

FORMATIONS DE VERMETS ET D'ALGUES CALCAIRES

SUR LES COTES DU BRÉSIL

Par Marc KEMPF* et Jacques LABOREL**

On trouve dans les travaux consacrés aux côtes du Brésil et de l'Atlantique tropical de nombreuses allusions à des formations récifales à base de "Serpuliens" ou de "Corallines" ; DARWIN [1841] parle de la couverture biologique des "arrecifes" de grés du Nordeste brésilien, BRANNER (1900) décrivent les "terrasses calcaires" de Fernando de Noronha.

Aux Bermudes, AGASSIZ décrit les écueils annulaires plus connus sous le nom de "boilers" ; VERRILL, le premier, y signale le rôle des Vermets, parmi d'autres organismes ; PRAT [1935] puis T. et A. STEPHENSON [1954] enfin consacrent d'intéressants mémoires à ces formations. Mais c'est surtout grâce aux études effectuées sur les plates-formes et bourrelets à Vermets de Méditerranée [PERES et PICARD, 1952 ; Roger MOLINIER, 1955 et 1959] et aux travaux de systématique de Miss Myra KEEN [1961] que les connaissances sur ce type de concrétionnement biologique ont évolué. Nous avons eu l'occasion au cours de plusieurs années passées au Brésil à l'Institut Océanographique de Recife (Pernambuco) d'observer des formations que l'un d'entre nous a pu comparer à celles des Bermudes et de Méditerranée.

Les auteurs remercient tout particulièrement Miss Myra KEEN de l'Université de Stanford pour les nombreuses déterminations de *Vermetidae* effectuées pour ce travail.

PLACE DANS LA ZONATION LITTORALE

Si l'on utilise l'étagement retenu en 1957 à Gênes par la Commission Internationale pour l'exploration scientifique de la Mer Méditerranée [PERES et MOLINIER, 1957], valable à l'échelle mondiale, on constate que toutes les formations concrétionnées à base de Vermets observées se développent au même niveau : la limite supérieure de l'étage infralittoral, c'est-à-dire au niveau en dessous duquel l'exondation par le fait d'une variation du plan d'eau ou des vagues devient un phénomène accidentel, qui n'a plus une influence dominante sur la composition des peuplements.

Cette limite (variable en hauteur absolue en fonction du mode) se situe dans la région de Recife où le marnage maximal est de 3,10 m entre les cotes 0 et +1 m. (le zéro des cartes marines brésiliennes correspond au niveau moyen des basses mers semi-diurnes de syzygie). Les concrétionnements étudiés se situent entre la zone à *Tetraclita squamosa* du médiolittoral inférieur et les ceintures d'Algues (*Sargassum* etc...) nettement infralittorales.

Il en est de même dans la région caraïbe où ils se situent entre la zone à *Amphibia* [PRAT, 1936] et les peuplements à Sargasses.

Aux Barbades, LEWIS [1960] distingue une "zone rose" (pink zone) à Vermets et Mélobésiées entre une "zone de ressac" (surf zone) à *Echinometra* et Sargasses et une "zone verte" (green zone) à *Acmaea* référent au Méliolittoral inférieur. En Méditerranée les "plates-formes" et "bourrelets" de Vermets se situent également dans la frange superficielle de l'étage infralittoral.

* Station Marine d'Endoume - Division du Benthos.

** Laboratoire de Biologie Végétale B.C.B.G.

EXIGENCE ECOLOGIQUES

Des eaux limpides, bien oxygénées et surtout un mode battu sont indispensables au développement de ces formations, qui peuvent régresser en cas d'augmentation de la turbidité par exemple.

La nature du substrat apparaît comme indifférente ainsi que son inclinaison.

En plus des nombreux exemples étudiés en Méditerranée par Roger MOLINIER nous donnons ici une liste de substrats observés en Atlantique tropical :

- Roches éruptives (basaltes, rhyolites etc...) : Fernando de Noronha, Punta das Pedras Petras (au Sud de Recife).
- Granites : Cap Santo Agostinho (Sud de Recife) (Pl 1, F)
- Grés marins siliceux à ciment calcaire récents : "arrécifes" de Recife, Suapè etc... (Pl 1, E)
- Grés éoliens calcaires quaternaires : "boilers" des Bermudes (Pl 1, G)
- Formations latéritiques pliocènes (?) : région de Natal et du Cap São Roque
- Platiers coralliens : récifs de Cabedelo, Maracajahu, Candeias, Tamandarè, Rio Doce etc...
- Epaves : Récif de Rio Doce (Pernambuco)
- Enfin l'flot de Rocas, est entièrement formé d'Algues calcaires [OTTMANN, 1963] et de Vermets, sur des formations vraisemblablement volcaniques.

RAPPORTS AVEC LES RECIFS CORALLIENS

Sur la plupart des récifs brésiliens les Algues calcaires et les Vermets édifient dans la partie antérieure du platier, soumise au déferlement, de considérables constructions, tabulaires lorsque les Gastéropodes sont abondants, ou en forme de boules lorsque ce sont les Mélobésiées qui dominent ; dans l'ensemble il s'agit d'une véritable crête algale ("algal ridge") analogue à celle qui borde les récifs indo-pacifiques (bien que les *Vermetidae* ne soient guère connus de ces formations). Les formes observées correspondent à certains des types décrits par TRACEY, LADD et HOFFMEISTER des récifs de Bikini [1948] - ("room and pillar structure" en particulier).

Rappelons qu'aucune crête algale n'avait encore été reconnue sur des récifs atlantiques [WELLS, 1957] bien que HOWE [1912] ait signalé la présence de "reefs of *Lithophyllum antillarum* and *Lithophyllum daedaleum* along the shores of Porto-Rico".

Si une correspondance du point de vue bionomique peut être établie entre les crêtes algales indopacifiques et les crêtes à Vermets et Mélobésiées atlantiques elle établira en même temps l'indépendance de ces formations vis-à-vis de la biocénose corallienne puisque nous avons vu qu'elles prospèrent sur n'importe quel substrat dur situé à la hauteur convenable et en mode suffisamment battu ; elles peuvent donc soit se développer sur un platier corallien mort et érodé (comme c'est généralement le cas dans le Nordeste) soit prendre le relais des Madréporaires lorsque ceux-ci atteignent une profondeur convenable comme cela semble le cas sur le récif de Maracajahu.

DESCRIPTION DE QUELQUES FORMATIONS OBSERVEES

a/ Fernando de Noronha

Signalés par BRANNER [1904] et récemment cartographiés par F.F.M. de ALMEIDA [1955] qui les décrit comme des "récifs phytogènes" formés de *Lithothamnium* et de "Polychètes", ces créations s'étendent sur une grande partie des côtes Sud-Est de l'île principale de l'Archipel.

Un des plus beaux est celui de la crique dite Saco de Atalaia, immédiatement à l'Est du Morro do Espinhaço (Carte 1, Pl 1, A, B).

La baie est bordée par un cordon de galets extrêmement développé dont la partie supérieure a peut-être été édiflée lors d'une oscillation positive du niveau marin. A l'Est elle est limitée par un cap formé de roches éruptives recouvertes en placage d'une couche de grés éoliens quaternaires semblables à ceux des Bermudes.

S'appuyant sur la pointe rocheuse et recouvrant sans doute partiellement le cordon de galets, un arc de calcaire biologique s'étend sur près de 200 m. de longueur et à une distance de la plage de l'ordre d'une cinquantaine de mètres, limitant à marée basse un petit lagon en croissant complètement isolé et parfaitement calme.

La surface du "récif" est composée d'une série de "terrasses" très plates, disposées d'une façon analogue aux dépôts des sources hydrothermales [BRANNER]. La couleur est mauve jaunâtre, montrant une dominance des Algues calcaires mais l'observation montre d'innombrables orifices de tubes de Vermets cimentés entre eux par les Mélobésiées et prenant une part active dans la construction de l'ensemble. Les peuplements de la surface supérieure comportent également de nombreuses Algues non calcifiées infralittorales. Les peuplements médiolittoraux s'observent par contre, plus d'un mètre au-dessus du niveau des Vermets, sur les parois d'un énorme bloc éboulé de grés éoliens, au fond de la crique. La roche, très compacte, apparaît blanche à la cassure, avec de nombreux tubes bruns de Vermets et des Foraminifères sessiles rouge vif du genre *Homotrema*.

Vers le large, dans le déferlement, la pente externe inaccessible est verticale (nous avons pu le vérifier sur un récif plus protégé), avec des rentrants qui tendent à se combler par la prolifération des Mélobésiées.

Vers l'intérieur on peut voir plusieurs replats actuellement inactifs, creusés en fort surplomb par l'érosion biologique infralittorale.

Dans la Baie de Sueste, trop abritée, on n'observe aucune construction, mais, de part et d'autre de son entrée, de belles formations, massives, soudent entre eux des écueils basaltiques.

Enfin le long de la plage du Lion (Praia do Leão) s'observe une ligne continue de récifs de Vermets caractérisés par leur aspect en "terrasses" et installés soit en bordure de la côte rocheuse, soit sur des blocs à quelque distance, ou encore établissant la jonction entre les deux. Les "terrasses" consistent toujours en une cuvette sub-horizontale, très peu profonde, bordée par un bourrelet où se localise la croissance active. Le plus souvent les gradins les plus élevés se trouvent du côté de la pleine mer, donc du déferlement maximum ; vers la terre, ils s'étagent en diminuant d'altitude en même temps qu'ils s'élargissent. En plus des Vermets et des Mélobésiées les bourrelets périphériques portent des peuplements d'Algues non calcifiées et de *Brachydontes*. Les peuplements des cuvettes sont typiquement infralittoraux avec quelques *Siderastrea*, des Zoanthaires, des Echinodermes (*Tripneustes*, *Diadema*) etc...

Nous n'avons pu visiter qu'une partie des côtes de l'île principale mais nous avons pu vérifier que la répartition des formations de Vermets et Mélobésiées est conforme à la carte de de ALMEIDA, c'est-à-dire qu'ils occupent uniquement les rivages orientaux à l'exclusion des côtes occidentales, plus abritées.

Miss Myra KEEN à qui nous avons soumis nos échantillons a déterminé deux espèces de Vermets : *Dendropoma* (*Novastoa*) cf. *irregulare* d'Orbigny est abondant, cimenté par les Algues calcaires ; une autre espèce, *Petalocochnus* (*Macrophragma*) cf. *varians* d'Orbigny, a été également rencontrée mais uniquement sous la forme de tubes vides recouverts de *Dendropoma*, comme si elle avait récemment été remplacée par cette dernière espèce.

b/ Récif de Rio Doce (*Olinda, Pernambouc*)

Le platier de ce récif, large d'une centaine de mètres est constitué dans sa partie interne de Madréporaires morts, érodés, situés nettement au-dessus du niveau auquel ils peuvent actuellement se développer ; sur la face externe apparaissent, très limitées en longueur, plusieurs belles formations tabulaires, hautes de 1,40 m. au-dessus du platier et constituées entièrement de Vermets et de Mélobésiées (Carte 2, Pl 1, C).

La partie supérieure de ces masses construites est fortement érodée en pointes irrégulières, couvertes elles-mêmes d'un peuplement médiolittoral dense de *Tetraclita*, mais la région frontale inférieure, soumise au déferlement et portant des peuplements algaux référables à la partie supérieure de l'étage infralittoral est vivante et entièrement formée de *Dendropoma* vivants.

De telles formations sont fréquentes dans la région pernamboucaine mais les Mélobésiées y prennent le pas sur les Vermets, formant d'énormes boules où les *Dendropoma* vivants sont rares (Récifs de Candeias, Cabedelo etc...).

c/ Récif de Maracajahu (*Rio Grande do Norte*) (Carte 2, pl 1, D)

Ce haut-fond qui fait partie du groupe récifal du Cap São Roque est environné de profondeurs très faibles (moins d'une dizaine de mètres) et situé loin de la limite externe de la plate-forme

continentale. Les formations coralliennes y sont minces (quelques mètres seulement) et l'on n'observe pas de véritable platier émergé : sur toute l'étendue du récif (qui a la forme d'une ellipse de 5 milles de long sur 2 de large) on peut voir affleurer à marée basse d'innombrables dômes de quelques mètres de diamètre. La structure en est simple : il s'agit de petits massifs coralliens à base de *Siderastrea stellata* Verrill et, très secondairement de *Millepora alcicornis* (Linné) sur lesquels s'est développée une croûte assez épaisse (10 à 30 cm.) formée d'Algues calcaires et de *Dendropoma (Novastoa) cf. irregulare* d'Orbigny qui est ici très abondant et actif. Cette croûte a tendance à se développer latéralement au-dessus des "trous souffleurs" que l'on observe en assez grand nombre et à les recouvrir complètement. La surface supérieure des Algues calcaires est couverte, ici aussi d'un gazon dense de petites Algues non calcifiées infralittorales. Le Foraminifère sessile *Homotrema* se trouve en abondance dans les canaux et les anfractuosités.

Autres exemples

Le récif d'Itaparica (baie de Salvador), décrit par RATHBUN [1876], a sa région frontale morte formée de Vermets et d'Algues calcaires. Il en est de même des "récifs frangeants" de l'Archipel des Abrolhos qui découvrent à marée basse tout autour des îles. Par contre nous n'avons observé aucune formation comparable à un "algal ridge" sur les grands récifs coralliens de la région des Abrolhos ; soit que le mode y soit relativement calme (récif de Lixa par exemple) soit que la bordure externe du platier y soit située trop profondément (Parcel das Paredes).

Le récif annulaire de Rocas, improprement appelé atoll ainsi que l'a remarqué ANDRADE [1960] est entièrement formé de Mélobésiées [OTTMANN, 1963] et de Vermets vivants, les Madréporaires paraissent très peu importants même sur les pentes externes. Nous avons pu constater qu'à l'intérieur de ce récif, certains fonds durs émergents sont cimentés par un *Dendropoma* indéterminé, à tube très large qui se développe en même temps que *D. (Novastoa) cf. irregulare*.

COMPARAISON AVEC LES BERMUDES ET LA MEDITERRANEE

L'un d'entre nous a pu étudier les célèbres "boilers" de la côte Sud des Iles Bermudes ; la couche de Vermets y est beaucoup moins épaisse que sur les formations analogues des côtes du Brésil et se réduit à un simple "placage" protecteur qui retarde efficacement l'érosion des grès éoliens sur lesquels il s'est formé. Les Algues calcaires sont toujours présentes en abondance variable, cimentant les tubes.

L'espèce la plus importante est *Dendropoma (Novastoa) cf. irregulare*, comme au Brésil, mais *Petalocochus (Macrophragma) varians* est remplacé par une autre espèce du même genre que Miss KEEN rapporte avec doute (communication personnelle) à *P. (M.) nigricans* (Dall). La place dans la zonation littorale est toujours la même : limite supérieure de l'étage infralittoral, entre la zone des Cirripèdes Thoraciques (Médiolittoral ou subdivision supérieure de la zone littorale moyenne d'après STEPHENSON et STEPHENSON) et les ceintures infralittorales à *Padina* et *Sargassum*.

En Méditerranée les espèces dominantes sont : *Dendropoma (Novastoa) petraeum (Monterosato) = (Vermetus cristatus Biondi)* et *Vermetus (Vermetus) triqueter (Bivona-Bernardi)* (det. Miss M. KEEN) cimentés par l'Algue calcaire *Neogoniolithon notarisii* (Dufour) ; les formes réalisées sont très variées [Roger MOLINIER, 1960] et rappellent tantôt les "boilers" (plates-formes sur grès de la région de Messine) tantôt les bourrelets du Cap Santo Agostinho. Roger MOLINIER a d'ailleurs souligné [1960] les fortes affinités tropicales de ces formations qui représenteraient donc en Méditerranée une sorte d'"algal ridge" en l'absence de toute formation corallienne actuelle.

APPAUVRISSMENT RECENT DES FORMATIONS A VERMETS ET ALGUES CALCAIRES AU BRESIL

Tout se passe comme si, à une époque très récente les conditions écologiques s'étaient brusquement détériorées. Dans les témoins fossiles de 2,60 m. (3.600 ans absolus), 2,20 m. (2.800 ans absolus) et 1,40 m. (1.750 ans absolus) les *Petalocochus* dominent largement et les tubes de Vermets sont plus abondants que les Mélobésiées. Au milieu du XVII^{ème} siècle les Vermets étaient encore florissants : en effet le fort de Pontale de Suapè, au fond de la lagune délimitée par le beau récif de grès de Suapè (au Sud du Cabo Santo Agostinho, près de Recife) a été bâti vers 1650 avec des boules de granit ramassées sur l'estran en un endroit que l'on connaît avec précision : de nombreux tubes de Vermets (*Petalocochus*) se développaient alors sur ces pierres et ont été inclus avec celles-ci dans la maçonnerie du fort où l'on peut encore les voir, bien conservés. Par contre on n'observe plus aucun Vermet à l'emplacement où les roches ont été récoltées, quelques rares té-

moins morts et complètement érodés subsistant seuls sur certains blocs. D'après les observations des auteurs les plus anciens [DARWIN et RATHBUN] il semble que les "Serpuliens" étaient également plus abondants vers le milieu du XIXème siècle que de nos jours sur les récifs de grés et de coraux.

A l'heure actuelle il semble que les Mélobésiées soient en train de remplacer les *Vermetidae* en de nombreux endroits et que les *Petaloconchus* aient pratiquement disparu des côtes du Nordeste brésilien, on en trouve cependant encore quelques spécimens vivants, se développent dans les flaques de marée des côtes rocheuses ou des récifs de grés (Cap Santo Agostinho, Gaibu, arrécife de Suapè etc...) mais ils ne semblent avoir aucun pouvoir constructeur. Seul *Dendropoma* (*Novastoa*) cf. *irregulare* participe activement à l'édification des concrétionnements actuels.

Cet appauvrissement est encore plus sensible dans l'extrême Sud de la région corallienne brésilienne. En effet le type de *Petaloconchus* (*Macrophragma*) *varians* (d'Orbigny) provient de Rio de Janeiro où il a été récolté vivant ainsi qu'en témoigne la présence d'opercules [Myra KEEN, 1961] ; or nous n'avons trouvé aucun Vermet vivant (même les *Dendropoma*) dans cette région. On y observe pourtant des lignes fossiles de Vermets (*Dendropoma*) correspondant comme à Recife au niveau de 2,50 m. (Younger Peron). L'aire de distribution de ces invertébrés aurait donc subi récemment une diminution assez considérable.

Ces phénomènes ont vraisemblablement des causes complexes : comme sur la côte brésilienne le concrétionnement se maintient florissant sur les îles océaniques (Rocas, Fernando de Noronha) et en quelques points privilégiés du littoral continental nous l'attribuerions volontiers à l'augmentation récente et considérable de la turbidité des eaux côtières, liée vraisemblablement à la déforestation incontrôlée de l'intérieur du pays. De plus nous avons pu observer que certaines rivières, dont le cours s'est récemment modifié, débouchent actuellement derrière un récif corallien (cas de l'estuaire du Jaboatão près de Recife, par exemple), l'"algal ridge" de ce dernier est alors particulièrement pauvre en Vermets avec dominance quasi absolue des Algues calcaires (récif de Can-deias). Le cas de la région de Rio de Janeiro semble prouver que d'autres causes (peut-être d'ordre climatique) seraient en jeu, à une échelle beaucoup plus considérable.

Un exemple très récent de l'autre côté de l'Atlantique donne du poids à cette hypothèse : l'un de nous, au cours de la croisière d'été 1966 du navire océanographique "Jean Charcot" dans la région de Madère, a observé sur l'flot Cima de Porto Santo, des restes de concrétionnements situés un peu moins de 3 m. au-dessus de la limite actuelle de l'infralittoral en cette localité ; or les Vermets nous ont paru rares à Madère.

En ce qui concerne la sensibilité plus grande des *Petaloconchus* par rapport aux *Dendropoma* on trouve dans LEWIS [1960] une observation intéressante : en effet si les larves de *Dendropoma* (*Novastoa*) *irregulare* ont une vie larvaire très courte, de durée parfois nulle (la fixation peut se produire soit immédiatement soit au bout d'un temps qui ne dépasserait pas deux jours), celles de *Petaloconchus* (*Macrophragma*) *varians* sont entièrement pélagiques, la durée de leur vie libre, inconnue, étant certainement supérieure à une semaine d'après les expériences de cet auteur. Il semble donc raisonnable de penser qu'une augmentation de turbidité des eaux toucherait plus les larves dont la durée de vie pélagique est la plus longue et affecterait moins celles qui se fixent immédiatement. Il est à noter que le plancton côtier dans les eaux de la région de Recife est particulièrement pauvre et que les eaux de certains fleuves comme le Capibaribe peuvent déverser, en période de crue, jusqu'à 16 grammes de sédiment en suspension par litre [OTTMANN, 1960].

IMPORTANCE GEOMORPHOLOGIQUE

Des travaux récents ont montré que pratiquement tous les phénomènes d'érosion observés dans la zone littorale sur substrat calcaire sont dus à des actions biologiques bien plus que physiques ou physico-chimiques. Ainsi NESTEROFF [1965] attribue l'encoche littorale ou "visor" que l'on observe dans le médiolittoral inférieur de mode battu (Zone des Patelles) à l'activité d'Algues endolithes, Cyanophycées notamment. De même NEUMANN [1965] insiste sur l'importance de l'érosion biologique infralittorale (Clones et mollusques perforants), particulièrement spectaculaire en mode calme.

Les Vermets (ainsi d'ailleurs que le "trottoir" de *Lithophyllum tortuosum* qui se trouve, en Méditerranée, à un niveau légèrement supérieur) se trouvent donc intercalés entre deux zones d'érosion biologique. La figure représentant deux profils caractéristiques des côtes des Bermudes, l'un dans la région des "boilers" et l'autre dans les eaux très protégées de Harrington Sound (où non seulement les vagues mais même le marnage sont extrêmement réduits par suite de la très faible largeur du goulet et de l'encaissement du plan d'eau) montre de façon nette la situation des Ver-

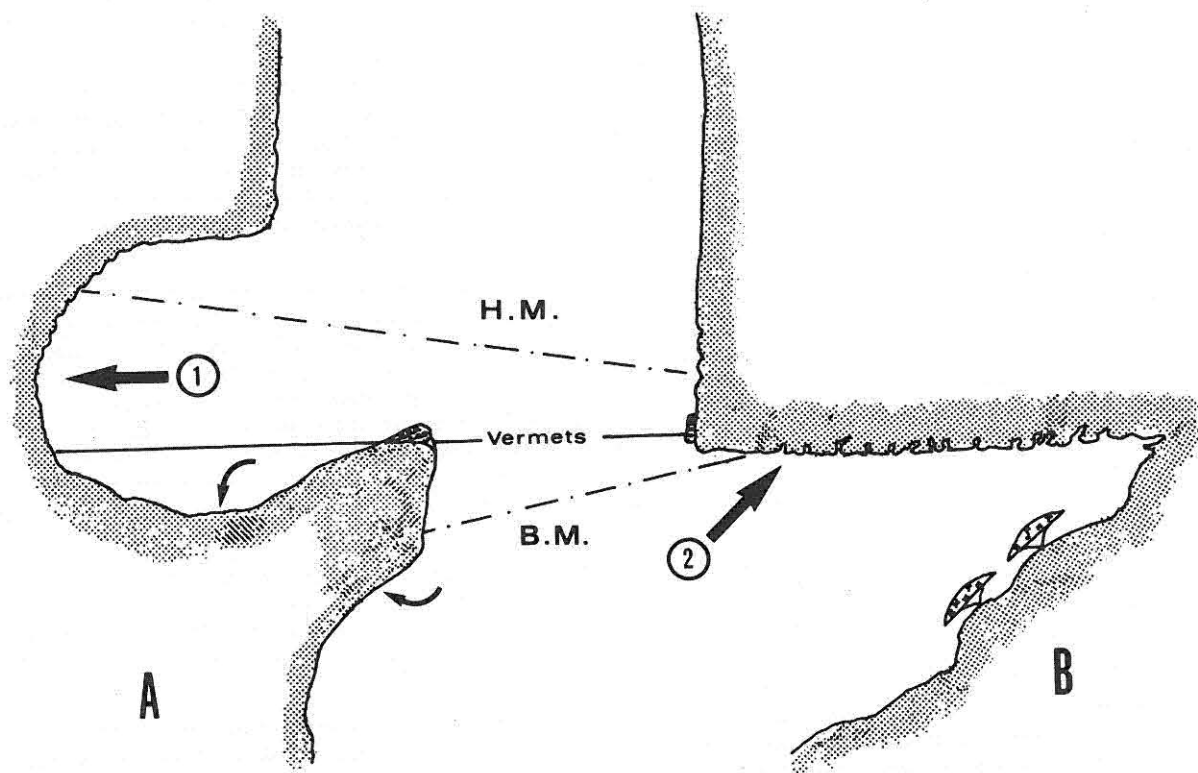


Figure 1 - Place des Vermets par rapport aux différentes zones d'érosion superficielle aux Bermudes

A : Coupe sur le littoral rocheux du Sud, fortement battu. Les Vermets sont très développés entre le "visor" dû à l'érosion biologique médiolittorale - flèche (1) - et les surplombs moins accentués créés par l'érosion infralittorale (flèches courbes).

B : Coupe des falaises de Harrington Sound (mode très calme, marnage réduit). Les Vermets sont très peu abondants mais se situent toujours au même niveau. On note l'absence de l'érosion biologique médiolittorale et l'énorme développement de l'érosion biologique infralittorale - flèche (2). Le Madréporaire *Agaricia fragilis* se développe en abondance sous le surplomb.

mets et la migration de la zone d'attaque maximum du médiolittoral à l'infralittoral quand on passe d'un mode battu à un mode calme [LABOREL, 1966].

Les formes réalisées dépendent en fin de compte de l'intensité plus ou moins grande de trois phénomènes distincts : a/ Erosion biologique médiolittorale ; b/ Croissance des Vermets ; c/ érosion biologique infralittorale.

Le premier et le dernier de ces phénomènes sont essentiellement liés à la nature de la roche et au mode, le second surtout au mode.

- Sur roches tendres (grés calcaires éoliens, grés marins siliceux à ciment calcaire, coraux morts etc...) un mode battu entraînera la formation d'une plate-forme horizontale à la limite entre les étages médio-et infralittoral. Si cette plate-forme est entièrement couverte de Vermets (avec un maximum de prolifération sur le rebord externe) on aura les formes signalées en Sicile par MOLINIER et PICARD [1953] ; si les Vermets se limitent à la périphérie l'érosion infralittorale jouera dans les flaques relativement protégées en arrière du bourrelet, défonçant ainsi la plate-forme initiale ("boilers" des Bermudes).

Enfin une activité particulièrement intense des organismes concrétionnants peut faire progresser la plate-forme vers l'extérieur comme c'est le cas sur de nombreux platiers coralliens au Brésil, on a alors une "crête algale" typique.

- Sur roches dures on aura soit des bourrelets accrochés à des surfaces rocheuses sub-verticales (Corse, Cap Santo Agostinho) soit de véritables récifs soudant entre eux des écueils rocheux (Fernando de Noronha).

L'évolution sera donc régressive [PRAT, 1935] si l'activité concrétionnante est faible (simple rôle de protection) ou progressive si celle-ci est forte.

LES FORMATIONS DE VERMETS FOSSILES

Nous avons pu étudier dans la région de Gaibù (Côte Nord du Cap Santo Agostinho, Etat de Pernambuco) de nombreux témoins de Vermets fossiles situés à des altitudes variant entre 50 cm. et 3 m. approximativement, conservés dans des anfractuosités ou des fissures de la roche granitique. La datation au Carbone 14 [VAN ANDEL et LABOREL, 1964] a montré qu'il s'agissait de témoins récents contemporains du maximum de la transgression flandrienne. Certains correspondent à des oscillations positives déjà constatées en Australie par FAIRBRIDGE [1958] ; en particulier une ligne à 2,60 m. au-dessus des formations actuelles a été datée à 3.660 ± 170 ans d'âge absolu (*Younger Peron terrace* de FAIRBRIDGE), une autre vers 1,50 m. entre 1.200 et 1.700 ans absolus (*Rottnest submergence*).

Ces formations élevées ont été retrouvées en de nombreux endroits sur le littoral brésilien, de Rio de Janeiro au Cap Saõ Roque ainsi qu'à l'"Atoll" de Rocas. Sur les côtes pernamboucaines il n'est pas un récif de grés ou de corail qui ne porte ainsi des témoins correspondant à des oscillations positives (surtout 1,50 m. et 0,50 m., les témoins de niveaux plus élevés se trouvant de préférence sur des côtes rocheuses, comme au Cap Santo Agostinho, ou à Vitoria do Espirito Santo).

Les formations de Vermets fossiles revêtent donc une importance particulière. En effet :

a/ formées d'un matériau très compact elles résistent bien à l'érosion,

b/ entièrement construites par un phénomène biologique sans inclusion de matériel extérieur leur datation par le C 14 donne l'âge exact du niveau marin correspondant ce qui n'est pas toujours le cas des formations détritiques (lumachelles) où du matériel plus ancien peut être mêlé au matériel contemporain,

c/ enfin leur zonation (de faible extension verticale) à la limite supérieure de l'étage infralittoral peut être considérés comme un véritable "niveau de base biologique" relativement indépendant des différences de marnage, car proche du niveau moyen. La précision (de l'ordre du mètre) qui peut être ainsi atteinte est comparable ou supérieure à celle obtenue par l'étude des encoches littorales, de datation beaucoup plus aléatoire.

La recherche de témoins fossiles de Vermets dans toute la zone tropicale et subtropicale devrait permettre d'éclaircir assez rapidement le problème des oscillations marines récentes, d'une extrême importance pour l'étude des récifs coralliens en particulier.

RESUME

Des formations construites à base d'Algues calcaires (Mélobésiées) et de Vermets appartenant aux deux genres *Petalocochnus* et *Dendropoma* ont été observées en de nombreux points des côtes du Brésil entre le Cap Saõ Roque et Rio de Janeiro. On les trouve sur substrat dur et en mode très battu aussi bien sur roches siliceuses ou éruptives que sur les "arrécifs" de grés. Sur le front des récifs coralliens elles constituent un véritable "algal ridge". Du point de vue de la zonation elles s'observent toujours dans la partie tout à fait supérieure de l'étage infralittoral, entre la zone à *Tetraclita* et celle des Sargasses. Le récif annulaire de Rocas et les "récifs phytogènes" de Fernando de Noronha en constituent les plus beaux exemples. Leur rôle est assez considérable, elles protègent et accroissent vers le large les récifs coralliens du Nordeste et du Cap Saõ Roque.

Un fort appauvrissement actuel des Vermets (surtout des *Petalocochnus*) s'observe actuellement sur les côtes continentales.

Ces formations sont de même nature et se situent au même niveau dans la zonation littorale que celles décrites aux Bermudes et en Méditerranée. Elles sont à comparer avec la crête algale (algal ridge) des récifs indo-pacifiques.

Enfin de nombreux témoins fossiles ont été observés à des altitudes allant jusqu'à 2,60 m, au-dessus des formations actuelles correspondantes. La datation par le Carbone 14 de ces restes devrait être d'une grande utilité pour l'étude des dernières oscillations du niveau marin.

ABSTRACT

Concretioned formations can be observed in numerous points of the Brazilian coast, between São Roque Cape and Rio de Janeiro, including the oceanic Islands. These concretions are constructed by Calcareous Algae (Melobesiae) and Vermetidae belonging to the genus *Petalocochnus* and *Dendropoma*. Their development requires a hard substratum continuously exposed to strong wave action. They are found on crystalline or eruptive rocks, on sandstone or coral reefs. In zonation, they grow always on the upper infra-littoral level, i. e. between the lower medio littoral *Tetraclita* and the infra-littoral *Sargassum* belt. The ring-shaped reef of Rocas and the "phytogenous reefs" of Fernando de Noronha show the most important and interesting examples. Their role is rather notable; under good conditions, they build a "border" or "fringe" along rocky shores and protect and expand seaward the NE Brazilian coral reefs, on the front of which they form a real algal ridge.

These formations are of the same nature and located at the same zonation level as similar examples described from Bermudas and the Mediterranean. They are comparable with the algal ridge of the indo-pacific coral reefs.

At the present time, the Vermetidae, especially *Petalocochnus*, are disappearing along the Brazilian continental coasts.

Numerous fossil stands are found in all the studied area, at heights up to 2,60 m. above the present formations. Datation by C 14 of such stands would be useful in studying recent sea level oscillations.

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE

- AGASSIZ (A.), 1895. - A visit to the Bermudas in 1894. *Bull. Mus. Comp. Zool.* Harvard Coll. 26, pp. 209-281.
- ALMEIDA (F.F. Marqués de), 1955. - Geologia e Petrologia do Arquipelago de Fernando de Noronha; (1) & (2); Carta geologica. *Div. Geol. Min. D.N.P.M.* Rio de Janeiro.
- ANDRADE (G. Osorio de), 1960. - O recife anular de Rocas, um registro de recentes variações eustáticas no Atlantico equatorial. *Anais Hidrográficos* t. 18. Dir. Hid. Nav. de Marinha, pp. 203-234.

- BRANNER (J.C.), 1904. - The stone reefs of Brazil. *Bull. Mus. Comp. Zool. Harvard Coll.* **44**, Geol. Ser. 7, pp 1-284.
- DARWIN (C.), 1841. - On a remarkable bar of sandstone off Pernambuco on the coast of Brazil. *London, Edimburgh and Dublin phil. Mag. Journ. Sc.* **Vol. 19**, pp. 257-261.
- FAIRBRIDGE (R.W.), 1958. - Dating the latest movements of quaternary sea-level. *Trans. N. Y. Acad. Sc.*, **20**, pp. 471-482.
- HARTT (C.F.), 1870. - The Geology and Physical Geography of Brazil. Boston.
- HOWE (M.A.), 1912. - The building of "coral" reefs. *Science*, New-York, **35**, n° 909, pp. 837-842.
- KEEN (M.), 1961. - A proposed reclassification of the Gastropod family Vermetidae. *Bull. Brit. Mus. (Nat. Hist.)*, Zoology. **vol 7**, n° 3. pp. 181-213.
- LABOREL (J.), 1966. - Contribution à l'étude des Madréporaires des Bermudes (Systématique et répartition). *Bull. Museum Nat. Hist. Nat.* 2° série, **38**, 3.
- LEWIS (J.B.), 1960. - The fauna of the rocky shores of Barbados, West Indies. *Canad. Journ. Zool.*, **vol 38**, p. 391.
- MOLINIER (Roger), 1955. - Les plate-formes et corniches récifales de Vermets. *C. R. Ac. Sc. Paris*, **240**, p. 361.
- MOLINIER (Roger), 1960. - Etude des biocénoses marines du Cap Corse. *Végétatio*, **vol 9** pp 121-312 (Thèse).
- MOLINIER (Roger) & PICARD (J.), 1953. - Notes biologiques à propos d'un voyage d'études sur les côtes de Sicile. *Ann. Inst. Oceanogr.* t. **28** fasc. 4, pp. 164-187.
- NESTEROFF (W.), 1965. - Recherches sur les sédiments marins actuels de la région d'Antibes. *Ann. Inst. Oceanogr.*, t. **43**, fasc. 1, pp. 5-130 (Thèse).
- NEUMANN (C.A.), 1965. - Observations on coastal erosion in Bermuda and measurements of the boring rate of the Sponge *Cliona lampa*. Lehigh University, polycopié. pp. 1-18.
- OTTMANN (F.), 1960. - A propos des crues du Capibaribe. *Trab. I.B.M.O., Univ. Recife T. 2*, n° 1, pp. 261-266.
- OTTMANN (F.), 1963. - L'"Atol das Rocas" dans l'Atlantique Sud tropical. *Rev. Geogr. Phys. et Geol. Dynam.* (2), **vol. 5**, Fasc. 2, pp. 101-107.
- PERES (J.M.) & MOLINIER (Roger), 1957. - Commission internationale pour l'exploration scientifique de la Mer Méditerranée. Compte rendu des séances. (Colloque tenu par le Comité du Benthos, Gênes, 10-11 juin 1957). *Rec. Trav. Stat. Mar. Endoume. Bull 13*, 22.
- PERES (J.M.) & PICARD (J.), 1952. - Les corniches calcaires d'origine biologique en Méditerranée occidentale. - *Rec. Trav. Stat. Mar. Endoume*, **4**, (1)
- PRAT (H), 1935. - Les formes d'érosion littorale dans l'archipel des Bermudes et l'évolution des atolls et récifs coralliens. *Rev. Geogr. Phys. et Geol. Dynam.* **Vol. 8**, fasc. 3, pp. 257-282.
- PRAT (H), 1936. - Remarques sur la distribution des organismes dans les eaux littorales des Bermudes. *Bull. Inst. Oceanogr. Monaco*, n° **705**. p. 2.
- RATHBUN (R.), 1876. - Extinct coral reef at Bahia. *Am. Naturalist.*, **10**, pp. 439-440.
- STEPHENSON (T.A.) & STEPHENSON (A.), 1954 - The Bermuda islands. *Endeavour*, **vol 50**, pp. 72-80.
- TRACEY (J.I.), LADD (H.S.) & HOFFMEISTER (J.E.), 1948. - Reefs of Bikini, Marshall Island *Bull. Geol. Soc. America*, **vol 59**, pp. 861-878.
- VAN ANDEL (T.) & LABOREL (J.), 1964. - Recent high relative sea-level stand near Recife, Brazil. *Science*, **vol. 145**, n° 3632, pp. 580-581.
- VERRILL (A.E), 1906. - The Bermuda islands (4 & 5) *Trans. Connecticut Acad. Arts & Sc.* New Haven, **12**, pp. 1-348.
- WELLS (J.W.), 1957. - Coral reefs ; in *Treatise of marine Ecology*, **vol 2**, *Geol. Soc. America*, Mem. **67**,

Légende de la planche 1

- A : Coupe du récif de Vermets et Mélobésiées de Saco de Atalaia (Fernando de Noronha).
- B : id. - Détail des "terrasses" concentriques.
- C : Rio Doce (Pernambuco), Vermets sur platier corallien érodé. La partie supérieure, morte, est attaquée (flèches noires) et couverte de *Tetraclita*. Le front encore vivant se développe en encorbellement (flèche blanche).
- D : Récif de Maracajahu (Rio Grande do Norte). Encroûtements sur pinacles coralliens actifs à *Millepora alcicornis* (L.) et *Siderastrea stellata* Verrill. Trous souffleurs plus ou moins colmatés.
- E : "Arrécife" de Suapè (Pernambuco). Développement sur le bord fracturé de larges dalles gréseuses ; dominance des Mélobésiées.
- F : Formations en bourrelets sur roches dures peu attaquables. Ce type se trouve en Méditerranée (MOLINIER), au Brésil (Cap Santo Agostinho, Gaibù) et en d'autres régions.
- G : Rebord d'un "boiler" bermudien ; noter la faible importance du concrétionnement dont le rôle est surtout protecteur. Les flèches indiquent les points où l'érosion est la plus active, aboutissant à une forme typique en entonnoir.
- H : Plates-formes à Vermets des côtes de Sicile (d'après MOLINIER et PICARD, 1953), Noter la ressemblance avec les "boilers", la couverture de Vermets, plus importante joue simplement un rôle protecteur plus efficace.

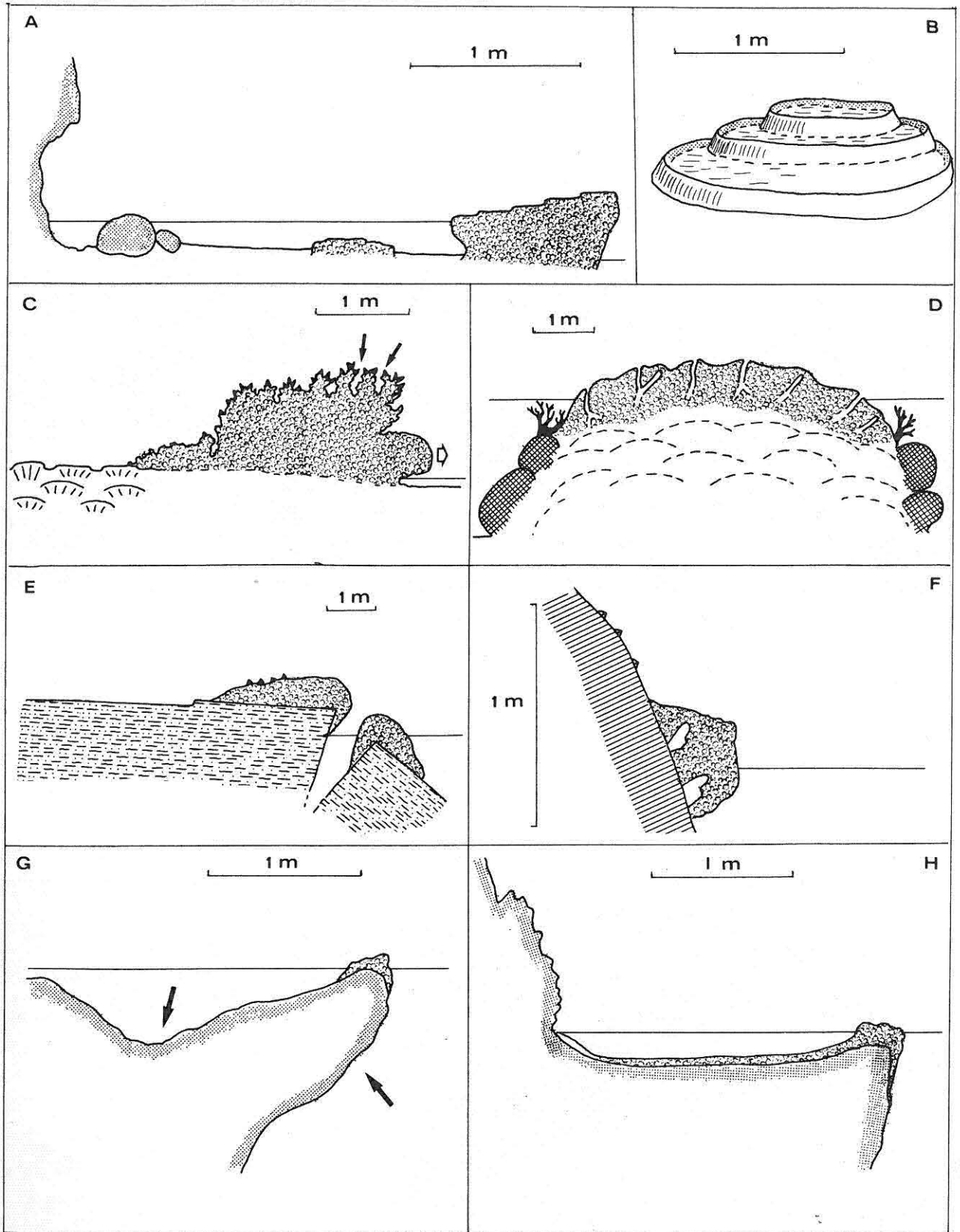


Planche I

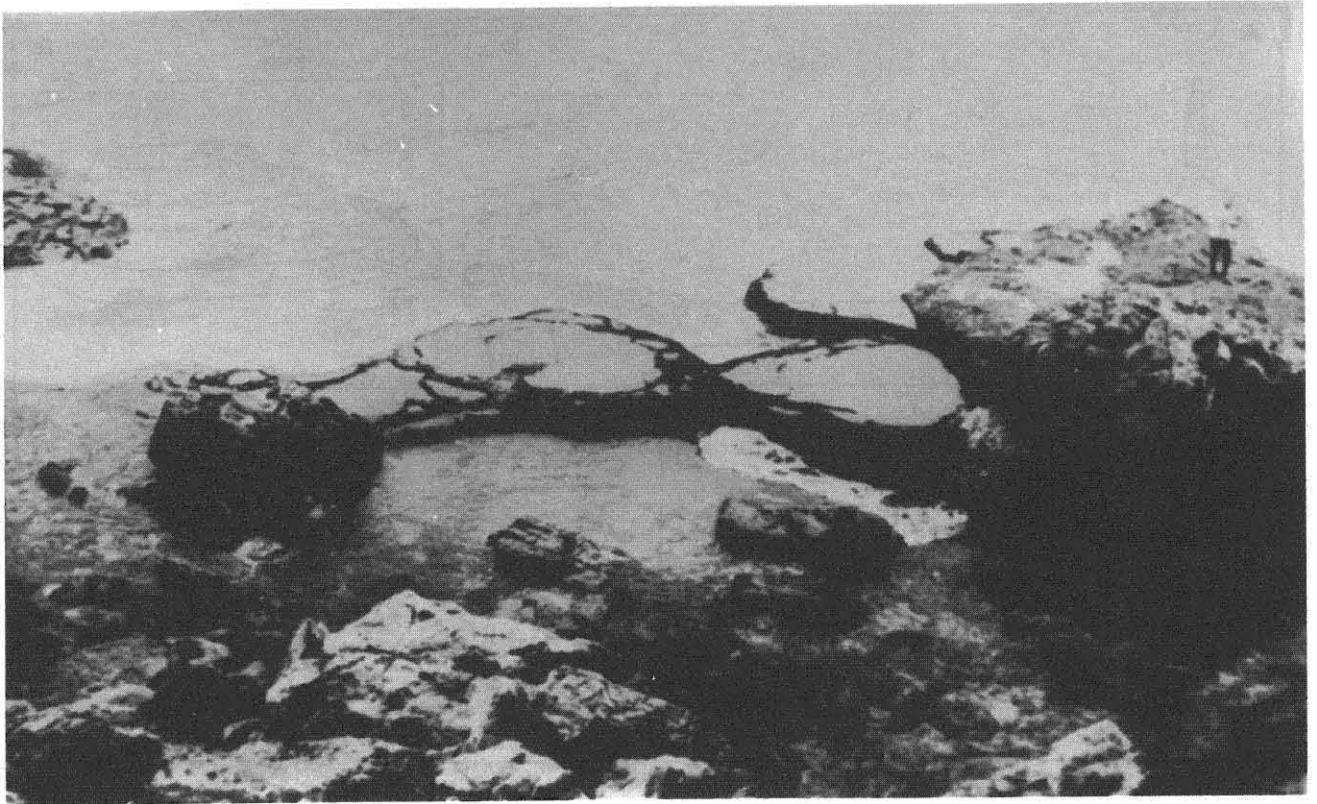


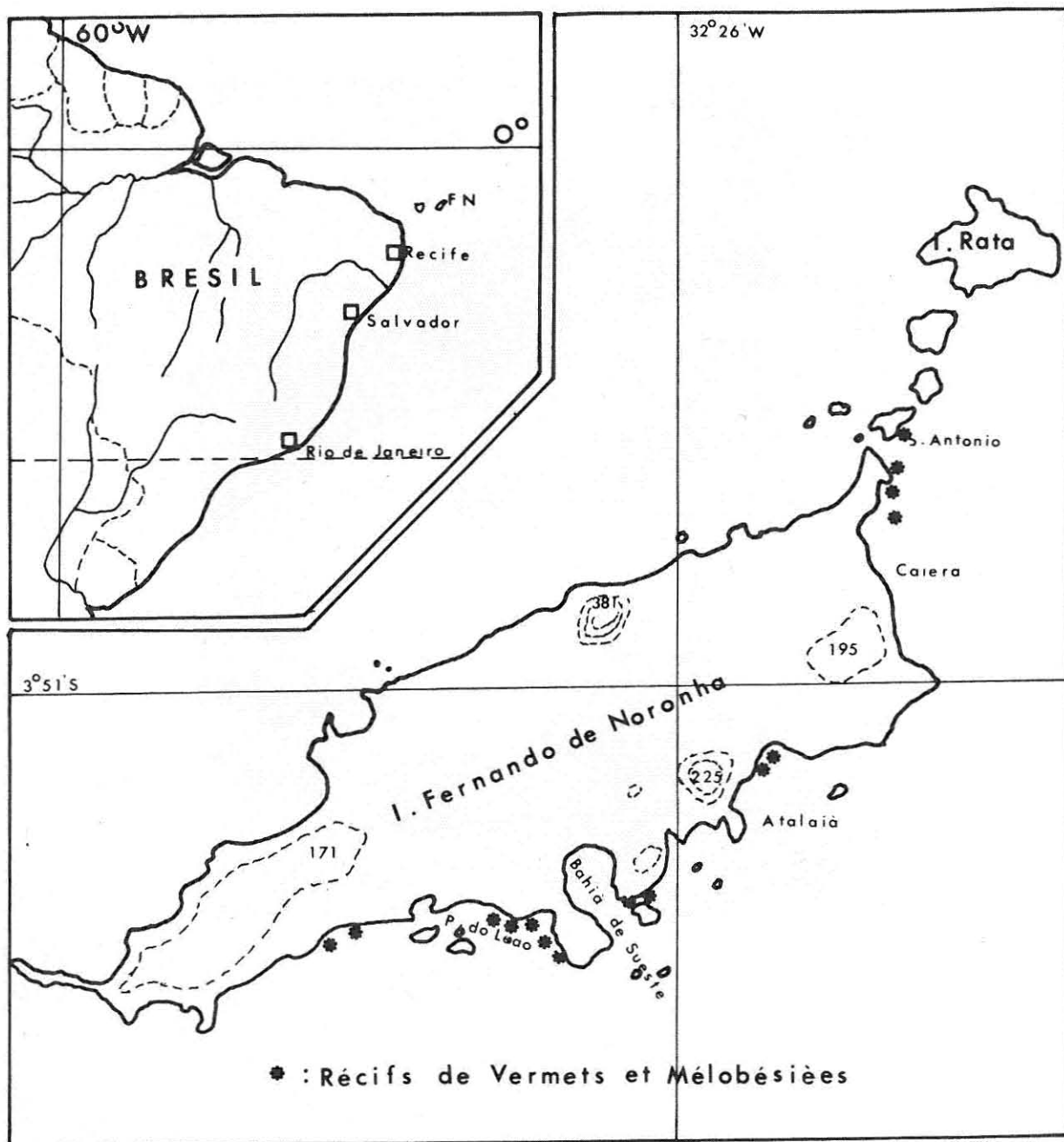
Photo n° 1 : Fernando de Noronha, Saco de Atalaia ; structure en terrasses sur un récif de Vermets joignant entre eux des rochers basaltiques.



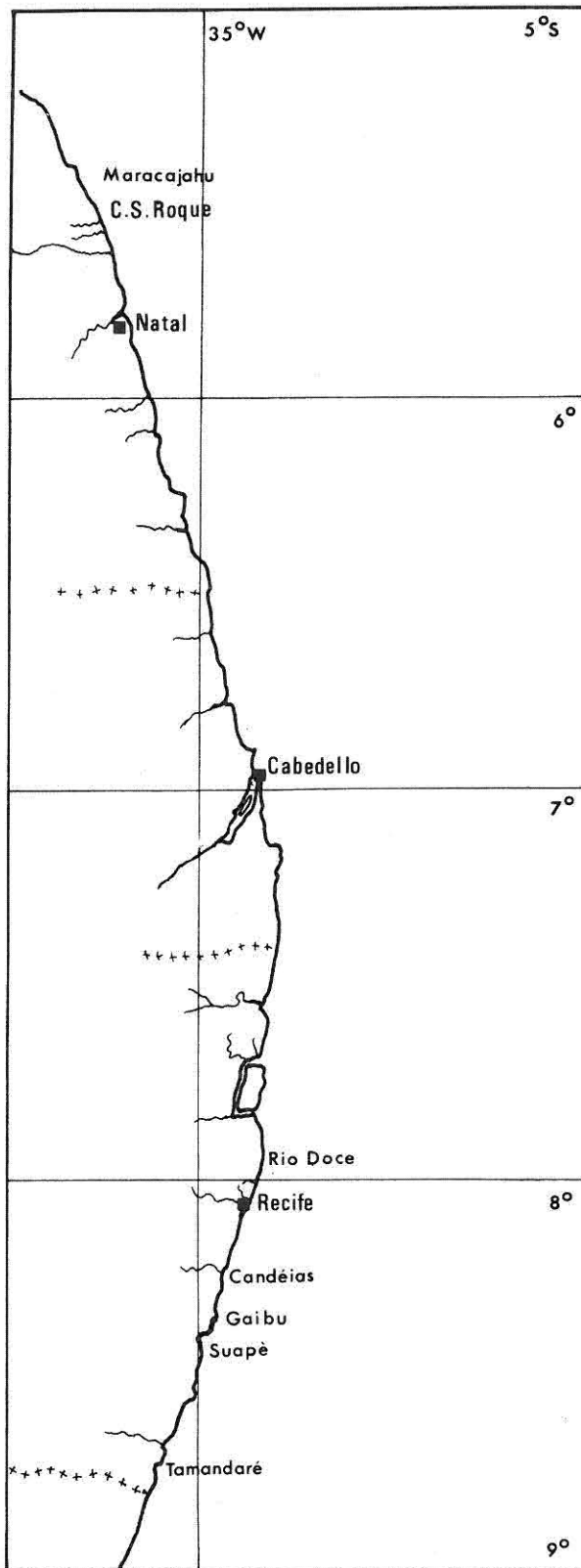
Photo n° 2 : Récif de Rio Doce (près d'Olinda, Pernambuco). Construction tabulaire de Vermets sur un platier corallien. La partie supérieure de l'édifice est morte et couverte de *Tetraclita*, seul est vivant l'encorbellement aux pieds du personnage.



Photo n° 3 : Cap Santo Agostinho (au Sud de Recife, Pernambuco) : Bourrelet de Vermets sur granit en forte pente. Les Vermets sont morts et couverts de *Tetractita* et de Zoanthaires. Noter le grand étalement vertical de la zonation du au mode très battu sur des dalles rocheuses en pente forte.



Carte I



Carte II