

1993



# TRAVAUX SCIENTIFIQUES



DU  
PARC NATUREL RÉGIONAL  
ET  
RÉSERVES NATURELLES  
DE CORSE



N° 41

## TRAVAUX SCIENTIFIQUES DU PARC NATUREL REGIONAL

### ET DES RESERVES NATURELLES DE CORSE

#### Sommaire

- VIGNE (J.D.), LEFEVRE (C.) et THIBAUT (J.C) : Prospections archéozoologiques sur l'île de Gargalo (réserve naturelle de Scandola), 1-18.
- LABOREL(J.), MORHANGE (C.) et LABOREL-DEGUEN (F.) : Dégradation récente des formations construites superficielles à Lithophyllum lichenoïdes Philippi dans la réserve marine de Scandola, 19-23.
- LABOREL-DEGUEN (F.), LABOREL (J.) et MORHANGE (C.) : Appauvrissement des populations de Patella ferruginea Gmel des côtes de la réserve marine de Scandola et du Cap Corse, 25-32.
- LABOREL (J.), MORHANGE (C.) et LABOREL-DEGUEN (F.) : L'élévation récente du niveau marin sur le littoral rocheux de la Corse du nord, 33-39.
- BOUDOURESQUE (C.F), RODRIGUEZ PRIETO (C.) et ARRIGHI (F.) : Place de Caulerpa prolifera dans les préférences alimentaires de l'oursin Paracentrotus lividus, 41-51.
- RODRIGUEZ PRIETO (C.), BOUDOURESQUE (C.F) et MARCOT-COQUEUGNIOT (J.) : nouvelles observations sur les algues marines du Parc Naturel Régional de Corse, 53-61.
- SOUFFACHE (B.) et GAUTHIER (A.) : le Capu Tavunatu (Haute Corse), un essai brésilien naturel en tectonique cassante, 63-86.

Handwritten text, likely bleed-through from the reverse side of the page. The text is extremely faint and illegible due to the quality of the scan and the nature of the bleed-through.

**PROSPECTIONS ARCHEOZOOLOGIQUES  
SUR L'ILE DE GARGALO  
(Réserve naturelle de Scandola)**

par

**Jean-Denis VIGNE\*, Christine LEFEVRE\* & Jean-Claude THIBAUT°**

\* C.N.R.S. (URA 1415), Muséum national d'Histoire naturelle, Laboratoire d'Anatomie comparée, 55, rue Buffon, 75005 Paris.

° Parc Naturel Régional de la Corse, 4, rue Fiorella, B.P. 417, 20184 Ajaccio Cédex.

L'étude de l'histoire des peuplements de Vertébrés des petites îles satellites de la Corse a été initiée à Lavezzi, grâce à deux opérations archéozoologiques de terrain en 1987 et 1988. Les résultats ont été très satisfaisants (Vigne *et al.*, 1991; Vigne, sous presse), puisqu'ils ont permis de préciser les caractéristiques des activités humaines sur cette île depuis le XIII<sup>e</sup> siècle et de documenter, sur la même période, l'évolution des oiseaux et micro-mammifères.

L'objectif de la courte campagne que nous avons menée entre le 25 et le 28 novembre 1992 sur l'île de Gargalo<sup>1</sup>, dans la réserve naturelle de Scandola, était d'évaluer les potentialités de l'île pour une approche semblable à celle que nous avons réalisée pour Lavezzi.

## 1. PRESENTATION RAPIDE DE L'ILE ET DES TRAVAUX ARCHEOZOOLOGIQUES

L'île de Gargalo (Osani, Corse-du-Sud) a une superficie de 22 hectares. Elle est composée en majorité de formations volcano-sédimentaires (lahars). La roche y est souvent à nu, mais on trouve aussi une végétation de pelouses ou de maquis. Elle culmine à 127 m d'altitude et domine la mer par des versants pentus à très pentus, formant falaises ça et là, surtout dans la région septentrionale.

Située à une trentaine de mètres au large de la Corse, l'île peut facilement être atteinte à la nage par de nombreux mammifères. Les travaux antérieurs ont toutefois montré que son peuplement mammalien est sensiblement différent de celui de la Corse (présence exclusive du Rat noir et grande taille de ce dernier; Collectif, 1984; Granjon et Cheylan, 1990; Granjon, comm. pers.), ce qui suggère que ce flux d'immigration naturel a peu de conséquences sur le peuplement mammalien. La faible profondeur du seuil immergé qui sépare Gargalo de la Corse (8 mètres d'après les cartes marines) indique que l'île devait y être largement rattachée avant la transgression flandrienne et qu'elle l'a peut-être encore été au cours des faibles variations climatiques ultérieures.

Après une prospection destinée à recenser les implantations humaines et les remplissages naturels susceptibles de receler des témoignages archéozoologiques, nous avons réalisé trois sondages dans les deux principales accumulations de sédiments reconnues (G3 et G5). Le but était d'évaluer l'épaisseur des remplissages et leur richesse en vestiges fauniques (tamisage à sec sur mailles d'environ 2 mm), éventuellement de les replacer dans la chronologie. Durant ces deux journées, on a par ailleurs procédé à des ramassages d'ossements et de pelotes de réjection de rapaces en surface, de façon à établir des séries taphonomiques de référence.

## 2. RESULTATS

### 2.1. Localisation des sites potentiels (fig. 1)

#### 2.1.1. Occupations humaines et ramassage de surface

Le phare automatisé de la pointe nord et la tour génoise (en construction en 1605; Graziani, 1992) sont les seules constructions humaines visibles sur l'île. Aucun des abris explorés n'a montré de trace d'aménagement hormis la murette récente (*cf. infra*) de l'abri G3. La fréquentation préhistorique des lieux est toutefois suggérée par la découverte en surface d'une armature tranchante en rhyolite (*cf. Néolithique ancien*) sur le versant occidental de l'île et par le petit éclat de silex du sondage G5 (*cf. infra*).

Il faut toutefois souligner que le fort relief de l'île n'est pas propice à la conservation des structures archéologiques anciennes : l'intense et brutale ruissellement érode très activement les

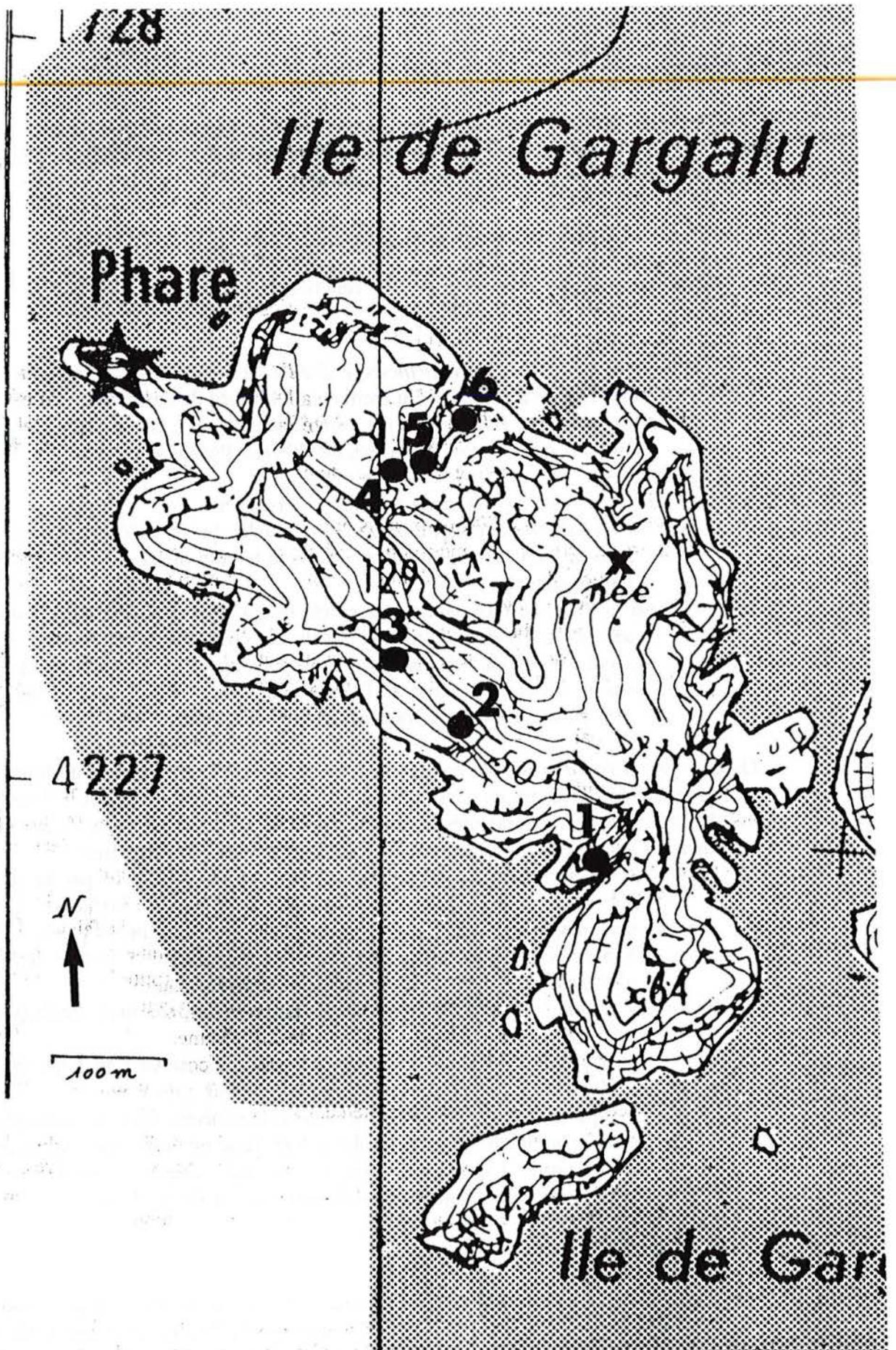


Figure 1 : Topographie de l'île de Gargalo et de l'îlot de Garganellu. La côte qui apparaît à l'extrême droite est celle de Scandola. Les points noirs numérotés représentent les abris ayant conservé un remplissage sédimentaire. Le x indique la région dans laquelle a été découverte l'armature tranchante (fond de carte IGN au 1/25 000<sup>e</sup> agrandi).

pentent et vide les abris de leur contenu sédimentaire, jusqu'à la roche mère. Les rares lieux d'accumulation sédimentaire sont en contrepartie très fortement alimentés et les vestiges anciens qu'ils pourraient receler risquent d'être ennoyés sous d'épaisses nappes d'éboulis.

### 2.1.2. Abris ayant conservé des remplissages sédimentaires

Six remplissages sous abris ont été répertoriés (fig. 1) et numérotés de 1 à 6 du sud au nord<sup>2</sup>. Ils se répartissent en trois groupes :

*Dans la faille qui sépare la partie principale de l'île de sa péninsule méridionale,*

- G1 est accroché à la falaise qui forme la lèvre nord de cette faille. Il est difficile d'accès. Le sédiment cendreuse qui y a été conservé s'est en partie vidé dans le ravin. En surface, on observe des crottes de chèvres. Pas de sondage.

*Sur le versant sud-ouest de l'île, deux abris ont été repérés :*

- G2 est un *taffonu* d'un mètre de diamètre, caché derrière d'épais buissons de lentisques, au pied d'un petit surplomb qui domine la côte ouest. Le sédiment y semble épais. Pas de sondage.
- G3 est un vaste abri formant arc de cercle face à la mer, sur la côte ouest. Ses extrémités septentrionale et surtout méridionale ont conservé un remplissage sédimentaire qui a été sondé. La terminaison sud se prolonge par une véritable petite grotte d'au moins 3 mètres de long, au fond de laquelle est installé un nid de Cormoran et où résidait une chouette effraie au moment de l'exploration.

*Dans le grand ravin nord, qui entaille la côte nord-est de l'île, au pied de la tour génoise, une succession d'abris s'organise en quatre étages. Ils sont tous beaucoup mieux abrités des vents que ceux des deux régions précédentes, et situés à proximité de suintements d'eau non négligeables qui pourraient avoir servi de source. Du haut en bas du ravin, on distingue:*

- G4, grand abri dont le remplissage a été en partie emporté par le ravinement, mais subsiste sur un à deux mètres de large, le long de la falaise. Comme les trois suivants, cet abri est assez facile d'accès, et domine la passe entre Gargalo et Scandola. De plus, il offre une vue assez large sur toute la côte de Scandola, ce qui n'est pas le cas pour les abris suivants. Pas de sondage.
- Sur la "marche" suivante, et de part et d'autre de G4, deux petits abris (G4' et G4'') bien protégés se sont totalement vidés de leur sédiment.
  - G5, vaste abri situé à l'étage suivant, a conservé une importante quantité de sédiment qui a pu être partiellement sondée (cf. *infra*).
  - Séparé de G5 par près de 50 mètres de dénivelé plus ou moins abruptes, G6 est un très grand abri qui surplombe la mer d'une quinzaine de mètres, en bas du grand ravin nord. L'observation depuis la mer laisse entrevoir une assez bonne conservation du remplissage sédimentaire. Pas de sondage.

### 2.2. L'abri G3

Les travaux ont eu lieu dans la terminaison méridionale de l'abri, là où le sédiment semblait le plus abondant et où la falaise offre le meilleur abri pour une éventuelle occupation humaine.

### 2.2.1. Le remplissage général (sondage 1)

Derrière une murette aménagée récemment (plaisanciers ?), le remplissage d'un nid de Cormoran (fientes, débris végétaux, petits galets, mais pas de restes de poisson) constitue la couche la plus récente du remplissage (= US 0).

Les pierres de la murette, comme le remplissage de l'US 0 reposaient directement sur une couche de fumier animal. Cette unité stratigraphique est la première qu'a entamée le sondage 1 (1 m<sup>2</sup>), qui a permis d'explorer la totalité du remplissage épais à cet endroit de 125 cm (fig. 2).

US 1 (3-5 cm) est presque exclusivement constituée de fumier de chèvre pulvérulent ou compacté, où subsistaient de nombreuses crottes en excellent état de conservation.

US 2 (10-20 cm) est un limon cendré et graveleux gris-rose, comportant quelques plaquettes de roche altérée sur lesquelles ont cristallisé des minéraux nitrates, percollés à partir des déjections des chèvres. Dans la partie profonde de cette unité, le sédiment devient plus rouge et plus graveleux puis se charge de nombreuses plaquettes rocheuses délitées et tranchantes.

US 3 (100-110 cm) est un limon sableux léger, beaucoup plus homogène, gris verdâtre. Aucune stratigraphie n'a pu être décelée dans cet épais horizon qui repose directement sur la roche mère.

### 2.2.2. Le remplissage de la petite grotte (sondage 2)

Un second sondage (0,25 m<sup>2</sup>) a été initié à l'entrée de la petite grotte qui s'ouvre, à hauteur du sol, dans l'angle le plus méridional de l'abri. Il n'a pas pu être mené au-delà de 60 cm de profondeur. Quatre unités stratigraphiques ont été reconnues (fig. 3).

US 1 (5-8 cm) est un sable pulvérulent, fin, gris clair, enrichi en restes végétaux.

US 2 (18-20 cm) est un limon sableux léger gris clair, plus compact que l'US 1.

US 3 (5-8 cm) est un limon sableux gris clair légèrement plus compact que l'US 2.

US 4 (au moins 20 cm) est un limon sableux brun très meuble, avec quelques graviers assez anguleux.

### 2.2.3. Inventaire du matériel collecté dans l'abri 3

Le tableau 1 donne l'inventaire du matériel recueilli dans les deux sondages de l'abri 3. En dehors, peut-être, de quelques coquillages marins, rien ne peut être attribué à l'activité de l'Homme. Globalement, le sondage 1 est très pauvre, alors que celui qui est situé à l'entrée de la petite grotte est plus riche, notamment en restes de micro-vertébrés, probablement issus de coprocénoses comparables à celles qu'accumule encore aujourd'hui la Chouette effraie à cet endroit. L'origine des assemblages fauniques semble globalement identique sur l'ensemble du remplissage.

## 2.3. L'abri G5

### 2.3.1. Généralités

Dans sa partie septentrionale, cet abri est comblé d'un talus de sédiments qui se sont accumulés par gravité, à partir du petit abri G4", et par le ruissellement qui se concentre ici en un mince filet d'eau presque continu (en novembre). Cette région de G5 (comme d'ailleurs G4" dont le remplissage se déverse en G5) est régulièrement occupée par une chouette effraie, comme en témoigne les nombreux restes de pelotes de réjection.

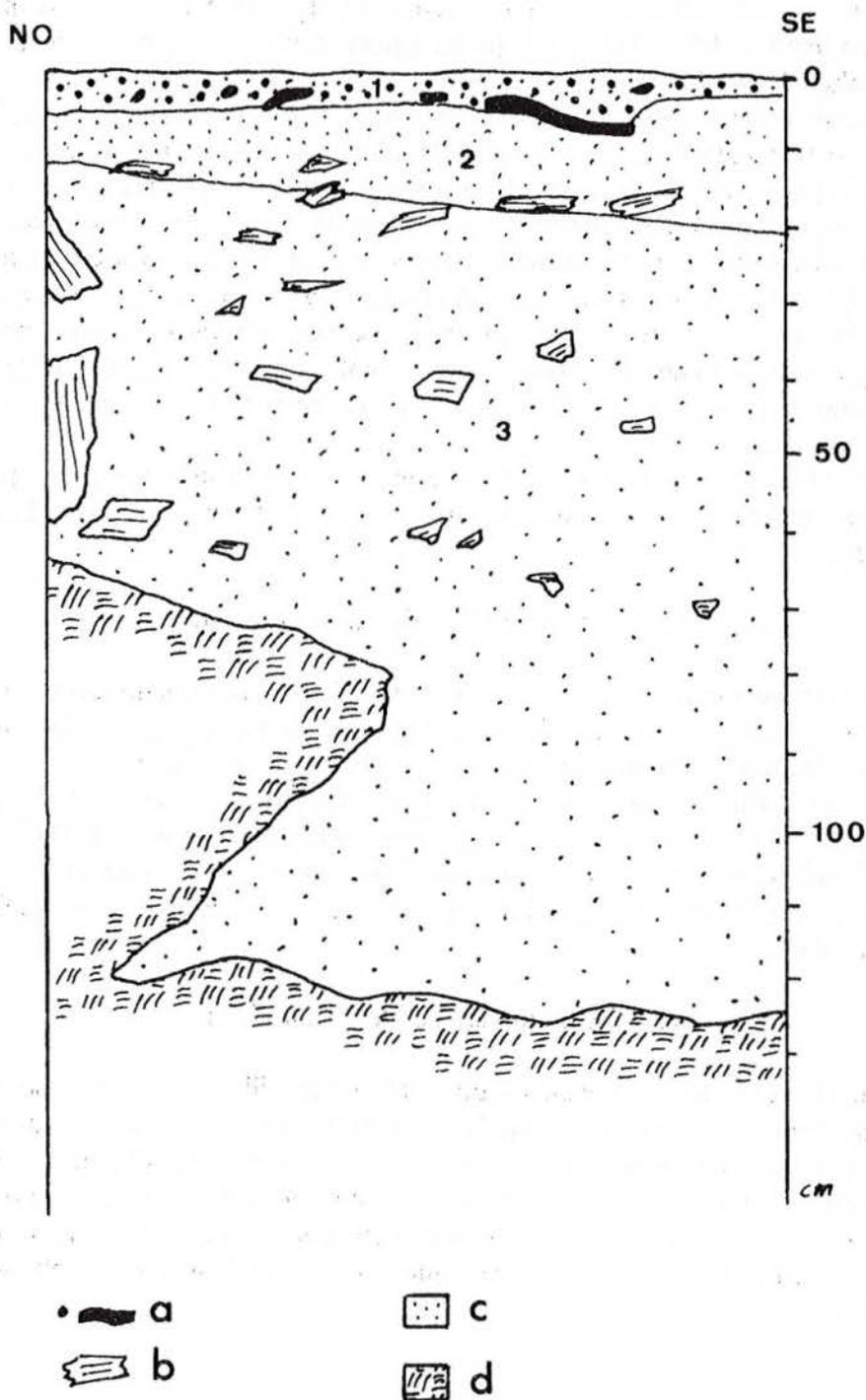


Figure 2 : Relevé de la coupe ouest du sondage 1 de l'abri 3 de Gargalo montrant les trois unités stratigraphiques (numérotées sur la coupe). Légende des figurés : a, fumier et crottes de caprinés; b, pierres; c, limon sableux léger; d, roche mère.

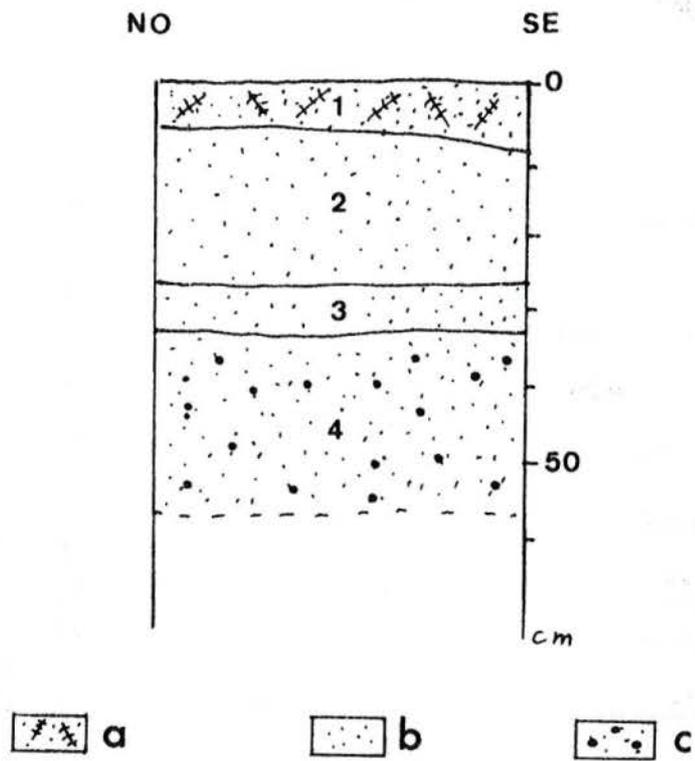


Figure 3 : Relevé de la coupe ouest du sondage 2 de l'abri 3 de Gargalo montrant les quatre unités stratigraphiques (numérotées sur la coupe). Légende des figurés : a, sable à débris végétaux; b, limon sableux léger; c, limon sableux à graviers.

	Sondage 1				Sondage 2			
	US 0	US 1	US 2	US 3	US 1	US 2	US 3	US 4
<b>INVERTEBRES</b>								
<i>Patella sp.</i>				2				
<i>Monodonta sp.</i>								4
<b>POISSONS</b>						1		
<b>REPTILES</b>								
<i>Coluber viridiflavus</i>								1
<b>OISEAUX</b>								
<i>Phalacrocorax aristotelis</i>							1	
<i>Apus sp.</i>		1						
Muscicapidae	1							
Aves indéterminés			2	3	1			6
<b>MAMMIFERES</b>								
cf. Crocidura					1			
<i>Prolagus sardus</i>			2	1		1		5
<i>Rhagamys/Rattus</i>				1		4	1	2
<i>Rattus rattus</i>					35			
<i>Apodemus sylvaticus</i>					2	1		
<i>Mus musculus</i>					1			
Petit Muridé					23	3	1	
Vulpes vulpes						1		
Caprini						1		
<b>INDETERMINES VERTEBRES</b>		1	4	5		3		4
<b>TOTAL FAUNE</b>	1	2	8	12	63	15	3	22

Tableau 1 : Inventaire du matériel recueilli dans l'abri G3 de Gargalo  
(Fréquence en Nombre de Restes)

Le reste de l'abri est comblé d'un sédiment qui vient en grande partie de ce talus d'accumulation. Il constitue un replat atteignant six à sept mètres de large au centre de l'abri. C'est à cet emplacement, à 1,5 m de la paroi, que fut implanté le sondage d'un m<sup>2</sup>, orienté N-60°. Il a été mené jusqu'à une profondeur de -120 cm, puis arrêté en raison de la stérilité des horizons profonds. Il y a fort à parier que le remplissage est beaucoup plus puissant que cela.

### 2.3.2. Stratigraphie (fig. 4)

On a pu reconnaître 8 unités stratigraphiques affectées d'un pendage de 5 à 20° vers le sud-est, en relation avec le talus précité.

US 1 (12 cm) est composée d'un limon sableux brun, fin, parsemé de petits éclats centimétriques et anguleux de pyroclastites. Tamisage d'un seau sur deux.

US 2 est une lentille plus graveleuse (éclats centimétriques anguleux) dont l'épaisseur passe de 7-8 cm contre la coupe nord à 3-4 cm vers le sud-est. Elle se fond progressivement au sédiment de l'US 1 contre la bordure sud-est du sondage. Tamisage d'un seau sur deux.

US 3 (18-20 cm) est un limon sableux brun gris clair, plus homogène que celui de l'US 1. Dans l'angle sud du sondage, une petite lentille (3') gris sombre, cendreuse, a livré trois petits charbons de bois. Tamisage d'un seau sur deux de -15 à -20, puis de 2 seaux sur 3 entre -20 et -40 cm.

US 4 (10-12 cm) est un limon brun-gris, un peu plus fin que celui de l'US 3, mais le passage de l'une à l'autre est progressif. Tamisage d'un seau sur deux.

US 5 (5-7 cm) est composée d'un limon cendreuse fin, gris foncé qui se différencie bien de l'US 4. Plusieurs petits charbons de bois. Tamisage systématique.

US 6 (25-40 cm) est composé d'un limon sableux brun-rouge hétérogène, riche en graviers anguleux de pyroclastites. Quelques blocs plus gros (5 à 10 cm). La limite avec l'US 5 est nette et pourrait correspondre à une ligne d'érosion. Tamisage d'un seau sur deux jusqu'à -70 cm, puis d'un seau sur trois.

US 7 (0-2 cm) est une petite lentille de graviers qui s'affine et disparaît au milieu du sondage.

US 8 est de même nature que l'US 6 à ceci près qu'elle est nettement plus indurée, notamment dans l'angle nord et contre la coupe ouest du carré. Tamisage de deux seaux sur trois.

### 2.3.3. Inventaire du matériel collecté dans l'abri 5

Le tableau 2 et la figure 5 donnent l'inventaire du matériel recueilli dans chaque unité stratigraphique.

Les unités stratigraphiques 1 et 2 sont très pauvres. On remarque toutefois un petit fragment de silex beige qui évoque les périodes préhistoriques, mais il est le seul témoignage certain d'une présence ancienne de l'Homme (pas de déchets culinaires). Les micromammifères sont rares.

Les US 3 et 4 offrent un assemblage dominé par les micromammifères, probablement issus de pelotes de rejection.

L'assemblage de l'US 5 diffère sensiblement des autres dans la mesure où on n'y trouve pas de micromammifères au sens stricte, mais seulement des restes de coquillages marins et quelques os de *Prolagus*. Il pourrait s'agir de déchets culinaires mais leur faible densité et leur fragmentation suggèrent qu'ils proviennent de la vidange d'une poche sédimentaire située plus haut sur le versant (G4 ?).

Les US 6, 7 et 8 sont stériles.

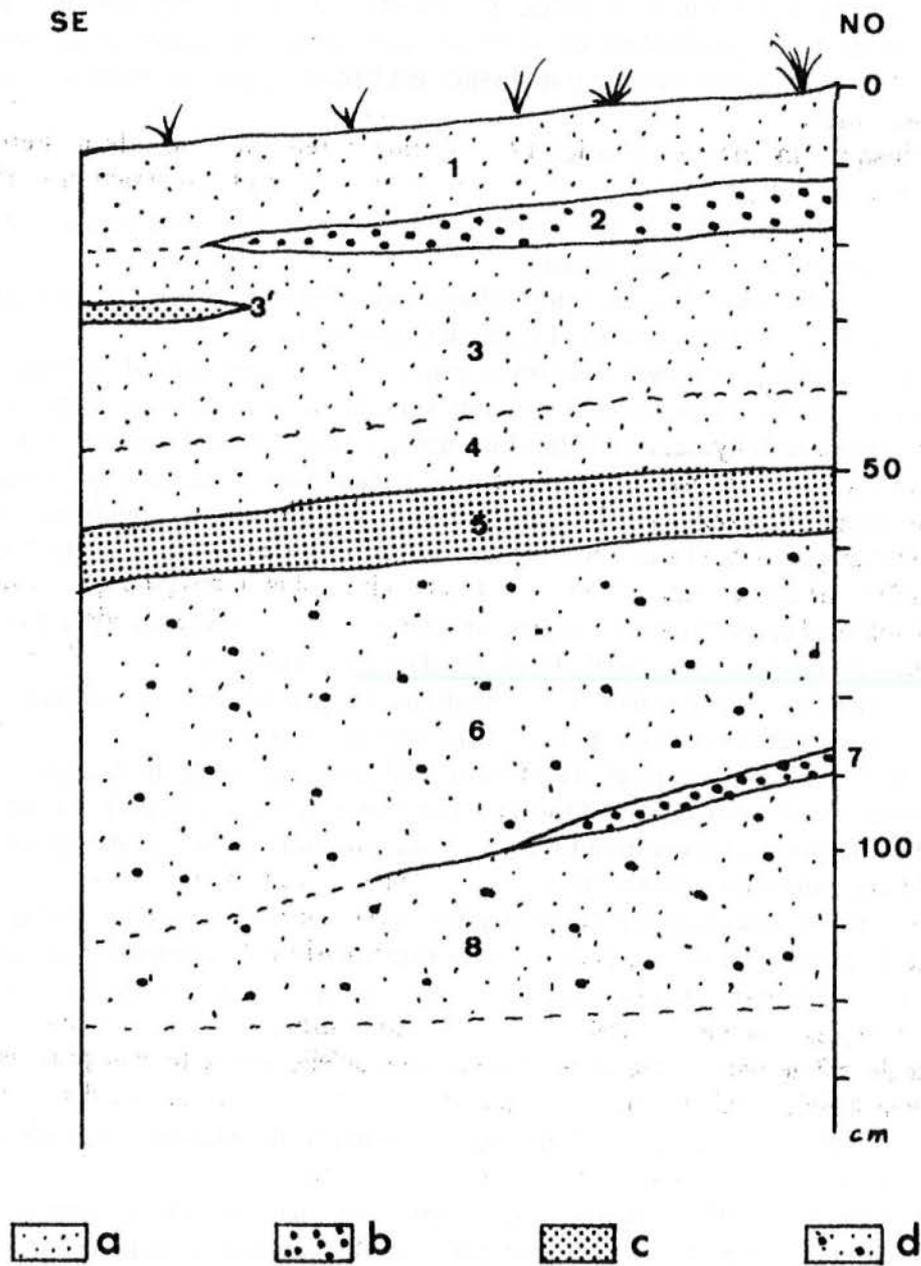


Figure 4 : Relevé de la coupe est du sondage de l'abri 5 de Gargalo montrant les neuf unités stratigraphiques (numérotées sur la coupe). Légende des figurés : a, limon sableux brun; b, lentille de graviers; c, limon cendreux gris; d, limon sableux à graviers.

	US1	US2	US3		US4		US5	US6/8
	NR	NR	NR	NMI	NR	NMI	NR	NR
<b>MATERIEL ARCHEOGRAPHIQUE</b>								
Verre	1							
Silex	1							
<b>INVERTEBRES</b>								
<i>Patella sp.</i>					1		50	
<i>Monodonta sp.</i>							2	
Muricidé							4	
Pulmoné					12			
<b>POISSONS</b>	1							
<b>OISEAUX</b>								
<i>Phalacrocorax aristotelis</i>				1				
<i>Larus cachinans</i>	1							
Rallidae ?						1		
<i>Apus sp.</i>				1				
<i>Turdus sp.</i>	1							
<i>Gallus domesticus</i>	1							
Aves indéterminés				21		6		
<b>MAMMIFERES</b>								
<i>Crocidura suaveolens</i>						3	1	
<i>Prolagus sardus</i>				1	1	4	1	4
<i>Rhagamys orthodon</i>				1	1	3	1	
<i>Rhagamys/Rattus</i>				1		42		
<i>Rattus rattus</i>	4	1	84	7	2	1		
<i>Apodemus sylvaticus</i>	1		4	2	3	3		(1)
<i>Mus Musculus</i>		1						
Petit Muridé			9		9			
<b>INDETERMINEES VERTEBRES</b>	4	1	73		47		2	
<b>TOTAL FAUNE</b>	13	3	196		133		62	1?

Tableau 2 : Inventaire du matériel recueilli dans le sondage de l'abri G5 de Gargalo (NR, Nombre de Restes; NMI, Nombre Minimal d'Individus)

### Composition du matériel recueilli dans les US du sondage G5 de Gargalo

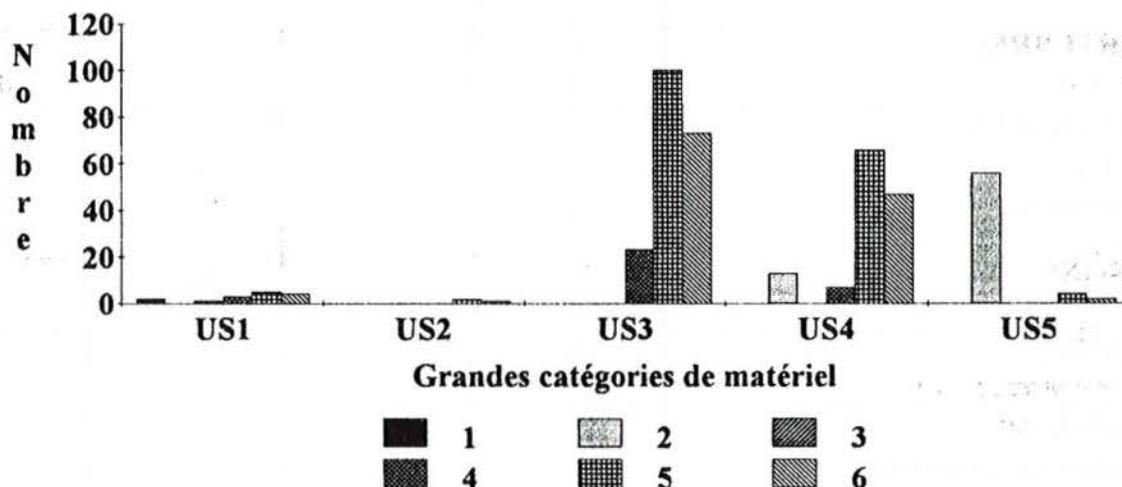


Figure 5 : Représentation graphique de la composition du matériel recueilli dans les différentes unités stratigraphiques (US) du sondage de l'abri 5 de Gargalo. 1 = Archéographique; 2 = Invertébrés; 3 = Poissons; 4 = Oiseaux; 5 = Micro-mammifères; 6 = Vertébrés indéterminés.

## 3. DISCUSSION

### 3.1. Fréquentation humaine

Les témoignages de la fréquentation humaine de l'île sont extrêmement rares : une armature tranchante et un éclat de silex pour le Néolithique, la tour génoise et le phare pour les temps Modernes et la Période Contemporaine.

Il est toutefois possible que de véritables sites, notamment préhistoriques, aient échappé à nos courtes investigations. La position stratégique de l'île et la présence de deux "reposoirs" à phoque moins fréquentés jusqu'au XIX<sup>e</sup> siècle (Ruggieri, 1981) auraient pu attirer des groupes humains pour des occupations temporaires ou plus permanentes. Notons par ailleurs que l'US 5 de l'abri 5 résulte très probablement du dépôt secondaire d'une couche archéologique (préhistorique ?) venant d'un abri situé plus haut dans le grand ravin nord. Il conviendrait de sonder l'abri 4, et d'explorer, tout en bas de ce ravin, le grand abri auquel nous n'avons pas eu accès. Comme l'indique la stérilité du remplissage de l'abri 3, il est en revanche improbable que des occupations humaines se soient installées sur le versant occidental de l'île.

Au XVII<sup>e</sup> siècle, Gargalo fut utilisée par les Génois pour la surveillance militaire des côtes (Graziani, 1992; Salone et Amalberti, 1992). La construction de la tour fut achevée vers 1605. Un plan de 1610 indique, en plus de la tour, une chapelle et des logements pour le corps de garde qui, en 1617, comprenait un chef et quatre soldats.

La pression humaine devait donc être relativement forte au début du XVII<sup>e</sup> siècle.

Comme le rapportent les textes et témoignages récents (Ruggieri, 1981) et comme le confirme la découverte de couches de fumier animal dans les abris 1 et 3, l'île a aussi été utilisée

pour isoler des bêtes. Notons toutefois que, dans l'abri 3 au moins, la couche en question est limitée aux quelques centimètres supérieurs du remplissage. Il est possible que l'utilisation pastorale de l'île soit un phénomène très récent (XIX-XX<sup>e</sup> s.), comme d'ailleurs la fréquentation historique de la presqu'île de Scandola à des fins agricoles, qui ne s'est probablement pas affirmée (groupes sédentaires) avant le XIX<sup>e</sup> siècle (Ruggieri, 1981).

### 3.2. Les données paléo-ornithologiques

Elles sont malheureusement très fragmentaires. Les quelques espèces terrestres déterminées ne donnent qu'une idée très banale de l'avifaune ancienne de l'île et les oiseaux marins ne sont représentés que par le Goéland et le Cormoran, en nombre tellement infime qu'il n'est pas possible d'en tirer une quelconque information. A titre indicatif, nous donnons la liste des oiseaux actuels nicheurs sur l'île de Gargalo :

*Oiseaux marins* : Puffin cendré (*Calonectris diomedea*), Cormoran huppé (*Phalacrocorax aristotelis*) et Goéland leucopnée (*Larus cachinans*); la reproduction du Puffin yelkouan (*Puffinus yelkouan*), attestée à la fin des années 1940, n'a pas été confirmée depuis (Guyot *et al.*, 1985);

*Oiseaux terrestres* (Martin et Thibault, 1983) : Martinet à ventre blanc (*Apus melba*), Martinet pâle (*Apus pallidus*), Troglodyte (*Troglodytes troglodytes*), Merle bleu (*Monticola solitarius*), Fauvette mélanocéphale (*Sylvia melanocephala*), Fauvette sarde (*Sylvia sarda*) et Gobe-mouche gris (*Muscicapa striata*).

### 3.3. Accumulation des taphocénoses et composition du peuplement mammalien actuel

Il n'y a pas, actuellement, de grands mammifères sur l'île de Gargalo. Les chèvres (*Capra hircus*) ont disparu depuis le début des années 70 au plus tard (P. Mariani, comm. pers.) et, comme on vient de le voir, les couches de fumier qu'elles ont laissées sont d'ampleur très limitée<sup>3</sup>. Les courtes investigations que nous avons menées sur l'île permettent toutefois de soupçonner sa fréquentation sporadique par le Renard (*Vulpes vulpes*). Certes, aucune laissée n'a été observée, et on ne peut pas prouver que les traces de dents de renard que portent certains des très nombreux os apportés sur l'île par les goélands n'ont pas été faites alors qu'ils étaient encore dans la décharge de Calvi; mais il est plus difficile (mais pas totalement impossible) que l'astragale de l'US 2 (sondage 2) de G3 ait aussi été apportée sur l'île par des charognards. Des bergers rapportent que les renards passaient à la nage quand les chèvres étaient avec leurs cabris sur Gargalo (P. Mariani et M. Miniconi, comm. pers.). Il ne faut donc pas exclure la possibilité que certaines taphocénoses aient pu être accumulées par ce prédateur qui, tout comme l'Effraie, peut trouver un bénéfice alimentaire non négligeable dans l'abondance des rats (et des oiseaux marins) de l'île.

Dans les taphocénoses actuelles de micromammifères de Gargalo, on a répertorié, en plus du Rat noir (*Rattus rattus*) qui domine (67,5 % des proies; Vigne à paraître), la Pachyure étrusque (*Suncus etruscus*), la Musaraigne des Jardins (*Crocidura suaveolens*), la Souris (*Mus m. domesticus*) et le Mulot sylvestre (*Apodemus sylvaticus*). A l'exception du Rat, toutes ces espèces sont actuellement absentes de la faune de l'île Gargalo (Granjon, comm. pers.), mais constituent la totalité du peuplement micromammalien de la presqu'île de Scandola (Collectif, 1984). Comme à Scandola, on note dans ces taphocénoses l'absence du Lérot (*Eliomys quercinus*). Au-delà de cet aspect qualitatif, on remarque cependant que les abondances des espèces représentées dans les taphocénoses d'Effraie de Gargalo (G3-G4") sont très significativement différentes de celles

observées en piégeage à Elbo (Collectif, 1984;  $\text{Chi}^2 = 67,9$ ;  $\text{ddl} = 3$ ;  $p < 0,001$ ) et de celles des coprocénoses étudiées par Libois (1984), tant à Galeria ( $\text{Chi}^2 = 406$ ) que sur l'ensemble de la Corse ( $\text{Chi}^2 = 3968$ ). En revanche, cette composition ne diffère que faiblement de celle observée dans les coprocénoses médiévales (XIV-XVII<sup>e</sup> siècles) de Lavezzi ( $\text{Chi}^2 = 7,11$ ;  $\text{ddl} = 3$ ;  $0,1 > p > 0,05$ ). On a établi par ailleurs que Lavezzi, située plus loin des terres que Gargalo (3 km) était à cette époque peuplée de Rat et de Souris et que quelques rares proies (Crociture, Lérot, Mulot) avaient été importées de la région bonifacienne dans les pelotes de l'Effraie (Vigne et al., 1991 et sous presse).

Ces éléments laissent à penser qu'hormis le Rat, toutes les espèces de micromammifères représentées dans les coprocénoses actuelles de Lavezzi ont été importées sur l'île dans l'estomac des chouettes qui s'étaient auparavant nourries sur la presqu'île de Scandola<sup>4</sup>.

### 3.4. Evolution du peuplement micromammalien et chronologie des dépôts

Du constat précédent, il résulte que les assemblages sub-fossiles de microvertébrés trouvés dans les sondages, et probablement issus au moins en partie de coprocénoses semblables à celles qu'on trouve aujourd'hui à Gargalo, risquent de comporter un nombre non négligeable d'ossements d'animaux capturés à Scandola plutôt que sur l'île. De plus, les données quantitatives obtenues sur les assemblages fossiles des sondages sont difficiles à utiliser compte tenu des effectifs très restreints. Tout au plus peuvent-elles indiquer quelques tendances pour les taxons les mieux représentés.

La figure 6 synthétise les données de présence/absence issues des tableaux 1 et 2.

La seule espèce représentée à coup sûr dans le sondage 1 de l'abri G3 est *Prolagus sardus*, et il est très probable que l'os de grand Muridé (extrémité distale de tibia) qui lui est associé dans l'US 3 est rapportable à *Rhagamys*. Il faut bien sûr rester très prudent vis-à-vis de ce remplissage qui n'a livré en tout que 4 restes de micromammifères, mais l'assemblage semble désigner une faune exclusivement composée d'endémiques, ce qui pourrait renvoyer, du moins pour les US 2 et 3, à une époque antérieure à 5000 b.p. d'après les données récentes du Monte Leone (Bonifacio; Vigne, inédit). Comme l'indiquerait peut-être la faible puissance du remplissage exploré par ce sondage et la finesse de la couche de fumier terminale, on pourrait avoir affaire ici à une sédimentation très lente.

Situé à quelques mètres du précédent, mais à l'entrée de la petite grotte, le sondage 2 de ce même abri G3 est plus riche d'informations, grâce à un total de 80 restes de micromammifères. La partie profonde est la plus mal documentée, mais elle semble dépourvue de tout taxon moderne. Sur la figure 6, le Rat est signalé par un point d'interrogation dans l'US 4 en référence à deux fragments d'une même incisive de grand Muridé pour laquelle il a été impossible de trancher entre *Rattus* et *Rhagamys*; mais l'absence du premier dans l'US 3 rend plus cohérente une attribution au second. Cette US 4 pourrait donc être l'équivalent de l'US 3 du sondage 1 du même abri, et représenter une phase de sédimentation antérieure à 5000 b.p., alors qu'aucun micromammifère moderne n'avait encore atteint la Corse. Les US 3 et 2 témoignent en revanche clairement de la présence, aux côtés des endémiques, de petits Muridés (*Apodemus* et peut-être *Mus*), ce qui indique qu'elles se sont déposées postérieurement à 5000 b.p. La présence du Rat n'y est pas certaine, pour les mêmes raisons que dans l'US 4 (indétermination entre *Rattus* et *Rhagamys*). Cela empêche de décider si l'on se situe dans la biozone 3 du Monte di Tuda (Vigne et Marinval-Vigne, 1991), à ce jour comprise entre 5000 et 2500 b.p., ou déjà dans la biozone 2 (après 2500 b.p.). Le passage à l'US 1 est marqué par la disparition des endémiques; l'assemblage comporte alors de manière certaine les quatre espèces principales qui peuplent actuellement la presqu'île de Scandola, sans toutefois que la proportion de Rat soit aussi écrasante que dans les pelotes actuelles récoltées dans l'abri 5 de Gargalo. La séquence de ce sondage 2 serait donc plus

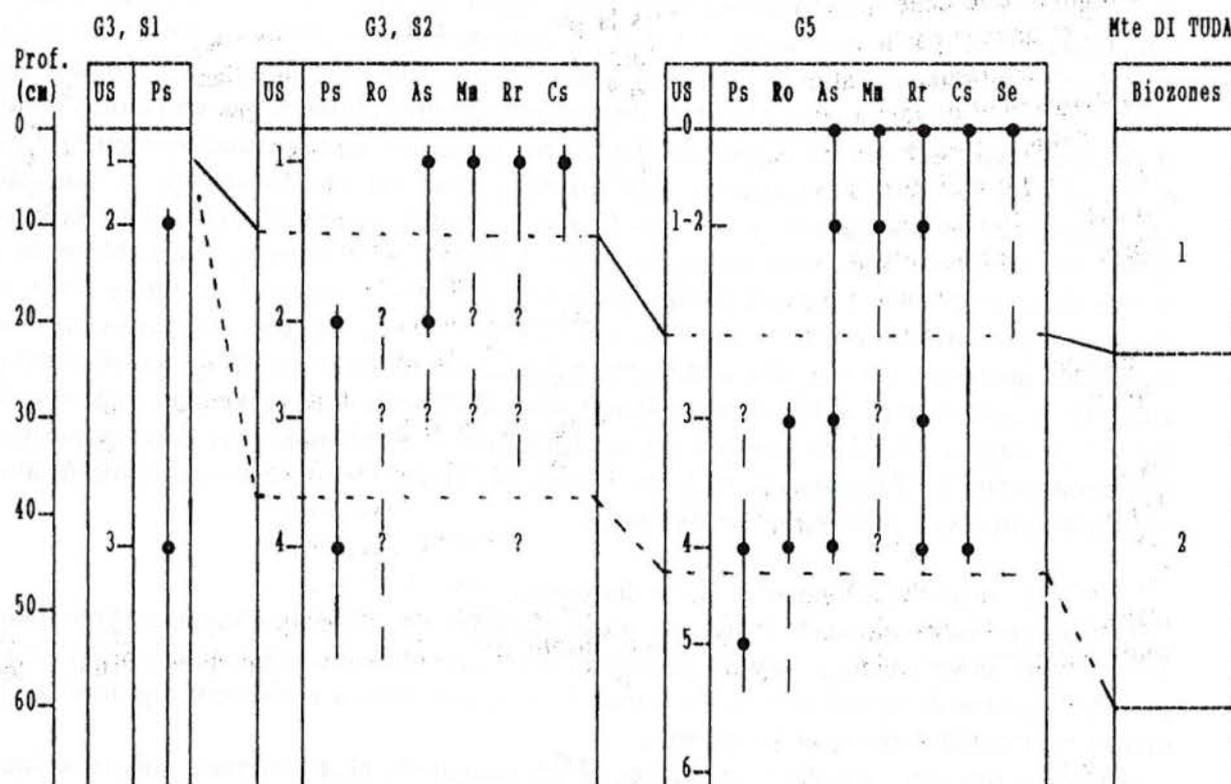


Figure 6 : Répartition stratigraphique des différentes espèces de micromammifères dans les trois sondages de l'île de Gargalo et calage biochronologique par rapport à la séquence du Monte di Tuda (Vigne et Marinval-Vigne, 1991) : US, Unité Stratigraphique; Ps, *Prolagus sardus*; Ro, *Rhagamys orthodon*; As, *Apodemus sylvaticus*; Mm, *Mus m. domesticus*; Rr, *Rattus rattus*; Cs, *Crocidura suaveolens*; Se, *Suncus etruscus*. Points noirs : présence attestée.

complète que celle du sondage 1 dans la partie terminale du remplissage, mais il y a peu à en espérer dans la partie profonde, sans doute identique à celle reconnue dans le sondage 1.

Le sondage pratiqué dans l'abri G5 est le plus riche en micromammifères (177 restes), probablement en raison d'une part de l'implantation ancienne de perchoirs de rapaces, d'autre part de (faibles) fréquentations humaines dans cette région de l'île (US 5). La partie profonde du remplissage (US 6 à 8) est stérile. L'US 5 ne comporte que 4 restes de *Prolagus*, mais il est difficile d'en tirer argument pour l'attribuer à une période antérieure à 5000 b.p. car, comme nous l'avons vu, l'assemblage résulte plutôt de déchets alimentaires humains que de pelotes de rapaces, ce qui peut avoir favorisé *Prolagus* aux dépens des rongeurs, en particulier modernes. Les US 4 et 3, qui sont les mieux documentées (166 restes), montrent un assemblage où coexistent les endémiques et les immigrants, y compris le Rat, ce qui le situe clairement dans la biozone 2 définie au Monte di Tuda, soit postérieurement à 2500 b.p. Toutefois, l'assemblage de l'US 4 diffère de celui de l'US 3 dans la mesure où le Mulot y est dominant alors que le Rat y est très rare, cette proportion s'inversant dans les US 3, 2 et 1. Avec les réserves émises plus haut sur l'approche quantitative à Gargalo, cette remarque pourrait montrer que l'US 4 correspond au tout début de la colonisation de la Corse par le Rat noir, soit une période située aux alentours de 2500 b.p. Le passage à l'US 2 est marqué par la disparition des endémiques et correspond donc à la transition entre les biozones 2 et 1 du Monte di Tuda. Cette séquence offrirait alors une sédimentation plus rapide que celles de l'abri 3.

Deux éléments émergent de cette discussion :

- la présence systématique de *Prolagus*, proie secondaire de l'Effraie (Vigne et Marinval-Vigne, 1991; Vigne, inédit), dans les parties profondes des trois sondages, laisse à penser que l'espèce n'a pas été apportée de Scandola dans l'estomac d'un rapace, mais a réellement séjourné sur l'île; les choses sont moins sûres pour *Rhagamys*;
- dans deux des trois séquences explorées, le phénomène le plus nettement mis en évidence est l'extinction des endémiques. Au Monte di Tuda, il se situe entre 20 et 30 cm de profondeur et a pu être daté entre 1500 et 600 b.p. (Vigne et Valladas, inédit). Il n'est toutefois pas impossible qu'il ait été plus tardif à Gargalo-Scandola, où, dans des séquences à sédimentation semble-t-il plus rapide (notamment G5), il intervient entre 10 et 25 cm de profondeur. La topographie de Gargalo et de Scandola et leur faible fréquentation par l'Homme durant ces périodes historiques, pourraient leur avoir conféré un rôle de zone refuge pour les endémiques, comme cela a été le cas jusqu'à la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle sur l'île sarde de Tavolara (Cetti, 1777). Le seul moyen de trancher serait de procéder à une datation radiométrique sur les restes les plus récents de *Prolagus* et *Rhagamys*, malheureusement trop peu nombreux pour une telle opération.

#### 4. CONCLUSION

Cette courte campagne menée à Gargalo a apporté les résultats suivants :

- mise en évidence d'une fréquentation au Néolithique ancien;
- fréquentation humaine apparemment faible à très faible durant toutes les périodes préhistoriques et historiques;
- possible fréquentation de l'île par le Renard (*Vulpes vulpes*);
- fréquentation certaine de l'île par la Chouette effraie (*Tyto alba*) qui est probablement à l'origine d'accumulations de coprocénoses depuis au moins 2500 ans;
- présence ancienne de *Prolagus sardus* (et *Rhagamys orthodon* ?) sur l'île jusqu'à une date historique difficile à préciser (postérieure à 2500 b.p.);

- confirmation de l'extinction des micromammifères endémiques postérieurement à l'immigration de tous les taxons modernes, y compris le Rat noir (phénomène qui n'a été observé jusqu'à présent qu'au Monte di Tuda).

En ce qui concerne les oiseaux marins, objets premiers de l'opération, nous n'avons pu collecter aucune information digne d'intérêt, et l'évaluation archéozoologique laisse peu d'espoir de faire mieux.

En revanche, grâce à la fréquentation actuelle et passée de l'île par les rapaces nocturnes, qui ont accumulé des coprocénoses, les données obtenues sur les micromammifères sont plus satisfaisantes, surtout si l'on considère le petit nombre de séquences holocènes explorées jusqu'à présent en Corse. Mais en limitant les potentialités de découvertes, en compliquant l'accès aux gisements et en situant les problèmes dans un cadre micro-insulaire difficile à généraliser, l'insularité et la topographie de Gargalo n'incitent pas beaucoup à pousser l'exploration plus avant.

## NOTES

<sup>1</sup>. Le financement a été entièrement pris en charge par le Parc Naturel Régional de la Corse. Les personnes qui ont participé au travail de terrain sont François ARRIGHI et Jean-Marie DOMINICCI (Réserve naturelle de Scandola), Gilles Faggio (Association des Amis du Parc) et M.-C. WEISS (Université de Corte). Qu'ils soient tous remerciés de leur amicale et précieuse collaboration.

<sup>2</sup>. Seules les falaises qui font face à G4 dans la péninsule de l'île, et celles de l'îlot de Garganellu n'ont pas été prospectées.

<sup>3</sup>. Le seul os de capriné trouvé en sondage est un sésamoïde (sondage 2 de l'abri 3 : us 2).

<sup>4</sup>. Un tel phénomène a déjà été attesté à Lavezzi (Vigne et al., sous presse) et à Zembra (Vigne, 1988, et inédit).

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

CETTI F., 1777.- *Appendice alla storia naturale dei Mammiferi della Sardegna*. Cagliari.

COLLECTIF, 1984.- Premières données sur l'écologie évolutive des micromammifères corses. *Rapp. mission Parc Naturel Régional Corse*, 30 p.

GRANJON L. et CHEYLAN G., 1990.- Différenciation biométrique des rats noirs (*Rattus rattus*) des îles ouest-méditerranéennes. *Mammalia*, 54 (2) : 213-231.

GRAZIANI A.-M., 1992.- *Les tours littorales*. Alain Piazzola éd., Ajaccio.

GUYOT I., LAUNAY G. et VIDAL P., 1985.- Oiseaux de mer nicheurs du Midi et de la Corse : évolution et importance des effectifs. In : *Oiseaux marins nicheurs du Midi et de la Corse*, p. 31-47 (*Annales C.R.O.P.*, Aix-en-Provence, 2).

LIBOIS R., 1984.- Le régime alimentaire de la Chouette effraie. *Cah. Ethologie appl.*, 4 (2).

MARTIN J.-L. et THIBAUT J.-C., 1983.- Les oiseaux de la réserve naturelle de Scandola (Corse) : inventaire et structure des peuplements. *Bull. Ecol.*, 14 : 279-296.

RUGGIERI C., 1981.- *La pression humaine sur Scandola*. Parc Naturel Régional de Corse éd., Ajaccio, 39 p. (multigr.).

SALONE A.-M. et AMALBERTI F., 1992.- *La Corse, Images et cartographie*. Alain Piazzola éd., Ajaccio.

VIGNE J.-D., 1988.- Données préliminaires sur l'histoire du peuplement mammalien de l'îlot de Zembra (Tunisie). *Mammalia*, 52 (4) : 567-574.

VIGNE J.-D. (sous la dir. de), sous presse.- *Histoire zoogéographique et humaine d'une petite île méditerranéenne : l'île Lavezzi*. C.N.R.S.-C.R.A. éd., Nice.

VIGNE J.-D. et MARINVAL-VIGNE M.-C., 1991.- Réflexions écologiques sur le renouvellement holocène des micromammifères en Corse : les données préliminaires des fossiles du Monte di Tuda. In : M. Le Berre et L. Le Guelte éd., *Le Rongeur et l'espace*. Chabaud éd., Paris, p. 183-193.

VIGNE J.-D., GRANJON L., AUFFRAY J.-C. et CHEYLAN G., sous presse.- Les micromammifères. In : J.-D. Vigne (sous la dir. de), *Histoire zoogéographique et humaine d'une petite île méditerranéenne : L'île Lavezzi*, C.N.R.S.-C.R.A. éd., Nice.

VIGNE J.-D., LEFEVRE C., THIBAUT J.-C. et GUYOT I., 1991.- Contribution archéozoologique à l'histoire récente des oiseaux marins de l'île Lavezzi (Corse, XIVème-XXème siècles). *Alauda*, 59 (1) : 11-21.

**Dégradation récente des formations construites superficielles  
à *Lithophyllum lichenoides* Philippi dans la Réserve marine  
de Scandola (Parc Naturel Régional de Corse)**

par

Jacques LABOREL\*, Christophe MORHANGE\*\*, Françoise LABOREL-DEGUEN\*

\* LBMEB Faculté des Sciences de Luminy, Marseille, Université Aix-Marseille II.

\*\* Institut de Géographie, Aix en Provence, Université Aix-Marseille II.

RESUME

Une prospection récente des spectaculaires formations algales superficielles de la Réserve marine de Scandola (Corse du sud) met en évidence une dégradation sévère de ces formations au cours des quatre dernières années, se traduisant par une diminution du recouvrement des algues calcaires accompagnée d'une importante érosion alvéolaire pouvant atteindre le coeur de la formation. En même temps on observe de nombreuses cicatrices et marques de chocs.

Les causes de cette dégradation rapide nous semblent être d'ordre chimique et mécanique; nous pensons qu'elles doivent être attribuées à l'augmentation de la fréquentation des calanques littorales par la plaisance et par les bateaux à touristes de forte puissance, qui y manoeuvrent quotidiennement, jusqu' à plusieurs fois par heure en saison estivale.

Une réglementation stricte de l' accès par mer aux calanques et criques de la Réserve marine s'impose si l'on ne veut pas voir disparaître à très court terme des formations spectaculaires et d'un grand intérêt scientifique.

ABSTRACT

Revisiting after a few years the spectacular littoral algal rims of the Marine Reserve of Scandola (Corse du sud) we found that these spectacular formations have suffered severe damage during the last few years. Not only is the algal cover strongly diminished but the rim structure itself is severely attacked by alveolar erosion in many places. Telltale traces of mechanical attrition are also commonplace.

It appears that this recent damage may have been caused by the explosive development of private and commercial boating in recent years, including heavy frequentation by large sightseeing boats during the summer season. We are afraid that *Lithophyllum* rims, which are both attractive and of great scientific interest will be destroyed in a short time if a regulation of the access by sea to the littoral rocky coves is not decided and strictly respected .

## Matériel et méthodes

Après une interruption de quatre ans, les formations algales à *Lithophyllum lichenoides* Philippi récemment cartographiées par BIANCONI *et al.* (1987) ont été réétudiées sur plusieurs kilomètres, en bateau et à la nage, une attention spéciale étant portée aux grandes calanques situées au sud de la pointe de Palazzu. Un relevé photographique ainsi que des mesures du recouvrement par petits transects ont été effectués. De plus, nous avons effectué les mêmes vérifications dans le nord de la Balagne et dans le Cap Corse (Centuri, Ile de la Giraglia, Iles Finocchiarola, Macinaggiu, Porticciolu).

## Résultats

Nous avons constaté une nette dégradation par rapport à notre dernière visite (1987). Cette dégradation se manifeste de trois façons :

- baisse du recouvrement algal : alors que le recouvrement du trottoir par les thalles vivants avait toujours été très élevé, il nous est apparu avoir baissé depuis notre visite précédente. Faute d'une quantification préalable on ne peut malheureusement faire état que des chiffres obtenus par comptage sur des transects de 50 cm posés au hasard sur le trottoir : sur 10 transects la moyenne de recouvrement est actuellement de moins de 50% à Cala Litzia.

- épaississement des thalles et réduction des branches de l'algue : Ce caractère est particulièrement frappant sur le trottoir de Cala Litzia : la comparaison de nos photographies avec celles des missions précédentes ainsi que l'observation directe montrent un changement de la couleur qui passe du brun clair au violet sombre (photo 1), ainsi qu'un raccourcissement et un fort aplatissement des branches des thalles (photo 2). Les causes de cette transformation ne nous sont pas connues.

- marques de chocs et d'érosion mécanique : Le trottoir de Cala Litzia montre des traces de chocs nombreuses, avec enlèvement "en écailles" de la couche vivante et parfois même de la couche inférieure non consolidée sur une profondeur dépassant 5 centimètres (photo 3). On arrive ainsi à une disparition locale de la couche vivante exposant la partie consolidée. Le diamètre des cuvettes ainsi formées est de l'ordre de 20 à 30 centimètres. Des traces d'amarrage s'observent également : c'est ainsi qu'une aussière a été passée dans une anfractuosité du trottoir de Cala Litzia et laissée en place où elle a été progressivement déchiquetée par le frottement.

Comme à Port Cros (MORHANGE *et al.* 1992) et en dépit de la croissance relativement rapide de l'algue quand les conditions sont favorables (BOUDOURESQUE *et al.* 1972). La recolonisation de la cicatrice de notre prélèvement de 1983 a été extrêmement faible. Nous avons donc effectué un prélèvement des thalles ayant repoussé sur une surface de 25 cm de large sur 18 de haut : la quantité de calcaire produite en neuf ans ne dépasse pas 20 grammes.

Dans toutes les autres calanques de la Réserve marine que nous avons visitées la dégradation

est générale et les bourrelets les plus étroits sont en voie de destruction, une érosion de type alvéolaire attaquant jusqu'au coeur la masse construite (photo 4). Les seuls secteurs de côte à l'intérieur de la Réserve marine où nous n'avons pas observé de dégradation sont les îlots très battus et peu accessibles et notamment la face Nord de l'îlot Gargalu.

En dehors de la Réserve, sur les côtes de la Balagne et du Cap Corse) nous avons partout noté une dégradation par rapport à notre dernière visite sauf dans l'île de la Giraglia. Un cas affligeant est celui de la station de Porticciolu, sur la rive orientale du Cap où nous avons retrouvé l'endroit où Roger MOLINIER avait décrit (1956) le bourrelet à *Corallina elongata* : cette station est morte et les formations construites en voie d'érosion rapide.

### Discussion

Dans le cas de Cala Litzia, recherchant ce qui pouvait avoir changé depuis notre dernier passage (en 1987), nous avons surtout retenu la forte augmentation de la fréquentation touristique, en particulier par des vedettes touristiques de grande taille qui pénètrent 5 à 10 fois par heure dans les calanques les moins accessibles et y manoeuvrent, laissant derrière elles des fumées et des irisations de l'eau bien évidentes. Cependant, même si cette hausse de la fréquentation semble être particulièrement nuisible, il n'en demeure pas moins que des causes plus générales liées à la pollution des eaux de surface peuvent aussi jouer un rôle malgré l'éloignement des grands centres de pollution urbaine. En effet nous avons constaté récemment (MORHANGE et al. 1992) une nette dégradation des formations construites superficielles du littoral provençal.

### Conclusions et recommandations

Nous recommandons donc que l'étude de fréquentation actuellement en cours prenne en compte la fréquence, la puissance et la consommation de ces vedettes et recherche l'accumulation éventuelle des hydrocarbures ou de leurs produits de dégradation dans le benthos littoral, notamment dans les secteurs les plus resserrés.

A court terme, la seule mesure réaliste pour sauver les peuplements superficiels de substrat rocheux de la Réserve marine de Scandola consiste à restreindre la fréquentation des parties les plus fragiles du littoral, quitte à interdire toute entrée, en particulier celle des vedettes de tourisme, dans les calanques de la région de Palazzu et du sud de la Réserve qui sont les plus fréquentées, en commençant par l'interdiction immédiate de toute entrée dans Cala Litzia.

Si de telles mesures ne sont pas prises de toute urgence, il est à craindre que des constructions algales uniques qui ont mis plus d'un millénaire à s'édifier et qui sont d'une grande lenteur à se réinstaller là où elles ont été détruites (HUVE, 1970) ne soient définitivement détruites. La Réserve Marine de Scandola risque alors d'être la première victime de son succès.



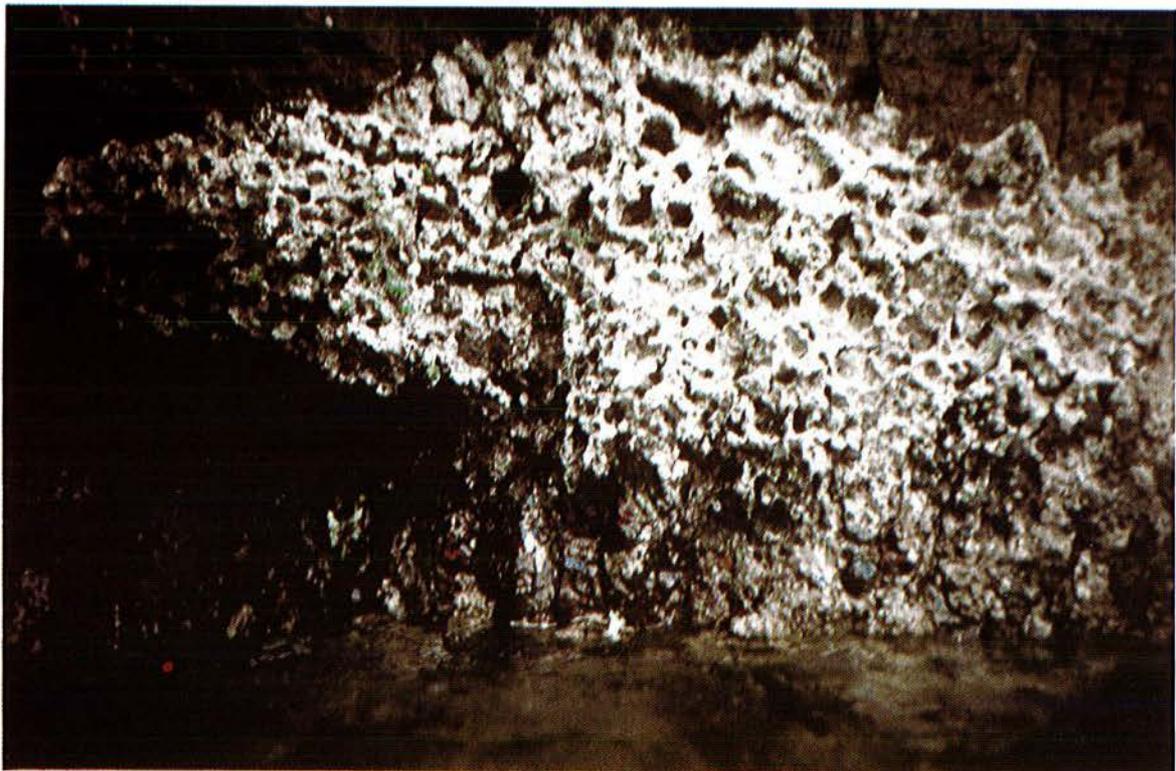
**Figure 1 :** Vue générale du trottoir de Cala litizia en septembre 1992 montrant une alternance de zones vivantes sombres (violacées) et de zones nécrosées blanchâtres.



**Figure 2 :** Détail de la surface des thalles montrant l'aplatissement des extrémités de ceux - ci. Cala Litizia, septembre 1992.



**Figure 3** : Zone d'érosion mécanique, choc de gaffe ou d'étrave, la tache claire correspond à l'arrachement de la couche de thalles vivants. diamètre 30 cm. Cala Litizia, septembre 1993.



**Figure 4** : Erosion alvéolaire d'une corniche, attaquant la masse consolidée par dessous les thalles vivants. Nord de Cala litizia

## Remerciements

Nous adressons nos sincères remerciements à l'équipe du Parc Naturel Régional de Corse et particulièrement à Monsieur le Conservateur François ARRIGHI et à Monsieur Jean Marie DOMINICI qui se sont efforcés de rendre notre travail agréable et efficace.

## Bibliographie

BIANCONI C.H., BOUDOURESQUE, C.F., MEINESZ J.A. and DI SANTO F., 1987. Cartographie de la répartition de *Lithophyllum lichenoides* (Rhodophyta) dans la Réserve naturelle de Scandola. (Côte orientale de Corse, Méditerranée.) *Trav. Sc. Parc nat. rég. Res. nat. Corse*, Ajaccio, France, 13 : 39-63.

BOUDOURESQUE C.F., H. AUGIER, Y.C. GUENOUN, 1972. Végétation marine de l'île de Port Cros (Parc national). VIII - Premiers résultats de l'étude de la croissance in situ de *Lithophyllum tortuosum* (Rhodophycées, Corallinacées) . *Bull. Mus. Hist. nat. Marseille*, 32, : 197-215.

HUVE P. 1970. Recherches sur la genèse de quelques peuplements algaux marins de la roche littorale dans la région de Marseille. Thèse doct. Etat Sc. nat., Fac. Sc. Paris : 1-479 + 65 pl. h.t.

LABOREL J., G. DELIBRIAS & C.F. BOUDOURESQUE, 1983. Variations récentes du niveau marin à Port Cros (Var, France), mises en évidence par l'étude de la corniche littorale à *Lithophyllum tortuosum*. *C. R. Acad. Sc. Paris*, 297, Série II : 157-160.

MOLINIER Roger. 1955b. Deux nouvelles formations organogènes construites en Méditerranée occidentale. *C.R. Acad. Sc. Paris*, 240 : 2166-2168.55

MORHANGE,C.; LABOREL-DEGUEN, F.; SARTORETTO,S. ; LABOREL,J. ; 1992. Recherches sur les bioconstructions à *Lithophyllum lichenoides* en Méditerranée occidentale. *Méditerranée*, 3, 4 :1-5.



**Appauvrissement des populations  
de la patelle géante *Patella ferruginea* Gmel.  
(Mollusca, Gastropoda, Prosobranchiata)  
des côtes de la Réserve Marine de Scandola (Corse du Sud)  
et du Cap Corse (Haute Corse)**

par

Françoise LABOREL- DEGUEN\*, Jacques LABOREL\*, Christophe MORHANGE\*\*

\* LBMEB Faculté des Sciences de Luminy, Marseille, Université Aix-Marseille II.

\*\* Institut de Géographie, Aix en Provence, Université Aix-Marseille II.

## RESUME

L'étude de l'évolution des populations de la Patelle géante *Patella ferruginea* Gmel. dans la Réserve marine de Scandola (Corse du Sud) et dans les secteurs non protégés des régions de Galeria et du Cap corse montre une nette aggravation au cours des dernières années. Des populations locales entières ont disparu, d'autres ont vu leur densité diminuer de façon considérable. Enfin il apparaît que le recrutement des jeunes arrive à un tournant critique. La cause invoquée pour cette aggravation est le développement de la fréquentation touristique, entraînant une prédation accrue ainsi qu' une augmentation de la pollution des eaux superficielles, en particulier par les hydrocarbures. Il semble que dans ce cas l' "effet de Réserve" marine ne joue pas, puisque les Réserves induisent une augmentation de la fréquentation touristique. La survie de l'espèce apparaît donc menacée à court terme. Nous proposons, en plus d'une application rigoureuse de la protection et de la limitation de l'accès aux zones sensibles dans les Réserves, la création de zones de reproduction dans lesquelles une concentration de géniteurs et des transplantations périodiques de jeunes permettraient le maintien d'une production de larves destinées à repeupler les zones périphériques.

## ABSTRACT

Natural populations of the giant limpet *Patella ferruginea* Gmel. on the coasts of the marine Reserve of Scandola (Corsica) and in the unprotected regions of Galeria and Cape Corse appear to be decreasing rapidly. Whole local populations have disappeared whereas others have dwindled to a great extent. Recruitment of young individuals also appears to be insufficient. The reasons for such a demise must be sought for in the large and recent development of human frequentation, with its concomitant increase in pollution and predation. In such circumstances, Marine Reserves are not able to play their full protective role since they also tend to foster and focalize touristical activity and frequentation. Since the survival of the species appears to be menaced at short term, we think that a sensible response to the problem would be, first to promote the strict application of protection rules, second to limit access to the most sensitive places, and, third, to develop "reproductive sanctuaries" where a sufficient larval production could be maintained through artificial concentration of genitors and transplantation of young (male) individuals.

## Méthodes

Nous avons effectué des comptages de *Patella ferruginea* sur des éléments de côtes de longueur variable. La taille (grand diamètre) de la coquille de chaque individu a été mesurée ainsi que l'écartement entre deux individus consécutifs. Les individus ont été répartis en huit classes de taille (LABOREL - DEGUEN et LABOREL, 1985; 1990a) et les résultats présentés sous forme d'histogrammes. Pour prendre en compte les conditions locales, l'accessibilité et la fréquentation des secteurs de côte étudiés ont fait l'objet d'un classement qualitatif très simple. Aucun prélèvement d'individus n'a été effectué.

## Résultats

Région de Galeria, hors Réserve : Nous avons effectué 6 comptages en 6 stations différentes de la Baie de Galeria et de ses abords rencontrant seulement 13 individus de *Patella ferruginea* sur une longueur totale de 780m, soit une densité de 0,017 ind/mètre. Plusieurs stations montrent une disparition de l'espèce depuis notre dernier passage (1987):

Entrée sud ouest du port de Galeria :

date	métrage	n. individus	densité
18/05/85	250	250	1,000
11/09/92	250	0	0,000

Lieu dit Pertiche, côte Sud ouest du golfe de Galeria, embouchure d'un petit cours d'eau saisonnier :

date	métrage	n. individus	densité
05/09/87	60	24	0,400
12/09/92	60	0	0,000

Baie de Galeria : côte et îlots rocheux devant le pylône relais de télévision :

date	métrage	n. individus	densité
01/12/84	60	34	0,57
12/05/85	74	83	1,12
02/09/87	74	17	0,23
11/09/92	74	0	0,00

Face nord et îlots rocheux du cap Ciuttone :

date	métrage	n. individus	densité
14/08/84	40	17	0,425
04/09/87	80	63	0,79
12/09/92	200	5	0,025

Réserve marine : Nous avons effectué 16 comptages en 1992 sur une longueur totale de 1970m de linéaire côtier. Dans ce cas aussi, la diminution est forte : le nombre total d'individus observés est de

179 soit une densité moyenne de 0,09 ind./m. contre 2,33 ind./m. en 1985 et 0,51 ind./m. en 1987 (LABOREL- DEGUEN et LABOREL, 1991).

Face Nord du Cap Gargallu:

date	métrage	n. individus	densité
03/09/87	200	112	0,560
13/09/92	340	80	0,235

Cala Litizia, (parcours régulièrement contrôlé depuis 1983).

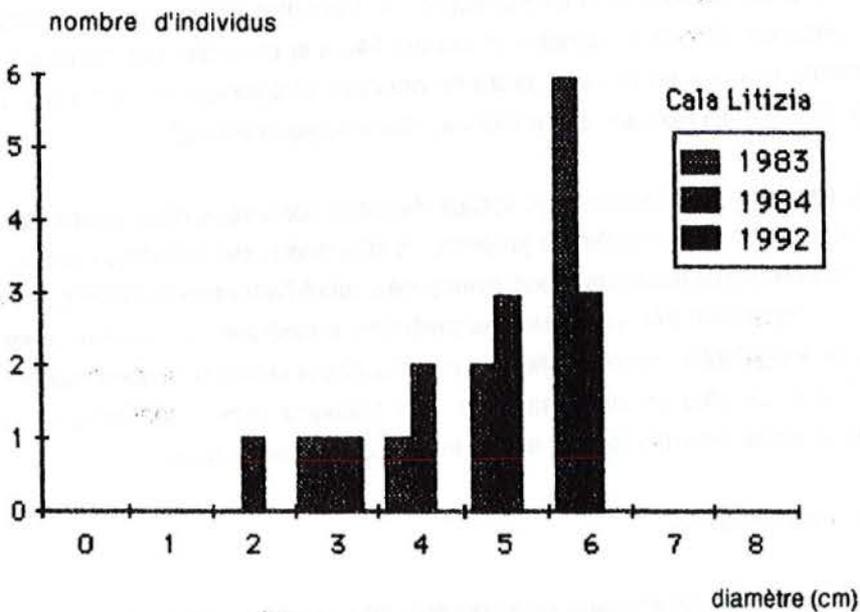
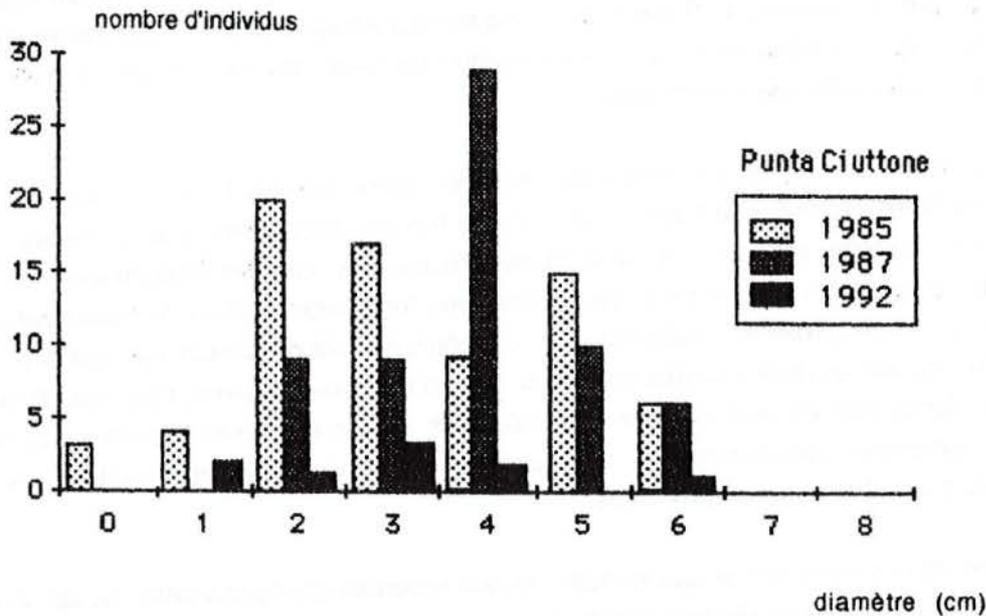
date	métrage	n. individus	densité
20/07/83	52	13	0,250
03/08/84	52	10	0,192
03/09/87	52	11	0,212
02/09/92	52	1	0,019

Autres régions :

Nos comptages ont porté sur 13 secteurs choisis pour leurs caractéristiques écologiques favorables : roches subverticales en mode battu mais différents par leur accessibilité (par route ou sentier, ou seulement par mer dans des conditions plus ou moins dangereuses) et leur fréquentation estivale (proximité d'un port ou d'une plage). La longueur totale relevée a été de près de 2400m. L'accessibilité a été notée subjectivement de très bonne à très faible (proximité de route ou de port, sentier, difficultés d'accès par mer etc). La protection est notée par oui ou non. La fréquentation (plaisance et promeneurs) est notée sur trois degrés : faible, moyen et fort. La densité moyenne est de 0,088 ind./m.

Localité	protection	access.	fréqu.	nombre.	longueur.(m)	densité
Pointe Agnellu (Cap corse)	non	faible	faible	40	90	0,44 ind/m.
La Giraglia, côte nord ouest	non	t. faible	faible	111	280	0,4 ind/m
Cap Biancu (Cap corse)	non	faible	faible	3	240	0,01 ind/m,
Iles Finocchiarola	oui	bonne	forte	28	310	0,09 ind/m
Îlot de Centuri (côte SO)	non	faible	forte	21	340	0,06 ind/m.
1° pointe N. vieux port de Porticciolu	non	bonne	moy.	6	200	0,03 ind/m
1° pointe au N. du port de Santa Severa	non	bonne	moy.	1	100	0,01 ind/m
1° pointe au S. de la Marina de Meria	non	bonne	moy.	1	100	0,01 ind/m).
Loxari (Ile Rousse)	non	bonne	forte	0	200	0
Porajola (Ostriconi, S. Agriates)	non	bonne	forte	0	200	0
Pointe en face des Iles Finochiarola	non	bonne	forte	0	30	0
Première pointe N. port de Macinaggiu	non	bonne	forte	0	100	0
Extr. de la jetée N. du port de Barcaggiu	non	t. bonne	forte	0	200	0

Répartition par classes de taille à l'intérieur des populations observées :



## Discussion

Nos comptages font apparaître des densités de populations faibles, parfois nulles, et toujours en retrait par rapport aux chiffres des années précédentes quand ceux ci sont disponibles.

Réserve de Scandola dans la crique dite Cala Litizia, au coeur de la zone protégée, les populations ont subi une quasi-disparition par rapport à notre dernière visite, une seule classe de taille étant représentée (et encore par un seul individu !). Il en est de même des zones rocheuses adjacentes aux baies d'Elbu et d'Elpa Nera pour lesquelles un repérage en bateau sur plusieurs kilomètres de côte n'a pas permis de repérer plus de quelques individus isolés (ce relevé, n'ayant pas été métré, n'a pas été inclus dans le tableau). La face Nord du Cap Gargallu, à la fois très exposée et très difficile d'accès, est la seule de nos stations à montrer une densité notable (encore qu'en baisse par rapport aux années précédentes).

Région de Galeria : L'effondrement des populations de *Patella ferruginea* est bien documenté sur plusieurs années dans la baie de Galeria, alors que sur la pointe Ciuttone, pourtant située en dehors de la Réserve mais peu fréquentée, quelques individus de taille moyenne et grande sont encore présents malgré la diminution de l'effectif global.

Cap corse : Trois stations présentent des densités supérieures à 0,1 : la côte nord ouest de la Giraglia, le Cap Biancu et la Pointe Agnellu qui sont à la fois peu accessibles (pas de routes, côte en falaise, mauvais mouillage, exposition au vent) et peu fréquentées. Les Iles Finocchiarola par contre sont protégées officiellement mais ont subi récemment une forte augmentation de fréquentation (bon mouillage de beau temps, proximité de Macinaggiu). Les côtes de l'îlot de Centuri sont très accidentées mais là aussi les mouillages d'été sont très nombreux. Quand aux autres stations, certaines (Porticciolu, Santa Severa, Meria) sont en bord de route nationale mais sans point d'intérêt particulier et on peut estimer leur fréquentation comme moyenne. D'autres sont au voisinage de plages (Loxari) ou de ports, donc sont à accessibilité et fréquentation fortes.

Il ressort de ces observations que le critère le plus important est l'accessibilité du site et que la protection seule ne donne pas de résultats si la fréquentation est forte (Iles Finocchiarola). A ces critères s'ajoute évidemment la pollution, difficile à quantifier et surtout liée à la proximité des centres urbains et touristiques. Nous ne l'avons pas pris en compte, faute de données d'observation mais il est, bien sur, non négligeable (régions de Calvi, Ile Rousse, Saint Florent, Macinaggiu et Bastia).

Le problème du recrutement : En plus des faibles densités observées nous avons été frappés par l'absence presque totale dans nos relevés de juvéniles et d'individus de diamètre inférieur à deux centimètres. Or, lors de nos dernières missions, nous avons déjà attiré l'attention (LABOREL- DEGUEN et LABOREL, 1990b) sur la répartition très erratique des juvéniles, suggérant des arrivées sporadiques d'essaims de larves. Cette irrégularité, caractéristique d'une espèce à larves peu nombreuses et à vie pélagique courte, paraît être de plus en plus marquée. Les histogrammes montrent à la fois cette diminution des effectifs et la disparition des jeunes et des individus de grande taille.

## Conclusions et recommandations

*Patella ferruginea* est comestible sans être d'intérêt économique; elle possède une coquille attirante pour le collectionneur sans avoir la chance d'appartenir (comme c'est le cas pour les Poissons et les Cétacés) à une forme de vie "noble" susceptible de faire vibrer la corde écologique du touriste moyen; d'autre part, elle est peu fertile (FRANKIEL, 1975, 1982; LABOREL - DEGUEN et LABOREL, 1990b). Enfin, nos essais de réimplantation (LABOREL - DEGUEN, 1988) ont montré que, sans apport de jeunes mâles, les populations deviennent rapidement stériles.

Toutes les conditions sont donc en place pour un scénario pessimiste. Si l'espèce a disparu des côtes provençales en une cinquantaine d'années, ce n'est pas faire montre de catastrophisme que d'avancer que dans moins de dix ans, seules quelques populations résiduelles non fertiles (par manque de jeunes et espacement excessif des géniteurs), subsisteront sur quelques rares secteurs peu accessibles (mais pas nécessairement protégés) des côtes de Corse.

Quant au reste des populations méditerranéennes de l'espèce, le développement industriel et urbain sur les côtes d'Algérie (FRANKIEL et MOUEZA, 1982; L. FRANKIEL, comm. pers.) et l'explosion

touristique des autres pays du Maghreb et de l'Espagne, la poursuite de la consommation humaine dans des zones protégées comme Zembra (C.F. BOUDOURESQUE, comm. pers.), n'incitent pas à l'optimisme. Même si le nombre de disparitions d'espèces de Mollusques marins officiellement constatées reste encore faible (LABOREL 1977, CARLTON et al. 1991), il semble bien que *Patella ferruginea* soit en train de devenir, malgré le décret de protection du 10 novembre 1992, un candidat sérieux à cette douteuse distinction.

Devant un tel constat quelles mesures peut on prendre?

A très court terme : la seule attitude réaliste réside dans l'application stricte du décret de protection du 10 novembre 1992. Il faut aussi réaliser de toute urgence l'étude expérimentale de la biologie de l'espèce, encore trop peu connue (FRANKIEL, 1973), indispensable pour une estimation correcte des phénomènes en jeu et des décisions à prendre : un projet d'études a été déposé par nous à cet effet. Dans les Réserves marines on pourra tenter de limiter la prédation et la pollution de surface par les hydrocarbures et leurs dérivés de combustion en interdisant les débarquements et en restreignant l'accès par la mer des zones les plus fréquentées et les plus encaissées.

A moyen et long terme : nous proposons une opération de transplantation et de concentration de géniteurs qui consisterait dans la réalisation de nombreuses petites zones de repeuplement et d'enrichissement espacées sur le littoral, aussi bien à l'intérieur de réserves que dans des zones sans protection administrative mais choisies pour leur *inaccessibilité* la plus grande possible à pied comme en bateau (côtes accores très battues ou soumises à des courants violents) et leur distance par rapport aux centres de pollution. On procéderait dans ces zones à un *regroupement de géniteurs* suivi, à intervalles réguliers (tous les deux ou trois ans), par des *apports de jeunes* de façon à assurer à la fois une densité de géniteurs et un sex - ratio favorables à l'émission régulière de larves.

Le nombre et l'emplacement de ces zones ne seraient, bien entendu, pas rendus publics.

Les jeunes individus étant particulièrement sensibles à la transplantation (LABOREL - DEGUEN, 1988), les stratégies de transplantation devraient évidemment être adaptées en fonction de la richesse initiale des peuplements naturels. Dans les stations encore riches en jeunes, on essaierait plutôt d'amener de gros individus (femelles). Ce n'est que sur des sites à peuplement résiduel, possédant un trop fort pourcentage de femelles que de jeunes individus (mâles) pourraient être transplantés.

Le coût financier serait faible puisque les zones enrichies n'auraient besoin ni d'une protection particulière ni d'un suivi scientifique constant. La mise en place et le suivi se feraient avec des moyens très légers et pourraient faire appel, au moins en partie, à des volontaires bénévoles soigneusement choisis dans des associations de protection de la nature. Quant au contrôle, la protection officielle de l'espèce suffirait à permettre poursuites et sanctions contre les braconniers.

L'opération, pour être complète, devrait concerner non seulement le littoral rocheux de la Corse mais aussi celui de Provence dans ses secteurs les moins accessibles. En effet nous venons seulement (été 1992) de découvrir un très petit peuplement de *Patella ferruginea* sur les côtes méridionales très battues de l'île du Levant (Var). Ce peuplement est composé d'un nombre très restreint (une dizaine) de gros individus femelles, avec une densité de l'ordre de un individu par un ou deux kilomètres linéaires. Ces Patelles ne dérivent sans doute pas de larves en provenance de notre récente réintroduction dans le Parc national de Port Cros (LABOREL DEGUEN, 1988) car les individus du Levant sont trop âgés et les courants ne portent pas dans la bonne direction. Il doit plutôt être

Interprété, soit comme le reste très appauvri et sur le point de disparaître d'un peuplement ancien (l'espèce était encore assez courante dans les îles d'Hyères au siècle dernier), soit comme la conséquence d'arrivées très épisodiques de larves isolées en provenance de Corse, apportées par le courant ligure. Notre méconnaissance de la durée de la vie planctonique des larves ne nous permet pas cependant de trancher entre ces deux possibilités.

### Remerciements

Cette étude a été effectuée dans la Réserve marine de Scandola ( Parc Naturel Régional de Corse), le nord de la Balagne et le Cap Corse (Centuri, Ile de la Giraglia, Iles Finocchiarola, Macinaggiu, Porticciolu) du 12 au 19 Septembre 1992, dans le cadre d'un contrat avec les Parcs et Espaces protégés.

*Nous adressons nos remerciements pour leur aide sur le terrain et leur gentillesse à l'équipe du Parc et particulièrement à Messieurs ARRHIGI et DOMINICI.*

### Bibliographie

CARLTON, J.T.; VERMEIJ, G.J.; LINDBERG, D.R.; CARLTON, D.A.; DUDLEY, E.C.; 1991. The first historical extinction of a marine invertebrate in an ocean basin : the demise of the eelgrass limpet *Lottia alveus*. *Biol. Bull.*, 180 : 72,80.

FRANKIEL, L.; 1973. Contribution à l'étude des cycles de reproduction des Patellidae en Algérie. *Pubbl. Staz. zool. Napoli, Italie*, 39 (Suppl. ) : 153-189.

FRANKIEL, L. et MOUEZA, M.; 1982. Ecologie des Patellidae dans différents biotopes de la côte algérienne. *Malacologia* 22 : 523 - 530.

LABOREL, J.; 1977. Are reef-building Vermetids disappearing in the South Atlantic? *Proc. Third Internatl. Sympos. on coral reefs*. Miami, 1, : 233-237.

LABOREL- DEGUEN, F.; 1985. Biologie et répartition de *Patella ferruginea*. *Trav. sci. Parc nat. rég. Rés. nat. Corse.*, Fr., 2 : 41-48.

LABOREL- DEGUEN, F. ;1988. Essai de réintroduction de *Patella ferruginea* Gmel.(Gasteropoda) dans le Parc National de Port-Cros (Var, France). *Rec. Trav. Sci. Parc National Port Cros* 14 : 141-146

LABOREL- DEGUEN, F. et LABOREL, J.; 1990 a. Nouvelles données sur la Patelle géante *Patella ferruginea* Gmel en Méditerranée. I Statut, répartition et étude des populations. *Haliotis*, 20 : 41-54.

LABOREL- DEGUEN, F. et LABOREL, J. ;1990 b. Nouvelles données sur la Patelle géante *Patella ferruginea* Gmel en Méditerranée. II : Ecologie, biologie et reproduction. *Haliotis*, 20 : 55-62.

MOLINIER, R.; 1960. Etude des biocénoses marines du Cap Corse. *Vegetatio*, 9, : 121-312.

---

**L'élévation récente du niveau marin  
sur le littoral rocheux de la Corse du nord**

par

**Jacques LABOREL\*, Christophe MORHANGE\*\*, Françoise LABOREL- DEGUEN\***

\* LBMEB Faculté des Sciences de Luminy, Marseille, Université Aix-Marseille II.

\*\* Institut de géographie, Aix en Provence, Université Aix-Marseille II.

## RESUME

Des prélèvements des parties mortes et immergées du trottoir à *Lithophyllum lichenoides* ont été effectués à différentes profondeurs dans la région de Palazzu (Réserve marine de Scandola, Corse du sud) ainsi que dans le Cap Corse. Les datations obtenues montrent une montée régulière de l'ordre de 1, 50 m du niveau relatif de la mer au cours des 3500 dernières années. De plus un ralentissement assez sensible de la remontée est mis en évidence au cours des 1500 dernières années. Les vitesses de remontée calculées à partir de nos données ne montrent pas de différences significatives avec celles que nous avons trouvées à Port Cros (Var) et près de La Ciotat (Bouches du Rhône) sur le littoral provençal bien qu'il s'agisse de deux blocs continentaux différents. Aucun indice de stationnement temporaire ou d'oscillations du niveau marin n'a pu être mis en évidence par les méthodes utilisées. Les parts respectives de la remontée eustatique du niveau marin et des mouvements propres du socle dans le mouvement apparent mesuré restent à préciser.

## ABSTRACT

More than 20 samples of dead and submersed remains of the littoral algal rim built by *Lithophyllum lichenoides* have been sampled from depths amounting to 1. 6 m and dated by radiocarbon on the rocky coasts of Palazzu (Réserve marine de Scandola, Corse du sud) and Cap Corse. Datations put into evidence a rise of the relative sea level of circa 1. 50 m during the last 3500 years. The average rate of relative rise is about 0,5 mm/year between -3500 and -1500 B.P., slowing off to about 0,2 mm/year between 1500 B.P. and present. These values are similar to those we obtained on the shores of the french continental block in Port Cros (Var, France) and La Ciotat (Bouches du Rhône, France). No marine still stands or oscillations of any kind could be put into evidence. Although accurate, however, our methods are not able to pick out from the apparent displacement of the shoreline the respective parts played by eustatism and local tectonics .

Cette étude a été effectuée de 1985 à 1992 dans le cadre d'abord d'un programme inter parcs puis du programme de recherches international GLOBAL CHANGE, projet EPOCH de la CEE. Nous remercions les équipes de la Réserve marine de Scandola et du Parc National de Port Cros pour leur aide sur le terrain.

Deux secteurs ont été prospectés : dans la réserve marine de Scandola où les formations construites avaient déjà été cartographiées (BIANCONI *et al.*, 1987), la calanque dite Cala Litzia et celle, anonyme, située 100 m au nord. Dans le cap Corse sur deux sites prospectés par Roger MOLINIER (1960) : l'îlot de Centuri, sur la face ouest du Cap corse et l'île de la Giraglia, au nord est du Cap.

## Méthodes

Les restes immergés de roche à *Lithophyllum lichenoides* étaient repérés en plongée, leur profondeur était mesurée par rapport au rebord externe du trottoir vivant suivant la technique mise au point lors de notre première étude (LABOREL *et al.* 1983). Des échantillons d'un poids minimum de 30 grammes étaient alors prélevés au marteau et au burin, puis, après contrôle à la loupe binoculaire, étaient sciés pour éliminer les parties érodées ou contaminées par des organismes plus récents, lavés à l'eau douce, séchés et envoyés à dater. Les datations ont été effectuées par Monsieur R. LAFONT au Laboratoire de Géologie du Quaternaire du CNRS à Marseille-Luminy (LGQ). De plus nous avons ajouté une série de datations plus anciennes et restées inédites, dues à Madame G. DELIBRIAS au Laboratoire des faibles Radioactivités (Gif). Enfin, deux datations de contrôle (PA 125 - 126) ont été faites par Monsieur le Professeur R. LETOLLE (Université Pierre et Marie Curie).

Le traitement des données a été effectué au Centre d'Océanologie de Marseille par Monsieur Joël LE CAMPION.

## Prélèvements effectués

Réserve de Scandola : Un échantillon de la base du trottoir à *Lithophyllum lichenoides* a été prélevé dans Cala Litzia sur la cicatrice du prélèvement de 1983. Cependant, en raison des risques de dégradation, nous n'avons pas voulu multiplier les prélèvements dans ce site fragile, nous avons donc prélevé quatre échantillons complémentaires dans la calanque située immédiatement au Nord de Cala Litzia (cœur du trottoir actuel, -50 cm, -70 cm et -100 cm).

Dans le Cap corse nous avons effectué une série de prélèvements de comparaison :

Îlot de Centuri : cinq prélèvements (-30 cm, -85 cm, -100 cm, -120 cm, -150 cm) dans le trottoir à *Lithophyllum* de la petite crique au sud-ouest de l'îlot.

Ile de la Giraglia : Cinq prélèvements (cœur du trottoir, -65 cm, -75 cm, -95 cm, -100 cm) dans une des criques situées sur le face ouest, au nord de l'apponement.

Sur la côte orientale du Cap Corse, aucun site favorable n'a été trouvé, ni sur les Iles Finocchiarola ni sur la station (très dégradée) de description du bourrelets à Corallines (MOLINIER 1956) à Porticciolu. Nous insistons par ailleurs (MORHANGE *et al.* 1992, LABOREL *et al.* en préparation) sur l'importante dégradation des formations construites superficielles en Méditerranée occidentale.

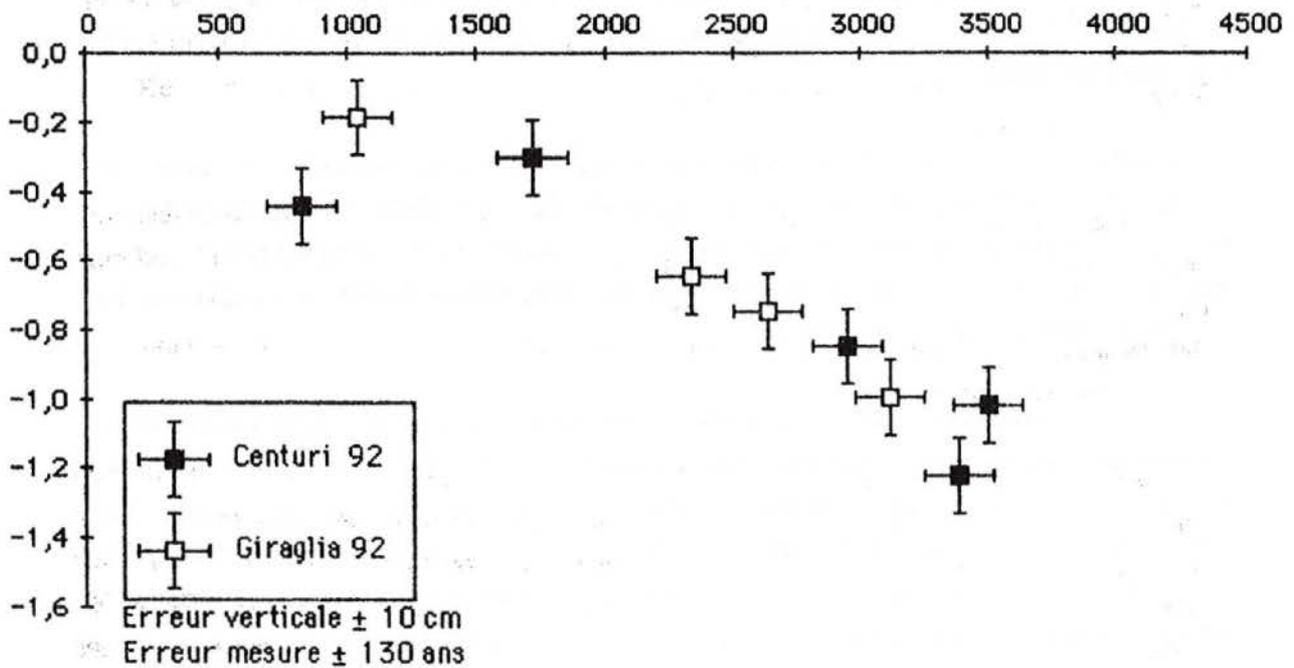
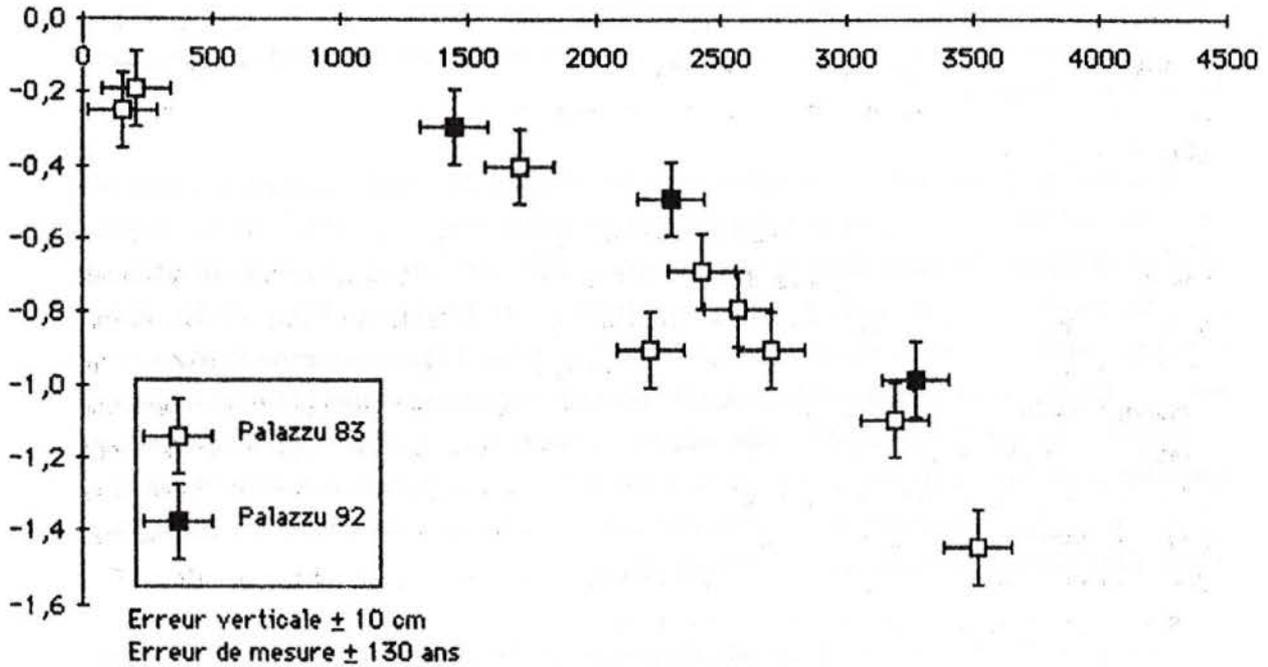
### Résultats :

Tableau des couples profondeur/date radiocarbone (incluant nos dernières mesures et celles de 1985). Les âges sont exprimés en années radiocarbone avant 1950 (B.P.: before present)

	Origine	Cote (m)	âge (B.P.)
LGQ 835	Giraglia	-0,2 ± 0,2	1050 ± 120
LGQ 836	Giraglia	-0,65 ± 0,2	2340 ± 130
LGQ 837	Giraglia	-0,75 ± 0,2	2690 ± 130
LGQ 838	Giraglia	-1 ± 0,2	3120 ± 120
LGQ 839	Centuri	-0,3 ± 0,1	1730 ± 130
LGQ 840	Centuri	-0,45 ± 0,1	830 ± 120
LGQ 841	Centuri	-0,85 ± 0,1	2960 ± 130
LGQ 842	Centuri	-1 ± 0,1	3580 ± 130
LGQ 843	Centuri	-1,2 ± 0,1	3470 ± 150
LGQ 832	Litizia	-0,3 ± 0,1	1450 ± 130
LGQ 834	Palazzu	-0,5 ± 0,1	2300 ± 130
LGQ 833	Palazzu	-1 ± 0,1	3270 ± 140
Gif 6345	Litizia	- 0,40± 0,1	1720 ± 60
Gif 6518	Litizia	- 0,70± 0,1	2430 ± 70
Gif 6346	Litizia	- 0,80± 0,1	2570 ± 70
Gif 6519	Litizia	- 0,90± 0,1	2230 ± 70
Gif 6347	Litizia	- 0,90± 0,1	2700 ± 80
Gif 6348	Litizia	- 1,10± 0,1	3200 ± 70
Gif 6349	Litizia	- 1,45± 0,1	3530 ± 70
Gif 6520	Litizia	-0,25 ± 0,1	150 ± 80
Gif 6344	Litizia	-0,25 ± 0,1	210 ± 60
PA 125	Palazzu	-0,9 ± 0,1	2370 ± 100
PA 126	Palazzu	-1,45 ± 0,1	3865 ± 150

Représentation graphique des couples profondeur/âge radiocarbone.

La profondeur a été portée en abscisses, et les âges en ordonnées, l'origine des axes correspondant au niveau zéro actuel et à l'époque présente (1950).



## Discussion

Nos dates sont en assez bon accord avec celles obtenues lors de notre première campagne bien qu'un léger décalage, dû sans doute à des problèmes de technologie, existe entre les premières mesures effectuées par le laboratoire de Gif sur Yvette et celles du laboratoire de Marseille.

Analyse des données : une comparaison entre les données des stations corses et celles de nos deux stations les plus complètes des côtes provençales, Port Cros et la Ciotat (LABOREL *et al.* en préparation) est actuellement en cours (par J. LE CAMPION) au moyen d'une analyse de covariance (ANCOVA) suivie d'un test de STUDENT, NEUMAN et KEULS (SNK). Cette technique améliore la précision de l'ANOVA classique grâce à l'introduction de la régression linéaire.. Compte tenu d'un léger décalage (d'origine sans doute technique) entre les datations effectuées à Gif sur Yvette et à Marseille, elle ne montre pour l'instant que peu de différences entre les différents nuages de points, (donc entre la vitesse de montée des eaux) entre ces deux régions, bien que celles ci montrent des tendances tectoniques différentes (BONIFAY 1980). Cette comparaison devra être reprise et affinée.

Les diagrammes montrent un ralentissement de la remontée aux alentours d'une profondeur de -25 cm (correspondant à un âge de l'ordre de -1500 ans B.P.), une analyse plus poussée des données par J. LE CAMPION met en évidence une vitesse moyenne de montée de 0, 486 mm/an dans les deux régions pour la partie de la courbe située au dessous de 25 cm de profondeur (donc, en gros de -3500 ans à -1500 ans B.P.) suivie d'un ralentissement (moyenne 0, 236 mm/an) pour la partie de la courbe au dessus de -25 cm) soit de -1500 ans B.P. jusqu' à l' actuel.

L'existence de paliers de stationnement au cours de cette remontée, qui avait été soupçonnée lors de nos premières recherches (LABOREL *et al.* 1983), n'a pas été confirmée par la présente étude, pas plus en Corse que sur le littoral provençal et l'on peut penser que, si des oscillations mineures ont eu lieu, elles ont été suffisamment faibles pour échapper au pouvoir de résolution de notre analyse.

Malgré l'imprécision relative due aux méthodes de mesure (plus ou moins 10 à 20 cm) et de datation (plus ou moins 60 à 150 ans d'erreur quadratique moyenne, selon les échantillons et les méthodes utilisées), nos données représentent un progrès très net par rapport aux connaissances antérieures sur les variations récentes du niveau marin en Corse (CONCHON, 1980). Elles confirment une très nette montée en valeur relative (les valeurs absolues respectives des mouvements du socle et de la montée eustatique des eaux restant à estimer) du niveau marin, de l'ordre de un mètre au cours des 3000 dernières années, une donnée que l'on retrouve en de nombreux points de Méditerranée mais qui est loin d'être générale en raison des rapports complexes entre la montée des eaux proprement dite et les mouvements

verticaux des socles continentaux (PIRAZZOLI, 1976, KIDSON). Il est à déplorer que, comme sur les côtes provençales, l'importance de la bioérosion soit telle qu'aucun vestige plus âgé que 4000 ans n'ait pu être conservé. Ceci limite l'accès à cette période particulièrement intéressante qu'est le sixième millénaire avant notre époque, qui aurait vu, d'après divers auteurs, le niveau marin atteindre, voire dépasser l'actuel.

## Bibliographie

BIANCONI C.H., BOUDOURESQUE, C.F., MEINESZ J.A. and DI SANTO F., 1987. Cartographie de la répartition de *Lithophyllum lichenoides* (Rhodophyta) dans la Réserve naturelle de Scandola. (Côte orientale de Corse, Méditerranée.) *Travaux Scientifiques du Parc naturel régional et des réserves naturelles de Corse Ajaccio, France*, 13 : 39-63.

BONIFAY, E. niveaux marins plio-pleistocènes et tectonique récente des côtes françaises de la Méditerranée. *Actes du colloque Niveaux marins et tectonique quaternaire dans l'aire méditerranéenne*. R.C.P. 461, R.C.P. 438, E.R.A .345 , L.G.Q. (CNRS), Centre de recherches sur les milieux naturels (Univ. Paris II). : 283 - 302.

CONCHON, O., 1980. Les niveaux quaternaires marins et la tectonique en Corse. *Actes du colloque Niveaux marins et tectonique quaternaire dans l'aire méditerranéenne*. R.C.P. 461, RCP 438, ERA 345 , LGQ (CNRS), Centre de recherches sur les milieux naturels (Univ. Paris II). : 271 - 282

KIDSON C., 1986. Sea-level changes in the Holocene. *Sea-level research : a manual for the collection and evaluation of data*. O.Van de Plasche edit. Geo Books, Norwich: 2 : 27-64.

LABOREL, J., G. DELIBRIAS & C.F. BOUDOURESQUE, 1983. Variations récentes du niveau marin à Port Cros (Var, France), mises en évidence par l'étude de la corniche littorale à *Lithophyllum tortuosum*. *C. R. Acad. Sc. Paris*, 297, Série II : 157-160.

MOLINIER, R. 1960. Etude des biocénoses marines du Cap Corse. *Vegetatio*, 9, : 121-192, 217-312, 1Fig., 2t..

MORHANGE, C.; LABOREL- DEGUEN, F.; SARTORETTO, S.; LABOREL, J.. 1992. Recherches sur les bioconstructions à *Lithophyllum lichenoides* en Méditerranée occidentale. *Méditerranée*, 3,4 :1-5.

PIRAZZOLI, P.A., 1976. Les variations du niveau marin depuis 2000 ans. *Mem.Lab. geomorph. E.P.H.E.*, 30 : 1- 421.

Handwritten text at the top of the page, possibly a title or introductory paragraph.

Handwritten text on the right side of the page.

Handwritten text block in the upper middle section.

Handwritten text block in the middle section.

Handwritten text block in the lower middle section.

Handwritten text block in the lower section.

PLACE DE *CAULERPA PROLIFERA* (CHLOROPHYTA)  
DANS LES PREFERENCES ALIMENTAIRES  
DE L'OURSIN *PARACENTROTUS LIVIDUS*

Par :

Charles-François BOUDOURESQUE<sup>°</sup>  
Concepció RODRIGUEZ PRIETO<sup>°°</sup>  
et François ARRIGHI<sup>°°°</sup>

- <sup>°</sup> Laboratoire de Biologie Marine et d'Ecologie du Benthos (LBMEB, EA 876), Faculté des Sciences de Luminy, 13288 Marseille cedex 9, France.
- <sup>°°</sup> Laboratori de Botànica, Universitat de Girona, Plaza Hospital, 17001 Girona, Catalunya, Espagne.
- <sup>°°°</sup> Parc Naturel Régional de la Corse, Maison de la Mer, 20245 Galeria, Corse, France.

186      187      188      189      190      191      192      193      194      195

186

187      188      189      190      191      192      193      194      195

186      187      188      189      190      191      192      193      194      195

**Résumé :** L'algue verte *Caulerpa prolifera* est aussi peu appréciée par *Paracentrotus lividus* que l'espèce tropicale accidentellement introduite en Méditerranée, *Caulerpa taxifolia*. Même quand les oursins ont le choix entre *C. prolifera* et une espèce normalement fortement "évitée", telle que *Sphaerococcus coronopifolius*, ils choisissent de consommer cette dernière.

**Resumen :** El alga verde *Caulerpa prolifera* se ha revelado como una especie tan poco apreciada por *Paracentrotus lividus* como la especie tropical introducida accidentalmente en el Mediterráneo, *Caulerpa taxifolia*. Incluso cuando los erizos pueden escoger entre *C. prolifera* y una especie fuertemente "evitada", como *Sphaerococcus coronopifolius*, escogen consumir ésta última.

## INTRODUCTION

L'algue verte tropicale *Caulerpa taxifolia* (Vahl) C. Agardh, qui s'est installée sur les côtes du département des Alpes-Maritimes, avec quelques stations ponctuelles dans le Var, en Italie et en Espagne (MEINESZ et HESSE, 1991 ; BOUDOURESQUE *et al.*, 1992 ; BOUDOURESQUE et GOMEZ GARRETA, 1992 ; MEINESZ *et al.*, 1993), est peu appréciée par les herbivores, en particulier par l'oursin *Paracentrotus lividus* (Lamarck), tout au moins en été (BOUDOURESQUE *et al.*, 1992 ; GOBERT, 1992). Des expériences ont été conduites à Banyuls-sur-Mer (Pyrénées-Orientales) pour établir la place exacte de *C. taxifolia* par rapport à toute une série d'autres végétaux (algues et *Posidonia oceanica* (Linnaeus) Delile) dans l'échelle des préférences de *Paracentrotus lividus* (GOBERT, 1992).

L'objectif du présent travail est de classer l'espèce indigène de Méditerranée, *Caulerpa prolifera* (Forsskaal) Lamouroux (Fig. 1), par rapport à un certain nombre de végétaux (dont quelques uns sont les mêmes que ceux utilisés à Banyuls), de façon à savoir si elle est aussi peu appréciée (ou plus, ou moins) que *C. taxifolia*. *Caulerpa prolifera* est abondant localement en Corse (San Fiorenzu, Calvi, Ghjirulata par exemple), sans y être commun (MEINESZ, 1980 ; BOUDOURESQUE et PERRET-BOUDOURESQUE, 1987) : il s'y trouve en effet proche de la limite Nord de son aire de répartition. Il est généralement cantonné à des biotopes superficiels, sur substrat meuble ou sur matre morte de *Posidonia oceanica* ; dans le Sud de la Méditerranée occidentale et surtout en Méditerranée orientale, en revanche, *C. prolifera* descend beaucoup plus profondément (jusque dans l'étage circalittoral) et colonise tous les types de substrat, y compris les substrats durs (MOLINIER, 1953, 1960 ; BOUDOURESQUE, 1973 ; MEINESZ, 1980).

## MATERIEL ET METHODES

Les végétaux sont proposés deux à deux (*C. prolifera* et un autre végétal) à 5 individus de *Paracentrotus lividus*, mesurant 40 à 50 mm de diamètre à l'ambitus (sans les radioles), dans des aquariums en circuit fermé de 20 dm<sup>3</sup> munis d'un épurateur à filtre à éponge plastique et d'un aérateur. Un grillage, légèrement surélevé par rapport au fond de chaque aquarium, sépare les individus de leurs faeces et les empêche de les consommer (Fig. 2). L'eau des aquariums est de l'eau de mer prélevée en baie de Galeria ; sa température, au cours de l'expérience, a oscillé entre 24.5 et 28.0°C (Tabl. 1) ; elle n'a pas dépassé de plus de 2°C la température du biotope dans lequel ont été prélevés les oursins. On met environ



Fig. 1 : Spécimen de *Caulerpa prolifera* récolté dans le golfe de San Fiorenzu (Corse), vers 3 m de profondeur. Herbar du LBMEB, récolte Marc VERLAQUE.

75 g (masse humide égouttée) de chaque végétal. Les végétaux ont été récoltés à Cala Petraghja (baie d'Elbu, Corse), entre 2 et 5 m de profondeur. Les oursins ont été récoltés à Galeria (Corse), vers 2-3 m de profondeur, dans un faciès de surpâturage sur substrat dur ; les végétaux proposés à *Paracentrotus lividus* dans le cadre de l'expérience étaient absents ou rares au voisinage du site de collecte des oursins, de telle sorte qu'il est peu probable qu'ils aient été présents dans leur tube digestif avant le début de l'expérience. L'expérience a débuté le 18 Août 1992 au soir et s'est terminée le 23 Août 1992, soit 5 jours plus tard, ce qui est supérieur au temps de transit digestif de *P. lividus* (KEMPF, 1962 ; POWIS DE TENBOSSCHE, 1978), tout au moins dans le cas où les individus s'alimentent normalement. Les températures minimales et maximales de l'eau dans les aquariums sont notées chaque jour (Tabl. I). Les végétaux proposés sont :

- *Posidonia oceanica* (Linnaeus) Delile (Phanérogames)
- *Sphaerococcus coronopifolius* Stackhouse (Rhodophyta)
- *Padina pavonica* (Linnaeus) Thivy (Fucophyceae)
- *Halopteris scoparia* (Linnaeus) Sauvageau (= *Stypocaulon scoparium* (Linnaeus) Kützing ; Fucophyceae)
- *Halimeda tuna* (Ellis et Solander) Lamouroux (Ulvophyceae)
- *Flabellaria petiolata* (Turra) Nizamuddin (= *Udotea petiolata* (Turra) Boergesen ; Ulvophyceae)

Dans le cas de *Posidonia oceanica*, il s'agit de feuilles **intermédiaires** au sens de GIRAUD (1977), c'est-à-dire de feuilles en cours de croissance, dont le pétiole n'est pas encore développé. Ces feuilles, ainsi que les algues utilisées, étaient généralement dépourvues d'épiphytes macroscopiques ; ces derniers, quand ils étaient présents, ont été éliminés manuellement.

Tableau 1 : Evolution de la température de l'eau dans les aquariums au cours de l'expérience sur les préférences alimentaires de *Paracentrotus lividus*.

Date	Minimum (°C)	Maximum (°C)
18 Août	25.0	25.0
19 Août	25.0	25.0
20 Août	24.5	25.0
21 Août	25.5	27.5
22 Août	26.5	28.0
23 Août	27.5	28.0

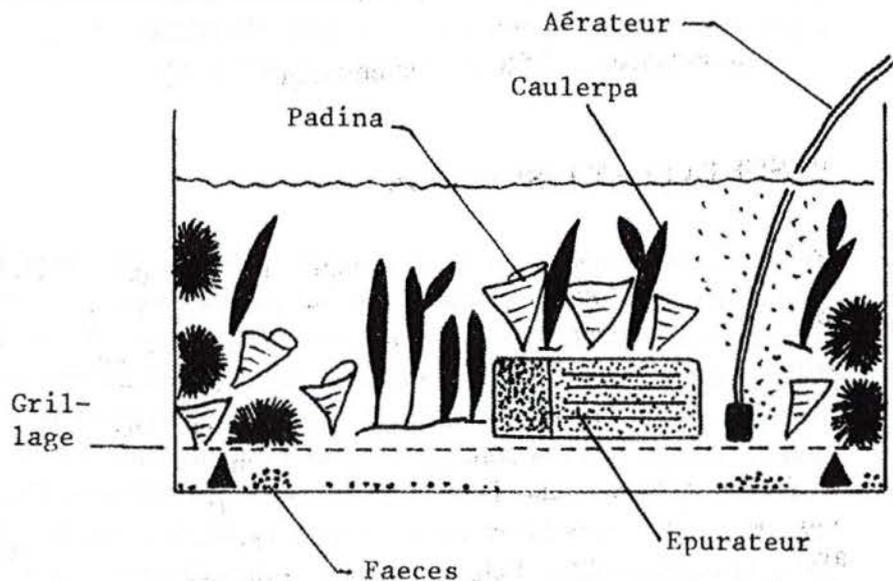


Fig. 2 : Aquarium servant à l'expérience de mise en évidence des préférences alimentaires de l'oursin *Paracentrotus lividus*.

A la fin de l'expérience, les oursins sont ouverts et le contenu digestif (constitué de boulettes d'aliments) est prélevé. On note s'il est absent (V = tube digestif vide), peu abondant (F = contenu digestif  $< 1 \text{ cm}^3$ ), abondant (A = contenu digestif compris entre 1 et  $3 \text{ cm}^3$ ) ou très abondant (AA = contenu digestif compris entre 3 et  $6 \text{ cm}^3$ ). Les contenus digestifs sont analysés sous le microscope optique selon la "méthode des contacts" de JONES (1968), modifiée par NEDELEC (1982). Dix lames comportant chacune 15 à 20 boulettes prélevées au hasard sont préparées pour chaque contenu digestif. La préparation, placée sous l'objectif du microscope, est déplacée au hasard. A chaque position, l'espèce se trouvant exactement sous le réticule de l'oculaire est identifiée ; il s'agit d'un "contact". La digestion étant toujours incomplète chez *Paracentrotus lividus*, l'identification des

fragments végétaux, dont l'anatomie est bien conservée, ne pose pas de problème particulier. Lorsque deux espèces sont superposées sous le réticule, un contact est compté pour chacune d'elles. Les "contacts vides", c'est à dire lorsqu'aucune des deux espèces proposées n'est présente (paroi du tube digestif, épiphyte de l'une des deux espèces, espèce présente dans le tube digestif antérieurement au début de l'expérience, milieu de montage) ne sont pas pris en compte. Dix contacts sont réalisés pour chaque lame, soit 100 contacts pour l'ensemble d'un contenu digestif. MAGGIORE *et al.* (1987) ont montré que 100 contacts sont représentatifs du contenu digestif de *Paracentrotus lividus*. La somme des contacts pour un végétal établit le pourcentage de sa présence dans le contenu digestif.

Lorsque les oursins se sont alimentés normalement, le contenu digestif s'est entièrement renouvelé pendant l'expérience, et aucun reste de son contenu digestif antérieur n'a été observé. En revanche, lorsque les deux espèces proposées sont des espèces "évitées", les oursins peuvent ne s'alimenter que faiblement, de telle sorte que leur contenu digestif ne s'est pas entièrement renouvelé. Nous avons évalué l'abondance de ces restes du contenu digestif antérieur : - (absence), + (faible abondance, < 25% du contenu digestif total) ou ++ (abondance, > 25% du contenu digestif total).

## RESULTATS ET DISCUSSION

Quelques individus (4 au total) avaient, à l'issue de l'expérience, un **tube digestif vide** (Tabl. II). Compte-tenu du temps nécessaire pour que se vide le tube digestif d'un *Paracentrotus lividus* qui ne s'alimente pas, temps qui est supérieur à 10 jours (RICO, 1989), il est clair que ces individus avaient commencé leur jeûne avant le début de l'expérience ; il pourrait s'agir d'individus hébergeant des parasites (Pierre BARTOLI, comm. verb.). Il n'en a donc pas été tenu compte dans les calculs. **Un individu est mort** en cours d'expérience, dans le bac contenant *C. prolifera* et *Flabellaria petiolata* (Tabl. II) ; s'agissant d'un cas isolé, et sa mort ne pouvant donc pas être formellement mise en relation avec la consommation d'algues évitées et/ou toxiques, nous n'en avons pas tenu compte dans les calculs.

Tableau II : Analyse des contenus digestifs de *Paracentrotus lividus* (5 individus par aquarium) ; pourcentage, dans le contenu digestif, du végétal proposé simultanément à *Caulerpa prolifera*. Importance du contenu digestif : V = vide ; F = peu abondant ; A = abondant ; AA = très abondant. Présence dans le tube digestif de végétaux consommés *in situ* antérieurement au début de l'expérience : - = absence ; + = faible abondance ; ++ = abondance. M = individu mort avant la fin de l'expérience.

Végétal	Individu 1	Individu 2	Individu 3	Individu 4	Individu 5	Moyenne
Padina	100% F +	100% A -	97% AA -	94% A -	V	98%
Posidonia	100% A +	98% F +	96% A +	92% A +	83% A +	94%
Halopteris	99% AA -	89% AA -	88% AA -	74% A -	V	88%
Halimeda	94% A +	91% A +	72% A +	61% A +	V	80%
Sphaerococcus	96% A ++	92% A ++	69% F ++	68% F ++	65% F ++	78%
Flabellaria	89% F ++	63% A +	61% A ++	V	M	71%

Toutes les espèces proposées ont été préférées à *Caulerpa prolifera* (Tabl. II). Ce résultat n'a rien d'étonnant dans le cas de *Halopteris scoparia*, qui est considéré par RICO (1989) comme une espèce "fortement préférée". Il en va de même pour *Padina pavonica*, classé parmi les espèces "choisies" par *Paracentrotus lividus* par VERLAQUE (1983, 1987). FRANTZIS *et al.* (1992) ont en outre montré que la croissance de *P. lividus* est importante quand il est nourri avec ces deux espèces. En revanche, il est intéressant de noter que des espèces considérées comme "fortement évitées" par RICO (1989) et par KNOEPPFLER-PEGUY *et al.* (1987), ou comme "évitées" (tout au moins par les juvéniles) par VERLAQUE (1987) ont été tout de même préférées à *C. prolifera* : c'est le cas de *Sphaerococcus coronopifolius*, d'*Halimeda tuna*, de *Flabellaria petiolata* et des feuilles intermédiaires de *Posidonia oceanica*. FRANTZIS *et al.* (1992) ont montré que la croissance de *P. lividus* est très faible quand il est nourri avec *Posidonia oceanica*. ***Caulerpa prolifera* apparaît donc comme encore plus évité que des espèces considérées comme fortement évitées**, et se situe ainsi très bas dans l'échelle des préférences alimentaires de *P. lividus*.

Le calcul des volumes des différentes espèces dans les contenus digestifs (Tabl. III) permet de préciser ces conclusions. *Halopteris scoparia* et *Padina pavonica* ont été consommés en grande quantité ; en outre, le contenu digestif a été entièrement renouvelé ; le faible volume d'"autres espèces" présent dans le contenu digestif des oursins à qui était proposé *Padina pavonica* correspond sans doute à des épiphytes de ce dernier. *Halimeda tuna* et *Posidonia oceanica*, bien que considérés comme "évités" et moins consommés que les deux premières espèces, l'ont été tout de même en quantité significative ; on notera d'ailleurs que VERLAQUE (1983), contrairement à RICO (1989), place *Posidonia oceanica* parmi les espèces préférées ; enfin, *Flabellaria petiolata* et *Sphaerococcus coronopifolius* n'ont pratiquement pas été consommés, et le contenu digestif (relativement peu abondant) était surtout constitué d'espèces consommées antérieurement, les oursins ayant pratiquement jeûné pendant la durée de l'expérience.

Tableau III : Volume moyen (en mm<sup>3</sup>/individu) des différentes espèces présentes dans les contenus digestifs des oursins à l'issue de l'expérience de choix alimentaire. Les valeurs correspondent à des extrapolations à partir des données du Tableau II et doivent donc être considérées comme des approximations.

Espèce proposée (simultanément à <i>Caulerpa prolifera</i> )	Volume de l'espèce proposée	Volume de <i>Caulerpa prolifera</i>	Volume des autres espèces	Volume total
<i>Padina pavonica</i>	2136	44	70	2250
<i>Posidonia oceanica</i>	1398	89	213	1700
<i>Halopteris scoparia</i>	3410	465	0	3875
<i>Halimeda tuna</i>	1400	350	250	2000
<i>Sphaerococcus coronopifolius</i>	322	90	688	1100
<i>Flabellaria petiolata</i>	577	236	687	1500

Dans le cas de *Sphaerococcus coronopifolius* et de *Flabellaria petiolata*, la somme des volumes de l'espèce proposée et de *Caulerpa prolifera* dans les contenus digestifs peut être assimilée à la ration alimentaire (diminuée de la quantité assimilée) en 5 jours, soit 82

mm<sup>3</sup>/individu/jour avec *Sphaerococcus coronopifolius* et 163 mm<sup>3</sup>/individu/jour avec *Flabellaria petiolata*. Dans le cas de *Padina pavonica* et de *Halopteris scoparia*, en revanche, le contenu digestif s'étant entièrement renouvelé, et le temps de transit, inférieur à 5 jours, n'étant pas connu avec précision, la ration journalière ne peut être estimée directement ; si l'on adopte le taux de transit de 48 h, établi par POWIS DE TENBOSSCHE (1978) pour des *Paracentrotus lividus* alimentés en aquarium avec *Halopteris scoparia*, la ration journalière des oursins qui avaient le choix entre *C. prolifera* et *Halopteris scoparia* a été de 1938 mm<sup>3</sup>/individu/jour.

Lorsque *Paracentrotus lividus* est confronté, dans des conditions expérimentales similaires et à la même saison (été), à l'espèce introduite *Caulerpa taxifolia* et à *Sphaerococcus coronopifolius*, *Padina pavonica* ou *Posidonia oceanica* (feuilles intermédiaires), les résultats sont du même ordre de grandeur que ceux que nous avons obtenus avec *C. prolifera*. GOBERT (1992) et BOUDOURESQUE *et al.* (inédit) ont en effet observé, en Juillet et Août, que ces espèces étaient fortement préférées à *C. taxifolia* : le contenu digestif des oursins était constitué en moyenne à 97% de *Padina pavonica*, à 89-95% de *Sphaerococcus coronopifolius*, et à 85% de *Posidonia oceanica*. En outre, le volume du contenu digestif était important lorsque les oursins étaient confrontés à *C. taxifolia* et à *Posidonia oceanica*, tandis qu'il était très faible lorsqu'ils étaient confrontés à *C. taxifolia* et à *Sphaerococcus coronopifolius*.

Comme de nombreux végétaux terrestres, certains végétaux marins synthétisent des métabolites secondaires toxiques ou répellents qui leur permettent de se protéger contre les herbivores (PAUL et FENICAL, 1982, 1986). Les espèces du genre *Caulerpa* sont dans ce cas. Il s'agit surtout de composés de la famille des terpénoïdes (AMICO *et al.*, 1978 ; PAUL et FENICAL, 1986 ; GUERRIERO *et al.*, 1992). Dans les récifs coralliens des mers tropicales, *Caulerpa sertularioides* (Gmelin) Howe et *C. cupressoides* (Vahl) C. Agardh sont effectivement moins consommés que les autres algues des biotopes peu profonds (HAY, 1981 ; LEWIS, 1985). Par ailleurs, les métabolites secondaires synthétisés par les *Caulerpa*, émis dans l'eau sous forme dissoute, ont une action à distance : l'alimentation de l'oursin *Lytechinus variegatus* (Lamarck) est inhibée par des extraits de *C. prolifera* et de *C. barbata* à des concentrations effectivement réalisées *in situ* (McCONNELL *et al.*, 1982) ; la ration alimentaire de *Paracentrotus lividus* nourris avec *Rissoella verruculosa* (Bertoloni) J. Agardh diminue significativement, en aquarium, lorsque *Caulerpa taxifolia* est également présent, (GOBERT, 1992).

Le fait que *Caulerpa prolifera* soit fortement évité par *Paracentrotus lividus* n'est donc pas un résultat inattendu, et est probablement dû à des **métabolites toxiques**. Bien que les extraits bruts de *C. prolifera* soient au moins deux fois moins toxiques que ceux de *C. taxifolia* (Danielle PESANDO et Monique DURAND-CLEMENT, comm. verb.), cette dernière espèce ne semble toutefois pas plus fortement évitée que *C. prolifera*. Il convient toutefois de ne pas généraliser ces résultats à l'ensemble de l'année : chez *Caulerpa taxifolia*, la quantité d'algue nécessaire pour tuer une souris varie fortement au cours de l'année : de 0.3 g en Juillet (toxicité maximale) à 3 g en Mars-Avril (toxicité minimale) (LEMEE, 1992). La composition chimique et la toxicité de *Caulerpa prolifera* subissent sans doute elles aussi des fluctuations saisonnières.

On connaît quelques organismes qui, contrairement à *Paracentrotus lividus*, **consomment régulièrement** *Caulerpa prolifera* ; il s'agit surtout de Mollusques Opisthobranches de l'ordre des Saccoglossa. En Méditerranée, on peut citer *Oxynoe olivacea* Rafinesque et *Lobiger serradifalci* (Calcara) (STAMM, 1968 ; SCHMEKEL et PORTMANN, 1982). Par ailleurs, dans certaines conditions, le poisson *Sarpa salpa* (Linnaeus) peut également consommer *C. prolifera* (VERLAQUE, 1987 ; SPANIER *et al.*, 1989 ; CHEVALDONNE, 1990).

## CONCLUSIONS

L'algue verte *Caulerpa prolifera* apparaît comme **très fortement évitée** par l'oursin *Paracentrotus lividus*. Même des espèces connues pour être fortement évitées, comme *Sphaerococcus coronopifolius* et *Flabellaria petiolata*, sont consommées en plus grande quantité que *C. prolifera*. Dans ce cas, toutefois, l'oursin étant confronté à deux espèces évitées, **le taux d'alimentation est très faible**. Le fait que *C. prolifera* soit fortement évité par un oursin qui est l'un des principaux herbivores de Méditerranée peut expliquer le succès et la densité des prairies de *C. prolifera*, dans les biotopes qui lui sont favorables sur le plan thermique, c'est-à-dire, en Corse, les petits fonds des baies très abritées.

*Caulerpa prolifera* ne semble pas moins fortement évité que l'espèce introduite *C. taxifolia*, de telle sorte qu'une différence de comportement des herbivores à l'égard de cette dernière espèce ne constitue pas l'explication de son succès exceptionnel.

Ces résultats concernent toutefois la seule **saison estivale** : le comportement de *Paracentrotus lividus* vis à vis de *C. prolifera* peut être différent aux autres saisons, en liaison avec une teneur en composés toxiques ou répellents différente.

## REMERCIEMENTS

Ce travail a été réalisé dans le cadre d'un programme du Comité Scientifique de la Réserve Naturelle de Scandola (Parc Naturel Régional de la Corse). Ce programme a été géré par le GIS Posidonie. Nous tenons à remercier Michel LEENHARDT, Directeur du Parc Naturel Régional de la Corse, les agents de la Réserve Naturelle, Jean-Marie DOMINICI, Franck FINELLI et Norbert VERNEAU, ainsi que Laurence LE DREACH, Secrétaire scientifique du GIS Posidonie. Marc VERLAQUE et Patrice FRANCOUR ont bien voulu relire ce document et nous faire part de leurs remarques.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

AMICO V., ORIENTE G., PIATELLI M., TWIGALI C., 1978. Caulerpenyne, an unusual sesquiterpenoid from the green alga *Caulerpa taxifolia*. *Tetrahedron Letters*, 38 : 3593-3596.

BOUDOURESQUE C.F., 1973. Recherches de bionomie analytique, structurale et expérimentale sur les peuplements benthiques sciaphiles de Méditerranée occidentale (fraction algale). Les peuplements sciaphiles de mode relativement calme sur substrat dur. *Bull. Mus. Hist. nat. Marseille*, 33 : 147-225.

BOUDOURESQUE C.F., GOMEZ GARRETA A., 1992. El alga tropical *Caulerpa taxifolia* (Chlorophyta) en el Mediterráneo occidental. *Algas*, 10 : 3-8.

BOUDOURESQUE C.F., MEINESZ A., VERLAQUE M., KNOEPFFLER-PEGUY M., 1992. The expansion of the tropical alga *Caulerpa taxifolia* (Chlorophyta) in the Mediterranean. *Cryptogamie-Algologie*, 13 (2) : 144-145.

BOUDOURESQUE C.F., PERRET-BOUDOURESQUE M., 1987. A checklist of the benthic marine algae of Corsica. GIS Posidonie publ., Marseille, Fr. : 1-121.

CHEVALDONNE R., 1990. Ciguatera and Saupé, *Sarpa salpa* (L.) in the Mediterranean : a possible misinterpretation. *J. Fish Biol.*, 37 : 503-504.

FRANTZIS A., GREMARE A., VETION G., 1992. Growth rates and RNA : DNA ratios in *Paracentrotus lividus* (Echinodermata : Echinoidea) fed on benthic macrophytes. *J. Exp. mar. Biol. Ecol.*, 156 : 125-138.

GIRAUD G., 1977. Essai de classement des herbiers de *Posidonia oceanica* (Linné) Delile. *Botanica marina*, 20 (8) : 487-491.

GOBERT J., 1992. Effet de la diffusion des substances émises par *Caulerpa taxifolia* sur le comportement alimentaire de l'oursin *Paracentrotus lividus* et étude de la place de *Caulerpa taxifolia* dans les préférences alimentaires de l'oursin *Paracentrotus lividus*. Rapport de stage Univ. Paris VII, LBMEB et Laboratoire Arago, Marseille : 1-19.

GUERRIERO A., MEINESZ A., D'AMBROSIO M., PIETRA F., 1992. Isolation of toxic and potentially toxic sesqui- and monoterpenes from the tropical green seaweed *Caulerpa taxifolia* which has invaded the region of Cap Martin. *Helvetica chimica Acta*, 75 : 689-695.

HAY M.E., 1981. Spatial patterns of grazing intensity on a caribbean barrier reef : herbivory and algal distribution. *Aquatic Botany*, 11 : 97-109.

JONES R.S., 1968. A suggested method for quantifying gut contents in herbivorous fishes. *Micronesica*, Guam, 4 (2) : 369-371.

KEMPF M., 1962. Recherches d'écologie comparée sur *Paracentrotus lividus* (Lmk) et *Arbacia lixula* (L.). *Rec. Trav. Stat. mar. Endoume*, 25 (39) : 47-116.

KNOEPFFLER-PEGUY M., MAGGIORE F., BOUDOURESQUE C.F., DANCE C., 1987. Compte-rendu d'une expérience sur les préférences alimentaires de *Paracentrotus lividus* (Echinoidea) à Banyuls-sur-Mer. *Colloque international sur Paracentrotus lividus et les oursins comestibles*. BOUDOURESQUE C.F. édit., GIS Posidonie publ. : 59-64.

LEMEE R., 1992. Premiers éléments d'étude sur la toxicité de *Caulerpa taxifolia* introduite en Méditerranée occidentale. Mém. Dipl. Etudes approf. Océanologie, Univ. Paris VI : 1-31.

LEWIS S.M., 1985. Herbivory on coral reefs : algal susceptibility to herbivorous fishes. *Oecologia*, 65 : 370-375.

MAGGIORE F., BERTHON J.F., BOUDOURESQUE C.F., LAWRENCE J., 1987. Données préliminaires sur les relations entre *Paracentrotus lividus*, *Arbacia lixula* et le phytobenthos dans la baie de Port-Cros (Var, France, Méditerranée). *Colloque international sur Paracentrotus lividus et les oursins comestibles*, BOUDOURESQUE C.F. édit., GIS Posidonie publ. : 65-82.

McCONNELL O.J., HUGHES P.A., TARGETT N.M., DALEY J., 1982. Effects of secondary metabolites from marine algae on feeding by the sea urchin, *Lytechinus variegatus*. *J. chem. Ecol.*, 8 (12) : 1437-1453.

MEINESZ A., 1980. Contribution à l'étude des Caulerpales (Chlorophytes) avec une mention particulière aux espèces de la Méditerranée occidentale. Thèse Doct. Sci., Univ. Nice : 1-262.

MEINESZ A., HESSE B., 1991. Introduction et invasion de l'algue tropicale *Caulerpa taxifolia* en Méditerranée nord-occidentale. *Oceanologica Acta*, 14 (4) : 415-426.

MEINESZ A., VAUGELAS J. de, BENICHOU L., CAYE G., COTTALORDA J.M., DELAHAYE L., FEBVRE M., GARIN S., KOMATSU T., LEMEE R., MARI X., MOLENAAR H., PERNEY L., VENTURINI A., 1993. Suivi de l'invasion de l'algue tropicale *Caulerpa taxifolia* en Méditerranée. Situation au 31 décembre 1992. Laboratoire Environnement Marin Littoral et GIS Posidonie : 1-80.

MOLINIER R., 1953. Observations sur les Caulerpes méditerranéennes. *Bull. Mus. Hist. nat. Marseille*, 13 : 113-123.

MOLINIER R., 1960. Etude des biocénoses marines du Cap Corse. *Vegetatio*, 9 (3-5) : 121-192 + 217-312 + 1 Fig. + 2 Tabl. h.t.

NEDELEC H., 1982. Ethologie alimentaire de *Paracentrotus lividus* dans la baie de Galeria (Corse) et son impact sur les peuplements phytobenthiques. Thèse Doct. 3<sup>e</sup> cycle Océanol. biol., Univ. Pierre et Marie Curie, Paris, Fr. : 1-175.

PAUL V.J., FENICAL W., 1982. Toxic feeding deterrents from the tropical marine alga *Caulerpa bikiensis* (Chlorophyta). *Tetrahedron Letters*, 23 (48) : 5017-5020.

PAUL V.J., FENICAL W., 1986. Chemical defence in tropical green algae, order Caulerpales. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 34 : 157-169.

POWIS DE TENBOSSCHE T., 1978. Comportement alimentaire et structures digestives de *Paracentrotus lividus* (Lamarck) (Echinodermata - Echinoidea). Mémoire Licence Sciences zoologiques, Univ. libre Bruxelles, Fac. Sci. : 1-82 + 25 fig. + 7 tabl. h.t.

RICO V., 1989. Contribution à l'étude des preferenda alimentaires et du comportement moteur de l'oursin régulier *Paracentrotus lividus*. Mémoire Dipl. Et. approf. Océanogr., Univ. Aix-Marseille II, Fr. : 1-48.

SCHMEKEL L., PORTMANN A., 1982. Opisthobranchia des Mittelmeeres. Nudibranchia und Saccoglossa. Springer-Verlag publ., Berlin, Allem. : i-x + 1-410.

SPANIER E., FINKELSTEIN Y., RAIKHLIN-EISENKRAFT B., 1989. Toxicity of the saupe, *Sarpa salpa* (Linnaeus, 1758), in the Mediterranean coast of Israel. *J. Fish. Biol.*, 34 : 635-636.

STAMM R.A., 1968. Zur Abwehr von Raubfeinden durch *Lobiger serradifalci* (Calcare, 1840), und *Oxynoe olivacea* Rafinesque, 1819 (Gastropoda Opisthobranchia). *Rev. suisse Zool.*, 75 : 661-665.

VERLAQUE M., 1983. Biologie de *Paracentrotus lividus* (Lamarck) sur substrat rocheux en Corse (Méditerranée, France) : alimentation des adultes. *Vie Milieu*, 33 (3-4) : 191-201.

VERLAQUE M., 1987. Contribution à l'étude du phytobenthos d'un écosystème photophile thermophile marin en Méditerranée occidentale. Etude structurale et dynamique du phytobenthos et analyse des relations faune-flore. Thèse Doct. Etat, Univ. Aix-Marseille II, Fr. : 1-389 + 96 pl. + annexes i-xxxvi h.t.

1. The first part of the document discusses the importance of maintaining accurate records of all transactions and activities. It emphasizes that this is crucial for ensuring transparency and accountability in the organization's operations.

2. The second part of the document outlines the various methods and tools used to collect and analyze data. It highlights the use of advanced software and manual processes to ensure that all relevant information is captured and processed correctly.

3. The third part of the document describes the procedures for reviewing and verifying the data. It details the steps taken to ensure that the information is accurate, complete, and consistent with the organization's policies and procedures.

4. The fourth part of the document discusses the reporting and communication of the findings. It explains how the results of the data analysis are presented to the relevant stakeholders and how they are used to inform decision-making.

5. The fifth part of the document provides a summary of the key findings and conclusions. It highlights the main areas of concern and the recommendations for improvement based on the data analysis.

6. The sixth part of the document discusses the ongoing monitoring and evaluation of the data collection and analysis process. It emphasizes the need for regular reviews and updates to ensure that the process remains effective and efficient.

7. The seventh part of the document provides a list of references and sources used in the document. It includes books, articles, and other documents that provide additional information on the topics discussed.

8. The eighth part of the document provides a list of appendices and additional information. It includes detailed data tables, charts, and other supporting documents that are referenced in the main text.

9. The ninth part of the document provides a list of contact information for the authors and other relevant parties. It includes names, titles, and contact details for those who were involved in the data collection and analysis process.

10. The tenth part of the document provides a list of acknowledgments and thanks. It expresses appreciation to the individuals and organizations that provided support and assistance during the data collection and analysis process.

11. The eleventh part of the document provides a list of definitions and abbreviations. It clarifies the meaning of key terms and symbols used throughout the document to ensure consistency and understanding.

12. The twelfth part of the document provides a list of footnotes and references. It includes additional information and sources that are relevant to the topics discussed in the document.

NOUVELLES OBSERVATIONS SUR LES ALGUES MARINES  
DU PARC NATUREL REGIONAL DE CORSE

Par

Concepció RODRIGUEZ PRIETO<sup>°</sup>  
Charles-François BOUDOURESQUE<sup>°°</sup>  
et Jacqueline MARCOT-COQUEUGNIOT<sup>°°</sup>

<sup>°</sup> Laboratori de Botànica, Universitat de Girona, Plaza Hospital, 17001 Girona, Catalunya, Espagne.

<sup>°°</sup> LBMEB (Laboratoire de Biologie Marine et d'Ecologie du Benthos, EA 876), Faculté des Sciences de Luminy, 13288 Marseille cedex 9, France.

1841-1842

1843-1844

1845-1846

1847-1848

**Résumé :** Environ 80 espèces d'algues marines ont été récoltées. Parmi elles, *Chaetomorpha pachynema* est nouveau pour la flore française et *Halymenia trigona* (?) est nouveau pour la Corse. Trois autres espèces sont nouvelles pour la région de Galeria-Scandola. *Peyssonnelia rara-avis* est retrouvé pour la première fois depuis sa description. *Polysiphonia setacea*, algue rouge accidentellement introduite en Méditerranée à la fin des années '80 et observée en Corse à partir de 1990, connaît un développement spectaculaire dans les biotopes sciaphiles de la Réserve.

**Resumen :** Se han recogido unas 80 especies de algas marinas, de las cuales, *Chaetomorpha pachynema* es nueva para la flora de Francia y *Halymenia floresia* (?) es nueva para la flora de Córcega. Otras tres especies son nuevas para la región de Galeria-Scandola. *Peyssonnelia rara-avis* se ha recogido por la primera vez desde su descripción. *Polysiphonia setacea*, alga roja introducida en el Mediterraneo a finales de la década de los ochenta y observada en Córcega a partir de 1990 ha experimentado un desarrollo espectacular en los biotopos esciófilos de la Reserva.

## INTRODUCTION

La flore marine de Corse est très riche (BOUDOURESQUE et PERRET-BOUDOURESQUE, 1987 ; VERLAQUE, 1987, 1989). Pour la seule région de Scandola-Galeria, VERLAQUE (1990) recense 454 taxons et stades d'algues macroscopiques (Bangiophyceae, Floridophyceae, Fucophyceae, Chlorophyceae et Ulvophyceae). On comparera cette diversité floristique à celle des Pyrénées-Orientales (côtes continentales de France), l'une des régions les plus explorées de Méditerranée, où BOUDOURESQUE *et al.* (1984) ont recensé 540 taxons et stades.

## MATERIEL ET METHODES

L'exploration de la région comprise entre le golfe de Galeria et la Réserve Naturelle de Scandola (façade maritime du Parc Naturel Régional de Corse) s'est déroulée entre la fin du mois d'Août et le début du mois de Septembre 1992. Les algues ont été récoltées en plongée sous-marine. Pour l'autorité des espèces déjà signalées de la région et n'appelant pas de remarque particulière, nous renvoyons à l'inventaire de VERLAQUE (1990).

Dans chaque phylum, les espèces sont classées dans l'ordre alphabétique. La nomenclature adoptée est, à l'exception de quelques changements nomenclaturaux récents, celle utilisée par BOUDOURESQUE et PERRET-BOUDOURESQUE (1987) et VERLAQUE (1990). Chaque signalisation débute par le nom de la station.

## INVENTAIRE DES ESPECES RECOLTEES

**Rhodophyta :** *Acrosorium venulosum* var. *venulosum* (U Camelu, 20 m), *Aeodes marginata* (Imbutu, 37 m, surplomb), *Amphiroa rigida* (Galeria, 1 m ; Petraghja, 5 m, paroi verticale), *Ceramium ciliatum* (Petraghja, 3 m, subhorizontal), *Chondrymenia lobata* (U

Camelu, 25-30 m, au pied d'un tombant, dans niche coralligène, gonimoblastes), *Chrysmenia ventricosa* (U Camelu, 35 m, paroi verticale), *Contarinia squamariae* (Punta Palazzu, 20 m, tombant), *Corallina elongata* (Galeria, 3 m ; Punta Palazzu), *Corallina granifera* (Petraghja, subhorizontal), *Digenea simplex* (Petraghja 3-4 m ; Galeria, 2 m), *Dudresnaya verticillata* (Imbutu, 20 m, subhorizontal, avec *Cystoseira spinosa*), *Eupogodon spinellus* (= *Dasyopsis spinella* ; Punta Palazzu, tombant), *Galaxaura oblongata* (Petraghja, 4 m, tombant ; Punta Palazzu, 20-25 m, tombant), *Gelidium crinale* (Galeria, 3 m, subhorizontal), *Gelidium pectinatum* (Petraghja, 4 m, tombant ; U Camelu, 6 m), *Halarachnion ligulatum* (U Camelu, 35 m, tombant), *Halopithys incurvus* (Petraghja, 3-6m, subhorizontal ; Galeria, 3 m, subhorizontal), *Halymenia floresia* (U Camelu, 37 m, dans Détritique Côtier), *Halymenia trigona* ? (U Camelu, 35 m, pied de tombant, détermination Marc VERLAQUE ; Cala Petraghja, 3 m, surplomb sciaphile), *Kallymenia lacerata* (U Camelu, commun entre 20 et 35 m, sous surplombs), *Laurencia microcladia* (Galeria, niveau à 2 m ; Cala Petraghja, 3 m, paroi verticale), *Laurencia pelagosae* (Punta Palazzu, 20 m, sur *Cystoseira spinosa*), *Liagora* sp. (Galeria et Petraghja, 3 m), *Lithophyllum lichenoides* (Punta Palazzu, Médiolittoral), *Myriogramme tristromatica* (U Camelu, 30 m, sous surplomb), *Nemastoma dichotoma* (Galeria, 5 m, sur paroi latérale d'un bloc de roche), *Osmundaria volubilis* (= *Vidalia volubilis* ; Petraghja, 4 m, subhorizontal ; Galeria, 3 m), *Peyssonnelia bornetii* (Imbutu, 25 m ; Punta Palazzu, 25 m, surplomb), *Peyssonnelia rara-avis* (U Camelu, 30 m, tombant vertical, dans niche coralligène ; tétrasporocystes), *P. squamaria* (Cala Petraghja, 5 m ; Punta Palazzu, 20 m, tombant), *Phyllophora nervosa* (Petraghja, 3-4 m surplombs), *Polysiphonia setacea* (très abondant à l'Imbutu où il recouvre tout entre 10 et 30 m, au Camelu et à Palazzu ; détermination Marc VERLAQUE), *Polysiphonia subulifera* (L'Imbutu, 35 m, tombant), *Pseudolithophyllum cabiochae* (U Camelu, 30 m, sous surplomb), *P. expansum* (Punta Palazzu, 25 m), *Pterocladia capillacea* (Punta Palazzu, sur le trottoir à *Corallina elongata*), *Rytiphloea tinctoria* (Cala Petraghja, sur le transect), *Sebdenia monardiana* (U Camelu, 30 m, avec spermatocystes ; détermination Marc VERLAQUE), *Sphaerococcus coronopifolius* (Cala Petraghja, 4-8 m, sous gros éboulis ; U Camelu), *Wrangelia penicillata* (Petraghja, le long du transect permanent).

**Fucophyceae** : *Arthrocladia villosa* (U Camelu, 37 m, Détritique Côtier ; Imbutu, 37 m, Détritique Côtier), *Asperococcus turneri* (= *A. bullosus* ; Imbutu, 37 m, Détritique Côtier), *Carpomitra costata* (Imbutu, 37 m, Détritique Côtier), *Cladostephus hirsutus* (Galeria, 3 m ; Petraghja, 3-6 m), *Cystoseira balearica* (Galeria, 3 m, subhorizontal, jeunes individus), *Cystoseira compressa* (Galeria, 0-3 m, subhorizontal), *C. ercegovicii* (Petraghja, 4 m, sur roche très ensablée), *C. spinosa* (Punta Palazzu, profondeurs variées ; Imbutu, 25 m), *Dictyopteris membranacea* (Imbutu ; Punta Palazzu, très abondant), *Dictyota dichotoma* (U Camelu, 6 m), *D. linearis* (Galeria, 1 m), *Dilophus fasciola* (Galeria, 0-2 m), *Halopteris scoparia* (= *Stypocaulon scoparium* ; Petraghja, Galeria, commun), *Nereia filiformis* (U Camelu, en épave), *Padina pavonica* (Galeria, Petraghja, commun), *Sargassum* sp. (Punta Palazzu ; Imbutu), *Spathoglossum solieri* (Punta Palazzu, sous des *Dictyopteris membranacea*, 25-30m), *Sphacelaria cirrosa* (Punta Palazzu, sur *Cystoseira spinosa*), *Sporochnus pedunculatus* (Imbutu, Détritique Côtier), *Striaria attenuata* (Imbutu, 37 m, Détritique Côtier), *Zanardinia prototypus* (Punta Palazzu, tombants, très abondant ; Imbutu, 20 m, tombant), *Zonaria tournefortii* (Punta Palazzu, 20-30 m, très abondant sous surplombs ; Petraghja, 4 m, tombant ; Imbutu, 15 m, surplomb).

**Ulvophyceae** : *Acetabularia acetabulum* (Galeria, 2-4m), *Anadyomene stellata* (Galeria, 2-4m, en particulier sur rhizomes morts de *Posidonia oceanica*), *Bryopsis cupressoides* var. *adriatica* (Imbutu, 6 m, tombant ; Punta Palazzu, 10 m, surplomb ; détermination Marc VERLAQUE), *Caulerpa prolifera* (Ghjurulata, 3 m, très abondant, sur sable et matte morte de *Posidonia oceanica*), *Chaetomorpha pachynema* (Petraghja, 3 m, subhorizontal, sous *Halopithys* et *Digenea* ; détermination C.F. BOUDOURESQUE et Marc VERLAQUE), *Cladophora prolifera* (Petraghja, 4 m, tombant), *Codium bursa* (Imbutu, commun entre 10 et 20 m), *C. effusum* (Imbutu, 18m), *Dasycladus vermicularis* (Galeria et Petraghja, 2-6m, très abondant), *Halimeda tuna* (Imbutu ; Punta Palazzu, surplombs ; Petraghja, faible profondeur, subhorizontal et surplombs), *Palmophyllum crassum* (Imbutu, 36 m, surplomb), *Udotea petiolata* (Galeria, 3 m, subhorizontal ; Petraghja ; Imbutu), *Valonia macrophysa* (Imbutu, 30 m).

## REMARQUES CONCERNANT CERTAINES ESPECES

**L'abondance de *Polysiphonia setacea*** : *Polysiphonia setacea* Hollenberg est une espèce considérée comme introduite accidentellement en Méditerranée. Connue de l'Atlantique tropical et de l'Indo-Pacifique (HOLLENBERG, 1968 ; EGEROD, 1971 ; CORDERO, 1977 ; SCHNETTER et BULA MEYER, 1982 ; WYNNE, 1986), elle a été signalée pour la première fois en Méditerranée dans la rade de Giens (Var) par VERLAQUE (1989) ; ce sont les pêcheurs professionnels, dont elle colmatait les filets, qui avaient attiré l'attention de ce dernier sur cette espèce. Par la suite, *P. setacea* a été signalé de Corse (région de Galeria) par VERLAQUE (1990). Dans le cadre de la présente mission, nous avons observé que *P. setacea* avait un développement considérable dans la Réserve : dans les biotopes sciaphiles profonds (à partir de 10-15 m), il constitue un tapis continu, épais de 2 à 5 cm, cohérent (on le détache en bloc), recouvrant la plupart des autres espèces. *Polysiphonia setacea* semble susceptible de modifier profondément la physionomie et la biodiversité des peuplements benthiques sciaphiles de Corse ; il conviendra donc de les comparer avec les

---

Figures 1-7 : *Peyssonnelia rara-avis*. Matériel récolté au Camelu (baie d'Elbu). Toutes les figures ont été réalisées à partir de coupes du thalle décalcifié.

1 : Coupe radiale au niveau de la marge.

2. Coupe radiale montrant le mode d'insertion des rhizoïdes.

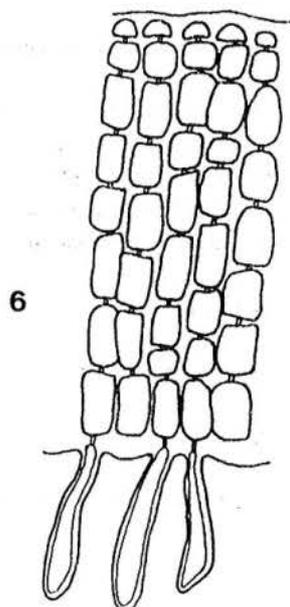
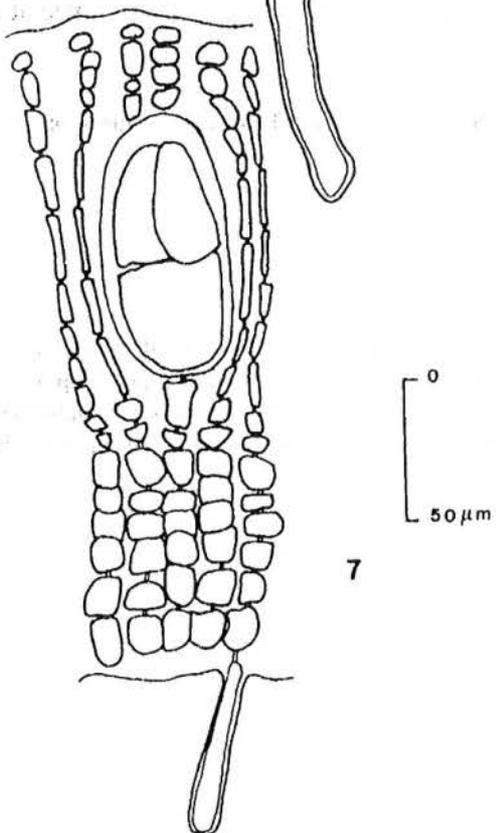
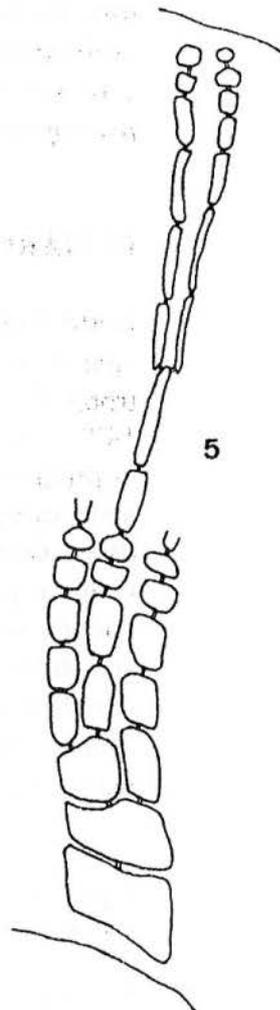
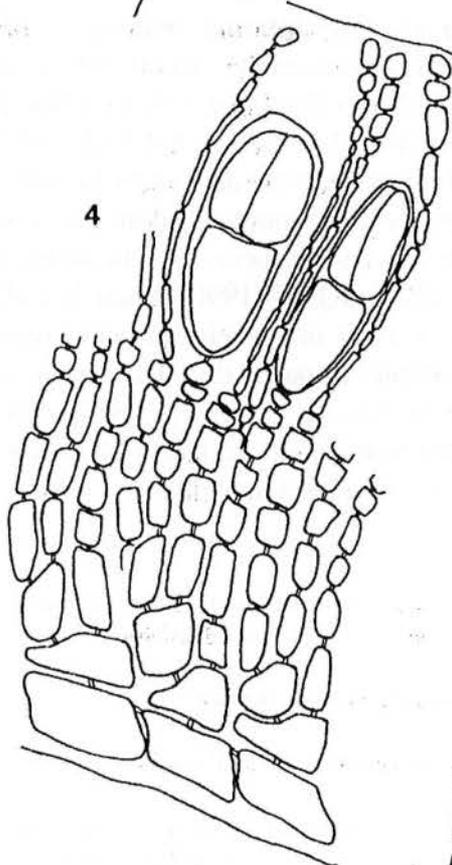
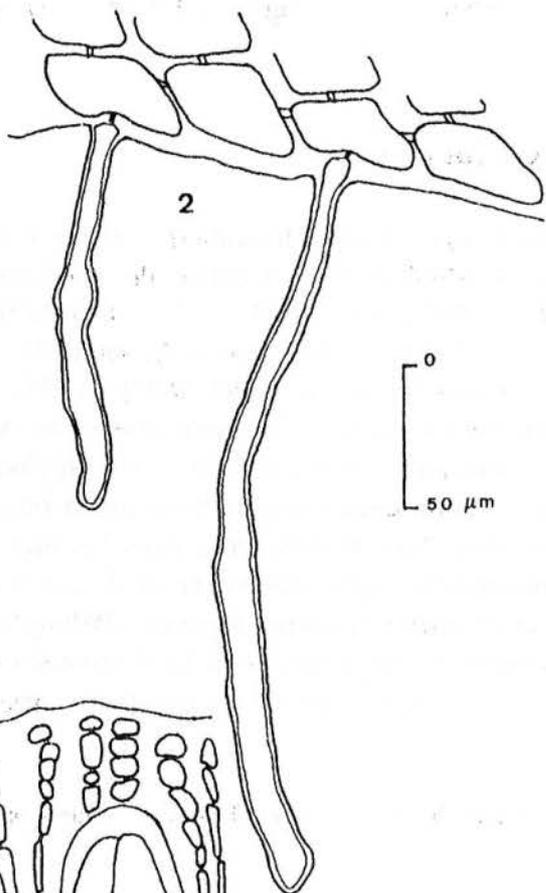
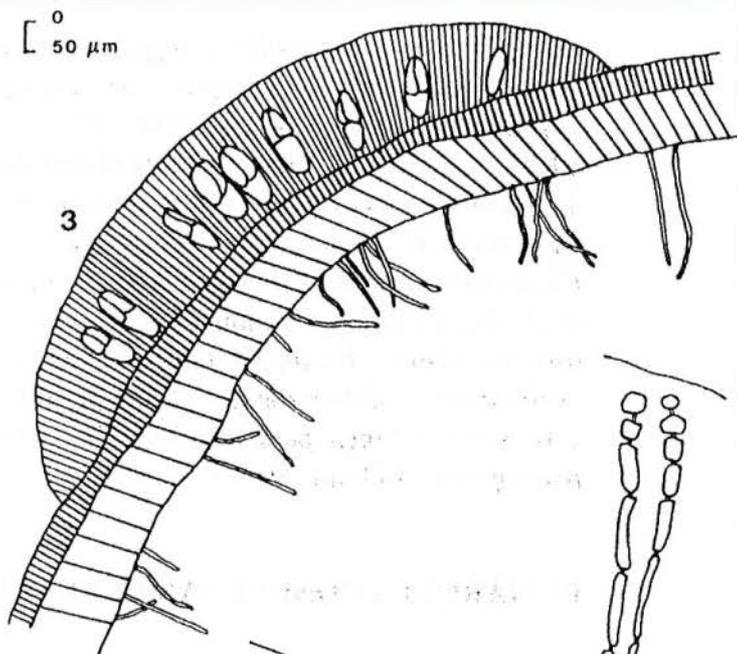
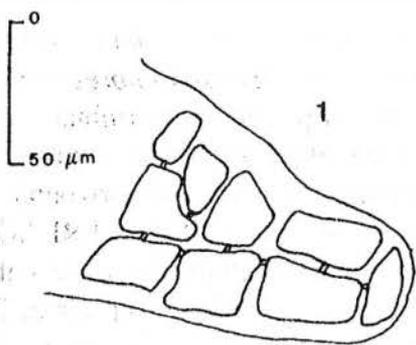
3 : Schéma d'une coupe transversale au niveau d'une némathécie à tétrasporocystes. Le thalle présente un hypothalle secondaire. Les hachures obliques représentent l'inclinaison des files périthalliennes par rapport au plan de l'hypothalle. Les hachures verticales représentent le périthalle secondaire (où les files périthalliennes sont redressées jusqu'à former un angle de 90° par rapport au plan de l'hypothalle). A l'intérieur de la némathécie, les hachures symbolisent les paraphyses.

4 : Coupe radiale au niveau d'une némathécie.

5 : Paraphyse bifide.

6 : Coupe tangentielle du thalle.

7 : Coupe tangentielle au niveau d'une némathécie.



données anciennes (MOLINIER, 1960 ; BOUDOURESQUE, 1970, 1973) et d'analyser avec précision leur évolution dans les années qui viennent. Nous ne savons pas en particulier si la dominance de *P. setacea* constitue un évènement passager ou si elle persistera. Par ailleurs, il sera intéressant de savoir si la présence et la dominance de *P. setacea* concernent la seule région de Galeria-Scandola ou bien l'ensemble des côtes corses.

**Récolte de *Peyssonnelia rara-avis* :** *Peyssonnelia rara-avis* Marcot et Boudouresque a été décrit de Corse (MARCOT et BOUDOURESQUE, 1977), d'après du matériel récolté entre Punta Stollu et les récifs des Scuglietti, à 15 m de profondeur ; il n'avait pas été revu depuis (en Corse ou ailleurs) ; la récolte de matériel fertile et bien caractérisé (Fig. 1 à 7) au Camelu (baie d'Elbu) confirme la valeur de cette espèce.

Les caractères anatomiques du matériel récolté correspondent bien à ceux de la description *princeps* et sont les suivants :

- (i) L'épaisseur du thalle (sans le calcaire hypobasal) est de 90-120  $\mu\text{m}$  à 100  $\mu\text{m}$  de la marge, 100-160  $\mu\text{m}$  à 5 mm de la marge, 140-190  $\mu\text{m}$  à 25 mm de la marge.
- (ii) Calcification hypobasale seule présente, commençant entre 400 et 600  $\mu\text{m}$  de la marge, épaisse de 70 à 120  $\mu\text{m}$  à 5 mm de la marge et n'augmentant pas d'épaisseur lorsque l'on s'éloigne de la marge. Le thalle est cassant, de telle sorte que son étude nécessite une décalcification préalable.
- (iii) Rhizoïdes unicellulaires relativement longs (50 à 130  $\mu\text{m}$ ), larges de 10-16  $\mu\text{m}$  (mesures faites à 1 mm de la marge) et insérés, non pas à l'avant, mais au milieu de la cellule hypothallienne.
- (iv) Hypothalle non polyflabellé, sans toutefois que les files hypothalliennes soient tout à fait radiales : elles sont sinueuses.
- (v) Cellules hypothalliennes mesurant (à 1 mm de la marge) 20-30  $\mu\text{m}$  de hauteur, 35-50  $\mu\text{m}$  de longueur et 10-15  $\mu\text{m}$  de largeur.
- (vi) Angle périthalle - hypothalle relativement grand : 56 à 71° à 5 mm de la marge.
- (vii) Le thalle, à l'approche de la marge, présente souvent un rétrécissement brutal (vu en coupe radiale).
- (viii) Il n'y a pas de division des files périthalliennes dans le plan tangenciel ; les divisions n'apparaissent que sur les coupes radiales.
- (ix) Les némathécies à tétrasporocystes sont proéminentes.
- (x) Les tétrasporocystes sont insérés seuls sur la file périthallienne dont ils sont issus.
- (xi) Il existe des paraphyses bifides, mais les paraphyses simples sont majoritaires.
- (xii) Dans les parties âgées, apparition d'un périthalle secondaire.
- (xiii) Le thalle n'adhère au substrat qu'à son point de fixation.
- (xiv) Sur le thalle peuvent apparaître des lobes superposés au thalle principal : des initiales périthalliennes ont, dans ce cas, donné naissance à un nouvel hypothalle.

**Espèces nouvelles pour la Corse ou pour la région :** *Chaetomorpha pachynema* Montagne est connu de l'Atlantique tropical et tempéré et de l'Indo-Pacifique (DAWSON, 1950 ; CREMADES, 1989). En Méditerranée, il n'a été signalé que d'Israël (RAYSS, 1955) et des Baléares (CREMADES, 1989). L'espèce est donc nouvelle pour la Corse et pour la flore française. *Halymenia trigona* (Clemente) C. Agardh (= *H. elongata* Agardh ; détermination à confirmer) est nouveau pour la Corse (Fig. 8) ; il a également été récolté

récemment aux îles Lavezzi (Marc VERLAQUE, comm. verb.). *Halymenia floresia*, (Clemente) C. Agardh, *Nemastoma dichotoma* J. Agardh et *Striaria attenuata* (Greville) Greville sont nouveaux pour la région de Galeria-Scandola.

## DISCUSSION ET CONCLUSIONS

La Corse apparaît de plus en plus comme l'un des pôles de la biodiversité floristique de la Mer Méditerranée. L'inventaire de cette flore est pourtant loin d'être achevé, comme en témoigne le présent travail.

La Corse avait, jusqu'à présent, été relativement épargnée par les introductions d'espèces. *Caulerpa taxifolia* (Vahl) C. Agardh, qui se développe de façon spectaculaire dans les Alpes-Maritimes (France) et dans quelques autres stations de Méditerranée occidentale (MEINESZ et HESSE, 1991 ; BOUDOURESQUE *et al.*, 1992 ; BOUDOURESQUE et GOMEZ GARRETA, 1992), n'a pas encore atteint la Corse. Des espèces comme *Asparagopsis armata* Harvey et *Codium fragile* (Suringar) Hariot, qui constituent maintenant des éléments dominants du paysage sous-marin dans certains secteurs de Méditerranée nord-occidentale, ne se sont installées en Corse qu'assez récemment (CASABIANCA *et al.*, 1972-73 ; COPPEJANS, 1979 ; COPPEJANS et BOUDOURESQUE, 1983) et y semblent encore rares. Avec le développement de *Polysiphonia setacea*, la Corse est à son tour confrontée avec le problème des invasions biologiques.

## REMERCIEMENTS

Ce travail a été réalisé dans le cadre d'un programme du Comité Scientifique de la Réserve Naturelle de Scandola (Parc Naturel Régional de la Corse). Ce programme a été géré par le GIS Posidonie. Nous tenons à remercier Michel LEENHARDT, Directeur du Parc Naturel Régional de la Corse, les agents de la Réserve Naturelle, François ARRIGHI, Jean-Marie DOMINICI, Franck FINELLI et Norbert VERNEAU, ainsi que Laurence LE DREACH, Secrétaire scientifique du GIS Posidonie. Marc VERLAQUE a relu ce travail, nous fait part de ses remarques et a vérifié (ou corrigé) un certain nombre de déterminations.

## BIBLIOGRAPHIE

BOUDOURESQUE C.F., 1970. Recherches de bionomie analytique, structurale et expérimentale sur les peuplements benthiques sciaphiles de Méditerranée occidentale (fraction algale). Thèse Doct. Sci. Univ. Aix-Marseille II, Fr. : 1-624.

BOUDOURESQUE C.F., 1973. Recherches de bionomie analytique, expérimentale et structurale sur les peuplements benthiques sciaphiles de Méditerranée occidentale (fraction algale). Les peuplements sciaphiles de mode relativement calme sur substrat dur. *Bull. Mus. Hist. nat. Marseille*, 33 : 147-225.

BOUDOURESQUE C.F., GOMEZ GARRETA A., 1992. El alga tropical *Caulerpa taxifolia* (Chlorophyta) en el Mediterráneo occidental. *Algas*, 10 : 3-8.

BOUDOURESQUE C.F., PERRET-BOUDOURESQUE M., 1987. A checklist of the benthic marine algae of Corsica. GIS Posidonie publ., Marseille, Fr. : 1-121.

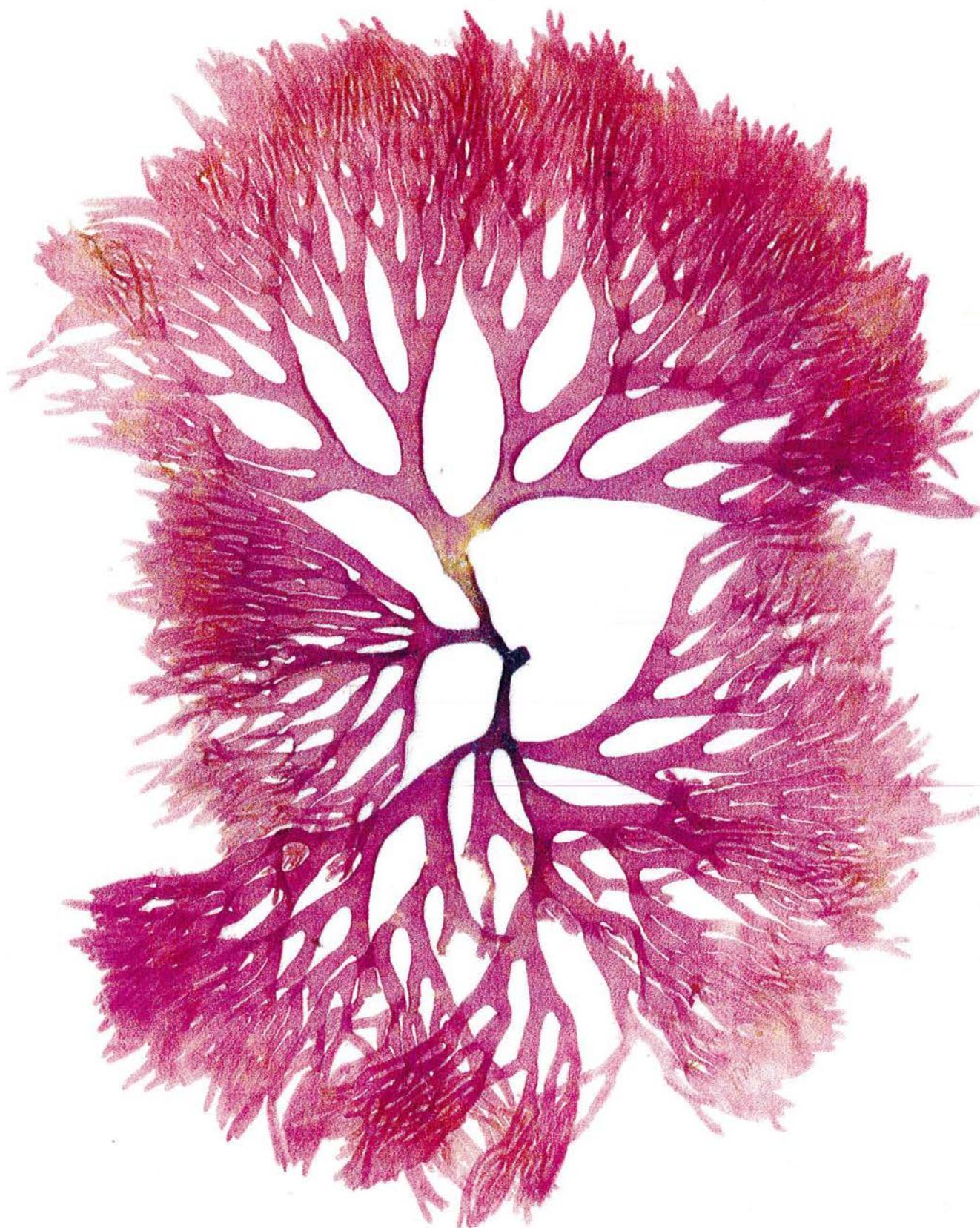
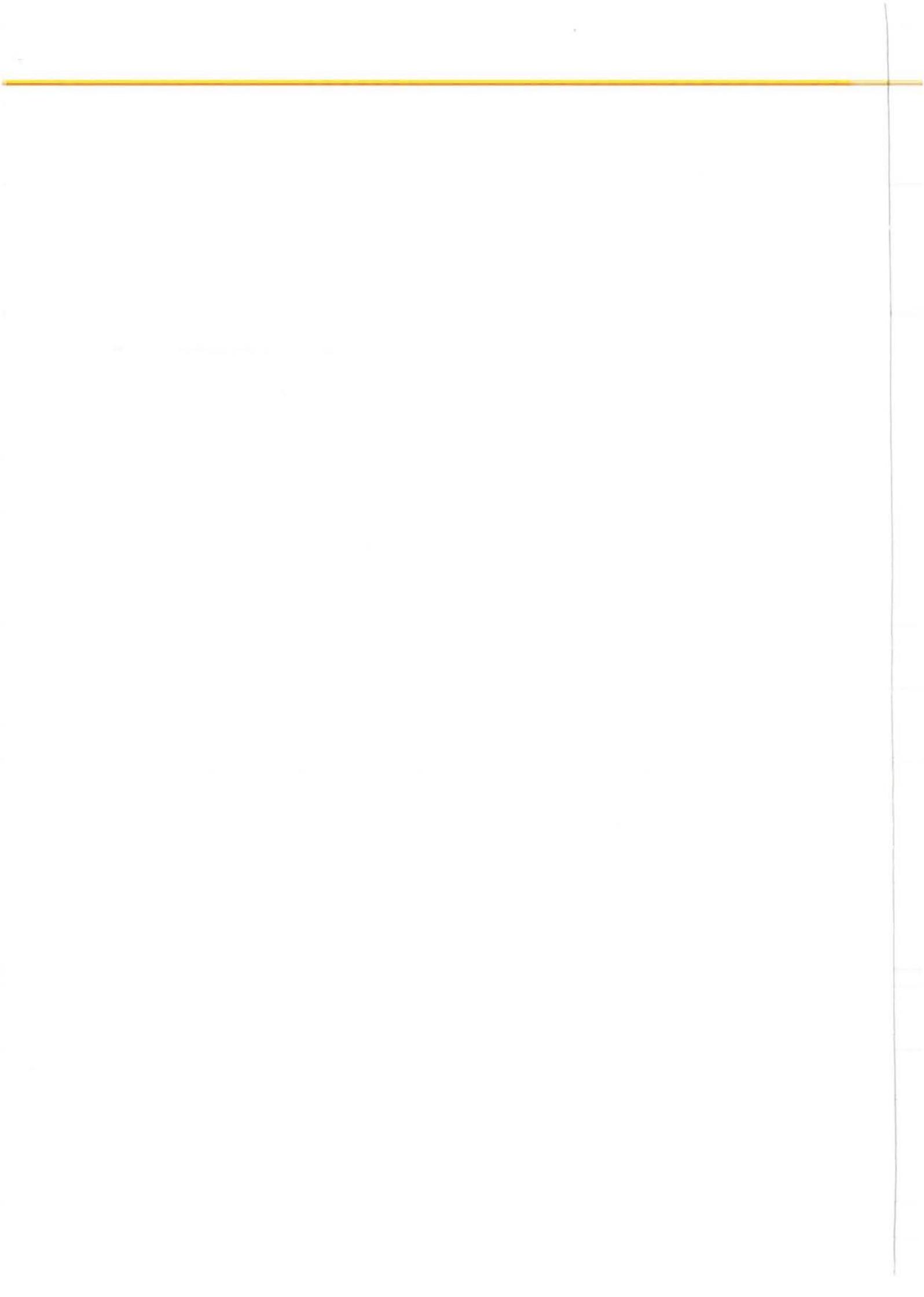


Figure 8 : Fragment du spécimen d'*Halymenia trigona* (?) récolté au Camelu (baie d'Elbu, Réserve Naturelle de Scandola) à -35 m ; grandeur nature.



- BOUDOURESQUE C.F., PERRET-BOUDOURESQUE M., KNOEPFFLER-PEGUY M., 1984. Inventaire des algues marines benthiques dans les Pyrénées-Orientales (Méditerranée, France). *Vie Milieu*, 34 (1) : 41-59.
- BOUDOURESQUE C.F., MEINESZ A., VERLAQUE M., KNOEPFFLER-PEGUY M., 1992. The expansion of the tropical alga *Caulerpa taxifolia* (Chlorophyta) in the Mediterranean. *Cryptogamie-Algologie*, Fr., 13 (2) : 144-145.
- CASABIANCA M.L. de, KIENER A., HUVE H., 1972-73. Biotopes et biocénoses des étangs saumâtres corses : Biguglia, Diana, Urbino et Palo. *Vie Milieu*, 23 (2) : 187-227.
- COPPEJANS E., BOUDOURESQUE C.F., 1983. Végétation marine de la Corse. VI. Documents pour la flore des algues. *Botanica marina*, 26 : 457-470.
- CORDERO P.A., 1977. Studies on Philippines marine red algae. *Special Publ. Sato mar. biol. Lab.*, Series IV : 1-258 + 28 pl. h.t.
- CREMADES J., 1989. *Ethelia fissurata* (Crouan frat.) Denizot y *Chaetomorpha pachynema* (Mont.) Mont. in Kützing en las Islas Baleares. *An. Jard. bot. Madrid*, 46 (1) : 341-343.
- DAWSON E.Y., 1950. Notes on pacific coast marine algae, IV. *Am. J. Bot.*, 37 (2) : 149-158.
- EGEROD L., 1971. Some marine algae from Thailand. *Phycologia*, 10 (1) : 121-142.
- HOLLENBERG G.J., 1968. An account of the species of *Polysiphonia* of the central and western tropical Pacific ocean. I. *Oligosiphonia*. *Pacific Sci.*, 22 (1) : 56-98.
- MARCOT J. et BOUDOURESQUE C.F., 1977. Recherches sur le genre *Peyssonnelia* (Rhodophyta). XI. Sur un *Peyssonnelia* de Corse. *Bull. Mus. Hist. nat. Marseille*, 37 : 109-116.
- MEINESZ A., HESSE B., 1991. Introduction et invasion de l'algue tropicale *Caulerpa taxifolia* en Méditerranée nord-occidentale. *Oceanologica Acta*, 14 (4) : 415-426.
- MOLINIER R., 1960. Etude des biocénoses marines du Cap Corse. *Vegetatio*, 9 (3-5) : 121-192 + 217-312 + 1 Fig. + 2 Tbl. h.t..
- RAYSS T., 1955. Les algues marines des côtes palestiniennes. I. Chlorophycées. *Sea Fish. Res. Stn. Haifa, Bull.*, Israël, 9 : 1-36.
- SCHNETTER R., BULA MEYER G., 1982. Marine algen der Pazifikküste von Kolumbien. Chlorophyceae, Phaeophyceae, Rhodophyceae. *Bibliotheca phycologica*, 60 : i-xvii + 1-287.
- VERLAQUE M., 1987. Contribution à l'étude du phytobenthos d'un écosystème photophile thermophile marin en Méditerranée occidentale. Etude structurale et dynamique du phytobenthos et analyse des relations faune-flore. Thèse Doct. Etat, Univ. Aix-Marseille II, Fr. : 1-389 + 96 pl. + annexes i-xxxvi h.t.
- VERLAQUE M., 1989. Contribution à la flore des algues marines de Méditerranée : espèces rares ou nouvelles pour les côtes françaises. *Botanica marina*, 32 (2) : 101-113.
- VERLAQUE M., 1990. Flore benthique de la région de Galeria. *Trav. sci. Parc nat. rég. Rés. nat. Corse*, Fr., 29 : 77-88.
- WYNNE M.J., 1986. A checklist of benthic marine algae of the tropical and subtropical western Atlantic. *Can. J. Bot.*, 64 (10) : 2239-2281.

Handwritten text, likely bleed-through from the reverse side of the page. The text is extremely faint and illegible due to low contrast and blurring. It appears to be organized into several paragraphs or sections, but the specific content cannot be discerned.

**LE CAPU TAVUNATU (Haute Corse)**

Un essai brésilien naturel en tectonique cassante:

par

\*

\*\*

Blaise SOUFFACHE et Alain GAUTHIER

\* Laboratoire de Géologie structurale, Université Paris VI, Tour 26, Boîte 129, 4 place Jussieu, 75252 PARIS Cedex 05

\*\* Lycée Fesch, 5 cours Grandval, 20000 AJACCIO

Mots-clés :

Corse, Essai brésilien, Fentes de tension, Réactivation, Tectonique polyphasée.

Keywords :

Brazilian test, Corsica, Polyphase tectonics, Reactivation, Tension gashes.

Résumé :

Les effets de la tectonique cassante paléozoïque réactivée par les compressions alpines se manifestent par un résultat singulier dans le Sud du complexe volcano-plutonique du Monte Cintu (Haute Corse). Un sommet d'ignimbrite massive y est ajouré par des fentes de tension géantes, d'où son nom, u capu Tavunatu (le pic percé en langue corse). Ce système de fentes de tension est l'aboutissement d'une structuration remarquable produite par les différentes phases tectoniques évoquées.

L'analyse mécanique et notamment la comparaison avec les expériences de laboratoire qu'elle permet, conduit à démontrer l'existence locale d'une paléo-tension verticale, et montre que le dispositif qui en résulte peut se définir comme une sorte d'essai brésilien naturel.

Abstract :

The effects of the reactivated by the alpine compressions paleozoic brittle tectonics appear through a peculiar result in the South of the Volcano-plutonic complex of the monte Cintu (Haute Corse). A summit of massiv ignimbrite is there perforated by giant tension gashes, whence his name, u capu Tavunatu (the drilled mountain in corsican language). This system of tension gashes is the conclusion of a remarkable structuration due to the several evocated tectonic phases.

The mechanical analysis and especially the comparison with the experimentations which it permits leads to demonstrate the local existence of a vertical paleo-strain and shows that the resulting device can be defined like a kind of natural brazilian test.

## I INTRODUCTION

### a. Contexte structural

Au cours de Permien moyen à supérieur et après l'orogénèse hercynienne, une vingtaine de complexes volcano-plutoniques alcalins se sont mis en place à la faveur d'un épisode tectonique distensif à travers le batholite corse (ORSINI, 1976 ; BONIN et al, 1976). Celui-ci est essentiellement constitué par des granitoïdes magnésio-potassiques et calco-alcalin carbonifères et par un ensemble volcanique calco-alcalin d'âge permien inférieur dit "1er cycle volcanique" (VELLUTINI, 1973).

En fonction du degré d'érosion de ces complexes, il est aujourd'hui possible d'observer :

- soit la partie haute, volcanique, de ces structures comme dans la presqu'île de Scandola et le monte Seninu ;
- soit des vulcanites et les granites alcalins comme dans le massif du Cintu qui nous intéresse ici ;
- soit uniquement des granites alcalins qui forment les racines des complexes comme dans le massif de Bavella ou la région de Portu.

Le complexe volcano-plutonique du Cintu est une structure grossièrement elliptique de 250 km<sup>2</sup> (Fig. 1) où les relations entre les formations volcaniques et les intrusions plutoniques sont mises en évidence le long des rivières qui draine et dissèquent le coeur de la structure

- la Ficarella (provenant de la confluence des rivières de Spasimata et de Melaghja) ;
- le ruisseau de Candela (provenant de la confluence des torrents de Maghjine, Taïta, Cavichja, Saltare et la Ucella).

Du Nord-Ouest au Sud-Est, on rencontre ainsi (Fig 2) une coupole de granite hyperalcalin à riébeckite, le granite de Bonifatu-Spasimata intrusif dans une puissante série ignimbrétique, puis à la périphérie Sud-Est de la structure des pyroclastites qui constituent le point culminant de l'île et sont localement injectées de rhyolite fluidale.

Nous nous proposons ici d'étudier l'extrémité Sud-Ouest de ce complexe, qui présente une organisation tectonique originale. L'analyse structurale va y révéler une origine mécanique remarquable. Il s'agit du sommet dit

capu Tavunatu, c'est-à-dire pic percé.

## b. Description du site étudié

### 1. Aperçu pétrologique

La roche qui constitue l'essentiel du capu Tavunatu et en particulier la masse sommitale est une rhyolite ignimbritique massive rose à rouge (VELLUTINI, 1977). A l'oeil nu, on y observe de nombreux phénocristaux de quartz et de sanidine ainsi que quelques traces d'amphibole dans un "verre" plus ou moins dévitrifié. Au microscope, la mésostase montre le développement de cristallites de quartz et de feldspaths alcalins.

Localement, on peut noter quelques variations de faciès remarquables : par exemple, un affleurement circulaire de rhyolite non rubéfiée et non dévitrifiée, et aussi des filons subverticaux de rhyolite prismée sur la face Ouest mais qui n'intéressent pas le sommet proprement dit. Il paraît en être de même pour les filons de roches vertes basiques (dolérites alcalines) visibles à l'Est du col des Maures ouvert au pied du capu Tavunatu ainsi qu'à l'Ouest. En somme, le secteur étudié paraît remarquablement homogène sur le plan pétrologique.

### 2. Morphologie

Le capu Tavunatu (longitude 8°52'8" E, latitude 42°19'6" N, altitude 2335 m) est situé au Sud-Ouest du complexe volcano-plutonique du Cintu et à proximité immédiate de la faille de bordure (Fig.1). Il est l'un des derniers éléments de la chaîne principale d'orientation Nord-Est-Sud-Ouest qui porte le point culminant de l'Ile. Une grande faille N 020 à composante décrochante, dite faille du col des Maures, l'a déplacé latéralement par rapport à l'axe de la chaîne dont il apparaît maintenant détaché et par conséquent sans aucune relation mécanique latérale.

La morphologie de cette montagne est elle-même contrôlée exclusivement par des fractures et des failles :

\* Le sommet est une crête de trois cents mètres de longueur sur une dizaine de mètres d'épaisseur orientée N 020. Il est traversé, environ quatre vingts mètres en contrebas, par une fracture de même orientation et de plongement 35° à 40 ° W dont le centre est ouvert sous forme d'arc surbaissé de 30 mètres de largeur par 12 mètres de hauteur sous voûte qui met en communication les faces Est Ouest, toutes deux subverticales. Le plan de

cette fracture est nettement matérialisé sous forme de vires sur les deux faces.

\* La face Ouest s'appuie sur deux séries, symétriques par rapport à la perforation, de contreforts délimités par deux familles de fractures à très fort plongement Est et d'azimut N 020 et N 060, la seconde dominant largement la première. Entre ces deux séries, la paroi du bloc central présente, sous l'ouverture, trois ébauches de perforation dont le plan de base est parallèle à celui du trou, les quatre plans ainsi matérialisés étant à peu près équidistants (Photo et Fig. 3. L'ébauche d'ouverture la plus basse est dans l'ombre sur le cliché).

\* Cette perforation a attiré l'attention de certains auteurs qui en ont proposé, soit des explications fausses, soit des explications incomplètes, l'absence d'attention portée aux trois ébauches de perforation, indiquant la structuration précise du système, étant d'ailleurs la cause de cette incomplétude. Nous nous proposons quant à nous de démontrer qu'il ne s'agit pas d'une simple curiosité locale liée à l'altération mais d'un phénomène d'origine mécanique contrôlé largement par la tectonique.

### c. Modèle anciens

Rappelons que les rares études consacrées à ce site se bornaient autrefois à y invoquer le rôle d'un phénomène d'altération rocheuse très répandu en Corse et nommé Tavone (AMBROSI, 1929).

Les Tavoni sont des cavités qui se développent à toutes altitudes en Corse mais préférentiellement toutefois au-dessous de 1600 mètres par dégradation physico-chimique dans les roches endogènes. Leur échelle de taille part du centimètre pour atteindre le décimètre, et la valeur de cette limite supérieure associée à de fréquentes observations de coalescence a d'abord été évoquée pour expliquer le phénomène.

Cette explication est cependant écartée par l'état de surface des parois de la perforation, partout saines et compactes, et présentant un débit parfaitement prismatique typique d'une cause purement mécanique. S'il est vrai que quelques tavoni décimétriques existent en face Ouest près du trou, l'absence totale de ces formations dans et autour des trois ébauches inférieures apporte toutefois la preuve que le tavone n'est pas le phénomène initiateur.

Plus récemment, une approche tectonique du site a été faite, dans laquelle la fracture déterminant le plan de base de la perforation est impliquée (VELLUTINI et al,

1974). Cependant, cette fracture ne fait l'objet dans ce travail que d'une simple description, tandis que nous pensons que ses relations causales avec son contexte cassant forment le fond du problème.

## II CONTEXTE TECTONIQUE

### a. Contexte régional

La grande homogénéité des matériels du complexe volcano-plutonique du Cintu et l'absence de marqueurs étendus qui en résulte y rendent délicat le travail d'interprétation tectonique à grande échelle. Les mesures que nous exploitons ici proviennent à la fois de relevés de terrain et du complément qu'en constitue la photo-interprétation SPOT lorsque l'orographie, souvent brutale, empêche l'accès (scène KJ 58-265 du 30 juillet 1986). Ces mesures ne donnent pas une représentation exhaustive de la région, ce qui ne gêne pas notre propos qui est d'illustrer un aspect bien particulier de la combinaison des phases qui s'y décèlent. Deux grandes familles de fracturation se dégagent de l'analyse (Fig. 4) :

\* Une famille d'azimut N 050 - 070, comprenant de grandes failles à fort plongement NNW et SSE domine très largement dans l'ordre des longueurs cumulées ; ces failles s'expriment sous forme de nombreux plans rapprochés dont nous n'avons pu relever et représenter que les individus majeurs (Fig.5). Les secteurs particulièrement affectés par cette tectonique se présentent sur le terrain comme un réseau de compartiments de pas décamétrique.

\* Une seconde famille, d'azimut N 020 et de plongement subvertical, est accompagnée de rares décrochements dextres. Le sens dextre est révélé, soit par le décalage de filons comme au col des Maures (entre capu Tavunatu et Paglia Orba, Fig. 5), soit par celui d'accidents plus anciens d'azimut N 160 (comme au Sud de la Ficarella). La tendance à s'exprimer en réseau, évoquée pour la famille N 050 - 070, est également détectable dans cette famille N 020, mais de façon moins nette et plus sporadique.

\* Une troisième famille, mineure, orientée à N 040,

peut enfin être perçue par endroits dans ce secteur.

L'injection filonienne microgranitique associée à la fin du cycle magmatique permien est présente dans toutes ces directions ; d'autre part aucun décalage statistiquement significatif de ces failles les unes par les autres n'est détectable. Si l'on considère enfin que les très rares accidents d'azimut N 160 formant l'inventaire de la fracturation du socle corse (CHABRIER et al, 1981) sont décalés par les failles N 020, on est fondé à admettre que pour l'essentiel, la tectonique du massif du Cintu est anté-mésozoïque.

De fait, toutes les études concernant les massifs des Maures et de l'Estérel avec lesquels la Corse était en proche relation jusqu'à l'Oligocène (WESTPHAL et al, 1976) concluent à la rareté des failles néoformées post-paléozoïques dans le socle (en particulier liées à la tectonique pyrénéenne), et plutôt à une réactivation des failles préexistantes (ARTHAUD et al, 1980 ; ARTHAUD et al, 1981 ; TEMPIER, 1987).

Quant aux études portant plus spécifiquement sur la Corse, elles montrent que notre direction majeure N 050 - 070, ramenée à la valeur qu'elle avait avant la rotation de la micro-plaque corso-sarde (N 080 - 100), est celle de la fracturation d'un grand couloir décrochant N 090 allant de Gibraltar à l'Europe centrale (BONIN, 1988), occasionnée par une phase de compression tardi-hercynienne (ARTHAUD et al, 1975).

L'extension ainsi que la valeur du rejet de ces décrochements expliquent cet aspect en réseau sous lequel se présentent ici ces accidents, et cet aspect du terrain explique à son tour qu'ils aient pu facilement rejouer en failles normales (ARTHAUD et al, 1975) lors de la distension permienne qui a provoqué l'apparition des complexes volcano-plutoniques, et que nous évoquons en introduction.

Quant à l'expression en réseau associée plus sporadiquement à la famille N 020 non recensée dans les directions de décrochement tardi-hercyniens, elle peut être expliquée par l'apparition de failles normales propres à l'extension permienne ; le grand coefficient de frottement interne de l'ignimbrite et de la rhyolite justifierait alors tant le fort plongement que les nombreuses répliques qui la caractérisent.

Ajoutons que des joints de tension subverticaux ainsi que des fissures de refroidissement dans la rhyolite complètent partout l'énumération des structures cassantes de cette région.

## **b Contexte local**

Nous examinons ici plus en détail le secteur capu Tavunatu-Paglia Orba.

Le capu Tavunatu proprement dit, c'est-à-dire la crête perforée, est le dernier élément d'un réseau de compartiments à pas décimétrique de failles normales permiennes N 020 ici bien exprimé et s'arrêtant sur la grande faille du col des Maures de même azimuth. Le rejeu récent de cette grande faille est à composante décrochante dextre (décalage de filons doléritiques subverticaux) ; son rejet est inverse, ce qu'établit le pitch des stries observables sur les grands miroirs voisins du col qui lui sont associés :  $70^\circ$  à  $75^\circ$ S. (Notons au passage que la forte valeur de ce pitch élimine pour ce site la possibilité de "structure en fleur" souvent caractéristique des contextes décrochants à composante compressive).

La fracturation à N 020 est d'ailleurs assez abondante dans les environs et y présente partout la même composante dextre de rejet décimétrique (décelable au décalage de filons doléritiques) comme par exemple dans la "grande barrière" qui joint la Paglia Orba à la punta Minuta où elle est responsable d'une spectaculaire digitation de la crête.

Dans le détail, la structure du capu Tavunatu est compliquée par la présence du système serré de fractures en réseau de répliques N 060 dominant dans l'ensemble du massif et dont les éléments ne traversent pas la crête percée mais viennent buter sur elle.

Cette structure est compliquée encore par un basculement, d'âge probablement miocène, de tout le secteur d'une vingtaine de degrés vers l'Ouest, très visible grâce au pendage des strates du conglomérat volcano-sédimentaire du sommet voisin, la Paglia Orba, dans cette direction ; le plongement de la faille du col des Maures s'en trouve ramené au voisinage de la verticale, sa valeur originelle devait être de  $60^\circ$  à  $70^\circ$  W. Cette relation géométrique conforte d'ailleurs indirectement l'interprétation chronologique proposée pour tout ce système de fracturation.

Enfin, la Paglia Orba est traversée par une faille d'azimut N 160 à composante décrochante sénestre de rejet décimétrique (Fig. 6).

### III MODELISATION

Les deux jeux décrochants N 020 dextre et N 160 sénestre que nous venons de décrire sont a priori peu compatibles avec une seule direction de compression ; si l'on admet un angle de frottement d'environ  $30^\circ$  pour les roches concernées (ignimbrite ou rhyolite), ce qui est bien le minimum, on obtient pour les directions de  $\sigma_1$  admissibles respectivement pour chacun de ces mouvements les deux intervalles (N 020-N 080) et (N 100-N 160) qui n'admettent pas de partie commune.

Or il est connu d'une part que les compressions liées au cycle alpin ont provoqué, là où elles ont été étudiées en Corse (Corse alpine), des rejeux décrochants dextres sur les accidents NE-SW et des rejeux décrochants sénestres sur les accidents NNW-SSE (MALUSKI et al, 1973). D'autre part, en fonction de la tectonique cassante, deux phases compressives distinctes (LETOUZEY et al, 1980) sont décrites pour la micro-plaque corso-sarde en position actuelle :

- une compression NE-SW fin Oligocène - début Miocène.
- une compression NW-SE fin Miocène (phase messinienne).

Ces deux directions de compression s'accordent bien, respectivement, avec les observations de décrochements dextres sur accidents N 020 et sénestres sur accidents N 160 ; si de plus on considère que dans ces deux phases le rejet hérité de la faille du col des Maures n'a pu être qu'inverse, on constate que les observations de terrain locales sont cohérentes avec ce que l'on sait des événements qui ont affecté la région.

On s'aperçoit alors que, lors de chacune de ces phases tectoniques, la future crête du capu Tavunatu a pu jouer un même rôle en tant que dernier élément du réseau de compartiments (Fig. 7), identité de rôle provenant du fait que la fracturation à N 060 ne l'a pas entamée, et qu'elle est ainsi restée monolithique.

Le compartiment central du réseau y est en effet pourvu d'une propriété mécanique remarquable sous l'action de la composante  $\sigma_{n1}$  de  $\sigma_1$  normale à la direction du réseau : tandis que tous les autres compartiments sont soumis à des composantes de mouvement antiparallèles à leurs limites qui produisent un simple cisaillement, ce compartiment, surtout s'il est délimité comme ici par des failles à fort pendage, subit à ses limites des mouvements homocinétiques et la composition des forces qui en résulte

y induit une tension perpendiculaire.

Si enfin, on considère que le décalage du sommet par rapport à l'axe de la grande chaîne dont il fait partie (Fig. 6) a pour conséquence d'augmenter encore la singularité de sa position en lui supprimant tout confinement latéral, on s'aperçoit que la configuration géométrique de cette crête dans son environnement est comparable, sa forme mise à part, à celle de l'éprouvette dans le test de laboratoire dit "essai brésilien". On sait que, dans celui-ci, une compression selon un plan passant par deux génératrices d'un cylindre non confiné perpendiculairement à ce plan induit une tension qui se matérialise par des fentes en échelon et permet finalement de mesurer la tension de rupture d'un matériau (JAEGER et al, 1968) (Fig.8).

Or, bien que la forme de coin sous laquelle le compartiment centrale de ces systèmes en réseau de répliques subit ici la compression ne soit pas idéalement adaptée à cette induction de tension comme le cylindre de l'essai de laboratoire, on peut montrer que seul le rendement de l'effet en est affecté, et considérer le capu Tavunatu comme un véritable dispositif naturel d'essai brésilien.

Cette configuration, à laquelle quatre phases tectoniques au moins l'ont amené, se manifeste ainsi par un système géant de fentes de tension initialement subhorizontales dont la netteté et la régularité forment un modèle du genre, mais surtout démontre qu'une tension effective verticale s'est produite sur le site.

L'inclinaison actuelle de ce système de fentes de tension ( $40^{\circ}W$ ) doit être reliée au basculement général vers l'Ouest de tout le secteur, déjà évoqué.

Quant à la perforation, qui représente le stade ultime de l'évolution de ce système, si elle doit certes son aspect spectaculaire actuel à l'érosion - l'intersection de la fente de tension N 020 avec le diaclasage de même azimut de l'ignimbrite favorise le débit du matériau - son existence n'en est pas moins le résultat d'une structuration originale dont les causes sont purement tectoniques.

Ce modèle est corroboré par la vérification rigoureuse que nous avons faite, sur le terrain, que l'extension, sauf une exception que nous analyserons en annexe, de ces fractures obliques est strictement limitée au compartiment central du réseau : les compartiments voisins n'en présentent pas la moindre trace, et a fortiori les environs du sommet.

#### IV CONCLUSION

L'analyse mécanique que nous proposons ici ne vise pas à rendre compte en détail de la structure d'un site (par exemple, l'un des épisodes compressifs évoqués a été plus efficace que l'autre du fait de la meilleure perpendicularité de  $\sigma_1$  aux failles préexistantes et en fait il est possible de déceler deux systèmes de fentes de tension dans la crête perforée) mais de dégager un principe d'évolution morphologique causé par un enchaînement d'épisodes tectoniques.

Le développement d'une structuration originale qui en découle illustre une perspective de la mécanique naturelle dans laquelle on constate l'apparition d'une tension verticale effective. L'analogie avec les expériences de la mécanique des roches en laboratoire doit faire examiner avec une attention nouvelle les situations où se détectent des joints de tension subhorizontaux.

#### V ANNEXE : CONSEQUENCES MORPHOLOGIQUES SECONDAIRES

On peut observer, fait exceptionnel, que la fracture dont le plan forme la base de la perforation, c'est-à-dire la fente de tension la plus haute, se poursuit en fait dans le plus élevé des contreforts de la face Ouest. Elle déborde donc du compartiment central dont nous avons pourtant dit que dans le système mécanique considéré il est le seul à subir une tension induite. Il n'est cependant pas difficile de montrer que cette observation n'invalide pas notre analyse.

Tant que cette fracture parcourt le compartiment central, elle est bien ouverte (y compris loin de la perforation ; l'ouverture est décimétrique par endroits) tandis que dès qu'elle s'engage dans le compartiment voisin (celui du contrefort), elle se ferme complètement, ne se montrant plus que sous forme d'un simple trait. Mais surtout, elle décale vers l'Ouest la faille subverticale N 020 qui délimite les compartiments du contrefort et de l'arête centrale, indiquant que la partie supérieure de cette dernière a glissé le long de son plan incliné pour s'avancer de quelques décimètres vers l'Ouest.

Ceci amène à supposer que la composante oblique du

poids du sommet de la montagne s'est trouvée de moins en moins équilibrée par le frottement au fur et à mesure de l'agrandissement érosif de la perforation, cet agrandissement supprimant graduellement le contact entre le bloc sommital et la partie sous-jacente le long de la fente de tension.

Cette composante a alors corrélativement renforcé son action sur le compartiment voisin jusqu'au moment où celui-ci a commencé à céder et donc à se fracturer en cisaillement. Cela explique à la fois cette extension hors du compartiment central du plan de la plus haute des fractures de tension et la fermeture de la faille qui en résulte. Le déplacement d'ensemble qui s'en est suivi (Figure 9) a probablement évacué l'extrême pointe du compartiment suivant, trop fragile pour garder sa cohésion et former ainsi le surplomb que l'on aurait logiquement dû attendre sur la face Ouest comme résultat d'un tel processus.

C'est ainsi qu'à la place de surplomb attendu, on trouve une nouvelle surface subhorizontale correspondant au plan de fracture du contrefort, c'est-à-dire une vière permettant d'évoluer aussi facilement en face Ouest qu'en face Est pour accéder au terrain.

On comprend ainsi finalement que deux vières, une sur chaque face, conduisent au trou.

### **Remerciements**

Nous remercions vivement le Parc Naturel Régional de Corse, en particulier MM. Michel LEENHARDT, Paul LENCK et Charles-Henri BIANCONI pour les facilités dont nous leur sommes redevables, et notamment les autorisations de survol hélicoptéré dans l'emprise du parc et des réserves naturelles qui lui sont associées.

Nous exprimons également notre gratitude à MM. Jacques ANGELIER, Claude LORENZ et Daniel OBERT pour les fructueuses discussions que nous avons eues avec eux sur ce sujet.

Notre très amicale reconnaissance va enfin tout spécialement à M. Francis SIMEONI qui nous a apporté sur le terrain son expérience sécurisante et sa profonde connaissance du site.

### Références bibliographiques

ORSINI J. (1976). Les granitoïdes hercyniens corso-sarde. mise en évidence de deux associations magmatiques. *Bull. Soc.géol.France*, (7), XVIII, P.1203-1206.

BONIN B. et VELLUTINI P.J. (1976). Vue générale sur les complexes alcalins de Corse. *Bull.Soc.géol.France*, (7), VIII, p.1207-1208.

VELLUTINI P.J. (1973). Mise en évidence de deux cycles magmatiques dans le complexe volcanique du Cinto (Corse du Nord-Ouest). *C.R.Acad.Sci., Paris, sér.D*, t.276, p.913.

VELLUTINI P.J. (1977). Le magmatisme permien de la Corse du Nord-Ouest. Son extension en Méditerranée occidentale. Thèse. Marseille.

AMBROSI A. (1929). Géographie physique de la Corse P.U.F., Paris.

VELLUTINI P.J., BRUNETON P. et BRISSET F. (1974). Interprétation morphologique du "capu Tafunatu" à la lumière des données récentes de la géologie. *Bull.Soc.Sc.Hist.et Nat. Corse*, 910, p.69-73.

CHABRIER G. et CHOROWICZ J. (1981). Comparaison entre les structures corses, sardes et provençales observées sur les images Landsat. *Rev.Géol.dyn.Géogr.phys.*, 23, p.107-118.

WESTHAL M., ORSINI J. et VELLUTINI P.J. (1976). Le microcontinent corso-sarde, sa position initiale : données paléomagnétiques et raccords géologiques. *Tectonophysics*, 30, p.141-157.

ARTHAUD F., OGIER M. et SEGURET M. (1980). Géologie et géophysique du Golfe du Lion et de sa bordure Nord. *Bull. B.R.G.M.*, (2), sect.I, n°3, p.175-193.

ARTHAUD F. et SEGURET M. (1981). Les structures pyrénéennes du Languedoc et du Golfe du Lion (Sud de la France). *Bull. Soc. géol. France*, (7), XXIII, p.51-63.

TEMPIER C. (1987). Modèle nouveau de mise en place des structures provençales. *Bull. Soc. géol. France*, (7), XXIII, p.533-540.

BONIN B. (1988). From orogenic to anorogenic environments: evidence from associated magmatic episodes. *Schweiz. Miner. Petr. Mitt.*, 68, p.301-311.

ARTHAUD F. et MATTE Ph, (1975). Les décrochements tardi-hercyniens du Sud-Ouest de l'Europe. Géométrie et essai de reconstitution des conditions de la déformation. *Tectonophysics*, 25, p. 139-171.

MALUSKI H., MATTAUER M. et MATTE P. (1973). Sur la présence de décrochements alpins en Corse. *C.R.Acad.Sci.Paris, sér.D*, t.276, p.709-712.

LETOUZEY J. et TREMOLIERES P. (1980). Paleo-stress fields around the Mediterranean since the Mesozoic derived from microtectonics : comparisons with plate tectonics data. *26th Congr.géol.Intern., B.R.G.M., C5*, p.261.273.

JAEGER J.C. et COOK N.G.W. (1968). *Fundamentals of rock mechanics*. Chapman & Hall, p.245-246.

#### LEGENDES DES FIGURES

##### *Figure Captions*

##### **Figure 1**

Carte de la structure annulaire du Cintu (d'après P.J. Vellutini, 1977).

*Map of the ring structure of the Cintu (after P.J. VELLUTINI, 1977).*

1. Dykes radiaires - *Radial dikes.*
2. Cone sheets basiques - *Basic cone sheets.*
3. Cone sheets acides - *Acid cone sheets.*
4. Remplissage détritique - *Detritic filling.*
5. Granite hypovolcanique avec bordure figée - *Hypovolcanic granit with congealed rim.*
6. Dômes rhyolitiques (racines) - *Rhyolitic domes (roots).*
7. Lames rhyolitiques (sills) - *Ryolitic sills.*
8. Pyroclastites supérieures - *Uper pyroclastits.*
9. Coulée de Ponce - *Pumice.*
10. Série ignimbritique - *Ignimbritic sequence.*

11. Pyroclastites inférieures - *Lower pyroclastits.*
12. Ring dyke granitique - *Granitic ring dike.*
13. Ring dyke microgranitique interne - *Internal microgranitic ring dike.*
14. Ring dyke microgranitique externe - *External microgranitic ring dike.*
15. Vulcanites du 1er cycle éruptif - *Volcanic formations of the 1st period.*

**Figure 2**

Coupe synthétique de la structure annulaire du Cintu (d'après P.J. VELLUTINI, 1977).

*Synthetic cross-section of the ring structure of the Cintu (after P.J. VELLUTINI, 1977).*

1. Dykes circulaires - *Ring dikes.*
2. Socle - *basement.*
3. Coupole granitique - *Granitic dome.*
4. Dyke circulaire granitique - *Granitic ring dike.*
5. Granite albitique d'Evisa - *Albitic granit of Evisa.*
6. Granite à riébeckite de bordure - *Granit with riebeckite of the congealed rim.*
7. Vulcanites du 1er cycle - *Volcanic formations of the 1st period.*
8. Vulcanites du 2e cycle - *Volcanic formations of the 2nd period.*

**Figure 3**

Capu Tavunatu face Ouest et schéma structural.

*Capu Tavunatu western side and structural pattern.*

**Figure 4**

Rosace des longueurs cumulées de la fracturation du massif du Cintu.

*Rose diagram of the cumulated lengths of the fracturation in the belt of the Cintu.*

**Figure 5**

Représentation schématique de la fracturation du massif du Cintu.

*Schematic map of the fracturation in the belt of the Cintu.*

**Figure 6**

Représentation schématique d'une partie de la fracturation des environs du capu Tavunatu.

*Schematic map of a part of the fracturation of the neighbouring of the Capu Tavunatu.*

1. Capu Tavunatu
2. Col des Maures - Moorish pass.
3. Paglia Orba.
4. Brèche des géologues - Breach of the geologists.
5. Col de Sierra Pianella - Pass of the Sierra Pianella.

**Figure 7.**

Principe de l'induction de tension.

*Principe of the induction of the tensile stress.*

**Figure 8.**

Représentation schématique de l'essai brésilien.

*Schematic map of the brazilian test.*

**Figure 9**

Schéma de l'évolution du Capu Tavunatu vers l'état actuel.

*Schematic evolution of the Capu Tavunatu towards the actual state.*

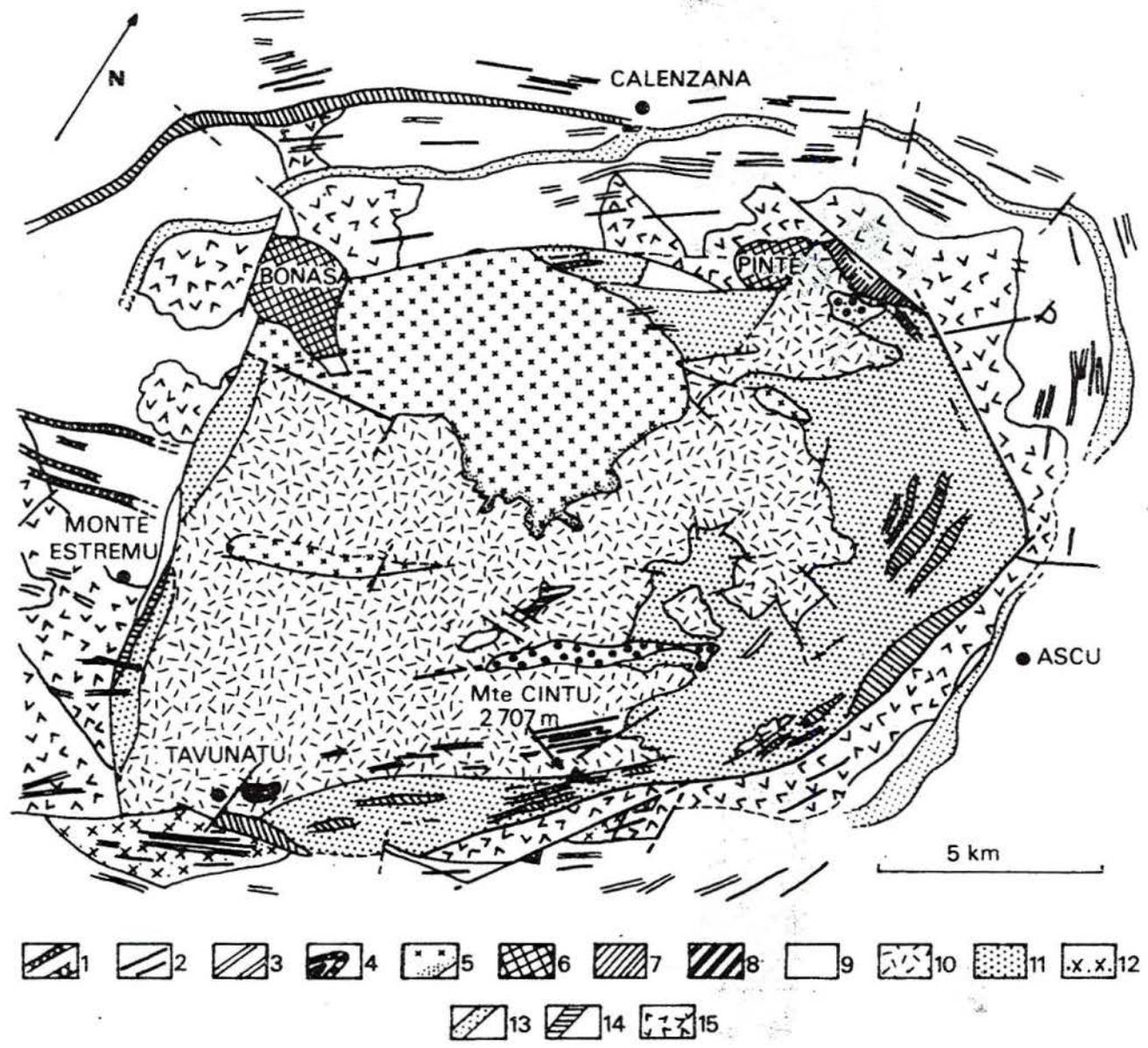


FIG - 1

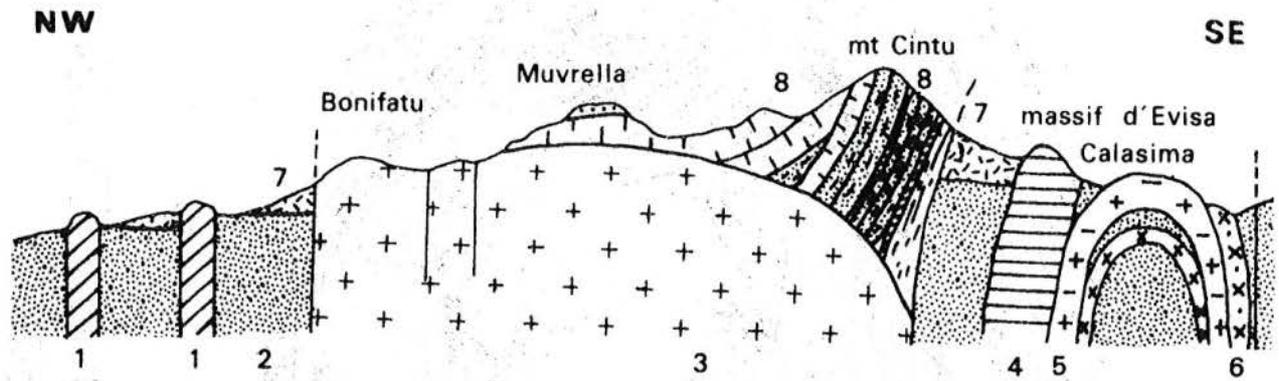


FIG. 2

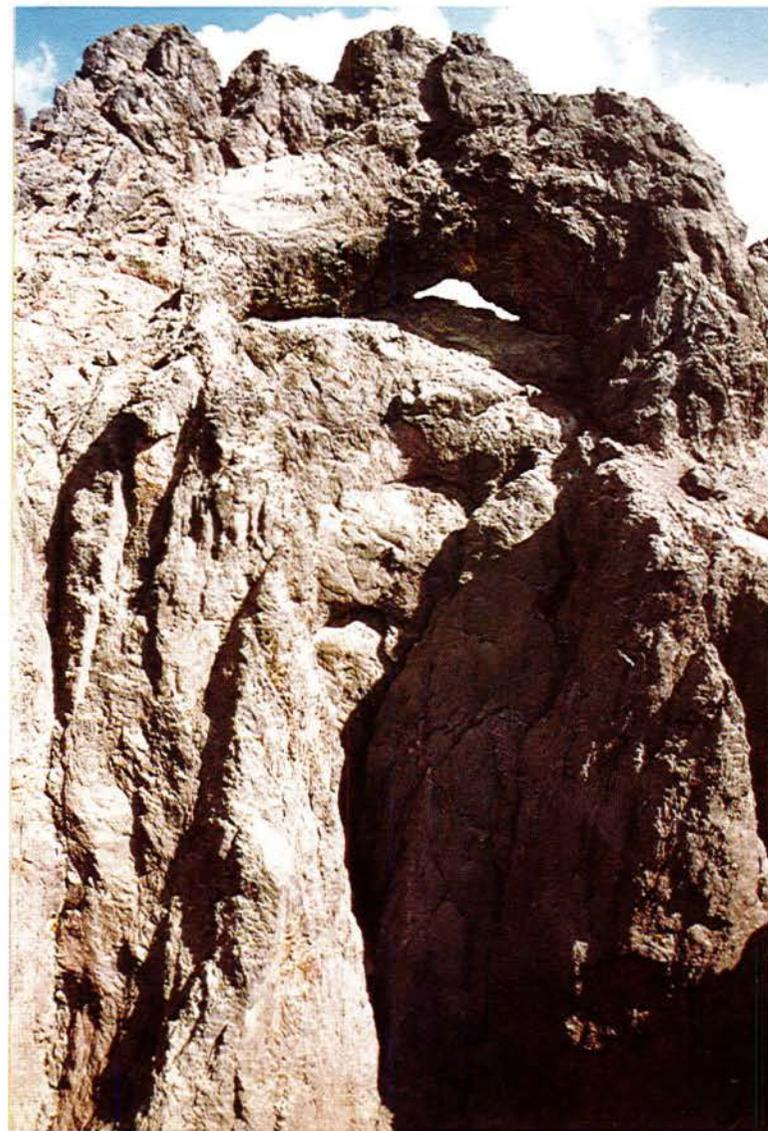
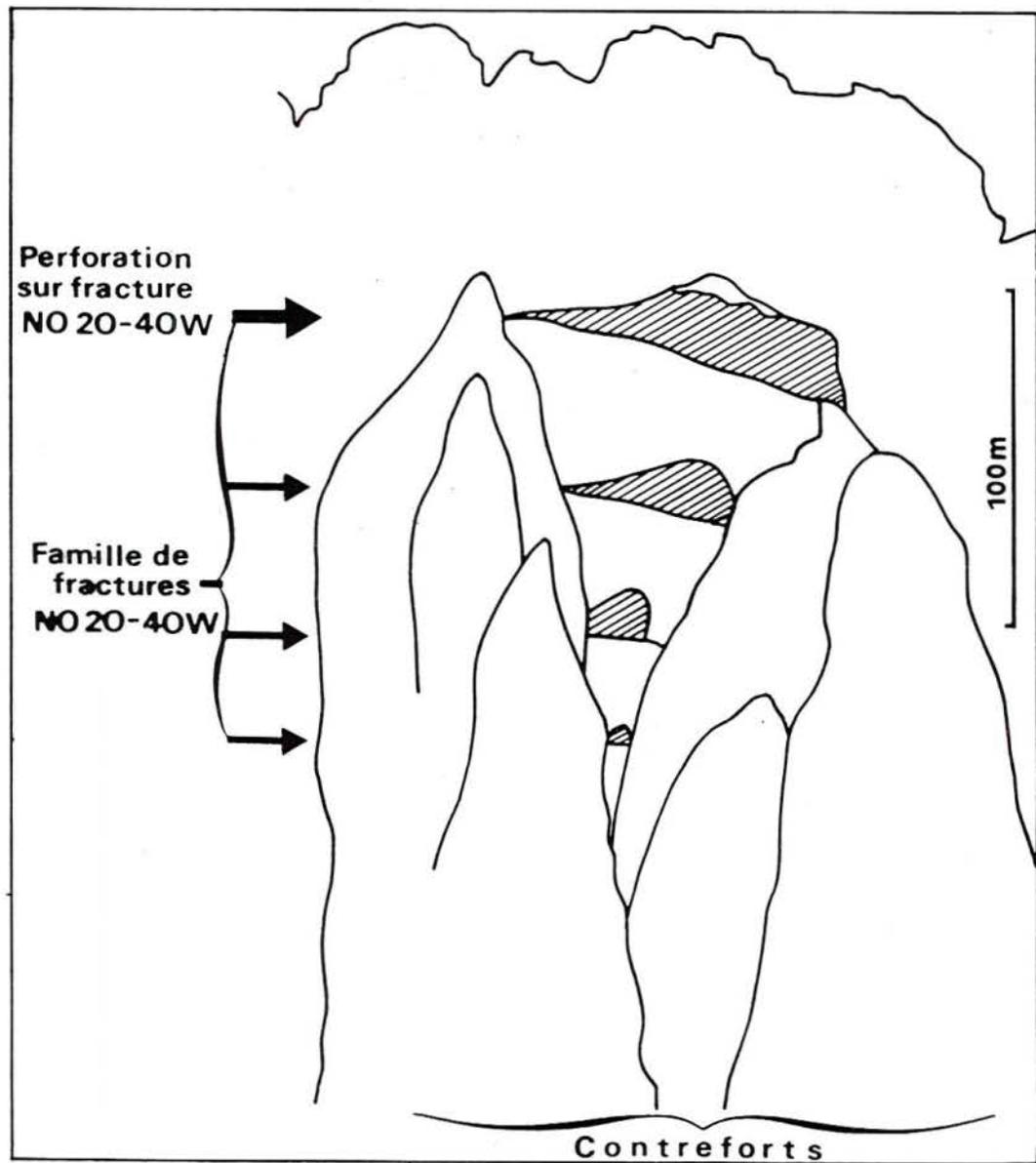


Figure 3

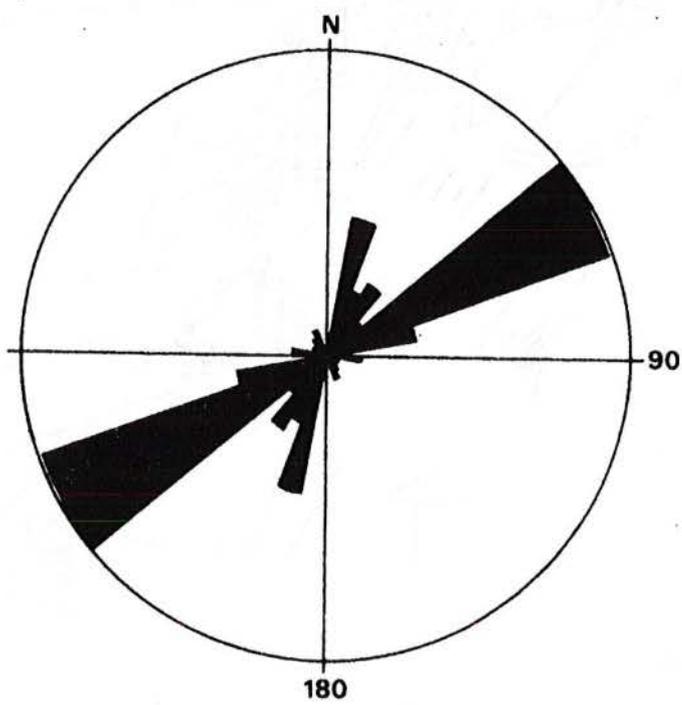


FIG. 4

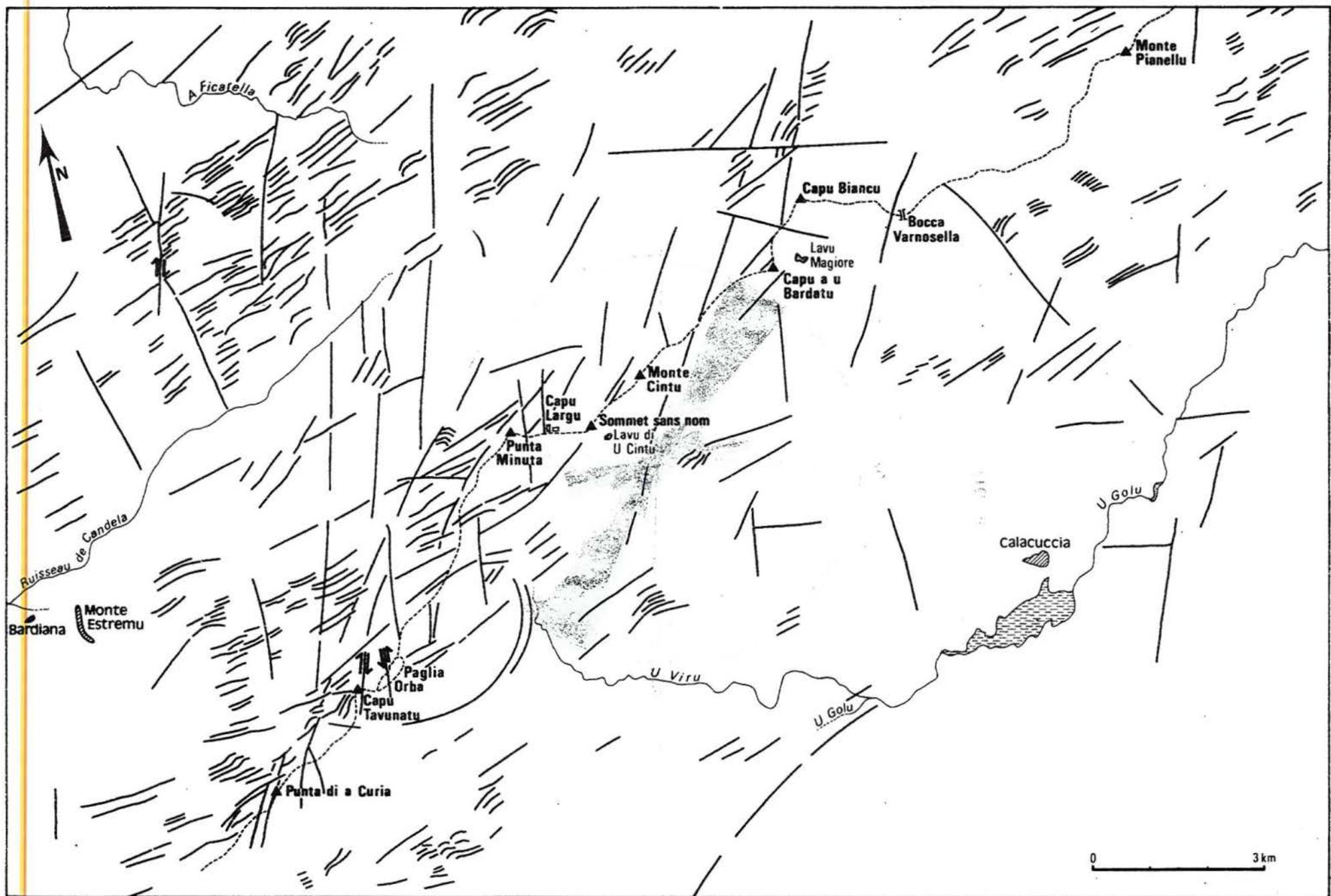


Fig. 5

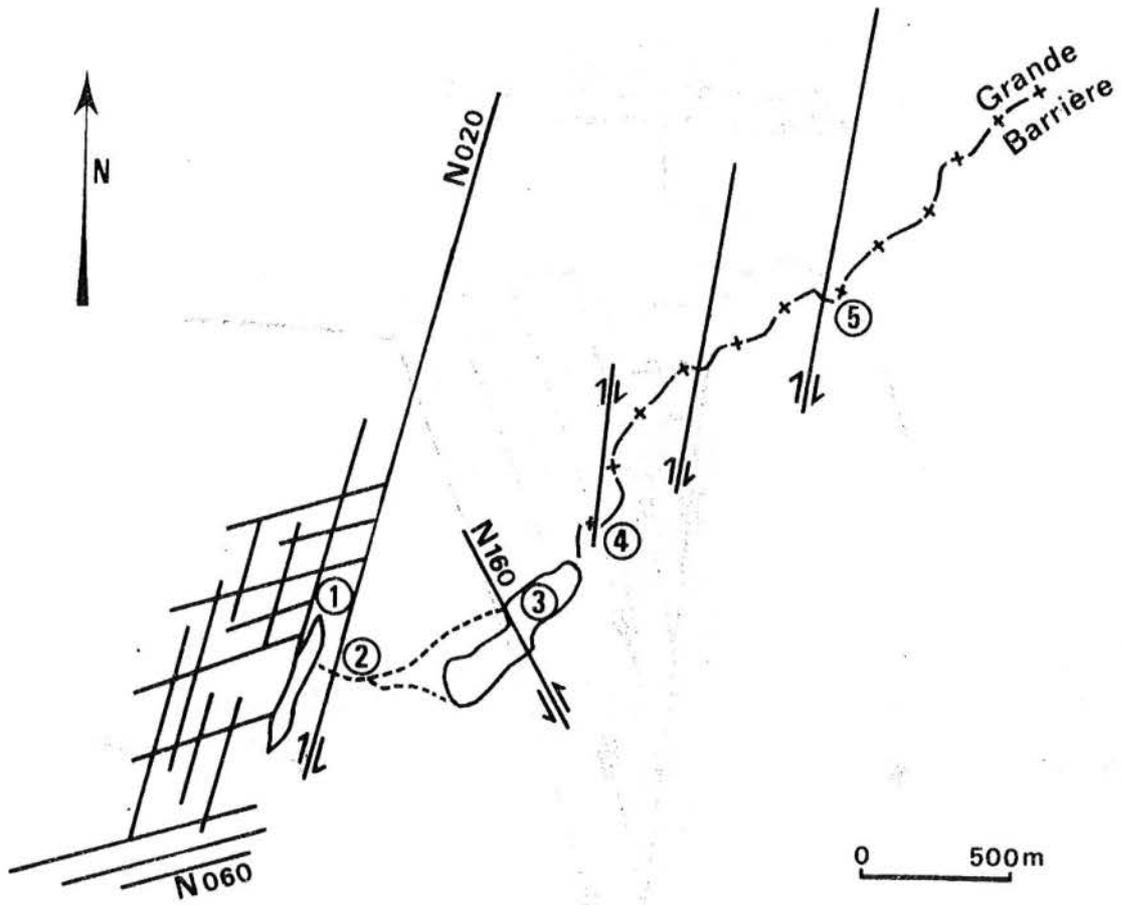


FIG - 6

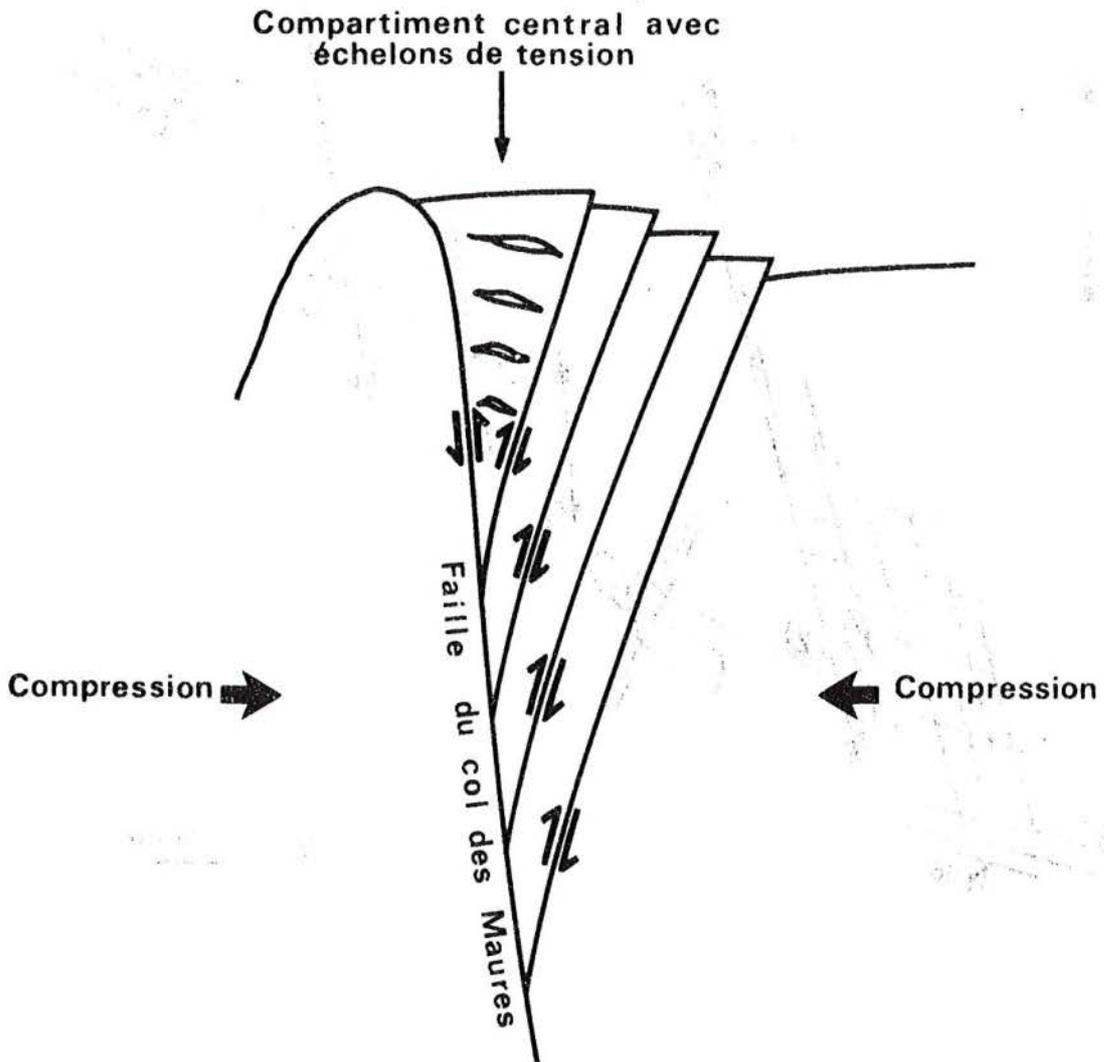


FIG. 7

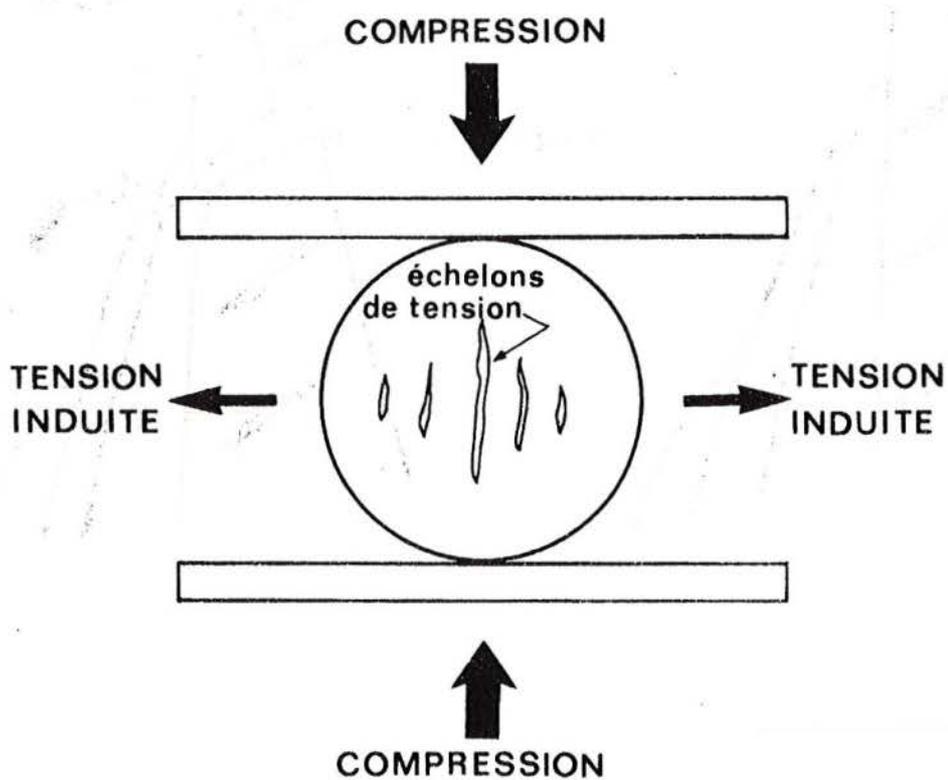


FIG - 8

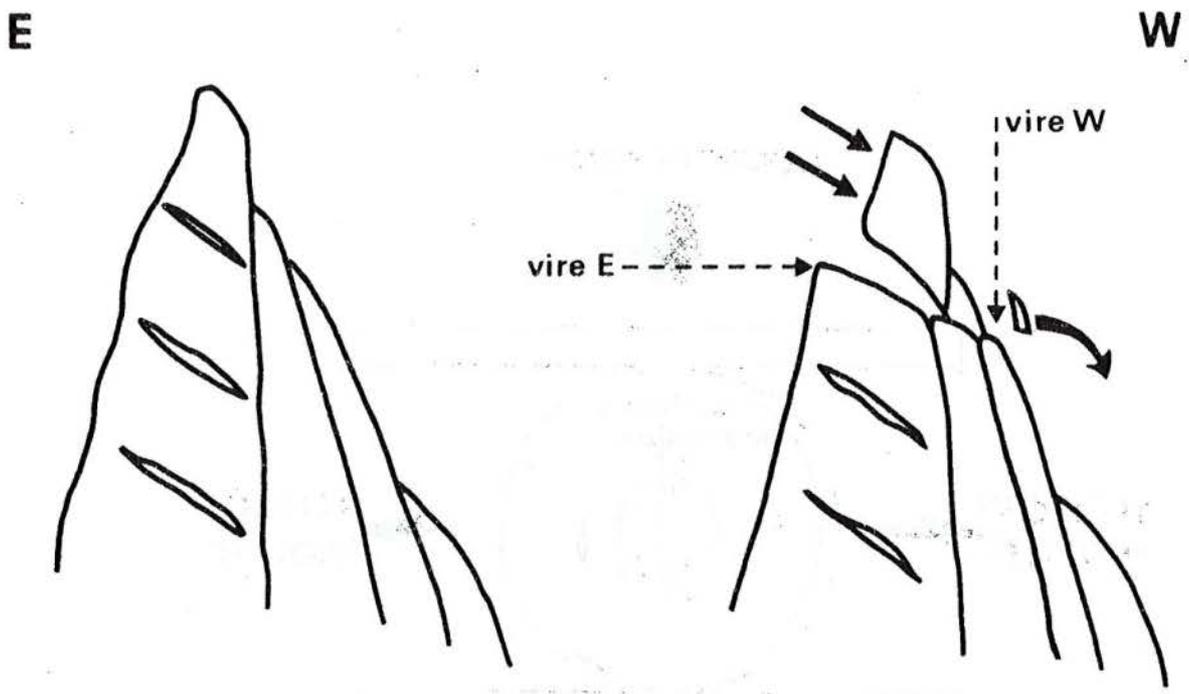


FIG - 9