le rapport serait pratiquement inversé à Castelnaudary et Villefranche-de-Lauragais. Quant à Montélimar, sur quinze années, nous la trouvons deux fois en milieu typiquement méditerranéen, trois fois en climat subméditerranéen, huit fois en milieu à simples affinités subméditerranéennes et deux fois en domaine "tempéré moyen". Quelle que soit l'incertitude attachée à de tels chiffres, tirés de séries manifestement trop brèves, ils soulignent bien une nouvelle caractéristique des bandes de transition : ce sont non seulement des régions qui participent simultanément des deux climats encadrants, mais aussi des secteurs où le classement apparaît particulièrement incertain, et changeant d'une année à l'autre.

4 - Des limites physionomiques ou génétiques ?

La dernière question qui se pose est celle de savoir si les caractères des climats, leurs manifestations concrètes, éventuellement leurs répercussions sur d'autres composantes de la combinaison géographique, sont bien appropriés à fonder une véritable régionalisation, comme celle qui vient d'être proposée. Ne serait-il pas plus pertinent de s'appuyer d'emblée sur les mécanismes atmosphériques puisque, aussi bien, ce sont eux qui président à l'élaboration des climats et, par là même, à leur différenciation ? En un mot, une approche génétique ne serait-elle pas préférable à une approche physionomique ? J. GUITER (1980, p. 124) admet ainsi que "c'est le mécanisme climatique du mistral qui soude... les unes aux autres les plaines et les montagnes méditerranéennes".

En fait, il semble bien que tout dépende de l'échelle d'investigation. Les grandes lignes de l'agencement des climats à la surface du globe peuvent et, selon nous, doivent être définies en fonction des mécanismes, de la circulation atmosphérique, de la présence et du jeu des masses d'air (P. PAGNEY, 1976, pp. 17-23). Mais, à l'intérieur du canevas ainsi mis en place, la perspective génétique se prête mal à un affinement du découpage spatial. Les raisons sont multiples. L'une d'entre elles est que les mécanismes du temps, au-dessus d'une région, ne sont jamais rigoureusement contenus dans un espace défini par cette région : une masse d'air, y arrivant, conserve tout ou partie des propriétés qu'elle a acquises au cours de ses déplacements, et ces propriétés sont différentes de celles d'une masse d'air de même origine, s'appliquant à la même région, mais ayant connu des vicissitudes différentes en suivant une autre trajectoire. Une autre raison tient à la densité insuffisante du réseau de stations fournissant les données aérologiques nécessaires. Dans ces conditions, et quelles que puissent

être leurs faiblesses, les classements physiologiques (fondés sur les caractères du climat) et les classements "effectifs" (reposant sur les effets de ce même climat) paraissent seuls capables de fournir une image diversifiée de l'espace, aux échelles relativement fines qui nous intéressaient ici.

Cela dit, une fois les limites fixées par les critères descriptifs, rien n'interdit d'invoquer le dynamisme de l'atmosphère pour tenter de les justifier. Une telle démarche serait, sans doute, particulièrement féconde là où les isolignes limites sont espacées. Pour ne prendre qu'un exemple, les affinités subméditerranéennes reconnues à la Bourgogne méridionale pourraient alors s'expliquer par la remontée vers le nord de la crête chaude subtropicale, spécialement pendant le mois de juillet...

BIBLIOGRAPHIE

- Atlas climatique de la France* (1969). Paris, Météo. Nat., 45 pl.
- BARBERO M., BONIN G., QUEZEL P. (1971). Signification bioclimatique des pelouses écorchées sur les montagnes du pourtour méditerranéen, leurs relations avec les forêts d'altitude. *Colloque interdisciplinaire sur les milieux naturels supra-forestiers des montagnes du bassin occidental de la Méditerranée*. Perpignan, Centre Universitaire, 17-56.
- BAUDIERE A., EMBERGER L. (1959). Sur la notion de climat de transition, en particulier dans le domaine du climat méditerranéen. *Bull. Serv. Carte Phytogéogr.*, B 4(2), 95-117.
- BENEVENT E. (1926). *Le climat des Alpes françaises*. Paris, Off. Nat. Météo., 436 p.
- BESANCENOT J.P. (1984). *Les bioclimats humains en façade méditerranéenne de l'Europe. Etude géographique des effets physiologiques, psychiques et pathologiques d'une ambiance climatique sur les hommes*. Dijon, Centre Rech. Climatol., 4 vol., 736 p.
- BESANCENOT J.P. (1985). *Les répercussions pathologiques du climat en façade méditerranéenne de l'Europe : étude géographique*. Montpellier, Géos, 36 p.
- BIROT P. (1964). *La Méditerranée et le Moyen-Orient. I. Généralités ; Péninsule Ibérique, Italie*. Paris, PUF, 2e éd., 550 p.
- BRAUDEL F. (1976). *La Méditerranée et le monde méditerranéen à l'époque de Philippe II*. Paris, A. Colin, 3e éd., 2 vol., 591 + 631 p.
- BRUNET R. (1968). *Les phénomènes de discontinuité en géographie*. Paris, Edit. du CNRS, 117 p.
- Carte bioclimatique de la zone méditerranéenne. Notice explicative* (1963). s.l. (Paris), UNESCO-FAO, 60 p.
- Carte de la végétation de la région méditerranéenne. Notice explicative/Vegetation map of the Mediterranean zone. Explanatory notes* (1970). s.l. (Paris), UNESCO-FAO, 90 p.
- DAGET P. (1977). Le bioclimat méditerranéen : caractères généraux, modes de caractérisation. *Vegetatio*, 34 (1), 1-20.
- DAGET P. (1980). Un élément actuel de la caractérisation du monde méditerranéen : le climat. *Naturalia Monspeliensia, h.s.*, 101-126.
- DAGET P., DAVID P. (1982). Essai de comparaison de diverses approches climatiques de la méditerranéité. *Ecologia medit.*, 8 (1-2), 33-48.
- DAGET P. (1984). Introduction à une théorie générale de la méditerranéité. *Bull. Soc. bot. France, Actual. bot.*, 131 (2/3/4), 31-36.
- DAUPHINE A. (1976). *Les précipitations dans Les Midis français. Etude de climatologie inductive*. Paris, Champion, 591 + 101 p.
- DOUGUEDROIT A. (1976). *Les paysages forestiers de Haute-Provence et des Alpes-Maritimes*. Aix-en-Provence, Edisud, 550 p. + annexes.
- DURAND-DASTES F., SANDERS L. (1984). Les contrastes climatiques : noyaux et zones de transition. In : *Géoscopie de la France*. Paris, Paradigme/Libr. Minard, 91-101.
- EMBERGER L. (1943). Les limites de l'aire de végétation méditerranéenne en France. *Bull. Soc. Hist. nat. Toulouse*, 78 (3), 159-180.
- EYDOUX H.P. (1969). *Promenades en Provence*. Paris, André Balland, 287 p.
- GIBERT A. (1949). Simple causerie sur la notion de climat. In : *Livre Jubilaire Maurice Zimmermann*. Lyon. Inst. Et. Rhodan., 19-28.

- GUILLAUME A. (1960). Les limites de la végétation en France. *Bull. mens. Soc. Linéenne Lyon*, 29 (4), 99-110.
- GUIER J. (1980). Mistral et tramontane. *Information géogr.*, 44 (3), 118-125.
- MOUNIER J. (1979). *Les climats océaniques des régions atlantiques de l'Espagne et du Portugal. Contribution synoptique à la géographie des climats humides des latitudes moyennes*. Paris, Champion, 3 vol., 1 221 p.
- PAGNEY P. (1976). *Les climats de la terre*. Paris, Masson, 151 p.
- PAGNEY P., BESANCENOT J.P., CHABIN J.P. (1984). Contribution à l'étude de la limite climatique entre le domaine méditerranéen et le milieu subtropical chaud et sec. *Bull. Soc. bot. France, Actual. botan.*, 131 (2/3/4), 51-62.
- PARAIN C. (1936). *La Méditerranée, les hommes et leurs travaux*. Paris, Gallimard, 4e éd., 225 p.
- QUEZEL P., BARBERO M. (1982). Definition and characterization of mediterranean-type ecosystems. *Ecologia medit.*, 8 (1-2), 15-29.
- SCHNEIDER H. (1972). Les précipitations sur la diagonale Gironde-Méditerranée. *Rev. géogr. Pyr. Sud-Ouest*, 43 (3), 295-313.
- SIEGFRIED A. (1943). *Vue générale de la Méditerranée*. Paris, Gallimard-NRF, 191 p.
- SIPLE P.A., PASSEL C.F. (1945). Measurements of dry atmospheric cooling in sub-freezing temperatures. *Proc. Amer. Philosoph. Soc.*, 89 (1), 177-199.
- THOM E.C. (1959). The discomfort index. *Weatherwise*, 12, 57-60.
- VOIRON H. (1980). Limites climatiques sur les Alpes françaises. In : *Montagnes et montagnards. Mélanges Paul Veyret*. Grenoble, Institut. Géogr. alpine, 33-43.
- WYNDHAM C.H. (1970). Adaptation to heat and cold. In : LEE D.H.K., MINARD D., *Physiology, environment and man*. New York-London, Acad. Press, 177-205.

ERRATUM

- * Lire : entre 29 et 31° C, 0,1795 entre 31,1 et 32,8° C, 0,5712 entre 32,8 et 33,8° C, etc.

**Contributo allo studio della vegetazione muscinale
del territorio di Santo Pietro (Sicilia meridionale):
Sugherete, Leccete, Cisteti.**

M. PRIVITERA*
R. LO GIUDICE*

RIASSUNTO - Viene presentato uno studio brioeologico sulle formazioni boschive a *Quercus ilex*, *Quercus suber* e sulle garighe a *Cistus* sp.pl. del territorio di Santo Pietro (Sicilia meridionale).

Nella lecceta, data la notevole densità del bosco, si ritrova un ricco contingente di specie sciafile della macchia alta e densa e delle foreste: *Rhynchostegiella tenella* var. *litorea*, *Oxyrrhynchium praelongum* var. *stokesii*, *O. praelongum*, *Fissidens bryoides*, *F. bryoides* ssp. *incurvus*, *Brachythecium velutinum*. Per contro, nella sughereta e nei cisteti, si nota da un lato un'accentuata diminuzione delle specie sopradette, dall'altro una netta predominanza di specie compagne degli stadi di degradazione delle foreste come: *Trichostomum brachydontium*, *Weissia controversa*, *Scleropodium touretii*, che mostrano una notevole plasticità, *Pleuroidium acuminatum*, *Fossombronia caespitiformis*, entità xerofile, *Timmiella anomala*, *T. barbuloides*, *Pleurochaete squarrosa*, entità xerothermofile maggiormente diffuse nei cisteti in esame.

SUMMARY - A bryoeological study of holm- and cork-oak forests and *Cistus* sp.pl. populations of the Santo Pietro territory (South Sicily) is presented.

In evergreen holm-oak forests, weak degrees of illumination are favourable to shade mosses of the high scrub and of the forests: *Rhynchostegiella tenella* var. *litorea*, *Oxyrrhynchium praelongum* var. *stokesii*, *O. praelongum*, *Fissidens bryoides*, *F. bryoides* ssp. *incurvus*, *Brachythecium velutinum*. In cork-oak forests and in *Cistus* populations, a strong diminution of the mentioned species is noticed; on the contrary several species of the degradation stages of the forests prevail such as: *Trichostomum brachydontium*, *Weissia controversa*, *Scleropodium touretii* which present a remarkable plasticity, *Pleuroidium acuminatum*, *Fossombronia caespitiformis*, xerophilous entities, and finally *Timmiella anomala*, *T. barbuloides*, and *Pleurochaete squarrosa*, xero-thermophilous entities which are scattered in the *Cistus* populations considered.

PAROLE CHIAVE : *Ecologia, aggruppamenti muscinali, sugherete, leccete, cisteti, Santo Pietro, Sicilia meridionale.*

INTRODUZIONE

Sul versante Sud, all'estremo limite dei Monti Erei, lungo il pendio che gradatamente discende verso la pianura di Vittoria (Sicilia meridionale-orientale), si erge nella sua imponenza il bosco di Santo Pietro, uno dei pochi lembi di territorio dell'entroterra siciliano che a tutt'oggi resiste, se pur stentatamente, all'azione devastatrice dell'uomo.

La particolare fisionomia del paesaggio vegetale, la presenza di essenze tipicamente mediterranee, e di elementi notevolmente interessanti alcuni dei quali in via di estinzione, conferiscono al bosco di Santo Pietro un particolare significato dal punto di vista scientifico-naturalistico. Per tale motivo il territorio in esame è stato recentemente oggetto di diversi meetings e tavole rotonde da

*Istituto di Botanica dell'Università di Catania, Via A. Longo, 19 - 95125 Catania, Italia.

cui è scaturita l'esigenza di salvaguardare e proteggere questa isola naturale peraltro già compromessa dall'azione indiscriminata dell'uomo, come emerge anche dal presente studio.

Dal punto di vista scientifico, a parte i contributi a carattere storico-sociale ed economico-scientifico, e a parte le sporadiche e frammentarie notizie a carattere floristico, è stata condotta un'indagine da FURNARI (1965) in cui viene affrontato lo studio della flora e vegetazione superiore del territorio. In questo contesto si inserisce il presente contributo dove viene esaminata sotto un profilo ecologico-sociologico la brioflora, che anche se poco appariscente, ha sicuramente un suo ruolo nello studio della vegetazione nel suo complesso.

CARATTERISTICHE GENERALI

Il territorio di Santo Pietro (Fig. 1) si estende per circa 5000 ettari, ad altitudine compresa fra 250 e 400 m s.l.m. Si tratta di un esteso altopiano delimitato ad Est dal Torrente Ficuzza, a Nord ed Ovest dai valloni Ogliastro e Terrana, a Sud dal territorio del Comune di Acate.

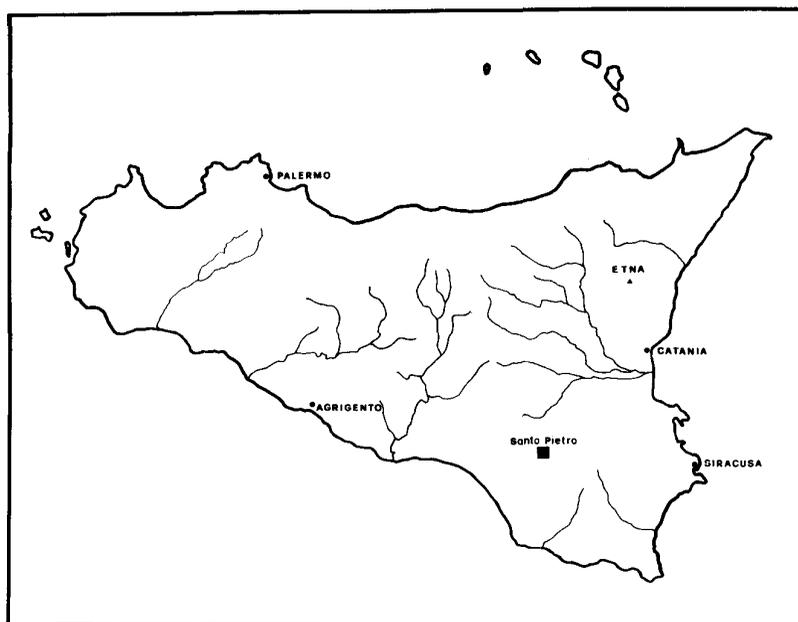


Fig. 1 - Localizzazione del territorio indagato.

Sotto un profilo geologico, il territorio è caratterizzato da sabbie molto fini, calcaree e silicee, di colore variabile dal giallo, al giallo-grigiastro, al rossastro per l'abbondanza di ossidi di ferro. Frequentemente, lungo le scarpate vallive, alle sabbie si intercalano arenarie a cemento calcareo in strati più o meno sottili e qua e là lenti argillose di debole potenza. Nessun termine inferiore al Calabriano è stato riscontrato nel territorio in esame.

Il clima è di tipo mediterraneo, caratterizzato da una marcata siccità estiva, come si può desumere dai grafici ombrotermici relativi alle vicine stazioni meteorologiche di Vittoria e Caltagirone (Fig. 2). Secondo la tipologia proposta da BAGNOULS e GAUSSEN (1957), in particolare, la stazione di Caltagirone (513 m di altitudine) si troverebbe nella sottoregione a clima "mesomediterraneo", es-

sendo il periodo secco della durata di quattro mesi, da maggio a settembre; la stazione di Vittoria (168m di altitudine) sarebbe caratterizzata, invece, da un clima "termomediterraneo" essendo protratta la siccità per cinque mesi, da aprile a settembre.

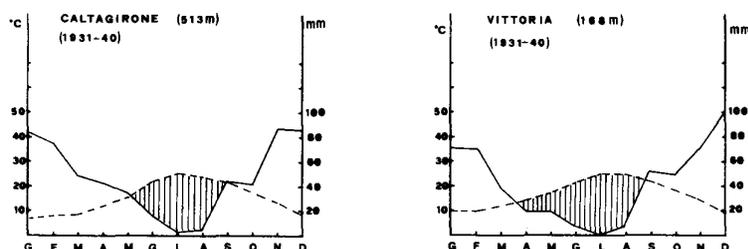


Fig. 2 - Diagrammi ombrotermici delle stazioni di Caltagirone e di Vittoria.

Dal punto di vista vegetazionale, il territorio di Santo Pietro è caratterizzato da una vegetazione forestale a *Quercus suber*, da boschi cedui di *Quercus ilex* localizzati nei pendii più ripidi e scoscesi, e da garighe ed altre forme di degradazione.

La sughereta, che conferisce una particolare fisionomia al paesaggio vegetale, forma un bosco aperto e diradato con ampie e luminose schiarite. La sua composizione floristica rispecchia in linea di massima quella tipica delle sugherete, ma con maggiore frequenza ed abbondanza di elementi termo-xerofili ad areale più meridionale, a scapito di elementi mesofili.

Il suolo della sughereta, caratterizzato da un'abbondante componente sabbiosa, è poco umifero e con un pH debolmente acido in superficie.

La lecceta, poco estesa nel territorio rispetto alla sughereta, è attualmente concentrata in due nuclei boschivi, dove vegeta su ripidi pendii esposti a Nord. La vegetazione si presenta densa e fitta; tuttavia il leccio, in forme di vegetazione più degradate o in sparsi esemplari è frequente in gran parte del territorio.

Il suolo della lecceta è più argilloso-limoso e più ricco in CaCO_3 rispetto alla sughereta. E' più unificato e con pH debolmente basico.

Nel descrivere i tratti più salienti della vegetazione, non si possono tralasciare, infine, le estese garighe caratterizzate fisionomicamente da *Cistus* sp.pl., *Rosmarinus officinalis*, *Thymus capitatus*, *Erica multiflora*, *Pistacia lentiscus*. Il suolo è caratterizzato sempre da un'alta componente sabbiosa e da un maggiore tenore di CaCO_3 rispetto alla sughereta.

SUGHERETA

Viene qui di seguito presentato lo studio della vegetazione muscinale secondo gli aspetti fondamentali della vegetazione superiore.

Si precisa che tale studio è stato condotto secondo il metodo fitosociologico della scuola sigmatista di Zurigo-Montpellier.

Per la nomenclatura ci si è attenuti per i muschi principalmente a CORLEY et al. (1981), a VAN DER WIJK et al. (1959-69) e in qualche caso a SMITH (1978), per le piante superiori a PIGNATTI (1982).

I - CONDIZIONI ECOLOGICHE

Le osservazioni relative al bosco a *Quercus suber* sono state compiute fra 275 m e 390 m di altitudine su superfici pianeggianti o su pendii con debole inclinazione (inclinazione da 0 a 10%), esposizione in massima parte indefinita (50% dei rilievi), SE (20%), E (20%) o W (10%).

Per quanto riguarda il substrato, da un'analisi di un profilo pedologico eseguito in Contrada Grazia (Tab. 1) è emersa un'abbondante frazione sabbiosa, un contenuto in argilla di 7,50% nello orizzonte superiore e di 10,80% nell'orizzonte inferiore, una componente limosa decrescente da 5,35% a 1,85% nell'orizzonte inferiore. Debole è la percentuale di CaCO₃ totale (4,71% e 5,70%, orizzonte inferiore) e scarsa è la quantità di humus con valori di 2,18% e 0,64%, valori riscontrati nell'orizzonte superiore e in quello inferiore. Il pH da debolmente acido in superficie (6,80) diventa leggermente basico più in profondità (7,45).

Profilo N°	Profondità cm	Argilla %	Limo %	Sabbia %	Humus %	pH	CaCO ₃ %
1	1-10	7,50	5,35	87,15	2,18	6,80	4,71
	10-60	10,80	1,85	87,35	0,64	7,45	5,70

Tab. 1 - Profilo di suolo eseguito in Contrada Grazia (da Furnari l.c.).

Circa la copertura della vegetazione superiore, lo strato arboreo partecipa con un ricoprimento medio del 35% su 150 m² di superficie (copertura massima 60%, minima 25%); lo strato arbustivo, rappresentato principalmente da *Calicotome spinosa*, *Phillyrea latifolia*, *Chamaerops humilis*, *Cistus salvifolius*, *Cistus incanus*, *Teucrium fruticans*, *Phillyrea angustifolia*, ecc., presenta un ricoprimento medio del 60% (massimo 75%, minimo 55%). Lo strato erbaceo, anch'esso denso e vario floristicamente (*Carex distachya*, *Stipa bromoides*, *Pulicaria odora*, *Daphne gnidium*, *Briza maxima*, *Rubia peregrina*, *Cynosurus echinatus*, *Tolpis virgata*, *Brachypodium distachyum*, ecc.) presenta valori di copertura piuttosto alti con punte massime dell'85-90%.

Non trascurabile, infine, è la lettiera il cui ricoprimento medio è del 35-40% (massimo 60%, minimo 30%).

II - VEGETAZIONE MUSCINALE

Per quanto il bosco si presenti diradato, poco spazio è riservato alla brioflora, sia per la cospicua presenza di erbe ed arbusti, sia per la discreta lettiera. Sotto queste condizioni lo strato briofitico si presenta piuttosto povero e relegato nelle piccole aree scoperte o alla base degli alberi.

La copertura muscinale è di conseguenza piuttosto scarsa raggiungendo al massimo il 5% della superficie dei rilievi su 50 m² di superficie rilevata.

Dai rilievi fitosociologici (Tab. 2) è emersa la presenza di 16 entità, per un massimo di 5 specie per rilievo ed un minimo di 2. Circa la composizione floristica concorrono specie sciafile della macchia alta e densa e delle foreste come *Oxyrrhynchium praelongum* var. *stokesii*, *Fissidens bryoides* ssp. *incurvus*, *Oxyrrhynchium praelongum*, specie comunque non molto rappresentate in accordo con l'aspetto diradato di questo bosco di alto fusto.

Un altro contingente floristico è rappresentato da specie "compagne" largamente distribuite negli stadi di degradazione delle foreste, quali *Weissia controversa*, *Trichostomum brachydontium*,

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Elemento geoclimatico	Affinità altitudinali	Affinità edafiche
Numero dei rilievi	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
Superficie m ²	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50			
Esposizione	-	E	SE	E	-	SE	-	W	-	-			
Inclinazione (%)	-	5	10	10	-	5	-	5	-	-			
Altitudine (m)	285	390	290	390	290	300	300	390	275	300			
Ricoprimento muscinale (%)	<5	<5	<5	≈5	<5	5	<5	<5	<5	≈5			
Numero delle specie	2	4	3	4	3	5	2	4	3	4			
<i>Specie sciafile della macchia alta e densa e delle foreste</i>													
<i>Oxyrrhynchium praelongum</i> (Hedw.) Warnst. var. <i>stokesii</i> (Turn.) Podp.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	Igr.atl.	Ind.	Ind.
<i>Fissidens bryoides</i> Hedw. ssp. <i>incurvus</i> (Röhl.) Bertsch.	.	+	.	.	.	+	.	.	.	.	Mes.bor.	Plan.	Ac.
<i>Oxyrrhynchium praelongum</i> (Hedw.) Warnst.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	Mes.bor.	Plan.	Ind.
<i>Compagne degli stadi di degradazione delle foreste</i>													
<i>Weissia controversa</i> Hedw.	.	.	+	+	+	+	.	.	.	.	Mes.	Plan.	Ac.
<i>Trichostomum brachydontium</i> Bruch	.	.	.	1.3	+	.	.	.	.	1.3	Igr.med.atl.	Plan.	Ind.
<i>Scleropodium touretii</i> (Brid.) L. Koch	.	.	+	.	.	.	.	.	.	+	Term.mer.	Plan.	Ac.
<i>Scleropodium touretii</i> (Brid.) L. Koch fo. <i>piliferum</i> (De Not.) Podp.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	Medit.	-	-
<i>Specie xerofile</i>													
<i>Pleurozia acuminatum</i> Lindb.	.	.	+2	.	.	+	.	.	.	.	Mes.	Plan.	Ac.
<i>Fossombronia caespitiformis</i> De Not. ex Rabenh.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	-	Plan.	Ind.
<i>Specie xero-termofile</i>													
<i>Timmiella anomala</i> (B. et S.) Limpr.	.	.	.	.	.	1.3	.	+	+	+	Term.med.	Plan.	Ca.
<i>Timmiella barbulooides</i> (Brid.) Mönk.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	Term.med.	Plan.	Ca.
<i>Altre specie</i>													
<i>Bryum capillare</i> Hedw.	+	+	.	.	+	+	.	+	.	.	Cosm.	Ind.	Ind.
<i>Trichostomum crispulum</i> Bruch	.	.	.	+	.	.	.	.	.	+	Mes.	Plan.	Ca.
<i>Pseudocrossidium revolutum</i> (Brid.) Zander	.	.	.	+	.	.	.	+	.	.	Term.mer.	Plan.	Ca.
<i>Timmiella flexiseta</i> (Bruch) Limpr.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	-	-	-
<i>Cheilothea chloropus</i> (Brid.) Lindb.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	Medit.	Plan.	Ac.

Tab. 2 - Vegetazione muscinale della sughereta del territorio di Santo Pietro.

Località dei rilievi: Contrada La Grazia rill. 2-4-8; Contrada Piano Chiesa rill. 1-3-5-6-7-10; Piano Chiazzina rill. 9.

Scleropodium touretii e la sua forma *piliferum*. Alle specie sopradette si aggiungono *Pleurodium acuminatum*, *Fossombronia caespitiformis*, entità xerofile che sembrano prediligere la macchia bassa e degradata e i cisteti.

Si segnala inoltre la presenza di *Timmiella anomala*, *Timmiella barbuloides*, briofite queste che esprimono una tendenza termoxerofila del bosco.

Tra le "altre specie" si ricorda *Bryum capillare*, specie ubiquista largamente rappresentata. Vanno segnalate inoltre *Timmiella flexisetata*, entità molto rara segnalata in precedenza solo in Spagna e Portogallo, oltre che in Sicilia presso Siracusa da BOTTINI (1907) e *Cheilothela chloropus*, specie mediterranea, abbondante nel dominio dell'*Isoetion*, presente tuttavia in alcune formazioni xerofile, quali cisteti secchi, come rilevato da HEBRARD (1977b). La presenza di detta specie anche nel territorio di Santo Pietro lascia pensare, di conseguenza, ad una notevole plasticità della specie non necessariamente legata a biotopi umidi o molto umidi.

LECCETA

I - CONDIZIONI ECOLOGICHE

I rilevamenti nella lecceta sono stati effettuati intorno ai 260-290 m di altitudine, generalmente su aree inclinate o fortemente inclinate (inclinazione media 34%, massima 50%), di preferenza in esposizioni fresche (Nord 50% dei rilievi, NW 30%).

Il suolo si presenta più evoluto rispetto a quello del bosco a *Quercus suber*. Un profilo (Tab. 3) eseguito in Contrada Chiazzina ha messo in evidenza oltre un'abbondante frazione sabbiosa (84,20% nell'orizzonte superiore e 78,75% nell'orizzonte inferiore), un contenuto in argilla di 9,45% e 10,70% nei due orizzonti e una maggiore componente limosa (soprattutto nell'orizzonte inferiore) rispetto al suolo della sughereta. Più ricco il contenuto in CaCO_3 (13,10% e 17,27%); più ricco l'humus specialmente nell'orizzonte superiore (16,80%). Il pH è debolmente basico (7,40-7,50) nei due orizzonti.

Profilo N°	Profondità cm	Argilla %	Limo %	Sabbia %	Humus %	pH	CaCO_3 %
2	1-5	9,45	6,35	84,20	16,80	7,40	13,10
	5-70	10,70	10,55	78,75	1,65	7,50	17,27

Tab. 3 - Profilo di suolo eseguito in Contrada Chiazzina (da Furnari l.c.).

La vegetazione superiore, densa anche se non ricca di specie, presenta una copertura arborea media dell'80% su 100 m² (90% copertura massima, 60% copertura minima), un ricoprimento arbustivo medio del 75-80% rappresentato da *Phillyrea latifolia*, *Arbutus unedo*, *Pistacia lentiscus*, *Prasium majus*, *Chamaerops humilis*, *Myrtus communis*, ecc. Meno consistente, anche se vario, è lo strato erbaceo costituito da *Cyclamen repandum*, *Carex distachya*, *Pulicaria odora*, ecc.

Piuttosto abbondante è la lettiera concentrata in massima parte nelle aree meno inclinate dove raggiunge un ricoprimento massimo dell'80-90%.

II - VEGETAZIONE MUSCINALE

Molto più consistente si presenta la vegetazione briofitica nel bosco a *Quercus ilex*, an-

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Elemento geoclimatico	Affinità altitudinali	Affinità edafiche
Numero dei rilievi	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
Superficie (m ²)	50	25	25	25	25	50	25	50	25	25			
Esposizione	NW	NE	N	NW	E	N	N	NW	N	N			
Inclinazione (%)	20	50	20	25	50	20	50	20	50	40			
Altitudine (m)	260	260	275	290	290	280	290	280	260	260			
Ricoprimento muscinale (%)	≈5	60	≈30	25	50	≈10	≈5	≈5	≈30	≈10			
Numero delle specie	4	2	5	3	3	5	3	3	3	5			
<i>Specie sciafile della macchia alta e densa e delle foreste</i>													
<i>Rhynchostegiella tenella</i> (Dicks.) Limpr.													
var. <i>litorea</i> (De Not.) Richs et Wall.	.	2.3	2.3	2.3	+	+	.	1.3	.	.	Term.mer.	Plan.	Ac.
<i>Oxyrrhynchium praelongum</i> (Hedw.) Warnst.													
var. <i>stokesii</i> (Turn.) Podp.	+	.	1.3	.	.	1.3	.	.	.	.	Igr.atl.	Ind.	Ind.
<i>Oxyrrhynchium praelongum</i> (Hedw.) Warnst.	+	.	+	.	.	.	.	.	.	.	Mes.bor.	Plan.	Ind.
<i>Fissidens bryoides</i> Hedw.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	Mes.bor.	Ind.	Ac.
<i>Fissidens bryoides</i> Hedw. ssp. <i>incurvus</i> (Röhl.) Bertsch.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.	Mes.bor.	Plan.	Ac.
<i>Brachythecium velutinum</i> (Hedw.) B.S. et G.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	Mes.bor.	Ind.	Ind.
<i>Fissidens</i> sp.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	-	-	-
<i>Compagne degli stadi di degradazione delle foreste</i>													
<i>Trichostomum brachydontium</i> Bruch	.	.	.	+	.	.	.	.	2.3	1.3	Igr.med.atl.	Plan.	Ind.
<i>Scleropodium touretii</i> (Brid.) L. Koch	.	.	.	.	2.3	.	.	.	1.3	+	Term.mer.	Plan.	Ac.
<i>Altre specie</i>													
<i>Scorpiurum circinatum</i> (Brid.) Fleisch. et Loeske	1.3	3.3	.	.	2.3	+	.	.	.	+	Medit.	Plan.	Ca.
<i>Bryum capillare</i> Hedw.	+	.	.	.	.	.	1.3	.	+	.	Cosm.	Ind.	Ind.
<i>Ceratodon purpureus</i> (Hedw.) Brid.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	+	Cosm.ub.	Ind.	Ind.
<i>Trichostomum crispulum</i> Bruch	.	.	.	.	.	.	1.3	.	.	.	Mes.	Plan.	Ca.
<i>Timmiella anomala</i> (B. et S.) Limpr.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.3	Term.med.	Plan.	Ca.
<i>Gymnostomum calcareum</i> Nees et Hornsch.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	Term.med.?	Ind.	Ca.
<i>Didymodon vinealis</i> (Brid.) Zander	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	Term.mer.	Plan.	Ca.

Tab. 4 - Vegetazione muscinale della lecceta del territorio di Santo Pietro.

Località dei rilievi: a nord di Piano Giaquinta rill. 1-2-3-10; ad W di Contrada Costa Chiazzina rill. 4-5-6-7; Contrada Costa Chiazzina rill. 8 e 9.

che se poco varia. La brioflora, qui, trova posto lungo le scarpate e i ripidi pendii, dove eliminata la concorrenza con la lettiera e con le piante superiori, riesce a colonizzare delle aree talora estese. Molto consistente è anche la brioflora della base degli alberi.

Sono stati riscontrati complessivamente 16 entità (Tab. 4) di cui alcune come *Scorpiurum circinatum* e *Rhynchostegiella tenella* var. *litorea* con alti valori di abbondanza-dominanza. La copertura muscinale, tutt'altro che irrilevante, come sopra accennato, nei pendii più ripidi riesce a raggiungere valori medi corrispondenti al $\approx 30\%$ su 25 m² di superficie, con punte massime del 60% (ril. 2).

La notevole densità del bosco e la conseguente debole luminosità favorisce l'insediamento di entità sciafile della macchia alta e delle foreste quali *Rhynchostegiella tenella* var. *litorea*, *Oxyrrhynchium praelongum* var. *stokesii*, oltre che *Oxyrrhynchium praelongum*, *Brachythecium velutinum*, *Fissidens bryoides*, *Fissidens bryoides* ssp. *incurvus*, *Fissidens* sp., presenti di preferenza nelle aree più riparate.

Fra le specie compagne della macchia e dei suoi stadi di degradazione citiamo *Scleropodium touretii* e *Trichostomum brachydontium*, specie a vasta adattabilità.

Per quanto riguarda le "altre specie" del corteggio silvatico si segnala *Scorpiurum circinatum*, muschio mediterraneo particolarmente diffuso su ceppaie e radici affioranti e ancora *Bryum capitulare*, discretamente rappresentato, *Ceratodon purpureus*, *Trichostomum crispulum*, *Gymnostomum calcareum*, *Timmiella anomala*, *Didymodon vinealis*, presenti di preferenza nelle aree scoperte.

CISTETI

I - CONDIZIONI ECOLOGICHE

La degradazione del bosco, dovuta a interventi antropici talora indiscriminati, ha favorito l'instaurarsi di macchie e garighe caratterizzate da *Cistus* sp.pl., *Rosmarinus officinalis*, *Thymus capitatus*, *Erica multiflora* ed altre forme di degradazione.

Si precisa a tale proposito che le nostre osservazioni si riferiscono alle formazioni a Cisti (*Cistus monspeliensis*, *Cistus salvifolius*, *Cistus incanus*) in quanto ritenute più rappresentative.

I rilevamenti briosociologici su questi aspetti di vegetazione sono stati effettuati ad altitudine compresa tra 250 e 285 m, su superfici quasi piane (inclinazione massima 10%) ed esposizione in parte indefinita (50% dei rilievi), in parte Sud ($\approx 37,5\%$) e in minima parte NW ($\approx 12,5\%$).

Per quanto riguarda le caratteristiche edafiche, da un profilo effettuato in Contrada Molara (Tab. 5), il suolo, nel suo aspetto più evoluto, presenta sempre un'alta componente sabbiosa (85% nell'orizzonte superiore e inferiore), un pH debolmente basico (7,45-7,80). In particolare l'orizzonte superiore (10 cm ca.) è discretamente umificato (11,25%), presenta una percentuale di argilla di 8,30% ed un minor contenuto di CaCO₃ (9,42%) rispetto all'orizzonte inferiore. Quest'ultimo, per contro, è molto povero di humus (0,95%), scarso di argilla (2,35%) e presenta un'alta percentuale di CaCO₃ (74,80%), dovuta probabilmente alla natura degli strati geologici in cui sabbie povere in calcare riposano su sedimenti molto ricchi.

Profilo N°	Profondità cm	Argilla %	Limo %	Sabbia %	Humus %	pH	CaCO ₃ %
3	1-10	8,30	6,70	85,00	11,25	7,45	9,42
	10-40	2,35	13,25	84,40	0,95	7,80	74,80

Tab. 5 - Profilo di suolo eseguito in Contrada Molara (da Furnari l.c.).

La vegetazione superiore è abbastanza densa; la sua copertura arbustiva in media corrisponde intorno al 65% su 100 m² di superficie (copertura massima 80%, minima 50%). Lo strato erbaceo, poco appariscente, presenta una scarsa copertura.

II - VEGETAZIONE MUSCINALE

Come per il bosco a *Quercus suber* anche in questi aspetti di vegetazione il ricoprimento muscinale e il numero di specie per rilievo è piuttosto debole. Ciò sarebbe imputabile principalmente alle condizioni edafiche e climatiche che si vengono a creare in questi aspetti degradati di vegetazione. Nonostante le aree scoperte, lasciate dalla cospicua componente arbustiva ed arboreescente, il suolo assolato e secco non favorisce di certo lo sviluppo della brioflora che risente notevolmente delle condizioni cui è soggetta.

Complessivamente sono state rinvenute 12 entità (Tab. 6), con un massimo di 5 specie per rilievo (su 50 m² di superficie rilevata) e un minimo di 2 specie.

I valori di copertura della briovegetazione corrispondono in media al ≈6,25%, elevandosi fino a ≈10%, come nel ril. 3 e nel ril. 6.

Per quanto riguarda la composizione floristica ben rappresentate sono le specie del complesso della macchia e gariga quali *Trichostomum brachydontium*, *Scleropodium touretii*, *Weissia controversa*, a cui si aggiungono le compagne xerofile *Pleurozia acuminatum* e *Fossombronia caespitiiformis*.

Un altro contingente floristico rappresentativo è costituito da entità xerotermofile quali *Pleurochaete squarrosa*, *Tirmiella anomala*, *Tirmiella barbulooides*, tra cui la prima è particolarmente abbondante sia nelle aree scoperte, sia nella macchia densa.

Scarsissima è la presenza di specie sciafile, molto diffuse nella lecceta e qui rappresentate soltanto da *Rhychoستيgiella tenella* var. *litorea*. Tra le "altre specie" si segnala la presenza di *Bryum capillare* oltre che *Trichostomum crispulum* e *Pogonatum aloides*, specie quest'ultima strettamente calcifuga, la cui presenza è da ritenersi pertanto accidentale.

CONCLUSIONI

Il territorio di Santo Pietro ospita una brioflora complessivamente poco varia, tuttavia piuttosto significativa e non dissimile da quella riscontrata da altri Autori in formazioni vegetali simili (HEBRARD, 1981).

I dati di cui disponiamo, anche se non hanno consentito una interpretazione briosociologica, ci hanno dato la possibilità di poter fornire delle indicazioni, almeno su alcune briofite, riscontrate nei vari aspetti di vegetazione superiore.

La lecceta ospita una brioflora piuttosto abbondante anche se poco ricca di specie. Il suolo abbastanza umificato, la notevole densità del bosco, favorisce l'instaurarsi di un massiccio contingente di specie sciafile della macchia alta e densa e delle foreste, come *Rhychoستيgiella tenella* var. *litorea*, *Oxyrrhynchium praelongum* var. *stokesii*, *Oxyrrhynchium praelongum*, *Brachythecium velutinum* e diverse *Fissidens*. Nelle aree scoperte non mancano alcune specie largamente distribuite nella macchia e nella gariga ed altri stadi di degradazione quali *Trichostomum brachydontium* e *Scleropodium touretii*.

Per quanto riguarda le caratteristiche geoclimatiche (Tab. 7), tra le entità riscontrate prevale l'elemento termofilo (40%), meno rappresentato è l'elemento mesotermico (33,33%) e ancor meno l'igrotermico atlantico (13,33%) e l'elemento cosmopolita (13,33%).

I dati di cui sopra si discostano con quanto emerso da un precedente studio sulla brioflo-

	1	2	3	4	5	6	7	8	Elemento geoclimatico	Affinità altitudinali	Affinità edafiche
Numero dei rilievi	1	2	3	4	5	6	7	8			
Superficie (m ²)	50	50	50	50	50	25	50	50			
Esposizione	-	S	-	S	-	S	NW	-			
Inclinazione (%)	-	5	-	5	-	10	5	-			
Altitudine (m)	280	270	250	280	285	270	270	260			
Ricoprimento muscinale (%)	≈5	<5	≈10	≈5	≈5	≈10	<5	<5			
Numero delle specie	2	4	4	3	5	4	5	3			
<i>Compagne degli stadi di degradazione delle foreste</i>											
<i>Trichostomum brachydontium</i> Bruch	1.3	.	1.3	.	+	.	+	.	Igr.med.atl.	Plan.	Ind.
<i>Scleropodium touretii</i> (Brid.) L. Koch	.	+	.	.	.	1.3	.	.	Term.mer.	Plan.	Ac.
<i>Weissia controversa</i> Hedw.	.	.	+	.	.	+	+	.	Mes.	Plan.	Ac.
<i>Specie xerofile</i>											
<i>Pleuroidium acuminatum</i> Lindb.	.	.	.	.	.	.	+	+	Mes.	Plan.	Ac.
<i>Fossombronia caespitiiformis</i> De Not. ex Rabenh.	.	.	.	+	+	.	.	.	-	Plan.	Ind.
<i>Specie xero-termofile</i>											
<i>Pleurochaete squarrosa</i> (Brid.) Lindb.	+	.	1.3	1.3	+	1.3	.	.	Term.mer.	Plan.	Ind.
<i>Timmiella anomala</i> (B. et S.) Limpr.	.	.	.	.	1.3	.	+	+	Term.med.	Plan.	Ca.
<i>Timmiella barbuloidea</i> (Brid.) Mönk.	.	.	.	.	.	.	+	+	Term. med.	Plan.	Ca.
<i>Specie sciofile della macchia alta e densa e delle foreste</i>											
<i>Rhynchostegiella tenella</i> (Dicks.) Limpr. var. <i>litorea</i> (De Not.) Richs et Wall.	.	+	.	.	.	.	.	.	Term.mer.	Plan.	Ac.
<i>Altre specie</i>											
<i>Bryum capillare</i> Hedw.	.	+	+	+	.	+	.	.	Cosm.	Ind.	Ind.
<i>Trichostomum crispulum</i> Bruch	.	.	.	.	+	.	.	.	Mes.	Plan.	Ca.
<i>Pogonatum aloides</i> (Hedw.) P. Beauv.	.	+	.	.	.	.	.	.	Igr.atl.	Plan.	Ac.

Tab. 6 - Vegetazione muscinale dei cisteti del territorio di Santo Pietro.

Località dei rilievi: ad Est di Contrada Piano Chiesa rill. 1-4-5; Contrada Molara ril. 2;
Contrada Vaccarizzo rill. 3-6-7-8.

ra di un'altra lecceta siciliana, la lecceta di Monte Minardo, sita a 1300 m di altitudine, dove è stata rinvenuta una percentuale di specie mesofile del 46% contro una componente termofila del 24% e ciò in accordo con le condizioni meno termofile di quest'ultima lecceta (PRIVITERA, LO GIUDICE BONANNO, 1979).

Elemento geoclimatico	Lecceta	Sughereta	Cisteti
Termofilo	40,00	42,86	45,45
Mesotermico	33,33	35,71	27,27
Igrotermico atlantico	13,33	14,28	18,18
Cosmopolita	13,33	7,14	9,09

Tab. 7 - Percentuale degli elementi geoclimatici relativa alle entità muscinali rinvenute nel territorio in esame. (Sono stati riuniti nel gruppo termofilo gli elementi termofili meridionali, termofili mediterranei e mediterranei s.st.; nel gruppo mesotermico gli elementi mesotermici, mesotermici boreali; nel gruppo cosmopolita gli elementi cosmopoliti e cosmopoliti ubiquisti).

Piuttosto scarsa è la brioflora nella sughereta; per quanto il bosco sia diradato, la massiccia presenza di erbe ed arbusti, la discreta presenza di lettiera non favorisce lo sviluppo di una brioflora. Si nota qui da un lato una diminuzione delle specie sciafile della macchia alta e densa e delle foreste, rappresentate da *Oxyrrhynchium praelongum* var. *stokesii*, *Oxyrrhynchium praelongum*, *Fissidens bryoides* ssp. *incurvus*, peraltro poco abbondanti, e dall'altro un incremento di specie compagne degli stadi di degradazione delle foreste. Accanto a *Trichostomum brachydontium*, *Weissia controversa*, *Scleropodium touretii* che dimostrano una notevole plasticità, sono state riscontrate *Pleurochaete squarrosa*, *Fossombronia caespitiformis*, entità xerofile preferenti la macchia bassa degradata e i cisteti, e *Timmiella anomala*, *Timmiella barbuloides*, entità abbastanza diffuse, soprattutto la prima, nel territorio in esame.

Circa le caratteristiche geoclimatiche, predomina l'elemento termofilo che costituisce il 42,86% della florula riscontrata, segue l'elemento mesotermico con il 35,71%. Poco rilevante è l'elemento igrotermico atlantico (14,28%) e il cosmopolita rappresentato soltanto dal 7,14%.

La brioflora dei cisteti è piuttosto scarsa e poco varia come nella sughereta per le condizioni edafiche ed ambientali poco favorevoli che si vengono a creare in questi aspetti degradati di vegetazione. Le specie sciafile, ulteriormente ridotte, sono rappresentate soltanto da *Rhynchostegiella tenella* var. *litorea*, mentre predominano nettamente le specie degli stadi di degradazione delle foreste, fra cui, oltre alle specie sopra menzionate per la sughereta, si aggiunge *Pleurochaete squarrosa*, specie xerotermofila, largamente ed abbondantemente diffusa. *Pleurochaete squarrosa*, *Timmiella anomala*, *Timmiella barbuloides* sono l'espressione della notevole tendenza xerotermofila della vegetazione superiore del territorio esaminato.

Anche qui, data la composizione floristica, risulta evidente il prevalere dell'elemento termofilo (45,45%) sugli elementi mesotermico (27,27%), igrotermico atlantico (18,18%) e cosmopolita (9,09%).

BIBLIOGRAFIA

- AMANN J., MEYLAN C. (1918). Flore des Mousses de la Suisse. Première et deuxième partie. Imprimeries Réunies Lausanne: 1-215; 1-414 + 12 pl.

- BAGNOULS F., GAUSSEN H. (1957). Les climats biologiques et leur classification. *Ann. de géogr.*, 66, 355: 193-220.
- BOTTINI A. (1907). Sulla briologia delle isole italiane. *Webbia*, 2: 346-402.
- CORLEY M.F.V., CRUNDWELL A.C., DÜLL R., HILL M.O., SMITH A.J.E. (1981). Mosses of Europe and the Azores; an annotated list of species, with synonyms from the recent literature. *Journ. of Bryology*, 11, 4: 609-689.
- DE MARCO G., FURNARI F. (1976). Lineamenti della vegetazione del territorio di Santo Pietro (Caltagirone) a commento della carta in scala 1:25.000. *Atti Acc. Gioenia Sci. Nat. Catania*, se. 7, 8: 123-135.
- FURNARI F. (1965). Boschi di *Quercus suber* L. e di *Quercus ilex* L. e garighe del *Rosmarino-Ericion* in territorio di Santo Pietro (Sicilia meridionale). *Boll. Ist. Bot. Univ. Catania*, 5, 3:1-31.
- HEBRARD J.P. (1975). Documents pour une étude comparée de la végétation bryologique des cistaies et maquis dégradés humides de Provence cristalline et du littoral corse oriental. *Lindbergia*, 3, 1-2: 93-105.
- HEBRARD J.P. (1976). Contribution à l'étude de la végétation muscinale de quelques formations du maquis corse. *Rev. Bryol. et Lichénol.*, 42, 2: 693-709.
- HEBRARD J.P. (1977a). Contribution à l'étude de la végétation muscinale du complexe des maquis en Corse: les maquis dégradés à Ericacées et les talus siliceux limitrophes. *Doc. Phytosoc.*, n. Sér., 1: 143-158.
- HEBRARD J.P. (1977b). Contribution à l'étude de la végétation muscinale de quelques formations du maquis corse: les cistaies sèches et les peuplements à *Halimium halimifolium*. *Ecologia Mediterranea*, 3: 133-150.
- HEBRARD J.P. (1980). Contribution à l'étude de la végétation muscinale de quelques formations du maquis corse: les pelouses sèches ou humides sur silice. *Bull. Soc. Linnéenne Provence*, 32 (1979): 15-45 + 7 tabl.
- HEBRARD J.P. (1981). Contribution à l'étude de la végétation bryophytique des forêts de *Quercus ilex*, de *Quercus suber* et des maquis bas à *Rosmarinus officinalis* dans le Cap Corse. *Lejeunia*, n.s. 106: 1-20.
- PIGNATTI S. (1982). Flora d'Italia. *Edagricole, Bologna*, 1: 790 p.; 2: 722 p.; 3: 780 p.
- PRIVITERA M., LO GIUDICE BONANNO R. (1979). La florula muscinale della lecceta di Monte Minardo (Etna). *Webbia*, 33, 2: 457-469.
- SMITH A.J.E. (1978). The moss flora of Britain and Ireland. *University Press, Cambridge*, 706 p.
- VAN DER WIJK R., MARGADANT W.D., FLORSCHÜTZ P.A. (1959-1969). Index Muscorum. *Regnum Vegetabile*, 17 (1959), 576 p.; 26 (1962), 539 p.; 33 (1964), 533 p.; 48 (1967), 608 p.; 65 (1969), 934 p. *Kemink, Utrecht*.

Dendroclimatologie du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) dans le Sud-Est de la France.

F. GUIBAL ★

RESUME - L'exploitation de séries d'épaisseurs annuelles de cernes provenant de cèdres (*Cedrus atlantica* Manetti) appartenant à neuf populations issues de reboisements réalisés dans le Sud-Est de la France révèle une dépendance de la croissance en épaisseur aux fluctuations des facteurs climatiques (Précipitations et Températures) variable selon l'altitude et le substrat. L'aptitude de l'assise cambiale à enregistrer les variations des facteurs climatiques sur la totalité de la période allant de mai à septembre témoigne de la poursuite d'une activité au cours de la période estivale pendant laquelle l'alimentation hydrique des arbres peut être perturbée. Les facteurs climatiques significativement liés à l'épaisseur des cernes, le moment et le sens de leur intervention conduisent à une réflexion sur le bien-fondé de l'introduction du cèdre de l'Atlas dans certains bioclimats.

SUMMARY - The utilization of annual ring-width series from cedars (*Cedrus atlantica*) belonging to nine planted populations in south-east France shows that a variable radial growth is subjected to climatic fluctuations (Precipitation and Temperatures) in relation with altitude and lithology. The capacity of the cambium to record climatic variations during the whole May-September period shows that it remains active during summer water-stress periods. Some climatic factors significantly related to cambial activity, the period and the direction of their action suggest that the Morocco cedar might be used in reafforestation under certain bioclimates.

MOTS CLES - Cèdre de l'Atlas - Epaisseur des cernes - Dendroclimatologie - Reboisement

INTRODUCTION

Utilisé dès la deuxième moitié du XIXe siècle dans le but de reboiser certaines surfaces dénudées de la région méditerranéenne française, le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) n'a pas tardé à répondre favorablement aux espoirs que l'on nourrissait à son sujet (DE BRUN, 1922). Plus d'un siècle après, la plupart des cédraies ainsi constituées remplissent les trois fonctions traditionnellement assignées à une forêt : protection, production et récréation.

Les reboiseurs avaient prudemment introduit le cèdre de l'Atlas dans des zones dont les conditions climatiques évoquaient celles de certains secteurs de son aire naturelle (Maroc et Algérie). Les services forestiers s'interrogent actuellement sur la possibilité d'implanter plus largement ce cèdre dans des milieux différents des précédents; parmi ceux-ci figurent au premier chef les milieux de basse altitude, particulièrement victimes du caractère

★ Laboratoire de Botanique historique et Palynologie, U.A. C.N.R.S. n°1152 - Faculté des Sciences et Techniques Saint-Jérôme, Rue Henri Poincaré, 13397 Marseille cedex 13.

abusif de certaines activités humaines et pour lesquels le nombre d'essences de reboisement ayant fait leurs preuves est assez limité.

Cette interrogation a suscité depuis quelques années de nombreux travaux sur l'espèce relatifs à sa production (TOTH, 1971, 1973; PUTOD, 1974 a, b, 1979; YI, 1976; BOURDENET, 1977), sa physiologie (AUSSENAC et GRANIER, 1978; AUSSENAC *et al.*, 1978; RIEDACKER, 1978; PRADAL, 1979; AUSSENAC *et al.*, 1981; DUCREY, 1981; FINKELSTEIN, 1981 a, b; VALETTE, 1981; AUSSENAC et VALETTE, 1982; AUSSENAC et FINKELSTEIN, 1983), sa régénération (MAZADE et NEGRE, 1973; TOTH, 1978), sa taxinomie (ARBEZ *et al.* 1978) et sa sensibilité aux ravageurs (EMONNOT *et al.*, 1967; LECLANT et REMAUDIERE, 1969; FABRE, 1976).

Pour la même raison, une analyse dendroclimatologique comparée d'un certain nombre de populations issues des reboisements dont il a été question plus haut a été entreprise afin d'identifier les facteurs de l'environnement significativement corrélés à la croissance annuelle du cèdre. Des études menées sur l'espèce dans son aire naturelle (HELLEPUTE, 1976; BERGER *et al.*, 1979; DE CORTE, 1979; TILL, 1980) démontraient que, par les caractéristiques anatomiques de son bois, le cèdre se prête bien à une exploitation dendroclimatologique.

L'originalité de l'approche dendroclimatologique dans l'étude de l'écologie d'espèces arborescentes réside dans le fait qu'elle s'appuie sur la variable "temps" et analyse ainsi la succession irréproducible des diverses expériences vécues et enregistrées par les arbres face aux conditions climatiques variables qui se sont succédées dans le temps. Par ailleurs, l'exploitation d'un certain nombre de populations installées dans des milieux différents permet d'appréhender avec le rôle des facteurs fluctuant annuellement celui des facteurs constants de l'environnement.

Lors de la collecte du matériel d'étude, l'impératif de disposer des plus longues chronologies possibles afin de travailler sur un maximum d'informations n'a pu être entièrement satisfait puisque les reboisements les plus anciens datent au plus d'un siècle. A cette première difficulté est venue s'ajouter la fréquence relativement limitée des populations dans le domaine géographique qui nous intéressait.

La sélection des stations d'étude a néanmoins été entreprise sur la base de l'inventaire réalisé en 1979 par le C.E.M.A.G.R.E.F. d'Aix en Provence recensant toutes les populations de cèdres localisées dans les régions Provence-Alpes-Côte d'Azur et Languedoc-Roussillon.

La stratégie initiale de sélection, basée sur le facteur altitudinal et le facteur lithologique, envisageait trois tranches d'altitude (0-500 m, 500-900 m, 900 m et plus) et trois types de substrat (calcaires, schistes, grès). Si la sélection des stations installées sur calcaire respecte les tranches d'altitude, le programme prévu sur schistes et sur grès n'a été qu'effleuré car les peuplements correspondant à ces milieux étaient soit composés d'individus trop jeunes ou en nombre insuffisant, soit réduits à des bouquets trop denses. Outre leur garantie de présenter les plus longues séries de cernes, les peuplements les plus âgés sont relativement homogènes sur le plan des provenances car on sait que, lors des premières introductions seuls furent utilisés des semences ou des plants originaires de l'Atlas algérien (PARDE, 1976).

Sept populations (fig. 1), énumérées dans le tableau suivant, inégalement réparties sur calcaires et sur schistes ont été retenues :

	CALCAIRES	SCHISTES
900 m et plus	VENTOUX-HAUT	CASSAGNAS
500 m - 900 m	VENTOUX-BAS LUBERON	RIALSESSE
0 m - 500 m	CABRIERES - D'AVIGNON SAINT REMY	

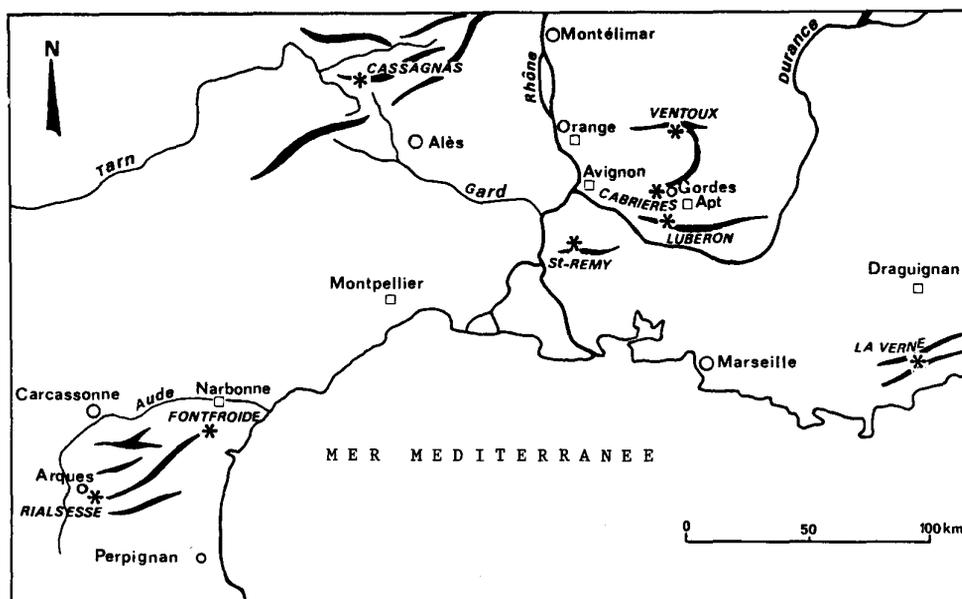


Fig. 1 : Localisation des populations de cèdre analysées (*) et des postes météorologiques utilisés (O).

POPULATION Département	VENTOUX Ht Vaucluse	VENTOUX Bs Vaucluse	LUBERON Vaucluse	CABRIERES Vaucluse	RIALSESSE Aude	ST REMY B. du Rhône	CASSAGNAS Lozère	FONTFROIDE Aude	LA VERNE Var
Coordonnées (gr)	49,06N	3,22E	48,89N 3,18E	48,75N 3,16E	47,70N 0,02E	48,62N 2,78E	49,23N 1,57E	47,90N 0,62E	48,04N 4,50E
Altitude	1100 m	800 m	700 m	250 m	700 m	250 m	1100 m	220 m	450 m
Topographie	versant		crête	versant	versant	versant	versant	plateau	replat
Exposition	S W			S E	N-NE	S-SE	S-SE		S W
Pente	10 à 20 %			6 à 10 %	20 à 50 %	20 à 50 %	10 à 20 %		10 %
Substrat	calcaires du Barrémien	calcaires du Bédoulien	calcaires du Barrémien	calcaires du Bédoulien	schistes du Carbonifère	calcaires de l'Hauterive	schistes à séricite quartzites	grès quartziteux	gneiss et micaschistes
Sol	Rendzine caillouteuse humus : moder calcique		Rendzine	sol calcaire superficiel et caillouteux	sol de type brun acide caillouteux	Rendzine caillouteuse	sol type brun acide caillouteux	sables fins	sol type brun acide caillouteux
Série de végétation	sous-série normale de la série su- pramédit. du chène pubescent	sous série inf. de la série su- pramédit. du chène pubescent	sous série inf. de la série su- pramédit. du chène pubescent	Niveau sup. de la s/s- rie norm. de la série du chène vert et du Gen. de Phén.	série du hêtre	Niveau sup. de la sous série nor. de la sé- rie du chène vert	série du chène sessile	série du pin mésogéen	sous série ty- pique de la série du chène liège
Hauteur moyenne des arbres	18 m	18 m	16 m	11 m	35 m	15 m	17 m	20 m	30 m

Tabl. I : Caractéristiques physiques des populations étudiées, séries de végétation et hauteur moyenne des arbres.

Deux populations très peu étendues, composées d'individus alignés très proches les uns des autres et soumises à des conditions très peu sylvatiques, toutes deux situées à une altitude inférieure à 500 m, ont complété cet échantillonnage : la première, Fontfroide, présente l'intérêt d'être installée sur grès bien qu'aucune référence à d'autres populations sur même roche-mère puisse être établie; la deuxième, La Verne, sur schistes, permet de combler la lacune du tableau précédent. Les caractéristiques physiques de chaque station, les séries de végétation des populations correspondantes et la hauteur moyenne des arbres figurent dans le tableau I.

Seuls ont été choisis des arbres apparemment sains et âgés ainsi que relativement isolés afin que soit réduit l'effet de compétition qui joue entre proches voisins; les populations de Fontfroide et de La Verne ne satisfaisant pas la troisième exigence en raison du petit nombre et de la proximité des individus disponibles, les résultats les concernant seront considérés avec prudence.

Une quinzaine d'individus par population ont été échantillonnés. Chacun a fait l'objet de 3 sondages à la tarière de Pressler à 120° l'un de l'autre, sur un même niveau du tronc. Après les traitements techniques préliminaires des carottes (GUIBAL, 1981), les cernes ont été interdatés, datés et leur épaisseur a été mesurée au $\frac{1}{100}$ mm.

Le dénombrement des cernes sur chacune des carottes révèle, à la lumière des renseignements dont nous disposons sur l'origine des cédraies (PUTOD, 1974 a, b), que les sondages ont le plus souvent porté soit sur les individus plantés en vue de regarnir les vides survenus à la suite de la disparition des premiers semis ou plants introduits (Ventoux-bas, Cabrières et Rialsesse), soit sur ce même type d'individus et sur des individus de deuxième génération (Ventoux-haut et Lubéron).

I ANALYSE DE L'ÉPAISSEUR DES CERNES

1 - Courbes de l'épaisseur moyenne.

Les courbes de variation au cours du temps de l'épaisseur moyenne des cernes des 9 populations analysées sont regroupées dans la figure 2. On remarque que les courbes de Fontfroide, Cabrières et Saint-Rémy présentent des variations annuelles de forte amplitude. A Ventoux-bas et au Lubéron, les variations annuelles sont assez importantes mais toutefois moins amples que celles des trois populations précédentes. A la différence de toutes les courbes précédentes, les courbes représentatives de Ventoux-haut, Rialsesse, Cassagnas et La Verne manifestent des variations de faible amplitude. A Cassagnas, seule l'année 1956 se détache du profil général de la courbe.

Outre les variations annuelles, toutes les courbes, exceptée celle de Saint-Rémy, manifestent une diminution progressive de l'épaisseur des cernes avec l'âge.

A Ventoux-bas, Rialsesse et Fontfroide se surimpose à ces deux types de variations une augmentation régulière de l'épaisseur des cernes au cours des trente dernières années à laquelle s'ajoute pour Rialsesse plusieurs excursions positives des épaisseurs par rapport à la moyenne sur la période antérieure à 1940.

La diminution générale de l'épaisseur des cernes pour la période 1964-1970 au Lubéron semble correspondre aux ravages causés à l'ensemble de la cédraie par les pullulations du puceron *Cedrobium laportei* Remaud. dès 1967 (LECLANT *et al.*, 1967) favorisées par la douceur de l'hiver 1966-1967 et celles de la tordeuse *Epinotia cedricida* Diak. signalées par FABRE (1976) à partir de 1968.

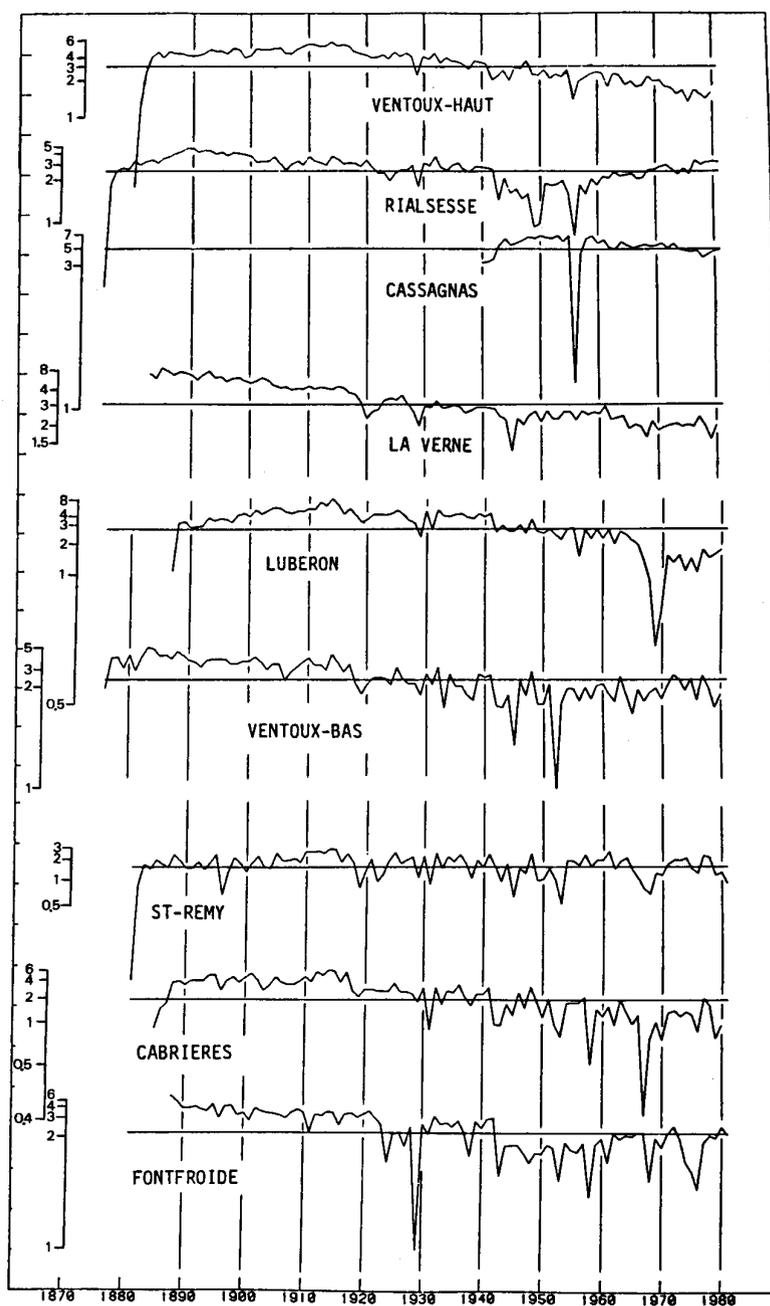


Fig. 2 : Courbes des variations de l'épaisseur brute au cours du temps.

2- Epaisseur moyenne.

L'épaisseur moyenne des cernes calculée sur les 40 premières années de chaque chronologie (Tableau II) permet de distinguer trois populations : La Verne et Cassagnas à cernes épais, Saint-Rémy à cernes relativement minces.

3 - Sensibilité moyenne.

Les neuf populations se répartissent en trois ensembles vis à vis du coefficient de sensibilité moyenne (Tableau II) qui, défini comme la variabilité moyenne entre deux épaisseurs annuelles successives (DOUGLASS, 1928), traduit en quelque sorte le degré d'influence du facteur climatique annuel sur la série considérée. Ces ensembles sont, par ordre décroissant des valeurs du coefficient, Saint-Rémy, Cabrières et Ventoux-bas auquel se rattache Fontfroide, Luberon et Cassagnas, Riassesse et Ventoux-haut auquel se rattache La Verne. L'appartenance de Cassagnas au deuxième ensemble est pour une grande part due à l'ampleur du creux de 1956 : en effet la substitution dans la chronologie moyenne de la valeur mesurée en 1956 par la valeur moyenne de l'épaisseur du cerne annuel pour l'ensemble de la série fait chuter le coefficient à 0.17 et déplace la population dans le troisième ensemble.

L'examen des sensibilités individuelles extrêmes au sein de chaque population révèle que les valeurs les plus élevées à Ventoux-haut, Riassesse et Cassagnas sont inférieures aux plus faibles valeurs observées à Saint-Rémy, Cabrières et Ventoux-bas. Fontfroide se distingue par deux valeurs individuelles (0.54 et 0.57) exceptionnelles en région méditerranéenne (SERRE-BACHET, 1982 a).

		VENTOUX HAUT	VENTOUX BAS	LUBERON	CABRIERES	RIASSESSE	SAINT-REMY	CASSAGNAS	FONTFROIDE	LA VERNE
PERIODE		1925-79	1925-79	1925-79	1925-79	1925-79	1925-79	1949-79	1925-79	1934-78
Epaisseur moyenne (mm)		4.53	3.80	4.64	3.65	3.75	1.97	5.80	3.94	5.87
Sensibilité moyenne		0.16	0.27	0.23	0.35	0.16	0.38	0.21 0.17*	0.39	0.13
Moyenne des sensibi- lités individuelles		0.18	0.29	0.27	0.37	0.19	0.41	0.23	0.45	0.19
Coefficient d'inter- datation		0.85	0.93	0.83	0.94	0.85	0.94	0.91	0.87	0.66
Coefficient de corré- lation sérielle d'ordre 1		0.40	0.04	0.31	0.14	0.49	0.19	0.46	0.29	0.41
	N	18	47	40	60	37	52	41	50	5
ANALYSE DE	NA	11	16	20	7	4	9	25	0	0
	NC	6	1	0	1	0	0	2	0	0
VARIANCE (%)	NCA	65	36	40	32	59	39	32	50	95

Tabl. II : Valeurs des principaux paramètres statistiques et résultats de l'analyse de variance.

(* : valeur obtenue après transformation de l'année 1956).

4 - Coefficient d'interdatation.

Les valeurs élevées du coefficient d'interdatation (Tableau II), égal au rapport de la sensibilité moyenne calculée sur la chronologie représentative de la population à la moyenne des sensibilités individuelles correspondantes (SCHULMAN, 1956), traduisent le bon synchronisme des fluctuations annuelles observées parmi tous les individus de la population. La valeur obtenue pour Cassagnas (0.91) n'a guère de signification car elle ne reflète pas les difficultés rencontrées pour interdater les années antérieures et postérieures à 1956. La faible valeur de ce coefficient à La Verne (0.66) témoigne de certaines discordances dans le sens de la variation de l'épaisseur du cerne d'une année à l'autre et d'un individu à l'autre.

5 - Coefficient de corrélation sérielle d'ordre 1.

Le coefficient de corrélation sérielle d'ordre 1 qui quantifie la corrélation entre deux épaisseurs successives d'une même série a été calculé sur des indices annuels de croissance substitués aux épaisseurs brutes : chaque indice étant le rapport de l'épaisseur du cerne à l'épaisseur correspondante de la courbe théorique la mieux ajustée à la courbe des valeurs brutes considérée. Quatre populations (Rialsesse, Cassagnas, Ventoux-haut et La Verne), distinctes des autres populations par les valeurs relativement élevées de ce coefficient (Tableau II), semblent être soumises à une certaine rémanence des conditions antérieures de croissance.

6 - Analyse de la variance.

Une analyse des seules valeurs relatives (en %) des termes de la variance liés à la chronologie, désignés par N, NA, NC et NCA, valeurs obtenues dans une analyse complète de la variance des indices (FRITTS, 1976; SERRE-BACHET, 1982 b) a été réalisée. N est attribuable aux facteurs macroclimatiques, NA au facteur individuel, NC au facteur orientation cardinale des carottes et NCA aux facteurs internes.

On constate (Tableau II) que Ventoux-bas, Cabrières, Saint-Rémy et Cassagnas sont caractérisés par un N élevé et supérieur à NCA. Ces deux pourcentages sont égaux et de valeur absolue élevée au Luberon et à Fontfroide. Ventoux-haut et Rialsesse présentent les plus forts NCA, bien supérieurs à N, ce qui témoigne de fortes irrégularités dans le fonctionnement du cambium le long de la circonférence du tronc. Ces irrégularités connaissent leur paroxysme à La Verne où la valeur de NCA atteint 95%.

Dans l'ensemble des populations, le facteur individuel (NA) ne contribue que faiblement à la variance totale : son impact est dans presque tous les cas nettement inférieur à celui du facteur macroclimatique, il est par ailleurs du même ordre que celui rencontré pour le cèdre au Maroc dans des stations soumises à des conditions bioclimatiques comparables (HELLEPUTE, 1976; DE CORTE, 1979; TILL, 1980). Seules Cassagnas et Luberon se distinguent par l'importance - très relative - qu'il revêt : elle peut être liée à la densité du peuplement et/ou à la topographie dans le premier cas, à l'étendue de la surface couverte par les arbres échantillonnés dans le second.

Les valeurs du pourcentage de variance expliquée par le facteur orientation des carottes (NC) sont le plus souvent nulles.

7 - Discussion.

L'analyse des sept cédraies d'ambiance forestière sur la base des variations de l'épaisseur des cerne conduit à l'isolement de trois sous-ensembles :

- 1) Cabrières, Saint-Rémy, Ventoux-bas
- 2) Luberon
- 3) Riassesse, Ventoux-haut, Cassagnas

Les populations du premier sous-ensemble sont composées d'individus présentant une croissance annuelle relativement faible, une rémanence peu marquée des conditions antérieures de croissance, une influence modérée des facteurs internes et une sensibilité élevée aux fluctuations climatiques annuelles avec une homogénéité et un synchronisme marqués dans les réponses au climat.

Parmi les sept populations forestières étudiées, Cabrières et Saint-Rémy sont les populations les plus ouvertes et les plus thermophiles. Installées à 300 m d'altitude, sur calcaires, dans des conditions relativement sèches, elles ne diffèrent guère l'une de l'autre que par la topographie (plateau et versant court, de forte pente).

Les réactions légèrement plus modérées de Ventoux-bas par rapport à elles tiennent vraisemblablement à l'altitude plus importante de cette dernière station qui entraîne des conditions climatiques plus humides et plus fraîches que dans les stations précédentes.

La population du Luberon s'individualise par une croissance annuelle assez élevée, une rémanence assez marquée des conditions antérieures de croissance, une influence modérée des facteurs internes, mais d'ordre de grandeur équivalent à sa sensibilité au signal climatique. Ce comportement isole la station des deux autres sous-ensembles à l'image de ses caractères physiques (Tableau I) : situation de crête, altitude moyenne, calcaires fissurés, conditions relativement froides, satisfaisantes du point de vue hydrique.

Les stations incluses dans le dernier sous-ensemble sont composées d'arbres caractérisés par une forte croissance annuelle, une forte rémanence sur les années successives de l'effet des facteurs annuels, une influence élevée des facteurs internes et une faible sensibilité aux facteurs climatiques.

Cassagnas présente un comportement plus nuancé que les deux autres stations avec une sensibilité aux facteurs climatiques légèrement plus élevée et un moindre impact des facteurs internes sur la croissance, que l'on tienne compte ou non de l'épaisseur du cerne de l'année 1956.

L'altitude des trois stations de ce sous-ensemble ne semble pas être un facteur de différenciation. Il faut néanmoins souligner que figurent parmi elles d'une part les deux stations les plus froides en raison de leur altitude (Ventoux-haut et Cassagnas), d'autre part les deux seules stations installées sur substrat cristallin et de plus situées en bordure de la région méditerranéenne, dans des zones de transition climatique (Riassesse et Cassagnas).

Des deux populations soumises à une ambiance non forestière, traitées à part, La Verne, sur micaschistes et gneiss en milieu bien arrosé à basse altitude (450 m), présente toutes les caractéristiques, amplifiées, des populations appartenant au troisième sous-ensemble qui réunit en conséquence toutes les populations installées sur substrat cristallin : croissance annuelle élevée, intervention assez forte des conditions antérieures de croissance, impact très aigu des facteurs internes et très faible sensibilité aux facteurs macroclimatiques.

Fontfroide, sur grès à basse altitude (200 m) s'apparente aux populations du premier sous-ensemble par sa sensibilité très élevée aux facteurs climatiques mais une plus forte rémanence des conditions antérieures de croissance et une intervention des facteurs internes aussi puissante que celle du signal climatique lui confèrent une identité bien marquée.

II ANALYSE DES RELATIONS EPAISSEUR DES CERNES-CLIMAT

La recherche des facteurs climatiques significativement corrélés à l'épaisseur annuelle des cernes de chacune des populations analysées a été menée au moyen d'une régression canonique et des équations appelées fonctions de réponse (FRITTS *et al.*, 1971; GUIOT, 1981; TESSIER, 1984) que cette régression permet d'établir.

Les paramètres climatiques mis en relation avec l'épaisseur des cernes sont le total des précipitations et les moyennes des températures minimales, maximales et moyennes de chacun des 12 mois d'une période qui précède et recouvre la période d'activité cambiale proprement dite. Déterminer la période à mettre en relation avec l'épaisseur du cerne de l'année n pose évidemment le problème de la connaissance de la période de végétation de l'espèce étudiée. Bien que la période de croissance en diamètre du cèdre de l'Atlas ne soit pas connue avec précision, en région méditerranéenne française comme dans l'aire naturelle de l'espèce, il est permis de penser qu'elle se calque au moins approximativement sur la période connue de croissance en hauteur : débourrement dès les derniers jours de mars ou en avril (PRADAL, 1979), arrêt total de la croissance en octobre lors d'années pluviométriquement très favorables (AUSSENAC *et al.*, 1981) ou dès fin juillet lors d'années à sécheresse estivale intense (PRADAL, 1979). En conséquence, la période allant d'octobre $n-1$ à septembre n , couramment utilisée lors des recherches dendroclimatologiques menées en région méditerranéennes, a été retenue.

Les stations météorologiques ayant fourni les données climatiques et les périodes sur lesquelles les régressions ont été réalisées sont indiquées dans le tableau III. L'absence de stations météorologiques disponibles ou complètes à proximité de toutes les populations a contraint à l'utilisation de données provenant parfois de stations géographiquement éloignées et peu représentatives du climat "local" (PEGUY, 1970, p. 319) de la population (ex : Alès et Cassagnas, Carcassonne et Rielsesse, Marseille et La Verne) ou couvrant des périodes de longueur différente (GUIBAL, 1984).

La recherche des rapports cernes-climat a fait appel dans un premier temps à une méthodologie propre aux séries temporelles reposant sur une modélisation complexe qui tient compte des processus mixtes autorégressifs-moyenne mobile (ARMA) dont la base est le profil des autocorrélations simples et partielles de chaque série élémentaire de données brutes. (BOX et JENKINS, 1970; GUIOT, 1983 a, b; TESSIER, 1984). En d'autres termes, la modélisation permet de séparer la composante non aléatoire des épaisseurs (liée au génome, à l'inertie de l'enregistreur-arbre, à l'intervention différée du climat, à l'impact des cycles de pullulation de ravageurs,...) de la composante aléatoire (liée aux fluctuations climatiques de l'année en cours) qui constitue une nouvelle série dite "résiduelle".

Dans un deuxième temps, les différentes séries résiduelles obtenues sont mises en relation avec les paramètres climatiques dans une régression canonique. Les séries résiduelles qui sont les plus significativement corrélées au climat sont sélectionnées et regroupées dans une chronologie-maîtresse dont la confrontation avec les paramètres climatiques dans une nouvelle régression canonique aboutit à une fonction de réponse représentative de la population toute entière.

Les fonctions de réponse de chaque chronologie-maîtresse obtenues en utilisant successivement les couples de paramètres climatiques (P-T min.; P-T max.; P-T moy.) sont présentées dans le tableau III; seuls sont indiqués les résultats concernant les variables climatiques significativement corrélées à la croissance annuelle. Le signe + correspond à une relation directe, le signe - à une relation inverse. Les chiffres 1, 2, 3 codent respectivement les relations significatives à 90%, 95% et 99%.

PRECIPITATIONS												TEMPERATURES											
VENTOUX HAUT / MONTELMAR (1921-1979)												VENTOUX HAUT / MONTELMAR (1921-1979)											
①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	F	R ²	R _M ²	R _C ²	R _T ²							
-2												0.99	0.59	0.68	0.19	0.87							
-2												0.99	0.64	0.68	0.20	0.88							
-2												0.99	0.61	0.68	0.19	0.87							
VENTOUX-BAS / MONTELMAR (1921-1979)												VENTOUX-BAS / MONTELMAR (1921-1979)											
①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	F	R ²	R _M ²	R _C ²	R _T ²							
-3	+2	+2	+2									0.99	0.69	0.22	0.54	0.76							
-3												0.99	0.65	0.22	0.51	0.73							
-3												0.99	0.64	0.22	0.50	0.72							
LUBERON / (P) APT - (T) MARSEILLE (1921-1979)												LUBERON / (P) APT - (T) MARSEILLE (1921-1979)											
①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	F	R ²	R _M ²	R _C ²	R _T ²							
												0.97	0.50	0.77	0.12	0.89							
												0.99	0.55	0.77	0.13	0.90							
												0.97	0.52	0.77	0.12	0.89							
CABRIERES / GORDES (1951-1979)												CABRIERES / GORDES (1951-1979)											
①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	F	R ²	R _M ²	R _C ²	R _T ²							
												0.99	0.89	0.01	0.88	0.89							
												0.88	0.76	0.01	0.75	0.76							
												0.99	0.91	0.01	0.90	0.91							
RIALSESSE / (P) ARQUES (T) CARCASSONNE (1948-1980)												RIALSESSE / (P) ARQUES (T) CARCASSONNE (1948-1980)											
①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	F	R ²	R _M ²	R _C ²	R _T ²							
												0.99	0.85	0.67	0.28	0.95							
												0.99	0.85	0.67	0.28	0.95							
												0.99	0.88	0.67	0.29	0.96							
ST REMY / MARSEILLE (1921-1979)												ST REMY / MARSEILLE (1921-1979)											
①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	F	R ²	R _M ²	R _C ²	R _T ²							
+2	+2											0.99	0.62	0.03	0.60	0.63							
+1	+2											0.99	0.64	0.03	0.62	0.65							
+2	+2											0.99	0.64	0.03	0.62	0.65							
CASSAGNAS / ALES (1946-1970)												CASSAGNAS / ALES (1946-1970)											
①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	F	R ²	R _M ²	R _C ²	R _T ²							
-1	-3											0.99	0.96	0.19	0.78	0.97							
-1												0.97	0.91	0.19	0.74	0.93							
-2	-2											0.99	0.94	0.19	0.76	0.95							
FONTFROIDE / PERPIGNAN (1948-1980)												FONTFROIDE / PERPIGNAN (1948-1980)											
①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	F	R ²	R _M ²	R _C ²	R _T ²							
+2	-2											0.99	0.83	0.13	0.72	0.85							
+3	-2											0.99	0.83	0.13	0.72	0.85							
+3	-1											0.99	0.81	0.13	0.71	0.83							
LA VERNE / MARSEILLE (1921-1979)												LA VERNE / MARSEILLE (1921-1979)											
①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	F	R ²	R _M ²	R _C ²	R _T ²							
-3												0.97	0.50	0.51	0.25	0.76							
-3												0.99	0.56	0.51	0.27	0.78							
-1												0.95	0.49	0.51	0.24	0.75							

Tabl. III : Fonctions de réponse des neuf populations de cèdre analysées.

① ② ③ : fonctions de réponse calculées avec les couples P-Tmin, P-Tmax, P-Tmoy.
 0, N... S : mois d'octobre, novembre (n-1) à septembre (n). + : relation directe;
 - : relation inverse. Niveau de signification : 1 ≥ 90%; 2 ≥ 95%; 3 ≥ 99%.
 F : degré de signification (test de FISCHER) de chacune des fonctions de réponse.
 R² : pourcentage de la variance des séries des résidus expliqué par la régression.
 R_M² : pourcentage de la variance des épaisseurs brutes expliqué par le modèle.
 R_C² : pourcentage de la variance des épaisseurs brutes expliqué par les 24 paramètres climatiques, compte tenu du modèle, R_C² = (1 - R_M²) R².
 R_T² : pourcentage de la variance des épaisseurs brutes expliqué par le modèle et le climat, R_T² = R_M² + R_C².

Toutes les fonctions de réponse, à deux exceptions près, sont significatives à 95% au moins. Les réponses significatives aux paramètres pluviométriques sont, dans l'ensemble, plus nombreuses que les réponses aux paramètres thermométriques.

Dans l'interprétation des fonctions de réponse qui suit, seuls ont été retenus les paramètres significatifs à 95% et plus.

1 - Epaisseur des cernes et Précipitations mensuelles.

Pour l'ensemble des populations, les précipitations agissent de façon directe sur l'épaisseur des cernes, exception faite d'actions inverses en octobre et novembre puis ponctuellement dans les milieux forestiers en mars ou septembre et dans les milieux non forestiers en juin ou en août.

Les relations directes traduisent à l'évidence un besoin en eau quasi permanent de l'espèce, lié aux conditions hydriques générales des stations. La satisfaction de ce besoin dépend de l'eau issue des réserves hydriques du sol qui se constituent dans les mois antérieurs à la reprise de végétation et des chutes de pluie contemporaines de la reprise puis de la période d'activité cambiale proprement dite. Il va sans dire que la relation directe traduit aussi bien l'effet sur la croissance d'un manque que d'un apport d'eau au cours des douze mois considérés.

A basse altitude ou dans les milieux à faible capacité de rétention en eau, les précipitations interviennent positivement dès l'automne précédent (Saint-Rémy), décembre (Ventoux-bas) ou février (Cabrières); à haute altitude et/ou dans les milieux où le sol, profond, peut offrir des réserves hydriques plus importantes, leur intervention est reportée à avril (Ventoux-haut, Riassesse), mai (Luberon) ou même juin (Cassagnas). Ce type de relation traduit successivement les besoins en eau de la réactivation des tissus concernés par les processus de croissance, de l'élongation et de l'activité cambiale proprement dite.

La relation directe aux précipitations de septembre manifestée à Cassagnas suggère une activité cambiale encore importante au cours de ce mois alors que la croissance semble arrêtée dans les autres stations d'altitude inférieure, moins continentales et soumises à une sécheresse estivale plus prononcée.

L'intervention inverse des précipitations d'octobre et/ou de novembre que l'on trouve aussi bien dans les populations à caractère forestier que dans les populations à caractère non forestier peut être liée à l'impact d'un engorgement du sol en cas de fortes pluies sur l'allongement des racines et/ou sur le développement de leurs symbiotes mycorhiziens (BOULLARD, 1956-57).

La relation inverse en septembre à Riassesse doit pouvoir être mise en rapport avec la fructification, importante certaines années dans la station (TOTH, 1978) et le détournement qu'elle entraîne d'une partie des substances trophiques au détriment de la croissance en épaisseur.

Les deux populations soumises à une ambiance non forestière diffèrent de façon très marquée l'une de l'autre par l'ensemble de leurs réactions aux précipitations de la période janvier-septembre : les arbres qui composent la population de La Verne ne sont asservis qu'aux seules fluctuations des précipitations de mai; ceux de Fontfroide le sont à celles des précipitations de la quasi totalité des mois de la période. La relation inverse qui apparaît au cours des mois de juin et août à Fontfroide, unique et couplée à une relation directe avec les températures de ces mêmes mois, ne se prête à aucune interprétation cohérente.

2 - Epaisseur des cernes et Températures mensuelles.

Le schéma d'intervention des températures sur les sept populations d'ambiance forestière peut se limiter à la période allant de février à juillet. L'intervention des températures est directe en février et avril, inverse de mai à juillet; à l'exception de Cassagnas qui présente une réaction directe aux températures de juillet et août. Saint-Rémy se distingue par une réaction aux seules températures de mai.

L'action directe des températures de février qui passe vraisemblablement par le cambium et les tissus des organes aériens n'apparaît que dans les biotopes les moins thermophiles, de par leur altitude (Ventoux-haut, Cassagnas) ou leur topographie (Luberon); la relation est pour une large part liée à l'impact sur l'épaisseur des cernes des températures minimales exceptionnellement basses de février 1929 et 1956. En conséquence, la relation ne traduit pas une sensibilité du cèdre aux seules températures de février mais plutôt aux très basses températures hivernales (DUCREY, 1981).

L'effet direct des températures d'avril coïncide vraisemblablement avec la réactivation cambiale et le débourrement qui n'apparaît pas lié à un facteur environnemental comme celui des températures de février et s'accompagne dans presque toutes les populations d'un effet direct des précipitations.

Dans les stations vauclusiennes et à Rialsesse, l'intervention inverse des températures de mai à juillet et même août (Ventoux-bas), combinée à l'intervention directe des précipitations, traduit la sensibilité du cèdre au stress hydrique estival; le même type de réaction caractérise aussi le chêne pubescent des mêmes régions (TESSIER, 1984).

Selon les différents schémas de sensibilité aux précipitations et aux températures au cours de la période estivale, les populations d'ambiance forestière se répartissent en deux ensembles :

a) le premier ensemble est composé de populations sensibles à la fois aux précipitations et aux températures de la période. Les nuances intervenant dans ce schéma portent sur le nombre de mois concernés et sur le sens de l'intervention du facteur thermique; elles se justifient par le caractère plus ou moins thermophile de la population :

- les populations de moyenne altitude, sur versant, présentent une relation inverse avec les températures pendant deux mois : juin et juillet (Rialsesse) ou juillet et août (Ventoux-bas);

- la population de haute altitude de Ventoux-haut présente une relation inverse avec les températures au cours du seul mois de juillet;

- la population de haute altitude de Cassagnas, installée aux confins des influences méditerranéenne et océanique, présente, seule, une relation directe avec les températures de juillet et août : cette intervention positive des températures peut s'interpréter en termes de besoin thermique pour satisfaire la division, l'élongation et la différenciation cellulaires (LADEFOGED, 1952), compte tenu des conditions bioclimatiques stationnelles (GUBAL, 1984) et de l'optimum thermique de la photosynthèse, situé chez le cèdre entre 18°C et 26°C, selon les provenances (FINKELSTEIN, 1981 a).

b) le deuxième ensemble est composé de populations sensibles aux seules précipitations et indifférentes aux températures de la période : ce sont des populations soumises à une forte sécheresse en raison du sol à faible réserve utile sur calcaire, en raison aussi de l'altitude faible (Cabrières, Saint-Rémy) ou de l'exposition (Luberon). A une sensibilité inverse aux températures de mai, qui traduit encore au cours de ce mois une modulation de la croissance en épaisseur en fonction des conditions thermiques, succède une indifférence totale aux températures de la période estivale au cours de laquelle le cèdre maintient pourtant ses activités (PRADAL, 1979; BRAESCO, 1981; FINKELSTEIN, 1981 a; AUSSENAC et VALETTE, 1982; AUSSENAC et FINKELSTEIN, 1983) à un niveau que l'on peut supposer plus bas que dans le premier ensemble précédemment distingué.

Les deux populations d'ambiance non forestière présentent avec les températures et entre elles des différences aussi importantes qu'avec les précipitations. Par leurs réactions directes aux températures de février, inverse (La Verne) ou directe (Fontfroide) aux températures de juin et juillet, elles se rattachent au groupe des populations d'ambiance forestière et même au premier ensemble des populations de ce groupe que l'effet des températures estivales permet de définir.

Elles s'en distinguent néanmoins surtout par leur réaction originale et différente aux températures d'août et de septembre que la nébulosité (La Verne) ou le substrat (Fontfroide) ne suffisent pas à expliquer en l'absence, pour Fontfroide en particulier, d'éléments de comparaison en France (Fontfroide est la seule des 9 populations étudiées installée sur grès) et même au Maroc où de semblables relations ne se rencontrent pas pour des milieux comparables (DE CORTE, 1979; TILL, 1980).

3 - Comparaison des fonctions de réponse.

Postérieurement à leur analyse détaillée, les différentes fonctions de réponse du tableau III ont fait l'objet de plusieurs analyses en composantes principales afin de dégager de façon objective les affinités et les oppositions existant entre toutes les populations. Ne sont présentées ici que les analyses réalisées avec soit les seuls paramètres hydriques, soit les seuls paramètres thermiques et portant sur une fonction de réponse synthétique par population. Cette dernière se base sur le profil fourni par la combinaison des résultats obtenus à partir des couples de régresseurs P-T min., P-T max., P-T moy., afin de faciliter l'interprétation ultérieure des plans factoriels (TESSIER, 1984). Les deux volets a et b de la figure 3 présentent sur le plan des composantes principales 1 et 2 d'une part les points correspondant à chaque population définie par sa fonction de réponse, d'autre part les points correspondant aux 12 paramètres climatiques envisagés de ces mêmes fonctions de réponse.

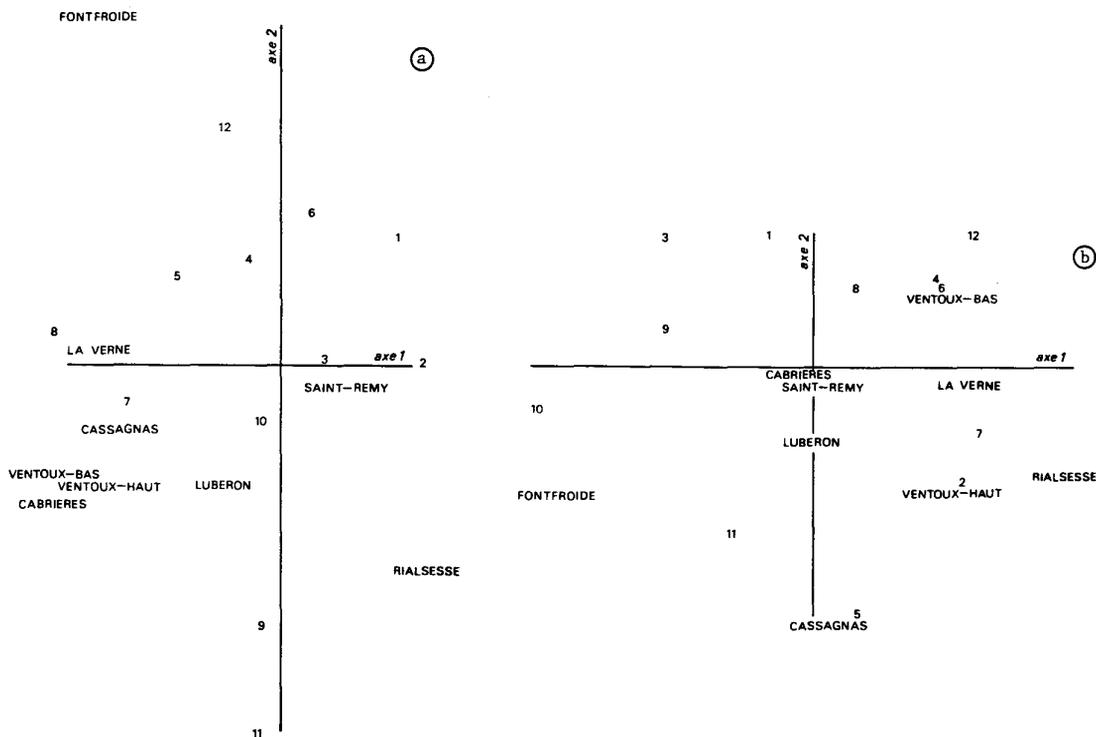


Fig. 3 : Analyse en composantes principales des fonctions de réponse des neuf populations analysées. Plan des deux premières composantes principales. (a) Analyse effectuée en ne prenant en compte que les réponses aux précipitations. (b) Analyse effectuée en ne prenant en compte que les réponses aux températures. 1 à 12 : points représentatifs des 12 mois d'octobre n-1 (1) à septembre n (12).

Lorsque l'analyse est effectuée en ne tenant compte que des réponses aux précipitations (fig. 3a) les populations de Rialsesse, Saint-Rémy et Fontfroide se distinguent nettement du groupe des autres populations et se distinguent entre elles par leur sensibilité différente aux précipitations de juin, août et septembre. Toutes les autres populations se regroupent en raison de leurs réactions directes aux précipitations d'avril et mai et de leur réaction inverse aux précipitations de novembre; Luberon se sépare néanmoins du groupe des trois autres stations vaclusiennes en raison de son absence de réaction aux précipitations de novembre.

Une meilleure discrimination des populations apparaît lorsque l'analyse ne concerne que les températures (fig. 3b). Bien qu'elle dégage un noyau de populations groupées autour de l'origine des axes 1 et 2 (Luberon, Saint-Rémy, Cabrières), elle procure une meilleure dispersion du nuage des autres points-populations que l'analyse qui ne concerne que les précipitations.

Le regroupement de Luberon, Saint-Rémy et Cabrières tient au petit nombre de relations mises en évidence par leurs fonctions de réponse et à l'absence commune de réaction aux températures estivales. La position marginale de Luberon et son rapprochement relatif de Ventoux-haut et même Cassagnas est attribuable à sa réaction directe aux températures de février. On peut dire que la population du Luberon réagit en hiver comme une population montagnarde et en été comme une population de basse altitude vraisemblablement en raison de l'amplitude des variations thermiques annuelles induite par sa situation de crête.

La présence de Ventoux-haut, Ventoux-bas, La Verne et Rialsesse d'un même côté du plan factoriel est due à la réaction inverse de ces populations aux températures estivales; la position démarquée de Ventoux-bas par rapport aux trois autres populations étant due à son indifférence aux températures de février et à sa réaction inverse aux températures de septembre.

Cassagnas d'une part et Fontfroide d'autre part s'isolent enfin de toutes les autres populations par leur réaction directe aux températures estivales et se distinguent l'une de l'autre surtout par leurs réactions différentes aux températures de janvier, mars et septembre.

DISCUSSION ET CONCLUSION

L'ensemble des résultats de l'analyse souligne d'une part l'asservissement plus étroit de la croissance en épaisseur du cèdre aux variations des facteurs annuels à une altitude inférieure à 800 m sur substrat calcaire qu'à une altitude supérieure à 800 m quel que soit le substrat; l'analyse souligne d'autre part l'aptitude de l'espèce à réagir aux fluctuations des facteurs climatiques au niveau de son cambium pendant toute la période de mai à septembre.

Si la période précédant la phase de construction du cerne joue un rôle non négligeable sur l'épaisseur ultérieure de ce cerne, comme en témoignent l'intervention directe des précipitations automnales et hivernales à basse altitude et dans les biotopes à faible capacité de rétention en eau ou l'intervention directe des températures extrêmes en hiver à haute altitude et dans certaines conditions topographiques, la phase même de construction du cerne est à l'évidence primordiale : elle est marquée en effet par l'intervention des précipitations survenant durant tout ou partie de la période concernée quelle que soit la station et par l'intervention, variable, des températures estivales.

Dans le détail, durant la phase de construction du cerne, le cèdre présente une sensibilité directe aux températures dans les stations de haute altitude soumises à des influences atlantiques, inverse dans les stations d'altitude moyenne à élevée soumises aux influen-

ces méditerranéennes; sous les mêmes influences méditerranéennes, il est indifférent aux températures dans les stations de basse altitude ou dans certaines conditions topographiques.

Sa réaction en été soit aux précipitations et aux températures, soit aux seules précipitations, témoigne d'une activité cambiale encore importante au cours de périodes où l'alimentation en eau des arbres peut être difficile. Il est intéressant de noter que les résultats de l'analyse dendroclimatologique recourent ceux de l'analyse écophysiological :

- poursuite de la croissance en hauteur jusqu'à des potentiels de base de l'ordre de - 20 bars (AUSSENAC et FINKELSTEIN, 1983);
- poursuite de la photosynthèse, pour des potentiels de base de l'ordre de - 50 bars (FINKELSTEIN, 1981 a), à un taux compris, selon les provenances, entre 11 et 15 % de la valeur maximale obtenue;
- poursuite de la transpiration jusqu'à des potentiels de base de l'ordre de - 35 bars.

Ces résultats différencient le cèdre de l'Atlas d'autres essences comme le pin sylvestre pour lesquelles existe une phase cuticulaire au cours de laquelle interviennent des mécanismes de blocage de la transpiration et de la photosynthèse (AUSSENAC et VALETTE, 1982) que la dendroclimatologie permet aussi de détecter (TESSIER, 1984).

Sur l'ensemble des résultats, le cèdre de l'Atlas confirme son caractère d'essence montagnarde méditerranéenne (FINKELSTEIN, 1981 a) par sa sensibilité aux seuls froids très rigoureux de l'hiver et par sa sensibilité aux températures et/ou aux précipitations de l'été. Une sensibilité aussi aiguë que la sienne à l'alimentation hydrique en été - laquelle est fonction de la quantité de pluie reçue, de la capacité de rétention en eau offerte par le sol et de l'action évaporante de l'air - et une sensibilité directe aux températures de la même période, telle que celle mise en particulier en évidence à Cassagnas, conduisent à douter du succès de plantations de cèdres dans une trop large gamme de conditions. Certes des régions bien arrosées et moyennement chaudes en été peuvent convenir à la croissance de l'essence, ce qui encouragerait une utilisation plus large que celle qui prévaut actuellement, à l'exclusion de zones à trop basses températures hivernales. Mais en revanche, ses exigences à basse altitude sur substrat calcaire en climat méditerranéen inspirent la plus grande prudence dans tout projet d'implantation sous de telles conditions.

BIBLIOGRAPHIE

- ARBEZ M., FERRANDES P., UYAR N., 1978 - Contribution à l'étude de la variabilité géographique des cèdres. *Ann. Sci. for.*, 35 (4) : 265-284.
- AUSSENAC G., CLEMENT A., VALETTE J.C., 1978 - Potentiel de sève, étude de quelques essences forestières du Mont Ventoux, campagne 1977. Document interne 78.3, Station de Sylviculture méditerranéenne, Avignon, 36 p. + annexes.
- AUSSENAC G., GRANIER A., 1978 - Quelques résultats de cinétique journalière du potentiel de sève chez les arbres forestiers. *Ann. Sci. for.*, 35, 1 : 19-32.
- AUSSENAC G., GRANIER A., GROSS P., 1981 - Etude de la croissance en hauteur du cèdre *Cedrus atlantica* Manetti). Utilisation d'un appareil de mesure automatique. *Ann. Sci. for.* 38, 3 : 301-316.
- AUSSENAC G., VALETTE J.C., 1982 - Comportement estival de *Cedrus atlantica* Manetti, *Quercus ilex* L., *Quercus pubescens* Willd. et de divers pins dans le Mont Ventoux. *Ann. Sci. for.* 39, 1 : 41-62.
- AUSSENAC G., FINKELSTEIN D., 1983 - Influence de la sécheresse sur la croissance et la photosynthèse du cèdre. *Ann. Sci. for.* 40 (1) : 67-77.
- BOULLARD B., 1956-57 - Etude des mycorhizes dans le genre *Cedrus*. Première contribution. *Bull. Soc. Mycol. Fr.*, t. 72-73, fasc. 3 : 225-244.

- BOURDENET P., 1977 - Enquête sur le cèdre en Languedoc-Roussillon et possibilité d'extension. Rapport de stage ENITEF, 102 p.
- BOX G.F.P., JENKINS G.M., 1970 - Time series analysis : forecasting and control. Hoden-Day, San Francisco, 575 p.
- BRAESCO A., 1981 - Potentiels de sève et réactions à la sécheresse des cèdres, pins et chênes en Provence calcaire, campagne 1980. Document interne 81.4, Station de Sylviculture méditerranéenne, Avignon, 29 p. + annexes.
- DE BRUN H., 1922 - Le cèdre au Mont Ventoux et en Provence. R.E.F., août : 249-256.
- DE CORTE C., 1979 - Première reconstitution du climat au Maroc à partir de la dendrochronologie. Mémoire Lic. Sc. Géogr., 153 p. Université Catholique de Louvain, Louvain-La-Neuve.
- DUCREY M., 1981 - Action des basses températures hivernales sur la photosynthèse du cèdre et du douglas. *Ann. Sci. for.*, 38, 3 : 317-329.
- EMONNOT P., GAYRAUD Y., LECLANT F., REMAUDIERE G., 1967 - Sur la présence en France de *Cedrobium laportei* Remaudière puceron nuisible au cèdre. *C.R. hebdom. Acad. d'agric. Fr.*, t. 53, n° 12, 28/6/67 : 966-971.
- FABRE J.P., 1976 - Extension du cèdre et risque d'attaques d'insectes. *R.F.F.* XXVIII, 4 : 261-269.
- FINKELSTEIN D., 1981 a - Contribution à la caractérisation écophysologique du cèdre. Etude de la croissance et des échanges gazeux. Thèse Doctorat de 3^e cycle, Université de Nancy I, 145 p. + annexes.
- FINKELSTEIN D., 1981 b - Influence des conditions d'alimentation hydrique sur le débourrement et la croissance de jeunes plants de cèdres (*Cedrus atlantica* Manetti) cultivés en serre. *Ann. Sci. for.*, 38, 4 : 109-126.
- FRITTS H.C., 1976 - Tree - rings and climate. Academic Press, London, 567 p.
- FRITTS H.C., BLASING T.J. HAYDEN B.P., KUTZBACH J.E., 1971 - Multivariate techniques for specifying tree-growth and climate relationships and for reconstructing anomalies in paleoclimate. *J. applied Met.*, 10, 5 : 845-864.
- GUIBAL F., 1981 - Première approche dendroclimatologique du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) en France. Rapport de DEA d'Ecologie méditerranéenne, Université d'Aix-Marseille III, 33p.
- GUIBAL F., 1984 - Contribution dendroclimatologique à la connaissance de la croissance du cèdre de l'Atlas dans les reboisements du Sud-Est de la France. Thèse Doctorat 3^e cycle, Université d'Aix-Marseille III, 123 p., 13 fig., 16 tabl.
- GUIOT J., 1983 a - Analyse multidimensionnelle des données climatiques (méthodes spatiales et méthodes temporelles). Contribution 38, Institut d'Astronomie et de Géophysique, Université Catholique de Louvain, Louvain-La-Neuve, 43 p. + annexes.
- GUIOT J., 1983 b - Identification du processus de la croissance, application aux mélèzes de la vallée des Merveilles (Alpes maritimes). Séminaire Interdisciplinaire sur la Modélisation des systèmes Vivants Complexes et l'Interaction avec leur Environnement, Tours, juin 1982 : 195-216.
- GUIOT J., TESSIER L., SERRE-BACHET F., 1982 - Application de la modélisation A.R.M.A. en dendroclimatologie. *C.R. Acad. Sc. Paris*, 294 : 133-136.
- HELLEPUTTE C., 1976 - Contribution à l'étude dendrochronologique du cèdre dans le Rif et le Moyen Atlas (Maroc). Mémoire Lic. Sc. Géogr., 200 p., Université Catholique de Louvain, Louvain-La-Neuve.
- LECLANT F., REMAUDIERE G., 1969 - Sur la biologie d'*Epinotia (Evetria) cedricida* Diakonoff grave ravageur du cèdre en France (*Lep. Tortricidae*). *Ann. Soc. Ent. Fr.* (N-S), 5, 2 : 397-405.
- MAZADE M., NEGRE R., 1973 - Conditions écologiques d'implantation des semis de cèdre au Petit-Luberon. *Boî. Soc. Brot.*, XLVII, 2, A Sér., Coimbra : 213-273.
- PEGUY CH. P., 1970 - Précis de climatologie. Masson et Cie, Paris, 2^e ed. 468 p.
- PRADAL F., 1979 - Variabilité génétique et écophysologique du cèdre. Mémoire E.N.I.T.E.F., 89 p.

- PUTOD R., 1974 a - Le cèdre dans la région Provence-Côte d'Azur. *B.V.F.*, 74, 6 : 1-44.
- PUTOD R., 1974 b - Le reboisement en cèdre dans le Sud-Est de la France. *B.V.F.*, 74, 8 : 1-46.
- PUTOD R., 1979 - Le cèdre en Languedoc-Rousillon. *B.V.F.*, 79, 8-9 : 11-45.
- RIEDACKER A., 1978 - Régénération et croissance de la partie souterraine et aérienne de cèdres placés sous climat constant. *Ann. Sci. for.*, 35 (2) : 117-138.
- SCHULMAN E., 1956 - *Dendroclimatic Change in Semiarid America*, University of Arizona Press, Tucson, Arizona. 142 p.
- SERRE-BACHET F., 1982 a - The mediterranean area. Second International Workshop on Global Dendroclimatology, Norwich 1980, "Climate from tree-rings", Hughes M.K. *et al.* eds. Cambridge University Press : 153-155.
- SERRE-BACHET F., 1982 b - Analyse dendroclimatologique comparée de quatre espèces de pins et du chêne pubescent dans la région de la Gardiole près Rians (Var, France). *Ecologia Mediterranea*, VIII, 3 : 167-183.
- TESSIER L., 1978 - Contribution dendroclimatique à l'étude du peuplement forestier des environs des chalets de l'Orgère (Savoie). Thèse Doctorat 3e cycle, Université d'Aix-Marseille III, 129 p., 33 fig. 18 tabl. h.t.
- TESSIER L., 1984 - Dendroclimatologie et écologie de *Pinus silvestris* L. et *Quercus pubescens* Willd. dans le Sud-Est de la France. Thèse Doctorat d'Etat, Université d'Aix-Marseille III, 275 p., 13 cart., 9 fig., 14 tabl.
- TILL C., 1980 - Contribution à l'étude dendroclimatologique au Maroc. Essais de reconstitution du climat à Tétouan, Aknoul et Azrou. Mémoire Lic. Sc. Géogr., 158 p. Université Catholique de Louvain, Louvain-La-Neuve.
- TOTH J., 1971 - Le cèdre (Cèdre de l'Atlas) en France. *B.V.F.*, 71, 4 : 1-20.
- TOTH J., 1973 - Première approche de la production potentielle du cèdre de l'Atlas dans le Sud de la France. *R.F.F.*, XXV, 5 : 381-389.
- TOTH J., 1978 - Contribution à l'étude de la fructification et la régénération naturelle du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) dans le Sud de la France. Thèse Docteur Ingénieur, Université d'Aix-Marseille III, 136 p., 24 tabl., 17 fig., 18 phot.
- VALETTE J.C., 1981 - Comportements hydriques du cèdre, des chênes et des pins méditerranéens. Document interne 81.1, Station de sylviculture méditerranéenne, Avignon, 16 p. + annexes.
- YI B.G., 1976 - Croissance du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) en relation avec quelques variables du milieu en Languedoc-Roussillon (France). Thèse Docteur Ingénieur, Université des Sciences et Techniques du Languedoc, Montpellier, 193 p. + annexes.

gauthier-villars

Acta OEcologica

**Revue Internationale d'Écologie
Fondamentale et Appliquée**

Acta OEcologica se propose d'offrir un panorama des recherches relatives à l'écologie moderne. Dans cette revue internationale, le lecteur trouvera présentés l'aspect théorique de la structure et du fonctionnement des écosystèmes; les travaux sur les phytocénoses, les zoocénoses et les populations microbiennes; les applications aux milieux naturels ou artificialisés, continentaux et littoraux, terrestres et dulçaquicoles.

3 séries

Oecologia Generalis

La série "Oecologia Generalis" est consacrée à l'écologie théorique, expérimentale et descriptive, aux données sur des populations étudiées dans la nature ou en conditions contrôlées, aux mises au point bibliographiques et travaux de synthèse.

Oecologia Applicata

La série "Oecologia Applicata" est consacrée aux travaux sur l'application des concepts de l'écologie, notamment dans le domaine animal, et plus généralement aux recherches qui débouchent sur la gestion des écosystèmes anthropisés.

Oecologia Plantarum

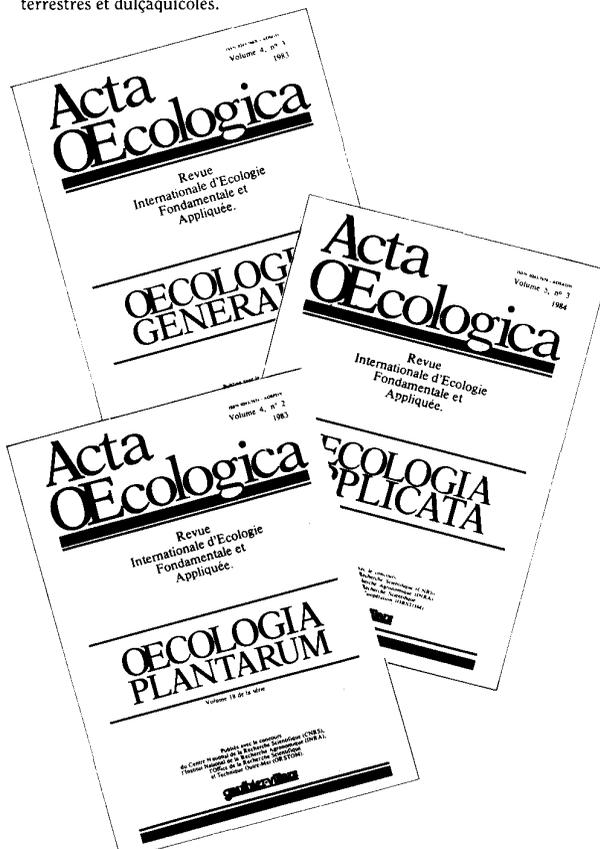
La série "Oecologia Plantarum" est consacrée, comme dans le passé, aux études sur la structure, le fonctionnement et la dynamique des populations végétales et des écosystèmes, selon différentes approches: écophysiologicals, écopedologiques, génétiques, bioclimatologiques.

Abonnements 1986:

Chaque série est trimestrielle.
Tarif d'abonnement pour l'une des séries: 405 F et pour les trois séries groupées: 805 F (tarif France).

Renseignements et abonnements:

C.D.R., 11, rue Gossin, 92543 Montrouge Cedex, France.



INSTRUCTIONS AUX AUTEURS

Les articles proposés doivent être envoyés, dactylographiés, au Secrétariat général de la Revue. Ils seront soumis à l'un des membres du comité de lecture ou du comité de rédaction avant confirmation de leur acceptation.

Ils devront être dactylographiés alors, pour le tirage offset, suivant les normes de la Revue. Celles-ci seront précisées aux auteurs par le Secrétariat lors de la confirmation de l'acceptation du manuscrit.

Tous les schémas et graphiques devront être réduits au format 21 x 29,7. Dans le cas contraire, cette réduction sera faite aux frais des auteurs. Les articles ne pourront dépasser 20 pages dactylographiées à titre gracieux. Les pages supplémentaires seront aux frais des auteurs.

Les abonnés peuvent publier dans *Ecologia Mediterranea* des travaux originaux et des mises au point sur des sujets se rapportant à l'écologie générale terrestre et limnique en région méditerranéenne et à l'écologie appliquée. Ceux-ci peuvent être publiés en langue française de préférence mais aussi en langue anglaise, italienne ou espagnole. La présence du titre en langue anglaise et du résumé en langue anglaise ou espagnole est indispensable.

T A R I F

Tomes I, II, VII (2)	50 F
Tomes III, IV, V, VI, VII (1), VIII (3) (4)	70 F
Tome VIII (1/2)	120 F
Tomes IX (1) (2) (3/4) - X (1/2) (3/4)	70 F

<u>Participation aux frais d'expédition</u> :	France :	10 F
	Etranger :	30 F

<u>Achats groupés</u> (trois volumes et plus) :	Remise de	30 %
<u>Collection ECOLOGIA</u> (tomes I à VIII inclus)		350 F
(tomes I à X inclus)		500 F

Abonnement pour 1985 (fascicules 1, 2, 3, 4) (fraix d'expédition inclus) :

France :	270 F
Etranger	320 F

Toutes les commandes doivent être faites auprès du Secrétariat de la Revue accompagnées du paiement par chèque ou mandat, libellé au nom de :

Régisseur d'Avances de l'Université AIX - MARSEILLE Centre St-Jérôme, CCP n° 9404.68 M MARSEILLE

SOMMAIRE

M. GRUBER. — Les pelouses du <i>Xerobromion erecti</i> Br.-Bl. et Moor 1938 du Bassin des Nestes (Hautes-Pyrénées)	3
S. KHALIFE. — L'aire minimale d'un peuplement terricole lichéno-bryophytique (<i>Toninio-Psoretum decipientis</i> Stodiek)	11
G. MARCUZZI. — Osservazioni ecologiche preliminari sul Khorasan (Iran nord oriental)	25
K. MICHALIS, A. FRAGOULIS, S. PANIDIS. — Eathworms (<i>oligochaeta : lumbricidae</i>) from the mountainous mas of Pella province southwest region, and Imathias province, northwest region a systematical and ecological study	37
M. TRAVERS, KI-TAI KIM. — Le phytoplancton apporté par l'Arc à l'étang de Berre (côte méditerranéenne française) : dénombrement, composition spécifique, pigments et adénosine 5' triphosphate	43
M. PRIVITERA R. LO GIUDICE. — Contributo allo studio della vegetazione muscinale del territorio di Santo Pietro (Sicilia meridionale) : Sugherete, Leccete, Cisteti	75
F. GUIBAL. — Dendroclimatologie du cèdre de l'Atlas (<i>Cedrus atlantica</i> Manetti) dans le Sud-Est de la France	87
J.-P. BESANCENOT. — Bioclimatologie humaine et limite du domaine méditerranéen dans le Midi de la France. Réflexions sur la notion de limite climatique	61