

# LES FAUNES ET LA STRATIGRAPHIE DU QUATERNAIRE MEDITERRANEEN

par P. MARS

## I - CONSIDERATIONS GENERALES

Lors du Congrès géologique international d'Alger (1952), des progrès décisifs pour la connaissance du Quaternaire méditerranéen étaient réalisés, principalement grâce à une importante contribution des Géologues italiens. Leurs travaux contenaient les germes d'une compréhension satisfaisante des séries stratigraphiques du Quaternaire ancien. En même temps s'achevait l'ère des conceptions trop simplistes. Il suffit de lire l'exposé que fit alors GIGNOUX, pour réaliser le chemin parcouru depuis son étude, remarquable pourtant, sur les formations marines pliocènes et quaternaires de l'Italie du Sud et de la Sicile (1913), et depuis les théories de DEPERET et de DE LAMOTHE, qui prévalaient alors, théories que GIGNOUX n'avait d'ailleurs pas entièrement adoptées.

A la suite de ce Congrès, DALLONI (1954), qui en fit un compte-rendu, pouvait dire: "Il est certain que tout ce que nous savons de la faune, de la flore et des caractères essentiels du Villafranchien suggère que le climat continental était alors subtropical, très chaud et très humide. La raison pour laquelle, les eaux méditerranéennes auraient vu prospérer au même moment une faune marine *froide*, ce caractère s'accroissant encore à l'époque suivante, constitue une véritable énigme dont la solution ne paraît pas tenter la perspicacité des chercheurs".

C'est un fait que ce problème, qui, tel qu'il vient d'être posé repose sur des équivoques, n'a pas accompli jusqu'ici des progrès décisifs, alors que, dans le même temps cependant, la connaissance des séries stratigraphiques s'affirmait, notamment en Italie, et tandis que d'autre part, le Quaternaire des régions littorales marocaines atlantiques, voyait aussi d'importants progrès.

Une difficulté pour la compréhension du Quaternaire méditerranéen réside dans le fait qu'on a surtout connu et opposé deux types de faunes: l'une froide (Quat. inf.), l'autre chaude (Quat. moyen), la première étant d'un habitat relativement profond, la seconde d'un habitat littoral. On connaît peu ou mal les rivages ou les faunes littorales correspondant

aux faunes froides, et inversement, on connaît peu les faunes profondes correspondant aux rivages à faunes chaudes. Essentiellement, on le sait, deux fossiles étaient retenus pour définir les unités stratigraphiques: *Cyprina islandica* et *Strombus bubonius* (1). Les terrains ne livrant ni ces fossiles, ni les espèces qui leur sont habituellement associées, restent souvent indatables, leurs faunes négligées. Ces faunes, en effet, dites banales, se rapprochent alors sensiblement de la faune actuelle.

Quelques connaissances récemment acquises n'ont pas paru, de prime abord, simplifier ou éclairer le problème. Elles nous ont pourtant rapprochés de sa solution. C'est ainsi que l'étude des gisements submergés et à faune froide du Golfe du Lion, montre qu'ils sont plus récents que le Quaternaire ancien, de sorte que la Cyprine, et la plupart des espèces formant son cortège habituel, ne peuvent plus être retenues comme exclusives et caractéristiques du Calabrien et du Sicilien (MARS, 1958). Ces faunes récentes, type Cap Creus, doivent correspondre à un glaciaire wurmien, et leur position est liée à un niveau de régression. La faune actuelle méditerranéenne, à notre époque qui est plutôt un interglaciaire, ne comprend plus ces espèces nord-atlantiques. Il est dès lors logique de penser que les mêmes phénomènes ont dû se répéter au cours des divers cycles glacio-eustatiques du Quaternaire et qu'ils leur sont liés.

Quand on parle de successions de faunes froides et chaudes, séparées par des faunes banales, les qualificatifs ne doivent être pris que dans un sens très relatif. Ce ne sont jamais des faunes alternées tropicales et boréales, voire arctiques, comme on a pu le penser quelquefois par excès de schématisation. Mais nier toute nuance climatique, toute variation de température du milieu marin, et faire dépendre les variations fauniques constatées exclusivement de facteurs océanographiques autres, serait d'un égal excès.

La faune marine au Pliocène est d'un type subtropical, ainsi qu'il en est des faunes continentales. Puis l'histoire de cette faune pendant le Quaternaire est, ainsi que l'ont souligné PÉRES et PICARD (1958), celle d'une évolution progressive sous l'influence d'une dégradation générale du climat. Mais il s'y ajoute les effets des crises glaciaires. Celles-ci, répétées, ont été séparées par des périodes de retour à des conditions plus tempérées pendant les interglaciaires, tandis que le niveau eustatique marin se modifiait.

Les variations du niveau marin pendant le Quaternaire ne sont pas niables non plus. Mais elles ne peuvent justifier à elles seules, dans tous les cas, la situation actuelle des gisements. Le stockage des eaux pendant les glaciations explique les régressions, tandis qu'une déglaciation, même totale, ne saurait expliquer en particulier la position des rivages du Quaternaire ancien à une centaine de mètres ou plus. La surrection plus ou moins généralisée des parties continentales a dû se faire par isostasie (ARAMBOURG 1952, 1954) consécutive à l'allègement des reliefs par l'érosion. La subsidence jouant au contraire dans les régions de sédimentation, il en résulte une distorsion des régions littorales et du pré-continent, ou flexure continentale (BOURCART 1927), selon une ligne plus ou moins parallèle au rivage et ne coïncidant pas exactement avec lui. Il faut ajouter à cela les mouvements épigéniques, les accidents locaux, pour saisir que le critère altitudinal seul ne peut être pris en considération dans la datation d'un littoral quaternaire. Plus personne d'ailleurs n'a adopté dans un sens strict les interprétations de DE LAMOTHE ou de DEPERET. Il n'en demeure pas moins que, le plus souvent, lorsque plusieurs lignes de rivage ont laissé leur tracé dans une même région, les plus hautes sont les plus anciennes. GIGNOUX (1952) a critiqué la théorie des niveaux, quand on veut considérer tous les niveaux comme autant de rivages marins significatifs, et il a justement observé que la plupart des auteurs modernes, d'accord pour faire la même critique, réintroduisent inconsciemment par des voies détournées

(1) - Dans les citations et listes d'espèces, nous employons intentionnellement une nomenclature connue, compréhensible par tous, mais qui n'est pas forcément toujours celle correcte au sens moderne.

cette même théorie, dans des essais de chronologie générale. Ces niveaux peuvent appartenir en effet à de simples stades de retrait au cours d'un même épisode régressif, et avoir été plus ou moins conservés en fonctions de disposition topographiques locales et l'on pourrait faire des remarques analogues à propos des stades morainiques (GIGNOUX, 1952, p. 256). Il conclut à une attitude nécessaire de prudent scepticisme en matière de chronologie quaternaire, jugeant aussi dangereuse l'utilisation de la courbe de MILANKOWITCH que la théorie des niveaux de DEPERET. Ces réserves sont d'autant plus valables que dans la région méditerranéenne, "nous sommes incapables de préciser la part qui revient dans les déplacements de la ligne de rivage soit à des oscillations eustatiques générales, soit à des mouvements locaux". Effectivement, on ne connaît pas en Méditerranée de région où l'on puisse nettement déceler une succession de lignes de rivages avec la seule interférence de l'isostasie progressive et de l'eustatisme. Dans les régions italiennes surtout, où ont été définis les étages, l'orogénèse est encore intense au Quaternaire ancien, variable d'un endroit à l'autre, et elle est suivie d'intenses érosions. Il n'y a plus dès lors la possibilité de retrouver sûrement les rivages marquant les maxima transgressifs.

Au Maroc, il semble ne pas en être de même. Grâce aux importantes contributions des Géologues qui ont travaillé dans ce pays, l'étagement de lignes de rivages marquant apparemment les maxima transgressifs est bien connu, près de Casablanca. Les littoraux anciens, transgressifs, eustatiques et interglaciaires, y sont portés à des altitudes décroissantes, par isostasie surtout; leurs faunes malacologiques sont connues et il y a des formations continentales associées, avec des faunes mammalogiques et des industries préhistoriques. Ces deux dernières, toutefois, ne peuvent permettre d'établir des corrélations précises avec les formations continentales méditerranéennes. Malgré cela, la succession des étages marocains ne manque pas d'intérêt, car il s'agit d'une région proche du Détroit de Gibraltar qui joue un rôle dans l'évolution des faunes en Méditerranée. Rappelons donc la chronologie du Maroc, telle qu'elle résulte de divers travaux récents (1) :

Dépôts marins littoraux	Dépôts continentaux	Corrélations glaciaires (2)
Messaoudien (100 m)	Moulouyen.....	Prégunz (?)
Maarifien (60 m)	Salétien.....	Gunz
Anfatien (30 m et 20 m)	Amirien.....	Mindel
Ouljæn (5 - 10 m.)	Tensiftien.....	Riss
Mellahien (2 m.)	Soltanien.....	Wurm
	Rharbien.....	Néowurm.

Il est à noter qu'on peut retrouver une succession de niveaux analogue dans d'autres régions atlantiques (Portugal), et même méditerranéennes (Algérie). Mais nous ne pouvons actuellement nous baser sur ces apparences pour pousser plus avant une corrélation, surtout en ce qui concerne les plus hauts niveaux.

(1) - BIBERSON, CHUBERT, FAURE-MURET et LECOINTRE (1960), précisent que depuis la création de la terminologie marocaine locale, quelques divergences se sont manifestées entre les auteurs, certains termes ayant été utilisés dans des sens différents de celui qui leur avait été attribué primitivement.

(2) - Corrélations proposées par les auteurs cités ci-dessus.

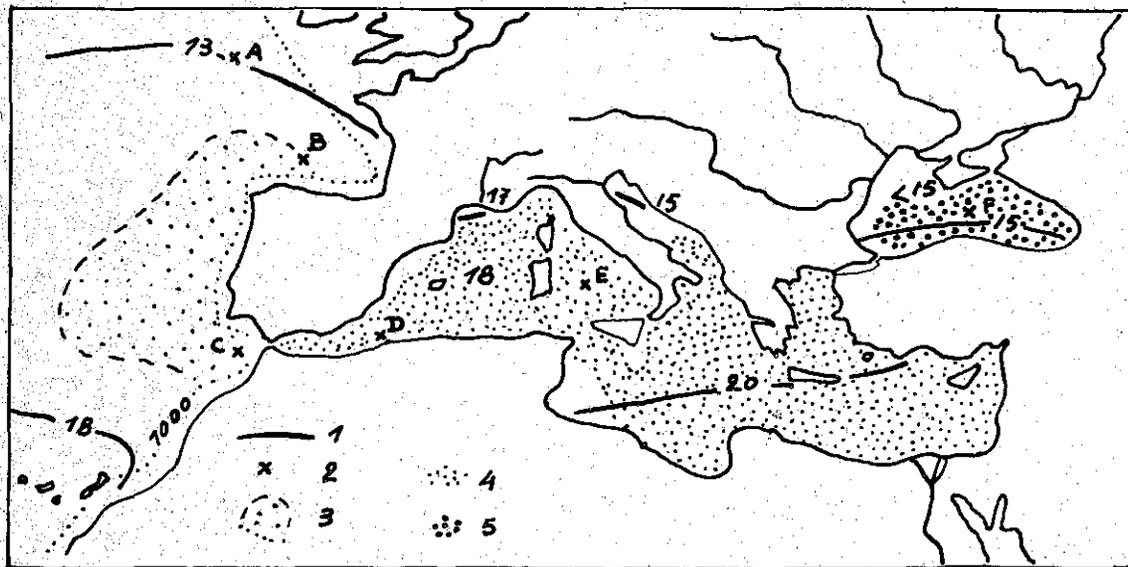


Fig. 1

1. isothermes moyens en surface : les chiffres indiquent les moyennes de surface.
2. points de sondages des températures. (voir Tabl. 1).
3. zone atlantique où la température n'est pas inférieure à 10° C. à la profondeur de 1000m.
4. zone méditerranéenne, où la température au-dessous de 200m. est comprise entre 13° et 15° C.
5. zone de la mer Noire, où la température au-dessous de 200m. est inférieure à 9° C.

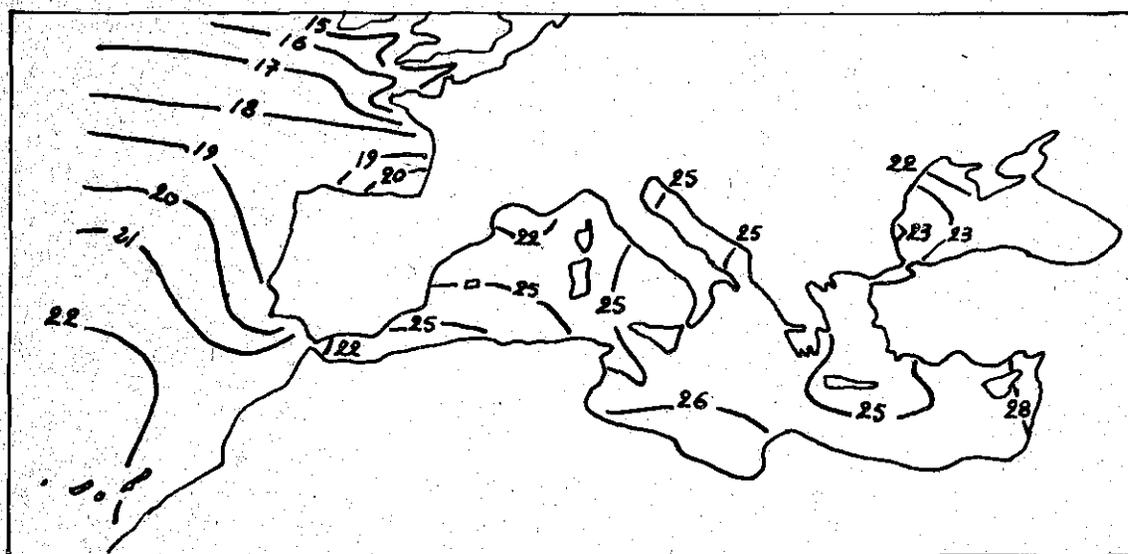


Fig. 2

Isothermes de surface en août.

Fig. 1-2-3- d'après les données de ROUCH; de SVERDRUP, JOHNSON et FLEMING; de SCHOTT, etc.

## 2 - CONDITIONS CLIMATIQUES ET HYDROLOGIQUES DE LA MEDITERRANEE PENDANT LE QUATERNAIRE.

Des analyses isotopiques ( $O^{18}$ ), effectuées à partir de Foraminifères inclus dans les sédiments d'un carottage profond en Méditerranée Orientale, ont permis à EMILIANI (1955), de mettre en évidence une alternance de stades plus chauds et plus froids, qu'il pense pouvoir paralléliser avec des glaciaires et des interglaciaires. Des fluctuations de température ont également été notées dans les séries pliocènes et calabriennes de la Calabre (EMILIANI, MAYEDA et SELLI, 1961), et sicilienne de Palerme (EMILIANI, GIANOTTI et MAYEDA. Si, pour des raisons diverses les températures trouvées peuvent ne pas être bien conformes à la réalité, et si surtout les corrélations proposées avec les phases glaciaires sont très hypothétiques, il n'en demeure pas moins que des variations de température dues aux fluctuations climatiques quaternaires ont bien eu lieu en Méditerranée, comme elles ont eu lieu dans les eaux marines en général (EMILIANI et MAYEDA, 1961).

Les flores et les faunes des séries non marines, mais littorales, du Quaternaire de Méditerranée, montrent par ailleurs des variations assez sensibles pour qu'il ait été possible de les déceler, même dans des régions méridionales. Il s'agit notamment de celles enregistrées dans la région romaine, et assez nettes pour qu'A.C. BLANC ait pu définir, sous des noms locaux, des périodes "glaciaires" répétées. Ces périodes témoignent en tous cas de conditions écologiques tempérées plus froides que les actuelles. Ces problèmes de climatologie nous entraînent à rappeler le régime actuel des eaux méditerranéennes dans leurs rapports avec celles des bassins adjacents.

Dans l'Atlantique Nord-Ouest, la température des eaux varie, en surface et saisonnièrement, comme indiqué dans les figures 1,2,3. Au large des côtes européennes, les trois sondages reportés A,B,C, (Tab. I; fig. I), situés respectivement au S.-W. de l'Irlande, dans le Golfe de Gascogne et la Baie d'Espagne (W. de Gibraltar), suffisent à donner une idée de la variation de la température en profondeur. Cette température augmente du Nord au Sud. A 400m., en période estivale, elle est respectivement de 10,4, 10,9 et 11,8°C. Partout, elle continue à décroître avec la profondeur pour atteindre des valeurs aussi basses que 4°C, vers 2000m. Ce sont là des eaux d'origine arctique, caractérisées par leur lourdeur, dépendante de leur faible température. Elles constituent aux plus grandes profondeurs des couches continues à peu près inertes.

Les eaux dites atlantiques, ou tropicales, par opposition aux précédentes, dites polaires, sont plus légères, plus chaudes, plus mobiles, plus superficielles. Elles empiètent sur les premières au cours de déplacements saisonniers en latitude, appelés transgressions, ou mieux expansions océaniques (LE DANOIS, 1938). En stabilisation hivernale, ces eaux occupent à peu près la position indiquée fig. 4. Leur mouvement d'expansion débute généralement en février ou mars, dans la baie d'Espagne, pour atteindre vers octobre-novembre sa limite Nord dans les régions boréales. Le rythme, les causes, l'amplitude de ces expansions, dit LE DANOIS, appartiennent aux rythmes beaucoup plus vastes dans leur durée et leurs effets, auxquels obéissent les grandes variations de la terre, tels que ceux pris en considération par MILANKOWITCH dans ses calculs. Les périodes calculées de ces expansions font apparaître de remarquables coïncidences entre les années de maximum expansif et les périodes séculaires de pêche au hareng (1), avec quelques décalages, tels ceux qu'à une autre échelle on découvre entre les sommets des courbes de MILANKOWITCH, les maxima de froid continental les maxima d'extension et de stockage glaciaires.

(1) - Le hareng est un poisson qui évite strictement les masses d'eau d'origine tropicale. Aussi, au moment des expansions, son aire se trouve réduite vers le large, et ses bancs, plus denses, se trouvent plus près des côtes, dans des régions de pêche intensive.

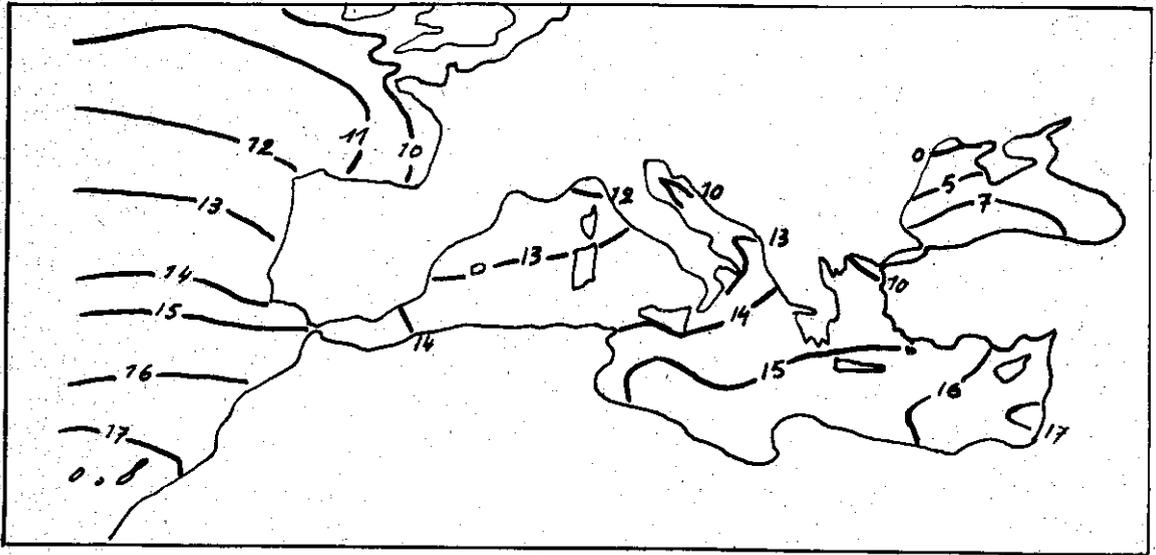


Fig. 3

Isothermes de surface en février.

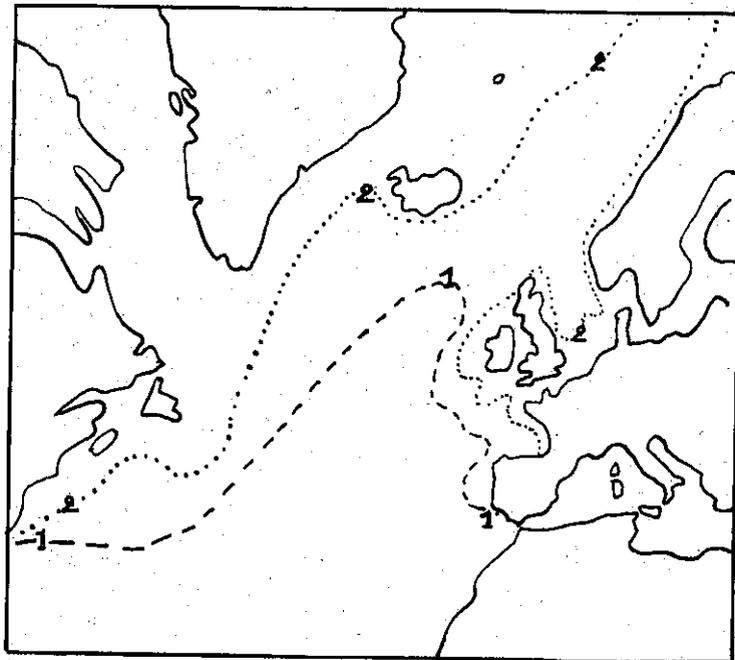


Fig. 4

Limite Nord des eaux atlantiques

- 1.- en régression hivernale
- 2.- en expansion estivale

Les eaux de la *Méditerranée* subissent, comme celles de l'Atlantique et de la Mer Noire, les effets d'une loi générale sur la variation de la température avec la profondeur. Ses températures profondes sont dues aux courants de convection qui entraînent vers le fond les eaux superficielles les plus froides, celles de l'hiver. C'est pourquoi, en hiver, la température de surface (fig.3) et celle du fond sont toutes deux voisines de 13°C. et qu'alors les eaux sont à peu près homothermes dans toute leur masse. Elles sont homothermes en toutes saisons à partir de 300m. env. de profondeur (Sondages D. et E.).

En Méditerranée, l'évaporation l'emporte nettement sur les apports d'eau douce. Le déficit annuel est comblé en majeure partie par un apport atlantique, à travers le détroit de Gibraltar, et, pour une part mineure, par un apport d'eau de la Mer Noire à travers les détroits turcs. Entre les trois nappes d'eau, les échanges s'opèrent selon une loi simple de vases communicants contenant des liquides de densités différentes. A Gibraltar, il existe un courant d'entrée des eaux atlantiques, en surface, et un courant de sortie des eaux méditerranéennes en profondeur. A ce phénomène principal s'en ajoutent d'autres qui interfèrent pour altérer sa régularité. La vitesse des deux courants et leur limite varient. Au moment des marées atlantiques, le flot arrive quelquefois à interrompre pendant deux ou trois heures tout courant de sortie. Une variation saisonnière est à remarquer: en été la limite entre les deux courants est à -200m. environ; en hiver, elle n'est qu'à -100m. En définitive, si l'échange, en volume, est bénéficiaire à la Méditerranée, ce ne sont pas les eaux atlantiques qui déterminent la température profonde de la Méditerranée, mais bien l'inverse. Le courant profond méditerranéen crée, à l'Ouest et au Nord de Gibraltar, une zone, unique dans tout l'Atlantique Nord-Est, où jusqu'à 1000m. la température de l'eau reste voisine de 10°, ou supérieure (fig.1, sondages B., C.).

En Mer Noire, les températures de surface peuvent avoisiner 25°C. en été, comme en Méditerranée, mais en hiver, elles sont relativement basses, 6 à 7°C. dans les régions centrales. Cela entraîne un régime particulier: les couches les plus froides, vers -50m. ont la température de la surface en hiver, selon la loi générale. Puis, il y a un réchauffement en profondeur, sous l'effet d'un afflux d'eaux méditerranéennes, jusqu'à 9°C. au fond (sondage F.). Les échanges à travers les détroits sont ici différents de ceux qui se produisent à Gibraltar. La Mer Noire reçoit plus d'eau douce qu'il ne s'en évapore en un même temps à sa surface. Ces eaux excédentaires s'écoulent en surface, vers la Méditerranée, tandis qu'un courant profond ramène de la Méditerranée vers la Mer Noire une certaine quantité d'eaux plus denses et plus chaudes.

Ces brèves descriptions des conditions hydrologiques suffisent à comprendre l'essentiel des rapports actuels entre la Méditerranée et les bassins adjacents.

Pour expliquer les températures profondes de la Méditerranée, observe ROUCH (1946, p. 114), on a exagéré l'influence du détroit de Gibraltar en tant que limitant la communication des eaux. Actuellement c'est plutôt la Méditerranée qui influence la température des eaux atlantiques en profondeur. Mais, en supposant une couche d'eau plus haute sur le détroit, 100m. au Sicilien par exemple, selon les anciennes théories, on a cru pouvoir expliquer soit le refroidissement de la Méditerranée, soit un appel d'eaux atlantiques susceptibles de modifier les conditions biologiques. Outre qu'une telle transgression par rapport au niveau eustatique actuel n'a jamais dû exister, l'effet n'aurait pas été celui escompté, sans l'intervention d'autres phénomènes. La solution est nécessairement ailleurs.

Nous vivons actuellement le début d'une période interglaciaire. On pourrait dire à la rigueur, que nous traversons un interglaciaire. Les conditions climatiques actuelles sont en tout cas plus proches de celles d'un interglaciaire que d'un glaciaire à leur maximum.

Etablissons une comparaison, qui, bien que grossière, comporte une évidente part de vérité: comparons les saisons aux périodes climatiques quaternaires: les étés aux interglaciaires, les hivers aux glaciaires. De même que nous saisissons actuellement des différences dans le régime des mers selon la saison, de même les successions d'interglaciaires et de glaciaires ont dû entraîner des modifications que la connaissance des régimes actuels va nous aider à reconnaître. Nous avons vu la remontée en latitude des masses d'eau tropicale en été dans l'Atlan-

Tab. 1

Température des eaux

Point A, Atlantique (S.W. de l'Irlande)			Point B, Atlantique (Golfe de Gascogne, juin)		
	printemps	été			
0 m.	10,6	16,5	0 m.	17,50	
100	10,4	11,0	50	11,91	
400	10,2	10,4	100	11,15	
600	9,6	9,7	400	10,86	
800	9,0	9,0	800	10,04	
1000	7,9	7,8	1000	9,76	
1600	4,0	4,0	2000	3,82	
<hr/>			<hr/>		
Point C, Atlantique (Golfe d'Espagne, W. Gibraltar)			Point D, Méditerranée (côtes algériennes, juin)		
	(septembre)		0 m.		
0 m.	21,41		0 m.	21,26	
100	15,52		50	14,20	
200	13,88		100	13,03	
400	11,83		200	12,96	
600	10,69		400	12,99	12,94 moy.
800	10,12		600	12,93	
1000	9,76		800	12,89	
2000	4,61		1000	12,88	
			2000	12,99	
<hr/>			<hr/>		
Point E, Méditerranée (Mer Tyrrhénienne, juillet)			Point F, Mer Noire (juillet)		
			0 m.		
0 m.	21,76		0 m.	23,7	
50	15,18		50	7,8	
100	13,75		100	8,3	
200	13,97		200	8,8	
400	13,77		400	8,8	8,8 moy.
600	13,70	13,57 moy.	600	8,8	
800	13,56		800	8,9	
1000	13,42		1000	8,9	
2000	13,18		2000	8,9	
3000	13,25				
<hr/>			<hr/>		

tique, et le phénomène inverse de descente des eaux froides en hiver. Nous avons vu de même changer de position la limite entre les courants de Gibraltar, celle-ci passant de 100 m. en hiver à 200 m en été, ce qui correspond à une entrée plus importante d'eau atlantique pour compenser le déficit méditerranéen plus fort en été.

Plaçons-nous d'abord dans les conditions d'un interglaciaire bien caractérisé. Pendant une telle période, dans la région méditerranéenne prévaut un climat aride-chaud, attesté par la formation de sols d'altérations et même de croûtes. Les conditions climatiques actuelles sont aggravées: eaux plus chaudes, évaporation plus intense précipitations moindres d'où déficit méditerranéen accru. Ce déficit est comblé par des apports atlantiques plus importants, grâce à un courant d'entrée plus important, plus constant, dont la limite inférieure s'enfonce. Les eaux qui pénètrent sont plus chaudes, l'Atlantique connaissant de son côté un régime accentué d'expansion des eaux tropicales pouvant entraîner une modification des provinces zoologiques (voy. Ch.3). Toutes les conditions se trouvent réalisées pour permettre à la fois l'introduction des faunes littorales méridionales, et leur maintien dans un milieu méditerranéen favorable. En profondeur, la température qui s'accroît également, même faiblement, entraîne un régime homothermique impropre à la survivance de faunes nord-atlantiques qui auraient pu préexister.

Plaçons-nous ensuite dans les conditions d'une période glaciaire. La régression eustatique correspondante entraîne une réduction d'eau, sur Gibraltar comme ailleurs. Mais ce n'est pas là le fait capital. La zone de climat aride se déplace vers le Sud en même temps qu'elle se contracte. La zone tempérée humide et fraîche subit un déplacement parallèle et vient affecter les régions méditerranéennes. D'un point de vue théorique, FAIRBRIDGE a expliqué, dans une récente communication (1960) ces changements de climat. Un climat humide et frais est d'ailleurs décelé dans les formations méditerranéennes d'époque glaciaire: alluvions torrentielles, loess argileux, tourbes froides, cryoturbations etc. Ce sont les époques des "glaciaires" de la région romaine. La température de la mer peut en être affectée, mais surtout, les conditions hydrologiques deviennent tout à fait différentes de ce qu'elles sont actuellement: du fait des précipitations et des apports fluviaux accrus, le bilan de la Méditerranée cesse d'être déficitaire et devient même excédentaire. La salinité diminue. Le surplus d'eau va se déverser dans l'atlantique, par un courant de surface. D'abord la limite entre les deux courants (surface et fond), actuellement reconnue comme moins profonde en hiver, remonte jusqu'à atteindre la surface et les courants sont nuls. Après qu'ait cessé l'entrée des eaux atlantiques en surface, il s'établit un renversement complet des courants: à un courant de sortie des eaux méditerranéennes diluées qui s'écoulent vers l'Atlantique, répond un courant atlantique en profondeur. Autrement dit, le nouveau régime de la Méditerranée par rapport à l'Atlantique est du même ordre que l'actuel régime de la Mer Noire par rapport à la Méditerranée. Dans le même temps, les eaux atlantiques sont elles aussi plus froides à la latitude de Gibraltar, et il y a une migration vers le Sud des provinces zoologiques nordiques. Toutes les conditions se trouvent alors réalisées pour permettre à la fois l'introduction d'une faune nord-atlantique en profondeur et son maintien dans un milieu méditerranéen favorable par sa température et sa salinité, et aussi par le renouvellement dont il est l'objet. A l'échelle saisonnière, ce sont des phénomènes du même ordre qui régissent les petites mers intérieures que sont les étangs littoraux sub-marins, tels ceux de Berre ou de Thau, où, à la stagnation et à l'échauffement des eaux profondes en fin d'été succède un avivement hivernal par modifications courantologiques dans les chenaux de communication avec la mer.

Cette hypothèse de l'inversion des courants explique également que les faunes renouvelées soient des faunes littorales pendant les interglaciaires, tandis que le courant de sortie des eaux méditerranéennes en surface, pendant les glaciaires n'est pas favorable à l'introduction des faunes littorales atlantiques froides.

Déjà, J.M. PERES (in BLANC, PERES et PICARD, 1959, p. 192) avait dit qu'un ap-

pel ou une sortie d'eaux atlantiques, selon le cas, devait être à l'origine de la ventilation du fond de la Méditerranée. PICARD et nous-même (1960, p. 327), avions d'autre part insisté sur le fait d'un refroidissement, peut-être peu important des eaux méditerranéennes, devait avoir correspondu avec un abaissement de la salinité, les deux facteurs étant favorables aux espèces nordiques, le tout pouvant s'expliquer par de fortes précipitations, ou par un fort débit des fleuves, ou par des échanges d'eau plus intenses par le seuil de Gibraltar. Nous pensons avoir montré maintenant comment ces divers facteurs sont en fait liés, et expliqué de façon logique, par l'inversion des courants, comment se sont produites les variations de la faune en Méditerranée pendant le Quaternaire, aussi bien au cours des périodes glaciaires qu'interglaciaires.

Naturellement, de telles variations ne se sont pas faites selon le schéma simple d'un petit nombre de maxima glaciaires et interglaciaires, bien séparés et d'emblée établis, mais par avancées et reculs successifs de valeurs moindres, différentes entr'elles, avec effets cumulatifs possibles, de même qu'on trouve des stades dans les formations glaciaires de montagne. Si les effets maxima sont enregistrés à peu près au moment des phases maximales, il y a eu certainement aussi des phases correspondant à des régimes intermédiaires, amorcées puis plus ou moins avortées. Il y a eu aussi des effets-retard sur le milieu marin, tel celui dû à la fonte des neiges en phase de déglaciation, capable de prolonger en Méditerranée pendant une partie des transgressions glacio-eustatiques, les conditions favorables à la survie des espèces nord-atlantiques.

On a pu suivre dans diverses régions, et avec quelques détails les fluctuations climatiques, à travers la flore et la faune au cours de la transgression qui a suivi le maximum régressif wurmien. Tandis que le début de la déglaciation est estimé à quelques 25.000 ans, le maximum froid, dans la région littorale de la Versila, étudiée par AC. BLANC et par TONGIORGI(1936), correspond à la formation de tourbes à *Pinus mugo*, *P. silvestris*, *Picea*, *Abies*, alors que la transgression a déjà conduit le niveau marin de -90 à 40m. env. Ces tourbes, comprimées, réduites à l'état de galets, sont reprises par la mer amorçant un mouvement transgressif décisif et qui dépose vers -20m. des sables à *Purpura* et *Vitis*. La datation par  $C^{14}$ , appliquée aux tourbes froides, a donné -18500 ans env. (A.C. BLANC, H. DE VRIES et FOLLIERI, 1957).

D'autre part, dans le carottage profond 189, étudié par EMILIANI, les Foraminifères des sédiments de Méditerranée Orientale datés de 17.200 ans env. par  $C^{14}$ , sont ceux qui donnent les plus basses paléotempératures.

De ces deux exemples, le premier est le plus valable, mais concerne le climat terrestre des régions littorales, non le milieu marin. En ce qui concerne le second, il conviendra d'y ajouter un commentaire. A GIGNOUX qui, nous l'avons rappelé, considérait comme dangereuses l'utilisation de la courbe de MILANKOWITCH, et la théorie des niveaux de DEPERET, nous allons malheureusement devoir faire écho en ajoutant que sont également dangereuses les interprétations trop absolues des courbes de paléotempératures isotopiques.

Dans le cas de l'analyse de la carotte 189, il est supposé que la composition isotopique du milieu marin était comparable à l'actuelle. L'auteur reconnaît pourtant le problème que pose la variation possible de cette composition dans le passé. (EMILIANI, 1955, p. 90), en ce qu'elle influence le résultat des analyses. Mais il pense que le renouvellement rapide des eaux méditerranéennes par les courants atlantiques neutralise dans une large mesure les effets de l'évaporation (qui augmente le rapport  $O^{18}/O^{16}$ ), ou les effets des apports d'eau de fonte glaciaire, (qui diminuent ce rapport). Actuellement, d'après les données de EPSTEIN et MAYEDA, rappelées par EMILIANI, MAYEDA et SELLI (1961), on sait qu'il y a une relation directe entre la salinité et la concentration d' $O^{18}$ :  $0,5\text{‰}$  de plus ou de moins dans cette concentration est en rapport avec  $1-1,5\text{‰}$  de plus ou de moins de la salinité. D'autre part, une diminution de  $0,23\text{‰}$  d' $O^{18}$  fait obtenir à l'analyse des températures trop fortes de  $1^{\circ}\text{C}$ . env. Selon les mêmes données, dans la Méditerranée actuelle d'ail-

leurs, le rapport augmente de  $0,8\text{‰}$  entre Gibraltar (Salinité 36,25), et la Méditerranée occidentale (S. 38); de  $1,2\text{‰}$  entre Gibraltar et la Méditerranée orientale (S. 39). Une diminution de la salinité de l'ordre de  $3\text{‰}$  par exemple, peut, en définitive se traduire par un résultat trouvé trop fort de quelques six degrés C.

Or, la Méditerranée représente au cours des vicissitudes climatiques et océanographiques quaternaires, un aspect particulier, indépendant, qu'il ne faut pas assimiler à un état océanique général. Son bilan hydrologique ne s'aligne pas sur celui mondial moyen et théorique tenant compte des échanges entre des eaux enrichies en  $O^{18}$  par suite de l'évaporation, à certaines époques, ou en  $O^{16}$  à d'autres, par la restitution de l'eau de fonte glaciaire.

Dans notre hypothèse de l'inversion des courants à Gibraltar, les époques de renouvellement plus actif des eaux méditerranéennes correspondent à la fois à celles de température plus basse, de salinité plus basse, d'évaporation modérée, de précipitations accrues en début de phase, de fonte glaciaire en fin de phase. Ainsi, à ces époques en gros glaciaires, ont dû correspondre en Méditerranée des compositions isotopiques nettement appauvries en  $O^{18}$ . Inversement, les interglaciaires connaissant des températures plus fortes, une évaporation plus forte, des précipitations minimales et finalement une salinité plus forte, ont dû correspondre à des compositions isotopiques enrichies en  $O^{18}$ . Comme l'on n'est pas en présence d'un petit nombre de cycles climatiques parfaitement égaux, les variations isotopiques ne peuvent être supposées selon des courbes simples. Dès lors, pour interpréter les graphiques de paléotempératures brutes (établies sur la base de concentrations isotopiques constantes du milieu), on se trouve enfermé dans un cercle vicieux. On ne peut corriger en fonction de stades qui ne sont présumés glaciaires et interglaciaires qu'en fonction de températures faussées.

A titre d'exemple, et avec des valeurs correctives arbitraires, et seulement pour illustrer ces faits, considérons les résultats bruts de paléotempératures donnés pour la série sicilienne typique de FICARAZZI, EMILIANI, GIANOTTI et MAYEDA (1961), aboutissent aux résultats suivants: températures superficielles (par *Globigerina rubra*), 19 à 31°C, valeurs estivales; températures intermédiaires (*Globigerina inflata*), 16,6 à 18,3; temp. profondes (Foraminifères benthiques), 14,6 à 17,6. D'où ils concluent que les corrélations avec un glaciaire, proposées par RUGGIERI et SELLI notamment (1949) paraissent ne pas pouvoir être soutenues.

Considérons au contraire, dans l'optique de notre hypothèse, que la série sicilienne en question correspond bien, en gros, à une période glaciaire, avec tout ce que cela sous-entend eu égard à la salinité et à la composition isotopique  $O^{18}/O^{16}$ . Admettons la possibilité d'une baisse de salinité jusqu'à  $35\text{‰}$ ; les corrections de température seraient de l'ordre de  $-6\text{°C}$ , ce qui modifie ainsi les résultats: Surface été..... 13 à 25  
Fond..... 8,6 à 11,6°C.

Par ailleurs, la plus forte variabilité des températures en surface s'expliquerait en partie par la plus forte variabilité de la composition isotopique superficielle par rapport à celle du fond. On saisit par cet exemple à valeurs arbitraires mais cependant tout à fait dans l'ordre des choses possibles, le danger des conclusions générales sur la base des analyses de paléotempératures isotopiques.

On peut faire des remarques analogues à propos de la série calabrienne de Le Castella en Calabre. Là, EMILIANI, MAYEDA et SELLI (1961), ont obtenu les résultats suivants:

Tandis que pour la série pliocène, sous-jacente en continuité, les paléotempératures trouvées sont de 21 à 30°C. pour la surface, celles de profondeur (Foram. benth.) sont de 14 à 20°C., pour la série calabrienne elles varient de 16 à 30 (surface), de 11 à 19 (inter-méd.) et de 7 à 13°C. (fond, Mollusques benth.). De plus, les écarts sont souvent très forts entre des couches séparées par de faibles épaisseurs de sédimentation, ce qui fait penser à des alternances climatiques répétées. En raison des erreurs possibles dans l'estimation

des paléotempératures, précédemment soulignées, nous considérons comme plus valables les données fournies par les seules considérations micropaléontologiques résultant d'observations détaillées (SELLI, in EMILIANI, MAYEDA et S., 1957). Dans la série de Le Castella, au-dessus de la limite plio-pleistocène, on voit apparaître, dans l'abondante faune de Foraminifères benthiques, quelques espèces très significatives: la classique *Anomalina baltica*, actuellement très répandue dans des eaux relativement froides et peu salées de l'Atlantique Nord; *Lingulina seminuda*, qui vit dans des eaux de 4 à 8°C; *Anomalina coronata* (id. 4 à 6°C.); *Sigmoilina schlumbergeri*, préférant les eaux entre 2 et 8°C. A côté de ces indications, les températures isotopiques fournies par les Foraminifères benthiques de Le Castella sont trop nettement élevées (11 à 19°C.), et là encore, on est en droit de penser qu'il faut faire intervenir des modifications dans la concentration isotopique d' $O^{18}$ , dans le sens que nous avons indiqué c'est à dire l'abaissement, en fonctions de conditions climatiques et océanographiques qui sont celles de phases glaciaires.

### 3 - LES PROVINCES ZOOLOGIQUES MARINES. LIMITES ET VARIATIONS.

Les zoologistes ont cherché depuis longtemps à établir des provinces zoologiques, ou zones à l'intérieur desquelles la composition spécifique de la faune soit assez homogène et assez différente de celle des provinces voisines. Mais il en est de ces classifications comme de toutes celles appliquées aux choses de la nature, elles comportent toujours une part d'arbitraire, parce que ce n'est qu'exceptionnellement que des régions naturelles sont séparées par des barrières efficaces créant des milieux distincts entre lesquels on ne puisse trouver un passage graduel. Certaines barrières sont effectivement infranchissables, les isthmes continentaux par exemple. Dans le domaine qui nous occupe, l'isthme de Suez (avant son percement) a fait que les faunes de la Mer Rouge et de la Méditerranée, bien isolées depuis le Miocène, sont tout à fait différentes. Les barrières du milieu marin sont beaucoup plus ménagées, sélectives, et les aires de dispersion des espèces sont rarement superposables.

Les Mollusques côtiers, qui à l'état fossile présentent tant d'intérêt pour la classification des terrains, ont justement été pris en considération dès les premiers essais de distinction des provinces marines. Celles définies par WOODWARD, 1856, restent valables dans leurs grandes lignes. Actuellement, du Pôle Nord au Tropique du Cancer, nous distinguerons les provinces et régions suivantes, pour l'Atlantique oriental et la Méditerranée:

A. *Province arctique*, comprenant les régions circumpolaires, jusqu'au Finmarck sur les côtes européennes, et les côtes Nord de l'Islande. A la limite de cette province, la température en surface est voisine de 2°C. en hiver, de 10 en été, et partout en profondeur elle ne dépasse pas 5-6°C. Un nombre réduit d'espèces à très vaste répartition et présentes en Méditerranée, atteignent la limite du Cap Nord, mais ne s'étendent guère dans la province arctique elle-même sauf *Saxicava arctica*.

Remarquons tout de suite qu'aucune des espèces arctiques strictes ne se retrouve dans aucune des faunes méditerranéennes fossiles.

B. *Province boréale*, comprenant les côtes de Norvège, les îles Faroër et Shetland, la côte Sud et Ouest de l'Islande pour la partie constituant la région boréale s.s.; la seconde région, anglo-germanique, s'étend au Sud et à l'Est de la précédente jusqu'à l'entrée occidentale de la Manche. Cette région n'a pas d'espèces bien particulières, sa faune étant composée d'espèces arctiques et surtout boréales, auxquelles s'ajoutent déjà des éléments d'origine méridionale. La région baltique a une faune boréale appauvrie.

C'est dans la Province boréale, qu'elles ne débordent pas ou peu vers le Sud, que



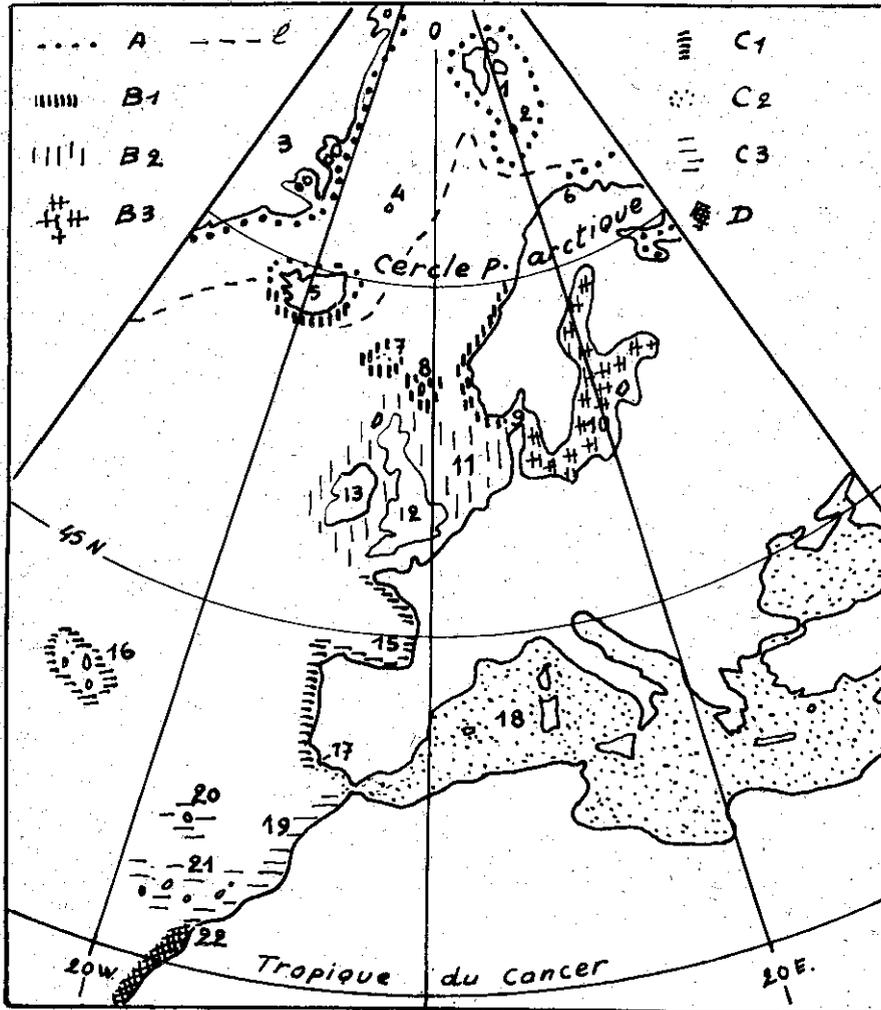


Fig. 5

- A. Province arctique.
- B. Prov. boréale. B1, région boréale; B2, rég. anglo-germanique; B3, rég. baltique.
- C. Prov, méditerranéo-atlantique. C1, rég. franco-ibérique; C2, rég. méditerranéenne; C3, rég. marocaine.
- D. Prov. sénégalienne.
- l. Limite moyenne des glaces flottantes.
  - 1, Spitzberg; 2, Ile des Ours; 3, Groënland; 4, Jean Mayen; 5, Islande; 6, Cap Nord; 7, Faroër; 8, Shetland; 9, Skagerrak; 10, Baltique; 11, Mer du Nord; 12, Angleterre; 13, Irlande; 14, Manche; 15, Golfe de Gascogne; 16, Açores; 17, Cap Saint-Vincent; 18, Méditerranée occidentale; 19, côtes du Maroc; 20, Madère; 21, Canaries; 22, Cap Bojador.

nous allons rencontrer les espèces suivantes, dont plusieurs existent aussi dans la province arctique (1):

*Trichotropis boréalis*, *Trophon clathratus*, *Sipho islandicus*, *Sipho glaber*, *Chlamys islandica*, *C. tigrina*, *Cyprina islandica*, *Macoma calcarea*, *Panopaea norvegica*, *Mya truncata* etc.

C'est on le voit dans cette province qu'apparaissent la plupart des espèces "froides" du Quaternaire méditerranéen.

**C. Province méditerranéo-atlantique.** (Prov. lusitanienne, Woodward) comprenant les côtes françaises au Sud de la Manche, les côtes ibériques, celles de la Méditerranée, les côtes nord-ouest africaines, jusqu'au Cap Bojador, limite au Sud de laquelle commence la province sénégalienne.

Plus encore que dans la région anglo-germanique, nous sommes ici dans une aire où se mêlent les éléments boréaux et méridionaux.

On distingue :

une région franco-ibérique, dont la limite est assez nettement marquée vers le Sud par le Cap St. Vincent;

une région méditerranéenne comprenant toute la Méditerranée et le Golfe de Cadix;

une région marocaine, où se mêlent les éléments atlantiques et ceux de la province sénégalienne.

P. FISCHER (1884) a surtout insisté sur la limite que constitue la Manche pour un grand nombre d'espèces méridionales parmi lesquelles *Cardium paucicostatum*, *C. papillosum*; *Jagonia reticulata*; *Dentalium novemcostatum*; *Chiton cajetanus*; *Patella lusitanica*; *Haliotis tuberculata*; *Tritonalia edwardsi*; *Purpura haemastoma*; *Nassa corniculum*, *N. semistriata* sont citées, sur 81 espèces de cette catégorie. En fait, plusieurs de ces espèces n'atteignent pas la limite indiquée. LE DANOIS (1948), constate de son côté que la faune des Mollusques semble se modifier surtout à la hauteur du seuil du Poitou, et qu'il existe différentes limites possibles, ce qui l'entraîne à multiplier les régions. Tout ceci démontre simplement que nous sommes dans un secteur où de nombreuses espèces atteignent, mais pas simultanément, leur limite Nord. Dans ce même secteur, les espèces présentes dans les faunes arctique et boréale voient s'éteindre leur aire de répartition, plus particulièrement dans la région franco-ibérique, par exemple *Buccinum undatum* dans le Golfe de Gascogne; *Purpura lapillus*, *Littorina littorea*, *Cochlodesma praetenuis* au long des côtes du Portugal. Une espèce plus particulière à cette province est souvent considérée à tort comme boréale, *Chrysodomus contrarius*.

FISCHER-PIETTE (1958) a montré, et LECOINTRE l'a rappelé (1960), qu'actuellement, les limites d'extension des espèces de la faune et de la flore intertidales, le long des côtes ibériques présentent des variations observables même sur des espaces de temps chiffrables en décennies, et qu'il s'agit d'une région où peu de choses vont suffire à déplacer les conditions écologiques vers le Nord ou vers le Sud. Ceci intéresse particulièrement la région méditerranéenne dont la communication avec l'Atlantique s'ouvre précisément dans cette région mixte.

Dans les définitions des provinces, il est fait abstraction des localisations profondes (disons au-dessous de 400 m.) car dans ces parties profondes, du fait de la faible température, on trouve, à une même latitude, des animaux qui dans la zone plus côtière n'existent que dans d'autres provinces. La température décroît en effet, en règle générale, avec la profondeur, si bien que dans l'Atlantique, qui n'est pas une mer à zone homotherme, elle est

(1) - Pour la répartition plus détaillée des espèces boréales et arctiques, consulter notamment les travaux de MADSEN et de THORSON.

par exemple déjà voisine de 10°C. à 400 m et à la latitude de Madère. Ceci explique par exemple qu'on trouve là *Chlamys septemradiata*, dont LOCARD a observé de beaux exemplaires vivants, ou, à la latitude du Nord de l'Espagne, à 1000 m., *Chlamys islandica*, plus nordique, ou encore à près de 1000 m. à la latitude du Maroc, *Sipho fusiformis*, dont la bathymétrie près de la Norvège est de 55 à 300 M. LE DANOIS a insisté sur ce fait de l'isothermie entre les couches superficielles des mers septentrionales et les couches profondes des mers équatoriales. Il a cité des espèces à caractère boréal indiscutable, qu'on retrouve sur la pente Nord-ibérique dans la zone semi-abyssale (1000-2000 m.), telles *Siphonodentalium lofoense*, *Buccinum finmarckianum*, *Astarte banski* parmi les Mollusques. A ces profondeurs, la température n'atteint que 3 à 4 degrés et n'est pas affectée par les variations saisonnières. Il résulte de ces observations que d'une manière générale, on ne peut, sur le cas d'une espèce, d'un petit nombre d'espèces ou d'un petit nombre d'exemplaires, estimer soit la profondeur, soit le caractère climatique correspondant à un dépôt. On ne peut se risquer à le faire que lorsque les espèces étant nombreuses, leurs indications se complètent. Dans le cas de la Méditerranée, quelle que soit la profondeur au-dessous de quelques centaines de mètres, la température reste sensiblement la même, mais le degré de cette homothermie a certainement varié, de quelques unités au plus, pendant certaines périodes du Quaternaire.

#### 4 - LES SERIES STRATIGRAPHIQUES DU QUATERNAIRE DE MEDITERRANEE.

GIGNOUX lui-même s'est pleinement rallié (1952, p. 254) à la solution préconisée lors du Congrès de Londres de 1948, après les exposés des Géologues italiens, sur la limite inférieure du Quaternaire, ne voyant aucune objection à faire débiter cette période de refroidissement avec le Calabrien-Villafranchien. Ce classement est, depuis, très généralement employé. Nous le suivons aussi, bien qu'il demeure en fait discutable.

#### CALABRIEN et SICILIEN.

On a beaucoup discuté sur la réalité des transgressions calabrienne et sicilienne. CASTANY et OTTMANN (1957), ont en particulier insisté sur le fait que tous les gisements calabro-siciliens se seraient déposés au fond de la mer (sicilienne), à des côtes bien inférieures au niveau actuel, quel que soit le niveau atteint alors par la mer. La plupart des gisements auraient donc été soulevés postérieurement à leur dépôt. Cette hypothèse, disent leurs auteurs, évite de faire intervenir une transgression (en fait, deux) dont on n'aurait aucune indication d'amplitude. Elle aurait aussi le mérite d'expliquer la coexistence de gisements émergés et de gisements sous-marins, ces derniers appartenant à des régions non affectées par une forte surrection. Nous savons aujourd'hui qu'au moins ceux connus des gisements de ce type, (Cap Creus et Golfe du Lion), ont un tout autre âge, et sont bien plus récents (MARS, MATHÉLY et PARIS; MARS, 1958). En ce qui concerne les gisements anciens, A.C. BLANC, dans une de ses toutes dernières communications (1960), a souligné que dans la région de Rome notamment, la mer a transgressé au moins cinq fois pendant le Pleistocène, bien que la région ait été soumise à un mouvement, univoque dit-il, de soulèvement. Il conclut à l'interférence des régressions et transgressions eustatiques. Bien avant, TREVISAN (1942, p. 22) avait parfaitement illustré comment les séries stratigraphiques, régressives à partir du Pliocène, présentent un bref épisode transgressif calabrien, laissant des dépôts discordants sur ce pliocène, tandis que dans les points plus éloignées du rivage, les dépôts, plus profonds, se présentent en continuité. Ce sont ces séries profondes qui, seules, correspondent à des durées ininterrompues de sédimentation, dans lesquelles donc il faudrait pouvoir distinguer des étages dans toute leur intégrité. Elles montrent la succession de zones biostratigraphiques paléontologiquement caractérisées. Mais les littoraux correspondants ne se sont pas toujours facilement déduits.

#### SERIES CONTINUES PLIOCENE-QUATERNAIRE.

RUGGIERI et SELLI (1948) ont étudié la série plio-pleistocène de l'Emilie, qui peut

atteindre 650 m. d'épaisseur. Rappelons-en brièvement la succession et les faunes :

Le Pliocène inférieur transgressif, montre des argiles et argiles sableuses, ressemblant encore beaucoup, paléontologiquement au Miocène, avec des espèces caractéristiques qui manqueront dans les dépôts suivants, *Murex spinicosta*, *Pirula ficoides*, *Fusus rarocin-gulatus*, *Ostraea fimbriata* par ex.

Le Pliocène moyen, avec des dépôts de moindre profondeur en général, voit apparaître *Murex absonus*, *M. erinaceus*, *Dentalium rectum*, *Hinnites crispus*. Les espèces suivantes, disparaîtront ensuite: *Philbertia textilis*, *Drillia obtusangula*, *Mitra bellardiana*, *Typhis fistulosus*, *Surcula cataphracta*, *Turris monilis*.

Au Pliocène supérieur dans des faciès littoraux ou profonds selon le cas, apparaissent *Astarte sulcata*, *A. pseudofusca*, et disparaissent un très grand nombre d'espèces.

Les séries calabrienne et sicilienne présentent la succession suivante :

- a) - Argiles à *Cyprina*; microfaune avec apparition d'espèces également nord-atlan-tiques (*Globigerina pachyderma* etc.) (zone A.)
- b) - Argiles à faune atlantique tempérée, sans Cyprine ni autres hôtes nord-atlan-tiques, dans une association rappelant celle de l'Adriatique-Nord actuel (Calabrien 2; Emilien de SELLI).
- c) - Argiles sableuses à microfaune identique à celle de la z. A; Deuxième banc de Cyprines (Sicilien).
- d) - Sables argileux avec quelquefois de nombreux Nullipores; microfaune comme celle de b), mais un peu plus tiède; association rappelant les conditions actuelles de la Mer Ionienne (Sicilien 2, "Milazzien").

Cette série stratigraphique importante résume l'évolution générale de la faune méditerranéenne au Quaternaire inférieur. Elle peut être complétée par les séries continues de la Plaine du Pô, où entre le Pliocène et le Calabrien typiques s'intercale une zone (Pré-calabrien de Selli) qui peut atteindre 1000 m. d'épaisseur dans cette région de sédimentation intense. Mais du fait du milieu particulier à faible salinité, la microfaune est rare. La présence intermittente d'hôtes nordiques est cependant constatée. Ces couches doivent correspondre aux zones litigieuses autrefois considérées comme Astien supérieur (horizons sableux à *Amussium cristatum*, Tufs de Galatina, Bagni di Casciana etc.). Les séries continues de Calabre montrent les mêmes distinctions biostratigraphiques.

## LIGNES DE RIVAGE DU CALABRIEN ET SERIES DISCONTINUES.

Dans les régions où GIGNOUX l'avait défini, le Calabrien se présente généralement en continuité avec le Pliocène. Mais il n'en est pas toujours ainsi, et des mouvements transgressifs sont démontrés, qui interrompent le mouvement de surrection et donc de régression. Ce mouvement, commencé au Pliocène est encore décelable après les dépôts du Calabrien qui se trouvent surélevés, dans certaines parties de la Sicile jusqu'à 600 m. (Caltanissetta), tandis que des failles importantes peuvent affecter le Pliocène, et en Calabre, le Calabrien lui-même. On peut bien dire que, dans l'Italie du Sud et la Sicile on trouve des lignes de rivage à toutes les altitudes, depuis celle du Pliocène vers 1000 m. Aucune n'est reliée avec un synchronisme sûr à tel horizon calabrien bien défini. GIGNOUX (1913, p. 628) est ainsi amené à reconnaître que l'étude des plus anciennes d'entr'elles ressortirait plutôt du domaine de la morphologie.

La région de Rome fournit un bon exemple de Calabrien transgressif. BLANC, TON-  
GIORGI et TREVISAN (1952; 1954) y ont parfaitement défini les rapports stratigraphiques, dans une coupe très démonstrative des abords du Monte-Mario. La transgression s'explique facilement par une remontée eustatique plus rapide que le soulèvement tectonique. Les pré-

miers dépôts formés par la mer au cours du début du mouvement transgressif succédant au maximum de la crise climatique correspondant à la régression, renferme la faune calabrienne typique, à Cyprine. Ainsi, à cet endroit, la limite plio-pleistocène est aussi marquée paléontologiquement que stratigraphiquement. Au-dessus des sables fossilifères, assez peu épais, les mêmes couches se poursuivent, avec intercalations gréseuses, et les fossiles, dans ce faciès plus littoral sont rares, Huitres et Pectinidés.

## DEPOTS ET LIGNES DE RIVAGES DU SICILIEN.

La discordance Calabrien-Sicilien est bien connue. Elle représente l'argument stratigraphique de GIGNOUX pour définir un étage indépendant, dont la faune décèle une nouvelle accentuation des caractères "froids" par rapport au Calabrien. La discordance est cependant encore limitée aux régions littorales, puisque le Sicilien, défini par sa faune, se rencontre aussi dans les séries continues plus profondes déjà appelées.

L'origine eustatique de la transgression sicilienne est probable, quoiqu'il y ait encore interférence possible d'un mouvement de surrection achevant celui commencé au Pliocène. Dans les régions de Palerme et Castellamare, la série sicilienne se présente comme un cycle de remblaiement, avec les faunes les plus typiques et les plus profondes à la base de la série, dans des dépôts portés à l'altitude zéro environ. Cela répète en somme les faits observés à propos de la transgression calabrienne. TREVISAN (1942) a déjà attiré l'attention sur un détail stratigraphique peut-être important: à l'intérieur de la série sicilienne, il apparaît, avec quelque constante d'une localité à l'autre, une passée organogène plus sableuse intercalée entre les argiles (Ficarazzi: Cave Puleo, Acqua dei Corsari; Valle Bellice près de Selinunte; Posarno en Calabre), ou entre les calcaires dans les séries moins profondes (Monte-Pellegrino). C'est précisément à ce niveau qu'apparaît la faune sicilienne la plus riche et la plus typique. GIGNOUX pensait à un changement de sédimentation sous l'effet des courants (à Ficarazzi). Mais avec TREVISAN, on peut y voir la marque d'une oscillation marine négative qui a diminué la profondeur. A partir de ce bas niveau, qui n'a pas exigé une profondeur originelle d'une centaine de mètres, la mer remonte ensuite jusqu'à atteindre les rivages aujourd'hui portés à quelques cent mètres ou plus selon les localités. Ces rivages à faune littorale banale et réduite, sont alors, comme ceux de la fin du Calabrien, ceux d'un maximum transgressif interglaciaire succédant à la régression, glaciaire, qui avait permis le dépôt des couches à Cyprines. Ils ne sont pas seulement la fin d'un remblaiement en fonction d'un niveau constant de la mer.

Sur la côte Nord de la Sicile, l'un de ces dépôts littoraux de fin de cycle existe à Milazzo, mais avec une altitude inférieure à celle atteinte ailleurs sur ces côtes, soit 55-60 m. au lieu de 80-100. Pour GIGNOUX, c'était encore du Sicilien, peut-être un peu plus récent dit-il. Mais, pour DEPERET, la seule considération de l'altitude prenant une grande valeur, il en fit le type d'un étage véritable, le Milazziën, succédant au Sicilien. La conséquence en fût grave pour la suite de l'étude du Quaternaire, aussi ne sera-t-il pas inutile d'y revenir encore, ce gisement ayant fait, postérieurement à GIGNOUX, l'objet de nouvelles observations, d'ailleurs discordantes.

## LE GISEMENT DE MILAZZO.

Le dépôt quaternaire recouvre indifféremment les terrains antérieurs qui forment la presqu'île, cristallins miocènes ou pliocènes. Le Pliocène, maintenant bien daté (MALATESTA, 1955), et de faciès profond, est arasé vers 55 m. par la transgression quaternaire. Les dépôts, tout à fait littoraux, représentent le type des faunes banales. Pour TREVISAN, c'est du Sicilien, et on ne peut parler d'une terrasse particulière. Ce même Quaternaire est attribué par OTTMANN et PICARD au "Tyrrhénien 2", en raison de quelques caractères paléontologiques, l'altitude atteinte ici étant pour eux, due à une déformation tectonique

locale. MALATESTA enfin, juge les caractères paléontologiques insuffisants et insiste sur l'horizontalité du dépôt. Il signale, en même temps, des conglomérats à 3 m. seulement, sans faune suffisante ni caractéristique pour être datés, mais probablement plus récents. Ayant nous-même étudié les fossiles récoltés à Milazzo, nous pensions que la faune pouvait être tyrrhénienne (présence de quelques espèces à tendance tempérée chaude, et de *Patella ferruginea* surtout (MARS, 1955). Les observations faites par MALATESTA à Milazzo et à propos d'autres séries quaternaires, et celles de nous-même en d'autres localités, nous paraissent suffisantes pour affirmer que le gisement de Milazzo n'est pas tyrrhénien-eutyrrhénien. Son âge exact reste indéterminé entre sicilien et paléotyrrhénien. Mais, alors que tous les auteurs sont d'accord pour reconnaître que le gisement de Milazzo ne peut servir de type à un étage, leur insistance à conserver cependant le terme "Milazzien" (au besoin en le redéfinissant "explicitement comme ligne de rivage de la troisième transgression post-astienne méditerranéenne", ARAMBOURG 1959) ne traduit qu'un fait: l'existence de lignes de rivage intercalées entre le Sicilien et le Tyrrhénien à Strombes.

### FORMATIONS INTERCALEES ENTRE LES RIVAGES SICILIEN ET TYRRHENIEN A STROMBES.

L'existence de lignes de rivage ou de dépôts entre le Sicilien terminal transgressif (2e. ligne de rivage quaternaire), et le Tyrrhénien à Strombes n'est pas partout évidente. Dans certains cas, il apparaît plus de trois lignes antétyrrhéniennes, dans d'autres au contraire, toutes ne sont pas représentées, soit qu'elles n'aient pas été marquées, soit qu'elles aient été détruites postérieurement. Dans le Crotonèse par exemple, de nombreuses plages soulevées apparaissent, reposant sur des argiles à faune sicilienne. A Crotone, GIGNOUX en distinguait trois principales. SELLI (1960), rappelle qu'il en existe sept au moins, présentant toutes une faune tempérée banale, avec de légers indices de tendance plus chaude ou plus fraîche, mais toutes étant post-siciliennes et antétyrrhéniennes. Il manque les traces de cyclés, de régressions et transgressions intercalées: il s'agit donc ici d'une régression correspondant à la surrection du substratum et laissant des littoraux successifs par paliers. Les lignes les plus hautes sont à quelques 200 m., les plus basses vers 25 m., (RUGGIEPI et SELLI 1948; RUGGIERI 1953).

Mais des formations bien indépendantes et du Sicilien, et du Tyrrhénien à Strombes, sont également connues, même dans la région classique de Palerme (OTTMANN et PICARD 1954), ou de Tarente, des environs de Rome, de Livourne etc., qui sont généralement appelées "Milazzien", ou bien "Tyrrhénien I". Il reste à établir si les régressions intercalées correspondent vraiment à une phase glacio-eustatique importante.

### LE TYRRHENIEN.

Une discussion existe au sujet de l'existence d'un ou plusieurs rivages à Strombes (voir par exemple CASTANY et OTTMANN 1957 et A.C. BLANC, 1960). C'est une discussion assez artificielle dans laquelle les géologues qui semblent s'opposer ont en fait également raison. Elle peut être surmontée.

ISSEL (1914), en établissant entre le Sicilien et l'Holocène l'étage des couches à Strombes sous le nom de Tyrrhénien, avait essentiellement en vue celles des formations littorales qui, sur la côte tyrrhénienne italienne, en Sicile et en Sardaigne, renferment la belle faune typique à Strombes. Le fait que d'autres lignes de rivage aient été reconnues, qui sont toutefois également post-siciliennes et antéholocènes ne change rien: elles peuvent être comprises dans un Tyrrhénien *s.l.*, car elles renferment, à un moindre degré, des éléments de la faune tyrrhénienne, sans qu'y apparaisse la faune typique à Strombes abondants qui caractérise l'Eutyrrhénien.

Ce qui a considérablement compliqué la compréhension de ces formations, c'est que

le Tyrrhénien primitif a été étendu et subdivisé, chaque subdivision recevant, sur des bases stratigraphiques douteuses, des noms nouveaux qui furent fatalement mal interprétés par la suite.

A Monastir, la faune à Strombes apparaît magnifiquement développée. Mais DEPERET (1918), à la suite de l'opinion de DE LAMOTHE sur l'existence de deux "niveaux" distincts, y reconnaît ses deux rivages de 30 et 15 m. Le premier reste pour lui le Tyrrhénien (à Strombes), le second devient le type d'un étage Monastirien (à Strombes). Les deux étages ont une faune absolument identique, et pour cause. CASTANY, GOBERT et HARSON (1956), devaient confirmer les doutes exprimés par d'autres auteurs, et montrer, sur la base d'une étude détaillée, que tous les dépôts du gisement ont été déposés par une même mer dont le niveau pouvait être vers une dizaine de mètres. Malheureusement, une mauvaise habitude avait été prise: celle d'appeler Tyrrhénien, ou Tyrrhénien I, les dépôts littoraux qui en diverses localités se tiennent vers 30 m., et Monastirien, ou Tyrrhénien 2, ceux qui vers 15 m. contiennent effectivement la faune typique. A partir de là, la confusion ne pouvait que s'accroître. C'est pourquoi nous avons (BONIFAY et MARS 1959) proposé une nomenclature nouvelle certes, mais qui seule permet de lever l'équivoque: Le Tyrrhénien au sens large demeure, composé de trois cycles, peut-être de valeurs inégales, dont le moyen est l'Eutyrrhénien. Le Paléotyrrhénien correspond aux formations de la "troisième transgression post-astienne méditerranéenne", dont il est question au paragraphe précédent.

Une difficulté plus récente a été introduite dans l'interprétation du Tyrrhénien du fait des sens différents donnés à l'Ouljien. Dans le sens d'origine, (GIGOUT, 1949), l'Ouljien était très explicitement défini, au Maroc, pour un niveau marin de 5-8 m., qui s'intercale entre la quatrième et la sixième pulsation transgressive quaternaire. Cet épisode, insiste GIGOUT, est distinct de l'ancien Monastirien de DEPERET (niveau de 18-20 m.), qui le précède. Il est clair, selon ces définitions, que l'Ouljien est postérieur au Tyrrhénien vrai. Aujourd'hui, GIGOUT lui rapporte des couches eutyrrhéniennes aussi typiques que celles de Ravagnèse, la plupart des gisements à Strombes de la Méditerranée, et même celui de Milazzo, ce qui l'entraîne à un schéma erroné sur les déformations de l'"Ouljien-Tyrrhénien". De toutes façons, même si l'optique de l'auteur a changé sur la définition de l'Ouljien, les efforts faits pour remplacer Tyrrhénien par Ouljien en appliquant ce terme à des formations méditerranéennes, ne sont pas justifiés: le Tyrrhénien reste parfaitement valable, aussi bien définissable dans un sens large que dans un sens strict.

D'une manière générale, en Méditerranée, l'époque des grandes déformations qui ont affecté le Quaternaire ancien sont terminées, mais les rivages tyrrhénien ne sont pas exempts de dérangements locaux. Il paraît bien établi que le maximum transgressif de l'Eutyrrhénien correspond au Riss-Wurm. C'est le principal repère actuellement pour une tentative de corrélation plus générale. Le Néotyrrhénien en est séparé par une régression mineure, en début du Wurm.

## LE VERSILIEN.

On s'accorde depuis DUBOIS (1924), à faire débiter le Flandrien au cours de la transgression qui, depuis le maximum régressif wurmien a ramené le niveau de la mer, à travers des viscissitudes mineures, à sa position actuelle. Plus précisément, le Flandrien débute avec l'assise d'Ostende (Fl. inf.), à une époque datant de quelques 12.000 ans, alors que le niveau eustatique était déjà à quelques -40 m. Flandrien et Holcène sont synonymes. Le Versilien au contraire, outre qu'il prend place dans une chronologie méditerranéenne homogène, a l'avantage de comprendre toute la période transgressive pré-actuelle. Nous conserverons cet étage, en lui donnant des limites étendues pour qu'il soit comparable aux étages précédents. Le maximum transgressif correspondant au Flandrien moyen (mer à *Littorina* et *Tapes* des régions nordiques) voit en Méditerranée la mise en place des cordons littoraux en un temps correspondant au début du Néolithique.

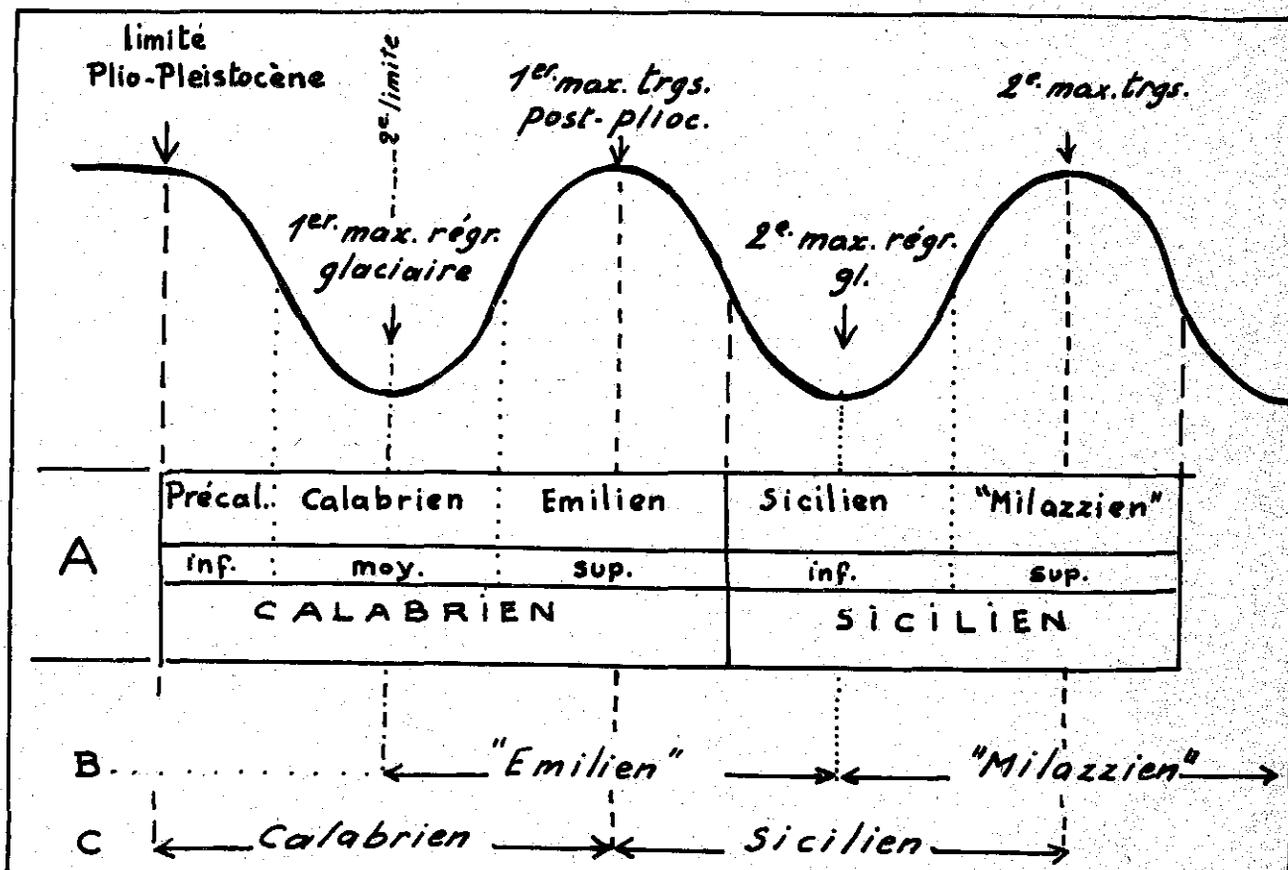


Fig. 6.

### LA CONCEPTION DES ETAGES.

Les vues d'ensemble du Quaternaire sont souvent déformées par l'habitude de considérer l'étage comme défini par un niveau littoral. Même si ce dernier est bien la trace d'un maximum transgressif et interglaciaire, on ne considère ainsi qu'un repère, alors qu'un étage doit embrasser un espace de temps et tous les dépôts qui ont pu s'y former, tels qu'ils apparaissent dans des séries continues. Considérant schématiquement le Quaternaire ancien, pour lequel de telles séries sont connues, on peut établir les coupures de différentes manières (fig. 5). Ou bien, on peut les placer entre les horizons biostratigraphiques, vers les points où se produisent les modifications paléontologiques, entre les maxima glaciaires et interglaciaires (A); ou bien, on les placera aux points repères, maxima régressifs et glaciaires (B), ou transgressifs et interglaciaires (C).

La première solution (A), quoiqu'imparfaite et à base paléontologique, est celle que nous suivons. Plus particulièrement adaptée à la région méditerranéenne, elle convient à la description de l'évolution des faunes. Elle offre aussi l'avantage de s'adapter aisément à une nomenclature des étages, qu'elle ne fait que préciser, et permet de faire débiter le Quaternaire avec la limite plio-quaternaire admise depuis 1948.

La seconde solution (B), est basée sur des faits glacio-eustatiques de portée générale. Elle paraît la plus logique, les étages, se succédant d'un maximum régressif glaciaire au suivant, correspondent en effet à des cycles bien définis théoriquement. Mais une partie du Calabrien classique reste dans le Pliocène, les séries calabriennes et siciliennes sont

Tableau 3, Equivalence des étages (1)

		MEDITERRANEE	MAROC	
		Pliocène		
		----- Limite plio-pleistocène -----		
CALABRIEN (2)	INF.	Astien sup. <i>pars.</i> Précalabrien (5)	marin (3)	continental (4) Moghrébien
	MOY.	(1ère regression post-plio.)..... Calabrien <i>s. s.</i>		Moulouyen
	SUP.	(1ère transgr. p.- p)..... Emilien (6)	Messaoudien	
SICILIEN (7)	INF.	(2e. regr. p.- p)..... Sicilien <i>s. s.</i>		Salétien
	SUP.	(2e. transg. p.- p)..... "Sicilien 2" "Milazzien" (8)	Maarifien	
TYRRHENIEN (9)	Paléotyrr.	(3e. regr. p.- p)..... (3e. transg. p.- p)..... "Milazzien" "Milazzien 2" "Tyrrhénien" "T. I" Paléotyrrhénien (10)	Anfatien	Amirien
		(4e. regres)..... (4e. transg)..... Tyrrhénien <i>s. s.</i> "Monastirien" (8) "Tyrrhénien", "T. 2" "Ouljien" Eutyrrhénien (10)	Harounien Rabatien	Tensiftien
	Néotyrrh.	(5e. regr)..... (5e. transg)..... "Monastirien" "Monastirien 2" "Tyrrhénien 3" "Grimaldien" (11) Néotyrrhénien (10)	Ouljien	Présoltanien
Versilien (12)		(6e. reg)..... (6e. transgression)..... "Flandrien" (13)	Mellahien.....	Soltanien Eharbien

(1): Les étages inscrits entre guillemets ont des acceptions différentes selon les auteurs. -(2): GIGNOUX, 1913; le Villafranchien, PARETO, 1865, est, à peu près, l'équivalent continental du Calabrien. -(3): la terminologie des étages marins du Maroc est due à GIGOUT, 1949 pour l'Ouljien, à BIBERSON, 1958 pour les autres étages. -(4): CHOUBERT, JOLY, GIGOUT, MARCAIS et RAYNAL, 1956. -(5): SELLI, 1951. -(6): RUGGIERI et SELLI, 1948. -(7): DODERLEIN, 1872. -(8): DEPERET, 1918. -(9): ISSEL, 1914. -(10): BONIFAY et MARS, 1959. -(11): BOURCART, 1938. -(12): A.C. BLANC, 1936. -(13): RUTOT et VAN DEN BROECK, 1885.

tronquées; entre les deux, on aurait un étage "Emilien" élargi comprenant une partie du Calabrien froid, le vrai Emilien interglaciaire, et une partie du Sicilien froid. Calabrien et Sicilien disparaissent ainsi pour céder la place à cet "Emilien", puis viendrait un "Milazzien", dont il conviendrait d'ailleurs de changer de nom, puis un "Tyrrhénien" enfin.

La troisième solution (C), plaçant les coupures aux maxima interglaciaires est inverse de la précédente et offrirait les mêmes avantages et les mêmes inconvénients.

La première solution en définitive conserve un canevas raisonnable. Dans la trame ininterrompue du Quaternaire, le travail du Géologue, essentiellement Historien, n'est d'ailleurs pas tant de changer constamment la place des fils de couleur qui tracent des bandes, que de chercher où se placent les séries et les phénomènes étudiés, qui se relient les uns aux autres dans une suite naturelle continue.

#### LES LIGNES DE RIVAGE DES COTES DES ALPES-MARITIMES.

De Nice à Menton, les côtes françaises de Méditerranée ont été une des régions classiques sur laquelle DEPERET basait sa conception eustatique stricte des rivages quaternaires. Il y distinguait en effet les lignes de rivage suivantes :

- à 85 m. (Sicilien)
- à 55-60 m. (Milazzien)
- à 28-30 m. (Tyrrhénien)
- à 13 m. (Monastirien).

Par ce classement, la corrélation avec les rivages définis par DE LAMOTHE en Afrique du Nord était parfaite.

La plus haute ligne était essentiellement définie d'après les dépôts littoraux du Cap Ferrat, à faune banale. La seconde ligne, sur des perforations vues par AMBEYRAC à la pointe Cabuel vers 55 m. DEPERET y rattacha des lambeaux divers, notamment des remplissages de fentes au-dessous de cette altitude, et toujours sans faune caractéristique. L'existence de ce niveau lui paraissait confirmée par la présence aux mêmes altitudes de cailloutis d'allure littorale, sans fossiles, à quelques cinquante km. à l'Ouest, dans l'Estérel. La troisième ligne était basée d'une part sur la rainure littorale et les perforations des parois de la Grotte du Prince, ainsi que sur le dépôt à Strombes, sur le radier de la même grotte; d'autre part, sur les sables à Strombes de Villefranche-Cap Ferrat. La dernière ligne de rivage enfin était basée sur quelques dépôts peu élevés et très restreints, comme celui du Cap Roux, sans disposition authentiquement littorale, auxquels DEPERET ajoutait les gisements fossilifères de bas-niveaux dans des régions plus éloignées, Languedoc notamment.

Ceci brièvement rappelé, que peut-on dire aujourd'hui après une cinquantaine d'années de recherches, dont les plus importantes sont aussi les plus récentes ?

**lignes de rivage élevées.** THORAL (1946) avait signalé à Monaco la présence, vers 90 m., d'un grès marin, avec *Patella caerulea*, surmonté par des formations continentales. Pour DENIZOT (1951), qui n'avait pu le retrouver, ce gîte singulier était sans la moindre disposition concordante littorale, et d'évidence, il ne pouvait être qu'un vestige indiquant, au plus, le passage de la mer entre les niveaux pliocènes et siciliens, puis tyrrhéniens. Plus récemment, grâce à des travaux de construction dans la région de Monaco, des coupes faisant suite à celles du gîte Thoral, lui-même encore visible en partie, ont pu être levées, qui établissent parfaitement l'existence d'un littoral vers l'altitude de 95 m. (BONIFAY et IAWORSKY, 1958; BONIFAY, IAWORSKY et MARS, 1958). La coupe de la Rue de la Source en particulier, fait apparaître des formations très littorales, avec notamment *Loripes lacteus* très abondant, et aussi *Patella ferruginea*. Ce rivage fut provisoirement daté du Mindel-Riss (Paléotyrrhénien).

Bien plus récemment encore, une autre trace de rivage vient d'être décelée, au cours de fouilles préhistoriques effectuées dans la grotte du Vallonet, non loin de Monaco, sur le territoire de Roquebrune-Cap-Martin. Dans cette petite grotte, à 100 m. d'altitude environ,

la mer a laissé des traces de stationnement: des perforations de Lithodomes, quelques coquilles (*Patella ferruginea* de petite taille, *P. caerulea*, *P. lusitanica*), et surtout des plaques d'huîtres, constitués par deux espèces particulièrement intéressantes: *Gryphea virleti* Desh. et *G. cucullata* Born, parfaitement typiques, et associées à des formes de passage. La première espèce est connue depuis le Miocène, et semble disparaître de Méditerranée à la fin du Pliocène. La seconde au contraire, apparaîtrait au début du Quaternaire et occupe une aire de dispersion actuellement tropicale. Il se peut donc que ce nouveau gisement, dont les éléments de datation sont encore insuffisants, apporte des précisions sur l'âge des hautes lignes de rivage dans les Alpes-Maritimes. Ou bien il se confond avec les gisements déjà connus aux alentours de 100M., ou bien il leur est antérieur, peut-être Calabrien supérieur ou Sicilien supérieur. Des traces de rivage, plus élevées encore (vers 130m) auraient été tout dernièrement observées. (1).

**Lignes de rivage de 50-60m.** Aucune confirmation n'est à apporter ici aux conclusions de DEPERET, aucune disposition vraiment littorale des gisements n'a jamais été signalée à cette altitude. La plupart des lambeaux cités (tel le calcaire à Polypiers de Nice, alt. 45m.), sont de faciès plus profond et peuvent correspondre aux lignes de rivages plus élevées.

**Lignes de rivage de 23 et 13m.** Dès le début, il y a eu divergence d'interprétation au sujet de la grotte du Prince. La seule chose certaine est que le dépôt sur le plancher de la grotte présente bien la faune tyrrhénienne. Mais, alors que pour BOULE c'est un dépôt de plage ou presque, d'une mer vers 13m., pour DEPERET, c'est un dépôt effectué sous une dizaine de m. d'eau, le niveau de la mer correspondant étant celui laissé sur la paroi vers 23m. La discussion n'est pas close. J.J. BLANC, (1955) voit dans la plage à Strombe un dépôt de pied de falaise et de grotte sous-marine et confirme aussi l'existence d'un niveau postérieur marqué par les perforations de lithophages affectant la brèche surmontant la plage tyrrhénienne. Au sujet de ce niveau postérieur à la plage à Strombe, une âpre discussion avait déjà eu lieu entre FLAMAND et BOULE (1907). Il est certain que la grotte du Prince recelait, et peut-être contient encore, des éléments de datation qui ont mal été étudiés à l'origine du point de vue géologique: en particulier, une corniche littorale à vermet, qui, dans le fond de la grotte et est encore un peu visible. Mais ce sont les rapports entre cette corniche et les autres couches qui nous paraît décisive, et il est dans l'état actuel, difficile de les préciser. Les gisements fossilifères situés à la racine du Cap Ferrat (Gîte Risso, et autres), présentent les mêmes difficultés d'interprétation: la couche richement fossilifère gît à 12-13m. sur un replat, surmontée par des sables marins qui se poursuivent jusqu'à atteindre l'altitude 23m. Là, un cordon littoral a laissé quelques traces nettes, mais pas de faune caractéristique. A la suite des dernières observations possibles du gisement, au moment de la construction d'immeubles, en 1958, sur l'emplacement du puits Risso, BOURCART et SIFFRE considèrent l'ensemble (couches fossilifères de la base, sables et galets supérieurs), comme constituant une série de comblement dans une anse, le tout ayant été déposé par la même mer. RISSO (1926) qui le premier connut les lieux, dit que le dépôt se trouve à 18m. et au-dessus, et qu'il est constitué par 5m. de sables marins fossilifères. Le niveau du puits Risso, disaient CAZIOT et MAURY (1905) se continue en d'autres points de la presqu'île, il est peu épais, 1m., env., et sa partie supérieure atteint 16m. 50.

L'âge du niveau de 23m. a été remis en doute récemment à la suite de fouilles effectuées dans la grotte du Lazaret. La base du remplissage y est constitué, vers 20m., par 1m. de galets et sables à faune littorale réduite, sans espèces caractéristiques. Les couches superposées contiennent une industrie de type acheuléen évolué, qui, habituellement, est rissienne. DE LUMLEY (1961), qui a étudié la série de remplissage, a envisagé diverses hypothèses et opté pour la suivante: les couches à industrie acheuléennes sont rissiennes, le niveau marin de 23-25m. n'est pas du même âge que celui qui, à plus faible altitude aurait

(1) Renseignement oral de M. DE LUMLEY.

déposé les couches eutyrrhéniennes à Strombes dans le fond des grottes. A l'appui de cette hypothèse, il cite le cas des autres grottes de la région, celles qui ayant leur fond à plus de 15 m. ne sont pas munies à leur base de dépôts à Strombes. De toutes façons, ce n'est pas l'âge Riss-Wurm qui peut-être remis en cause (BONIFAY, 1961), mais la discussion reste ouverte sur l'âge du ou des niveaux marins aux alentours de l'altitude 23 m., et plus particulièrement de celui du Lazaret, car, de plus, on envisage la possibilité de niveaux différents successifs vers la même altitude (IAWORSKY, 1959). Elle reste ouverte aussi sur l'existence à la grotte du Prince des traces d'un rivage postérieur à la couche à Strombes (reperforation par les lithodomes de la brèche moustérienne superposée, fait discutable), tandis qu'on reconnaît au contraire l'existence d'un niveau récent, extérieur aux grottes.

On voit en définitive que cette région des Alpes-Maritimes n'a pas encore livré tous ses secrets, et que, si des transgressions et des régressions y ont laissé des traces certaines, on ne peut les utiliser, en l'état actuel des discussions, comme bases d'une théorie classique sur le Quaternaire méditerranéen.

## 5 - HISTOIRE DES FAUNES MALACOLOGIQUES MEDITERRANEENNES PENDANT LE QUATERNAIRE.

Une étude assez complète des faunes malacologiques nécessiterait de longues énumérations et la comparaison serrée de nombreux gisements. Nous ne pourrions que tracer ici une vue générale et attirer l'attention sur quelques détails significatifs et sur quelques connaissances récemment acquises.

A partir de la limite plio-pleistocène, trois faits caractérisent l'évolution faunique: 1°, la disparition d'un très grand nombre d'espèces pliocènes, et même de genres, dont GIGNOUX (1913, p.596) a donné un aperçu; 2°, l'apparition des éléments nordiques, dont le Foraminifère *Anomalina baltica*, et *Cyprina islandica*; 3°, également en rapport avec un rafraîchissement des eaux, la remontée vers la surface d'espèces qui, au Pliocène, étaient cantonnées dans des faciès plus profonds. La faune de Bagni di Casciana par exemple, près de Pise, montre l'apparition d'*Ammussium cristatum* dans des faciès relativement littoraux (GIANNINI 1951, 1953). C'est au cours de la régression générale terminant le Pliocène qu'apparaissent les premiers éléments nord-atlantiques qui atteindront leur épanouissement au cours des régressions glacio-eustatiques successives. Le Calabrien inférieur correspond à l'approche d'une première crise glaciaire, dont nous ne pouvons personnellement affirmer qu'elle corresponde à telle ou telle glaciation, qui ne peut cependant guère être autre chose que le Gunz ou un Pré-Gunz.

Dans l'Atlantique Nord, l'évolution générale va être la même au début du Quaternaire: à la faune du Pliocène tout à fait final (Coralline Crag) à *Voluta Lamberti* et *Pirula condita*, succède le Crag rouge (Waltonien-Newbournien-Butleyen) à espèces méridionales de moins en moins nombreuses jusqu'à ce que les espèces boréales deviennent prédominantes.

Pendant la première régression méditerranéenne post-astienne, et pendant la première partie de la transgression qui suit, c'est à dire au Calabrien moyen, la faune calabrienne typique s'établit. Au Monte-Mario, où cette faune apparaît dans les couches inférieures succédant au minimum régressif, un plus grand nombre d'espèces pliocènes sont absentes. BLANC, TONGIORGI et TREVISAN (1952) citent dans ce cas des espèces qui existaient encore au Calabrien inférieur dans divers gisements analogues à celui de Bagni di Casciana avec les premiers hôtes nordiques. Ce sont p. ex. *Turritella tornata*, *Niso ter-rebellum*, *Arca pectinata*. Dès le Calabrien moyen, la plupart des espèces septentrionales introduites en Méditerranée après le Pliocène sont représentées. GIGNOUX avait cité au Monte-Mario *Buccinum humphreysianum*, *Modiolus modiolus*, *Cyprina islandica*, *Cochlodesma praetenuis*, et dans d'autres gisements calabriens; *Pecten maximus*, *Chlamys islandicus*, *Macra solida*, *Mya truncata*, *Macoma perfrigida* (*M. calcarea*), *Trophon muricatus*, *Chry-*

*sodomus sinistrorsus*, *Buccinum undatum*, *Natica montagui*, *Puncturella papillosa*. Toutes ces espèces ne sont pas boréales au même degré, et plusieurs ne sont connues que d'un petit nombre de gisements. BLANC, TONGIORGI et TREVISAN ont fait remarquer à propos de la faune de Monte-Mario, que GIGNOUX a été amené à y citer, sur la base de l'étude malacologique de CERULLI-IRELLI, des espèces appartenant en fait au Pliocène sous-jacent de Valle d'Acquatrasera. C'est probablement cette raison qui le conduit à distinguer dans le Calabrien une faune calabrienne inférieure et une faune calabrienne supérieure, toutes deux à Cyprines, la première (Monte-Mario) lui paraissant plus archaïque, à cause des quelques espèces pliocènes qu'elle renferme encore, que la seconde (Gisements de Sicile). La seule faune qui mérite le nom de calabrienne supérieure va être celle du Calabrien supérieur au sens où nous l'avons admis.

Au Calabrien supérieur (zone biostratigraphique de l'étage Emilien, sans hôtes nordiques) correspondent les dépôts de fin de cycle de remblaiement calabrien, y compris ceux des niveaux transgressifs formant la première ligne de rivages interglaciaires post-astiens, et ceux du début de la régression suivante. Au Monte-Mario, cette série de remblaiement à faciès plus sableux, plus littoraux, ne comporte qu'un petit nombre d'espèces, Pectinidés et *Ostraea* du groupe *O. edulis-lamellosa*, sans signification stratigraphique. Mais, des caractères plus importants sont à retenir, d'après des études récentes sur le Calabrien de Sicile. Dans la région de Caltagirone, MALATESTA et TORRENTE (1953), ont signalé que le Calabrien se présente, à l'altitude de 430 m. sous des faciès plus sableux qu'à la base, avec *Nucula placentina* et une faune assez banale sans espèces froides. A 539 m., à la limite de l'extension de la formation, ils ont trouvé à Poggio la Guardi, une faune plus littorale, accompagnée de Foraminifères de type sublittoral tempéré. Avec *Pecten jacobaeus*, *Chlamys varia*, *Chlamys flexuosa*, *Arca diluvii*, *Cardium tuberculatum*, *Nassa gibberula*, *Murex trunculus* var. *conglobata*, ils ont recueilli là un bel exemplaire de *Purpura haemastoma* var. *consul* forme jusque là connue seulement à partir du Tyrrhénien, où elle n'est pas commune, et au Versilien où elle est abondante. Il semble bien qu'une telle faune soit celle d'un rivage interglaciaire tempéré, celui du Calabrien Supérieur. MALATESTA a d'autre part fait connaître plus récemment (1959), une faune calabrienne d'un site assez proche. Près de Grammichelle, vers l'altitude 480 m., coexistent des espèces témoignant de l'âge de la formation (*Turritella subangulata*, *Nucula placentina*, *Chama placentina*), des formes nord-atlantiques (*Buccinum undatum*, *Chrysodomus sinistrorsus*, *Cyprina islandica*), et enfin, ce qui fait l'originalité de cette faune, *Purpura lapillus*, citée pour la première fois bien à l'Est de Gibraltar, *Patella ferruginea*, *Pisania reticulata*, et *Turris undatiruga*. Les limites actuelles de *Purpura lapillus*, nordique, et de *Turris undatiruga*, méridionale (MALATESTA et SEGRE, 1956), se chevauchent à peine dans la région de Gibraltar, où les températures superficielles sont de 21°C. en été, 15 en hiver. Cela donne une indication climatologique pour l'époque de formation de ces dépôts, qui peuvent être un peu antérieurs au maximum transgressif, ou un peu postérieurs s'il s'agit d'une formation régressive. La présence de *Patella ferruginea*, bien avant le Tyrrhénien, que nous avons mise en doute (MARS, 1955) est donc confirmée. Elle l'est aussi par le fait que nous l'avons également rencontrée dans un niveau tout à fait littoral des Alpes-Maritimes, où, à 100 m. environ, elle se trouve en compagnie de *Patella lusitanica*, *Patella caerulea*, et surtout *Gryphaea cucullata* et *G. virleti*. Or, aux marges atlantiques de la Méditerranée, la première transgression post-astienne, le Messaoudien du Maroc, montre, avec, ses espèces propres, d'affinité chilo-péruvienne, (LECOINTRE 1952) ces mêmes Ostreidés (RANSON in LECOINTRE 1952), qui étaient jusqu'à présent inconnus dans le Quaternaire méditerranéen.

Au Sicilien inférieur, la seconde régression glacio-eustatique méditerranéenne voit le retour des faunes froides, avec une nouvelle pénétration des eaux atlantiques en profondeur. Ces faunes prennent un plus grand développement qu'au Calabrien moyen. Dans aucun gisement calabrien on ne voit autant de formes nordiques que dans celui de Ficarazzi, type

du Sicilien inférieur, où aux espèces déjà apparues, mais ici plus fréquentes, il faut ajouter *Trichotropis borealis* et *Chlamys tigrina*, représentés par un très petit nombre d'exemplaires connus (GIGNOUX 1913). Outre ces caractères, la faune sicilienne se différencie surtout de celle du Calabrien, dont elle reste assez proche cependant, par ses caractères négatifs, l'extinction des survivantes pliocènes se poursuivant. Mais des formes considérées comme éteintes avant le Sicilien y ont été ultérieurement retrouvées (*Fusus longiroster*, *Murex pseudo-brandaris*, *Cerithium varicosum*, *Aporrhais uttingerianus*, *Chlamys angeloni*; TAMAJO 1937; DE STEFANI 1942), si bien que les différences se trouvent amenuisées entre les deux étages. En définitive, on peut estimer que dans la riche faune de Palerme, qui comprend plus de 450 espèces, les types pliocènes représentent environ 4 %, et les types nordiques également 4 %, caractères qui permettront de la distinguer d'autres faunes froides plus récemment découvertes en Méditerranée.

Comme pour le Calabrien, la série de remblaiement sicilienne voit le retour de faciès plus littoraux et la disparition de tout indice de faune froide. Il s'agit de ces faunes banales, comme celle de Mortelle, par exemple, dans laquelle on ne peut retenir comme type atlantique froid le *Tapes rhomboïdes*, qui a ses racines dans le Pliocène méditerranéen et vit encore dans la Méditerranée actuelle. Dans le gisement de Milazzo, qui nous l'avons dit peut aussi bien être Sicilien supérieur qu'un peu plus récent, il n'apparaît que des espèces assez banales, avec *Patella ferruginea* ce qui ne saurait plus nous étonner, puisque nous avons reconnu son existence au Calabrien. Il y a aussi quelques formes indiquant une tendance tempérée chaude, caractère réapparaissant à chaque interglaciaire; également *Trivia sphaericulata*, survivante pliocène (MARS, 1955), et peut-être aussi *Cerithium varicosum* (MALATESTA, 1955).

Les faunes des périodes glaciaires post-siciliennes et anté-wurmiennes, si elles existent, c'est à dire si ces périodes ont été assez marquées pour entraîner le retour de conditions hydrologiques de type glaciaire en Méditerranée, doivent avoir les mêmes caractères que les précédentes. Mais elles sont encore inconnues ou inidentifiées. Les dépôts calabriens et siciliens ont été suffisamment surélevés pour apparaître; les dépôts wurmiens, bien que submergés sont retrouvés par dragages, car ils ne sont pas recouverts par des sédiments épais. Ceux intermédiaires sont dans une position particulière qui explique pourquoi ils demeurent inconnus.

Au Maroc, après le dépôt des formations littorales de la seconde transgression post-astienne (Maarifien), avec les mêmes espèces c'est à dire avec *Trochatella trochiformis* et *Acanthina crassilabrum*, apparaissent, au cours de la régression (Amirien), alors que le niveau marin est passé de 80 à 20 m. en altitudes relatives, des lumachelles à *Purpura lapillus* et *Littorina littorea*. Cela indique la descente de ces espèces en latitude en même temps que se produit la régression et l'établissement du pluvial amirien (BIBERSON 1956). Au niveau du détroit de Gibraltar se produit ainsi un changement faunique qui peut se répercuter sur la faune méditerranéenne. L'Amirien est parallélisé par les Géologues du Maroc avec la glaciation de Mindel, et il renferme les industries de l'Acheuléen ancien, succédant à l'Acheuléen archaïque du Maarifien. Restant dans ce domaine atlantique, nous y voyons au cours de la transgression suivante, soit la troisième post-astienne, une évolution rapide des faunes littorales. D'abord, vers 25 m., on retrouve une faune chilo-péruvienne dégénérée, avec *Purpura plessisi* de petite taille, puis une brusque et courte invasion de *Littorina littorea* qui pullule, enfin au sommet, vers 30 m., une récurrence très momentanée de la faune chaude ancienne qui disparaît alors complètement pour céder la place à une invasion de la faune du Quaternaire moyen à *Purpura haemastoma* et *Patella safiana*. Cette faune persistera ensuite, de l'Anfatien à l'époque actuelle.

En Méditerranée, comme au Maroc et au Portugal, la troisième transgression post-astienne atteint en diverses régions, Espagne et Algérie notamment, une trentaine de mètres. Au Maroc, *Patella safiana* et *Purpura haemastoma* ne sont pas accompagnées par le Strombe,

qui en Méditerranée apparaît et reste rare au Paléotyrhénien. Son absence au Maroc a paru anormale, car il est d'origine sénégalienne. L'erreur est de penser "Maroc région plus méridionale et plus chaude", où le Strombe aurait dû exister aussi. Or, bien qu'actuellement le Maroc puisse être effectivement rangé dans une sous-province méditerranéo-atlantique particulière (marocaine) à éléments plus méridionaux que ceux des régions franco-ibérique et méditerranéenne, la différence faunique est assez nuancée, pas tellement plus chaude. Les espèces les plus typiques de la faune sénégalienne qui ont un certain temps résidé en Méditerranée n'y sont pas. Il y a certes quelques autres espèces africaines, canariennes, mais aussi, de temps à autre, on y retrouve, rarement, des types plus nordiques, tels que *Purpura lapillus* ou *Macoma balthica*. Les températures marines de surface, si elles sont de peu supérieures en hiver à celles de la Méditerranée, sont aussi plutôt inférieures en moyenne, et plus nettement inférieures en été (Fig. 1-2-3). C'est là un indice intéressant, car, lors des interglaciaires, surtout d'un Riss-Wurm, qui a été le plus marqué climatiquement, la Méditerranée, mer fermée, a dû se réchauffer nettement. Les courants atlantiques de surface y ont entraîné peu à peu les faunes sénégaliennes qui ont pu s'y développer, tandis que les rivages du Maroc, moins réchauffés, participant à un climat marin atlantique, n'ont pu servir que de relai temporaire à une faune qui n'y a pas trouvé les meilleures conditions de colonisation.

Revenons à la Méditerranée elle-même. DALLONI (1954, p. 157), s'étonne que le Tyrrhénien d'Algérie, parfaitement délimité dit-il par son altitude, 30-35 m., n'ait jamais livré les témoins d'une faune subtropicale, comme ailleurs en Méditerranée, alors que l'horizon plus récent, qu'il appelle Grimaldien, (mais lisons Eutyrrhénien), contient parfois en abondance le Strombe et ses compagnons. Nous avons là un exemple typique des interprétations erronées auxquelles ont conduit les confusions des "niveaux": il n'y a pas le Strombe en Algérie dans le niveau de 30-35 m. tout simplement parce qu'il n'est que paléotyrhénien, et d'ailleurs, DALLONI, en précisant sa conception du "Tyrrhénien", le classait même dans l'interglaciaire Mindel-Riss. En de rares points de la Méditerranée cependant, le Strombe semble avoir été reconnu dès le Paléotyrhénien: En Espagne (IMPERATORE, 1957), aux Baléares au Banc d'Eivisa (MUNTANER-DARDER 1957); en Italie du Sud, où les données très peu concordantes de GIGNOUX (1913), A.C. BLANC (1953) et GIGOUT (1960) sur la région de Tarente, ne permettent pas d'exclure la possibilité de sa présence dans un Tyrrhénien ancien d'un rivage de 35 m. env. En Tunisie (voir plus loin), il y a présomption de sa présence dans une formation plus ancienne que celle des plages de Monastir.

De toutes façons, il ne s'agit que d'une timide apparition. Ce n'est qu'avec la transgression suivante, eutyrrhénienne, qu'apparaît partout et en abondance en Méditerranée, la faune tyrrhénienne typique. Dans tous les dépôts attribués au Paléotyrhénien, le fond de la faune est banal. Seule serait à noter la présence dans une des terrasses post-siciliennes et antétyrrhéniennes de Crotona, vers 150 m. de *Trochus bullula*. Cette espèce avait d'abord été décrite du "Post-pliocène" de Rhodes, puis DE LAMOTHE l'avait retrouvée à Monastir, et exprimait des doutes sur son origine stratigraphique. CASTANY, GOBERT et HARSON (1956, p. 25), l'ont enfin récoltée dans un remplissage de fissure aux carrières de Shkol, près de Monastir, avec quelques autres espèces, jamais rencontrées dans les autres sites connus ou visités de la presqu'île: *Chlamys pesfelis*, *Arca pulchella*, *Danilia tinei*. D'autres fissures, dans les carrières voisines ayant fourni à la fois *Trochus bullula* et *Tritonidea viverata* "un des éléments les plus caractéristiques de l'horizon paléontologique à Strombes selon GIGNOUX", CASTANY, GOBERT et HARSON, après avoir pensé qu'il pouvait s'agir d'un dépôt tyrrhénien ancien, ont conclu qu'il n'en était rien. On peut encore en douter, maintenant que JAUZEIN (1959) a retrouvé dans la région de Shkol des formations d'un Tyrrhénien ancien, qui n'a rien à voir par ailleurs avec les niveaux de DE LAMOTHE, et qui d'après tous les carriers consultés contiendrait des exemplaires, rarissimes, de *Strombus bubonius*.

La seule faune connue qu'on puisse présumer appartenir à un dépôt non littoral paléotyrrhénien est celle correspondant à la panchina inférieure de Livourne. La liste en a été publiée par MALATESTA (1943). On y constate la présence d'*Imbricaria caterinii*, *Corbula revoluta*, survivantes pliocènes aujourd'hui disparues de Méditerranée mais ayant des formes représentatives dans les faunes tropicales, *Triton costatus* (*parthenopaeus*), *Chamys septemradiata* et de nombreuses espèces actuelles.

La faune littorale eutyrrhénienne est bien connue. Les principales espèces sénégalaises qui s'y surajoutent aux types encore présents en Méditerranée sont: *Arca plicata*, *Brachidontes senegalensis*, *Tugonia anatina*, *Natica turtoni*, *Strombus bubonius*, *Cantharus viveratus*, *Conus testudinarius*. Parmi les espèces associées et indicatrices, quelques unes ont été retrouvées dès le Quaternaire inférieur, mais sont ici plus communes (*Patella ferruginea*, *Natica lactea*, *Turris undaturuga*), de nombreuses autres espèces persistent encore en Méditerranée mais sont moins communes. Dans l'Eutyrrhénien de Cabo Salou, près de Tarragone, N. SOLE et J. De PORTA (1955) ont retrouvé trois exemplaires de l'*Acanthina crassilabrum* de la faune quaternaire ancienne du Maroc. C'est la seule citation qu'on en connaisse en Méditerranée.

S'il était encore besoin d'insister sur le caractère plus chaud de la faune littorale tyrrhénienne en Méditerranée, on pourrait retenir la présence d'une espèce essentiellement méditerranéenne et très littorale, maintenant limitée aux régions les plus chaudes. *Pirenella conica*, citée dans le Tyrrhénien de l'Italie du Sud, et que nous venons de retrouver à Majorque, dans un gisement eutyrrhénien qu'ont récemment découvert CUERDA BARCELLO et MUNTANER DARDER, et où ils m'ont conduit. On pourrait aussi rappeler, sur un plan plus général, que c'est pendant l'interglaciaire Eemien, équivalent de la partie interglaciaire de l'Eutyrrhénien, que les faunes quaternaires nordiques ont été le plus nettement marquées par la présence d'éléments méridionaux. Ainsi, VAN STRAATEN comparant une faune éemienne littorale à celle actuelle d'Arcachon les trouve très voisines, à cette différence près que la première possède *Tapes senescens*, représenté seulement dans la seconde par son descendant actuel *Tapes aureus*.

C'est à propos du Tyrrhénien que se pose particulièrement le problème délicat des faunes saumâtres. Ces faunes sont en effet, composées d'espèces très résistantes aux conditions de milieu. Très littorales, elles supportent les variations de température et de salinité. Aussi peut-on les retrouver, avec les mêmes principaux éléments, en des régions très éloignées, Baltique et Méditerranée par exemple. L'association qui persiste dans les pires conditions lagunaires est celle à *Cardium glaucum* (*C. edule* Auct.), *Abra ovata* et des *Hydrobiidae* (MARS, 1961). Tout le groupe de formes gravitant autour de *Cardium edule* (MARS, 1951) existe dans tout le Quaternaire et ne peut donner qu'une indication de faciès. Quand les conditions lagunaires sont moins marquées, d'autres espèces apparaissent, dont l'une mérite de retenir l'attention, *Tapes senescens*. Elle existe déjà au Pliocène, où elle n'est pas commune, mais dès le Calabrien, elle est plus abondante et persiste ainsi jusqu'au Tyrrhénien, et, nous l'avons vu, à l'Eemien du Nord. La tendance qui paraît s'établir de la considérer comme caractéristique de l'Eutyrrhénien est dangereuse. En effet, si GIGNOUX (1913, p.443) dit qu'elle se rencontre encore dans le Quaternaire récent du Languedoc (forme *T. diana*), ce Quaternaire (niveau de 13 m.) n'est guère daté ainsi que par son altitude. Nous avons nous-même cru trouver une confirmation dans le fait de la coexistence de cette espèce avec *Patella ferruginea* dans le gisement de Gruissan (MARS et OTTMANN, 1955). Ce que nous savons maintenant de cette dernière espèce doit nous rendre prudent. Il pourrait s'agir aussi bien d'un gisement d'âge plus ancien, peut-être paléotyrrhénien malgré sa faible altitude. Il en est tout à fait de même pour l'âge des formations de Vadina et Urbino, en Corse. OTTMANN (1958, p.56), a eu tout à fait raison d'insister à leur propos sur le fait que ce fossile ne pouvait suffire à les faire classer comme tyrrhéniennes, en se basant sur leur niveau et sur une prétendue coexistence de *Tapes diana* et *Strombus bubonius*.

L'espèce *T. senescens* est extrêmement variable, on ne peut parler d'une forme bien établie, *Tapes diana*, qui serait plus spéciale au Tyrrhénien.

En Sardaigne, COMASCHI CARIA (1955) a signalé des formations littorales près d'Orosei, qui, vu leur faible altitude (5 m.), la présence de *Tapes diana* (rare), d'*Eastonia rugosa* (rare) de *Tritonidea viverata* (rare) et de *Mytilus senegalensis* (commun), seraient tyrrhéniennes. Malheureusement, dans les mêmes formations, où *Ostrea edulis* est commune, apparaissent aussi les espèces suivantes: des types pliocènes (*Actinobolus pinnula*, *Modiola mytiloïdes*) et des huîtres: *Ostraea digitalina*, commune, *Ostraea gingensis*. La première huître est une espèce miocène; la seconde n'est autre que *Gryphaea gryphoïdes* = *G. crassissima* du Miocène et du Pliocène. Dès lors, si toutes les déterminations étaient confirmées, on aurait là une bien curieuse association, et on ne pourrait tirer de conclusions utiles sans être bien certain qu'il n'y a pas eu mélange de faunes.

Les faunes profondes de l'Eutyrrhénien sont également mal connues. L'un des gisements dans lequel on pourrait les retrouver est peut-être celui de Ravagnèse. Le littoral marquant le maximum transgressif est ici porté à environ 100 m., et sa faune est bien typique. GIGNOUX, qui croyait à l'unité du gisement, a malheureusement étudié globalement la faune, en lui joignant aussi celle de Boveto, peut-être différente. Bien qu'il n'y ait aucune apparence de distinction stratigraphique possible entre les couches supérieures et inférieures, après une nouvelle étude de la faune par IMBESI, PATA a cru pouvoir trouver des arguments paléontologiques pour considérer la partie inférieure, au site de CAFARI (70 m.), comme représentant le Sicilien. Or, à Cafari, on note surtout l'absence de Strombes, la présence d'espèces plus profondes, des espèces pliocènes (*Meretrix broccchii*, rare, *Turritella buplicata*, *Nassa serraticosta*, *Mitra bronni*, *Arca diluvii subantiquata*, *Cardium paucicostatum bianconiana*), mais aussi *Mitra aquini*, *Conus testudinarius*, *Tritonidea viverata*, *Natica lactea*, *Triton ficoides*, rares, si bien qu'on peut dire avec PATA, qu'il y a là une formation "unica fra tutte quelle del Tirreniano che contenga una strana mescolanza di tutti i tipi". Tous les types en effet, sauf précisément ceux qui caractérisent les faunes froides calabriennes et siciliennes, si bien qu'on peut se demander aussi s'il ne s'agit pas de faunes tyrrhéniennes profondes présentant une récurrence de types pliocènes, ou si, en dépit de l'apparence stratigraphique il n'y aurait pas mélange de formations et de faunes. On voit qu'on ne connaît pas mieux aujourd'hui qu'autrefois la faune tyrrhénienne profonde.

Dans des régions diverses, il apparaît une ligne de rivage tyrrhénienne plus récente, séparée de la précédente par une oscillation négative et des formations continentales. C'est le cas notamment en Espagne et aux Baléares. Dans cette formation littorale, toutes les espèces sénégalienne sont en nette régression, mais pas partout avec la même intensité. Dans le Néotyrrhénien, comme d'ailleurs dans l'Eutyrrhénien, SOLE SABARIS (1959) a bien montré pour les gisements espagnols que la proportion des formes chaudes diminue du Sud au Nord. Au Sud d'Alicante, le Strombe est encore présent dans les gisements, tandis qu'il manque dans ceux du Nord, ainsi que dans ceux majorquins, bien étudiés par CUERDA BARCELLO et MUNTANER DARDER. En dépit de leur faible altitude (2 m. max.) on ne peut confondre ces gisements avec ceux d'un maximum flandrien successif. Le Néotyrrhénien s'intercale déjà dans la régression wurmienne, après le maximum interglaciaire Riss-Wurm. Ensuite se développe la régression wurmienne qui voit le retour des faunes froides en Méditerranée. Reconnues d'abord au Cap Creus (MARS, MATHELY, PARIS, 1957; MARS 1958), ces faunes ont été retrouvées en d'autres points de la Méditerranée occidentale (MARS et PICARD, 1958), et le seront probablement ailleurs. Le caractère froid de ces faunes est nettement accentué par rapport à celles du Calabrien et du Sicilien. Plus aucune forme éteinte du Pliocène ne subsiste; non seulement 20 % des espèces sont des hôtes nordiques, mais elles donnent par leur abondance en individus un caractère particulier à l'ensemble. De nombreux éléments boréaux ont des limites écologiques incompatibles avec la température actuelle, mais pourraient exister si la température homotherme profonde s'abaissait

de quelques °C. Leur répartition actuelle d'autre part comprend des régions où la salinité n'atteint jamais les valeurs de la Méditerranée actuelle.

Les faunes littorales correspondant aux gisements wurmiens submergés sont peu connues. Celle du niveau régressif de la Versilia, à la base de la transgression, entre -90 et -65 m. ne comprend pas de type nord-atlantique caractéristique, mais non plus les types sénégalais. Sa connaissance est limitée aux spécimens recueillis par sondage, et l'ensemble ne paraît pas particulièrement froid, (liste dans BLANC, SETTEPASSI et TONGIORGI, 1953).

Dans cette même série de la Versilia, au cours de la remontée du niveau marin, après la période maximum de froid le plus marqué dans la région continentale littorale, alors que ce niveau avait dépassé vers le haut-22 m., profondeur du dépôt, les sables à *Vitis* contiennent en abondance *Purpura haemastoma* var. *consul*, connue au Tyrrhénien par de rares exemplaires et signalée vivante à Oran par PALLARY.

Les faunes du maximum transgressif qui a vu, vers le Néolithique la mise en place des appareils littoraux, dans le Golfe du Lion par exemple, ne diffèrent pas essentiellement de la faune actuelle. *Chlamys glabra* et *Ostrea edulis* var. *lamellosa* sont très abondantes cependant, et dans les stations préhistoriques, *Patella ferruginea* est aussi très commune, alors qu'elle a depuis, à peu près complètement disparu de notre région.

Cet aperçu rapide et incomplet fait néanmoins ressortir les grandes lacunes qui se présentent dans nos connaissances sur les faunes quaternaires de Méditerranée. Ce qui reste de l'ensemble des observations des faunes, de la stratigraphie, de la climatologie et de l'hydrologie quaternaires, permet pourtant de résumer et de conclure sur quelques idées générales.

1° - A chaque phase de régression glacio-eustatique a correspondu l'établissement (ou des tentatives avortées pour les cycles secondaires), de conditions océanographiques bien différentes des actuelles. En relation avec des faits climatiques, une inversion des courants a dû se produire à Gibraltar. Les faunes profondes nord-atlantiques ont alors pu pénétrer en Méditerranée, dont le milieu était favorable par abaissement de la température et de la salinité. Un courant superficiel de sortie des eaux méditerranéennes rendait dans le même temps plus difficile la pénétration des faunes atlantiques les plus littorales.

2° - Ces crises successives ont peu à peu entraîné la disparition des types pliocènes.

3° - A chaque phase interglaciaire voyant le retour d'un niveau marin successif transgressif, ces faunes nord-atlantiques disparaissent, comme il en est à notre époque. En même temps que les conditions se modifiaient dans le sens d'un réchauffement et d'une augmentation de la salinité le régime des courants s'inversait. Un courant superficiel d'origine atlantique permettait l'introduction de faunes atlantiques-méridionales et littorales en Méditerranée.

4° - La faune froide la plus marquée est celle correspondant à la dernière période glaciaire (Wurmien; Versilien inférieur).

5° - La faune littorale chaude la plus marquée est celle correspondant à l'interglaciaire Riss-Wurm (Eutyrrhénien).

6° - Malgré l'existence d'un nombre restreint de grandes périodes glaciaires, les modifications ne se sont pas faites selon un schéma simple, mais avec des effets-retard, et des petits cycles intermédiaires, tel celui correspondant au Néotyrrhénien en début du Wurm.

7° - Les étages marins complets ne peuvent être confondus avec des "niveaux". Ils comprennent à leur base les dépôts profonds et froids, tandis que les séries de remblaie-

ment s'achèvent avec les dépôts littoraux interglaciaires correspondent à un climat plus chaud et à un niveau eustatique plus élevé.

8° - Du fait du renouvellement des mêmes phénomènes durant le Quaternaire à différentes reprises, on voit apparaître plusieurs fois des faunes froides qui se ressemblent entr'elles, et des faunes tempérées chaudes également voisines, avec chaque fois le retour d'espèces, dont peu sont en définitive bien caractéristiques du point de vue chronologique.

Ainsi, si l'on peut mieux comprendre l'histoire générale du Quaternaire et des faunes méditerranéens, on prend conscience de la prudence qu'il faut avoir pour dater des dépôts à faunes insuffisantes ou insuffisamment étudiées, et pour interpréter les données incomplètes et éparpillées que nous avons d'un grand nombre de gisements.

Du fait de l'inexistence, pratiquement, de coupes bien reliées stratigraphiquement, où formations marines et continentales soient suffisamment datées, la corrélation des étages, comme des faunes, reste certes difficile. Cependant, ce n'est plus une énigme que faunes terrestres "chaudes" et faunes marines "froides" se rencontrent toutes deux dans le Quaternaire inférieur, ou à d'autres niveaux. Il faut d'abord comprendre que les étages du Quaternaire ne sont pas uniformément "chauds" ou "froids"; ensuite, que les changements successifs de faunes ne se sont pas du tout faits selon les mêmes mécanismes, si l'on considère les Mammifères terrestres par exemple, ou les Mollusques marins. Dans le premier cas, les types chauds, avec survivants du Pliocène au début du Quaternaire, ont été affectés au moment des crises glaciaires, par les rigueurs d'un climat qui les a, par attaques successives, finalement complètement détruits sans possibilité de retour. Dans le second cas, les espèces, aux conditions de vie si différentes des premières, se trouvaient dans un milieu où les conséquences du climat, jointes à un régime océanographique tout particulier en ce qui concerne la Méditerranée, en ont éliminé également un certain nombre, mais ont permis une certaine alternance des ensembles faunistiques: un retour a été possible dans les aires momentanément évacuées. C'est le mécanisme de ces modifications des conditions de milieu que nous avons tenté d'expliquer par les rapports entre la Méditerranée et l'Atlantique pendant le Quaternaire, parce que l'Atlantique a été, et continue d'être, le réservoir où la Méditerranée puise, dans des conditions différentes selon l'époque, l'essentiel de sa faune.

Laboratoire de Biologie Animale SPCN I  
et Station Marine d'Endoume, Marseille.

#### BIBLIOGRAPHIE

- ARAMBOURG C. (1952) - "Eustatisme et isostasie", *C.R. Acad. Sci.*, 234, p. 226.
- ARAMBOURG C. (1954) - Les "Plages soulevées" du Quaternaire, *Quaternaria*, I, p. 55-60.
- ARAMBOURG C. (1959) - Observations sur le Quaternaire littoral de la Méditerranée et du proche Atlantique, *C.R. somm. Soc. géol. Fr.*, p. 210.
- BACCI G., MALATESTA A. et TONGIORGI E. (1939) - Di una formazione glaciale rissiana riscontrata a Livorno nei sedimenti della fase costruttiva del ciclo tirreniano, *Atti Soc. toscana Sci. nat.*, P.V., XLVIII.
- BIBERSON P. (1958) - Essai de classification du Quaternaire marin du Maroc atlantique, *C.R. somm. Soc. géol. Fr.*, p. 67.
- BIBERSON P. (1960) - L'évolution du Paléolithique marocain dans le cadre du Pleistocène atlantique, *Paper prepared in advance for participants in symposium n°3: Early Man and Pleistocene Stratigraphy in the Circum-Mediterranean Regions*, Wenner-Gren Foundation (Burg Warthenstein, July 14-20, 1960).

- BIBERSON P. et LECOINTRE G. (1956) - Progrès dans la connaissance du Quaternaire de Casablanca, *Bull. Soc. géol. Fr.*, (6), VI, p. 855-866.
- BIBERSON P., CHOUBERT G., FAURE-MURET A. et LECOINTRE G. (1960) - Contribution à l'étude de la "pebble-culture" du Maroc atlantique, *Bull. d'Archéol. maroc.*, III, p. 7-53.
- BLANC A.C. (1934) - *Imbricaria Mochii*, n. sp., e il genere *Imbricaria* nel Pleistocène mediterraneo, *P.V. Soc. toscana Sci. nat.*, XLIII-4 (Rome).
- BLANC A.C. (1936) - La stratigraphie de la plaine côtière de la Basse-Versilia et la transgression flandrienne en Méditerranée. *Rev. Géogr. phys. et Géol. dyn.*, IX-2, p. 129-162.
- BLANC A.C. (1942) - Variazioni climatiche ed oscillazioni della linea di riva nel Mediterraneo centrale durante l'Era glaciale, *Sonderabdruck aus, Geologie der Meere und Binnengewässer*, V-2, p. 137-219.
- BLANC A.C. (1953) - Excursion des Abruzzes, Pouilles, Salerno, *Livret-Guide, IVe. Congr. I. N. Q. U. A.* (Rome-Pise).
- BLANC A.C. (1958) - Torre in Pietra, Saccopastore e Monte Circeo, la cronologia dei giamenti e la paleogeografia quaternaria de Lazio, *Boll. Soc. Geografica Ital.*, 4/5.
- BLANC A.C. (1960) - Sur le Pleistocène marin des côtes tyrrhéniennes et ioniennes et les cultures paléolithiques associées, Paper prepared in advance for participants in symposium n°3: "Early Man and Pleistocène Stratigraphy in the Circum-Mediterranean Regions" Wenner-Gren Foundation, (Burg Wartenstein, July 14-20, 1960).
- BLANC A.C., DE VRIES H. et FOLLIERI M. (1957) - A First C<sup>14</sup> Date for the Wurm I Chronology on the Italian Coast, *Quaternaria IV.*
- BLANC A.C., SEGRE A.G. et TONGIORGI E. (1953) - Excursion au Mont Circée, *Livret-Guide IVe. Congr. I. N. Q. U. A.* (Rome-Pise).
- BLANC A.C., SETTEPASSI F. et TONGIORGI E. (1953) - Excursion au Lac Massaciuccoli, *Livret Guide IVe. Congr. I. N. Q. U. A.* (Rome-Pise).
- BLANC A.C., TONGIORGI E. et TREVISAN L. (1952) - La limite Plio-pleistocène dans la coupe de Monte-Mario (Environ de Rome), *C.R. XIXe. Congr. Géol. intern.*, Alger, XV, p. 218-228.
- BLANC A.C., TONGIORGI E. et TREVISAN L. (1953). - Le Pliocène et le Quaternaire aux alentours de Rome, *Livret-Guide IVe. Congr. I. N. Q. U. A.* (Rome-Pise).
- BLANC J.J. (1955) - Sédimentation à la Grotte du Prince (Grimaldi), *Bull. Mus. Anthropol. préhist. Monaco*, 2, p. 125-148.
- BLANC J.J., PERES J.-M. et PICARD J. (1959) - Coraux profonds et thanatocoenoses quaternaires en Méditerranée. *Coll. intern. C. N. R. S.*, LXXXIII, p. 185-192 (Nice-Villefranche, 5-12 mai 1958).
- BONIFAY E. (1961) - Sur l'âge de l'Eutyrrhénien méditerranéen, *C.R. somm. Soc. géol. Fr.*, p. 265.
- BONIFAY E., IAWORSKY G. et MARS P. (1958) - Nouvelles coupes dans le Quaternaire de Monaco et ses environs, *Bull. Mus. Anthropol. préhist. Monaco*, 5, p. 85-118.
- BONIFAY E. et MARS P. (1959) - Le Tyrrhénien dans le cadre de la chronologie quaternaire méditerranéenne. *Bull. Soc. géol. Fr.*, (7), I, p. 62-78.
- BOULE M. (1906) - Les grottes de Grimaldi (Baoussé Roussé), I-2, *Géologie et Paléontologie*, 156 p. (Monaco).
- BOURCART J. (1938) - La marge continentale : essai sur les regressions et les transgressions marines, *Bull. Soc. géol. Fr.*, (5), VI, p. 393-474.

- BOURCART J. (1959) - Les gisements quaternaires marins du littoral des Alpes-Maritimes, *Livret-Guide XVIe. Cong. Préhist. Fr.* (Monaco, 25 août - 5 septembre 1959).
- BOURCART G. et SIFFRE M. (1958) - Le Quaternaire marin du pays niçois. *Bull. Soc. géol. Fr.*, (6), VIII, p. 715-730.
- CASTANY G., GOBERT E.-G. et HARSON L. (1956) - Le Quaternaire marin de Monastir, *Ann. Mines et Géol. Tunis.* XIX.
- CASTANY G. et OTTMANN F. (1957) - Le Quaternaire marin de la Méditerranée occidentale, *Rev. Géogr. phys. et Géol. dyn.*, (2), I, p. 46-55.
- CAZIOT E. et MAURY E. (1904) - Nouveaux gisements de Pleistocène marin de la côte des Alpes-Maritimes et géologie du Cap d'Aggio, *Bull. Soc. Géol. Fr.*, (4), IV, p. 420-431.
- CAZIOT E. et MAURY E. (1907) - Nouveaux gisements pliocènes et post-pliocènes marins et complément des faunes déjà publiées des gîtes marins de ces étages sur la côte des Alpes-Maritimes, *Bull. Soc. géol. Fr.*, (4), VII, p. 72-79.
- COMASCHI CARIA L. (1955) - Prima segnalazione del Tirreniano fossilifero ad Orosei (Sardagna orientale), *Quaternaria*, II, p. 99-108.
- CUERDA BARCELLO J. (1957) - Fauna marina del Tirreniense de la Bahía de Palma (Mallorca), *Bol. Soc. Hist. nat. Baleares*, III, p. 3-76.
- DALLONI M. (1954) - Sur quelques problèmes du Quaternaire méditerranéen. *Bull. Soc. Hist. nat. Afr. Nord*, XL, p. 10-26.
- DENIZOT G. (1951) - Les anciens rivages de la Méditerranée française, *Bull. Inst. Océanogr. Monaco*, 992.
- DEPERET Ch. (1906) - Les anciennes lignes de rivage de la côte française de la Méditerranée, *Bull. Soc. géol. Fr.*, (4), VI, p. 207-230.
- DEPERET Ch. (1918) - Essai de coordination chronologique générale des temps quaternaires, *C.R. Acad. Sci.*, 166, p. 480.
- DUBOIS G. (1924) - Recherches sur les terrains quaternaires du Nord de la France. *Mém. Soc. géol. Nord*, VIII.
- EMILIANI C. (1955) - Pleistocene temperature variations in the Mediterranean, *Quaternaria*, II, p. 87-98.
- EMILIANI C., GIANOTTI A. et MAYEDA T. (1961) - Analisi isotopica dei Foraminiferi siciliani delle argille di Ficarazzi, Palermo, *Quaternaria*, V, p. 135-141.
- EMILIANI C., MAYEDA T. et SELLI R. (1961) - Paleotemperature Analysis of the Plio-Pleistocene Section at Le Castella, Calabria, Southern Italy, *Geol. Soc. of America Bull.* 72, p. 679-688.
- FAIRBRIDGE R.W. (1960) - World Sea-Level and Climatic Changes, *Paper prepared in advance for participants in symposium n°3: Early Man and Pleistocene Stratigraphy in the Circum-Mediterranean Regions*, Wenner-Gren Foundation, (Burg Wartenstein, July 14-20, 1960).
- FEUGUEUR L. (1952) - Découverte de deux niveaux marins (Tyrrhénien) à l'entrée du tunnel ferroviaire de Monaco, *Bull. Inst. Océanogr. Monaco*, n° 1239.
- FISCHER P. (1881) - Manuel de Conchyliologie et de Paléontologie conchyliologique (1880-1887) fasc. 2. (Savy, Paris).
- FISCHER-PIETIE E. (1957) - Sur le déplacement des frontières biogéographiques observées au long des côtes ibériques dans le domaine intercotidal, *Public. Inst. Biologia aplicada*, XXVI, p. 35-40.
- FLAMAND G. (1906-1910) - Sur la grotte du Prince, observations à la communication sur les brèches osseuses, etc., réponse aux remarques de M. Boule, etc., *Bull. Soc. géol. Fr.*, (4), VI, p. 537; VII, p. 7; X, p. 669.

- GIANNINI E. (1951) - Nuovo giacimento fossilifero Calabriano presso Bagni di Casciana (Pisa), *Atti Soc. toscana Sci. nat.*, LVIII.
- GIANNINI E. (1953) - Le Calabrien aux environs de Bagni di Casciana (Pisa), *Livret-Guide*, 4e. Congr. I. N. Q. U. A. (Rome-Pise).
- GIGNOUX M. (1913) - Les formations marines pliocènes et quaternaires de l'Italie du Sud et de la Sicile, *Ann. Univ. Lyon*, XXXVI.
- GIGNOUX M. (1952) - Pliocène et Quaternaire marins de la Méditerranée occidentale, *C.R. Cong. géol. intern.*, Alger, XV, p. 249 - 258.
- GIGOUT M. (1949) - Définition d'un étage Ouljien, *C.R. Acad. Sci.*, 229, p. 551.
- GIGOUT M. (1957) - L'Ouljien dans le cadre du Tyrrhénien, *Bull. Soc. géol. Fr.*, (6), VII, p. 385-400.
- GIGOUT M. (1960) - Sur le Tyrrhénien de la Méditerranée occidentale, *Paper prepared in advance for participants in symposium n°3: "Early Man and Pleistocene Stratigraphy in the Circum-Mediterranean Regions"*, Wenner-Gren Foundation (Burg-Wartenstein, July 14-20, 1960).
- GIGOUT M. (1960) - Sur le Quaternaire marin de Tarente (Italie), *C.R. Acad. Sci.*, 250, p. 1094.
- IAWORSKY G. (1961) - L'industrie à bifaces et le niveau marin de 22 m. à Nice, *C.R. somm. Soc. géol. Fr.*, p. 197.
- IMBESI M. (1951) - Nuove osservazioni e ricerche presso i giacimenti fossiliferi di Ravagnese (Reggio Calabria), *Atti Soc. toscana Sci. nat.*, *Mém.* LVIII, p. 121-136.
- IMPERATORE L. (1957) - Documentos para el estudio del Cuaternario alicantino, *Est. Géol. Madrid*.
- ISSEL A. (1914) - Lembi fossiliferi quaternari a recenti nella Sardegna meridionale, *R.C. A.c. Lincei* (5), XXIII, p. 759-770.
- JAUZEIN A. (1959) - Remarques sur le Quaternaire marin de la côte orientale de Tunisie, *Bull. Soc. géol. Fr.* (7), p. 119-122.
- LE DANOIS E. (1938) - L'Atlantique, histoire et vie d'un océan. (I v., Albin Michel, Paris).
- LE DANOIS E. (1948) - Les profondeurs de la mer, trente ans de recherches sur la faune sous-marine au large des côtes de France (I v., *Bibl. sci.*, Payot, Paris).
- LAMOTHE L. DE (1905) - Les dépôts à *Strombus bubonius* de la presqu'île de Monastir, *Bull. Soc. géol. Fr.* (4), V, p. 336-359.
- LAMOTHE L. DE (1911) - Les anciennes lignes de rivage du Sahel d'Alger et d'une partie de la côte algérienne, *Mém. Soc. géol. Fr.* (4), I.
- LECOINTRE G. (1952) - Recherches sur le Néogène et le Quaternaire marins de la côte atlantique du Maroc, *Notes et Mém. Serv. géol. Maroc*, n° 99, 2 v.
- LECOINTRE G. (1960) - Le gisement de l'Homme de Rabat, *Bull. Archéol. Maroc.*, III, p. 55-85.
- LIPPARINI T., MALATESTA E., NICOSIA M.L. et VALDINUCCI A. (1955) - Pliocene e Quaternario del Capo Milazzo in Sicilia, *Bol. Serv. geol. Ital.*, LXXII, p. 1-26.
- LUMLEY H. DE (1961) - La place du remplissage de la Grotte du Lazaret (A.-M.) dans la stratigraphie du Quaternaire de la région de Nice à Monaco, *Bull. Mus. Anthropol. préh. Monaco*, 8, p. 97-133.
- MADSEN F.J. (1949) - Marine Bivalvia, *The Zoology of Iceland*, V-63.
- MALATESTA A. (1943) - Le formazioni pleistoceniche del Livornese, *Atti Soc. Toscana Sci. nat.*, *Mém.* LI, p. 145-206.

- MALATESTA A. (1955) - Voy. LIPPARINI etc.
- MALATESTA A. (1959) - Notizie preliminare su una fauna del Pleistocene siciliano, *Boll. Serv. geol. Ital.*, LXXX-I, p. 77-81.
- MALATESTA A. et SEGRE A.G. (1956) - Considerazioni paleontologiche e sistematiche sulla *Turris (Fusiturris) undatiruga* Biv., *Atti Soc. toscana Sci. nat.*, Mém. LXIII, p. 12-34.
- MALATESTA A. et TORRENTE A. (1953) - Pliocène e Pleistocène a Caltagirone (Sicilia), *Boll. Serv. geol. Ital.*, LXXV, p. 399-415.
- MARS P. (1951) - Essai d'interprétation des formes généralement groupées sous le nom de *Cardium edule* L., *Bull. Mus. Hist. nat. Marseille*, XI, p. 1-31.
- MARS P. (1956) - Faunes malacologiques du Pliocène et du Quaternaire de Milazzo (Sicile), *Bull. Mus. Hist. nat. Marseille*, XVI, p. 33-51.
- MARS P. (1958) - Les faunes malacologiques "froides" de la Méditerranée. Le Gisement du Cap Creus, *Vie et Milieu*, IX-3, p. 239-309.
- MARS P., MATHELY J. et PARIS J. (1957) - Remarques sur le gisement quaternaire sous-marin du Cap Creus, *C.R. Acad. Sci.*, 242, p. 1940.
- MARS P. et OTTMANN F. (1955) - Sur quelques gisements de Quaternaire marin du Bas-Languedoc, *Bull. Mus. Hist. nat. Marseille*, XV, p. 133-139.
- MARS P. et PICARD J. (1958) - Note sur les gisements sous-marins à faune celtique en Méditerranée, *Rap. et P.V. Comm. Int. Expl. sci. Méditer.*, XV-3, p. 325-330.
- MAURY E. (1916) - Observations nouvelles sur le Pliocène et le Quaternaire des Alpes-Maritimes, *Bull. Soc. géol. Fr.*, (4), XVI, p. 90.
- MAURY E. et CAZIOT E. (1905) - Etude géologique de la presqu'île de Saint-Jean (Alpes-Maritimes), *Bull. Soc. géol. Fr.*, (4), V, p. 581-592.
- MUNTANER DARDER A. (1957) - Las formaciones cuaternarias de la Bahía de Palma (Mallorca), *Bol. Soc. Hist. nat. Baleares*, III, p. 77-118.
- OTTMANN F. (1958) - Les formations pliocènes et quaternaires sur le littoral corse, *Mém. Soc. géol. Fr.*, n.s., XXXVII-84.
- OTTMANN F. et PICARD J. (1954) - Contribution à l'étude du Quaternaire des régions de Palerme et de Milazzo (Sicile), *Bull. Soc. géol. Fr.*, (6), IV, p. 395-407.
- PATA G. (1952) - Sulla datazione delle sabbie fossilifere di Ravagnese (Reggio Calabria), *Atti Soc. toscana Sci. nat.*, Mem., LIX, p. 24-35.
- PERES J.-M. et PICARD J. (1958) - Faunes "froides" et faunes "chaudes" de la Méditerranée quaternaire, *R. et P.V. Comm. intern. Expl. sci. Médit.*, XVI (n.s.), p. 509-514.
- PICARD J. - voy. BLANC, PERES et P. (1959); MARS et P. (1958); OTTMANN et P. (1954); PERES et P. (1958).
- RANSON G. (1952) - Ostreidés, in LECOINTRE, Recherches sur le Néogène etc., II, Paléontologie, p. 25-40.
- RISSO A. (1813) - Observations géologiques sur la presqu'île de Saint-Hospice aux environs de Nice, *Journ. Mines*, n° 200.
- RISSO A. (1826) - Histoire naturelle des principales productions de l'Europe méridionale et particulièrement de celles des environs de Nice et des Alpes Maritimes, I, p. 143-186.
- ROUCH J. (1946) - Traité d'Océanographie physique (3 v.), II: l'eau de Mer (*Bibl. sci.*, Payot, Paris).
- RUGGIERI G. (1949) - Il terrazzo marino presiciliano della penisola di Crotona, *Giorn. Geol. Ann. Mus. geol.*, (3) XX, (Bologna).

- RUGGIERI G. (1952) - La limite entre Pliocène et Quaternaire dans la série plio-pleistocène du Santerno, *C.R. XIXe. Congr. geol. intern.*, Alger XV, p. 235-240.
- RUGGIERI G. (1953) - Iconografia degli Ostracodi del Pliocene e del Pleistocene italiano, *Atti. soc. ital. Sci. nat.* XCII.
- SELLI R. et RUGGIERI G. (1948) - Il Pliocene e il Postpliocene dell'Emilia, *Rep. XVIIIe. intern. geol. Congr.* London.
- SELLI R. (1952) - La limite Plio-pleistocène dans les environs d'Ancona (Marches), *C.R. XIXe. Congr. géol. intern.* Alger, XV, p. 240-247.
- SELLI R. (1960) - Le Quaternaire marin du versant adriatique-ionien de la péninsule italienne, *Paper prepared in advance for participants in symposium n°3: Early Man and Pleistocene Stratigraphy in the Circum-Mediterranean Regions*, Wenner-Gren Foundation (Burg Wartenstein, July 14-20, 1960).
- SCHOTT G. (1942) - Geographie des Atlantischen Ozeans (Iv., C. Bonjsen, Hamburg).
- SOLE SABARIS L. (1959) - Succession des faunes marines du Pliocène et du Quaternaire sur les côtes méditerranéennes d'Espagne et aux Baléares, *LXXXIIIe. Coll. intern. du. C. N. R. A.*, p. 283-293 (Nice-Villefranche, 5-12 mai 1958).
- SOLE SABARIS L. (1960) - Le Quaternaire marin des Baléares et ses rapports avec les côtes méditerranéennes de la péninsule ibérique. *Paper prepared in advance for participants in symposium n°3: Early Man and Pleistocene Stratigraphy in the Circum-Mediterranean Regions*, Wenner-Gren Foundation (Burg Wartenstein, July 14-20 1960).
- SOLE N. et PORTA J. DE (1955) - Las formaciones tirrenienses del Cabo Salou. *Mém. y Com. Inst. geol. prov. Bracelona*, XIII, p. 5-36.
- STRAATEN L.M.J.U. VAN (1956) - Composition of Shells Beds formed in Tidal Flat Environment in the Netherlands and in the Bay of Arcachon (France) *Geol. en Mijnb.* n.s. XVIII., p. 209-226.
- SVERDRUP H.U., JOHNSON M.W. et FLEMING R.H. (1954) - The oceans, their Physics, Chemistry, and General Biology, 1 v., 5e éd. (Prentice-hall, New-York).
- TAMAJO E. (1937) - Il piano Siciliano e le sue relazioni paleontologiche col Calabriano in base allo studio di un nuovo giacimento del bacino di Palermo, *Boll. Soc. geol. Ital.*, LVI.
- THORAL M. (1946) - Quaternaire de Monaco, *C.R. Somm. Soc. geol. Fr.*, p. 29.
- THORSON G. (1941) - Marine Gastropoda Prosobranchiata, *The Zoology of Iceland*, IV-60.
- TONGIORGI E. et TREVISAN L. (1953) - Excursion en Sicile, *Livret-Guide*, IVe. Congr. I. N. Q. U. A. (Rome-Pise).
- TREVISAN L. (1943) - Problemi relativi all'epirogenesi e all'eustatismo nel Pliocene e Pleistocene della Sicilia, *Atti Soc. toscana Sci. nat.*, Mem. LI, p. 11-33.