



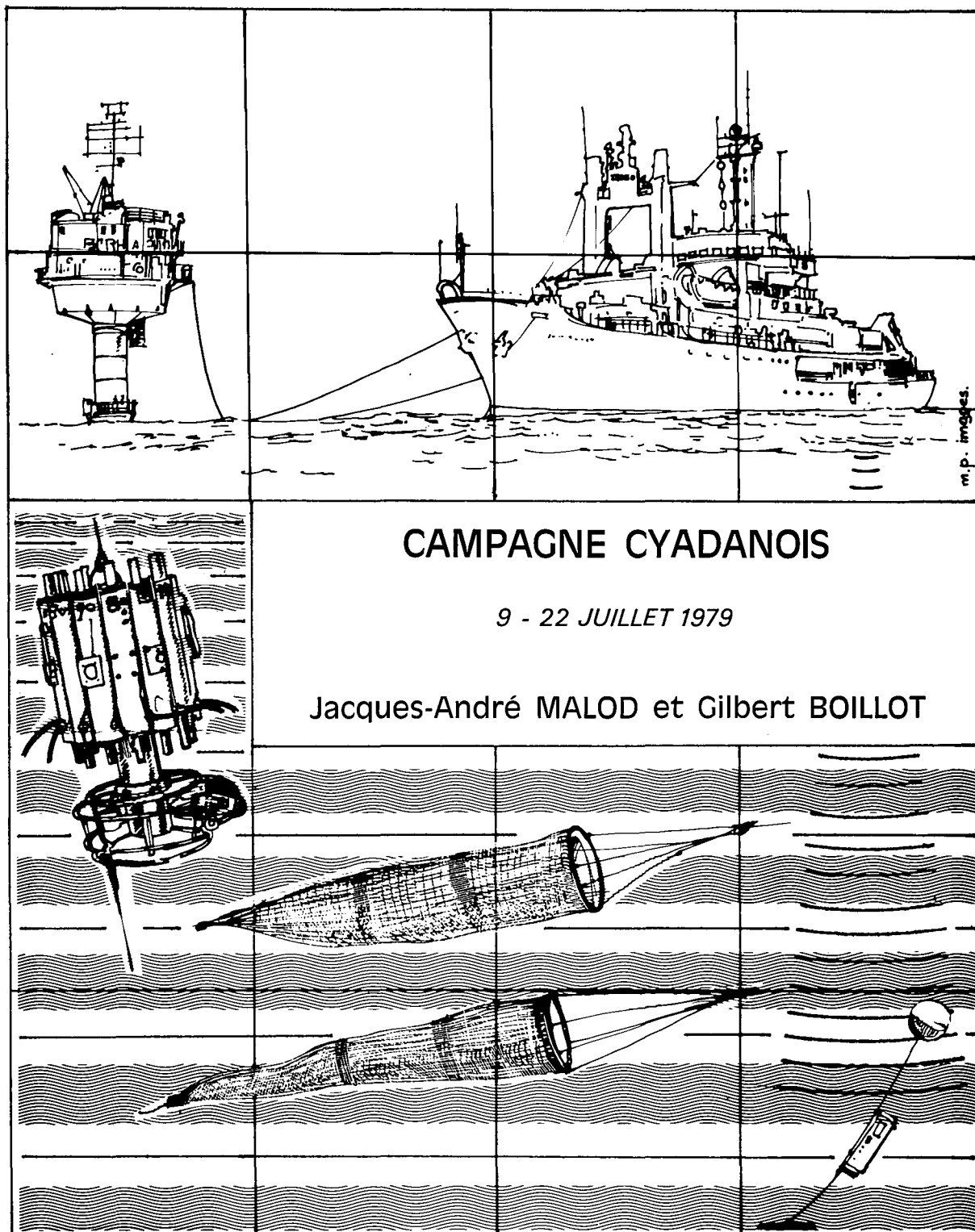
Publications du

CENTRE NATIONAL POUR L'EXPLOITATION DES OCEANS



Résultats des campagnes à la mer

N° 20 - 1980



SUBMERSIBLE CYANA

- Les Publications Scientifiques et Techniques du Centre National pour l'Exploitation des Océans (CNEXO) comportent les séries suivantes :

The Scientific and Technical Publications of Centre National pour l'Exploitation des Océans (CNEXO) contain the following serials :

- Rapports Scientifiques et Techniques - ISSN 0339-2899. 1971
- Rapports Economiques et Juridiques - ISSN 0339-2910. 1973
- Recueil des Travaux du Centre Océanologique de Bretagne - ISSN 0336-3112. 1972
- Résultats des Campagnes à la Mer - ISSN 0339-2902. 1971
- Actes de Colloques - ISSN 0335-8259. 1971

- Les travaux publiés dans ces séries sont analysés par :

The works published in these serials are analysed by :

- Aquatic Sciences and Fisheries Abstracts
- Bibliographie Géographique Internationale
- Biological Abstracts
- Bulletin Signalétique du C.N.R.S. - Informascience
- Chemical Abstracts
- Norois - Chronique Océanographique
- Hydrographische Bibliographie
- Oceanic Abstracts
- Oceanographic Abstracts and bibliography - Deep Sea Research
- Pollution Abstracts
- Underwater Information Bulletin
- Zoological Record

- Les demandes d'information et les commandes concernant toutes les publications scientifiques et techniques du CNEXO doivent être adressées à :

The inquiries and orders which concern the whole of CNEXO scientific and technical publications have to be mailed to :

SECTION DOCUMENTATION
CENTRE OcéANOLOGIQUE DE BRETAGNE
B.P. 337
29273 BREST CEDEX

Les publications envoyées en échange doivent être expédiées à cette même adresse.

The publications sent in exchange have to be forwarded to the same address.

**PUBLICATIONS DU
CENTRE NATIONAL POUR L'EXPLOITATION DES OCÉANS
(C N E X O)**

Résultats des Campagnes à la Mer N° 20

CAMPAGNE CYADANOIS

9-22 juillet 1979

préparé par

**JACQUES-ANDRÉ MALOD
GILBERT BOILLOT**

DÉPARTEMENT DE GÉOLOGIE DYNAMIQUE

Université Pierre et Marie Curie

4, place Jussieu

75230 PARIS Cédex 05

PUBLICATIONS DU
CENTRE NATIONAL POUR L'EXPLOITATION DES OCÉANS
(COMEXO)

La

«CAMPAGNE CYADANOIS»

a été réalisée avec l'appui

du CENTRE NATIONAL POUR L'EXPLOITATION DES OCÉANS

du CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

des UNIVERSITÉS DE ROUEN ET DE RENNES

du COMITÉ D'ÉTUDES PÉTROLIÈRES MARINES

et

avec l'autorisation du

GOVERNEMENT ESPAGNOL

COMITÉ INTERGOUVERNEMENTAL
DE LA MER MÉDITERRANÉENNE

EXEMPLAIRE DÉPOSÉ À LA BIBLIOTHÈQUE NATIONALE

Contribution n° 131 du Groupe d'Etude de la Marge Continentale (GEMC)

ISSN 0339 - 2902

© Centre National pour l'EXploitation des Océans 1980

TABLE DES MATIERES

	page
RÉSUMÉ ET ABSTRACT	44
PLACE DE LA CAMPAGNE DANS LE PROGRAMME DE RECHERCHE	5
 PREMIÈRE PARTIE	
I - PRÉPARATION ET DÉROULEMENT DE LA CAMPAGNE	7
1. La reconnaissance bathymétrique	7
2. Le déroulement de la campagne	7
3. L'exploitation de la campagne	9
II - OBJECTIFS ET RÉSULTATS SCIENTIFIQUES DE LA CAMPAGNE	9
1. Nature du socle antémésozoïque de la marge	9
2. Stratigraphie du Mésozoïque	11
3. Structure actuelle de la marge	13
III-BIBLIOGRAPHIE	16
 DEUXIÈME PARTIE	
DESCRIPTION ET ANALYSE DES ÉCHANTILLONS	17
 TROISIÈME PARTIE	
ATLAS CYADANOIS	37
1. TRAJET DES PLONGEES ET COUPES GEOLOGIQUES : figures 5 à 17	38
2. ANALYSE DE LA FRACTURATION : figures 18 et 19	48
3. PHOTOGRAPHIES DU FOND SOUS-MARIN	51
a) La série stratigraphique : photos 1 à 15	51
b) Les structures : photos 16 à 22	58
4. MICROPHOTOGRAPHIES	63
a) La série stratigraphique; microfaciès : photos 23 à 53	63
b) Les microstructures : photos 54 à 59	77

ARCHIVAGE DES DONNÉES

Toutes les informations recueillies sont conservées
à la Station de Géodynamique sous-marine
La Darse
06230 Villefranche-sur-mer

CAMPAGNE CYADANOIS

La rédaction de ce mémoire est une oeuvre collective coordonnée par Jacques-André Malod et Gilbert Boillot, avec la collaboration de Raymond Capdevila, Claude Lepvrier, Georges Mascle, Pierre-Alain Dupeuble, Carla Muller, Josette Taugourdeau-Lantz et Eric Moussat.

RESUME

Le submersible Cyana a permis, en 1979, d'étudier la stratigraphie et la structure de la marge continentale nord-espagnole dans le golfe de Gascogne. Ce mémoire contient les données recueillies pendant la campagne de plongée : analyse des échantillons prélevés; photographies des affleurements rocheux; coupes géologiques selon chaque trajet du submersible. Ces données sont précédées par une présentation des principaux résultats scientifiques de la campagne. La stratigraphie de la marge est détaillée : socle antémésozoïque; sédiments carbonatés du Jurassique et du Crétacé basal; flyschs, grès et conglomérats du Crétacé inférieur. La structure actuelle est expliquée par la succession tectonique suivante : écaillage du socle et de sa couverture au début du Tertiaire; distension et cisaillements ultérieurs.

ABSTRACT

The submersible Cyana dives in the Bay of Biscay during summer 1979, in order to study the stratigraphy and the structure of the northern Spanish continental margin. Data collected during the cruise are presented : analysis of fifty rock samples, photographs of the submarine rock outcrops, geological sections along each path of Cyana on the sea floor. The main results are outlined. An accurate reconstruction of the stratigraphical sequence shows the ante-Mesozoic basement, Jurassic and earliest-Cretaceous limestones and early Cretaceous sandstones and conglomerates. We explain the existing structural trends on the continental slope by the following tectonic evolution : an early Cenozoic compressive phase induces the formation of an imbricated structure, involving the continental basement and the sedimentary cover. Further phases of normal and transcurrent faulting give the present morphology.

PLACE DE LA CAMPAGNE DANS LE PROGRAMME DE RECHERCHE

La marge continentale située au Nord de l'Espagne prolonge sous la mer la chaîne pyrénéenne. Il s'agit d'une ancienne marge stable, d'âge crétacé (-110 à -65 millions d'années) raccourcie et plissée à l'Eocène (-50 Ma). La déformation s'est produite lorsqu'une partie des fonds océaniques du golfe de Gascogne a disparu par subduction sous la péninsule ibérique. Mais le phénomène fut bref et de faible ampleur (100 à 150 km). La marge nord-espagnole permet donc d'observer les effets d'une subduction arrêtée il y a 40 millions d'années, alors que le mouvement de convergence lithosphérique ne faisait que commencer. En quelque sorte, cette marge est restée à un stade précoce de l'évolution d'une marge active. En outre, les contraintes tectoniques subies à l'Eocène ont localement porté à l'affleurement les terrains les plus anciens de la marge stable crétacée, ce qui permet de les observer et de prélever des échantillons, alors que ces mêmes terrains sont profondément enfouis et inaccessibles sous les autres marges (Boillot et al., 1979).

Pour ces diverses raisons, la région méridionale du golfe de Gascogne fait l'objet, depuis plusieurs années, d'un important effort de recherche (Boillot et al., 1973, 1976, 1979; Lamboy et Dupeuble, 1975). Mais, après plusieurs campagnes de sismique réflexion et de dragages, il est apparu que seule une observation directe des affleurements rocheux pouvait permettre de progresser dans l'interprétation des données recueillies auparavant. Il a donc été décidé d'organiser dans la région (fig.1) une campagne de plongées à bord du submersible Cyana, dont la responsabilité scientifique a été confiée au Groupe d'Etude de la Marge Continentale (GEMC), avec les moyens mis à sa disposition par le CNEXO : le navire de soutien "le Nadir", la soucoupe Cyana et son équipage, l'équipe d'ingénieurs et de techniciens. La campagne a duré douze jours, en juillet 1979, au cours desquels Cyana a plongé à neuf reprises (fig.1), prélevant une cinquantaine d'échantillons de roche en place sur les falaises sous-marines, et parcourant en quarante sept heures une quarantaine de kilomètres sur le fond.

Pour la première fois sans doute, la soucoupe Cyana, avec à son bord des spécialistes de géologie structurale habitués au "terrain" à l'air libre, a permis d'observer sous la mer un orogène. Les observateurs n'étaient pas dépaysés : entre les étendues de vase retenue sur les gradins en pente douce, de puissantes falaises de roche nue ou des affleurements plus localisés permettent les observations stratigraphiques ou structurales, ainsi que les prélèvements d'échantillons. Le chemin suivi par la soucoupe était choisi de manière à tracer des coupes géologiques sérieuses, où apparaissent clairement les répétitions tectoniques. La soucoupe pouvant plonger jusqu'à -3000 m, ce sont les deux tiers environ de la pente continentale nord-espagnole qui ont ainsi été explorés, dans un secteur jugé représentatif de l'ensemble de la marge (le banc marginal "Le Danois", au Nord des Asturies : fig.1).

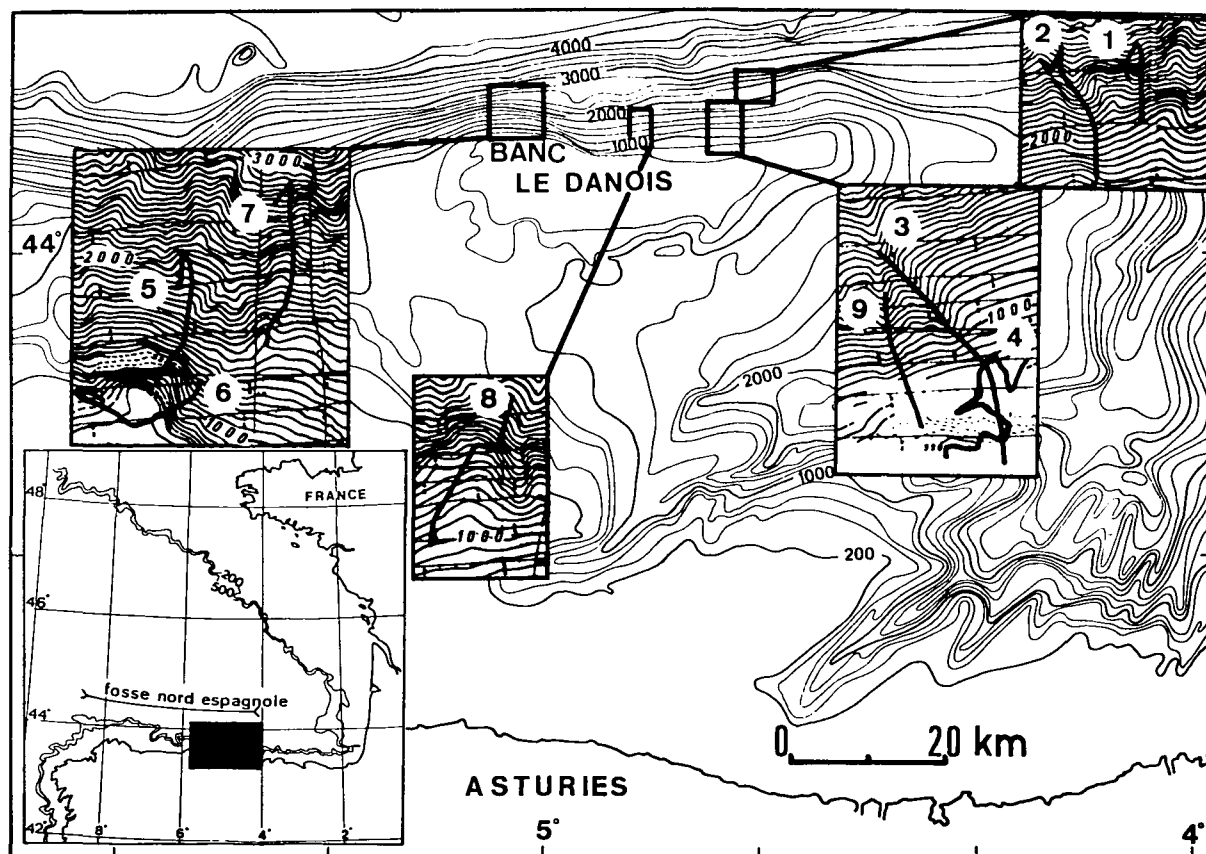


Fig.1 - Situation de la zone étudiée et emplacements des plongées de la soucoupe Cyana sur le banc Le Danois, au Nord des Asturies. Les numéros sont ceux des plongées. Bathymétrie d'après BRENOT et BERTHOIS (1962) et LAUGHTON et al. (1975), légèrement corrigée.

ONT PARTICIPÉ À LA CAMPAGNE CYADANOIS

Yann Morel	Chef de mission	CNEXO-COB, Brest
Gilbert Boillot	Chef scientifique	Université P. & M. Curie, Villefranche-sur-mer
Raymond Capdevila		Université de Rennes
Didier Deregnacourt		Université P. & M. Curie, Villefranche-sur-mer
Claude Lepvrier		Université P. & M. Curie, Paris
Jacques Malod		Université P. & M. Curie, Paris
Georges Mascle		Université P. & M. Curie, Paris

Nous remercions le Commandant du N/O Le Nadir et son équipage et, pour Cyana, MM. Caillard et Plasseraud, les pilotes et copilotes : MM. Kientzy, Leroux, Arnoux et Nivaggioli, les ingénieurs et techniciens.

PREMIERE PARTIE

I - PRÉPARATION ET DÉROULEMENT DE LA CAMPAGNE

1. LA RECONNAISSANCE BATHYMETRIQUE DES SITES DE PLONGEES

L'éloignement de la zone d'étude par rapport à la côte et une connaissance insuffisante de la topographie sous-marine ont rendu nécessaire une reconnaissance bathymétrique préalable, de façon à bien situer sur le "terrain" les endroits où les objectifs scientifiques de la campagne avaient le plus de chance d'être atteints. Pour cela un relevé bathymétrique au sondeur multifaisceaux "Sea-Beam" a été entrepris lors de la campagne SEAFER I, menée conjointement par le Centre National pour l'Exploitation des Océans et le Comité d'Etudes Pétrolières Marines. Ce relevé a donné une image bathymétrique précise du versant nord du banc Le Danois (fig.2, Malod et Vanney, 1980).

La morphologie de ce versant sous-marin présente deux particularités :

- a) un réseau de ravins parallèles peu hiérarchisés, débutant généralement au-dessous de 1000 m et suivant la ligne de plus grande pente. Quelques ravins cependant ont des directions obliques (N30 ou N150) qui correspondent peut-être à des directions structurales;
- b) des ressauts importants apparaissant à diverses profondeurs sur la pente et coïncidant sans aucun doute avec des zones d'affleurements rocheux. Toutes les plongées ont été situées en tenant compte de ces caractères morphologiques, de façon à décrire deux coupes complètes de la pente : plongées 1, 2, 3, 4, 9 d'une part et 5, 6, 7 d'autre part; la plongée 8 a permis d'explorer une falaise située au milieu de la zone étudiée.

2. LE DEROULEMENT DE LA CAMPAGNE

Le déroulement de la campagne est résumé sur les tableaux I et II. Les opérations ont été favorisées par les conditions météorologiques : une seule journée perdue en raison du mauvais état de la mer.

La soucoupe Cyana, servie par une équipe d'ingénieurs et de techniciens compétents et enthousiastes, n'a manifesté aucune défaillance.

Les seules difficultés sont venues des appareils de positionnement du navire. Le système de navigation par satellites du Nadir devait être assisté par un système Toran, qui n'a pas

DATE	POSITION	ACTIVITES - EVENEMENTS PRINCIPAUX
09-07	BREST	Embarquement matériel - Installation du système TORAN
10-07	BREST	Visite du NADIR par une délégation chinoise. Réparation de dernière heure (portique, gyrocompas) Appareillage vers 16 H.
11-07	en route	Arrivée sur zone vers 18 H. Mouillage d'un champ de balises. Système TORAN défectueux.
12-07	Banc "Le Danois"	A la cape en raison du mauvais temps.
13-07		Calibration du champ de balises, plongée CY 79-1 (Mascle, Kientzy, Nivaggioli).
14-07		Plongée CY 79-2 (Lepvrier, Leroux, Arnoux).
15-07		Plongée CY 79-3 (Capdevila, Kientzy, Nivaggioli).
16-07		Plongée CY-79-4 (Mascle, Leroux, Arnoux). Relevage du premier champ de balises et mouillage du deuxième champ.
17-07		Calibration du champ de balises plongée CY 79-5 (Lepvrier, Kientzy, Nivaggioli).
18-07		Plongée CY 79-6 (Capdevila, Leroux, Arnoux).
19-07		Plongée CY 79-7 (Boillot, Kientzy, Nivaggioli).
20-07		Plongée CY 79-8 (Mascle, Leroux, Arnoux). Relevage du champ de balises.
21-07		Plongée CY 79-9 (Malod, Kientzy, Nivaggioli). Relevage des dernières balises du 1er champ restées pour recalage du navire. En route vers La Pallice.
22-07	LA PALLICE	Arrivée à La Pallice vers 17 h.. Débarquement équipe scientifique.

TABLEAU I - Calendrier des opérations en mer

Plongée N°	Observateur scientifique	Temps		Dist. Totale (km)	Nb. Echant.	Nb. Photos	Nb. Video cas.	Prof. Maxi. (m)	Prof. Mini. (m)	Date
		Plongée (h mn)	Au fond (h mn)							
CY 79-1	MASCLE	5 54	3 12	3	2	125	2	2805	2083	13.07.79
CY 79-2	LEPVRIER	7 07	4 37	4,2	7	96	2	2914	1750	14.07.79
CY 79-3	CAPDEVILA	7 41	6 34	5,6	4	405	3	1768	589	15.07.79
CY 79-4	MASCLE	6 12	5 30	6,2	3	123	2	896	561	16.07.79
CY 79-5	LEPVRIER	5 53	4 27	3,8	6	156	2	2185	1010	17.07.79
CY 79-6	CAPDEVILA	6 54	5 25	5,3	6	251	2	1463	621	18.07.79
CY 79-7	BOILLOT	8 40	6 30	4,4	8	171	3	3000	1570	19.07.79
CY 79-8	MASCLE	6 49	5 05	3,5	8	84	2	1950	1025	20.07.79
CY 79-9	MALOD	6 35	5 23	3,5	10	349	2	1377	590	21.07.79
TOTAUX	-	61 45	46 43	39,5	54	1760	20	-	-	-
MOYENNES	-	6 52	5 11	4,4	6	195	-	-	-	-

TABLEAU II - Bilan des plongées (Campagne Cyadanois)

fonctionné de manière satisfaisante. Pour cette raison, la pose des champs de balises acoustiques et leur calibrage ont imposé un travail long et délicat, qui n'a pu être achevé pour tous les sites de plongée. En revanche, nous disposions d'une excellente carte bathymétrique (§ 1), qui nous a beaucoup servi pour estimer notre position et celle de la soucoupe, et finalement toutes les plongées ont eu lieu sur les sites prévus.

3. L'EXPLOITATION DE LA CAMPAGNE

- a) La restitution de la navigation de la soucoupe Cyana a dû être faite manuellement à partir des données des profondimètres de la soucoupe, de l'enregistrement de son cap et de son altitude au-dessus du fond, et à partir de la reconstitution de son trajet faite à bord à l'aide des moyens acoustiques et de la morphologie du fond sous-marin.

Les profondeurs de la soucoupe ont été corrigées en fonction des caractéristiques des profondimètres et en fonction des courbes de salinité et de température dans la région. Les profondeurs ainsi obtenues ne sont pas rigoureusement exactes.

Elles ne sont pas tout à fait comparables à celles obtenues par des moyens de sondages acoustiques, comme le Sea-beam pour lequel une vitesse moyenne de 1500 m/s a été adoptée. L'erreur ainsi introduite peut difficilement être appréciée, mais elle est certainement petite et nous l'avons négligée.

- b) Les échantillons recueillis pendant la campagne ont été étudiés par Raymond Capdevila (socle anté-mésozoïque), Pierre-Alain Dupeuble (microfaciès et micropaléontologie des roches sédimentaires), Georges Mascle (microdéformation des roches sédimentaires), Carla Müller (nannoflore), Josette Taugourdeau-Lantz (étude palynologique). Emile Buges, Georgette Glaçon et Marie-Thérèse Morzadec ont également contribué à cette étude.

- c) Les observations structurales du fond sous-marin ont été révisées par Claude Lepvrier et Georges Mascle, et complétées par une étude de Eric Moussat. Une certaine imprécision dans le relevé des directions structurales et dans la mesure des dimensions des objets observés a cependant gêné l'analyse des enregistrements au magnétoscope et des photographies.

II - OBJECTIFS ET RÉSULTATS SCIENTIFIQUES DE LA CAMPAGNE

1. NATURE DU SOCLE ANTEMESOZOÏQUE DE LA MARGE

Plusieurs campagnes de dragages (1970 à 1978) nous ont permis de recueillir sur le banc Le Danois des blocs rocheux émoussés de nature très diverse. Une partie de ces blocs est issue du bâti hercynien de la péninsule ibérique. Mais une autre partie provient d'un vieux socle précambrien, âgé d'au moins 2000 Ma, et métamorphisé dans le faciès granulite, qui diffère complètement des terrains homologues affleurant à une centaine de kilomètres au Sud dans les Asturies et en Galice (Capdevila et al., 1974; Capdevila et Vidal, 1975). Jamais cependant les échantillons dragués ne montrent les traces d'arrachement et de brisure qui sont la preuve directe d'un prélèvement "en place" sous l'affleurement sous-marin. De sorte qu'un doute

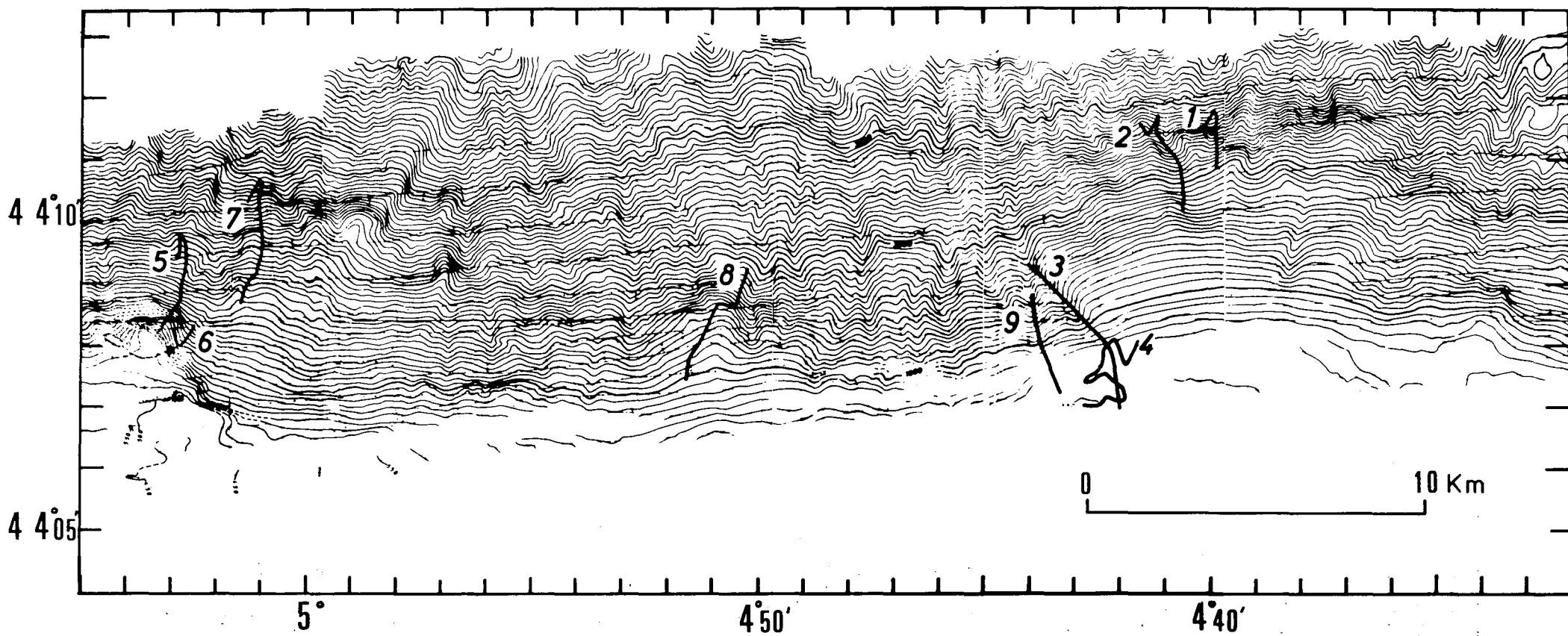


Fig.2 - Carte bathymétrique du versant nord du banc Le Danois, d'après des sondages multifaisceaux "Sea-beam" (Malod et Vanney, 1980). Les numéros sont ceux des plongées.

subsistait sur l'origine de ces échantillons, d'autant plus que leur âge et leur nature sont très difficiles à interpréter dans le contexte régional où ils ont été trouvés. La recherche d'affleurement du socle anté-mésozoïque a donc constitué le premier objectif de la campagne de plongées.

Nous avons observé en deux endroits ce socle en place, pendant les plongées 3 (photo 1) et 9. Il s'agit de quartzites à deux micas, métamorphisés dans le faciès schistes verts, qui ressemblent à certains terrains cambriens décrits dans les Asturies (Capdevila et al., 1980). Le vieux socle que nous recherchions n'a donc pas été vu en plongée. En revanche, nous avons retrouvé les galets et les blocs émoussés récoltés auparavant en dragages, et parmi des cailloux issus du socle de la Meseta ibérique, nous avons prélevé à nouveau des fragments de roches métamorphisées dans le faciès granulite. L'observation en soucoupe Cyana du gisement de ces galets montre qu'ils sont issus d'un conglomérat localement grossier et désordonné, où de gros blocs mesurant parfois plus de 1 m de diamètre sont mêlés avec des cailloux de taille décimétrique (photo 11). Ailleurs, le conglomérat est formé de galets de plus petite taille : diamètre de l'ordre de quelques centimètres ou du décimètre, photo 12.

L'âge de ce conglomérat n'a pu être déterminé directement. Mais il repose sans discordance apparente sur des grès qui ont livré des grains de pollens et de spores de l'Aptien, et tout porte à croire qu'il appartient lui aussi au Crétacé inférieur. Le conglomérat, par ses caractères sédimentologiques, témoigne à la fois d'une érosion subaérienne active et d'un affleurement de socle ancien assez proche du lieu de dépôt des blocs et des galets qui en sont issus. Or, c'est précisément à l'Aptien supérieur que s'achève le "rifting" du golfe de Gascogne et que débute, ou reprend, l'accrétion océanique entre l'Ibérie et l'Armorique (Olivet, 1978; Montadert et al., 1979a). Nous interprétons par conséquent le conglomérat où sont inclus des galets de socle ancien comme le produit de l'érosion d'un horst, lui-même soulevé et érodé pendant la phase ultime du "rifting" de la marge du golfe de Gascogne. Il reste à localiser ce horst. Mais on ne peut plus douter désormais de l'existence dans la région d'un noyau de vieux socle précambrien.

2. STRATIGRAPHIE DU MESOZOÏQUE

Les carottages et les dragages antérieurs à la campagne Cyadanois ont permis l'établissement d'une stratigraphie de la marge nord-espagnole depuis le Jurassique terminal jusqu'à l'Actuel (Boillot et al., 1971 a et b, 1973, 1979; Durand Delga, 1973; Lamboy et Dupeuble, 1975; Lamboy, 1976). Mais nos informations restaient fragmentaires, en raison des aléas des prélèvements d'échantillons, et surtout nous ne savions rien de la base de la série mésozoïque, entre le socle et le Jurassique supérieur. De la même façon, les forages entrepris sur la marge armoricaine se sont arrêtés dans le Jurassique supérieur (Montadert, Roberts et al., 1979). Il était donc important de chercher de façon prioritaire à prélever des échantillons de couches sédimentaires plus anciennes, déposées au début du Mésozoïque.

Les plongées ont permis trois importants progrès dans la connaissance stratigraphique du Mésozoïque nord-espagnol (Malod et al., 1980) :

- a) la mesure de l'épaisseur des séries sur les falaises sous-marines rend possible une reconstitution assez exacte de la colonne sédimentaire totale et de sa puissance grâce aux

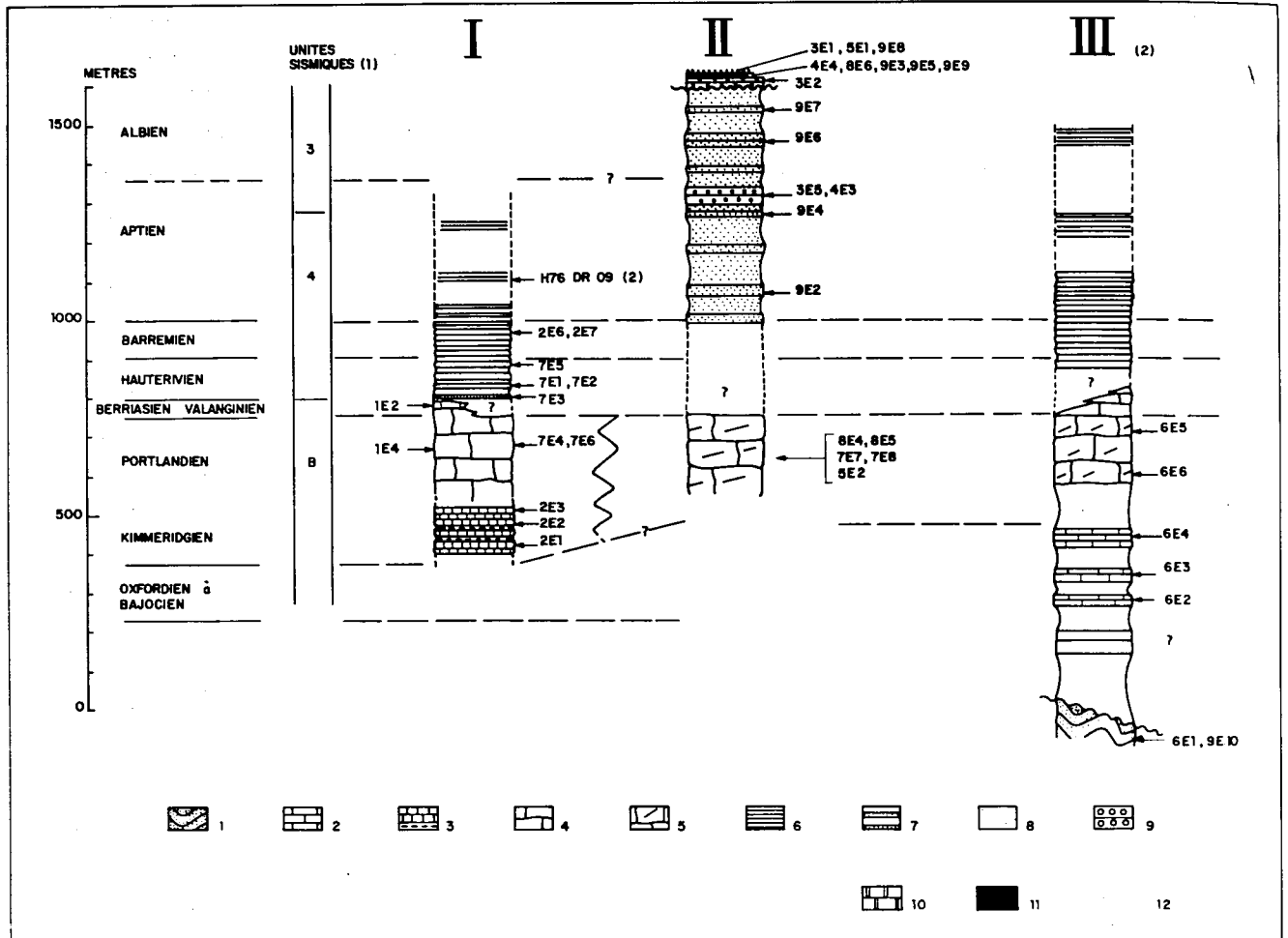


Fig.3 - Stratigraphie synthétique des terrains affleurant sur la pente septentrionale du banc Le Danois. Les colonnes I, II, III représentent 3 unités paléogéographiques distinctes. 1 : quartzite cambrien; 2 : calcaire en bancs décimétriques; 3 : calcaire à interlits marneux; 4 : calcaire massif; 5 : dolomie; 6 : pélite; 7 : grès (flysch); 8 : grès micacé; 9 : conglomérat; 10 : calcaire récifal (début du Tertiaire?); calcaire aquitainien et marnes pliocènes; vase quaternaire. (1) d'après MONTADERT et al. (1979) (2) en partie d'après BOILLOT et al. (1979).

nombreux prélèvements d'échantillons rocheux. Une campagne comme Cyadanois apporte ainsi des informations assez comparables à celles d'un forage sous-marin, et même de deux forages puisque le faciès de la série crétacée est quelque peu différent selon que les échantillons proviennent des unités tectoniques situées en haut ou en bas de la portion de pente explorée par la soucoupe plongeante (fig.3);

- b) le prélèvement d'échantillons appartenant au Jurassique moyen (Bajocien probable) a complété vers le bas notre information stratigraphique. Malheureusement, entre ce Jurassique moyen et le socle anté-mésozoïque, il reste environ 250 m de sédiments dont nous ignorons l'âge et la nature faute de prélèvements;

- c) la sédimentation de type flysch semble commencer dès l'Hauterivien sur la marge nord-espagnole, alors que les mêmes dépôts sont un peu plus tardifs dans les Pyrénées.

A partir de ces données stratigraphiques (fig.3), et par comparaison avec la structure actuelle de la marge armoricaine, qui donne probablement une image assez fidèle de la marge nord-ibérique avant sa déformation à l'Eocène, nous avons tenté une reconstitution paléogéographique à l'Aptien de la région que nous avons étudiée (fig.4, I). Cette reconstitution est dessinée suivant une coupe N-S, elle-même calquée sur le profil OC 412 qui traverse la marge armoricaine à l'endroit de la terrasse de Meriadzec (Montadert *et al.*, 1979 a et b) en supprimant sur ce profil les sédiments post-aptiens et en donnant au Jurassique l'épaisseur que nous avons observée en plongée. Dans cette reconstitution les différences de faciès que nous avons constatées dans le Crétacé inférieur s'expliquent par une sédimentation dans des bassins différents et séparés dont la géométrie fut imposée par le "rifting" de la marge alors soumise à une distension active.

3. STRUCTURE ACTUELLE DE LA MARGE

La marge nord-espagnole offre une bonne occasion d'étudier les effets structuraux d'une brève subduction, et la transformation en marge active d'une marge stable. Il est en effet établi que le golfe de Gascogne, après s'être ouvert pendant le Mésozoïque, s'est partiellement refermé au début du Tertiaire, et que l'Ibérie s'est alors rapprochée de l'Europe tandis qu'une partie des fonds océaniques du golfe disparaissait par subduction sous l'Espagne (Sibuet et Le Pichon, 1971; Sibuet *et al.*, 1971; Boillot *et al.*, 1971a, 1973, 1977 et 1979; Boillot, 1980; Montadert *et al.*, 1974).

Avant la campagne Cyadanois, nous savions donc que la marge nord-espagnole, stable au Crétacé, avait été raccourcie et déformée au début du Tertiaire. Mais les schémas que nous proposons restaient très conjoncturaux, faute de données structurales précises. Le troisième objectif de plongées était donc d'observer la géométrie des structures et, si possible, des microstructures.

- a) Le "levé" de coupes géologiques en remontant du Nord vers le Sud des ravins ou des interfluves de la pente continentale a clairement mis en évidence la répétition tectonique des séries. Par exemple, le ressaut morphologique lié à la barre calcaire quasiment horizontale du Jurassique supérieur apparaît trois fois entre -500 et -3000 m. Latéralement, chacune de ces barres peut être suivie sur plusieurs kilomètres presque à la même profondeur. Une telle répartition des affleurements jurassiques s'explique difficilement par le jeu de failles normales,

amb lemie auroque viraabvll emmre segepue omw... (mirrored text bleed-through)

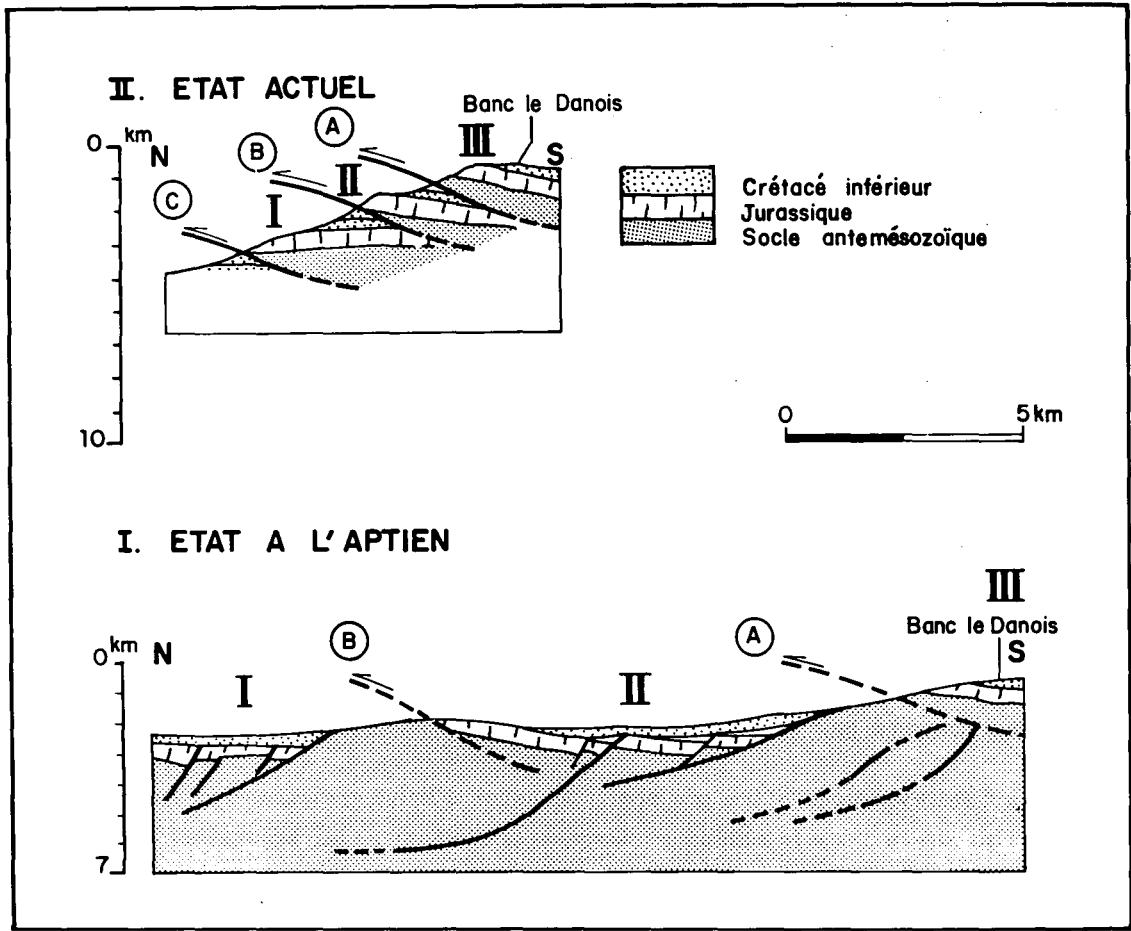


Fig.4 - Tentative de reconstitution de la marge continentale nord-espagnole à l'Aptien (fig.4,I) et son état actuel (fig.4,II). La figure 4,I a été dessinée d'après le profil OC 412 enregistré sur la marge continentale sud-armoricaine (MONTADERT et al., 1979). Ce profil original a été modifié en supprimant les sédiments post-aptiens et en réduisant la profondeur. I, II, III : unités paléogéographiques et structurales décrites sur la figure 3. A, B, C : accidents chevauchants supposés.

dont le rejet garde rarement une valeur constante sur d'aussi longues distances. Au contraire, elle suggère l'existence d'un contact anormal plat et subhorizontal, une surface de chevauchement, à la base du Mésozoïque ou dans le Paléozoïque (fig.4, II).

- b) L'étude du faciès des terrains crétacés apporte un autre argument en faveur de la superposition d'écaillés tectoniques. Alors que les terrains du Jurassique terminal témoignent partout d'une sédimentation de plate-forme, ceux du Crétacé inférieur diffèrent d'une unité tectonique à l'autre (fig.3). L'unité inférieure comporte des flyschs assez fins et des pélites. L'unité intermédiaire contient des grès grossiers et des conglomérats. Enfin, l'unité supérieure qui n'a pas été explorée en plongée, mais dont nous connaissons les terrains grâce à de nombreux carottages sur le sommet du banc Le Danois, possède un Crétacé inférieur marneux. De tels contrastes s'expliquent bien par le rapprochement tectonique des zones paléogéographiques auparavant distinctes.

- c) Certains niveaux pélitiques du Crétacé inférieur montrent une schistosité frustrée, oblique par rapport à la stratification (photo 16), qui est l'indice d'une compression importante, et plusieurs échantillons gréseux ou dolomitiques présentent des traces d'écrasement (photos 54 à 59). Ces observations comme les précédentes sont plus compatibles avec une structure plissée ou écaillée qu'avec une fracturation distensive de la marge.

- d) Il est non moins vrai que certaines falaises sous-marines sont de toute évidence des resauts de failles normales, où apparaissent localement des miroirs et des stries (photo 22). Ces données apparemment contradictoires, qui impliquent selon les cas une tectonique compressive ou distensive, peuvent sans doute s'interpréter en admettant que l'évolution structurale de la région où nous avons plongé est polyphasée comme celle du plateau continental nord-espagnol actuel, situé à 60 km plus au Sud. Là, les terrains crétacés et tertiaires ont subi plusieurs phases de déformation, la première étant clairement compressive et génératrice de plis (Crétacé terminal-Eocène moyen), les suivantes (fin Oligocène, Miocène moyen à supérieur) donnant naissance, soit à des structures distensives, soit à des décrochements de faible ampleur (Boillot et al., 1973). De la même façon, les chevauchements et la mise en place d'écaillés tectoniques impliquant le socle du banc Le Danois sont probablement un effet de la phase compressive paléocène-éocène, contemporaine de la subduction partielle du plancher océanique du golfe de Gascogne sous les Asturies, tandis que les failles normales sont sans doute plus récentes.

III - BIBLIOGRAPHIE

- BOILLOT G., 1980. - Les Pyrénées, victimes de la collision entre deux continents? Pour la Science, 27, p.57-71.
- BOILLOT G. et CAPDEVILA R., 1977. - The Pyrenees : subduction and collision? Earth Planet. Sci.Lett., 35, p.151-160.
- BOILLOT G., DUPEUBLE P.A., LAMBOY M., d'OZOUVILLE L. et SIBUET J.C., 1971a. - Structure et histoire géologique de la marge continentale au Nord de l'Espagne (entre 4° et 9°W). In : Histoire structurale du Golfe de Gascogne. Technip, Paris, p.V.6.1-V.6.52.
- BOILLOT G., DUPEUBLE P.A., DURAND DELGA M. et d'OZOUVILLE L., 1971b. - Age minimal de l'Atlantique nord d'après la découverte de calcaire tithonique à Calpionelles dans le golfe de Gascogne. C.R.Acad.Sci., Ser.D, 273, p.671-674.
- BOILLOT G., DUPEUBLE P.A., HENNEQUIN-MARCHAND I., LAMBOY M. et LEPRETRE J.P., 1973. - Carte géologique du plateau continental nord-espagnol entre le Canyon de Capbreton et le Canyon d'Aviles. Bull.Soc.géol.Fr., 7, XV (3-4), p.367-391.
- BOILLOT G., DUPEUBLE P.A. et MALOD J.A., 1979. - Subduction and tectonics on the continental margin off Northern Spain. Marine Geology, 32, p.53-70.
- BOILLOT G., LEFORT J.P. et BOUYASSE Ph., 1976. - Carte géologique du plateau continental du golfe de Gascogne et notice explicative. Bureau de Recherche Géologique et Minière, France.
- BRENOT R. et BERTHOIS L., 1962. - Bathymétrie du secteur atlantique du banc Porcupine (Ouest de l'Irlande) au Cap Finisterre (Espagne). Rev.Trav.Inst.Pêches Marit., 26 (2), p.219-246.
- CAPDEVILA R., BOILLOT G., LEPVRIER Cl., MALOD J.A. et MASCLE G., 1980. - Les formations cristallines du banc Le Danois (marge nord-ibérique), à paraître aux C.R.Acad.Sci.Paris.
- CAPDEVILA R., LAMBOY M. et LEPRETRE J.P., 1974. - Découverte de granulites, de charnockites et de syénites néphéliniques dans la partie occidentale de la marge continentale nord-espagnole. C.R.Acad.Sci., Sér.D, 278, p.12-20.
- CAPDEVILA R. et VIDAL Ph., 1975. - Données géochimiques et radiométriques sur les granulites et charnockites de la marge continentale nord-espagnole (golfe de Gascogne) (Abstract). In : 3è Réun. Ann.Sc.Terre, Soc.géol.Fr., p.89.
- DURAND DELGA M., 1973. - Les Calpionelles du golfe de Gascogne, témoins de l'ouverture de l'Atlantique nord. Bull.Soc.géol.Fr., XV, p.22-24.
- LAMBOY M., 1976. - Géologie marine et sous-marine du plateau continental au Nord-Ouest de l'Espagne. Genèse des glauconies et des phosphorites. Thèse d'Etat, 285 p.
- LAMBOY M. et DUPEUBLE P.A., 1975. - Carte géologique du plateau continental nord-ouest-espagnol entre le Canyon d'Aviles et la frontière portugaise. Bull.Soc.géol.Fr., 7, XVII, p.442-461.
- LAUGHTON A.S., ROBERTS D.G. et GRAVES R., 1975. - Bathymetry of the northeast Atlantic : Mid-Atlantic Ridge to northwest Europe. Deep-Sea Res., 22, p.791-810.
- MALOD J.A., BOILLOT G., CAPDEVILA R., DUPEUBLE P.A., LEPVRIER Cl., MASCLE G., MÜLLER C. et TAUGOURDEAU-LANTZ J., 1980. - Plongées en submersible au Sud du golfe de Gascogne : stratigraphie et structure de la pente du banc Le Danois. C.R.somm.Soc.géol.Fr., XXII, 3, p.73-76.
- MALOD J.A. et VANNEY J.R., 1980. - Etude morphologique de la pente du banc Le Danois (marge continentale nord-espagnole) d'après un relevé bathymétrique au sondeur multifaisceaux et des observations en submersible Cyana, à paraître in Annales de l'Institut Océanographique, Paris.
- MONTADERT L., ROBERTS D.G. et al., 1979a. - Initial Reports of the Deep-Sea Drilling Project, v.48, Washington (U.S.Government Printing Office).
- MONTADERT L., De CHARPAL O., ROBERTS D., GUENNOG P. et SIBUET J.C., 1979b. - Northeast atlantic passive continental margins : Rifting and subsidence Processes. In "Maurice Ewing serie" 3, M.Talwani, W.Hay et W.B.F.Ryan ed., p.154-186.
- MONTADERT L., WINNOCK E., DELTEIL J.R. et GRAU G., 1974. - Continental margins of Galicia, Portugal and bay of Biscay. In : The Geology of Continental Margins, C.A.Burk and C.L.Drake ed. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New-York, p.323-342.
- OLIVET J.L., 1978. - Nouveau modèle d'évolution de l'Atlantique nord et central. Thèse dact., Paris, 150 p.
- PASTOURET L. et AUFFRET G.A., 1976. - Observations sur les microfaciès des roches sédimentaires prélevées sur la marge armoricaine. Rev.Inst.Fr.Pét., XXX (3), p.401-425.
- SIBUET J.C. et LE PICHON X., 1971. - Structure gravimétrique du golfe de Gascogne et le fossé marginal nord-espagnol. In : Histoire structurale du golfe de Gascogne. Technip, Paris, p.VI.9.1-VI.9.18.
- SIBUET J.C., PAUTOT G. et LE PICHON X., 1971. - Interprétation structurale du golfe de Gascogne à partir des profils de sismique. In : Histoire structurale du golfe de Gascogne. Technip, Paris, p.VI.10.1-VI.10.32.

DEUXIEME PARTIE

DESCRIPTION ET ANALYSE DES ÉCHANTILLONS

Echantillon 1E1

plongée 1

17h50

2175 m

- Petit galet sombre de lave; poids 30 g.

Echantillon 1E2

plongée 1

18h54

2385 m

- Calcaire marneux gris avec croûte en surface, en place; poids 740 g.

Calcaire "microbréchiq" comprenant : - des plages constituées de débris de polypiers avec remplissage de calcite micritique légèrement argileuse et nombreux bioclastes; - des plages de calcaire pseudo-oolithique à oolithique (les oolithes sont petites et présentent peu d'enveloppes). Le caractère microbréchiq résulte, au niveau de la lame mince, de la juxtaposition de ces deux faciès. Cependant, dans certaines zones existent des microfaciès intermédiaires : calcaires pelletoides plus ou moins fins, avec quelques petites oolithes, etc...

Les bioclastes sont nombreux dans les plages micritiques à très finement pelletoides; outre les madréporaires, on rencontre : Gastéropodes, Lamellibranches, spicules d'éponges et quelques Oncholites. Parmi les Foraminifères : *Neothocholina* sp., quelques agglutinés dont des formes encroûtantes du type *Placopsillina*. Les plages oolithiques sont beaucoup plus pauvres.

Faciès fréquent du Portlandien au Valanginien traduisant un milieu de dépôt marin, néritique peu profond.

Echantillon 1E4

plongée 1

19h28

2087 m

- Dent de calcaire blanc avec enduit noir sur le sommet, arraché; poids 3580 g.

Calcaire micritique avec rhomboèdres de dolomie dispersés. Présence de fissures remplies de calcite microsparitique. La dolomitisation paraît plus importante au voisinage des fissures.

Restes organiques très rares : quelques débris de Foraminifères agglutinés dont, sans doute, *Pseudocyclamina lituus* et peut-être *Rectocyclamina* sp.

Portlandien à Valanginien. Milieu de dépôt calme très peu profond (à rapprocher de 2E1 qui est plus pelletoides et plus riche en bioclastes).

Echantillon 2E1

plongée 2

14h13

2800 m

- Calcaire beige à gris clair, massif, en place; poids 1400 g.

Calcaire pelletoides à finement graveleux à bioclastes assez nombreux. Rares rhomboèdres de dolomie dispersés. La dolomitisation est plus forte au voisinage des fissures dans lesquelles la calcite reste en général présente.

Bioclastes nombreux : débris d'Echinodermes et quelques Lamellibranches. Parmi les Foraminifères : *Nautinoculina oolithica*, *Trocholina gr.alpina*, *Pseudocyclamina gr.parvulamuluchensis*, *Anchispirocyclina lusitanica*, *Nodophthalmidium*, *Pseudocyclamina gr.lituus*.

Kimmeridgien-Portlandien. Milieu de dépôt peu profond à niveau d'énergie faible à moyen.

Echantillon 2E2	plongée 2	15h23	2732 m
-----------------	-----------	-------	--------

- Vase claire à aspect spongieux et un éclat de roche minuscule; poids 500 g.
 - . Vase : la présence de *Globorotalia truncatulinoides* indique un âge quaternaire.
 - . Fragment de roche :
 - * Calcaire micritique à petits éclats de quartz et très fins petits débris bioclastiques. Nombreuses perforations remplies par un calcaire argileux à nombreux planctoniques au plus bas Pliocène.
 - * Bioclastes très fins et très rares. Quelques *Globochaete*?
 - * Jurassique supérieur possible? Milieu de faible énergie.

Echantillon 2E3	plongée 2	15h29	2720 m
-----------------	-----------	-------	--------

- Calcaire massif clair à surface enduite, en place; poids 1050 g.
 - . Calcaire micritique avec quelques rares éclats de quartz
 - . Quelques débris d'Echinodermes et de Foraminifères hyalins, quelques filaments?
 - . Age indéterminé.

Echantillon 2E4	plongée 2	16h01	2536 m
-----------------	-----------	-------	--------

- Galet sombre; poids 590 g.

Ortho-amphibolite : roche à texture nématoblastique formée essentiellement d'hornblende verte. Les minéraux principaux suivants, par ordre de teneur décroissante, sont : un plagioclase entièrement damouritisé, du quartz en petits globules et très vraisemblablement quelques cristaux de biotite entièrement prehnitisée.

Les minéraux accessoires sont : du sphène automorphe relativement fréquent et de rares oxydes opaques et apatites.

Les minéraux d'altération sont des épidotes qui remplissent des fentes où se développent, aux dépens de la hornblende, de rares chlorites et prehnites et des "séricites".

Le métamorphisme est de faciès amphibolite avec une altération tardive de bas degré.

Le protolithe est certainement un basalte, la présence de quartz, de biotite et de teneurs relativement importantes en sphène évoquent des tholéïtes continentales. De telles amphibolites sont connues dans les zones internes varisques : Galice, Pyrénées, etc...

Echantillon 2E5

plongée 2

16h25

2389 m

- Galet de grès rouge avec patine noire sur le dessus; poids 630 g.

Arkose à grain fin, sans ciment (arénite), formée de grains de quartz et de feldspaths d'origines diverses, souvent peu "émoussés" : quartz "granitiques", quartz "engrenés", métamorphiques, plagioclases ayant des types d'altération variés, microclines, orthoses fortement perthitiques, micropegmatites. Rares fragments lithiques, essentiellement de grès fins. Rares micas, chlorites et épidotes détritiques. Oxydes opaques et zircons. La roche ne montre pas de ciment sauf des oxydes de fer hydratés qui soulignent les contacts entre les minéraux détritiques et donnent une teinte générale rougeâtre à la roche.

Il s'agit évidemment d'une roche polygénique provenant de l'érosion d'un socle granito-gneissique varisque donc permo-triasique ou plus récente.

Echantillon 2E6

plongée 2

17h00

2301 m

- Pélite marron clair, tendre, en place; poids 290 g.

Marne indurée finement détritique, légèrement litée.

Quelques Radiolaires et très rares Foraminifères agglutinés.

Nannoflore abondante mais recristallisée avec, principalement : *Conusphaera mexicana*, *Nannoconus bucheri*, *N.colomi*, *N.minutus* et *Micrantholithus obtusus*.

Echantillon très riche en pollens (98,1 %) en très mauvais état de conservation, kystes de Dinoflagellés (1,3 %), spores rares (0,6 %) mais assez variés, présence de kystes de Prasinophycées et rares débris végétaux (comptage effectué sur 300 individus).

. Pollens : *Disaccites* dominants cf. *parvisaccites*, *Applanopsis dampieri* (Balme, 1957) Döring 1965.

. Spores : *Concavisorites variverrucatus* Couper 1958, *Leptolepidites major* Couper 1958, *Cicatricosporites* sp., *Corrugatisporites* sp., *Gleicheniidites senonicus* Ross 1949.

. Kystes de Dinoflagellés : *Gonyaulacysta* sp., *Cyclonephelium distinctum* Deflandre et Cookson 1955.

. Kystes de Prasinophycées : *Tasmanites* sp., *Pterospermopsis* sp.

Barrémien. Faciès xénomorphe sensu Habib 1979. Milieu de dépôt marin peu éloigné de la côte (Nannoconidés et kystes de Prasinophycées). Sédiments sans doute repris en turbidites et conservés en milieu relativement confiné (trace de cristaux de pyrite).

Echantillon 2E7

plongée 2

17h08

2300 m

- Pélite tendre beige, en place; poids 1000 g.

Marne indurée finement détritique et légèrement litée, Radiolaires assez fréquents et quelques Foraminifères benthiques dont Gavelinellidés probables.

Nannoflore identique à celle de 2E6.

Très riche en pollens (90 %) avec traces de cristaux de pyrites, kystes de Dinoflagellés (8,4 %) et spores (1,6 %) (comptage de 500 individus). Absence presque totale de débris végétaux.

. Pollens : *Disaccites* très abondants : *Parvisaccites rugulatus* Brenner 1963, *Parvisaccites* sp. et autres pollens : *Applanopsis dampieri* (Balme 1957) Döring 1965, *Classopollis* sp., *Araucariacites australii*.

. Spores : dont une grande variété de spores de Schizéacées : *Matoniasporites phlebopteroïdes* Couper 1958, *Cicatricosisporites cf. mohrioides* Delcourt et Sprumont 1955, *C. perforatus* (Markhava), *C. cf. hannoverana* Dörhöfer 1977, *C. sp. 9 cicatr. AP* in Hughes et Moody Stuart 1969, *C. sp.*, *Plicatella tricornitata*, *P. sp.* et *Klukisporites variegatus* Couper 1958, *K. pseudoreticulatus* Couper 1958, *Aequitriradites spinulosus* (Cookson et Dettmann 1958) Cookson et Dettmann 1961.

. Dinoflagellés : *Cyclonephelium distinctum* Deflandre et Cookson 1955.

. Acritarches : *Oligosphaeridium asterigerum* (White) Davey 1969, *O. complex* (White) Davey et Williams 1966, *Spiniferites ramosus* (Ehrenberg 1838) Loeblich et Loeblich 1966, *Gonyaulacysta* sp., *Cleistosphaeridium heteracanthum* (Deflandre et Cookson) Davey 1969, *Baltisphaeridium* sp., *Cleistosphaeridium flexuosum* Davey 1969, *C. multifurcatum* (Deflandre) Davey et al. 1969.

Barrémien. Faciès xénomorphe *sensu* Habib 1979. Milieu de dépôt marin peu profond, voire littoral (cf. 2E6) repris en turbidites.

Echantillon 3E1	plongée 3	11h23	1650 m
-----------------	-----------	-------	--------

- Marne tendre blanche non consolidée, en place; poids 800 g.

Microfaune pélagique contenant *Globorotalia truncatulinoides*.

Quaternaire. Dépôt de pente

Echantillon 3E2	plongée 3	12h25	1471 m
-----------------	-----------	-------	--------

- Calcaire massif clair avec enduit noir arraché, en place; poids 2050 g.

Calcaire à Bryozoaires. Ciment calcitique microsparitique dominant. Certaines plages sont finement pelletoides ou plus rarement sparitiques. Bioclastes assez bien triés.

Bryozoaires : grande abondance de Cyclostomes érigés branchus (*Tubuliporina*) et Cheilostomes fréquents. Quelques autres débris d'organismes : Brachiopodes, rares débris de Foraminifères hyalins.

Post-Crétacé moyen (présence de Cheilostomes). L'abondance des Cyclostomes suggère un niveau du début du Tertiaire. Milieu néritique à énergie moyenne à forte...

Echantillon 3E3	plongée 3	12h53	1447 m
-----------------	-----------	-------	--------

- Galet de basalte massif; poids 1700 g.

Echantillon 3E5

plongée 3

15h36

722 m

- Gros galet avec enduit sombre appartenant au conglomérat; poids 4100 g.

Pyriclasite à hornblende, formée de plagioclase, orthopyroxène, clinopyroxène et amphibole brune avec mica, oxydes opaques et apatite accessoires.

Roche typique d'un métamorphisme de faciès granulites à hornblende.

Eléments majeurs roche totale et minéraux									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
SiO ₂	55.80	61.05	52.61	51.83	43.57	38.25	0.15	0.10	0.33
TiO ₂	0.96	0.01	0.03	0.22	1.65	4.77	1.32	49.56	0.00
Al ₂ O ₃	15.92	24.52	1.27	2.45	11.77	13.93	0.20	0.01	0.00
Cr ₂ O ₃	0.02	0.02	0.03	0.04	0.08	0.09	0.38	0.03	0.00
Fe ₂ O ₃	3.18								
FeO	4.36	0.03	23.27	9.65	12.03	10.88	89.66	47.78	0.01
MnO	0.11	0.03	0.59	0.22	0.12	0.07	0.01	0.37	0.00
NiO	0.02	0.02	0.03	0.04	0.08	0.09	0.38	0.03	0.00
MgO	4.28	0.00	21.64	12.90	13.27	16.78	0.00	0.55	0.00
CaO	6.39	5.47	0.47	21.19	11.01	0.00	0.00	0.01	53.83
Na ₂ O	4.07	8.17	0.03	0.88	1.61	0.03	0.02	0.02	0.01
K ₂ O	2.99	0.28	0.01	0.01	1.91	10.25	0.00	0.01	0.03
P ₂ O ₅	0.48	0.08	0.00	0.28	n.d	n.d	n.d	n.d	42.29

1 : Roche totale, moyenne de deux analyses (FX et NAA); 2 à 9 : Analyses de minéraux à la microsonde électronique (fer total exprimé sous forme de FeO) : 2 : Plagioclase, moyenne de 25 analyses (\bar{X}_{25}); 3 : Orthopyroxène, \bar{X}_{11} ; 4 : Clinopyroxène, \bar{X}_{12} ; 5 : Amphibole, \bar{X}_{13} ; 6 : Phlogopite, \bar{X}_5 ; 7 : Magnétite, \bar{X}_5 ; 8 : Ilménite, \bar{X}_5 ; 9 : Apatite, \bar{X}_3 .

Eléments traces (ppm) : roche totale																
Nb	Zr	Y	Sr	Rb	Co	V	Ni	Cr	U	Th	Sc	W	La	Ce	Nd	Sm
8	152	17	935	49	29	129	150	151	0	0.36	19.41	0	35.92	77.89	49.86	9.90
Eu	Tb	Yb	Lu													
2.13	0.81	1.14	0.18													

Echantillon 4E2

plongée 4

12h21

776 m

- Grès rouge marron à patine foncée, en place ou peu déplacé; poids 2000 g.

Grès feldspathique et micacé à ciment marneux et ferrugineux. Les quartz anguleux sont relativement bien triés. Les feldspaths sont, par quantités décroissantes : plagioclases, orthoses, microlines. On observe également des muscovites et des biotites détritiques et quelques fragments lithiques.

Pratiquement azoïque, sauf un débris d'Echinoderme.

Age inconnu. Dépôt marin.

- Petits échantillons divers dont 4 galets du conglomérat intercalé dans les grès (4E3,b,d,e,f); poids total 750 g.

4E3 a

Microbrèche à éléments de grès fin très micacé azoïque et gangue micritique à planctoniques. Certaines zones micritiques sont phosphatisées. Par endroits, un liseré phosphaté au contact des éléments gréseux indiquerait qu'il s'agit d'un grès micacé très perforé avec quelques éléments repris dans le colmatage des perforations.

Le grès est azoïque : âge inconnu.

Le remplissage contient de nombreux planctoniques : *Globigerina* sp., *Globorotalia*, *Globigerinoides* sp.

Ceci indique un âge miocène au plus bas pour le remplissage et un milieu de dépôt correspondant à la pente ou plateau externe.

4E3 b

- Galet

Orthogneiss granodioritique fortement folié et dont la foliation semble être replissée. Il est formé essentiellement de quartz, microcline et plagioclase. La foliation est soulignée par des lits de biotite verte et d'épidote néoformées pendant le métamorphisme, en association symplectitique entre elles et avec du quartz.

Sphène, allanite, apatite et zircons accessoires.

4E3 c

- Galet

Grès à grain fin, à ciment ferrugineux ou carbonaté suivant les lits, formé de grains de quartz et de feldspaths divers et de quelques micas détritiques.

4E3 d

- Galet de basalte

4E3 e

- Galet de dolérite à plagioclases, clinopyroxènes et olivine.

4E3 f

- Galet

Anorthosite, formée de plagioclase, altérée avec développement de calcite, épidote et séricite. Développement de grands cristaux de muscovite. La taille de l'échantillon était insuffisante pour justifier une analyse chimique. Il s'agit cependant d'une anorthosite tout à fait semblable à celles qui sont caractéristiques des ceintures de granulites classiques. Elles correspondent à des cumulats plagioclasiques de complexes stratifiés intrusifs dans ces ceintures avant le métamorphisme granulitique.

Analyses chimiques			
	Plagioclases		Muscovite
	coeur de cristaux \bar{X}_{22}	bordure de cristaux \bar{X}_{16}	\bar{X}_3
SiO ₂	48.48	52.12	45.86
Al ₂ O ₃	33.36	30.73	33.22
FeO	0.08	0.03	2.82
MgO			0.99
CaO	15.04	12.33	
Na ₂ O	2.40	4.09	0.39
K ₂ O	0.01	0.03	11.25
TiO ₂			0.04
P ₂ O ₅	0.24	0.19	

Echantillon 4E4

plongée 4

13h50

680 m

- Gros bloc à patine marron sombre luisante et cassure chocolat : aspect phosphatisé; poids 3420 g.

Microbrèche très ferruginisée avec plages phosphatisées. La plus grande partie de l'échantillon est constituée d'une micrite à planctoniques. Il y a aussi des plages à grands Foraminifères, des éléments de grès micacé azoïque (cf.4E3) et des encroûtements par voiles algaires.

Les plages à grands Foraminifères comprennent : Lépidocyclines, Operculines, Hétérosté- gines, Amphisté gines indiquant un dépôt néritique de l'Aquitainien.

Le fond micritique à planctoniques (nombreuses Globigérines, *Globorotalia* et débris d'Echinodermes correspond à un dépôt de zone externe de plateau ou de pente d'âge miocène ou plus ancien.

Echantillon 5E1

plongée 5

16h00

2187 m

- Marnes blanchâtres non indurées, en place; poids 500 g.

Marne à microfaune pélagique contenant *Globorotalia truncatulinoides*.
Quaternaire. Dépôt de pente.

Echantillon 5E2

plongée 5

17h18

1831 m

- Dolomie bréchique avec patine brune, non roulée, presque en place; poids 490 g.

Dolomie micritique azoïque.
Age indéterminé.

Echantillon 5E3

plongée 5

17h53

1506 m

- Grès à muscovite de couleur grise, à surface mamelonnée; poids 1640 g.

Grauwacke à grain fin et ciment chlorito-micacé verdâtre relativement abondant. Les grains détritiques sont du quartz peu roulé, rarement des feldspaths et encore plus rarement des carbonates.

Age indéterminé.

Echantillon 5E5

plongée 5

18h53

1278 m

- Galet de roche grenue altérée; poids 2400 g.

Tonalite claire, non déformée, à grain fin, constituée par un plagioclase totalement damouritisé, du quartz, une amphibole verte et quelques biotites entièrement chloritisées. Zircons et oxydes opaques accessoires. La roche a subi une importante altération hydrothermale mise en évidence par un développement de chlorite, séricite, épidote, calcite et leucoxène.

Cette roche est peut-être d'origine filonienne. Des roches analogues sont connues dans les domaines externes de la chaîne varisque.

Echantillon 5E6

plongée 5

19h07

1238 m

- Galet de grès grossier à patine noire; poids 1000 g.

Subarkose, formée essentiellement de quartz détritique et de quelques feldspaths avec un ciment sériciteux peu abondant.

Age indéterminé.

Echantillon 5E7

plongée 5

19h38

1019 m

- Galet polyédrique de lave altérée rougeâtre avec une surface striée; poids 1060 g.

Echantillon 6E1

plongée 6

12h42

1313 m

- Quartzite micacé gris, en place; poids 700 g.

Quartzite légèrement feldspathique (albite/oligoclase), à deux micas, la biotite brune étant parfois chloritisée, avec accessoirement de l'épidote, du rutile, du zircon, de l'apatite et des oxydes opaques. Ce quartzite est finement rubané; chaque lit montre des proportions différentes de quartz, plagioclase et micas, la teneur en quartz étant toujours supérieure aux deux tiers en volume.

Le degré de métamorphisme correspond au début du faciès amphibolite (association quartz-oligoclase An₂₀, épidote). De tels quartzites sont connus dans les Asturies (où toutefois ils sont généralement moins métamorphiques) au niveau du Cambrien inférieur (série de Candana) et du Cambrien supérieur-Ordovicien inférieur (série de Los Cabos). On peut donc raisonnablement penser qu'il s'agit de quartzites d'âge paléozoïque inférieur, plus probablement cambrien d'après le faciès et le degré de métamorphisme.

Echantillon 6E2

plongée 6

13h16

1098 m

- Calcaire marron avec enduit, en place; poids 200 g.

Calcaire micritique argileux et ferrugineux, avec de petits éclats de quartz. Légèrement diaclasé et avec des traces de bioturbation.

Très rares filaments et petits Radiolaires.

Age indéterminé, mais faciès à rapprocher de celui de l'échantillon 6E4.

Echantillon 6E3

plongée 6

13h38

1011 m

- Calcaire un peu gréseux, en place; poids 240 g.

Calcaire micritique avec de petits éclats de quartz, des stylolithes et des imprégnations sombres.

Azoïque.

Age indéterminé, mais faciès rappelant un peu 6E2.

Echantillon 6E4

plongée 6

13h52

973 m

- Calcaire marneux marron clair, en place; poids 800 g.

Calcaire micritique plus ou moins ferruginisé avec, localement, des plages pseudo-oolithiques.

Nombreux "filaments" courts. Présence de Lenticulines, Epistominidés et Nodosariidés. Débris d'Echinodermes.

Faciès connu du Bajocien à l'Oxfordien. Il est plus fréquent dans le Bajocien en zone cantabrique. La présence d'Epistominidés (aragonitiques) indique un milieu de dépôt peu profond, sans doute une zone externe de plateau.

Echantillon 6E5

plongée 6

14h46

689 m

- Grès marron avec enduit sombre, peu déplacé; poids 1800 g.

Grès grossier ou microbrèche à ciment argileux et ferrugineux, avec zones en voie de dolomitisation. Perforations remplies de planctoniques tertiaires.

Age indéterminé.

Echantillon 6E6	plongée 6	16h29	951 m
-----------------	-----------	-------	-------

- Dolomie finement litée marron avec enduit sombre, peu déplacée; poids 2700 g.
 Dolomie microsparitique légèrement détritique avec imprégnations noires et perforations.
 Azoïque.
 Age indéterminé.

Echantillon 7E1	plongée 7	10h19	2957 m
-----------------	-----------	-------	--------

- Parallélépipède de grès gris avec enduit noir sur la partie affleurant, en place; poids 4300 g.
 Grès très légèrement micacé à ciment calcitique avec nombreux petits débris végétaux.
 Très rares débris de Foraminifères indéterminables. Pollens abondants (93,5 %), spores avec cristaux de pyrite (4 %), kystes de Dinoflagellés (2,5 %), basales de Foraminifères et très abondants débris végétaux.
 . Pollens : *Disaccites* très abondants : *Rubigivesiculites reductus* Pierce 1961, *Abietineaepollenites minimus* Couper 1958, *A.microreticulatus* Groot et Penny 1960, *Parvisaccites radiatus* Couper 1958, et autres pollens : *Caytoni pollenites pallidus*, *Inaperturopollenites giganteus* Croczan 1964.
 . Spores : *Trilobosporites*, *Cicatricosisporites* sp. 9 *Cicatr.AP* in Hughes et Moody Stuart 1969, *Plicatella concentrica* (Kemp 1970), *Deltoidospora hallii* Miner 1935, cf. *Uvaesporites glomeratus* Döring 1965.
 . Kystes de Dinoflagellés : cf. *Pareodinia ceratophora*.
 Hauterivien (éventuellement Valanginien supérieur). Faciès exinitique *sensu* Habib 1979. Sédiments fluvio-deltaïques sans doute repris par des courants de turbidité.

Echantillon 7E2	plongée 7	10h27	2956 m
-----------------	-----------	-------	--------

- Petite plaquette de grès, en place; poids 440 g.
 Grès légèrement micacé à ciment calcitique.
 Microfossiles : pollens (89 %), spores 2 % et kystes de Dinoflagellés 9 %. Très abondants débris végétaux mais en très petits fragments amorphes.
 . Pollens : *Disaccites* très abondants, surtout : *Abietineaepollenites minimus* Couper 1958, *Classopollis* sp., *Cerebropollenites mesozoicus* (Couper 1958) Wilson 1958.
 . Spores : *Cyathidites australis* Couper 1953, *Cicatricosisporites* sp., *Plicatella macrohyza* Maljavkina 1949, *P.concentrica* (Kemp 1971).
 Hauterivien (éventuellement Valanginien supérieur). Faciès exinitique *sensu* Habib 1979. Sédiments fluvio-deltaïques repris par des courants de turbidité. Influence marine plus sensible dans 7E1.

Echantillon 7E3

plongée 7

11h06

3002 m

- Plaquette de grès à patine sombre, en place; poids 1200 g.

Grès légèrement micacé (cf. 7E1, 7E2) à ciment calcitique, avec des lits à débris végétaux grands et abondants.

Microfossiles : pollens 89 %, spores 4 % et kystes de Dinoflagellés 7 %.

. Pollens : *Disaccites* très abondants, surtout : *Abietinae pollenites minimus* Couper 1931, *A. microalatus* R.Pot 1931, *Parvisaccites radiatus* Couper 1958, *Alisporites thomasi* (Couper 1958) Pocock 1962, *Rubigivesiculites reductus* Pierce 1961, *Cerebropollenites mesozoicus* (Couper), *Classopollis cf. torosus* (Reissinger) Pocock et Jansonius 1961 in Taugourdeau-Lantz et Donze 1971.

. Spores : *Gleicheniidites senonicus* Ross 1949, *Deltoidospora hallii* Miner, *Cicatricosisporites* sp., *Plicatella tricornitata*, *Sestrosporites pseudoalveolatus* (Couper 1958) Dettman 1963.

. Kystes de Dinoflagellés : *Lingulodinium* sp., *Spiniferites ramosus*.

Hauterivien (éventuellement Valanginien supérieur). Faciès exinitique sensu Habib 1979. Sédiments fluvio-deltaïques repris par des courants de turbidité.

Echantillon 7E4

plongée 7

11h34

2789 m

- Calcaire beige, en place; poids 1300 g.

Calcaire plus ou moins graveleux à pelleteïdes.

Fossiles : débris de Lamellibranches, rares nodules de Cyanophycées et Calpionellidés dont *Crassicolaria* sp. et peut-être *Calpionella alpina*.

Tithonique supérieur-Berriasien inférieur. Milieu de dépôt sans doute peu profond, mais la présence des Calpionelles traduit la proximité d'une mer ouverte.

Echantillon 7E5

plongée 7

12h06

2663 m

- Dalle de grès gris avec enduit sombre sur la partie affleurant, en place; poids 4400 g.

Grès micacé avec léger granoclassement. Dans les parties où les terrigènes sont les plus grossiers, présence de quelques intraclastes de calcaire micritique.

Microfossiles : pollens 93 %, spores 3,5 % et kystes de Dinoflagellés 3,5 %. Grands débris végétaux, épidermes, etc...

. Pollens : *Disaccites* très abondants : *Rubigivesiculites reductus* Pierce 1961, *Parvisaccites radiatus* Couper 1958, *Abietinaepollenites microalatus* R.Potonié, *A. minimus*. Autres pollens : *Caytonipollenites pallidus*, *Classopollis* sp.

. Spores : *Gleicheniidites circinidites* (Cookson 1957) Brennes 1963, *Cyathidites australis* Couper 1953, *Cicatricosisporites* sp., *Plicatella problematica* Burger 1966, *P. macrorhiza* Maljavkina 1949.

. Kystes de Dinoflagellés : *Oligosphaeridium asterigerum* (Gocht) Davey et Williams 1966.

Hauterivien (éventuellement Valanginien supérieur). Faciès exinitique sensu Habib 1979. Sédiments fluvio-deltaïques repris par des courants de turbidité.

Echantillon 7E6	plongée 7	13h32	2278 m
-----------------	-----------	-------	--------

- Calcaire blanc, en place; poids 1100 g.

Calcaire fin pelleté avec quelques plages à gravelles et petites oolithes.

Fossiles : débris de Lamellibranches, rares Oncholites et Calpionelles (*Calpionella alpina* probable, *Crassicolaria* sp.).

Tithonique-Berriasien.

Echantillon 7E7	plongée 7	15h27	1755 m
-----------------	-----------	-------	--------

- Dolomie avec croûte noire sur le dessus, en place; poids 1300 g.

Dolomie avec imprégnation ferrugineuse.

Azoïque.

Age indéterminé.

Echantillon 7E8	plongée 7	16h16	1580 m
-----------------	-----------	-------	--------

- Dolomie rose, en place; poids 1100 g.

Dolomie avec cristallinité variable.

Azoïque.

Age indéterminé.

Echantillon 8E1	plongée 8	12h24	1633 m
-----------------	-----------	-------	--------

- Gros échantillon de grès rouille foncé encroûté sur toutes les faces, pas tout à fait en place; poids 2900 g.

Grès légèrement micacé avec granoclassement. Ciment plus ou moins noir ferrugineux.

Fossiles : un débris de Foraminifère hyalin (3 loges) indéterminable.

Age indéterminé.

Echantillon 8E2	plongée 8	12h58	1504 m
-----------------	-----------	-------	--------

- Calcaire clair avec enduit, en place; poids 1000 g.

Calcaire coquillier, à ciment calcitique microsparitique.

Abondance particulière de débris d'Echinodermes et de Lamellibranches. Quelques Bryozoaires et quelques débris de Brachiopodes.

Age indéterminé. Niveau d'accumulation d'énergie moyenne à forte. Des faciès semblables existent dans le Cénomaniens et le Campanien cantabrique; mais ce rapprochement reste très douteux.

Echantillon 8E3	plongée 8	13h34	1417 m
-----------------	-----------	-------	--------

- Plaquette de grès avec figure de base de banc?, en place; poids 500 g.

Grès très légèrement micacé à ciment calcaire.

Azoïque.

Age indéterminé.

Echantillon 8E4	plongée 8	13h39	1418 m
-----------------	-----------	-------	--------

- Dolomie avec encroûtement sur toutes les faces, pas tout à fait en place; poids 2800 g.

Dolomie fine avec imprégnations ferrugineuses. Une plage de grès glauconieux à ciment ferrugineux et phosphaté.

Azoïque.

Age indéterminé.

Echantillon 8E5	plongée 8	14h20	1300 m
-----------------	-----------	-------	--------

- Dolomie brune massive, en place; poids 1800 g.

Dolomie micritique.

Azoïque.

Age indéterminé.

Echantillon 8E6	plongée 8	14h25	1289 m
-----------------	-----------	-------	--------

- Calcaire crayeux blanc et tendre, en place; poids 700 g.

Calcaire légèrement argileux.

Très nombreux planctoniques, dont : *Orbulina universa*, *Globigerina* spp. et *Globorotalia* spp. dont *G. cf. fohsi*. Quelques très rares benthiques dont *Lenticulina* sp.

Miocène moyen possible. Dépôt de plateau externe ou plutôt de pente.

Echantillon 8E7	plongée 8	14h47	1219 m
-----------------	-----------	-------	--------

- Grès gris avec altération et patine marron, en place; poids 1200 g.

Grès très légèrement micacé à ciment calcaire (avec quelques débris végétaux?).

Azoïque.

Age indéterminé.

Echantillon 8E8	plongée 8	16h11	1033 m
-----------------	-----------	-------	--------

- Calcaire blanc émoussé sauf à la base, en place?; poids 1400 g.

Calcaire construit "stromatolithique" (voiles algaires?).

Age indéterminé.

Echantillon 9E1	plongée 9	10h56	1073 m
-----------------	-----------	-------	--------

- Roche très altérée, grossière, sans doute un galet (une face émoussée); poids 430 g.

Granodiorite à grain fin, probablement filonienne, extrêmement altérée, avec un développement important de carbonates.

Echantillon 9E2	plongée 9	11h04	1076 m
-----------------	-----------	-------	--------

- Morceau parallélépipédique d'un grès fin, en place; poids 800 g.

Grès à ciment plus ou moins argileux avec quelques rares micas et quelques débris végétaux.

Microfossiles : spores et pollens (pas assez nombreux pour un comptage). Kystes de Dinoflagellés, basales de Foraminifères et débris végétaux.

. Pollens : *Disaccites* prédominants, mais en très mauvais état ; *Parvisaccites radiatus* Couper 1958, *Eucomidites* sp.

. Spores : *Cicatricosisporites* sp., *Crybelosporites vectensis* Kemp 1970.

. Kystes de Dinoflagellés : *Cyclonephelium* cf. *vannophorum* Davey 1969, *Odontochitina operculata*, *Gonyaulacysta* cf. *serrata* Cookson et Eisenack in Gocht 1959, *Gleistosphaeridium heteracanthum* (Deflandre et Cookson) Davey 1969.

Age probable : partie supérieure de l'Aptien inférieur à Albien inférieur. Faciès trachéal de Habib 1979. Sédiments fluviodeltaïques repris par des courants de turbidité donnant une influence marine.

Echantillon 9E3

plongée 9

11h56

972 m

- Petit échantillon calcaire à patine sombre, pris pas tout à fait en place; poids 150 g.

Nodule de Lithothamniées, piégeant un sédiment fin à nombreux bioclastes.

Fossiles : Operculines, Lépidocyclines et Amphistégines.

Aquitaniens probable. Peu profond.

Echantillon 9E4

plongée 9

12h28

869 m

- Grès fin à stratification entrecroisée, en place; poids 630 g.

Grès micacé fin avec quelques débris végétaux. Léger litage avec concentration d'oxydes de fer.

Microfossiles : pollens en très bon état (97 %), spores (3 %) (comptage de 250 individus) et très rares kystes de Dinoflagellés, kystes de Prasinophycées et basales de Foraminifères.

. Pollens : *Disaccites* très abondants : *Pinuspollenites comptonensis* Kemp 1970, *Parvisaccites radiatus* Couper 1958, *Alisporites elongatus* Kemp 1970, *Cedripites* sp. et autres pollens : *Applanopsis dampieri*, *A. trilobatus*, *Cerebropollenites mesoicus* (Couper 1958) Nilson 1958, *Clasopollis* sp., *Monosulcites major* Kemp 1970.

. Spores : *Gleicheniidites senonicus* Ross 1959, *Faveosporites subtriangularis* (Brenner 1963) Döring 1966, *Lycopodiumsporites clavatoides* Couper 1958, *Costatoperforosporites triangularis* Deak 1962, *Cicatricosisporites* sp., *Impardecispora apivermucata* (Couper) Venkat et al.

. Kystes de Dinoflagellés : *Odontochitina operculata*.

. Kystes de Prasinophycées : *Schizosporis spriggi*.

Age probable : partie supérieure de l'Aptien inférieur à Albien inférieur. Faciès xénomorphique sensu Habib 1979. Sédiment marin relativement littoral, peu profond, peut-être remanié par des courants. Les spores sont généralement en moins bon état que les pollens.

Echantillon 9E5

plongée 9

12h53

854 m

- Calcaire jaune à aspect de falun, en place; poids 1800 g.

Calcaire légèrement argileux à nombreux Foraminifères benthiques.

Fossiles : Lépidocyclines, Operculines, Amphistéginés, Bryozoaires, Echinodermes et Algues.

Aquitaniens probable. Néritique, sans doute plateau interne : milieu d'énergie assez faible.

Echantillon 9E6

plongée 9

13h30

786 m

- Grès à micas blancs à patine brune, en place; poids 1080 g.

Grès micacé à ciment calcitique légèrement argileux et ferrugineux. Début de dolomitisation du ciment.

Azoïque.

Age indéterminé.

Echantillon 9E7

plongée 9

14h00

692 m

- Grès marron, grossier, en place; poids 3600 g.

Grès micacé à très rares bioclastes.

Débris d'Echinodermes, Brachiopodes? et Foraminifères trochospiraux indéterminables.

Age indéterminé.

Echantillon 9E8

plongée 9

14h33

643 m

- Deux plaquettes de grès phosphatisé, en place; poids 930 g.

Grès fin micacé. Ciment calcitique plus ou moins argileux.

Microfossiles : Dinoflagellés : *Lingulodinium machaerophorum* Deflandre et Cookson 1955, *Operculodinium centrocarpum* Deflandre et Cookson 1955, *Spiniferites hyperacanthus* Deflandre et Cookson 1955.

Forte présomption pour un âge quaternaire.

Echantillon 9E9

plongée 9

14h41

634 m

- Calcaire jaune, échantillon irrégulier en place; poids 2400 g.

Calcaire légèrement argileux et finement détritique à nombreux bioclastes.

Microfossiles : Foraminifères planctoniques nombreux, dont *Orbulina universa*, *Globigerina* spp., *Globorotalia gr. crassaformis*. Benthiques assez fréquents : *Pyrgo*, *Rotaliides*. Débris d'Echinodermes.

Age au plus ancien Pliocène. Dépôt de plateau externe à début de pente.

Echantillon 9E10

plongée 9

15h01

596 m

- Bloc parallélépipédique de quartzite; poids 5400 g.

Quartzite légèrement feldspathique (albite/oligoclase), à deux micas, la biotite brune étant parfois chloritisée, avec accessoirement de l'épidote, du rutile, du zircon, de l'apatite et des oxydes opaques (cf. 6E1). Ce quartzite est finement rubané; chaque lit montre des proportions différentes de quartz, plagioclase et micas, la teneur en quartz étant toujours supérieure aux deux tiers en volume.

Le degré de métamorphisme correspond au début du faciès amphibolite (association quartz-oligoclase An_{20} , épidote). De tels quartzites sont connus dans les Asturies (où, toutefois, ils sont généralement moins métamorphiques) au niveau du Cambrien inférieur (série de Candana) et du Cambrien supérieur-Ordovicien inférieur (série de los Cabos). On peut donc raisonnablement penser qu'il s'agit de quartzites d'âge paléozoïque inférieur, plus probablement cambrien d'après le faciès et le degré de métamorphisme.

TROISIEME PARTIE

ATLAS "CYADANOIS"

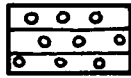
1. TRAJET DES PLONGEES ET COUPES GEOLOGIQUES : figures 5 à 17
2. ANALYSE DE LA FRACTURATION : figures 18 et 19
3. PHOTOGRAPHIES DU FOND SOUS-MARIN
 - la série stratigraphique : photos 1 à 15
 - les structures : photos 16 à 22
4. MICROPHOTOGRAPHIES
 - la série stratigraphique; microfaciès : photos 23 à 53
 - les microstructures : photos 54 à 59

1. TRAJET DES PLONGEES ET COUPES GEOLOGIQUES

Symboles et figurés
utilisés dans les plans de position et les coupes géologiques

E 1 : numéro d'échantillon

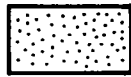
ph.4 : photographie n°4 de l'atlas photographique



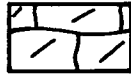
: conglomérat



: pélites



: grès



: dolomies



: calcaire en petits bancs, avec parfois interlits marneux



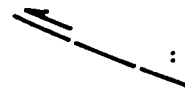
: calcaire massif



: socle paléozoïque (quartzite)



: failles normales



: accidents chevauchants supposés

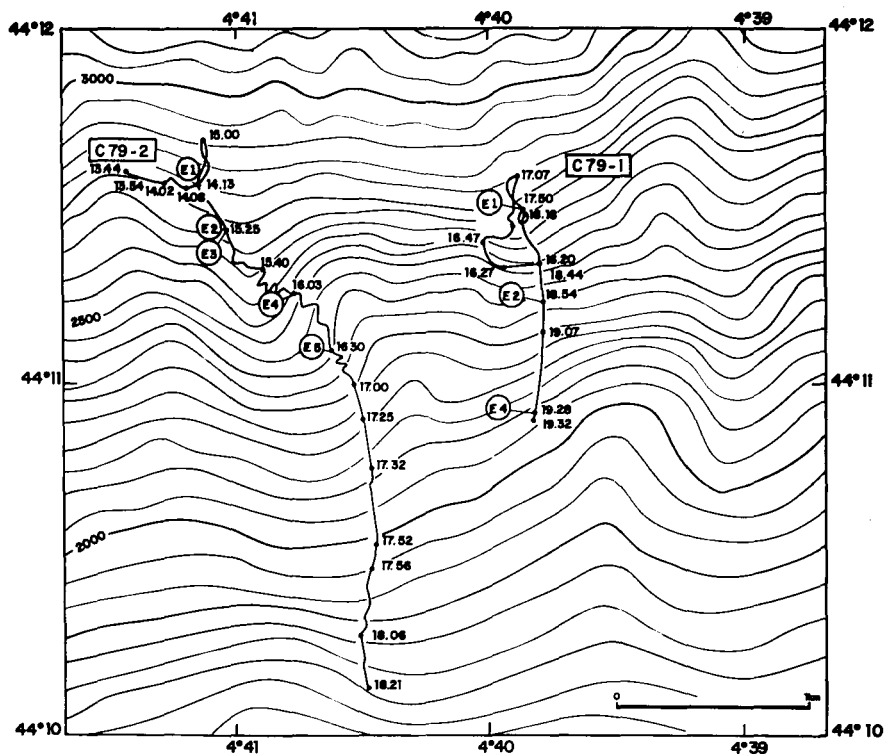


Fig.5 - Plan de position des plongées 1 et 2.

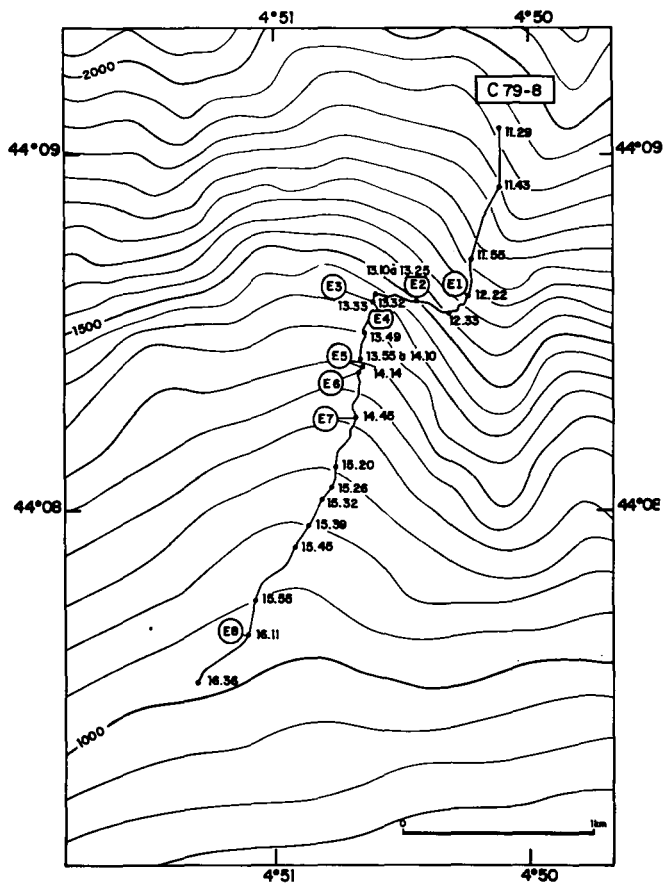


Fig.6 - Plan de position de la plongée 8

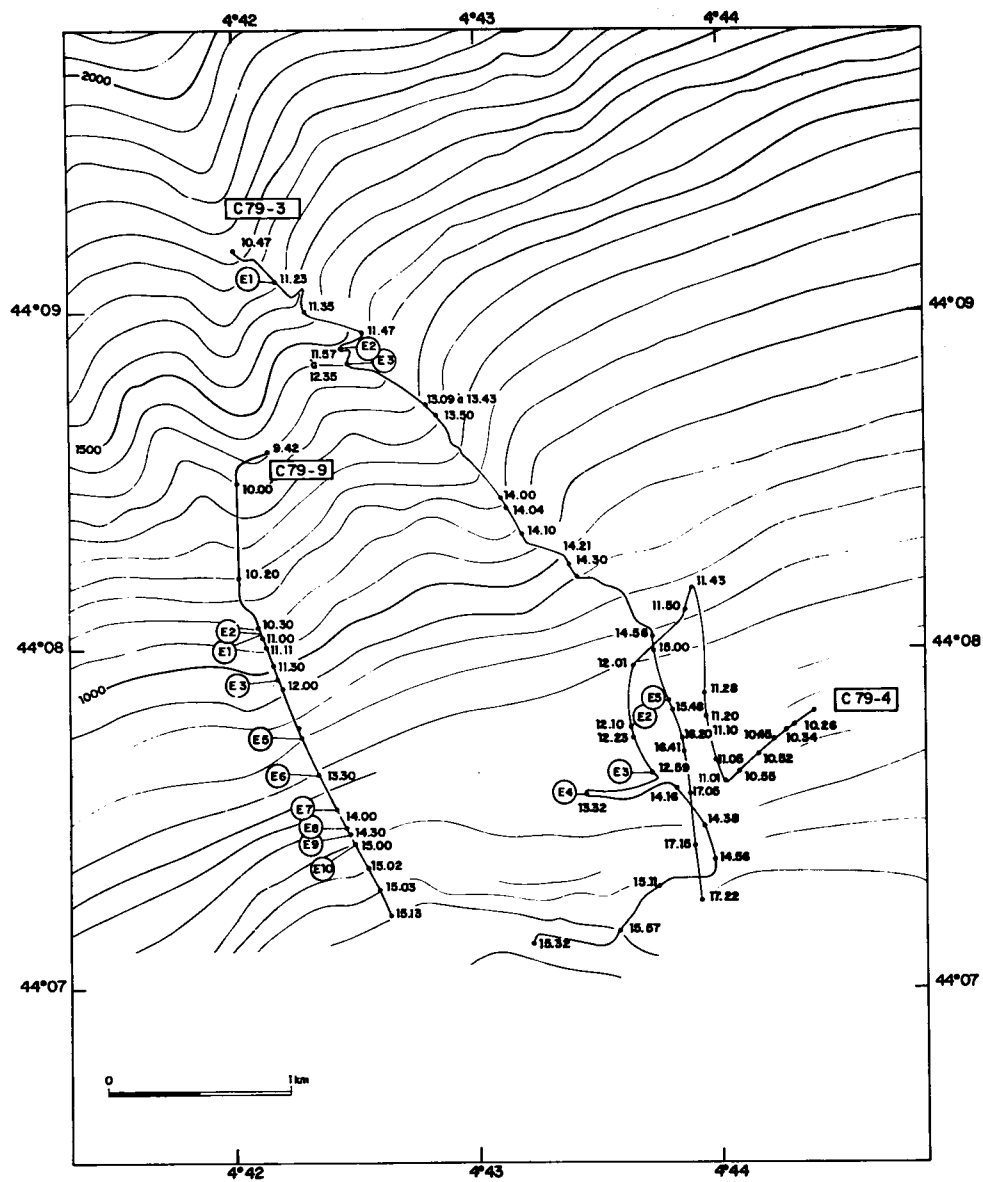


Fig.7 - Plan de position des plongées 3, 4 et 9

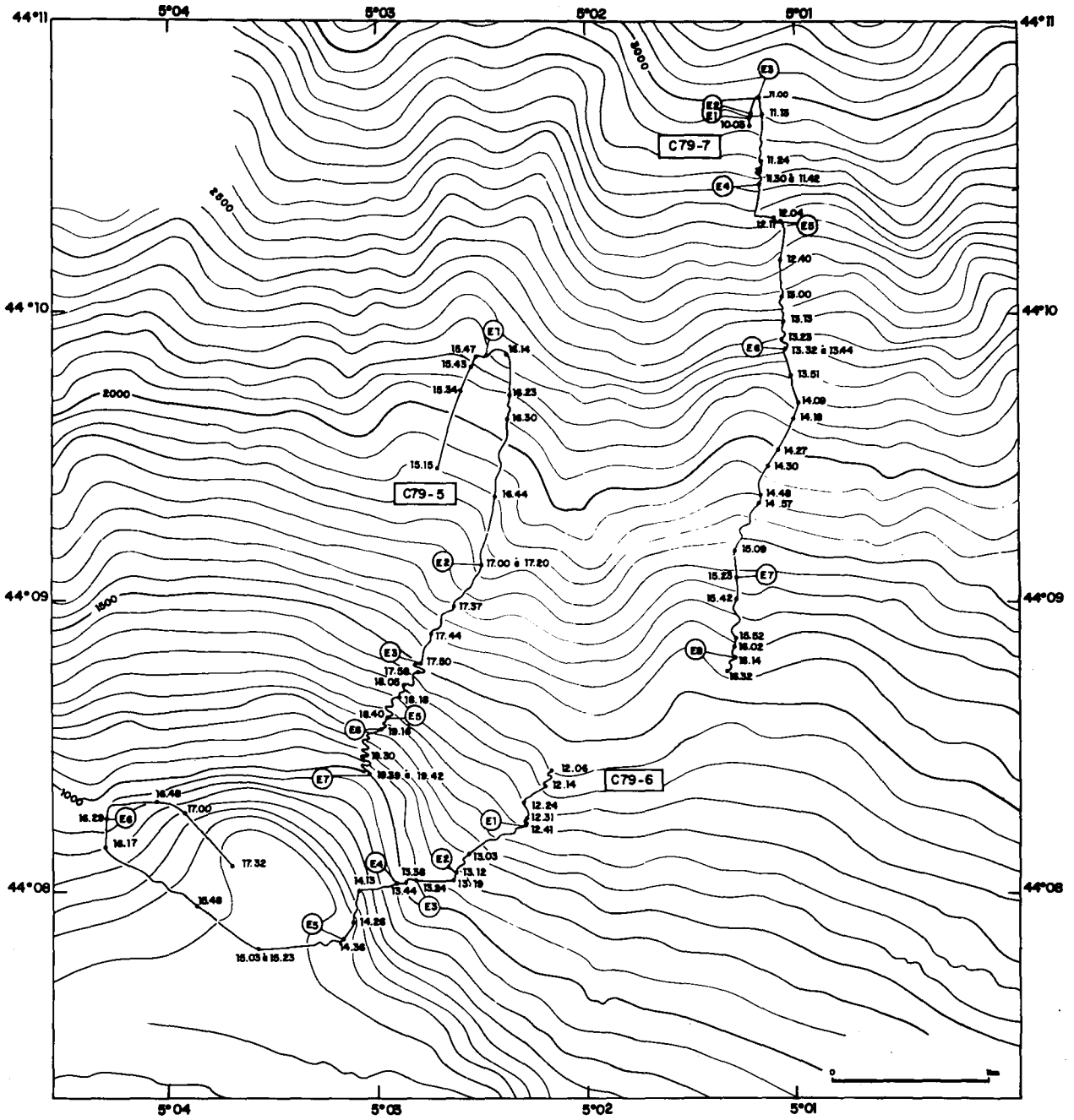


Fig.8 - Plan de position des plongées 5, 6 et 7

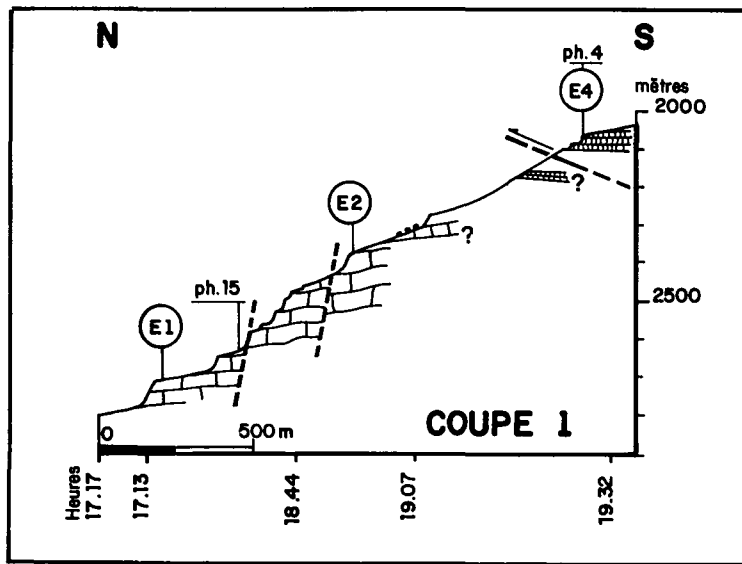


Fig.9 - Coupe géologique, plongée 1

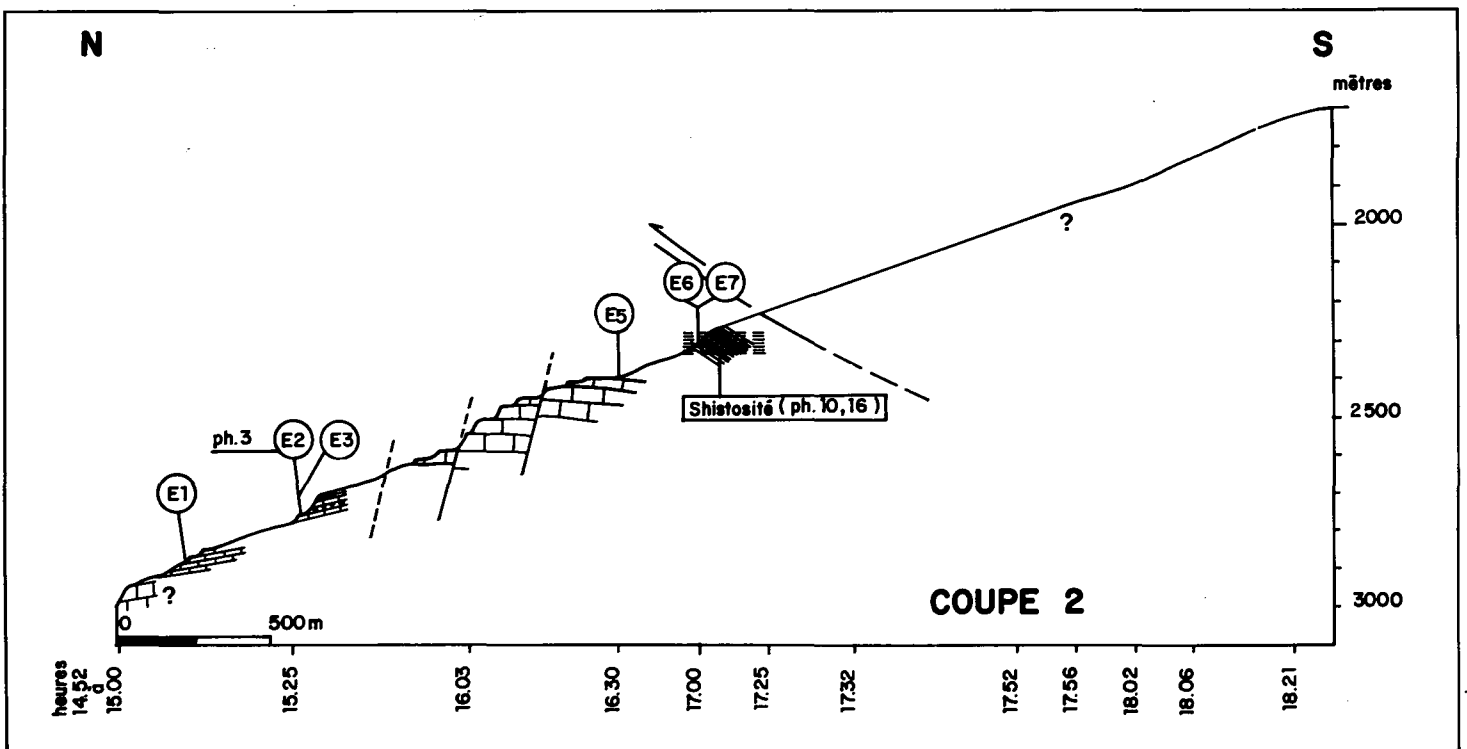


Fig.10 - Coupe géologique, plongée 2

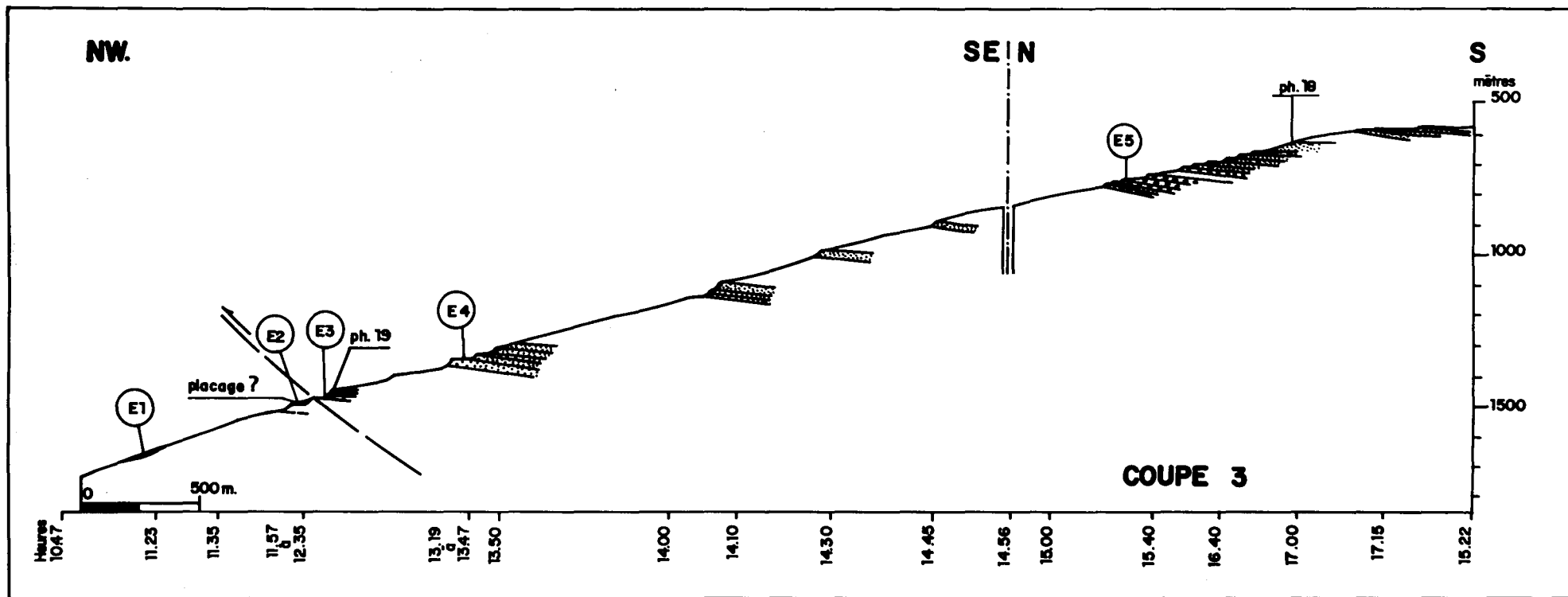


Fig.11 - Coupe géologique, plongée 3

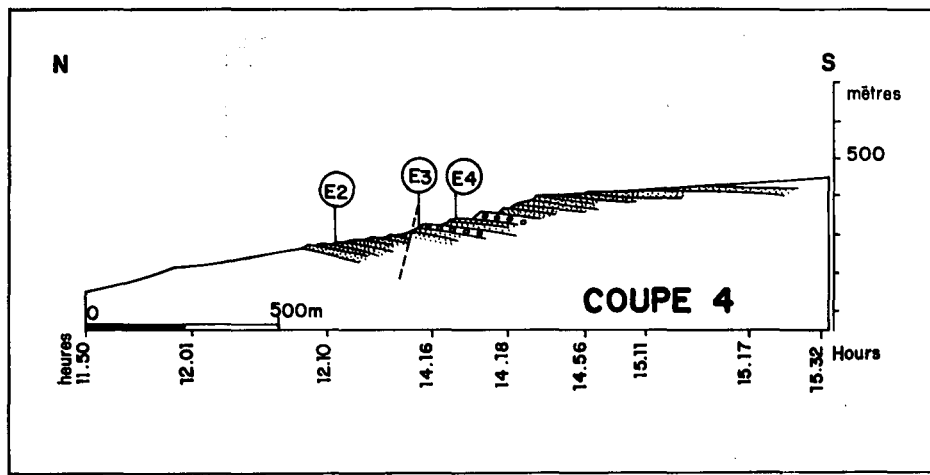


Fig.12 - Coupe géologique, plongée 4

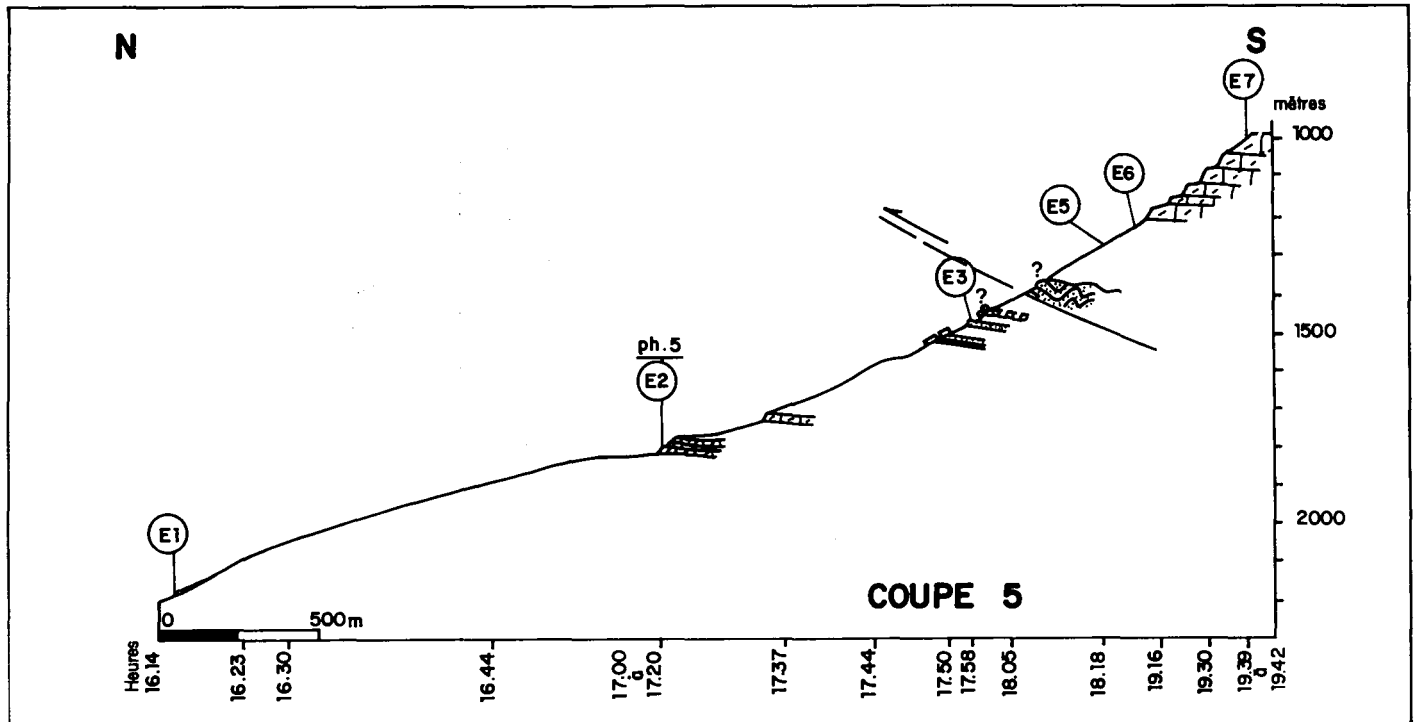


Fig.13 - Coupe géologique, plongée 5

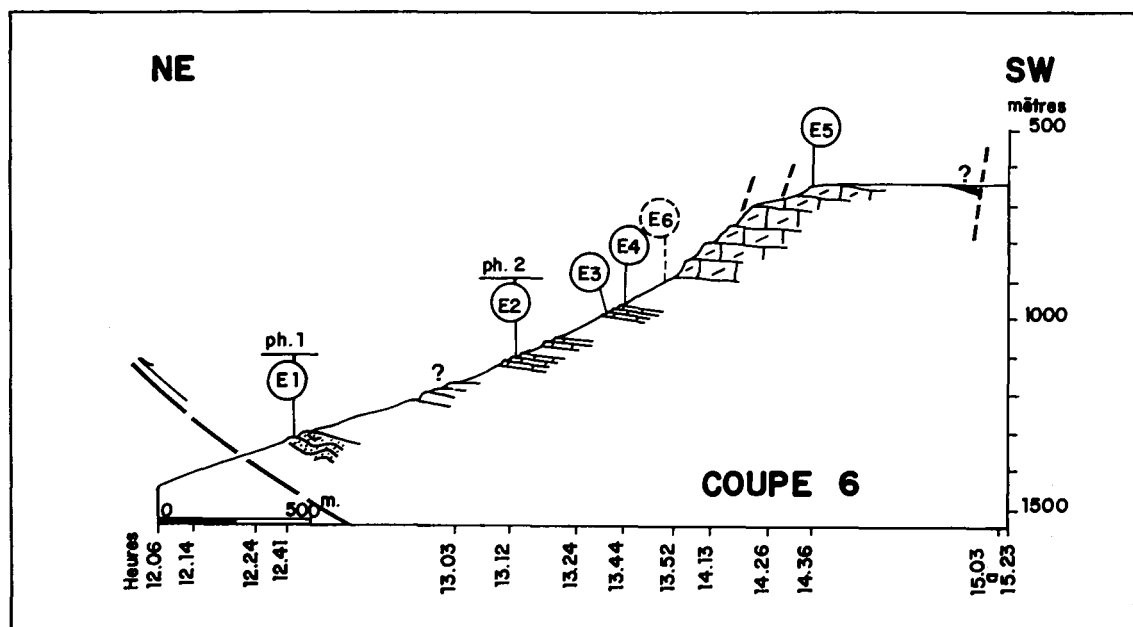


Fig.14 - Coupe géologique, plongée 6

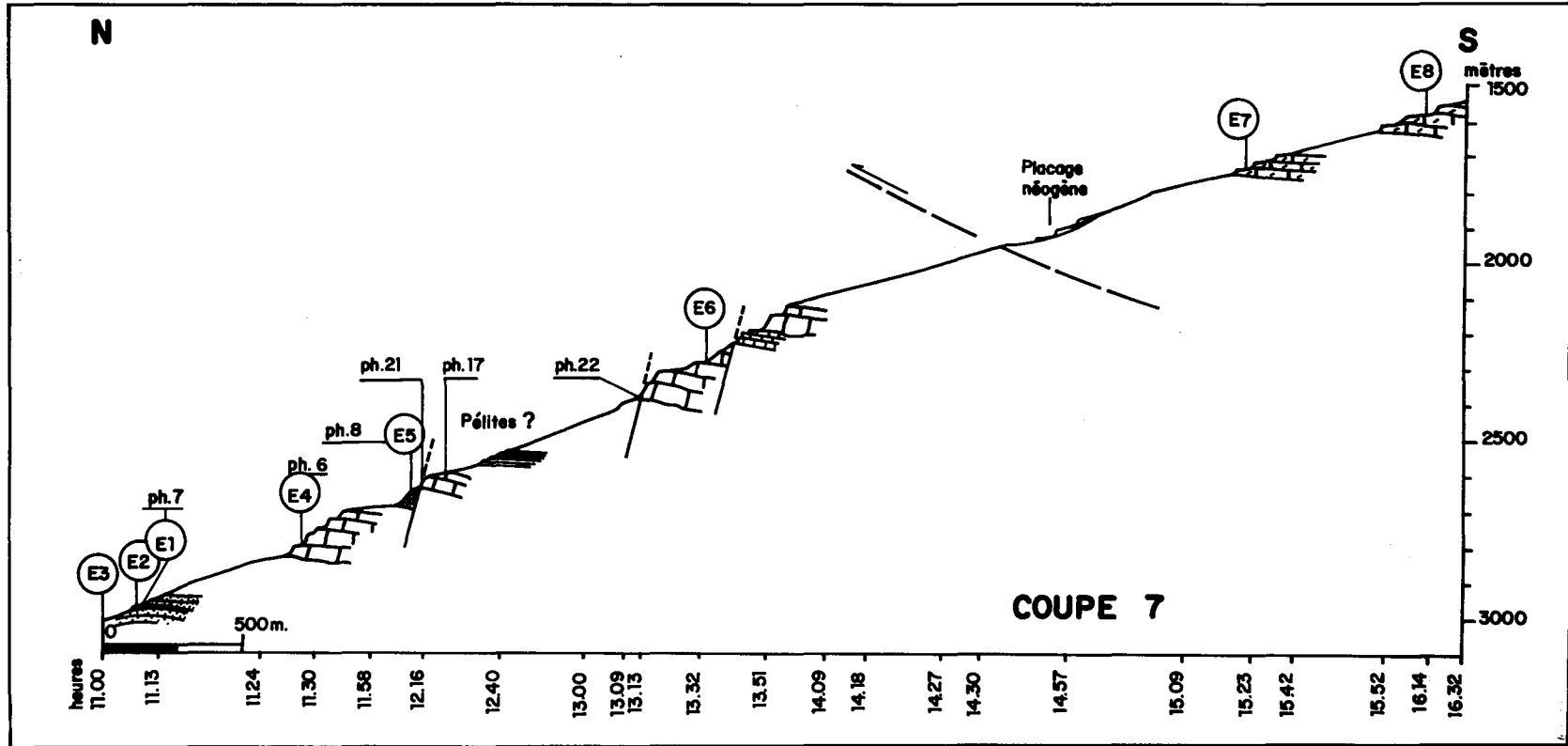


Fig.15 - Coupe géologique, plongée 7

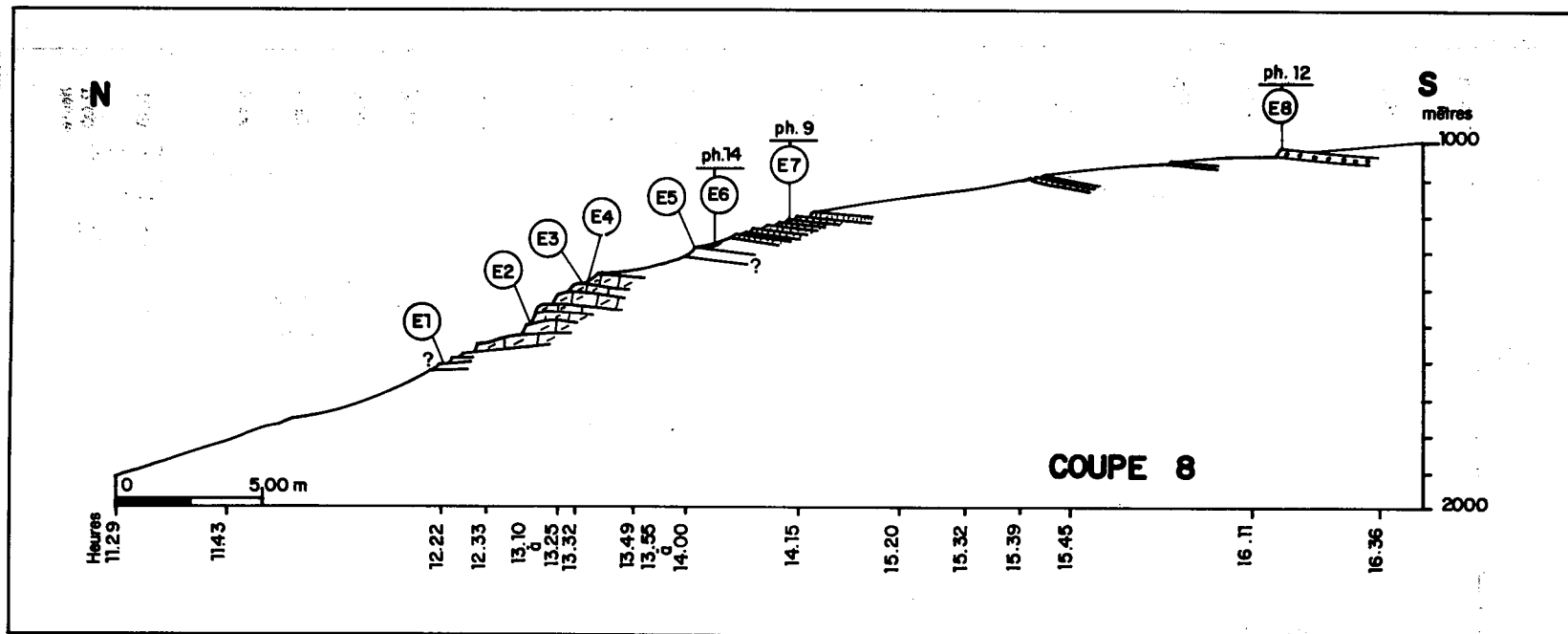


Fig.16 - Coupe géologique, plongée 8

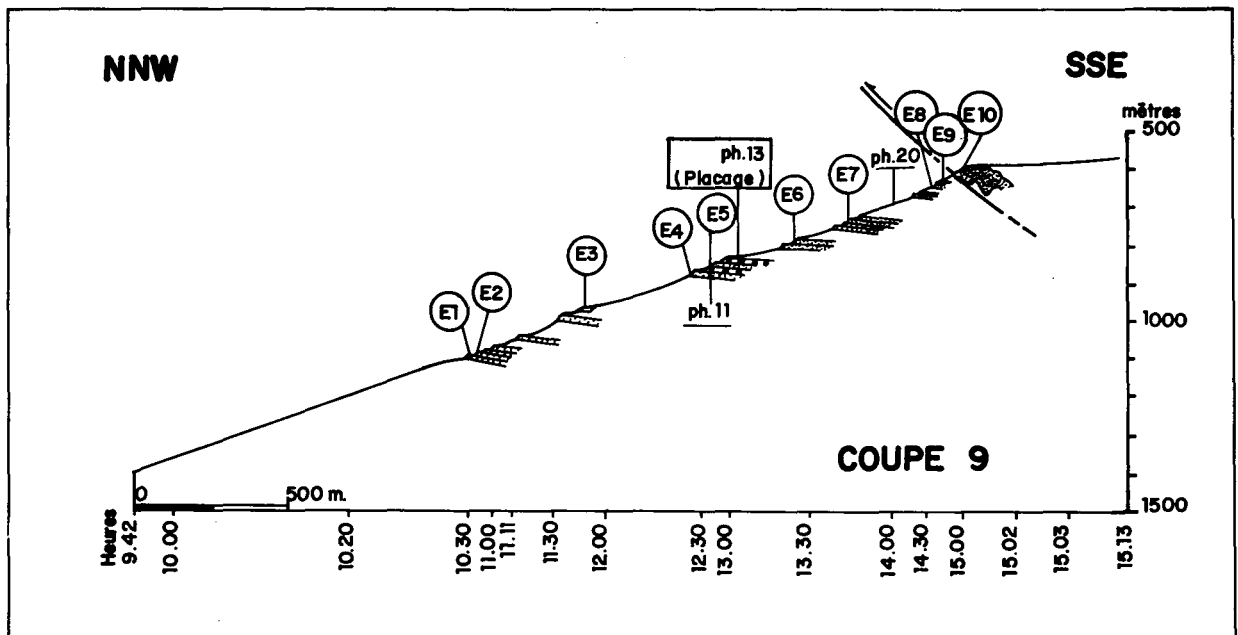
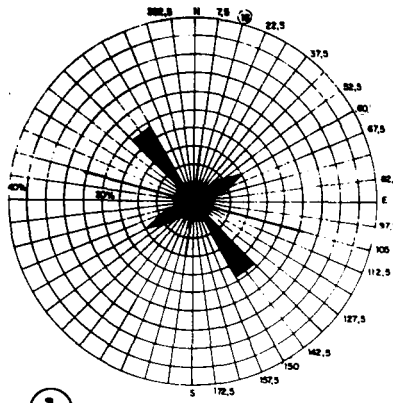
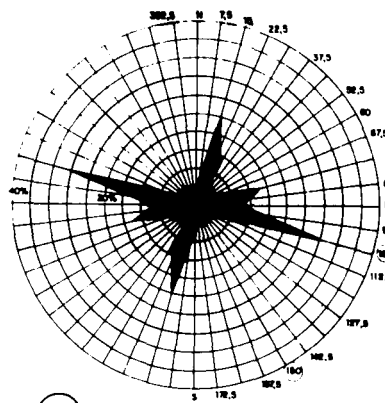


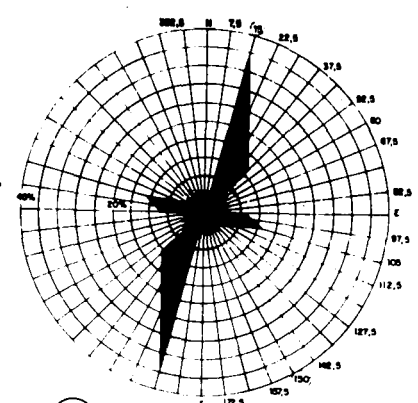
Fig.17 - Coupe géologique, plongée 9



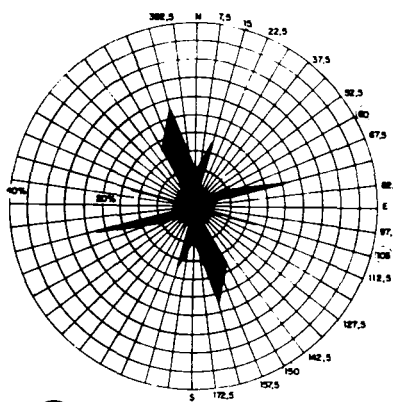
①



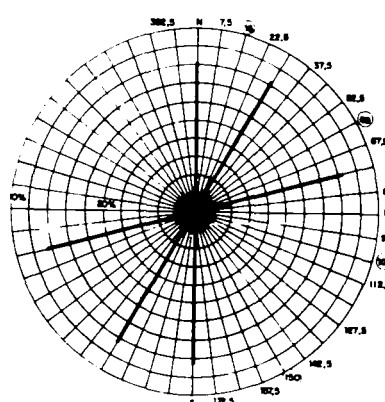
②



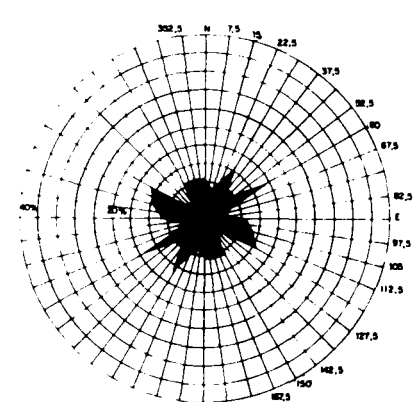
③



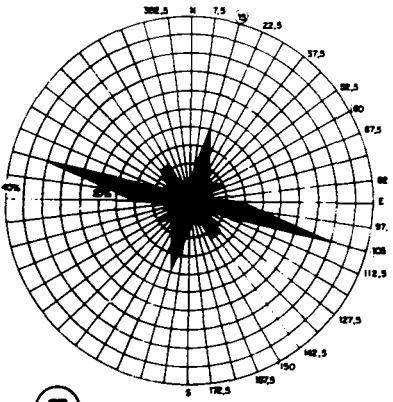
④



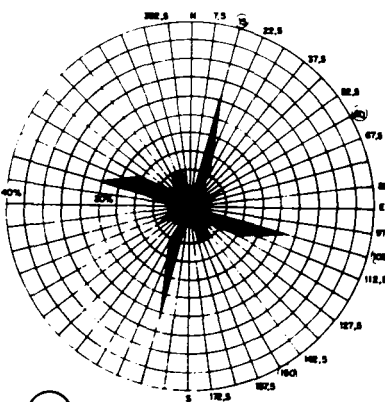
⑤



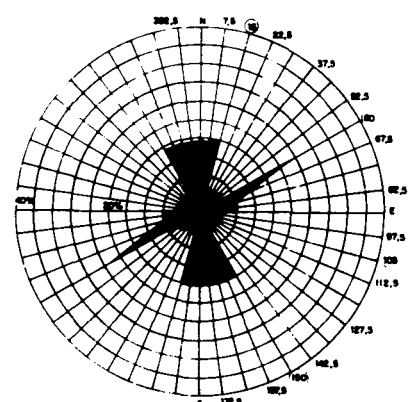
⑥



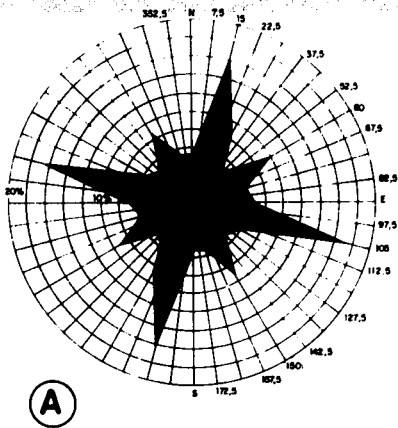
⑦



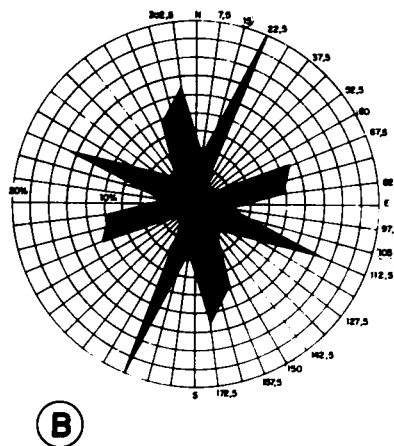
⑧



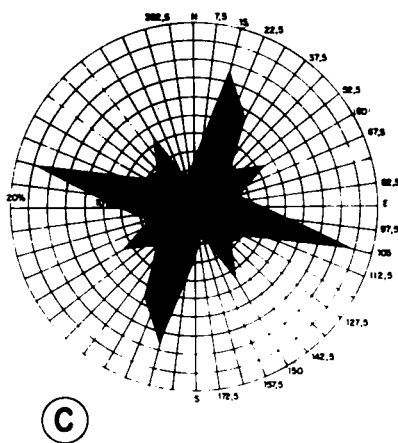
⑨



Plongées 1 à 9



Formations détritiques
(crétacé inférieur)



Formations carbonatées
(jurassique supérieur,
crétacé basal)

Fig 18 et 19. - Directions des fractures observées sur les affleurements rocheux (socle antémésozoïque excepté). 1 à 9 : observations faites pendant chacune des plongées 1 à 9; A : observations faites au cours de l'ensemble des plongées 1 à 9; B : observations portant sur les affleurements de terrains détritiques (Crétacé inférieur); C : observations portant sur les affleurements de terrains carbonatés (Jurassique et Crétacé basal). Les rayons des diagrammes donnent la direction des fractures par rapport au Nord magnétiques ; les cercles concentriques indiquent le pourcentage du nombre d'observations selon ces directions (étude réalisée par Eric Moussat).



Photo 1 - Plongée 5, 12h33; profondeur 1339 m; prise de vue 240°. Quartzite à deux micas; Cambrien probable (échantillon 6E1).



Photo 2 - Plongée 2, 13h13; profondeur 1101 m; prise de vue 150°. Calcaire à rares filaments; Jurassique moyen (échantillon 6E2).



Photo 3 - Plongée 2, 15h29; profondeur 2721 m; prise de vue 145°. Calcaire en petits bancs probablement intercalés avec des lits marneux plus tendres. Jurassique supérieur (échantillon 2E3).



Photo 4 - Plongée 1, 19h29; profondeur 2086 m; prise de vue 180°. Calcaire massif fracturé selon la direction N.NE; Jurassique supérieur-Crétacé basal (échantillon 1E4).



Photo 5 - Plongée 5, 17h13; profondeur 1833 m; prise de vue 240°. Dolomie micritique azoïque; Jurassique supérieur-Crétacé basal probable (échantillon 5E2).

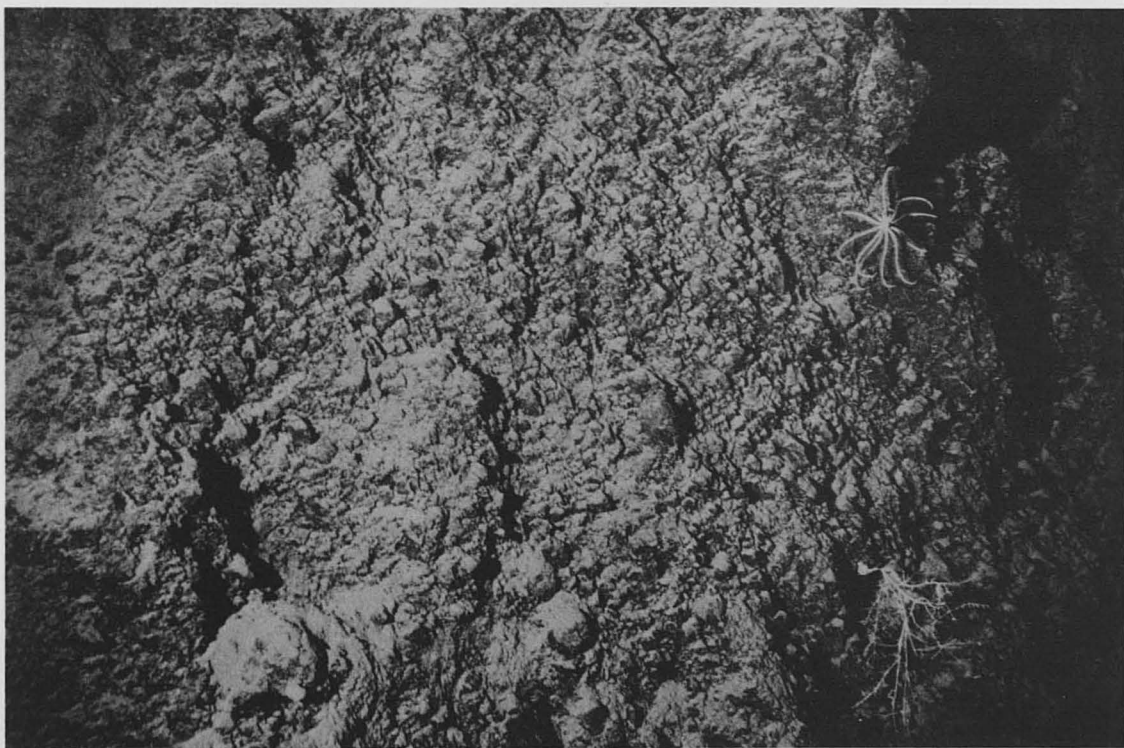


Photo 6 - Plongée 7, 11h33; profondeur 1786 m; prise de vue 232°. Calcaire finement fracturé; Tithonique supérieur à Berriasien inférieur (échantillon 7E4).

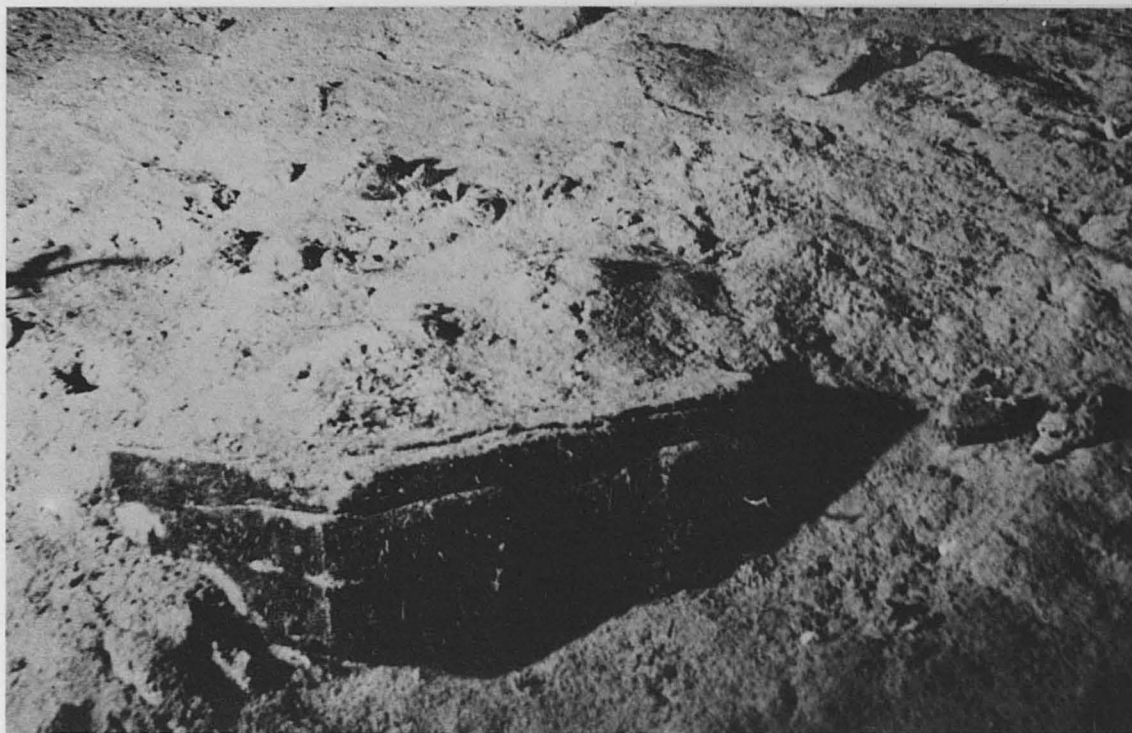


Photo 7 - Plongée 7, 10h15; profondeur 2958 m; prise de vue 98°. Grès légèrement micacé à débris végétaux (flysch); Hauterivien (échantillon 7E1).



Photo 8 - Plongée 7, 12h05; profondeur 2662 m; prise de vue 94°. Grès légèrement micacé à débris végétaux. Débit parallélépipédique (flysch); Hauterivien (échantillon 7E5).



Photo 9 - Plongée 8, 14h42; profondeur 1231 m; prise de vue 135°. Grès micacé à rares débris végétaux (flysch); Crétacé inférieur probable (échantillon 8E7).

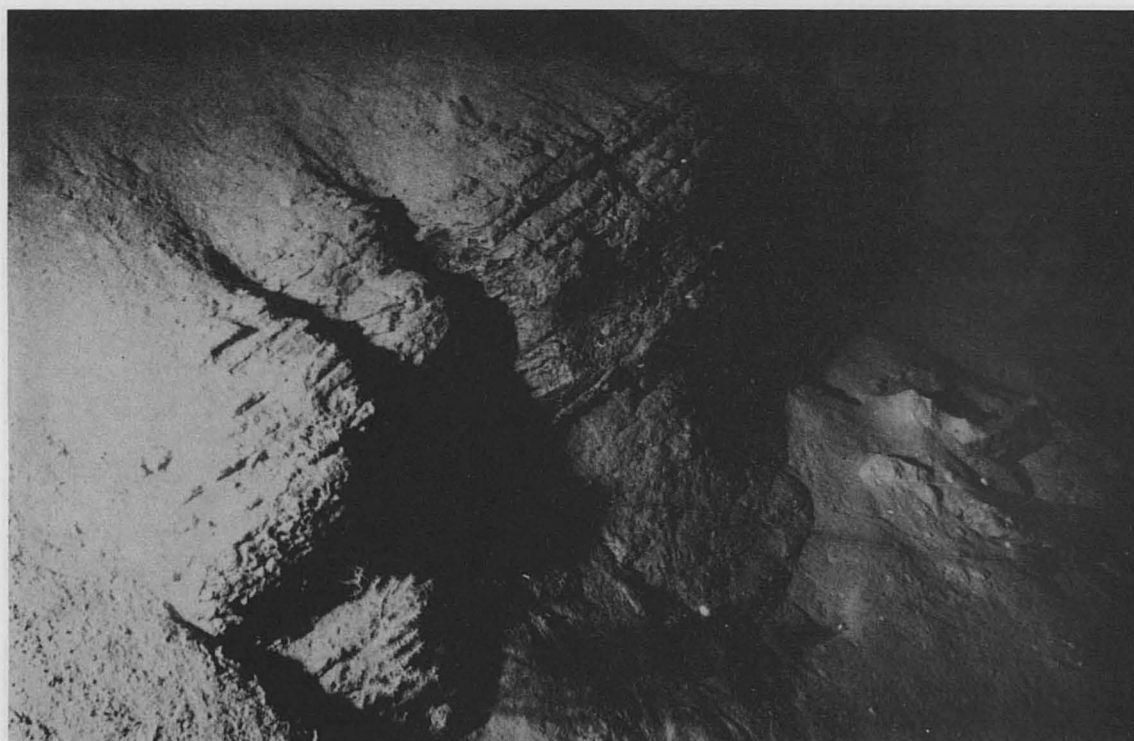


Photo 10 - Plongée 2, 17h10; profondeur 2295 m; prise de vue 118°. Pélite; Barrémien (échantillons 2E6 et 2E7).



Photo 11 - Plongée 9, 12h51; profondeur 853 m; prise de vue 110°.
 Conglomérat à gros blocs surmontant un lit de grès; Crétacé moyen.

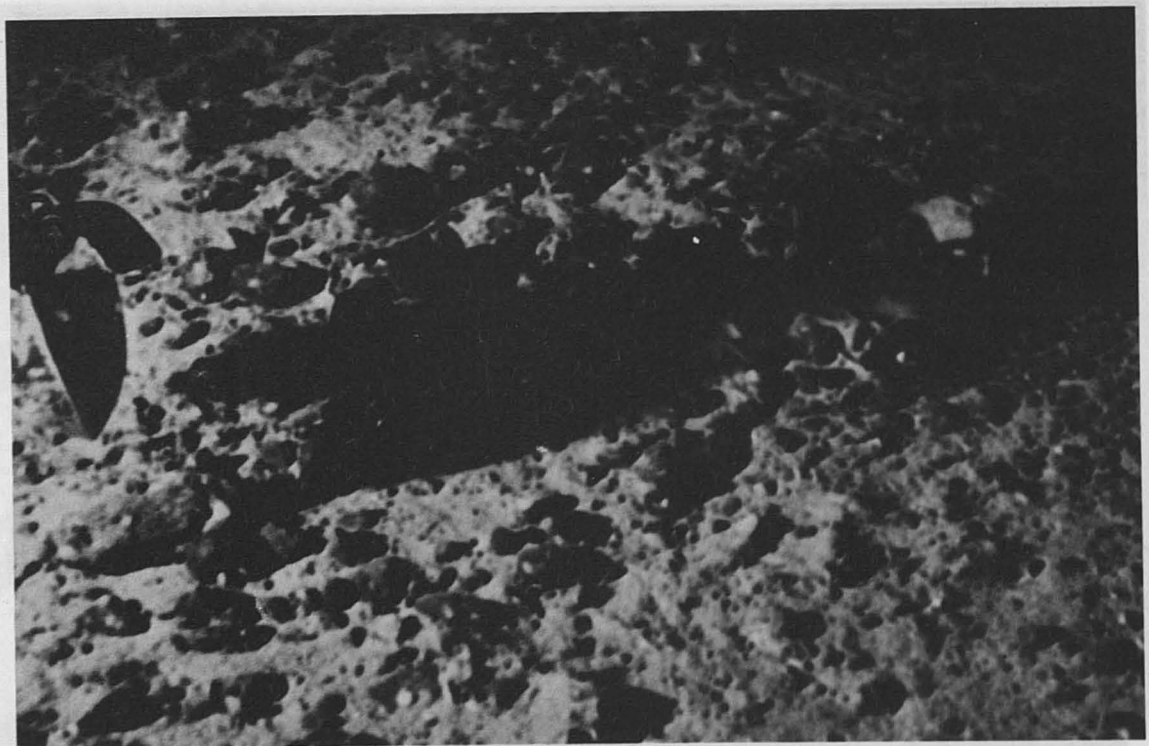


Photo 12 - Plongée 8, 16h16; profondeur 1033 m; prise de vue 237°.
 Conglomérat à galets de socle paléozoïque et précambrien; Crétacé moyen.

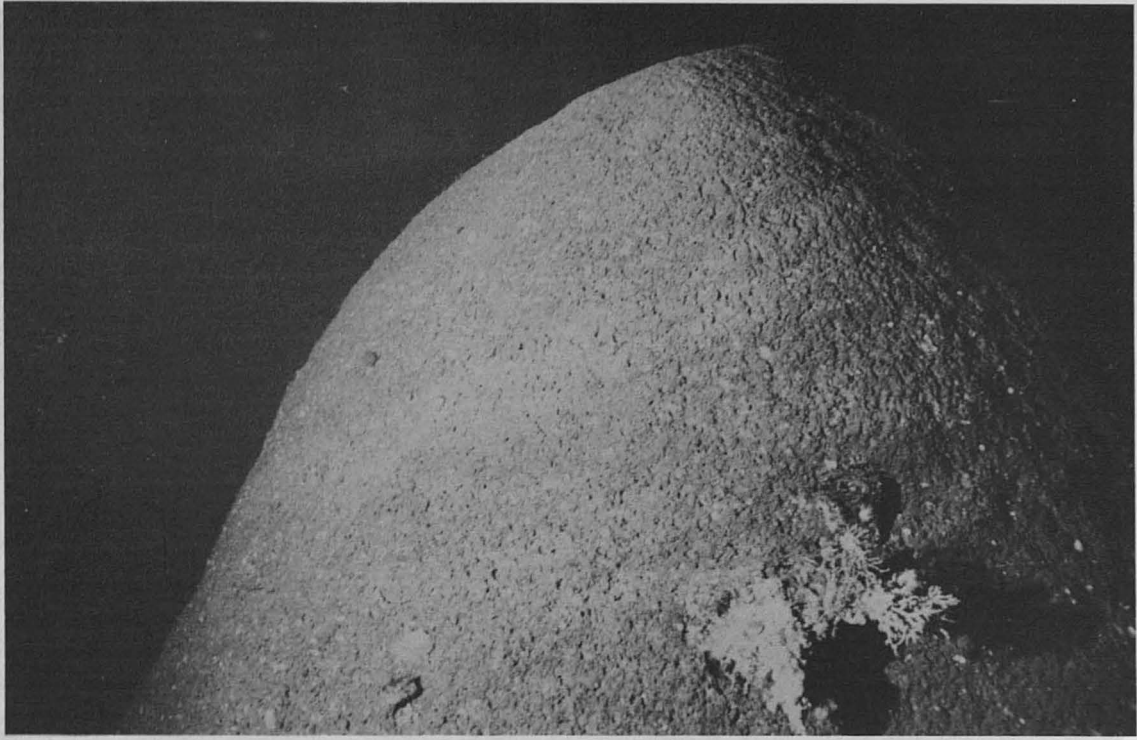


Photo 13 - Plongée 9, 13h03; profondeur 845 m; prise de vue 23°.
Butte modelée dans un calcaire tendre, d'âge aquitanien.



Photo 14 - Plongée 8, 14h21; profondeur 1290 m; prise de vue 196°. Calcaire marneux, tendre, de couleur blanche (nombreuses perforations d'origine organique); Miocène moyen ou plus récent (échantillon 8E6).



Photo 15 - Plongée 1, 18h25; profondeur 2630 m; prise de vue 145°. Niches d'arrachement dans des sédiments probablement plio-quaternaires.

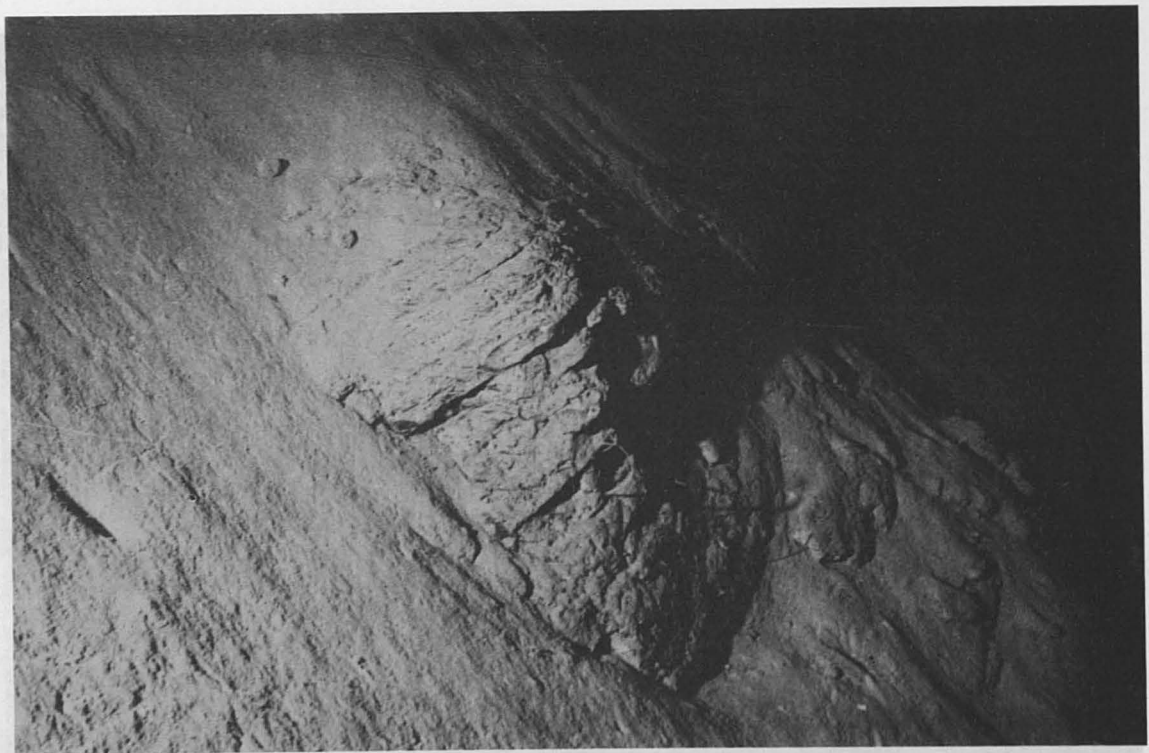


Photo 16 - Plongée 2, 17h09; profondeur 2299 m; prise de vue 141°. Débit schisteux subhorizontal, recoupant une stratification à pendage E à NE (flanc inverse d'un pli synschisteux?). Pélites barrémiennes (échantillons 2E6 et 2E7).



Photo 17 - Plongée 7, 12h28; profondeur 2581 m; prise de vue 144°.
 Système de fractures NE, subverticales ou à fort pendage SE, affectant une stratification subhorizontale ou à léger pendage SW à W).
 Calcaire jurassique supérieur-crétacé basal probable.



Photo 18 - Plongée 3, 17h01; profondeur 615 m; prise de vue 165°.
 Système de fracture subverticales de direction NE, espacées de 30 à 50 cm. Ebauche d'un second système de fractures, orthogonal au précédent. Grès du Crétacé inférieur ou moyen.



Photo 19 - Plongée 3, 12h45; profondeur 1447 m; prise de vue 204°. Double système de fractures (un système NS à N.NE à pendage E, et un système E.SE, subvertical) à maille décimétrique, affectant une stratification à léger pendage W. Calcaire jurassique supérieur-crétacé basal probable.



Photo 20 - Plongée 9, 14h03; profondeur 692 m; prise de vue 120°. Réseau orthogonal de fractures NE et SE affectant une stratification subhorizontale. Le tracé des fractures est souligné par un remplissage en relief. Grès du Crétacé moyen.

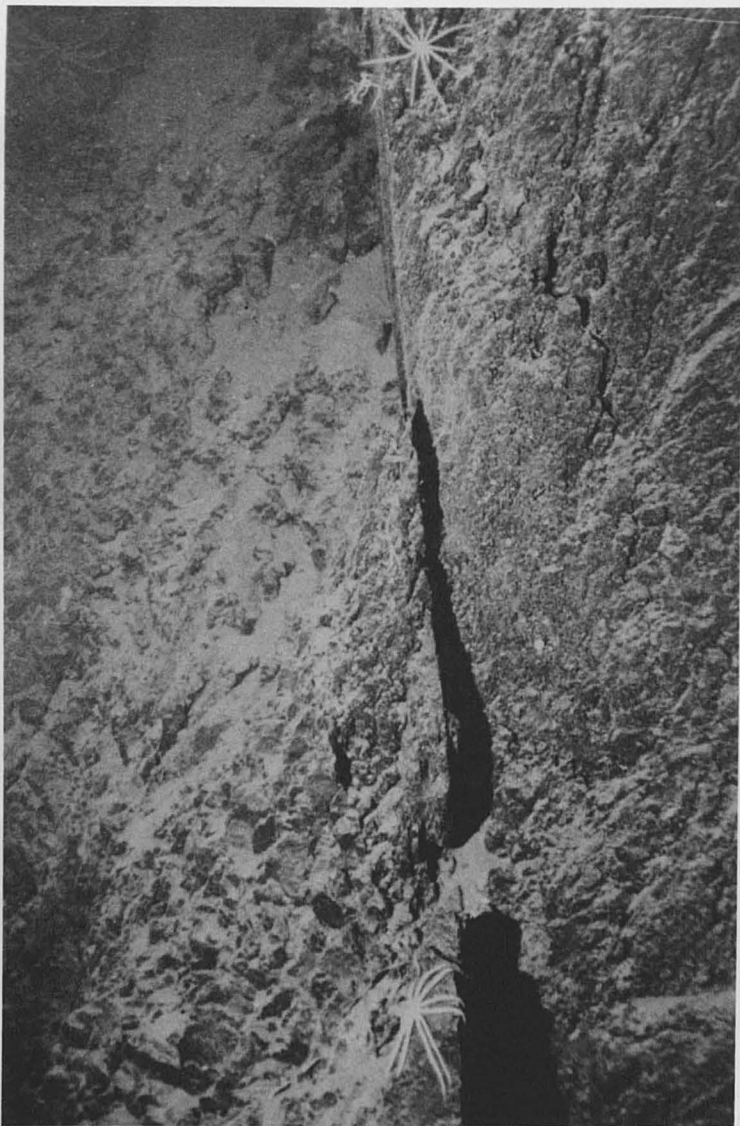


Photo 21 - Plongée 7, 12h20; profondeur 2612 m; prise de vue légèrement plongeante au 40°. Faille verticale de direction NE. Le compartiment gauche est affecté par des fractures de type Riedel : jeu décrochant éventuel. Calcaire jurassique supérieur-crétacé basal probable.



Photo 22 - Plongée 7, 13h15; profondeur 2355 m; prise de vue 135°. Faille normale de direction N 120° environ, à fort pendage N. Miroir strié (pitch de 90°). Calcaire jurassique supérieur-crétacé basal probable.

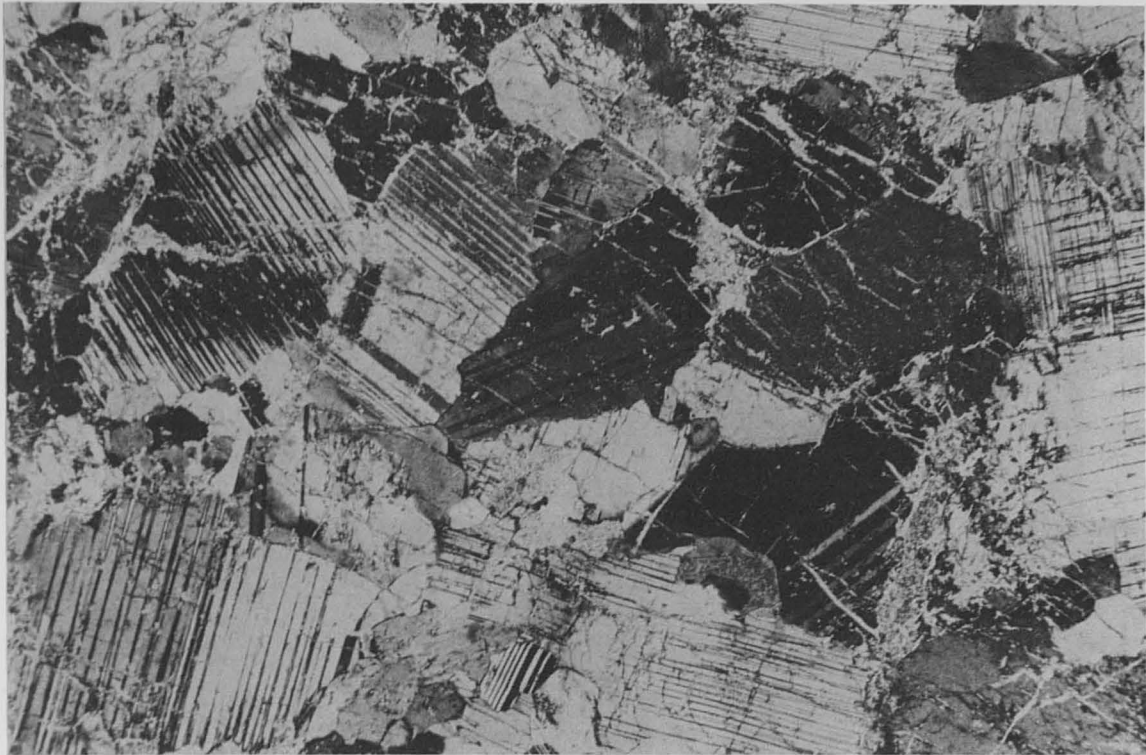


Photo 23 - Plongée 4, échantillon 4E3f; profondeur 685 m. Lumière polarisée x32. Anorthosite partiellement altérée avec développement de séricite.

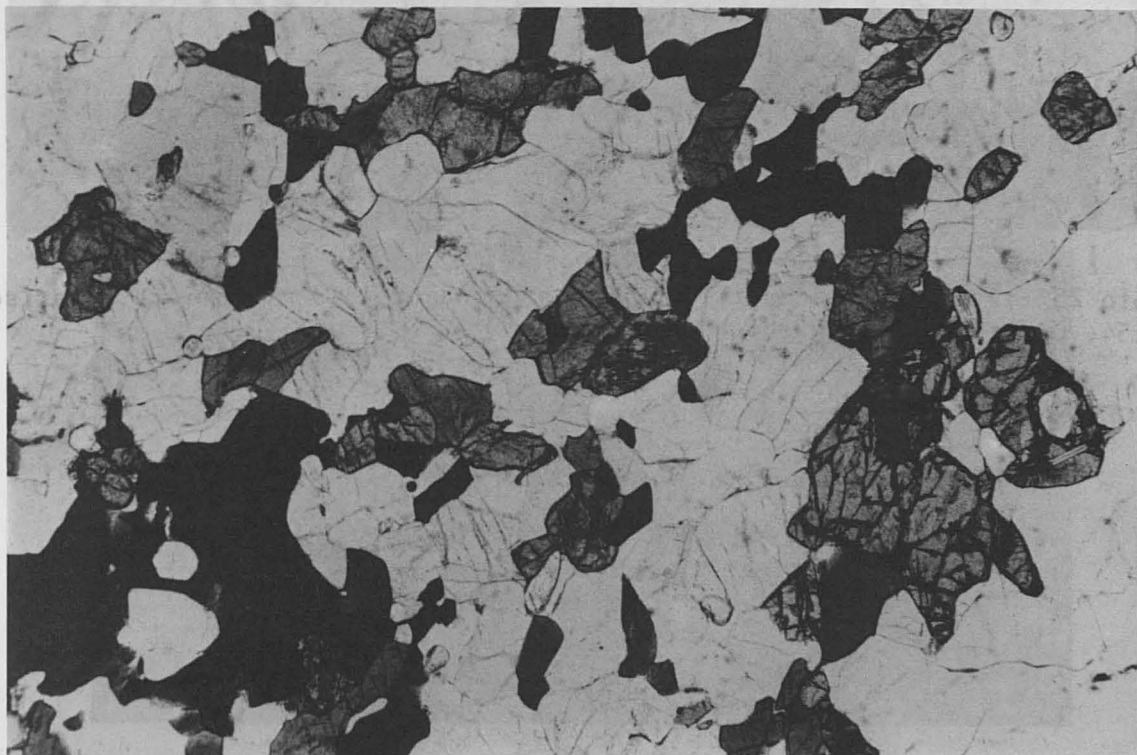


Photo 24 - Plongée 3, échantillon 3E5; profondeur 722 m. Lumière naturelle x32. Pyriclasite avec, principalement, plagioclase, orthopyroxène, hornblende et clinopyroxène.

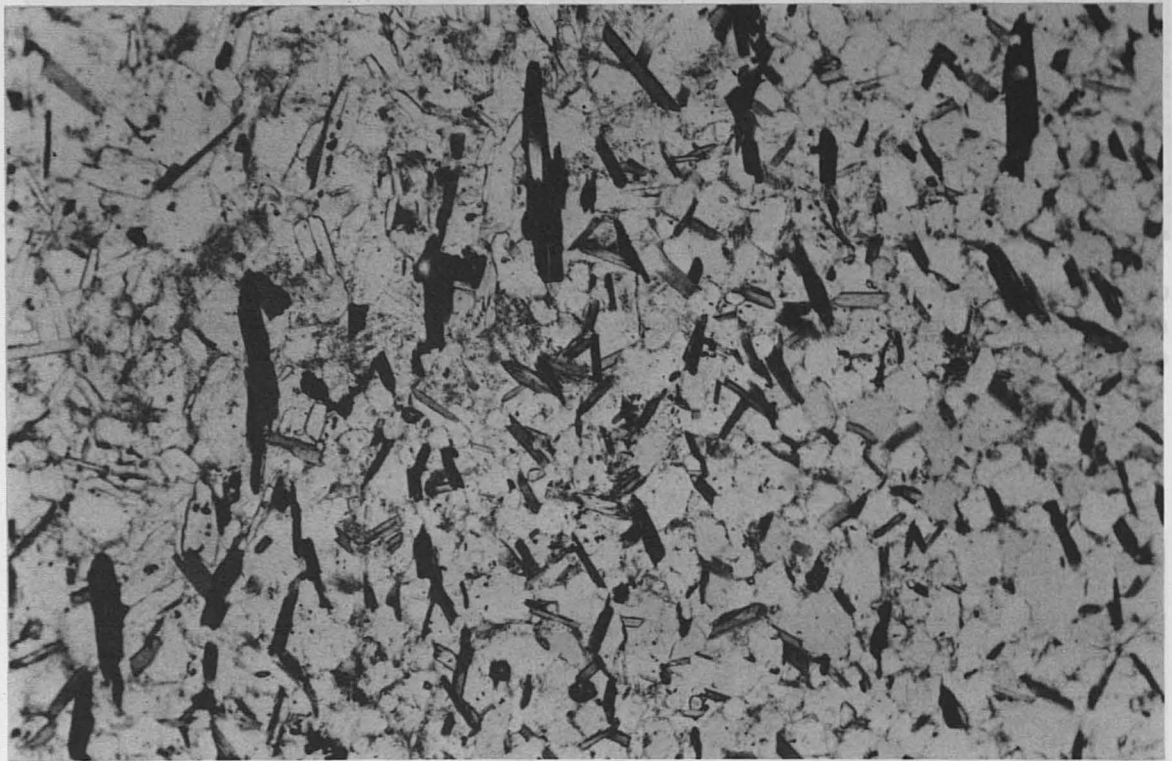


Photo 25 - Plongée 6, échantillon 6E1; profondeur 1313 m. Lumière polarisée x54. Quartzite feldspathique à biotite.

Photo 24 - Plongée 3, échantillon 3E2; profondeur 722 m. Lumière naturelle x32. Pyroxène avec, principalement, plagioclase, orthopyroxène, hornblende et clinopyroxène.

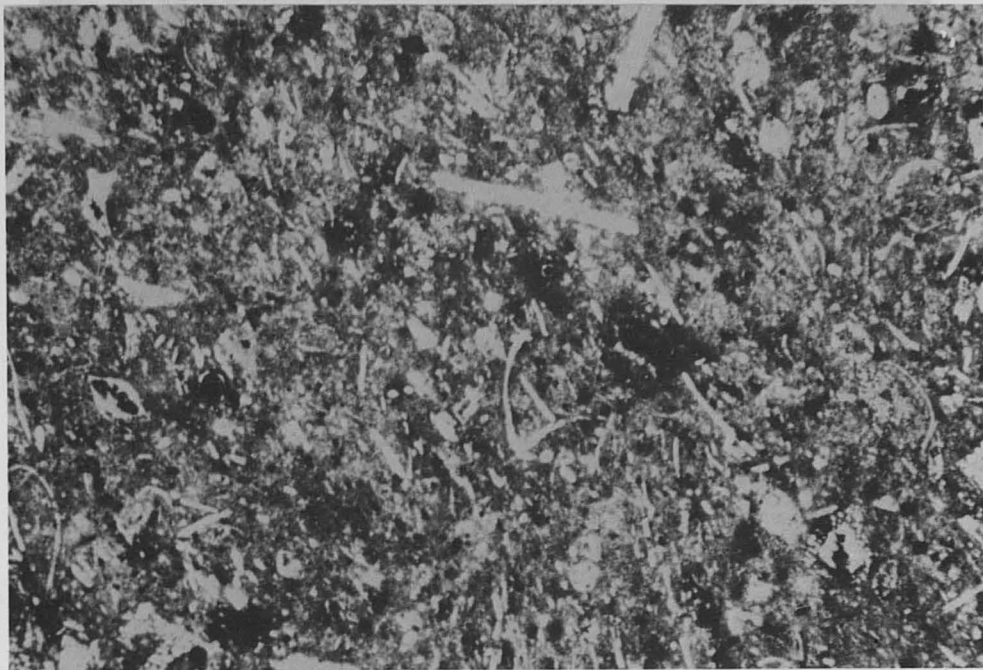


Photo 26 - Plongée 6, échantillon 6E4; profondeur 973 m; x 40.
Calcaire à filaments, débris d'Echinodermes et rares Foraminifères. Jurassique moyen probable (Bajocien possible).

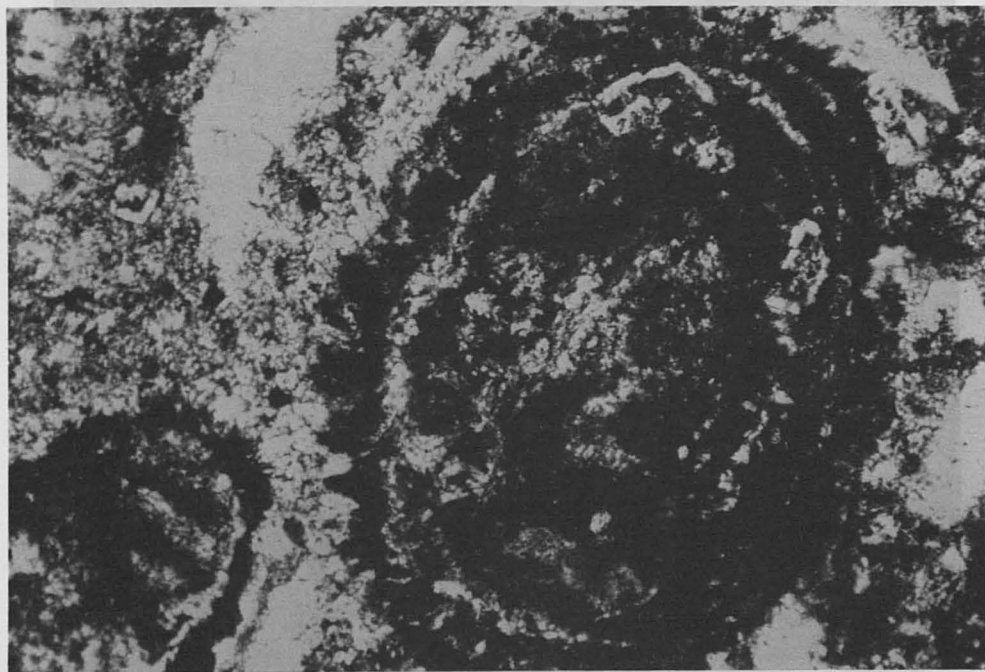


Photo 27 - Plongée 6, échantillon 6E4; profondeur 973 m; x400.
Oolithe ou pseudo-oolithe ferrugineuse dans le calcaire précèdent. Jurassique moyen probable (Bajocien possible).

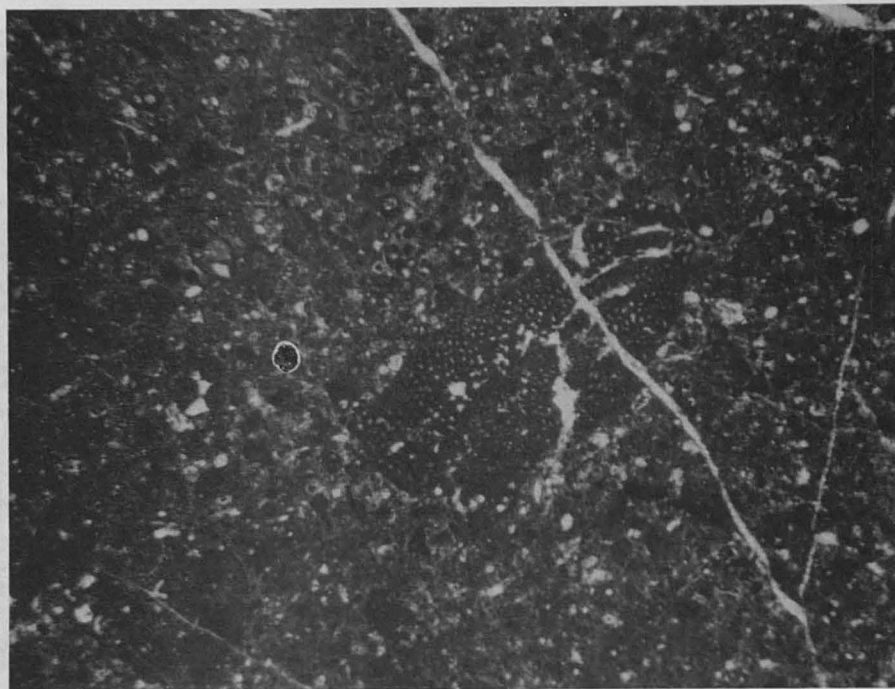


Photo 28 - Plongée 2, échantillon 2E1; profondeur 2800 m;
x20. Calcaire pellesoïde bioclastique avec débris d'*An-*
chispirocyelina lusitanica. Portlandien probable.

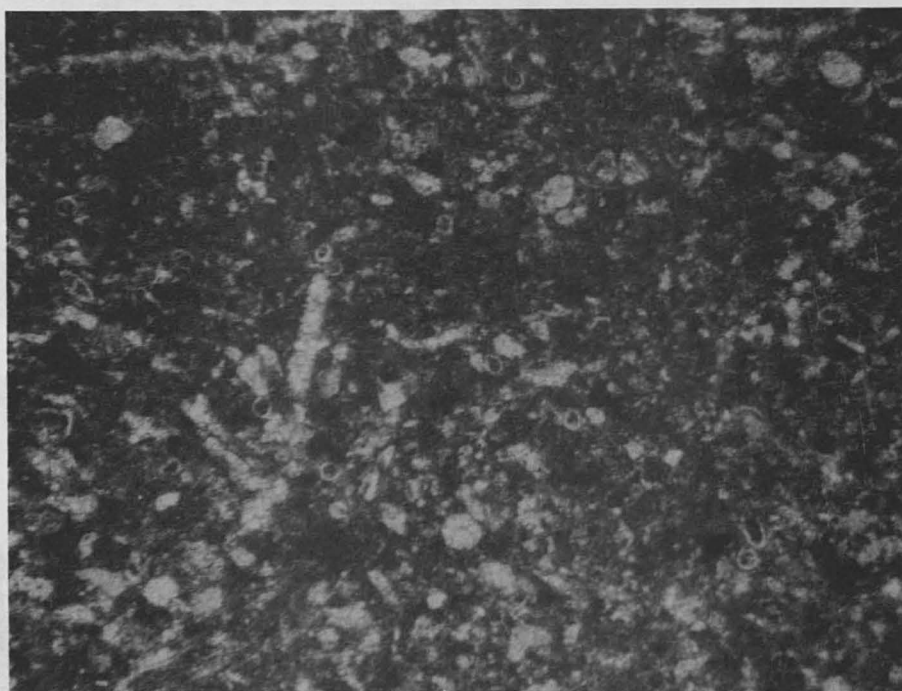


Photo 29 - Plongée 7, échantillon 7E4; profondeur 2789 m;
x60. Calcaire pellesoïde finement bioclastique à Cal-
pionelles. Tithonique supérieur-Berriasien inférieur.

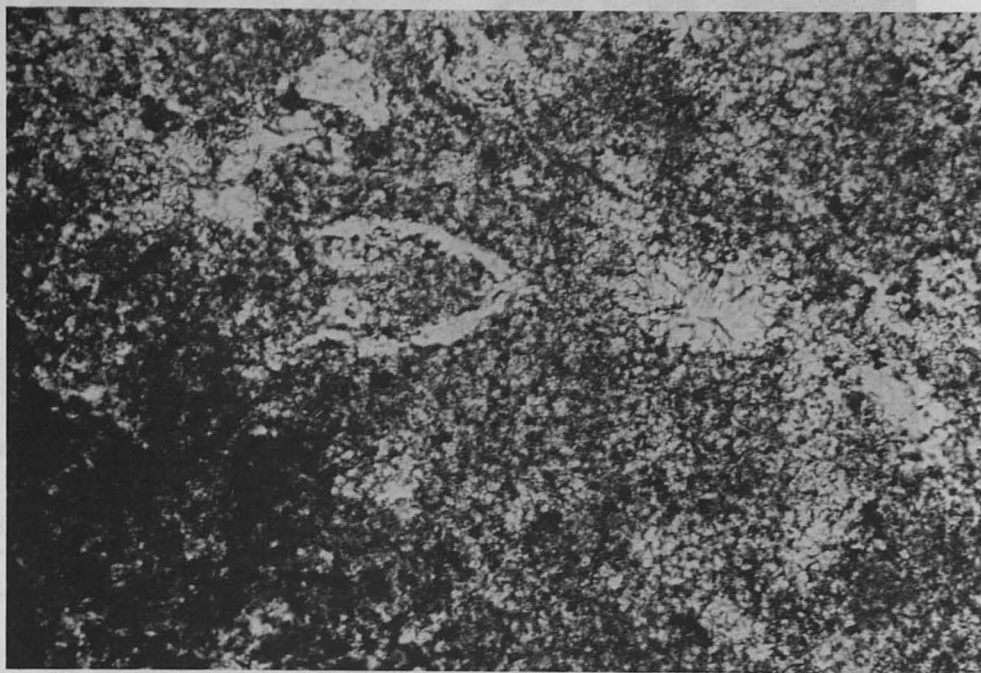


Photo 30 - Plongée 7, échantillon 7E4; profondeur 2789m; x400.
Plage micritique à Calpionelles (*Crassicolaria?*) dans le calcaire précédent. Tithonique supérieur-Berriasien inférieur.



Photo 31 - Plongée 7, échantillon 7E6; profondeur 2278m;
x250. Calcaire fin pelleté à Calpionelles (*Calpionella alpina* probable). Tithonique supérieur-Berriasien inférieur.

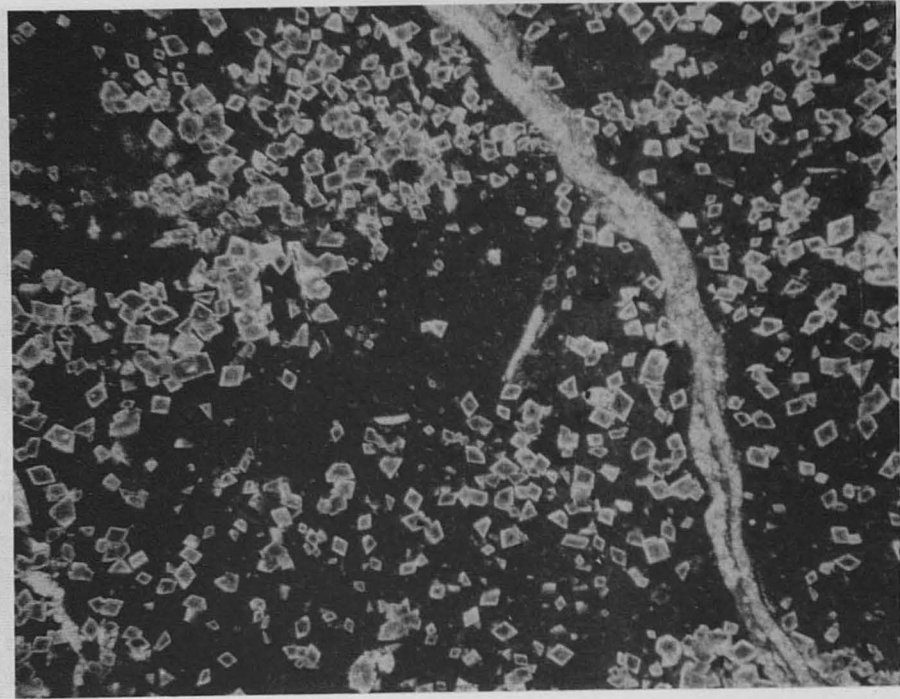


Photo 32 - Plongée 1, échantillon 1E4; profondeur 2087 m;
 x25. Calcaire micritique en voie de dolomitisation.
 Portlandien-Valanginien.



Photo 33 - Plongée 1, échantillon 1E2; profondeur 2385 m;
 x12. Calcaire "microbréchi" à débris de Polypiers,
 plages micritiques à bioclastes, et plages pseudo-
 oolithiques. Portlandien-Valanginien.

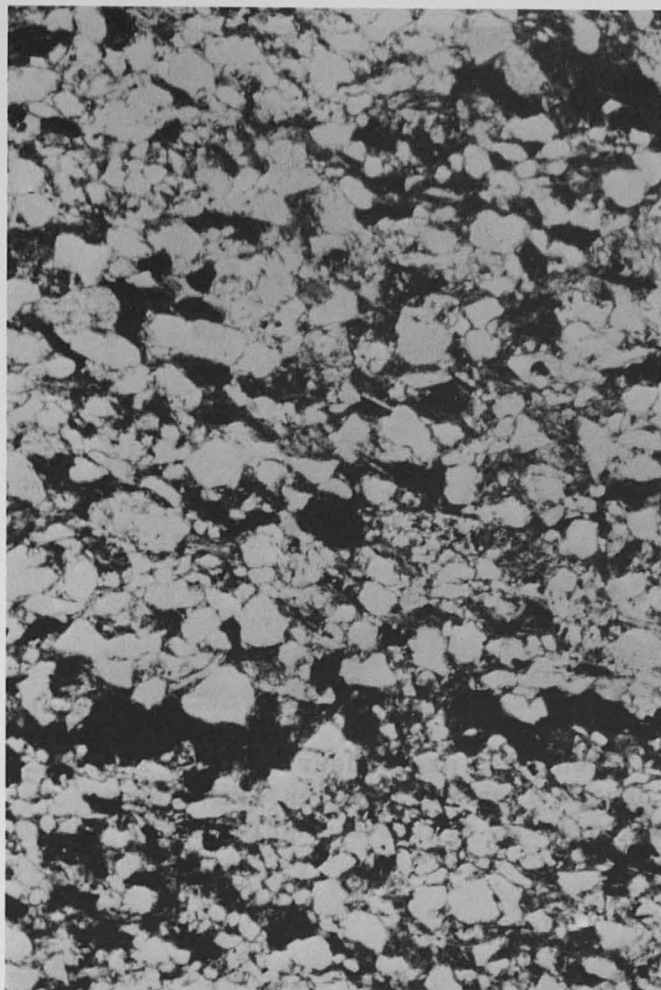


Photo 34 - Plongée 7, échantillon 7E3; profondeur 3002m; x40. Grès légèrement micacé à fins débris végétaux. Hauterivien, éventuellement Valanginien supérieur.

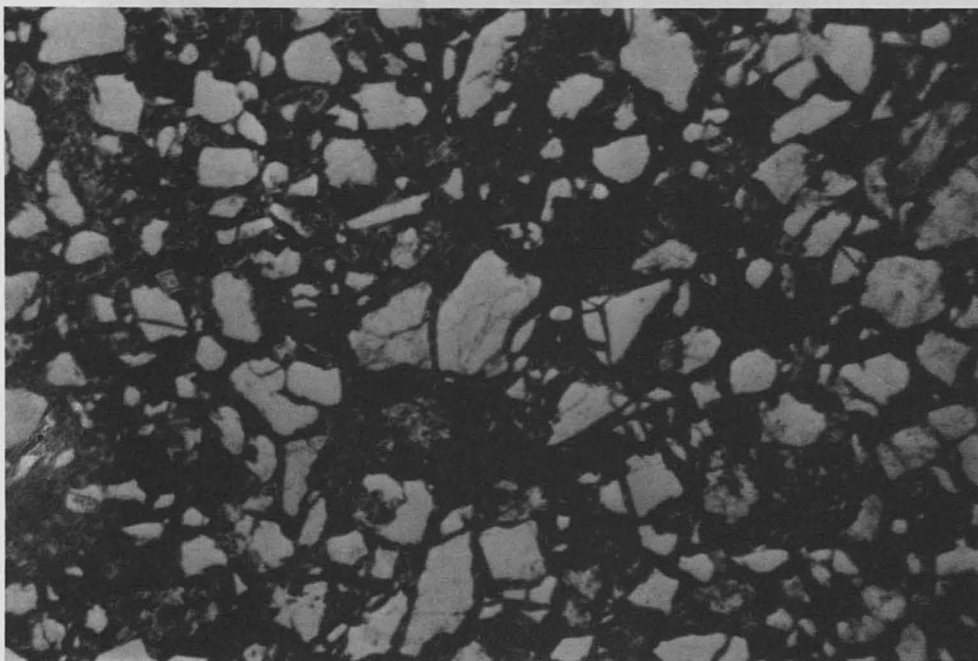


Photo 35 - Plongée 9, échantillon 9E6; profondeur 786 m; x40. Grès micacé à ciment ferrugineux. Age indéterminé. Crétacé inférieur possible.

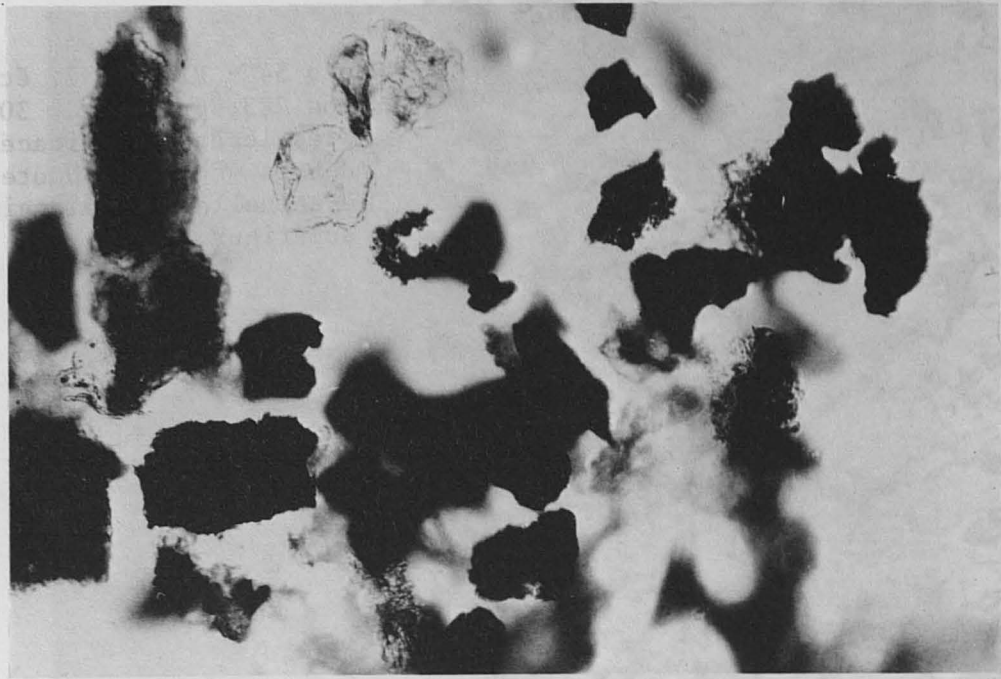


Photo 36 - Plongée 9, échantillon 9E2; profondeur 1076 m; x300.
 Grains de pollen et gros débris ligneux : faciès exinitique
 dans un grès à ciment plus ou moins argileux. Aptien infé-
 rieur à Albien inférieur.

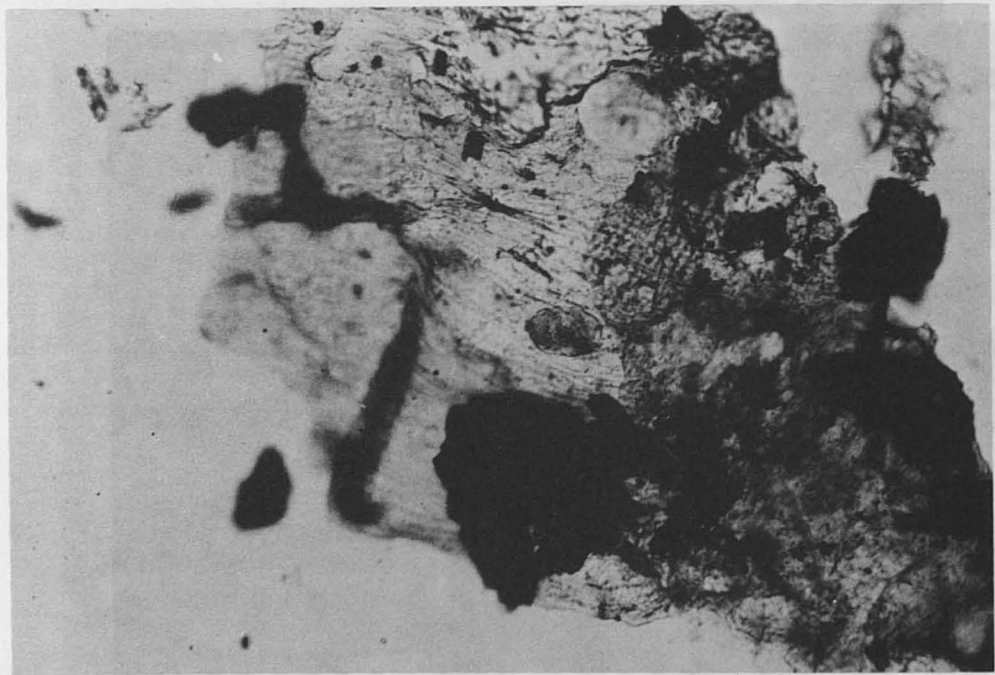
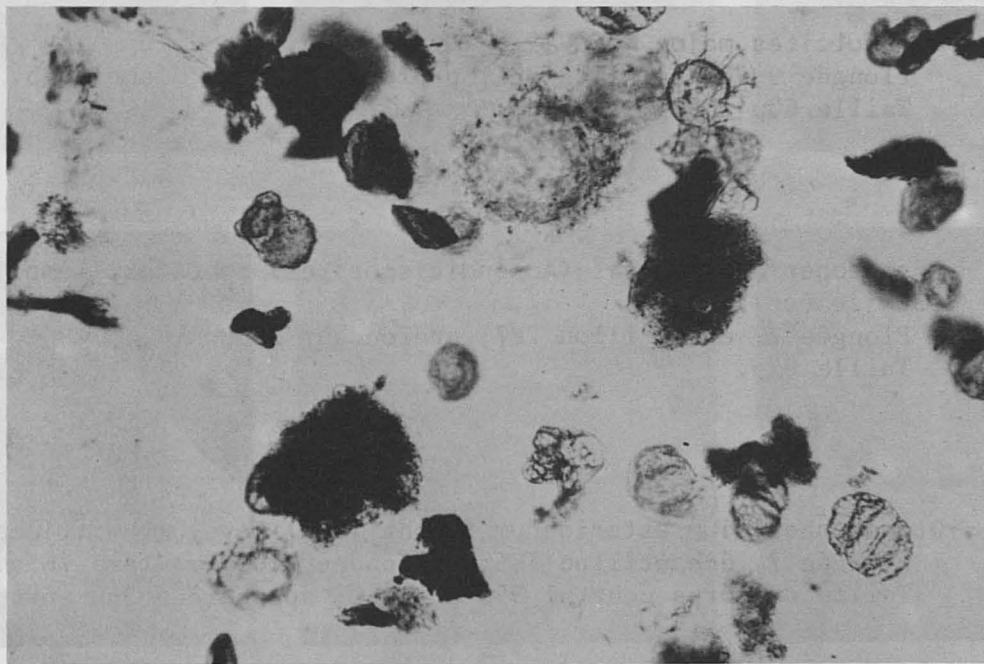
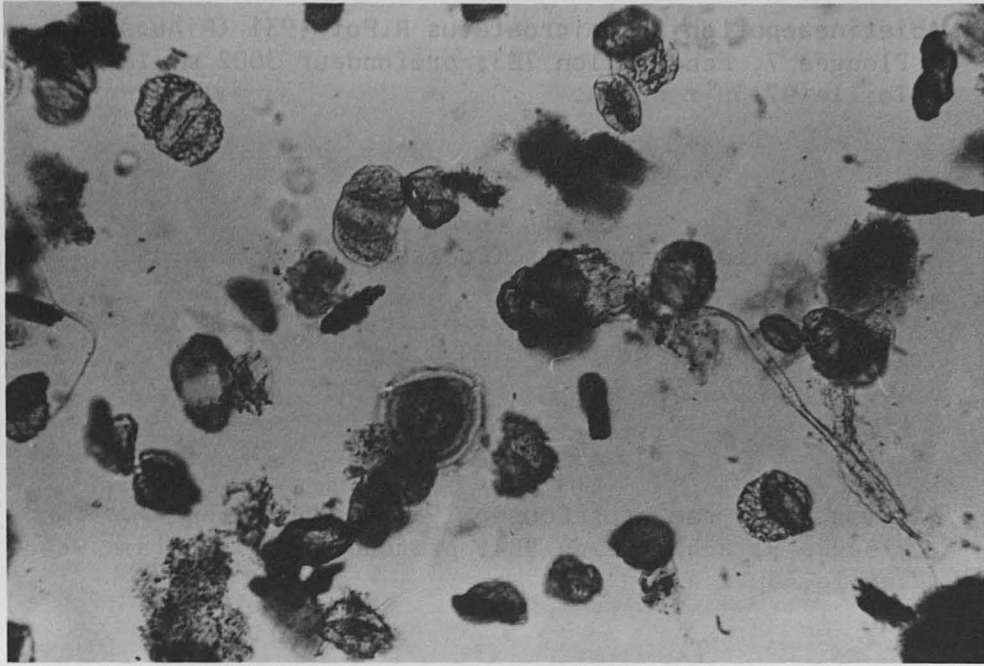
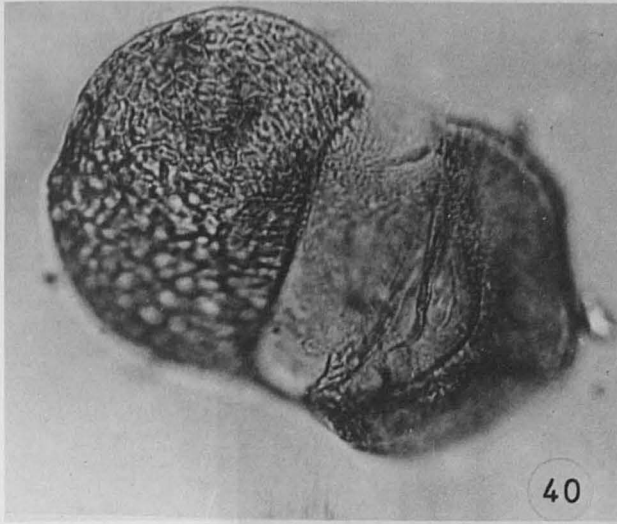


Photo 37 - Plongée 7, échantillon 7E5; profondeur 2663 m; x400.
 Grains de pollen et grande structure végétale cellulaire :
 faciès exinitique dans un grès légèrement micacé. Hauteri-
 vien.

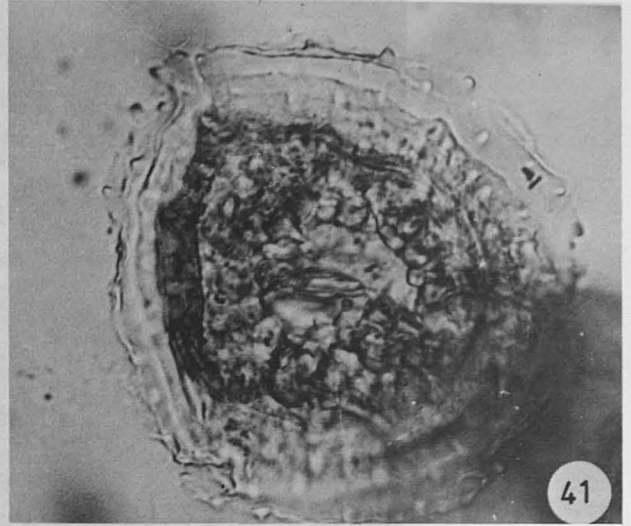


Photos 38 et 39 - Plongée 2, échantillon 2E7; profondeur 2300m; x400. Spores et grains de pollen, Dinoflagellés, débris ligneux, matière organique colloïdale algale : faciès xénomorphique dans une pélite. Barrémien-Aptien.

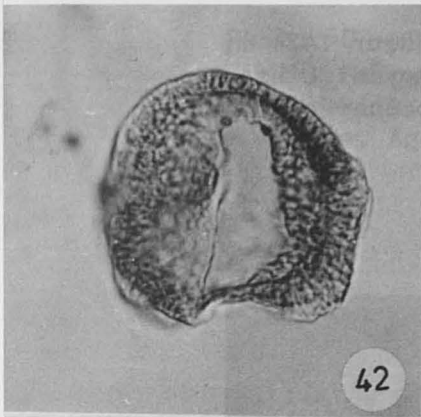
- Photo 40 - *Abietineaepollenites microalatus* R.Pot 1931 (Pinacée).
Plongée 7, échantillon 7E3; profondeur 3002 m; lame 7E3 P.
Taille 97,5 μ x 62,5 μ .
- Photo 41 - *Aequitriradites spinulosus* (Cookson et Dettmann 1958) Dettmann 1963
(Bryophyte).
Plongée 2, échantillon 2E7; profondeur 2300 m; lame 2E7a.
Taille 92,5 μ .
- Photo 42 - *Parvisaccites radiatus* Couper 1958 (Podocarpacee?).
Plongée 9, échantillon 9E4; profondeur 869 m; lame 9E4b.
Taille 45 μ x 42,5 μ .
- Photo 43 - *Sestrosporites pseudoalveolatus* (Couper 1958) Dettmann 1963
(Selaginellale?).
Plongée 7, échantillon 7E3; profondeur 3002 m; lame 7E3b.
Taille 62,5 μ .
- Photo 44 - *Monosulcites major* Kemp 1970 (Cycadale?).
Plongée 9, échantillon 9E4; profondeur 869 m; lame 9E4b.
Taille 60 μ x 50 μ .
- Photo 45 - *Costatoperforosporites (Appendicisporites) robustus* (Kemp 1970)
(Schizéacée).
Plongée 2, échantillon 2E7; profondeur 2300 m;
Taille 62 μ .
- Photo 46 - *Oligosphaeridium asterigerum* (Gocht 1959) Davey et Williams 1966.
Plongée 7, échantillon 7E5; profondeur 2663 m; lame 7E5a.
Taille du corps central 55 μ x 47,5 μ ; appendices 35 μ environ.
- Photo 47 - *Cyclonephelium distinctum* Deflandre et Cookson 1955.
Plongée 2, échantillon 2E7; profondeur 2300 m;
Taille 72 μ .



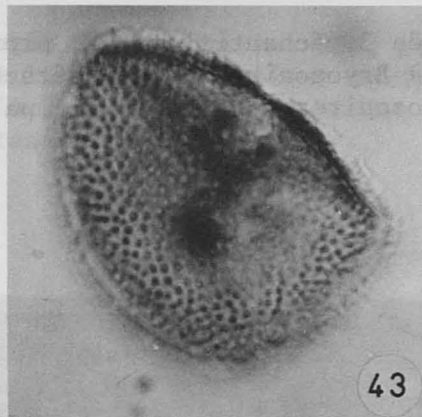
40



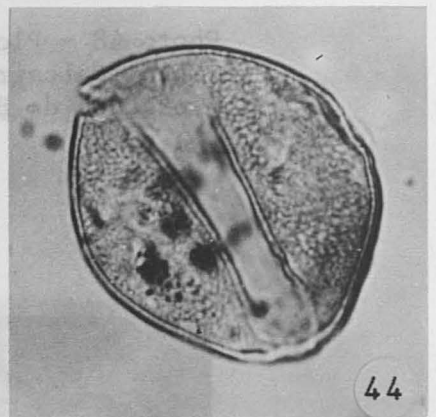
41



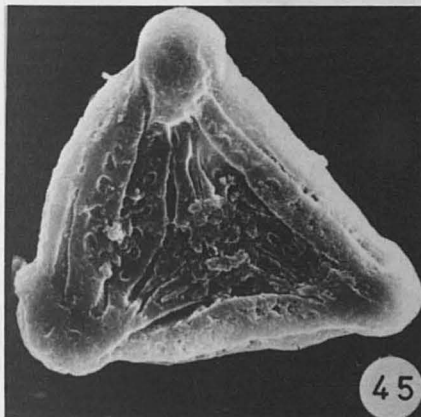
42



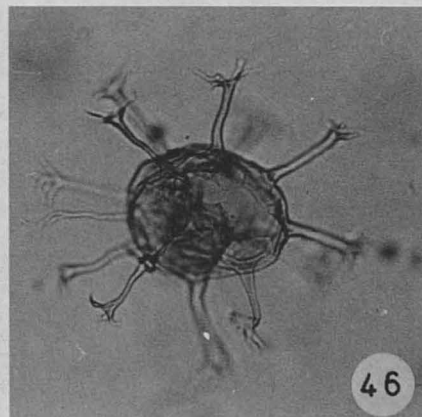
43



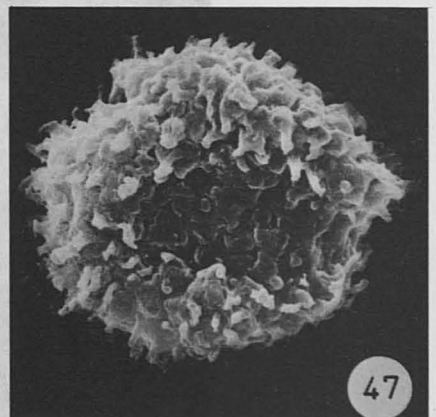
44



45



46



47

Amphitégmes et Foraminifères planctoniques de l'Alp-
 phaticampes et de l'époque des téthysiens, Alpes
 et de l'époque des téthysiens, Alpes et de l'époque des
 Photo 49. Amphitégme 4, section transversale; diamètre 500µm.

Photo 40



Photo 48 - Plongée 3, échantillon 3E2; profondeur 1471 m; x25. Calcaire à Bryozoaires. Post-Crétacé moyen. L'association de Bryozoaires suggère un âge paléocène-éocène.

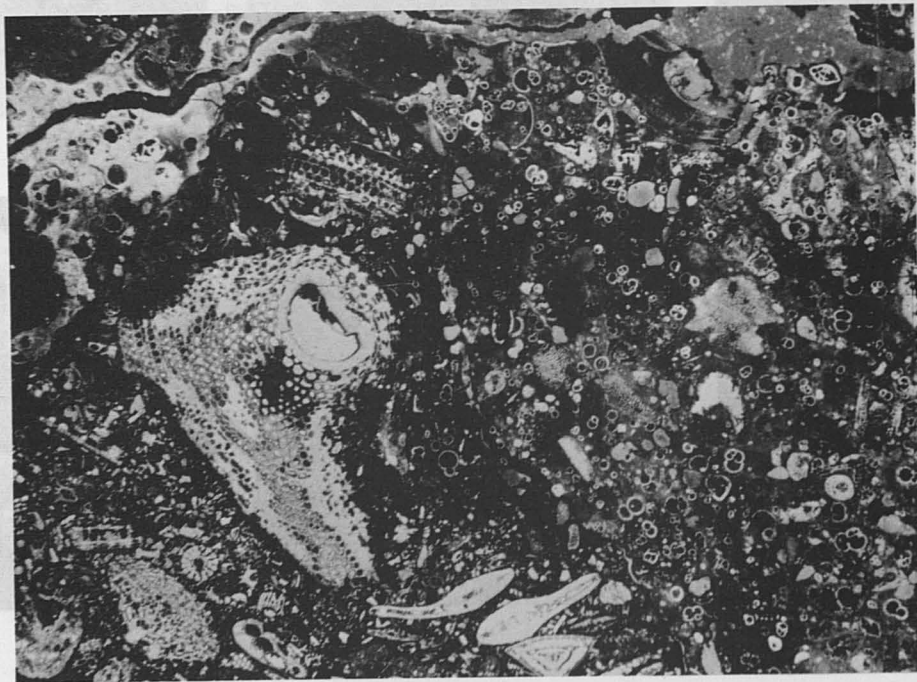


Photo 49 - Plongée 4, échantillon 4E4; profondeur 6800 m; x10. Microbrèche à ciment micritique, à Foraminifères planctoniques et éléments à Lépidocyclines, Operculines, Amphistégines et Foraminifères planctoniques de l'Aquitainien.



Photo 50 - Plongée 9, échantillon 9E5; profondeur 854 m; x12. Calcaire légèrement argileux à Lépidocyclines, Operculines, Amphistéginés, Bryozoaires, Echinodermes, Algues. Aquitanien probable.



Photo 51 - Plongée 9, échantillon 9E3; profondeur 972 m; x12. Calcaire "construit" à Lithothamniées et quelques débris de Lépidocyclines, Operculines, Amphistéginés. Aquitanien probable.

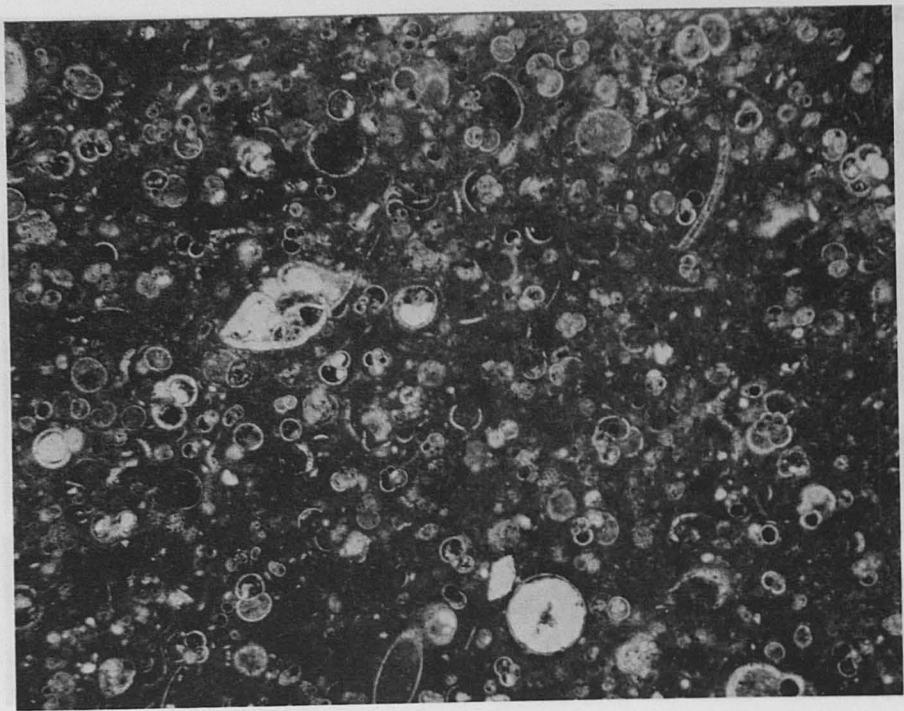


Photo 52 - Plongée 8, échantillon 8E6; profondeur 1289 m;
 x30. Calcaire argileux à nombreux Foraminifères plan-
 toniques (dont *Globorotalia* cf. *fohsi*). Miocène moyen
 possible.

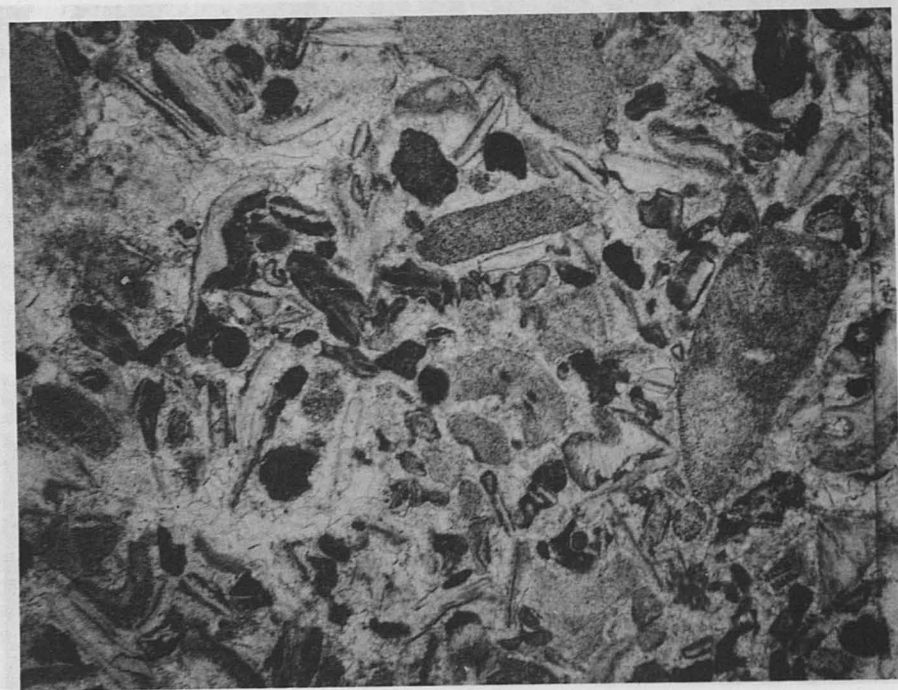


Photo 53 - Plongée 8, échantillon 8E2; profondeur 1504 m;
 x15. Calcaire coquillier à nombreux restes d'Echinoder-
 mes, Lamellibranches et Bryozoaires. Age indéterminé.

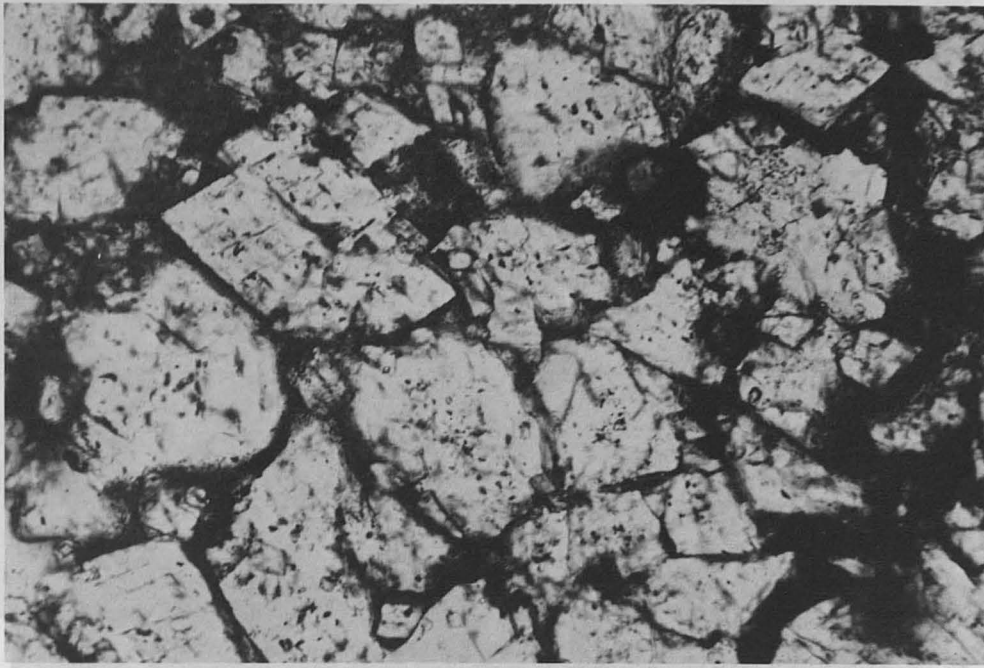


Photo 54 - Plongée 7, échantillon 7E7; profondeur 1735 m; x400.
Effet des contraintes tectoniques : rhomboèdres de dolomite
fracturés et déplacés. Dolomie du Jurassique supérieur possible.

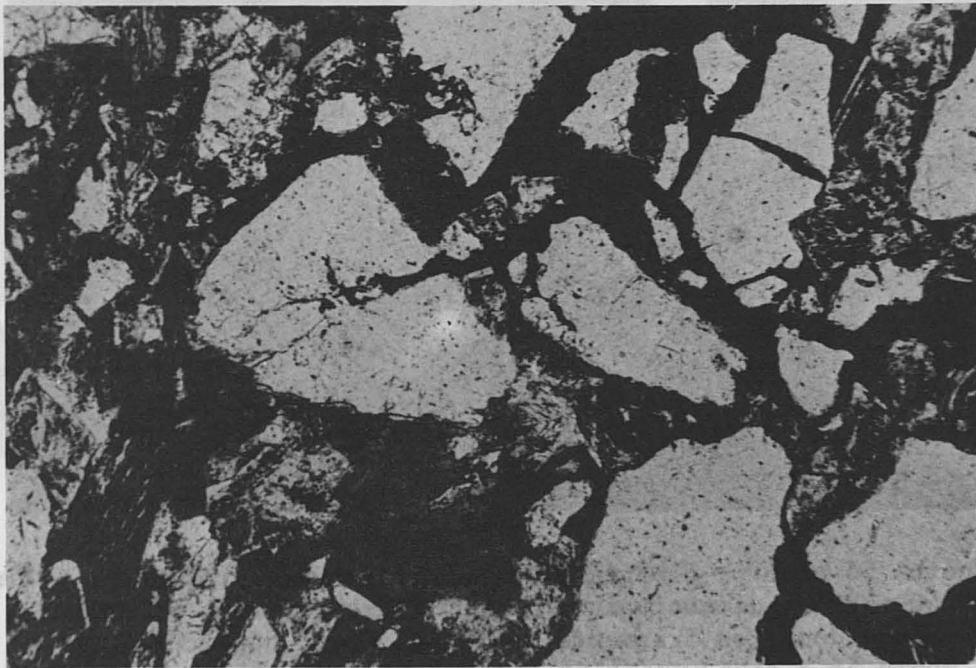


Photo 55 - Plongée 5, échantillon 5E6; profondeur 1238 m; x400.
Effet des contraintes tectoniques : grains de quartz fracturés et déplacés dans un grès arkosique. Age indéterminé.
Post-Paléozoïque probable.

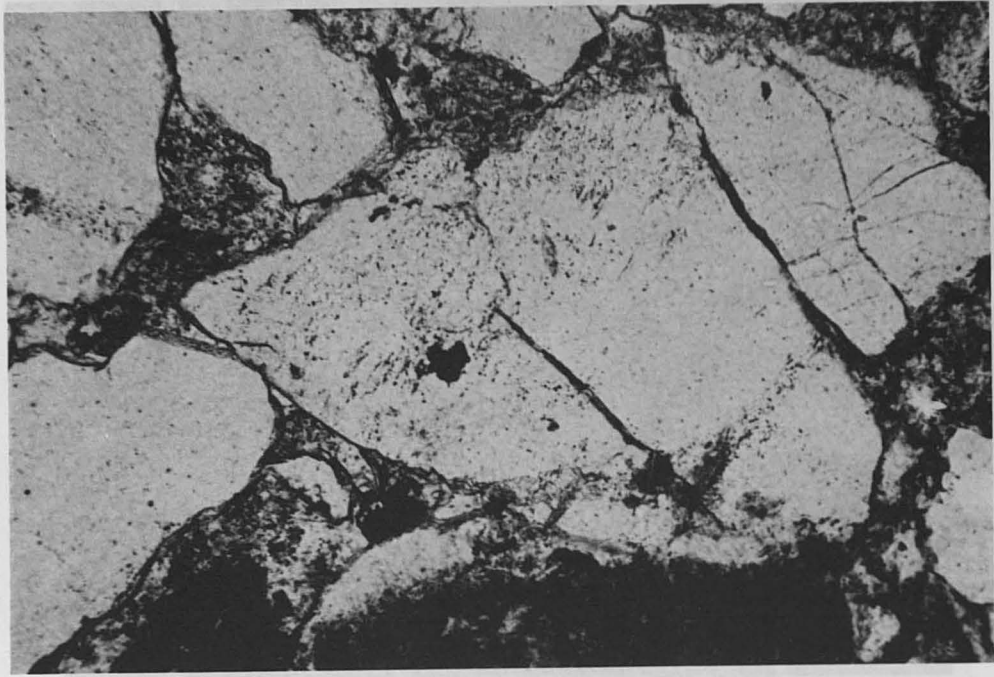
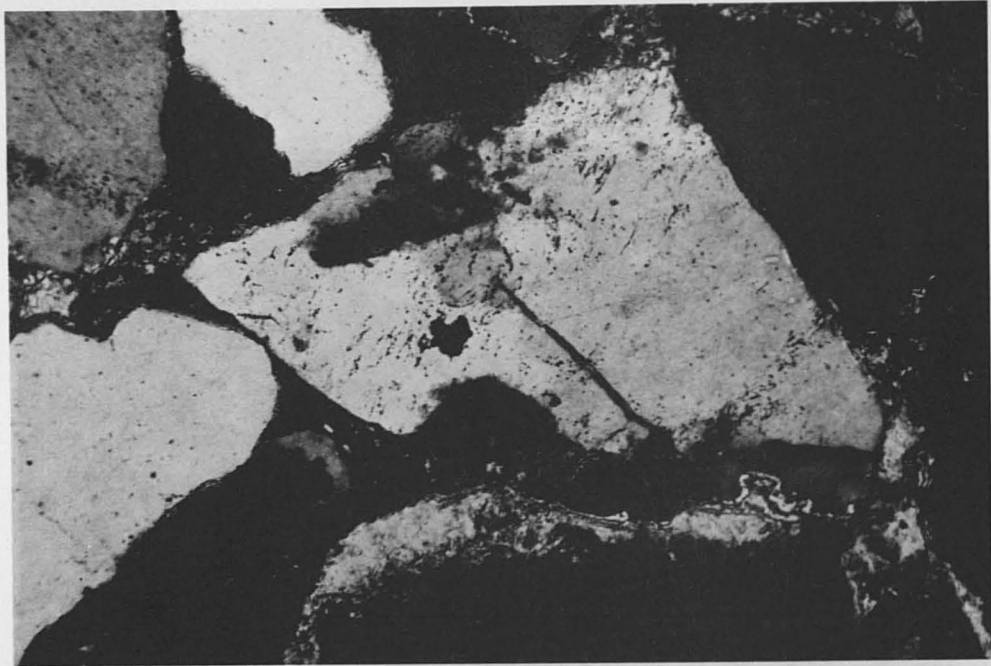


Photo 54 - Plongée 7, échantillon VE7; profondeur 1735 m; x400.
Effet des contraintes tectoniques : rhomboédres de dolomite
fracturés et déplacés. Dolomite du Turassien supérieur pos-
sible.

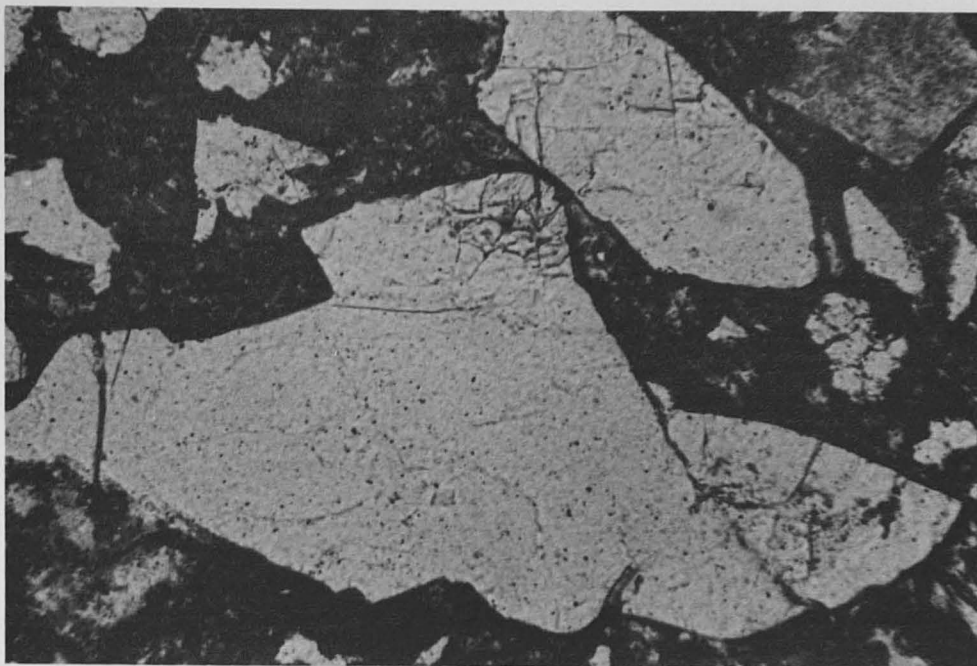


Photos 56 et 57 - Plongée 9, échantillon 9E7; profondeur 692 m;
x400. Effet de contraintes tectoniques : grains de quartz
brisés dont les fragments sont légèrement déplacés.

Photo 56 : observation en lumière polarisée non analysée.

Photo 57 : observation en lumière polarisée analysée.

Noter l'orientation différente des axes optiques dans les
fragments. Crétacé inférieur possible.



Photos 58 et 59 - Plongée 8, échantillon 8E1; profondeur 1633m;
x400. Effet de contraintes tectoniques : grains de quartz
brisés.

Photo 58 : observation en lumière polarisée non analysée.

Noter la fracturation au contact des grains.

Photo 59 : observation en lumière polarisée analysée.

Noter le désordre dans les réseaux cristallins, en parti-
culier dans le grain hexagonal coincé entre deux autres
grains de quartz. Crétacé inférieur possible.

Imprimé par
INSTAPRINT - Tours

IV. SÉRIE "RESULTATS DES CAMPAGNES A LA MER"

Volume 21 x 29,7

N°

1. 1971 - Campagne "NORATLANTE" (1969)
Groupe Scientifique du C.O.B.
1 Vol. 30 x 42 - 385 pages - 100 F.
2. 1971 - Campagne de flexo-électro-carottage en Méditerranée nord-occidentale (1970)
préparé par G. PAUTOT
400 pages - 60 F.
3. 1972 - "BATHYSCAPHE 'ARCHIMEDE'"
Campagne 1977 à Madère - 1969 aux Açores
126 pages - 2 pl. en couleurs - 80 F.
4. 1972 - Campagne "COFRASOV I" (1969)
*Laboratoire d'Hydrophysique Marine de l'Académie des Sciences d'Ukraine à Sabastopol
Laboratoire d'Océanographie Physique du Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris*
156 pages - 60 F.
5. 1972 - Campagne "POLYMEDE I" (1970)
Département Scientifique du C.O.B.
1 Vol. 30 x 42 - 100 F.
6. 1973 - Campagne "CINECA CHARCOT I" (1971)
préparé par A. THIRIOT
188 pages - 50 F.
7. 1974 - Campagne "CINECA CHARCOT II" (1971)
Groupe MEDIPROD
138 pages - 50 F.
8. 1974 - Campagne "MEDIPROD III" (1972)
Groupe MEDIPROD
40 pages - 50 F.
9. 1976 - Caractéristiques chimiques et planctoniques du golfe de Gascogne et du Proche-Atlantique
P. LE CORRE, P. TREGUER
306 pages - 76,50 F.
10. 1976 - Campagne "CINECA 5 - CHARCOT - CAPRICORNE 7403"
Groupe MEDIPROD - préparé par J. GOSTAN
pagin. mult. - 140 F.
11. 1977 - Campagne "BIOGAS" (1972/1974)
L. LAUBIER, M. SIBUET
40 pages - 43.
12. 1977 - Campagne "MEDOC 1972"
*C. MAILLARD, O. CAHEN-HERZ,
J. GENNESSEAUX, J.C. GASCARD*
70 pages - 178 F.
13. 1977 - Campagne "GUIDOME. Upwelling 1976"
Fascicule I - 104 pages
Fascicule II - 100 pages
Groupe MEDIPROD - préparé par B. COSTE
113 F. les 2 volumes.
14. 1978 - Campagne "ESTOCADE - Submersible CYANA" (1976)
F. ROURE, S. MONTI, A. LE LANN
73 pages, 40 photos noir et blanc,
3 cartes dépliantes.
15. 1978 - Campagne "NIMBUS F - Bouées dérivantes dans l'Atlantique Nord-Est" (1976-1977)
F. MADELAIN, A. BILLANT
96 pages.
16. 1978 - Campagne "ANTIPROD I - Marion-Dufresne" (1977)
Groupe MEDIPROD - T.A.A.F.
151 pages.
17. 1979 - Campagne "CYAGOR - Submersible CYANA" (1977)
A. LE LANN, J.M. AUZENDE, J.L. OLIVET
75 pages.
18. 1979 - "Expérience N.E.A.D.S." Volume I (1977-1978)
A. KARTAVTSEFF, A. BILLANT
238 pages - 80 F.
1980 - "Expérience N.E.A.D.S." Volume II (1978-1979)
A. KARTAVTSEFF, A. BILLANT
76 pages - 50 F.
19. 1981 - Campagne "CIPREA"
Juin-Septembre 1978
B. VOITURIEZ
250 pages - 150 F.
20. 1980 - Campagne "CYADANOIS - Submersible CYANA"
9-22 Juillet 1979
J.A. MALOD, G. BOILLOT
80 pages - 100 F.

● Série "SUBMERSIBLES"