



N° 5 - 1994

**LES MARGES CONTINENTALES
TRANSFORMANTES
OUEST-AFRICAINES
CÔTE D'IVOIRE, GHĀNA, GUINÉE**

*CAMPAGNE ÉQUANAUTE
3 juin - 2 juillet 1992*

Sous la direction de
Jean MASCLE
Observatoire océanologique de Villefranche-sur-Mer



REPÈRES OCÉAN N° 5 - 1994

**LES MARGES CONTINENTALES
TRANSFORMANTES
OUEST-AFRICAINES
CÔTE D'IVOIRE, GHANA, GUINÉE**

**RÉSULTATS de la CAMPAGNE de PLONGÉE
ÉQUANAUTE
3 juin - 2 juillet 1992**

sous la direction de
Jean MASCLE

URA CNRS 718 - GEMCO.
Laboratoire de géodynamique sous-marine
de l'Observatoire océanologique de Villefranche-sur-Mer



ÉDITIONS DE L'IFREMER
IFREMER - Centre de BREST
BP 70 - 29280 PLOUZANÉ (France)
Tél. 98 22 40 13 - Fax 98 22 45 86

ISSN 1240-1153

ISBN 2-905434-50-3

© Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer, Ifremer, 1994

SOMMAIRE

INTRODUCTION	3
EQUIPES SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE "EQUANAUTE"	8
LA MARGE CONTINENTALE DE COTE-D'IVOIRE - GHANA	9
Plongée EN 1	13
Plongée EN 2	17
Plongée EN 3	23
Plongée EN 4	27
Plongée EN 5	31
Plongée EN 6	37
Plongée EN 7	41
Plongée EN 8	45
Plongée EN 9	49
Plongée EN 10	55
Plongée EN 11	59
Plongée EN 12	65
Plongée EN 13	71
Plongée EN 14	77
LA ZONE DE FRACTURE DE LA ROMANCHE FOSSILE	81
Plongée EN 16	83
Plongée EN 17	87
LE MONT NADIR, MARGE CONTINENTALE GUINÉENNE	93
Plongée EN 18	95
Plongée EN 19	99
Plongée EN 20	105
CONCLUSION	111
BIBLIOGRAPHIE	115
DESCRIPTION SUCCINCTE DES ECHANTILLONS	119

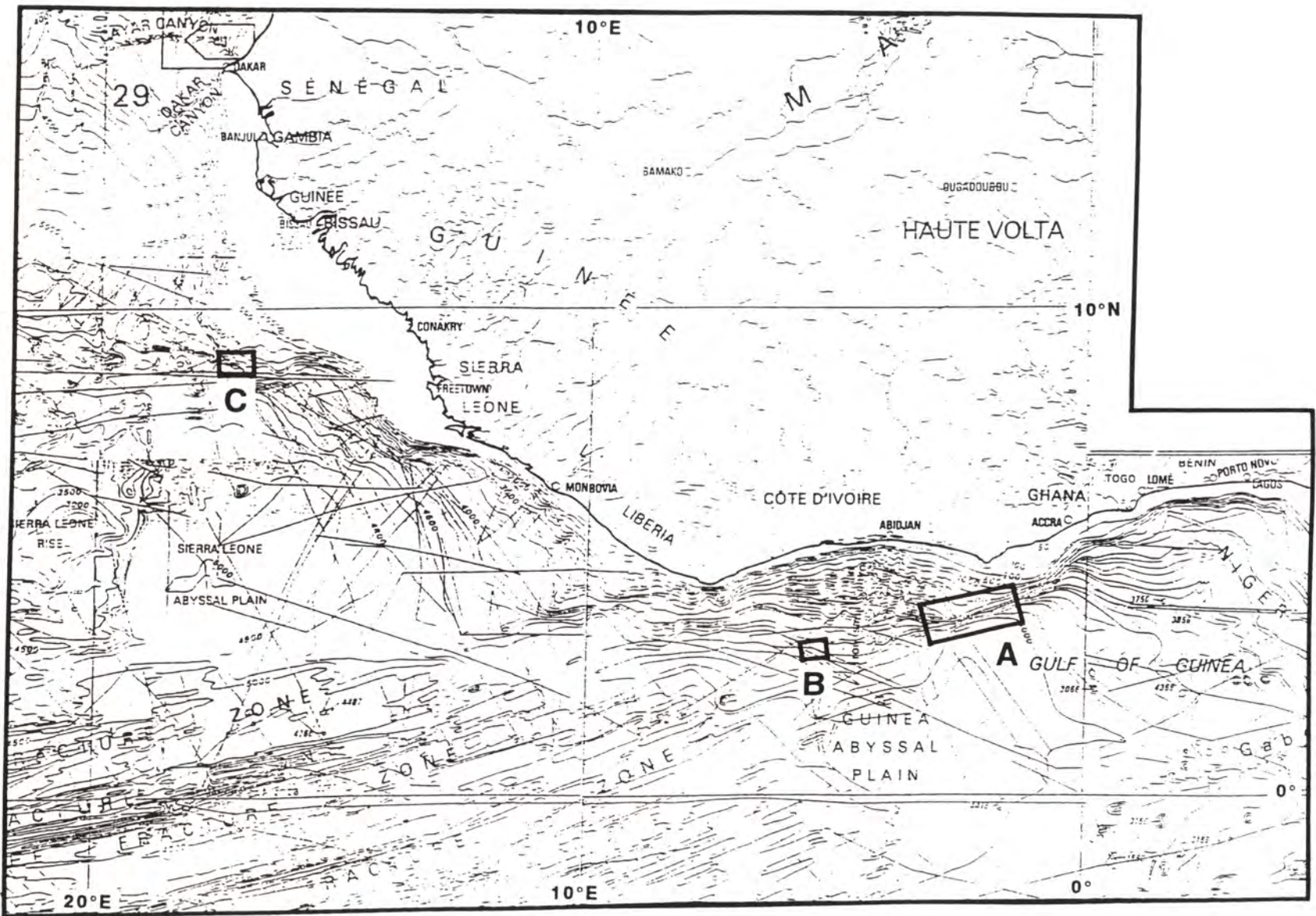


Figure 1 - Bathymétrie générale de l'Atlantique Equatorial (d'après carte générale bathymétrique des océans, GEBCO feuilles 5-08, 5-12, commission hydrographique intergouvernementale, 1978 et 1982).
 A, B, C indiquent les secteurs sur lesquels ont été effectuées les plongées (A = marge de Côte-d'Ivoire - Ghâna ; B = Z.F. de la Romanche fossile ; C = volcan Nadir).

INTRODUCTION

L'ouverture initiale de l'Atlantique Equatorial, jonction entre les espaces océaniques de l'Atlantique Nord et de l'Atlantique Sud, s'est effectuée par le biais de zones de décrochements intracontinentales qui ont, par la suite, donné naissance aux grandes failles transformantes intraocéaniques équatoriales : les zones de fracture de Saint Paul, de la Romanche et du Chain. Cette géométrie d'ouverture, où ont dominé des mouvements crustaux à caractère transformant, a donné naissance, lors de la séparation des cratons ouest-africain et nord-brésilien, à des marges continentales passives mais singulières, les marges transformantes. Les évolutions sédimentaires, structurales, crustales, voire magmatiques, de ces marges continentales sont, à beaucoup d'égard, très différentes de celles des tronçons des marges passives classiques qui résultent de mouvements d'ouverture dans un cadre de divergence. A la suite de travaux précurseurs effectués au début des années 1970, notamment par le CEPM, l'Institut de Physique du Globe de Paris et le Centre Océanologique de Bretagne, notre équipe de recherche (URA CNRS 718 - GEMCO) a lancé un programme pluriannuel de recherche sur les marges transformantes de la façade africaine de l'Atlantique Equatorial (de la Guinée au Ghāna). Deux cibles ont été privilégiées : la marge continentale au large de la Guinée, la marge continentale ivoiro-ghanéenne (fig. 1).

Le premier segment, au large de la Guinée, occupe une position particulière puisqu'il se situe à la frontière de deux espaces océaniques d'âge très différent, au nord et à l'ouest, l'Atlantique Central d'âge jurassique (180-200 MA), au sud, l'Atlantique Equatorial, vraisemblablement créés voici 120-100 MA. Ce segment de marge a donc été soumis à différents épisodes de "rifting" dont le plus récent s'est accompagné de mouvements transformants ; cette évolution polyphasée a eu pour conséquence la mise en place d'une marge à structure et morphologie complexes et s'est accompagnée d'événements magmatiques dont les traces sont toujours visibles sur la marge où elles sont en particulier indiquées par de gros volcans sous-marins (fig. 2).

Le second segment, au large de la Côte-d'Ivoire orientale et du Ghāna, représente une marge transformante typique, qui résulte de l'ouverture en rifting cisailant, de l'Atlantique Equatorial et non remobilisée ultérieurement. Cette marge peut être considérée comme la cicatrice d'un mouvement intracontinental, actif au cours du Crétacé inférieur (entre 120 et 100 MA environ) qui, par la suite, a été transféré en domaine océanique. La zone de fracture de la Romanche, l'une des fractures intraocéaniques les plus importantes à la surface de la terre - presque 1000 km de rejet latéral actif - est de nos jours l'héritière de ce mouvement qui a créé la marge ivoiro-ghanéenne (fig. 3).

La campagne EQUANAUTE, qui s'est déroulée du 3 juin au 2 juillet 1992 d'Abidjan à Dakar, a constitué la quatrième étape du programme EQUAMARGE mené depuis 1983 par l'URA 718, sous la direction de Jean MASCLE, Directeur de recherches au CNRS. Les précédentes étapes de ce programme ont été :

- EQUAMARGE I, réalisé à bord du "Suroit" en 1983, a permis de conduire une analyse générale des grands domaines des marges de Guinée et Côte-d'Ivoire - Ghāna, les principaux résultats ont été publiés dans le N°3 de la série "Campagnes Océanographiques Françaises" de l'IFREMER.

- EQUAMARGE II, conduite en 1988 à bord du "Jean Charcot" a permis l'acquisition de près de 9000 km d'enregistrements géophysiques sur deux régions de chacune des marges de Guinée et de Côte-d'Ivoire - Ghāna. Les données bathymétriques multifaisceaux, le dense réseau de sismique réflexion monotrAce ont été à la base d'interprétations morphostructurales détaillées. Les résultats préliminaires ont également été publiés (Campagnes Océanographiques Françaises - IFREMER N°8).

- En 1990 deux campagnes jumelles EQUASIS (sous la responsabilité de l'URA 718) et EQUAREF (sous la responsabilité de l'UR 1F de l'ORSTOM) conduites sur le "Nadir", ont été consacrées, l'une à l'acquisition de profils de sismique réflexion multitrace, l'autre à l'acquisition de profils de sismique réfraction enregistrés à partir de sismographes immergés (OBS) à travers les différents grands ensembles structuraux identifiés antérieurement. Les résultats de ces deux campagnes sont en fin d'exploitation ; les profils de sismique multitrace, en grande partie traités au Centre de traitement sismique de l'EOPG de Strasbourg, ont par ailleurs constitué un support important et nécessaire à un dossier de demande de forages scientifiques dans le cadre du programme international Ocean Drilling Program (ODP).

- EQUANAUTE enfin a permis la réalisation de dix-neuf plongées scientifiques à partir du submersible le "Nautille", sur les trois cibles principales du programme EQUAMARGE.

- Quatorze plongées ont été effectuées sur les pentes méridionales, à forte déclivité, de la ride de Côte-d'Ivoire - Ghāna, principale trace du mouvement transformant en bordure de la marge. Ces plongées ont permis d'établir quatorze coupes géologiques, de recueillir 145 échantillons rocheux et d'enregistrer près de 72 heures de cassettes vidéo (fig. 4).

- Deux plongées ont été consacrées à un secteur non actif de la zone de fracture de la Romanche, entre la marge précédente et la portion sismiquement active de cette grande zone de fracture (fig. 5).

- Trois plongées enfin ont été réalisées au long des pentes de l'un des gros édifices volcaniques, le Mont Nadir, jalonnant la pente continentale méridionale de la marge de Guinée (fig. 6).

Cet ouvrage est une synthèse, plongée par plongée, des principaux résultats d'observation et issus des prélèvements obtenus au cours de la campagne EQUANAUTE. Les plongées ont, en particulier, permis de préciser les types de formation, l'âge des sédiments, l'intensité et le style de la déformation et de la diagenèse ayant affecté la marge ivoiro-ghanéenne et la zone de fracture de la Romanche. La pétrologie, la géochimie et l'âge du Mont Nadir ont été étudiés en détail. Enfin, l'analyse des modelés micromorphologiques et des prélèvements encroûtant devrait permettre de préciser les modalités de la sédimentation très condensée qui caractérise l'ensemble des pentes continentales explorées.

Les différentes plongées présentées dans cet ouvrage sont identifiées par le code EN... (Equanaute N°...). Les résultats généraux d'observation provenant de chaque plongée sont présentés de manière synthétique en un résumé de deux ou trois pages accompagné d'une carte de localisation permettant de repérer sur fond topographique précis les trajets suivis ainsi que d'une coupe synthétique résumant les principales observations lithologiques et structurales effectuées lors de la plongée, quelques photographies (planches I et II) permettent enfin d'illustrer les principaux types de paysages géologiques observés lors des plongées. Enfin en annexe on trouvera un descriptif succinct des échantillons récupérés au cours des dix neuf plongées.

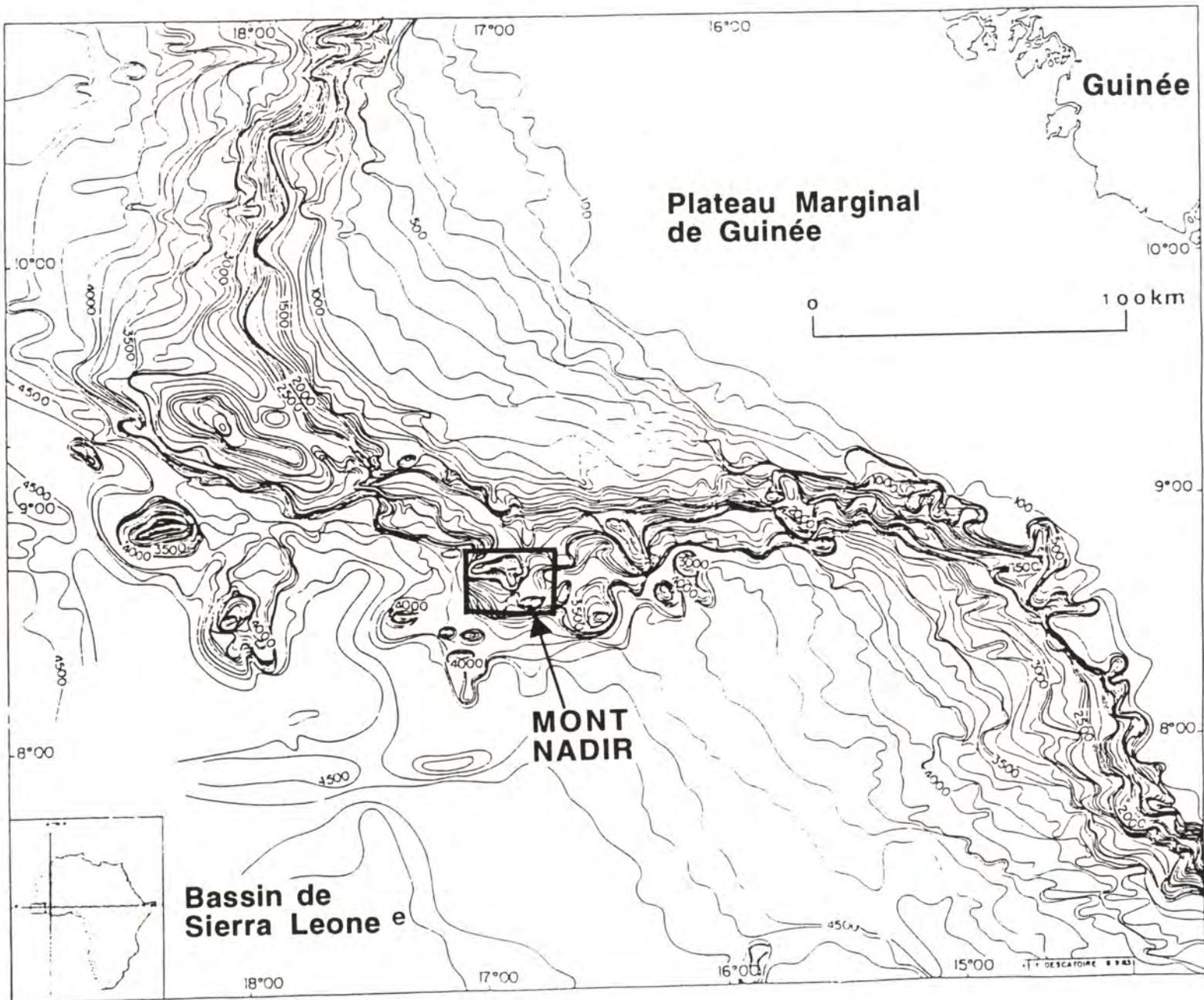


Figure 2 - Carte bathymétrique de la marge continentale sud-guinéenne, courbes de niveaux : 100 mètres (d'après Marinho, 1985). Le Mont Nadir, sur les pentes duquel les plongées EN 18, 19 et 20 ont été réalisées, est encadré.

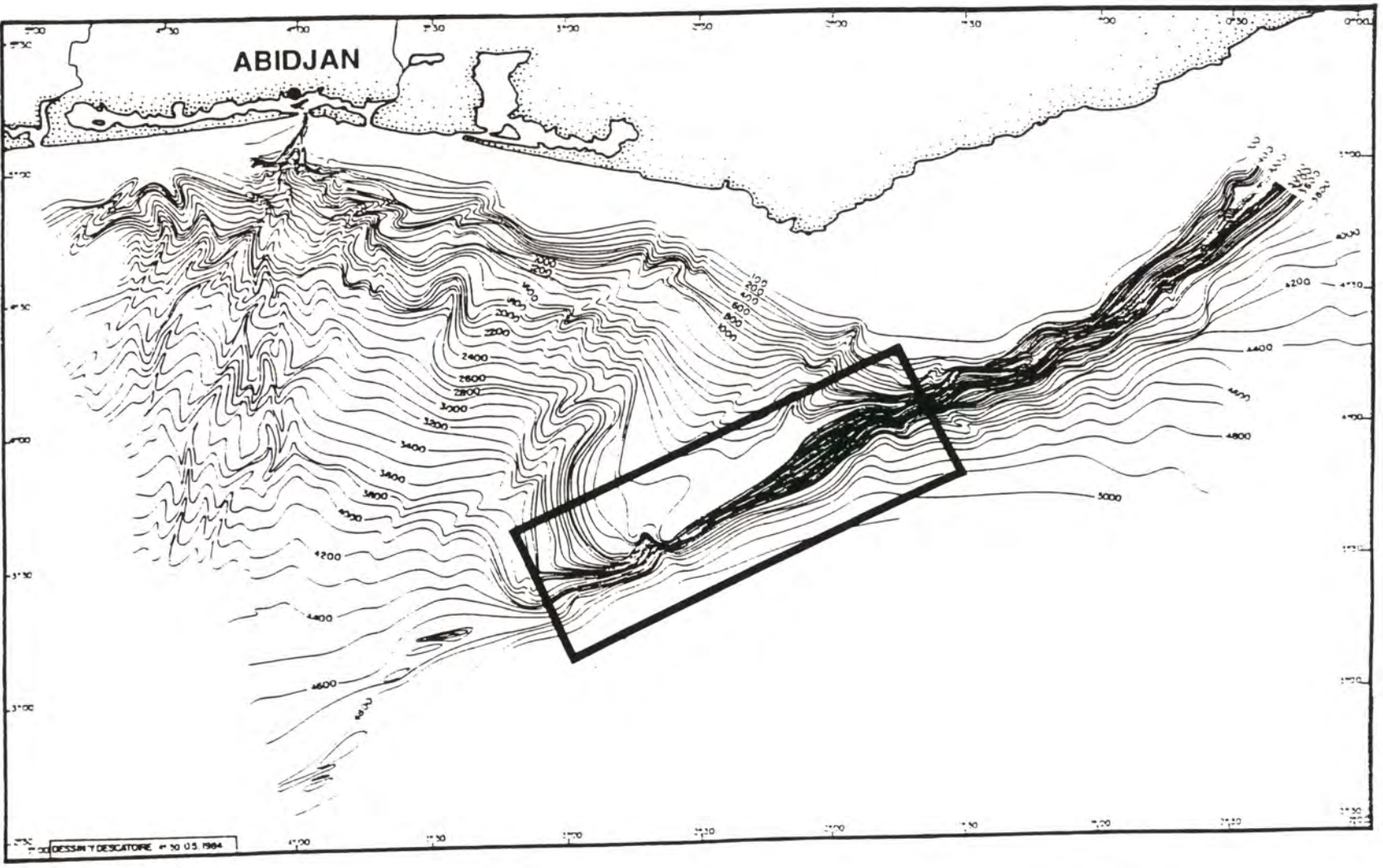


Figure 3 - Bathymétrie de la marge continentale de Côte-d'Ivoire et du Ghāna (espacement des courbes 100 mètres) d'après Blarez (1986). En encadré la zone sur laquelle ont été effectuées les plongées EN01 à EN14.

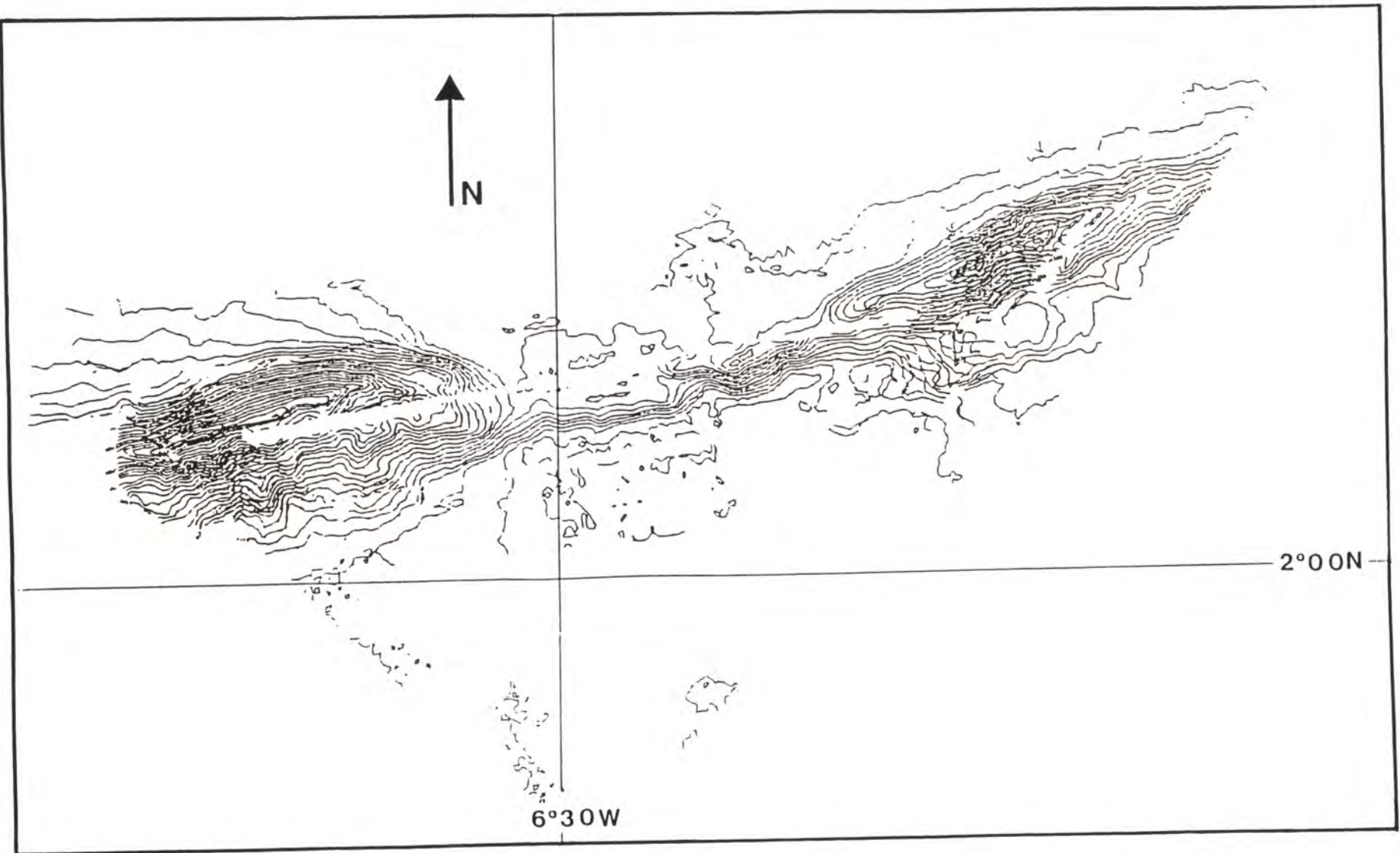


Figure 3bis - Bathymétrie (seabeam non corrigé) des reliefs jalonnant le tracé fossile de la zone de fracture Romanche ; les plongées EN16 et 17 ont été effectuées sur les pentes du relief le plus occidental.

Campagne EQUANAUTE

EQUIPE SCIENTIFIQUE

MASCLE Jean (1 & 2)*	DR, Laboratoire de Géodynamique Sous-Marine (URA 718 - GEMCO), Villefranche/Mer - Chef de Mission
ALLOUC Jacques (2)	MC, Université de Nancy
BASILE Christophe (1)	MC, Université de Grenoble
BENKHELIL Jean (1)	MC, Université de Perpignan
BERTRAND Hervé (2)	MC, E.N.S. Lyon
BOUILLIN Jean-Pierre (1)	CR, Université de Grenoble
COUSIN Michel (1)	Pr, Université de Savoie
EDELHEIT Geneviève (2)	CNRS
GUIRAUD Michel (1)	MC, Université de Nancy
HONNOREZ José (2)	Pr, Université de Strasbourg I
MASCLE Georges (1)	Pr, Université de Grenoble
POPOFF Michel (1)	MC, Université de Nice - Sophia-Antipolis
SOMBO B. Celestin (1)	MA, Université d'Abidjan
TRICART Pierre (2)	Pr, Université de Grenoble

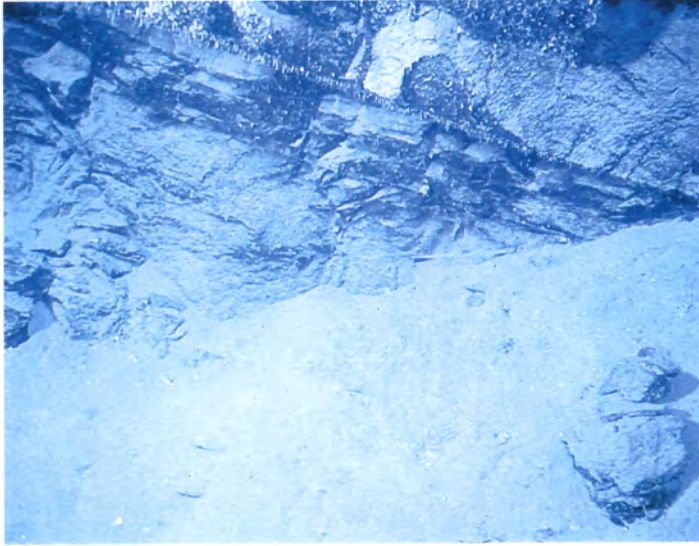
* parties de la campagne

EQUIPE TECHNIQUE DU NAUTILE

LABBE Jean-Pierre	Responsable technique
POTIER Yves	Pilote / électronicien
TRIGER Pierre	Pilote / électronicien
KAIOUN Jean-Jacques	Navigateur / électronicien
LECLERE Guy	Navigateur / électronicien
CHEILAN Patrick	Navigation acoustique / électronicien
TOUSSAINT Edmond	Navigation acoustique / électronicien
GALLOIS Hervé	Mécanicien
BLASI Charles	Mécanicien
BERNARD Jean-Louis	Plongeur - Photographe

Le "Nadir", navire porteur du "Nautile", était commandé par le Commandant Guenhaël THEBAUD.

Nous remercions V. GOURBAUD et Y. DESCATOIRE pour l'aide efficace dans la préparation du manuscrit.



Pente continentale ivoiro-ghānēenne

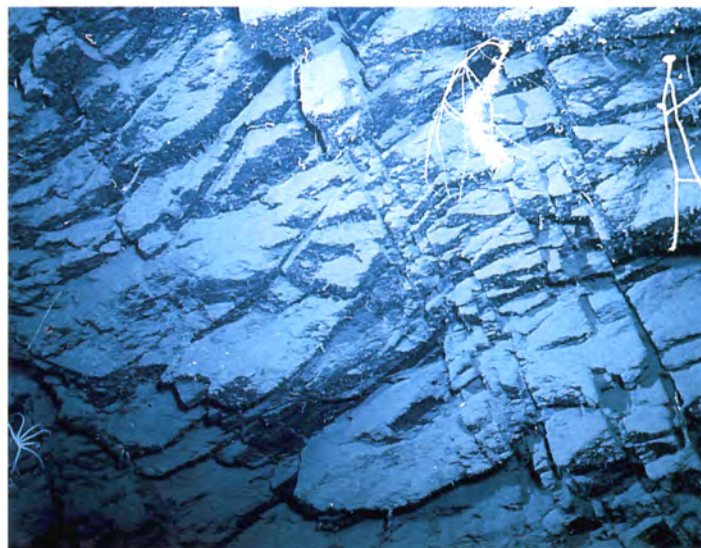
ENO2 - Profondeur : 2 882 m
Affleurement de grès fins émergeant
d'un fond vaseux.

ENO4 - Profondeur : 2 410 m
Grès massifs et bancs pélitiques
en alternance ; pendage au NE.

ENO4 - Profondeur : 2 265 m
Barre de grès d'épaisseur plurimétrique à pen-
dage NNE découpée par des diaclases N-S.

ENO5 - Profondeur : 3 047 m
Alternance de grès fins en bancs massifs
et de sédiments siltogréseux.

ENO5 - Profondeur : 3 021 m
Barre métrique de grès fins affleurant sur une
falaise très fracturée.



Pente continentale ivoiro-ghānienne

ENO6 - Profondeur : 3 497 m

Barre gréseuse d'épaisseur plurimétrique découpée par des fractures verticales d'espacement métrique.

ENO7 - Profondeur : 4 000 m

Grès fins très bien stratifiés affectés par deux plans de diaclases orthogonales.

ENO7 - Profondeur : 3 012 m

Strates gréseuses découpées par des diaclases et flexurées (plis ?).

ENO8 - Profondeur : 3 734 m

Couloir de faille N40 découpant des séries grésopélitiques.

ENO9 - Profondeur : 3 883 m

Succession de grès massifs et de strates siltogréseuses à pendage sud et découpées par deux directions de fracturation.

LA MARGE DE CÔTE-D'IVOIRE-GHĀNA

Les quatorze plongées effectuées au long de la pente continentale de la Côte-d'Ivoire et du Ghāna (cotées EN 1 à EN 14) se répartissent en quatre secteurs principaux (fig. 4a et b) :

- quatre plongées se sont adressées à l'étude d'un segment oriental de la pente continentale à proximité de la plate forme ghanéenne région où le substratum continental ne devrait que très peu avoir été étiré par le rifting (EN 1, 2, 3 et 11) ;

- trois plongées (EN 4, 5 et 6) ont été réalisées sur une région où la pente est très linéaire et de direction N60 ;

- un ensemble de cinq plongées (EN 7, 8, 9, 10 et 12) a permis l'analyse de canyons entaillant la bordure méridionale de la ride de Côte-d'Ivoire - Ghāna ;

- enfin deux plongées (EN 13 et 14) ont permis d'explorer les pentes de l'extrémité sud-occidentale de la ride de Côte-d'Ivoire - Ghāna, peu avant son ennoisement sous les sédiments épais du bassin de Côte-d'Ivoire et peu avant sa transition latérale avec le domaine océanique de la zone de fracture de la Romanche.

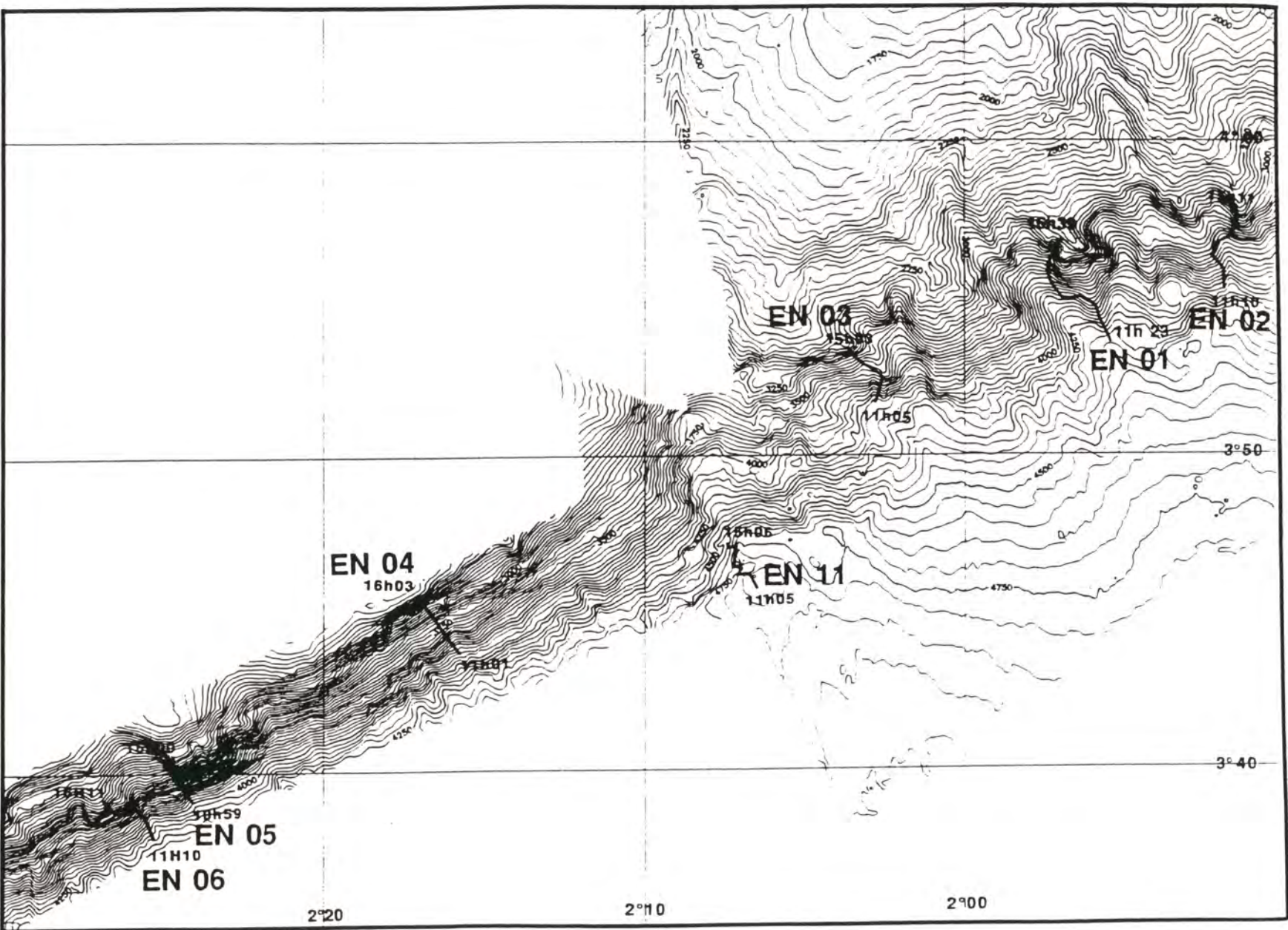


Figure 4a - Localisation des plongées EN01 à EN06 et de la plongée EN11 sur la pente continentale ghanéenne (prolongement oriental de la Z.F. Romanche) ; fond bathymétrique seabeam (campagne Equamarge, 1988).

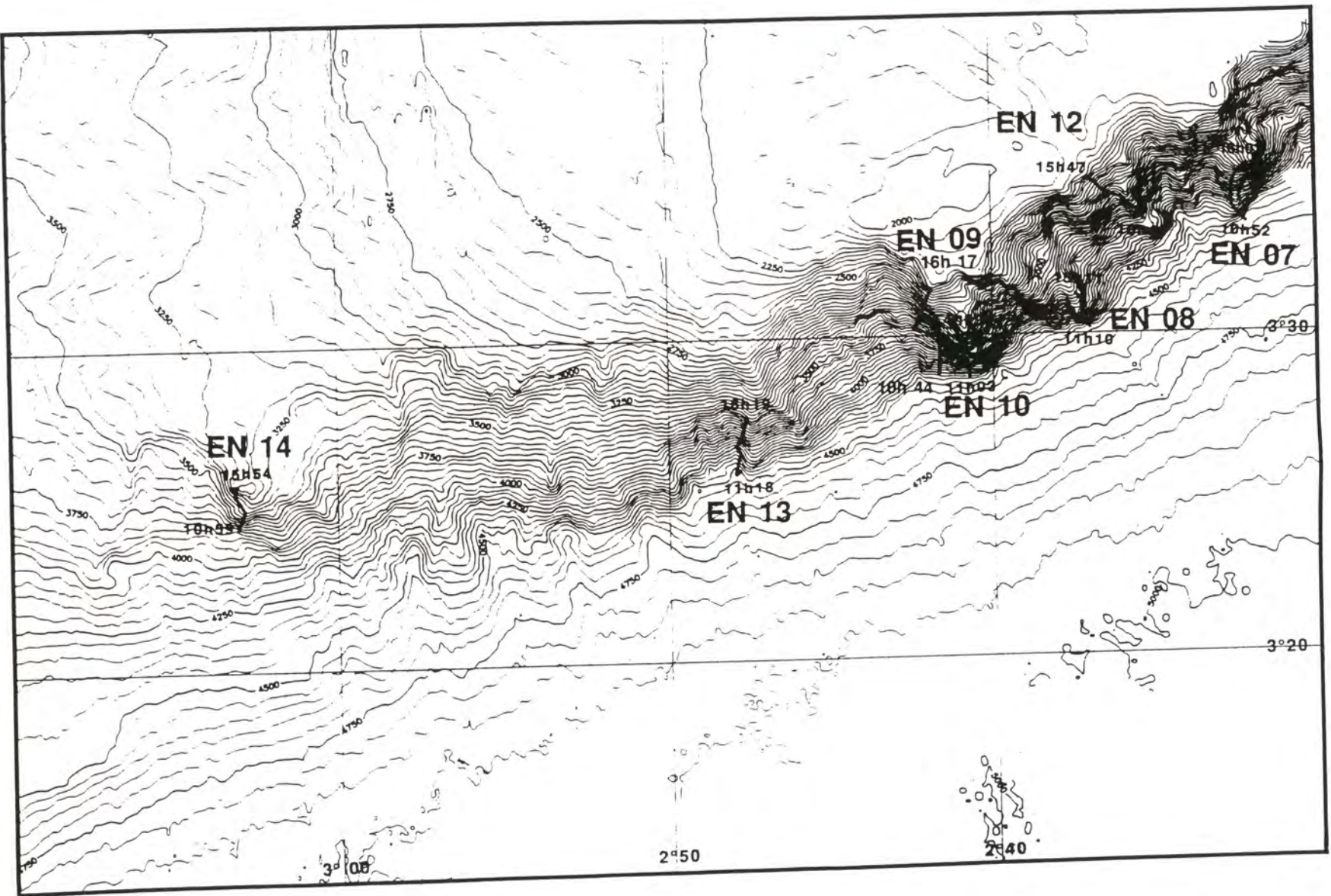


Figure 4b - Localisation des plongées EN07 à EN14 le long de la pente méridionale de la ride de Côte-d'Ivoire - Ghāna ; fond bathymétrique seabeam (campagne Equamarce, 1988).

Plongée EN 1

Observateur : *Georges MASCLE*

MORPHOLOGIE

La plongée EN1 a été effectuée entre les profondeurs -4339 m et -3386 m et 4,5 km de distance ont été parcourus sur le fond. Le trajet s'est d'abord déroulé suivant une direction S-N (entre -4339 m et -3950 m), puis selon une direction SW-NE (de -3950 m à -3650 m) enfin à nouveau S-N pour le dernier tronçon de la plongée. D'une manière générale, la coupe, surtout dans sa partie inférieure et moyenne, a été très envasée.

LITHOLOGIE ET STRUCTURES SEDIMENTAIRES

La partie inférieure, entre -4339 et -3950 m, montre très peu d'affleurements de très petites surfaces dans des fonds de ravines. Les couches sont constituées de grès lités et massifs en lits peu épais.

L'échantillon EN1-1 (-3984 m) montre un faciès marnopélitique gris-vert, très fin, à lamines se recoupant ; il présente une schistosité fruste.

Entre -3950 et -3700 m, le faciès dominant est celui de grès assez mal lités alternant avec des niveaux en plaquettes.

L'échantillon EN1-2 (-3818 m) est constitué par un grès jaune verdâtre, à grain fin, massif, riche en grosses muscovites et filonnets.

L'échantillon EN1-3 (-3719 m) montre une charnière de micropli dans des pélites fines à petits micas et présente une schistosité pénétrative.

L'échantillon EN1-4 (-3780 m) est constitué de pélites à fines laminations planes ; l'échantillon EN1-5 (-3701 m) montre un grès à grain moyen hétérogranulaire.

Entre -3700 et -3386 m dans la partie haute, s'observent des affleurements assez continus, constitués de grosses barres gréseuses (5 à 6 m d'épaisseur), à ripple marks, séparées par des zones plus tendres.

L'échantillon EN1-6 (-3658 m) est constitué par des pélites grises à schistosité pénétrative et des grès fins.

L'échantillon EN1-7 (-3653 m) montre des pélites micacées schistosées.

L'échantillon EN1-8 (-3589 m) est constitué par un grès à grain moyen et débit en boule.

L'échantillon EN1-9 (-3392 m) correspond à un grès très fin, brun jaunâtre, à stratifications entrecroisées et filonnets.

Remarques biologiques : la vase est extrêmement bioturbée ; on a observé de très nombreux vers, holothuries (et leurs pistes), ophiures, astéries, crinoïdes ; sur les affleurements rocheux sont fixés des pennatules, gorgones et quelques éponges, de nombreux crinoïdes fixés ou errants sont également visibles ainsi que quelques gastéropodes.

Remarques hydrologiques : un courant assez fort portant vers l'est a été noté tout au long de la plongée ; l'eau était assez chargée en particules.

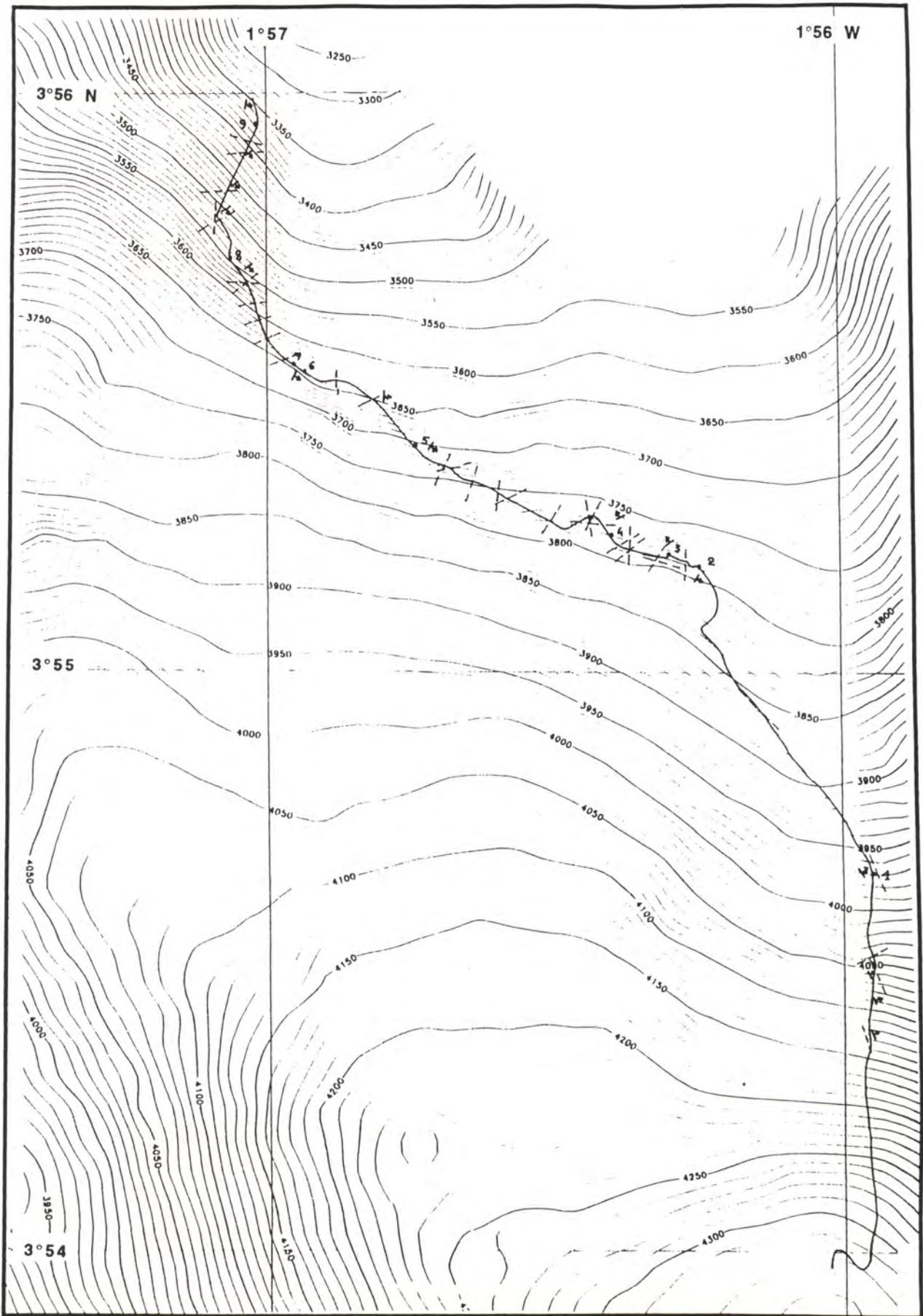
STRUCTURES TECTONIQUES

En base de plongée, d'un affleurement à l'autre, les directions demeurent assez homogènes ; les couches sont de direction presque N-S (N340-350E) avec des pendages moyens à l'est ; les fractures sont à fort pendage, soit parallèles, soit perpendiculaires à la direction des couches.

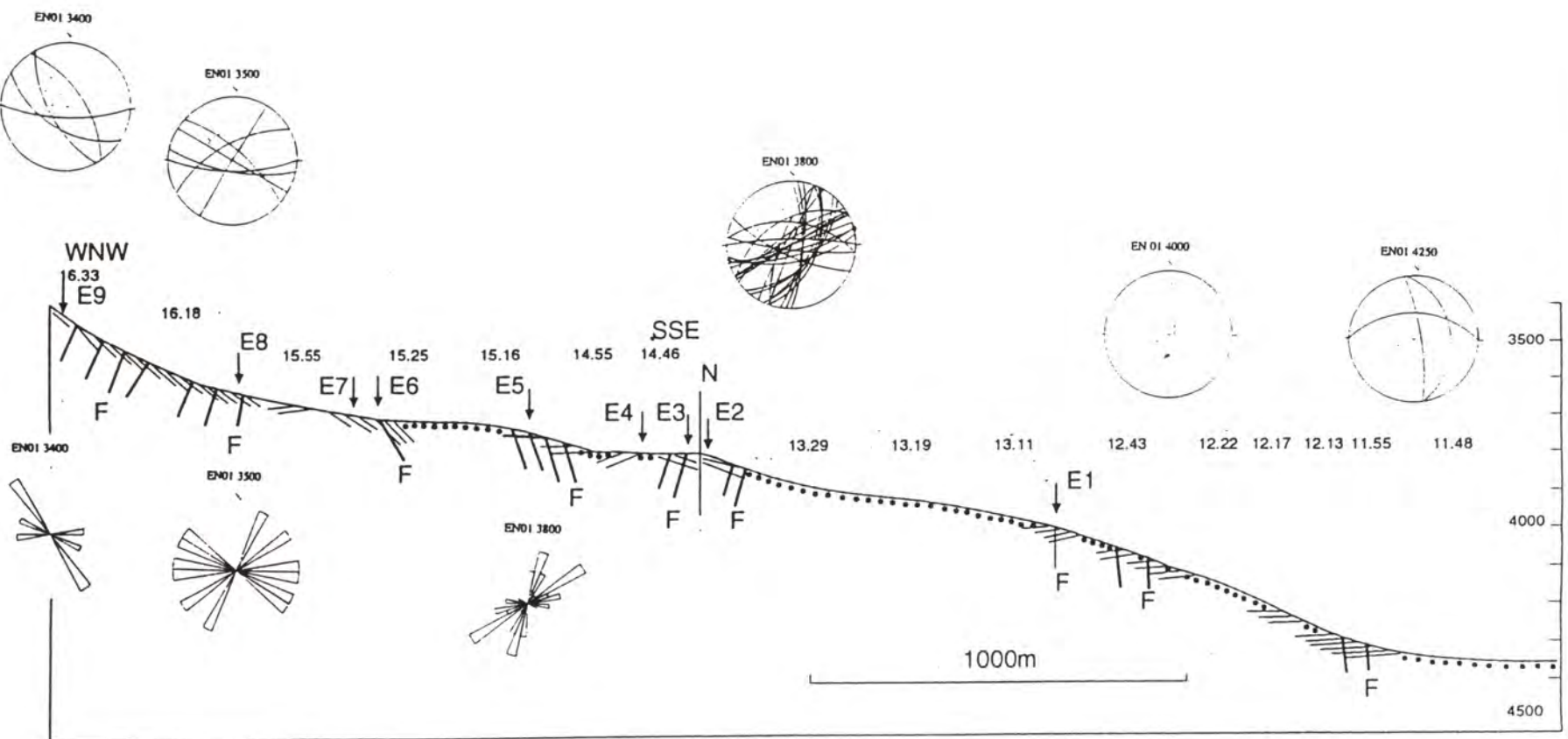
La partie moyenne, entre -3950m et -3700 m, montre de rares affleurements dispersés, de directions N50E à N80E, avec des pendages SE ou NW variables, correspondant à une zone plissée sans toutefois que des plis aient été observés, probablement en raison de la discontinuité des observations. En revanche, un micropli (Ech. 3) a été prélevé. L'axe calculé à partir des mesures de pendage est proche de N40E. La fracturation est intense, de directions voisines de N20E, N60E, N110E et à fort pendage.

En sommet de plongée, la direction des couches varie de N35E à N70E ; les pendages sont moyens à forts vers le SE. Des fractures à fort pendage sont orientées principalement N60E à N90E et plus rarement à N120E et N-S.

Bien que très envasée, la coupe permet plusieurs observations microstructurales intéressantes : une forte fracturation vers la base de pente, et le long du trajet SW-NE, l'existence probable d'une zone plissée dont attestent les variations importantes de pendage et l'observation d'un micropli dans l'échantillon 3. Les formations observées appartiennent toutes à un ensemble grésopélique qui pourrait être d'âge albien, compte tenu de la récupération par un dragage antérieur de grès à microfaunes albiennes.



Trajet suivi sur le fond au cours de la plongée EN01. La localisation des échantillons (EN1-1 à EN19) est indiquée, ainsi que les observations sur les pendages et la direction des couches géologiques.



Coupe synthétique de la plongée EN01 avec indication des principales observations et mesures structurales effectuées ; en pointillés, les secteurs envasés. Les pôles de stratification mesurés ainsi que les directions de fracturation sont indiqués sur les canevas et les rosaces encadrant la coupe.

Plongée EN 2

Observateur : *Michel COUSIN*

MORPHOLOGIE

La plongée EN2 comporte deux parties séparées par un itinéraire de transit : une "basse", entre -4000 et -3600 m sur une pente moyenne destinée à recouper les observations de EN1 ; une "haute", de -3500 à -2850 m sur une pente moyenne forte étudiée en détail .

Le premier objectif, celui de compléter les observations de la plongée EN1, n'a pas été atteint faute d'affleurement. Dans la partie haute, plusieurs barres rocheuses, séparées par des champs de vase parsemés d'éboulis, ont été observées et analysées.

Le premier segment de pente (-4037 m à -3600 m) n'a livré aucun affleurement : le fond est occupé par une vase très bioturbée à nombreux trous de terriers, pelotes de vers et traces d'enfouissement : l'une d'elle, énigmatique, circulaire ou en couronne, montrant de petites dépressions, s'est révélée la marque de céphalopodes dibranchiaux présentant des affinités avec un poulpe. La vie benthique est dominée par des échinodermes (crinoïdes fixés, oursins libres, ophiures, holothuries) avoisinant quelques coraux, et temporairement des poissons et des crustacés. A quelques mètres du fond, la vie pélagique est représentée par les crustacés et des petits poissons. On observe aussi une pluie irrégulière de fines particules et des formes planctoniques variées, petites méduses notamment. Au sommet de ce segment de pente (-3600 m) on a effectué une évaluation de l'épaisseur de la vase au-dessus du substratum : la couche dépasse 60 cm, ce qui explique l'absence d'affleurement.

Il faut atteindre la profondeur de -3200 m pour voir apparaître les premiers éléments d'une brèche de pente, tel un semis sur un champ de vase. Des petits graviers très encroûtés passent à des blocs souvent anguleux. Le prélèvement EN2-2 (non en place) est effectué à -3130 m.

Cent mètres plus haut (-3030 m), des alternances de bancs de grès massifs (40-50 cm) et de niveaux mieux lités, plus tendres, apparaissent au milieu de blocs disloqués. Mais l'ensemble reste chaotique et fracturé, ce qui pourrait être dû à un glissement en masse au pied d'un escarpement, voire à la proximité d'une faille. L'échantillon EN2-3 est prélevé dans ce secteur.

Les principaux affleurements apparaissent dans les cent cinquante derniers mètres de la plongée notamment les deux principales barres rocheuses.

La première, aux environs de la cote -2950 m, montre souvent le dos de bancs de grès (plongement dans le sens de la pente) ; la fracturation délimite des coins caractéristiques ; quatre échantillons ont été prélevés (EN2-4 à EN2-7).

La seconde affleure vers la cote -2880 m et sert de support à une vie fixée très développée (spongiaires, coraux, gorgones, crinoïdes, etc). Trois échantillons ont été prélevés : EN2-8, EN2-9, EN2-10.

Quelques petits escarpements apparaissent encore au milieu de champs de vase, colonisés par des éponges pédonculées jusqu'à la profondeur -2830 m. Le dernier échantillon EN2-11 est prélevé à la cote -2850 m.

LITHOLOGIE ET STRUCTURES SEDIMENTAIRES

Les principaux escarpements (-2950 m, -2880 m) sont formés par une alternance de bancs de grès massifs (40 à 50 cm de puissance) et de couches bien litées plus tendres. Les bancs de grès présentent parfois des litages obliques (-2950 m) dessinant des biseaux qui se ferment vers l'ouest ce qui suggère l'existence d'un courant se déplaçant de l'est vers l'ouest. Le litage des horizons fins est fréquemment ondulé (-2910 m) ou lenticulaire et délimite des nodules pélitiques ou silteux en forme d'amande. Cette lithologie différenciée, soumise à l'érosion sous-marine, détermine parfois des surplombs et des abris sous roche.

L'analyse macroscopique des échantillons révèle que les bancs massifs sont constitués de grès généralement fins, quartzeux, mal indurés, de teinte ocre ou jaune verdâtre, à matrice argileuse (EN2-3, 6, 7, 8, 9, 10) ou, plus rarement, de grès grossiers à quartz subarrondis et roulés (EN2-11) ; on note parfois la présence de lamines et de traces de bioturbation (EN2-8 et 9). Les niveaux tendres sont constitués par des silts jaune-verdâtre finement laminés à débits en dalles (EN2-4 et 5). Siltstones et grès sont généralement très encroûtés.

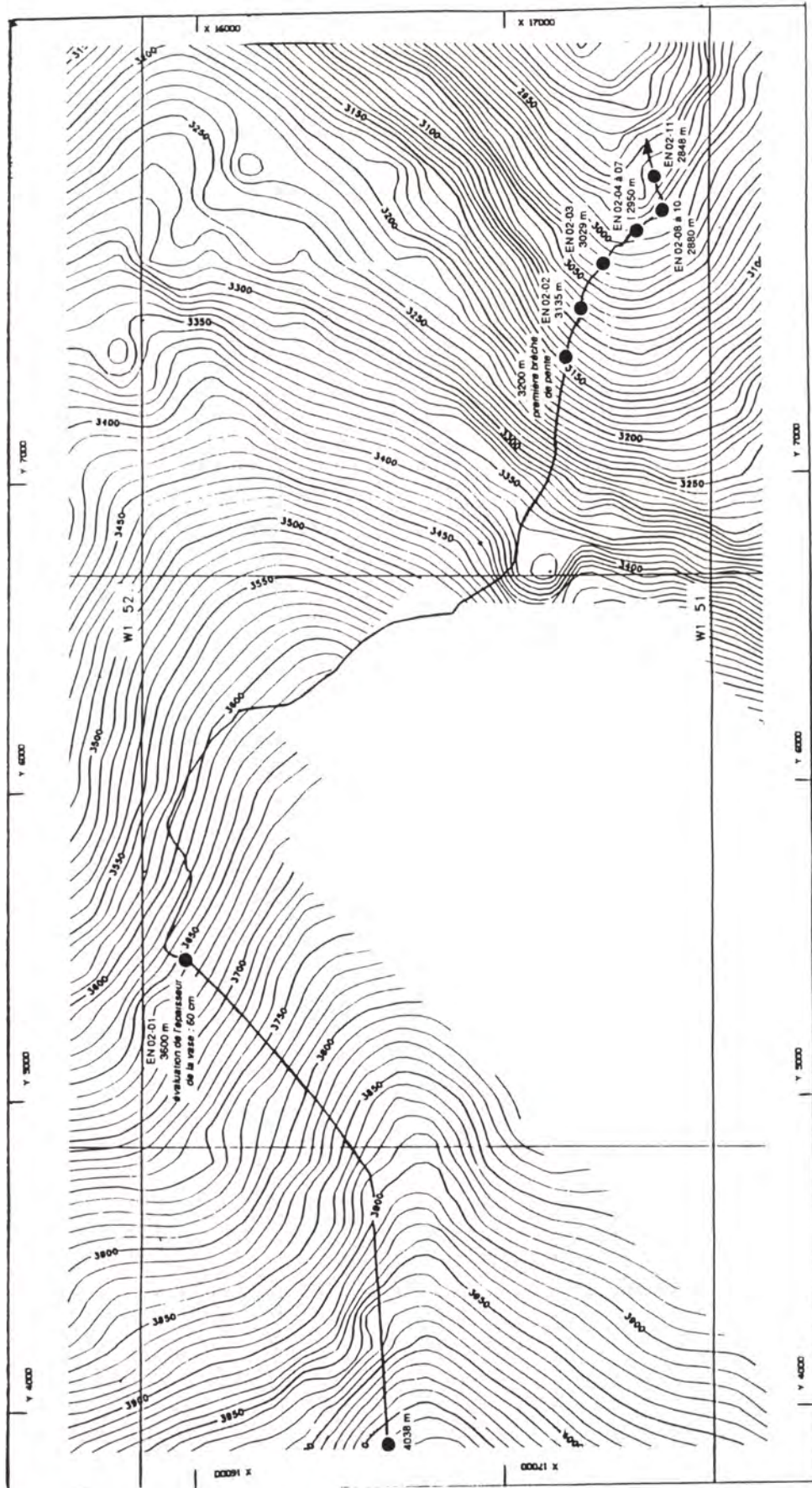
Les sédiments récents sont essentiellement des boues hémipélagiques fortement bioturbées par des trous d'enfouissement, des terriers et pelotes de vers. Au pied des escarpements, ces boues facilitent le glissement en masse des formations détritiques et servent de matrice aux brèches de pente sous-marine. La taille des blocs remaniés diminue progressivement à partir de la cote -3030 m jusqu'à devenir de petits graviers et disparaître sous la profondeur -3200 m.

STRUCTURES TECTONIQUES

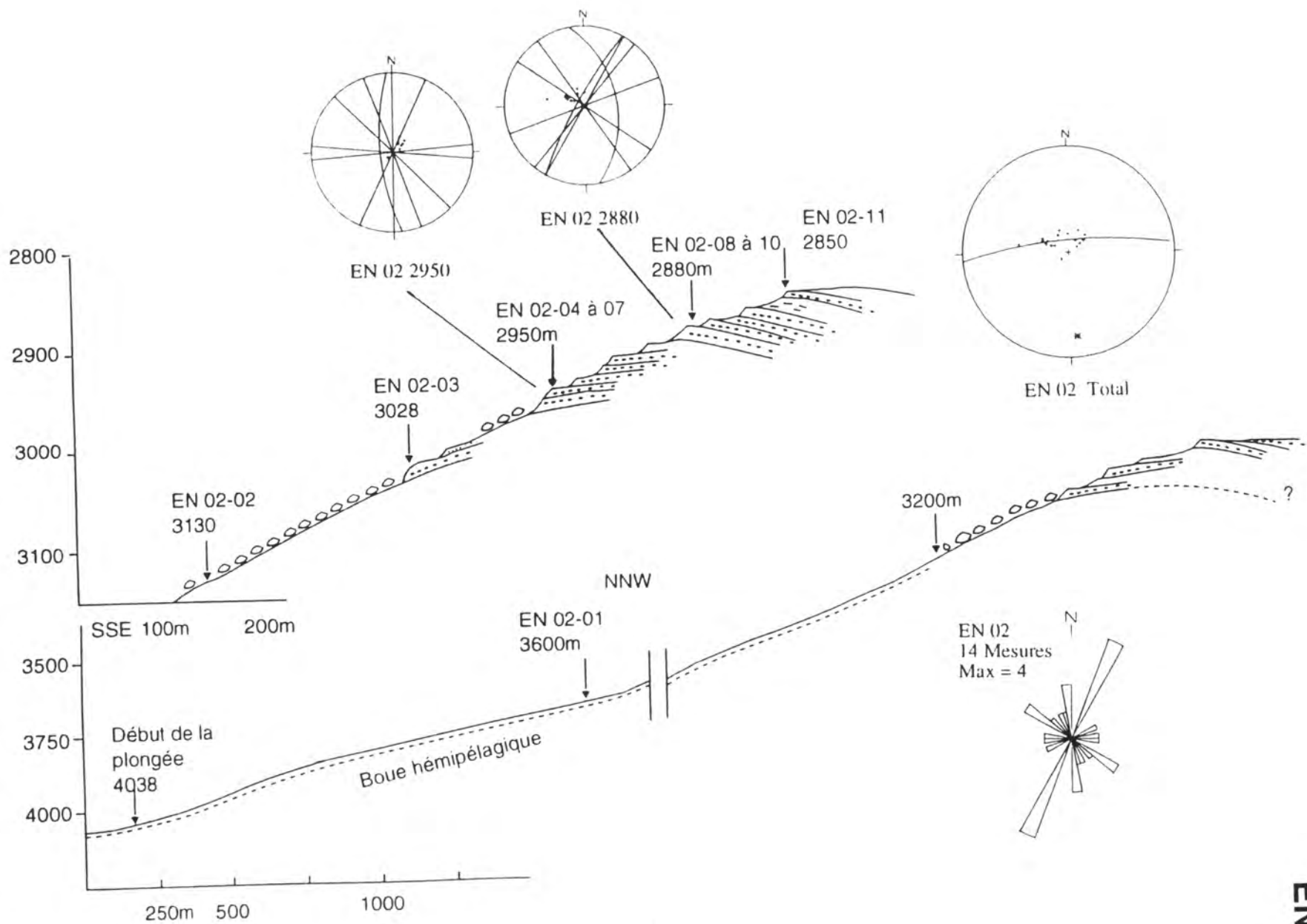
La direction moyenne des couches (N130E soit NW-SE) au niveau du principal escarpement (-2950 m), et leur plongement (vers le SW) sont, en première, approximation, conformes à la pente topographique. Ce dispositif permet d'observer fréquemment le dos des bancs qui constituent une surface structurale. A partir de la barre rocheuse située par -2880 m, les couches prennent une direction moyenne N30E avec un plongement de 20 à 30° vers l'ESE. Le report de l'ensemble des pôles de stratification sur un canevas est compatible avec une structure plissée d'axe N-S dont les flancs seraient faiblement pentés (20 à 30°). Cette direction N-S est également celle de l'axe de petits replis observés sur le dos des bancs de la seconde barre rocheuse (-2880 m).

La fracturation est très importante sur tous les affleurements et s'organise autour de deux directions privilégiées : l'une N30E, et l'autre plus dispersée autour de l'axe N130E. Ce système de diaclases détermine dans les bancs de grès des "coins" caractéristiques dont l'arête fait face à l'observateur ; il est également responsable de l'aspect anguleux de nombreux blocs remaniés visibles dans les brèches de pente.

La formation détritique qui affleure dans la partie sommitale de la plongée est constituée d'une alternance de bancs de grès et d'horizons de siltstones et de pélites ; les observations stratonomiques et lithologiques suggèrent une sédimentation de type deltaïque. La répartition des plongements des couches est compatible avec une structure anticlinale d'axe N-S ; la fracturation, très importante, s'organise autour de deux directions privilégiées, N130E et N30E.



Trajet suivi au cours de la plongée EN02 et localisation des échantillons prélevés.



Coupe synthétique de la plongée **EN02** (en tiretés les fonds envasés) ; La localisation des prélèvements est indiquée ; les différentes mesures structurales (directions de fracturation et pôles de stratification) sont représentés sur des rosaces et canevas.

Plongée EN 3

Observateur : *Jean-Pierre BOUILLIN*

MORPHOLOGIE

La plongée EN3 a été réalisée entre les profondeurs de -4056 m et -2924 m, sur une longueur totale de 5850 m. Le déplacement s'est d'abord effectué selon un tracé sensiblement S-N, de la cote -4056 m à la cote -3437 m, puis selon une direction SW-NE de -3437 m à -2924 m. Après une redescente à -3140 m de profondeur, un nouveau profil, décalé vers le SW par rapport à la fin du profil précédent et parallèle à ce dernier, a été effectué jusqu'à la cote -3000 m.

– De -4056 m à -3694 m, la pente est relativement faible, uniformément recouverte d'une vase gris-jaune très bioturbée, avec de très rares graviers ou petits cailloux. Les premiers affleurements, au relief peu accentué, constitués de matériel tendre, se situent entre la cote -3694 m et la cote -3623 m, puis la pente est de nouveau complètement envasée.

– Autour de -3500 m, le tracé suit, sur une centaine de mètres de long, une sorte de fossé creusé dans la vase, large d'environ 3 m pour une profondeur de 1 m de morphologie émoussée. Cette structure, parallèle à la ligne de plus grande pente, paraît avoir été créée par la traction d'un objet (dragage ?).

– Vers -3120 m, un affleurement environné d'éboulis apparaît au milieu d'une pente pourtant particulièrement faible, parcourue en suivant sensiblement les courbes de niveau.

– A partir de -3350 m environ, la pente, plus raide, est d'abord couverte d'éboulis constitués d'éléments de petite taille, puis on rencontre des affleurements de grès plus ou moins fins. De petits blocs se sont parfois détachés assez récemment de ces affleurements, comme le montrent des cassures claires, dépourvues d'enduit.

LITHOLOGIE ET STRUCTURES SEDIMENTAIRES

Les affleurements les plus profonds (échantillons 1, 2 et 3) sont constitués par des petits bancs (50 cm à 1 m d'épaisseur) de grès fins feldspathiques, gris-verdâtre, à figures de charge et à laminations planes parallèles et par des niveaux plus pélitiques très micacés. Ces bancs alternent avec un matériel plus tendre et envasé, probablement pélitique, largement prédominant.

Les affleurements de la partie médiane de la coupe (échantillon n° 4) correspondent à des grès jaunes micacés, assez mal stratifiés.

De la cote -3180 m à la cote -3100 m, des éboulis de grès fins très micacés et de pélites recouvrent probablement un substratum de même nature. Puis

apparaissent des affleurements de grès gris-jaune feldspathiques et micacés, de granulométrie fine à moyenne, comportant souvent des laminations (Ech. EN3-5 à 10). Vers le haut, on observe une dalle de grès plus massifs puis des grès pélitiques tendres. Les grès montrent des laminations qui sont soit parallèles, soit obliques à la stratification.

Le parcours effectué entre les cotes -3140 m et -3000 m, après redescente, recoupe des argiles et siltstones noirs dans lesquels des *slumps* ont été observés (Ech. EN3-11).

La série traversée au cours de cette plongée est donc constituée dans son ensemble par du matériel détritique fin à très fin, correspondant probablement à des épandages de faible profondeur, avec des indications d'une certaine instabilité, et donc d'une pente (présence de *slumps*) dans les siltstones et pélites qui constituent le sommet de la coupe.

STRUCTURES TECTONIQUES

Les affleurements les plus profonds montrent un pendage régulier 045. 35SE et une fracturation E-W. Dans la partie haute de la marge, nous disposons de deux profils sensiblement parallèles, effectués à environ 250 m l'un de l'autre :

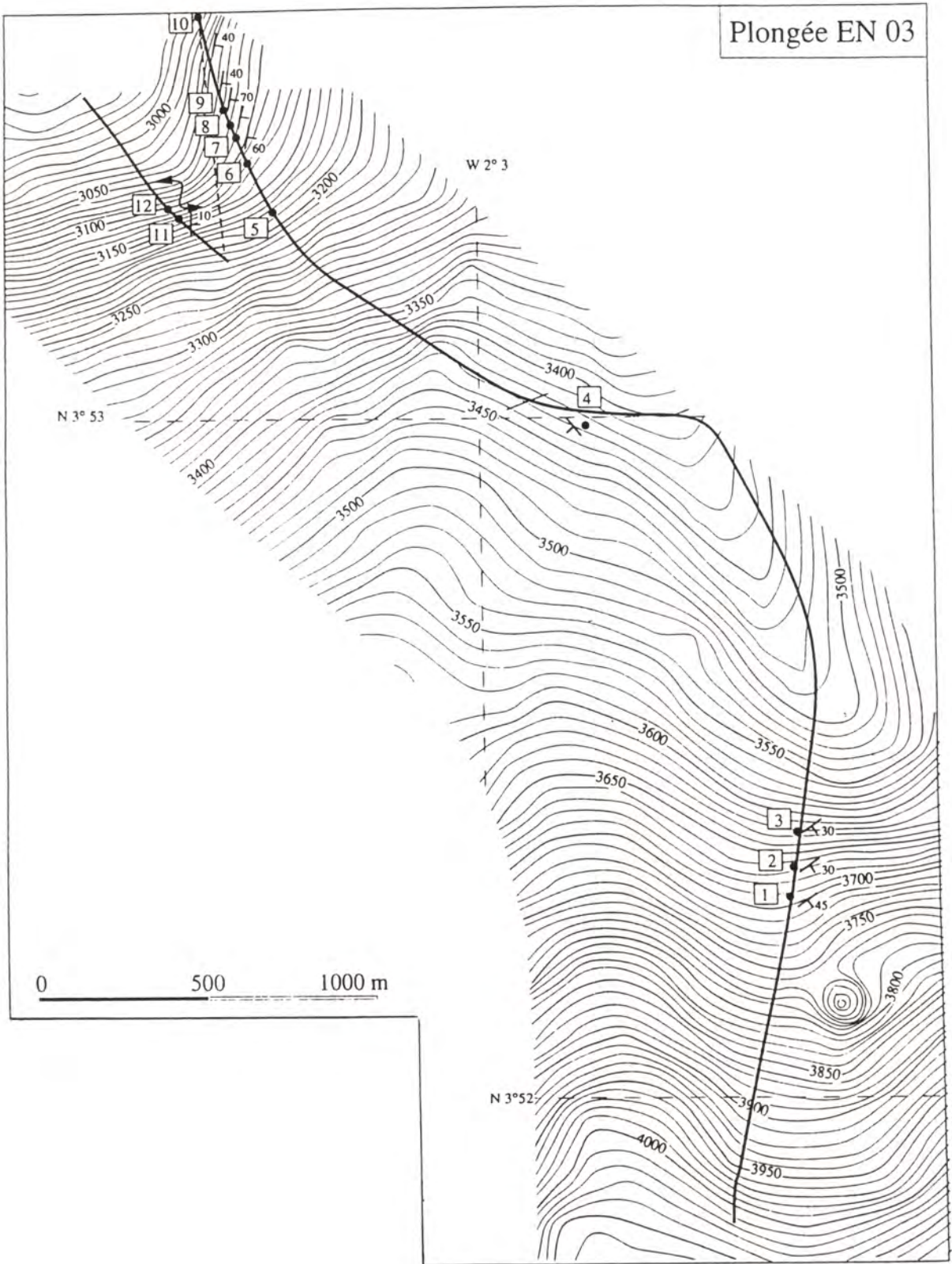
Le profil NE montre des pendages qui évoluent entre l'horizontale et 70° vers l'est. Une schistosité fruste plonge d'environ 50° vers l'ouest ou le nord-ouest. Les plans de stratification et les surfaces de schistosité sont répartis autour d'un axe de zone A = 016. 08 obtenu par calcul.

Le profil SW a permis d'observer directement des plis pluridécamétriques droits et symétriques, présentant une schistosité de fracture de plan axial, en éventail. L'axe de zone calculé des surfaces de stratification et de schistosité est A = 188. 05.

Il est intéressant de constater que les mesures effectuées sur les deux profils donnent des résultats très proches et permettent de caractériser un épisode de déformation générateur de plis de direction N10E.

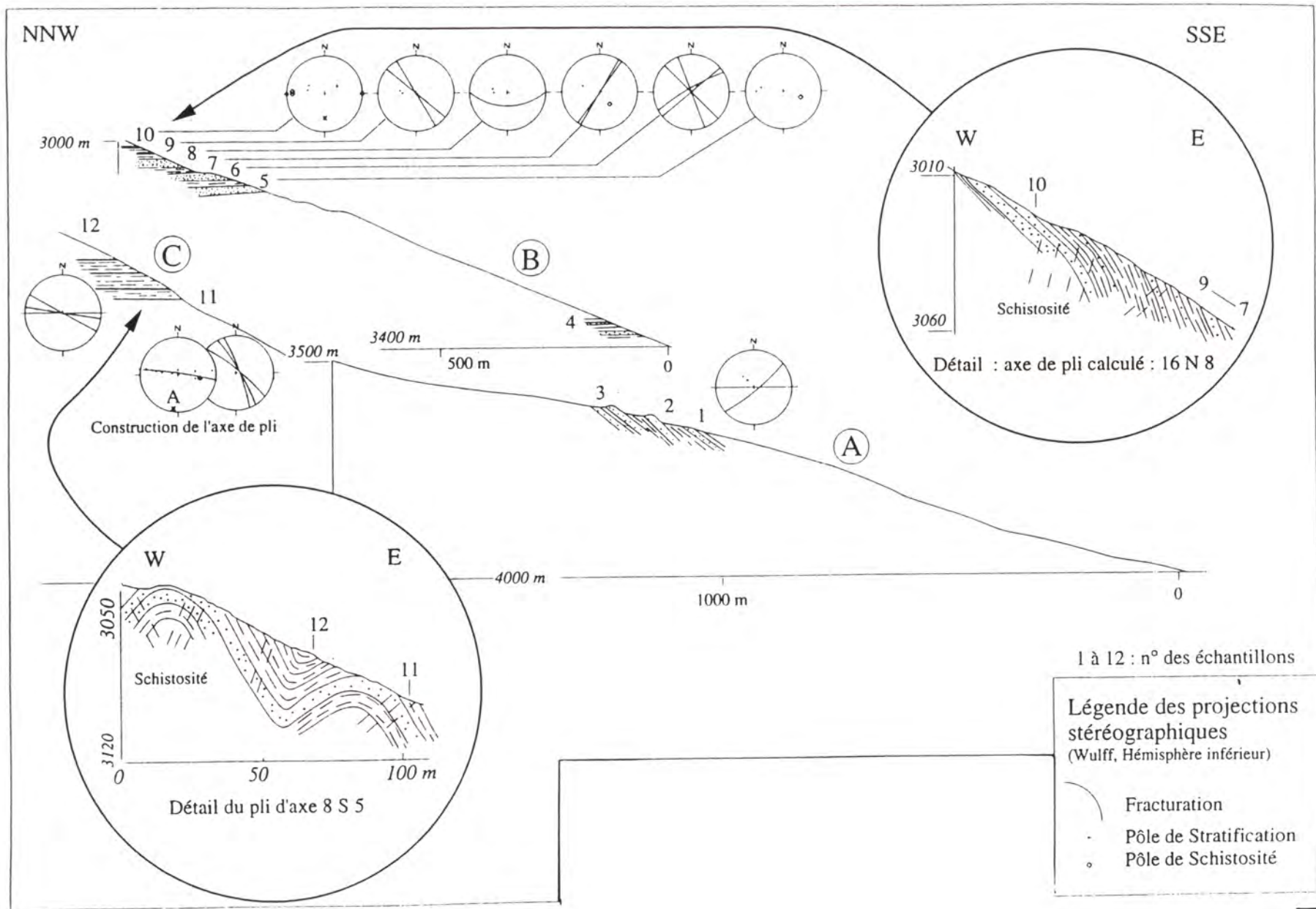
La fracturation (petites failles ou simples diaclases ?) présente deux directions principales, N150E largement prédominante, et N90E. L'existence de véritables failles - non repérées en place - est attestée par l'existence de plans striés sur l'échantillon EN3-7.

L'âge des terrains recoupés lors de la plongée EN3 n'est pas encore fermement établi. On peut supposer cependant qu'il s'agit du Crétacé (Albien ?). Une tectonique caractérisée par des plissements d'axe N10E et de plan axial vertical, accompagnés de schistosité, est clairement visible, au moins dans les niveaux qui affleurent vers le haut de la pente.



Trajet suivi au cours de la plongée **EN03** ; sont indiqués (1 à 12) les différents prélèvements effectués ainsi que les directions et valeurs des pentages observés.

Coupe synthétique de la plongée EN03 (projetée sur une direction NNW-SSE) ; les plis orientés N-S sont représentés sur des profils détaillés.



Plongée EN 4

Observateur : *Christophe Basile*

MORPHOLOGIE

La plongée EN4 se déroule sur l'extrémité orientale de la ride de Côte-d'Ivoire. Elle débute à -3753 m et se termine à -2211 m sans en avoir atteint le sommet. Le cap moyen est au 330, perpendiculaire à la pente moyenne de la ride. Quatre zones morphostructurales ont été différenciées dans la plongée :

La partie profonde de **-3753 m à -3220 m** est presque totalement envasée. Le "Nautil" y remonte de biais une pente irrégulière, découpée par une succession de talwegs et de crêtes. Les pentes sont localement fortes et souvent instables, avec des figures de glissement sur le fond. Un canyon limité par des pentes verticales envasées a même été recoupé vers -3700 m, ce qui indique des écoulements turbides récents. Un seul affleurement a été observé dans cette zone entre -3406 m et -3376 m (Ech. EN4-1). Cet affleurement est étroit - quelques mètres à une dizaine de mètres - car il est limité à l'axe d'un talweg, et très discontinu en raison de l'envasement. Les bancs qui émergent de la vase sont peu épais, de directions variables et de pendages majoritairement vers l'ouest.

De **-3220 m à -2875 m**, une zone intermédiaire basse se présente comme un faux plat totalement envasé avec une pente régulière, de l'ordre de 30% ; on y observe aucun débris rocheux ou trace de glissement.

Vers **-2875 m** de profondeur, la pente augmente brutalement. On retrouve alors un escarpement vaseux instable (traces de glissement), de direction N30E, correspondant probablement à un changement du soubassement. Au-dessus, une pente moins forte s'élève jusqu'à -2650 m. De nombreux graviers, des dalles et des alignements de petits blocs y émergent de la vase (Ech. EN4-2). Les dalles et blocs semblent en place, mais une provenance des escarpements supérieurs n'est pas à exclure. Par contre, les graviers prélevés sont par contre probablement éboulés (Ech. EN4-3).

A partir de **-2650 m** et jusqu'à la fin de la plongée (-2205 m), le "Nautil" a remonté une falaise plus ou moins continue constituée par une alternance de bancs massifs à pic ou en surplomb et de pentes plus faibles (interbancs), plus ou moins envasées et recouvertes d'éboulis (stations 3 à 5, Ech. EN4-4 à 10). Les épaisseurs des bancs et des interbancs sont assez variables, de quelques mètres à quelques dizaines de mètres. La présence de nombreux surplombs et de dépressions évoquant des marmites de géant laisse supposer une érosion aérienne ou sous-marine importante.

LITHOLOGIE ET STRUCTURES SEDIMENTAIRES

L'ensemble de la plongée a traversé une série grésopélitique, où les stratifications obliques planes sont très nombreuses, du moins dans la partie sommitale. Tous les échantillons prélevés sont des roches détritiques plus ou moins fines, depuis des grès grossiers, mal triés, jusqu'aux pélites et aux siltstones. Il faut noter que des grès grossiers se rencontrent à la fois dans des barres massives et dans des niveaux décimétriques. Dans l'ensemble des échantillons les grains de quartz sont anguleux et les micas (biotite et muscovite) sont disposés parallèlement aux plans de stratification (micas flottés). Seuls, quelques échantillons, parmi les plus fins (Ech. EN4-4), montrent une schistosité fruste qui se traduit par quelques micas obliques par rapport aux plans de stratification.

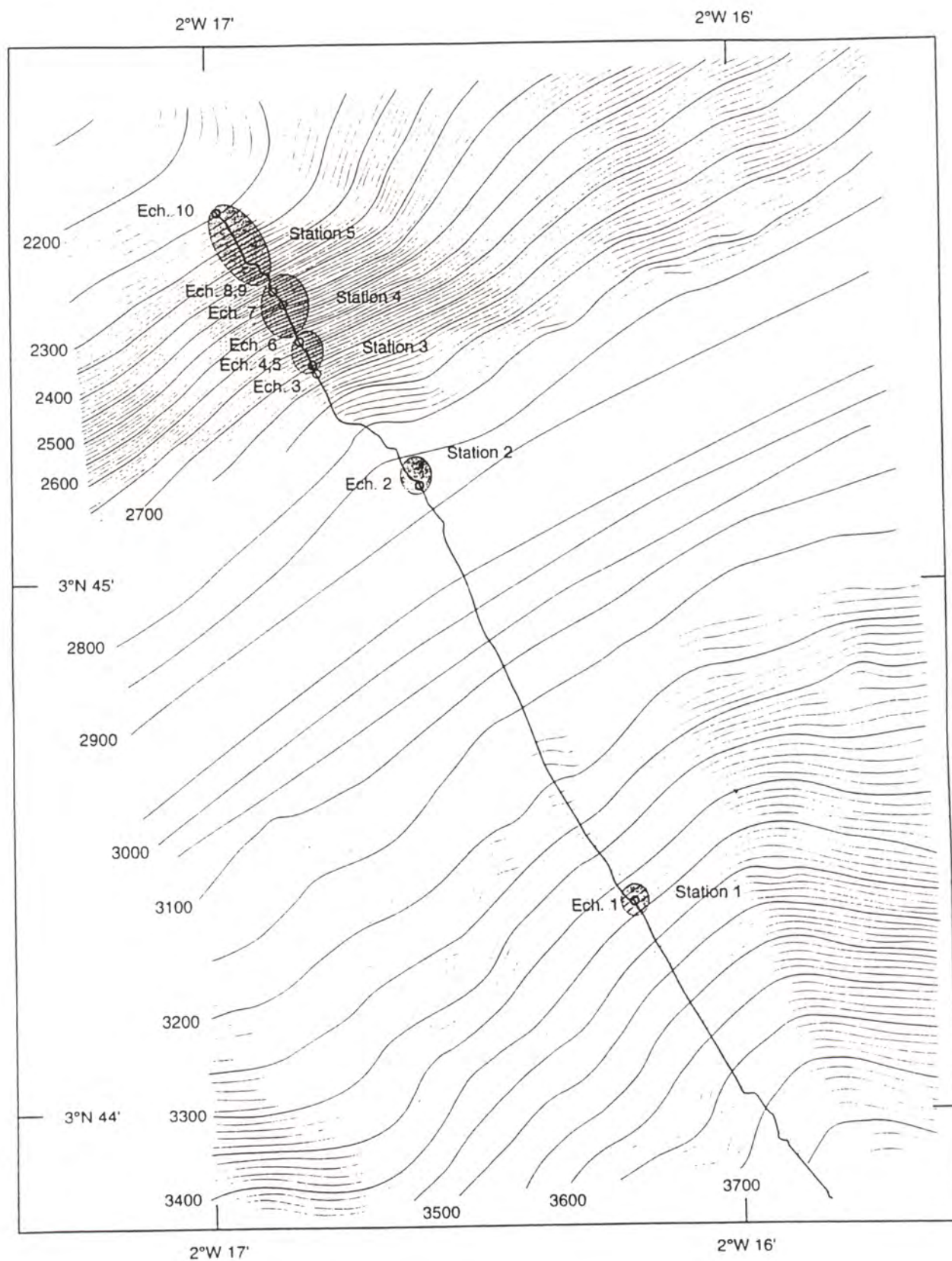
STRUCTURES TECTONIQUES

Sur l'affleurement le plus profond (station 1), le report des pôles des plans de stratification laisse supposer l'existence de plis d'axe N165E, compatibles avec un pli métrique (150.20) visible sur un banc mince à la base de l'affleurement.

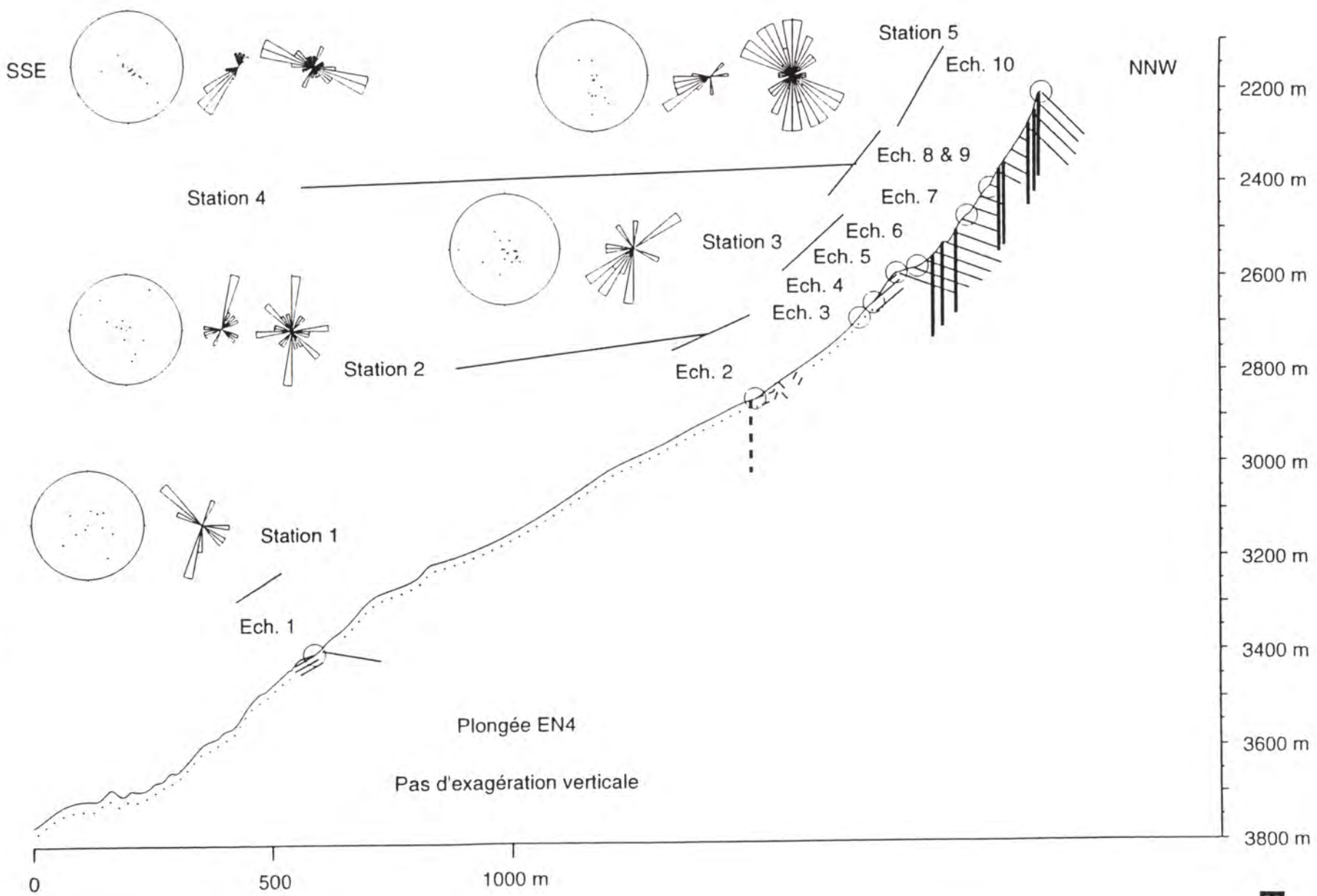
Par contre, tout le reste de la plongée (stations 2 à 5) correspond à une série dont les plans de stratification pendent majoritairement vers le nord, et qui semble être plissé suivant des axes horizontaux N40E à N70E. Dans ce secteur, on observe une augmentation de la déformation en remontant le sommet de la formation : les pendages augmentent, le réseau de diaclases, en majorité verticales, est de plus en plus dense, et la schistosité de plus en plus visible dans les matériaux fins.

La fracturation observée dans les stations 2 à 5 peut être interprétée comme résultant d'un cisaillement dextre de direction N110E (station 4), associé à des décrochements conjugués (Riedel et Riedel antithétiques) de directions respectives N-S et N140E (stations 2 et 5). Cette direction de cisaillement est compatible avec les plis (N40E à N70E) déduits des observations dans ce même secteur.

A l'exception du premier affleurement (station 1), lui aussi gréseux mais apparemment déformé suivant d'autres modalités (plis d'axes N150E à N165E), l'essentiel de la plongée EN4 a permis de remonter une série grésopélitique dont la déformation est assez homogène et peut être décomposée en deux épisodes : un basculement vers le nord, suivi d'un cisaillement dextre de direction N110E, générant lui-même des plis de directions N40E à N70E, des décrochements N110E et des fractures conjuguées N-S et N140E. Il faut cependant noter qu'une telle direction de cisaillement est différente de celle (N65-70E) supposée avoir modelé l'ensemble de la marge transformante.



Trajet suivi au cours de la plongée **EN04** ; la localisation des différents échantillons est indiquée de même que l'emplacement des différentes stations de mesures structurales.



EN 04

Coupe synthétique de la plongée EN04 (en pointillés secteurs envasés) ; l'emplacement des échantillons et des diverses stations de mesures est indiqué. Les pôles de la stratification et les directions de fracturation sont également indiqués (en trait gras les zones faillées).

Plongée EN5

Observateur : *Jean BENKHELIL*

MORPHOLOGIE

La partie inférieure de la coupe, orientée N320E, est envasée entre -4076 m et -3793 m. A partir de cette profondeur, les affleurements sont épars mais deviennent de plus en plus fréquents en montant jusqu'à une première falaise située vers -3760 m qui marque le début d'une zone d'affleurements continus. Entre -3750 et -2500 m, la pente devient très forte (jusqu'à 70%). Elle n'est pas régulière et elle est constituée par une série de petites falaises et de replats souvent envasés riches en débris anguleux de siltstone jaunâtre ; on observe quelques parois verticales.

A partir de **-3520 m**, de gros encroûtements (hydroxyde de Fe et Mn) jusqu'à 20 cm d'épaisseur, donnent un aspect moutonné aux affleurements, sauf dans les parois verticales. Ces encroûtements sont de deux types : en dalles souvent inclinées suivant la pente, même forte, mimant un débit sédimentaire ou bien enveloppant les couches donnant une surface moutonnée parfois en boules.

Vers **-2770 m**, la pente est toujours forte et régulièrement envasée avec des débris anguleux de siltstone jaunâtre, des blocs de croûte éboulés ; elle est accidentée d'affleurements fortement encroûtés.

De **-2400 m à -2340 m**, sur la fin de la coupe, les affleurements sont quasiment continus.

La pente est entaillée assez souvent de petits canyons tel celui rencontré vers -3265 m d'orientation N-S.

LITHOLOGIE ET STRUCTURES SEDIMENTAIRES

Les prélèvements les plus profonds (-3766 m) sont constitués par des siltstones jaunâtres finement lités assez tendres à passées gréseuses, que l'on retrouvera jusqu'à -2409 m. Le litage est accidenté par de nombreuses lentilles sableuses ("lenticular bedding"). Les surfaces de stratification sont parfois lustrées et portent de fines stries provoquées par un glissement couche à couche.

Entre -3510 m et -3170 m, la série montre un fort débit en plaquette du sans doute à l'épaississement des lits et à une certaine induration inférieure à la suite ; l'ensemble reste cependant relativement monotone, les échantillons 1 à 8 sont constitués de siltstones jaunes à verdâtres finement lités parfois assez argileux.

Vers -3170 m, une brèche à ciment argileux jaune clair s'intercale dans la série. Elle se situe dans une zone où la roche est très fortement déformée ; une origine tectonique de cette brèche n'est pas exclue.

Vers le haut, les échantillons récoltés sont constitués par des encroûtements stratiformes ou formant des couches concentriques. L'un de ces échantillons (EN5-12) correspond à un encroûtement contenant de nombreux débris anguleux de siltstones de texture et structure variées. On notera également la présence d'un gros feldspath potassique automorphe, isolé et maclé.

Les structures sédimentaires, autres que les variations du litage sont peu fréquentes, du moins, à l'observation directe. L'étude des échantillons a cependant révélé de nombreuses figures d'origine sédimentaire : lentilles gréseuses et fines, obliques (-3767, -3619, -2608 m).

STRUCTURES TECTONIQUES

La série sédimentaire présente des pendages variables compris entre 20° et 45°. Les pendages les plus forts ont été observés dans la partie supérieure de la coupe c'est-à-dire entre -2370 m et -2340 m où les couches forment un pli avec des flancs à pendage proche de 60°. L'orientation de la direction et du pendage des strates sont également très variables en raison de la présence de plis. A l'échelle de l'observation, seuls les plis décimétriques à métriques sont visibles et ils ont fait l'objet de mesures directes des axes. La projection des plans de S_0 sur canevas de Wulff a permis de déterminer, pour différentes stations, une direction d'axe de plissement à une échelle supérieure. Ces directions sont comprises entre N30E et N60E. La projection des axes de microplis montre une bonne distribution autour de l'azimut N20E (N-S à N45E).

Un débit en "frites", témoignant de l'existence d'une schistosité de fracture, apparaît parfois avec des directions de la linéation d'intersection proche de N50E.

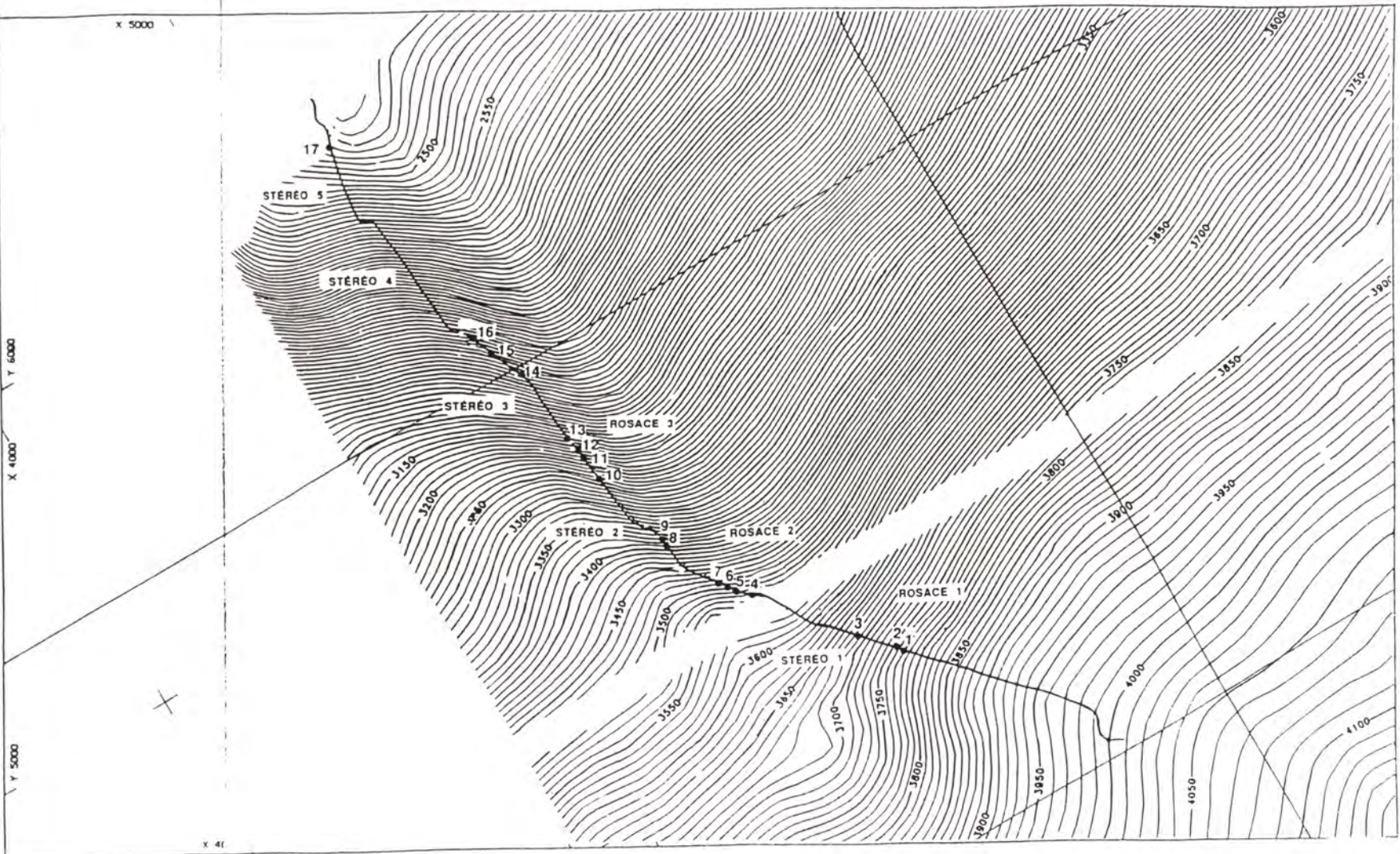
Les structures cassantes sont particulièrement bien développées. Elles sont dominées par un réseau de diaclases parfois très denses donnant localement des bandes étroites dans lesquelles les diaclases très serrées évoluent vers une schistosité de fracture. Ces diaclases sont présentes tout au long de la coupe avec une intensité variable qui est aussi fonction de la lithologie. Plusieurs rosaces directionnelles ont permis de déterminer les directions préférentielles de diaclases. Il s'agit par ordre d'importance de : N-S, N10E, N145E, N30E. Dans certains cas, des fractures correspondant sans doute à des failles ont été observées (-3364 m) sans que l'on puisse cependant en déterminer la nature. En revanche, la zone de brèches observée vers -3165 m, à proximité de microplis d'entraînement à axe plongeant fortement vers le nord-est et de niveaux fortement schisteux, laisse supposer la présence d'une faille importante dans ce secteur. Par ailleurs, de nombreuses petites failles d'orientation, N20E et à fort pendage, ont été observées dans ce même secteur.

A ce stade de l'étude, une comparaison peut être déjà tentée à l'échelle régionale concernant plus particulièrement les faciès. L'importance des siltstones finement laminés, avec de fréquentes figures de déformation synsédimentaire et une induration relativement faible, rappelle beaucoup les séries argilo-silteuses de l'Asu River Group de l'Albien moyen de Basse-Bénoué (Nigéria). L'étude des structures

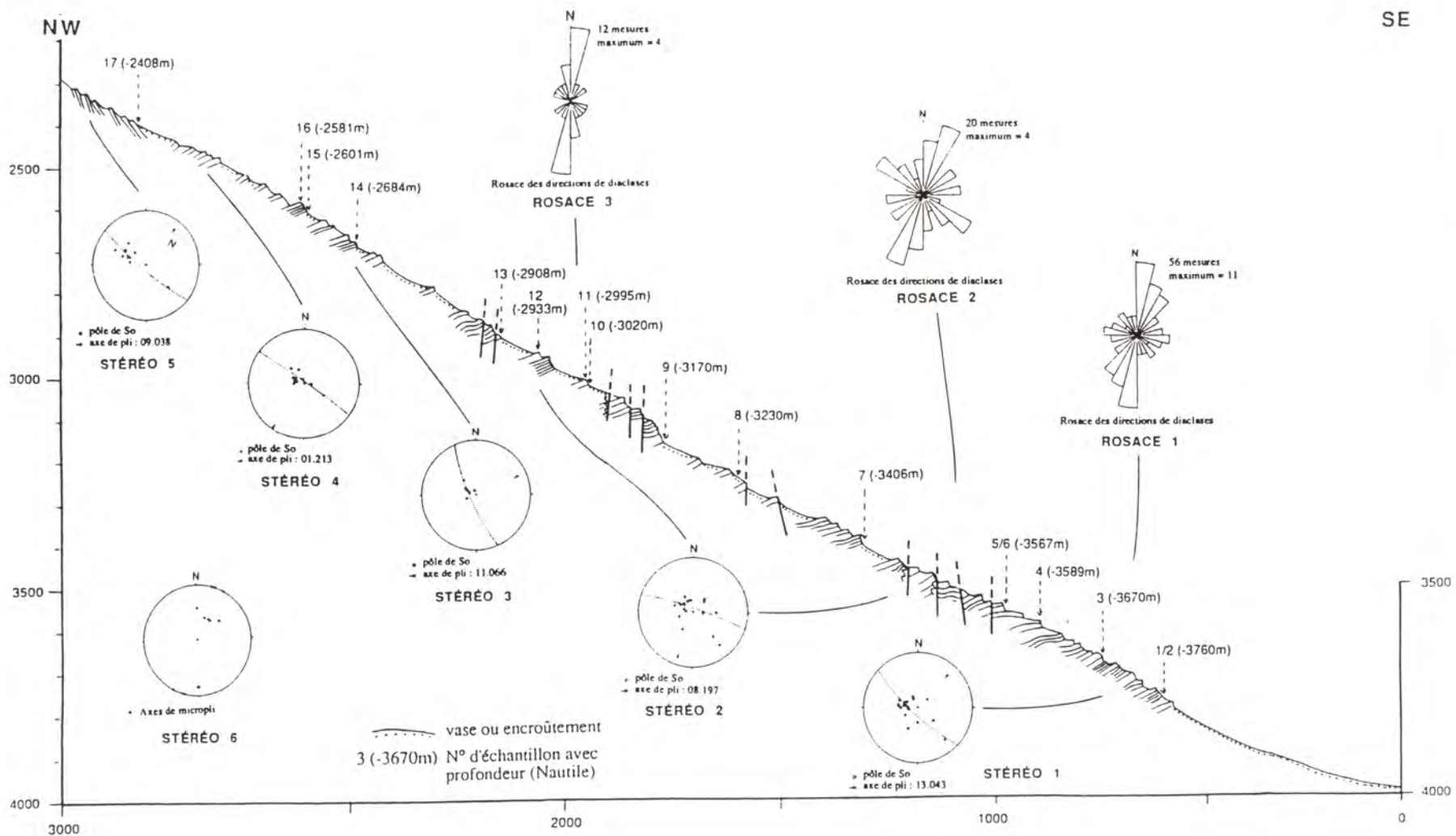
sédimentaires, des microfaunes et microflores ainsi que du cortège argileux permettra d'approfondir la comparaison entre ces deux séries. D'un point de vue structural, les déformations observées associent une fracturation et un plissement dont le mécanisme est essentiellement la flexion avec un aplatissement non négligeable, comme l'indique la présence d'une schistosité.

Concernant l'histoire thermique de ces deux séries, la mise en évidence de marqueurs, tels l'illite, la phengite et la chlorite, confirme l'existence d'un métamorphisme de bas degré. L'étude des relations métamorphisme/déformations en cours permettra de préciser cet aspect.

Cette association comportant déformations cassantes, aplatissement, flexion et faible métamorphisme, est très comparable à ce que l'on connaît déjà à terre dans la région des Abakaliki en Basse-Bénoué au Nigéria.



Trajet de la plongée **EN05** ; la localisation des différents échantillons prélevés et des différentes stations de mesures structurales est indiquée.



Coupe synthétique de la plongée EN05 et résumé des mesures structurales effectuées (rosace : les directions de fracturation ; canevas : poles de la stratification).

Plongée EN 6

Observateur : *Michel GUIRAUD*

MORPHOLOGIE

La plongée EN6 a été réalisée depuis la profondeur -4252 m jusqu'à la profondeur -2776 m suivant trois transects sur une longueur totale de 5800m.

LE PREMIER TRANSECT depuis -4100 m jusqu'à -3550 m correspond à une pente tout d'abord peu importante, envasée et sans affleurement, qui devient relativement forte vers le sommet. Sur ce secteur, deux zones d'affleurement ont été observées dans la partie médiane et sommitale. Les échantillons 1 et 2 (-3939m) ont été récoltés au niveau du premier affleurement, alors que les échantillons 3 à 6 ont été récoltés dans la partie sommitale entre -3570 et -3450 m où les affleurements sont relativement continus.

LE DEUXIEME TRANSECT correspond à un déplacement horizontal depuis la cote -3350m jusqu' à -3300 m sur une pente régulière constituée par des replats envasés et par des affleurements discontinus de barres massives de grès dans lesquelles ont été prélevés les échantillons 7 et 8.

A partir de -3300 m, la pente devient forte et présente des alternances de zones envasées à éboulis anguleux encroûtés et de nombreux affleurements correspondant à des barres massives de grès, d'épaisseur plurimétrique, surmontant des niveaux décimétriques dans lesquels ont été collectés les échantillons 9 et 10. Vers -2950 m, la pente s'adoucit et devient régulière avec de rares affleurements.

LITHOLOGIE ET STRUCTURES SEDIMENTAIRES

Les observations de la plongée EN6 ont été réalisées vraisemblablement dans la même formation grésopélitique qui s'exprime par des alternances de barres massives (4-5 m) de grès à stratifications obliques planes (-3348 m et -3363 m) et en auges (-3572 m, -3499 m, -3556 m), progradant vers le sud et reposant sur des bancs d'épaisseur décimétrique de matériel gréseux fin à silteux. Ces niveaux silteux présentent de fines laminations parallèles et parfois des nodules silteux emballés dans une matrice finement litée (-3463 m).

La concavité des stratifications en auges dans les barres massives ainsi que la présence de figures de charge dans les bancs décimétriques démontrent que l'ensemble de la série observée est à polarité normale.

Les échantillons provenant des barres massives (Ech. EN6-2, 3, 4 et 9) sont constitués par des grès quarzitiques micacés, homogènes, de couleur verdâtre, très recristallisés. La granulométrie est à dominante fine parfois grossière et ces niveaux peuvent présenter des laminations frustes.

Les prélèvements dans les bancs décimétriques (Ech. EN6-1, 5, 6, 7, 8, 10 et 11) correspondent à des grès fins micacés, bioturbés, des grès fins micacés à matrice silteuse et à des siltstones gris-verdâtre finement laminés.

STRUCTURES TECTONIQUES

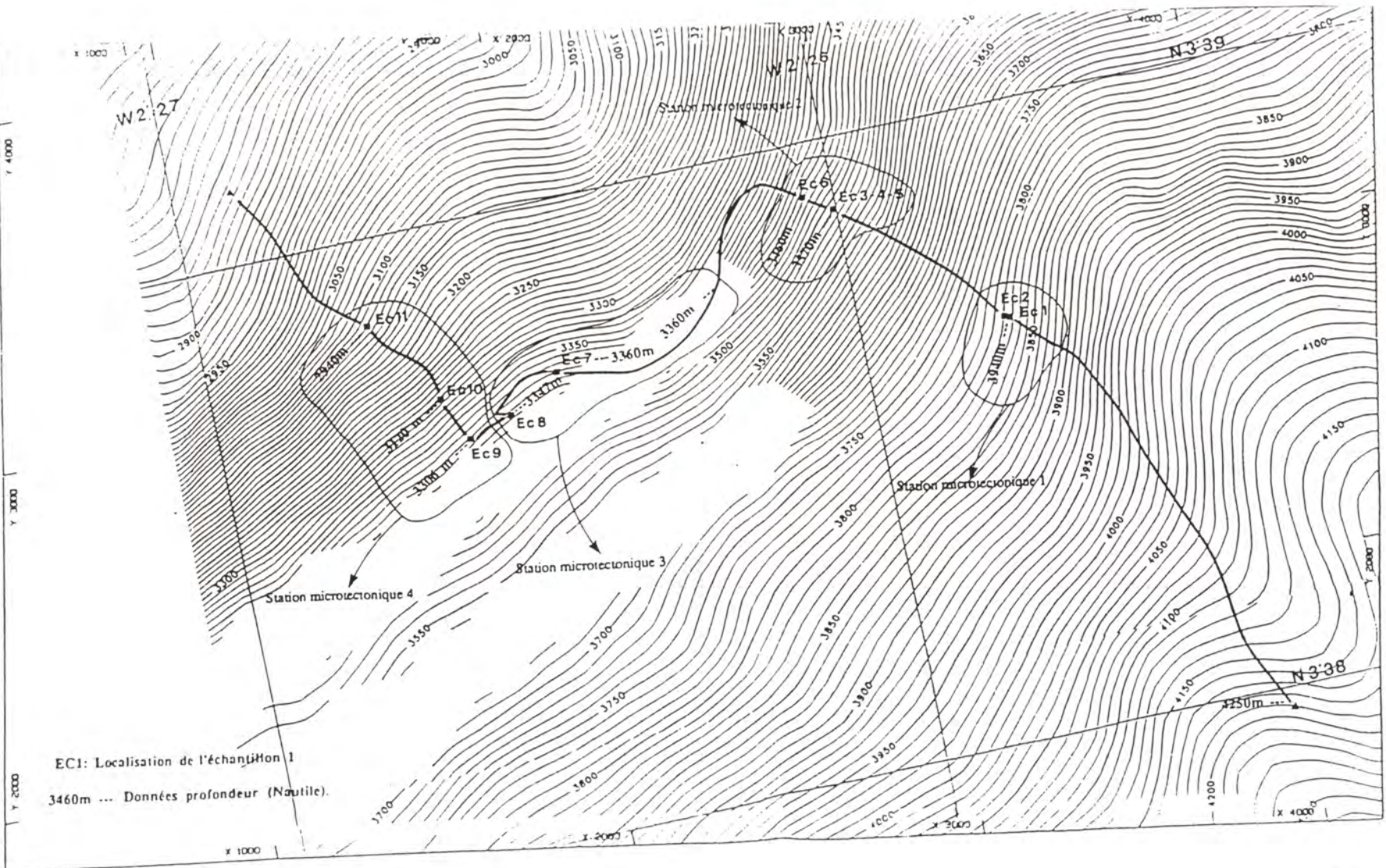
La série présente des pendages compris entre 20° et 50° essentiellement vers le sud. Les directions des couches sont variées avec toutefois une distribution importante entre les azimuts N150E et N200E. Ce dispositif suggère une déformation plissée dont atteste l'observation de plusieurs plis droits ouverts à flancs symétriques pentés à 20°. Ces plis sont caractérisés par des axes N-S à N20E (cotes -3569 m, -3297 m) et N110E (cotes -3304 m à -2983 m). Le report des pôles des plans de stratification sur diagramme stéréo graphique définit aussi des plis d'axes N10E et N110E.

Les structures cassantes apparaissent de façon spectaculaire sous la forme de systèmes de diaclases à maille large et de diaclases à maille serrée que l'on peut relier à de la schistosité de fracture. Cette dernière semble se disposer suivant le plan axial des plis. Le report sur rosaces des directions des plans de diaclases définit trois familles principales organisées par ordre d'importance suivant les directions N100E à N140E, N-S à N30E et, de façon moins marquée, N80-90E. Ces familles de diaclases sont conjuguées autour de la direction N10E et N110E. Une distinction claire entre les plans de diaclases et les plans de microfailles n'a pu cependant être établie.

L'augmentation très importante de l'intensité de la déformation cassante vers le haut de la coupe (station 4) suggère la présence d'un système important de failles dans cette zone entre les cotes -3350 m et -3050 m.

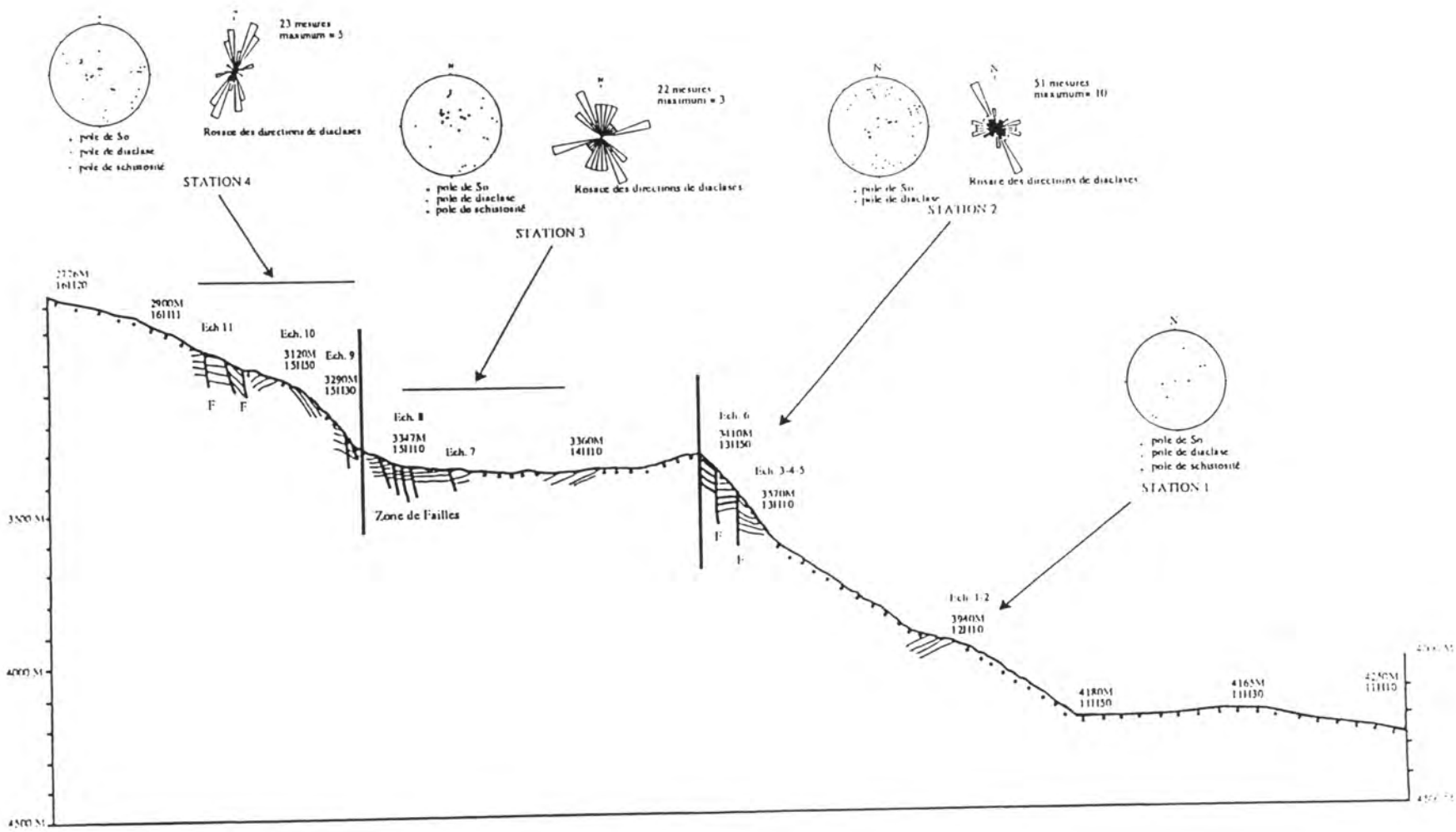
Une comparaison peut être établie pour les faciès sédimentaires et les structures tectoniques, entre la formation étudiée lors de cette plongée et la formation d'Asu River de l'Albien moyen connue dans le bassin de Basse-Bénoué (Nigéria), qui présente la même alternance de barres massives de grès, de bancs de siltstones et de grès fins ainsi que des ensembles de plis droits ouverts auxquels est associée une schistosité de fracture.

La recristallisation importante, ainsi que la couleur générale, verdâtre, du sédiment suggèrent un métamorphisme de faible degré qui pourrait être caractérisé par l'étude de marqueurs tels que l'illite (mesures de la cristallinité) et les minéraux néoformés tels la phengite et les chlorites (étude microsonde).



Trajet de la plongée EN06 et localisation des échantillons ainsi que des stations de mesures microstructurales.

Coupe synthétique des trois trajets de la plongée EN06 (en pointillés les zones envasées). Pôles de stratification et de schistosité ainsi que rosace des directions de fracturation sont indiqués.



Plongée EN 7

Observateur : *Jean MASCLE*

MORPHOLOGIE

La plongée EN7 a été effectuée entre -4436 m et -2865 m de profondeur sur la façade orientale d'une apophyse sensiblement N-S découpant l'orientation générale NE-SW de la pente continentale. Environ 4 kms ont été parcourus sur le fond.

Le début de la plongée correspond à un petit segment assez envasé et permet de couper un chenal de 5 à 10 m de profondeur. Les premiers affleurements se situent à la base d'une pente forte (entre -4390 m et -4000 m) le long de laquelle les sept premiers échantillons ont été prélevés.

Entre -4000 m et -3800 m, un adoucissement de la pente entraîne la réapparition d'un paysage envasé mais parsemé de nombreux blocs éboulés. Cette banquette est à nouveau interrompue par un très fort ressaut de pente (entre -3800 m et -3500 m) le long duquel les prélèvements 9 à 12 ont été effectués.

A partir de cette cote la pente s'adoucit et offre une alternance de zones envasées parsemées d'éboulis anguleux légèrement encroûtés. La pente se redresse fortement de -3400 m à la fin de la plongée. Cette accentuation du relief se traduit par la présence d'affleurements rocheux pratiquement en continu jusqu'au sommet de la plongée.

LITHOLOGIE ET STRUCTURES SEDIMENTAIRES

L'ensemble de la plongée a permis d'observer des formations typiques déjà décrites dans les plongées précédentes, à savoir des alternances de strates d'apparence fine - débit de l'ordre de la dizaine de cm - et de grosses barres massives de grès - 5 à 10 m - où s'observent des stratifications obliques. On note un accroissement apparent de la proportion des barres massives vers le sommet de la plongée. Les échantillons provenant des barres massives sont rares car difficiles à dégager (EN7-7, 10, 11), ils correspondent à des grès fins homogènes gris à gris-vert ; ceux provenant des strates plus fines (EN7-1, 3, 4, 6, 8, 9) sont des roches de type siltstones souvent très homogènes ou à litage très fin. L'échantillon EN7-9 offre des laminations planes très fines évoquant un dépôt de type "varve". Ce type de dépôt, de très faible énergie, pourrait également caractériser un milieu lacustre.

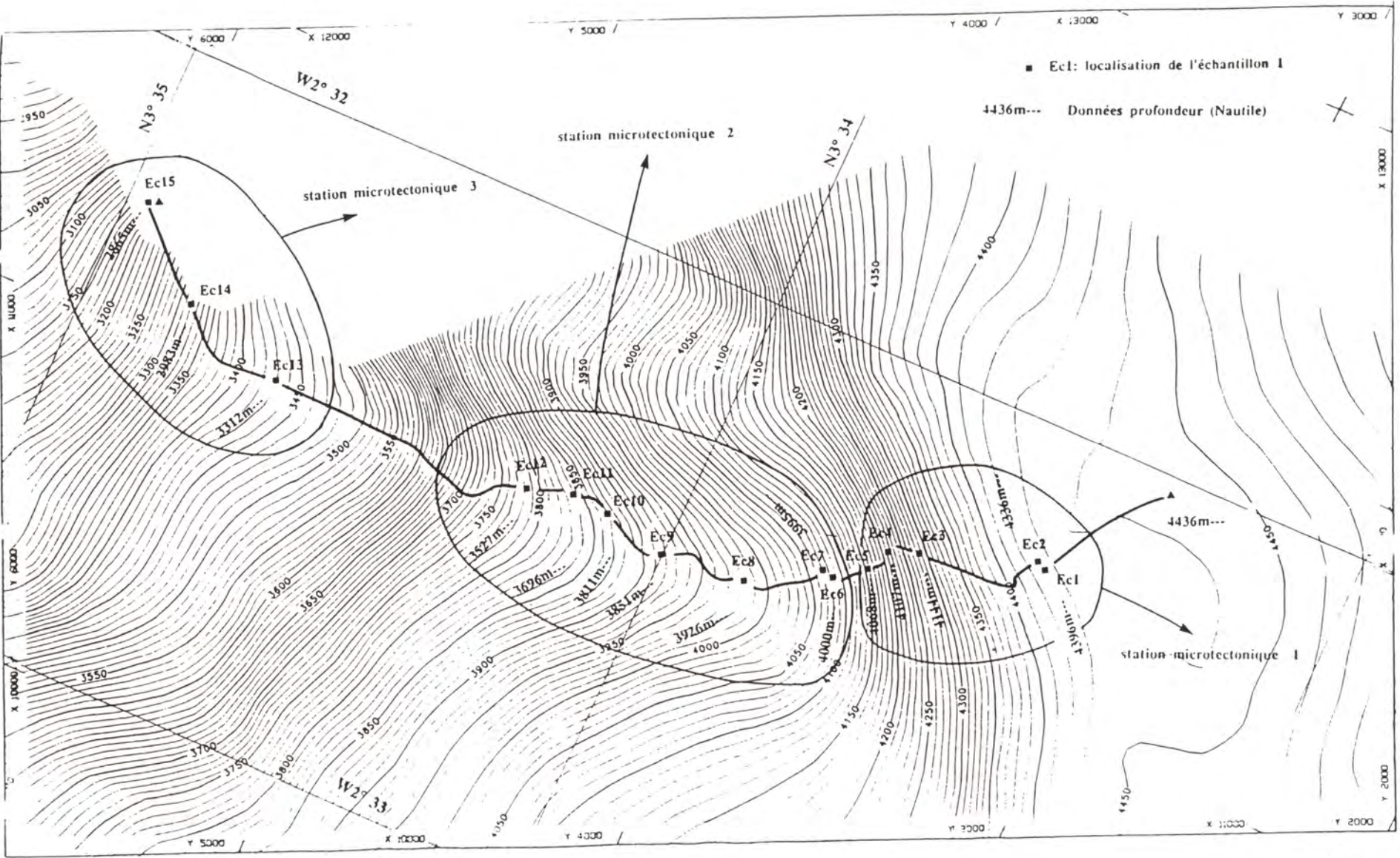
En résumé, les dépôts prélevés indiquent tous une sédimentation grésopélimitique avec peut-être la superposition de deux ou trois grands ensembles contrôlant la morphologie de la pente.

STRUCTURES TECTONIQUES

On observe une nette différence entre la partie basse de la plongée et le tronçon sommital. Vers la base les pendages sont vers le sud et demeurent faibles, de l'ordre de 10° à 15° ; vers le sommet de la section les séries sont redressées (20° à 40°) et offrent plutôt un pendage vers le nord ; le secteur médian offre une structure plus complexe, des stries horizontales et des niches d'arrachement y ont été observées ; ces marqueurs structuraux pourraient indiquer l'effet d'une tectonique en décrochement.

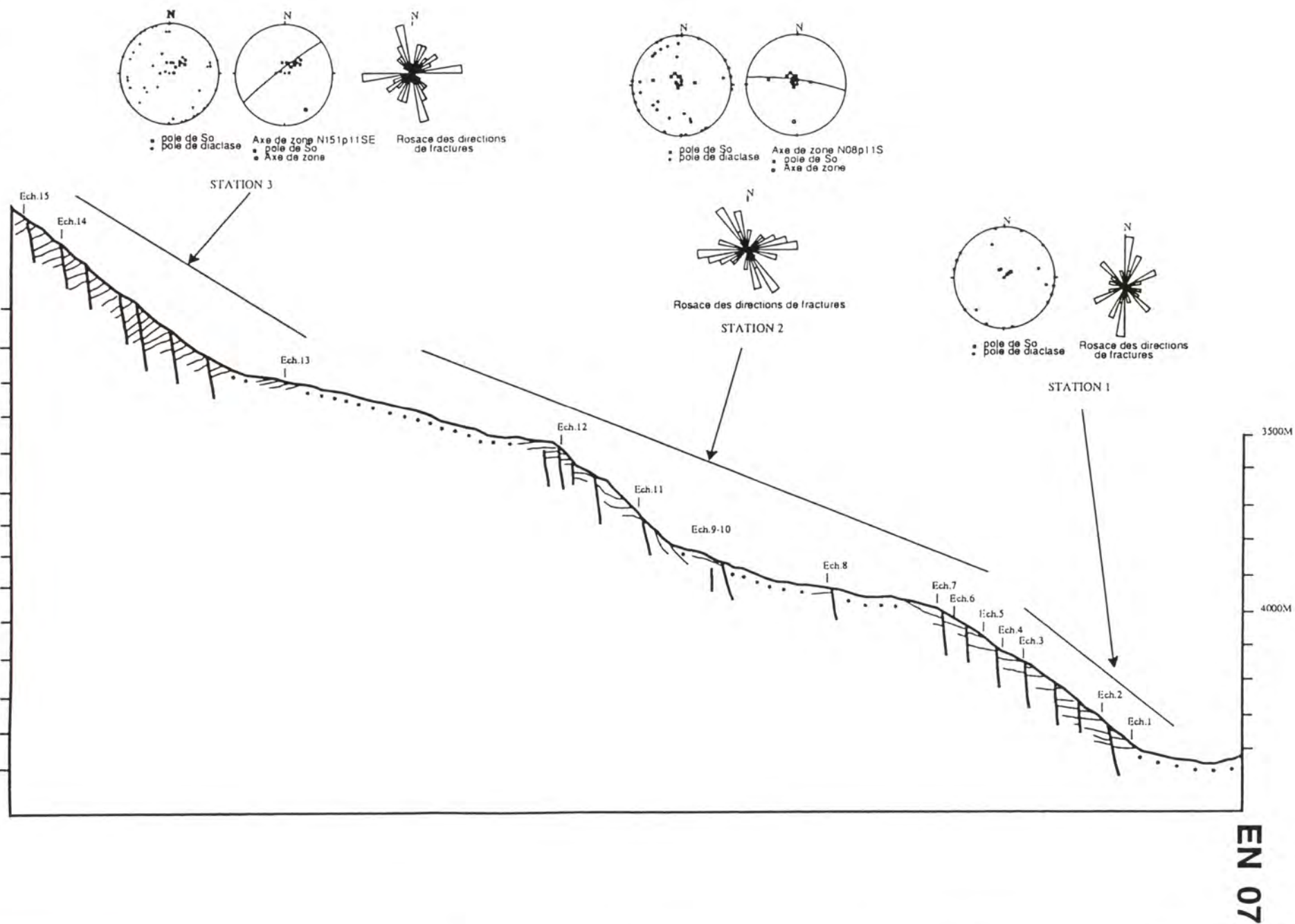
Les structures cassantes sont partout bien représentées et sont caractérisées, suivant les secteurs, par des directions dominantes N-S (base de plongée), N140E (secteur central) et N160E (sommet de la plongée). Les directions secondaires sont à N10E, N30E et N80-90E surtout dans le segment central. L'ensemble des séries apparaît intensément découpé par des failles subverticales mais aucun grand plan de faille n'a pu être observé.

Au plan sédimentaire la plongée a permis d'observer et de prélever des terrains entièrement grésopélitiques avec une alternance de barres gréseuses épaisses et de dépôts plus fins à stratifications centimétriques à décimétriques. Ces dépôts sont caractéristiques d'une sédimentation de type deltaïque ; localement certains échantillons pourraient indiquer des dépôts de varves. Les séries sont intensément fracturées, phénomène qui s'exprime par un dense réseau de diaclases dont les directions dominantes sont à N-S et N90E. Les variations rapides de pendage et les indices tectoniques observés au sein du secteur central de la plongée pourraient indiquer la trace d'un (ou plusieurs) accident décrochant. Enfin, un premier examen des échantillons en lames minces indique que certains d'entre eux ont subi les effets d'une double schistosité avec deux familles de recristallisation de biotites ; des datations absolues seront tentées sur ces minéraux afin de tenter de caractériser l'âge de l'épisode ayant entraîné ces reconstructions.



Trajet de la plongée EN07, localisation des différents échantillons et des trois stations de mesures structurales effectuées.

Coupe synthétique de la plongée EN07 avec localisation des échantillons et des stations de mesures in situ (pôles de stratification et rosaces des directions de fracturation).



Plongée EN 8

Observateur : *Georges MASCLE*

MORPHOLOGIE

Le tracé prévu comportait une seule coupe dans une falaise très raide entre -4500 m et -3500 m. En fait, la fin de la coupe s'est déroulée dans une zone à faible gradient d'altitude, très envasée, et nous nous sommes trouvés à la profondeur de fin de plongée beaucoup plus tôt que prévu. La plongée a continué en se déplaçant vers l'est où l'on a atteint une zone de plus fort relief afin d'y effectuer une seconde coupe de la partie haute de l'escarpement. Par la suite, il a paru impossible de faire coïncider la bathymétrie enregistrée par le "Nautile" avec la carte bathymétrique provenant du seabeam.

Première coupe -4497 à -3700 m

MORPHOLOGIE - LITHOLOGIE

Cette coupe est effectuée le long d'une falaise raide, constituée d'une série de marches de 10 à 50 m de hauteur chacune, montrant la succession suivante :

- 1 - à la base, un talus envasé correspondant à des niveaux tendres ;
- 2 - une succession de grès en bancs pluricentimétriques à décimétriques et de lits minces plus tendres ; ces lits, fracturés par un réseau très régulier de joints, forment des plaques losangées ; vers le sommet l'épaisseur des lits augmente (strato-croissance) ;
- 3 - au sommet une barre formée de bancs très massifs, mal lités et d'aspect arrondi, également fracturés. Les échantillons recueillis sont :

Ech. EN8-1	4485 m	siltstone gris vert finement lité
Ech. EN8-2	4449 m	quartzite fracturé
Ech. EN8-3	4306 m	quartzite fin
Ech. EN8-4	4026 m	quartzite rubané gris-vert
Ech. EN8-5	3737 m	siltite quartzitique finement laminée

Deuxième coupe -3736 à -3598 m

MORPHOLOGIE - LITHOLOGIE

Cette coupe a été examinée deux fois d'abord, en redescendant puis en remontant le haut de la falaise précédente, constituée d'une série de marches décamétriques qui offre une succession peu différente de la précédente, avec cependant des barres massives moins épaisses et sans litage visible. Les échantillons sont :

Ech. EN8-6	3735 m	grès quartzitique à lamines obliques
Ech. EN8-7	3711 m	siltstone vert-olive finement lité, à galets mous, schistosé
Ech. EN8-8	3670 m	2 blocs de grès fin micacé finement laminé
Ech. EN8-9	3630 m	siltstone vert-clair à débris ligniteux
Ech. EN8-10	3615 m	siltstone vert

Remarques biologiques - La vase est assez bioturbée ; on observe des pistes superficielles peu nombreuses ; les affleurements rocheux sont très peuplés par de nombreuses éponges caliciformes et quelques anthozoaires ; on note aussi la présence entre -4300 et -3700 m d'assez nombreux oursins réguliers, jaunes, de petite taille ; et une très grande abondance d'encroûtements formés par des spongiaires morts. Dans la partie haute, des éponges appartenant à d'autres espèces apparaissent, les gorgones et les hydrozoaires sont abondants.

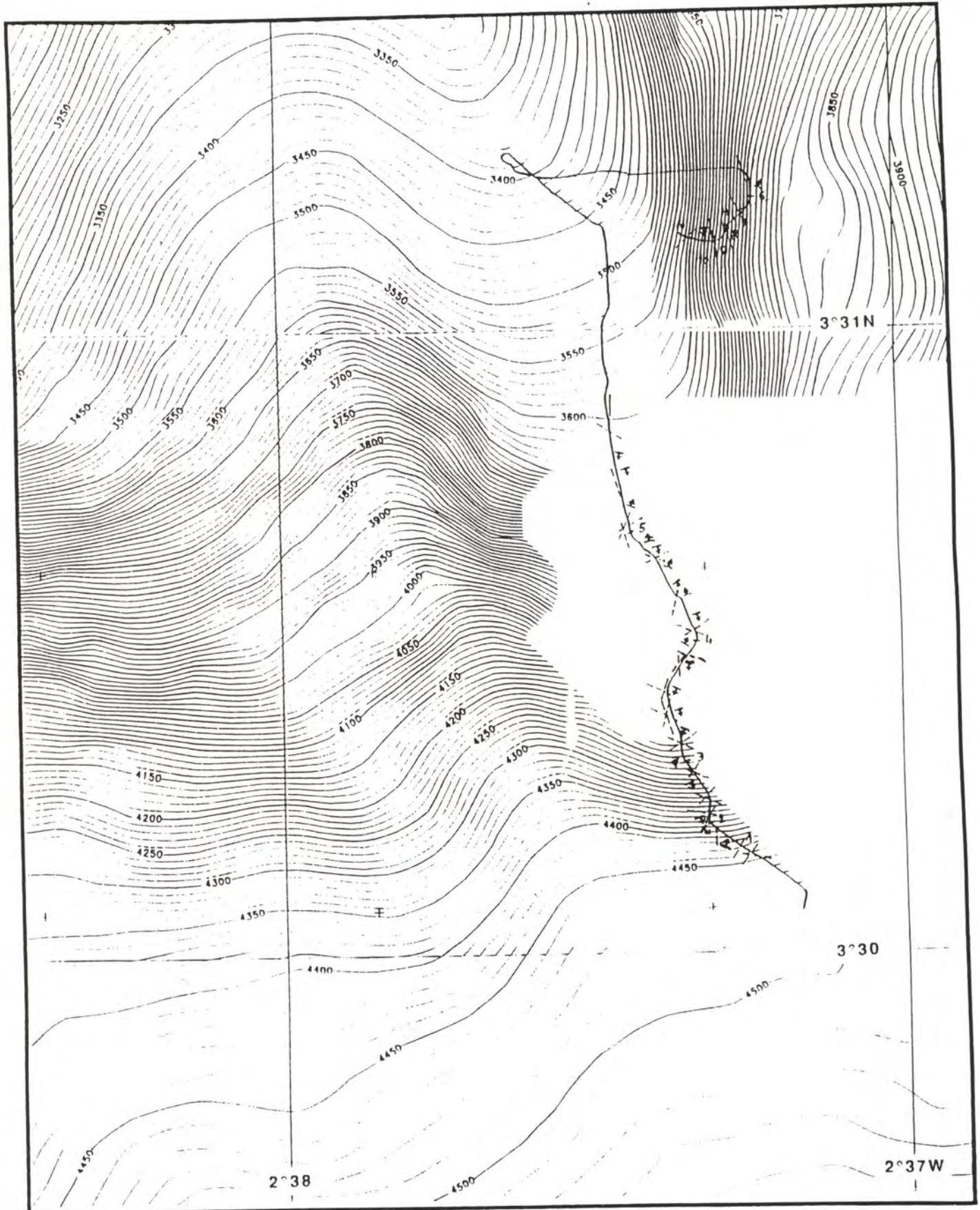
Remarques hydrologiques - Il existe un courant général portant régulièrement vers l'est ou le nord-est ; et l'eau très turbide.

STRUCTURES TECTONIQUES

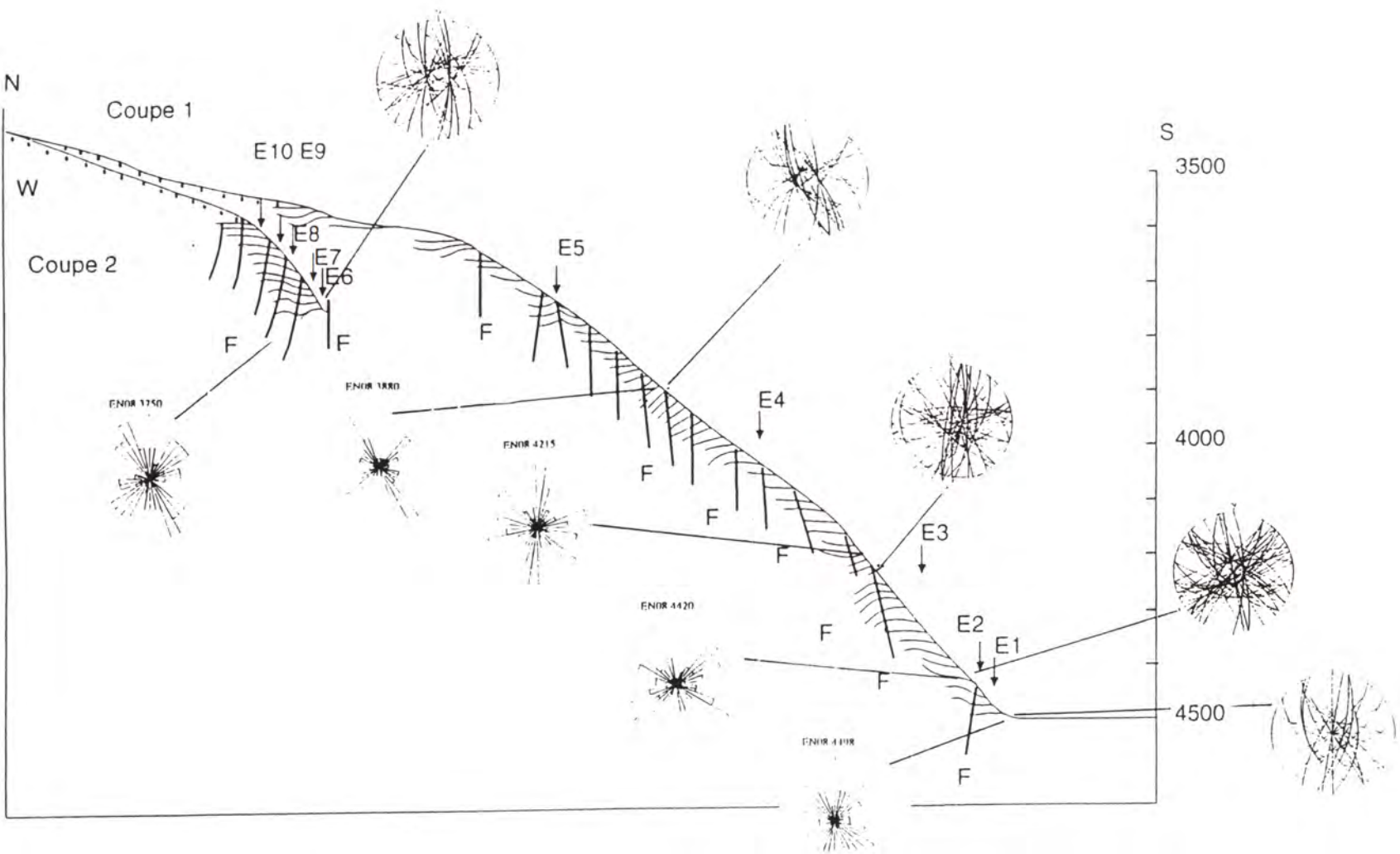
Le long de la première coupe, l'ensemble observé est, au plan structural, déformé par des plis d'axe proche de N70E, les pendages sont modérés, soit vers le sud ou soit vers le nord. Une fracturation très intense induit un débit en losange. Les fractures sont généralement très raides (verticales à 70°), orientées autour de N55E et N135E et moins fréquemment N-S et N90E, on note également la présence de filons clastiques proches de N-S.

La seconde coupe en haut de falaise, offre des pendages modérés vers l'est ou l'ENE ; une fracturation intense donne des dalles losangées à la base des barres ; les orientations les plus fréquentes sont proches de N40E et N60E.

L'ensemble grésopélitique observé tout au long de la falaise explorée est fortement découpé par un réseau de failles normales subverticales conférant aux roches un débit losangique caractéristique. Des indices d'une déformation plicative (plis N70E) sont décelables tout au long du tiers inférieur de la pente de ce relief qui se présente comme une apophyse N-S interrompant la direction générale, WSW-ENE, de la pente continentale.



Trajet de la plongée EN08 avec indications des différents prélèvements et des pentages observés.



Coupe synthétique des deux trajets suivis au cours de la plongée **EN08** (en trait gras, zones de failles). Pôles de la stratification (canavas) et directions de fracturation (rosaces) sont indiqués.

Plongée EN 9

Observateur : *Michel COUSIN*

MORPHOLOGIE

L'objectif de la plongée concerne l'analyse des affleurements entre les cotes -4000 m et -2575 m ; la première partie, entre -4000 m et -3300 m, doit être doublée par la plongée EN10. Un itinéraire de transit raccorde les parties "basse" et "haute" de la plongée (EN09).

LA PARTIE BASSE DE LA PLONGEE, entre -4000 m et -3280 m, s'est effectuée sur une pente relativement forte. A la base (-4000 m à -3850m) les escarpements sont constitués d'une roche massive très fracturée : la difficulté est de distinguer ce qui est en place de ce qui ne l'est pas. De gros blocs sont manifestement éboulés mais le doute concerne des affleurements de roches très diaclasées, qui pourraient correspondre soit à des compartiments limités par des failles, soit à de vastes glissements en masse le long de failles listriques. Nous avons considéré comme probablement en place les escarpements observés aux cotes -3990, -3905, -3895 et -3875m. De fréquents petits écoulements gravitaires ravinent cette pente, notamment entre -3930 m et -3920 m ; à cette profondeur les formes vivantes les plus fréquentes sont des éponges. Trois échantillons ont été prélevés : EN9-1 (-3995 m), EN9-2 (-3905 m) et EN9-3 (-3875 m).

Au-dessus - à partir de -3850 m - les escarpements sont moins importants et moins fréquents. Ils sont séparés par des vires de pente moyenne drapées de boues hémipélagiques, et parsemées de blocs éboulés généralement très anguleux. Le regard de ces falaises est le plus souvent constitué par des plans de fractures - diaclases ou failles ? - qui masquent fréquemment la stratification. On a ainsi relevé une dizaine de parois rocheuses entre -3850 m et -3500 m. Des gorgones colonisées par des crinoïdes y sont fixées ; à quelques mètres du fond naissent de rares poulpes, holothuries et quelques petits poissons blancs. On note encore quelques escarpements très abrupts aux profondeurs -3470 m, -3420 m, -3395 m, -3320 m et -3300 m. Deux échantillons ont été prélevés : EN9-4 (-3524 m) et EN9-5 (-3287 m) à la fin du premier segment de pente.

L'ITINERAIRE DU TRANSIT au cap moyen vers le NW : entre -3226 m à -3136 m - et le début du deuxième segment de pente (-3136 m à -2818 m) s'effectue sur un fond de vase où ne pointent que de rares petits affleurements ou blocs envasés.

LA PARTIE HAUTE DE LA PLONGEE - entre -2800 m et -2540 m - montre encore quelques barres rocheuses séparées par de vastes champs de vase. L'escarpement principal apparaît à la cote -2800 m, il est constitué de bancs de grès faiblement pentés séparés par de petites vires envasées ; les grès sont très diaclasés. Trois échantillons ont été prélevés : EN9-6, EN9-7 et EN9-8. Au-dessus, quelques barres rocheuses apparaissent encore aux profondeurs -2765 m, -2675 m (prélèvement de

EN9-9), et -2590 m (prélèvement de EN9-10). Au moment de larguer (-2540 m), on observe encore une nouvelle falaise s'esquissant juste au-dessus.

LITHOLOGIE ET STRUCTURES SEDIMENTAIRES

Les informations stratonomiques sont assez pauvres car les affleurements sont généralement constitués par une formation massive, homogène et les éléments géométriques les plus visibles sont les plans de diaclases et pas les joints de stratification. D'une façon générale cependant, la base de la plongée est lithologiquement plus massive que le sommet. A la cote -2800 m notamment, on constate que l'escarpement est constitué de plusieurs petites barres de grès séparées par d'étroites vires envasées, donc probablement constituées d'horizons tendres, ce qui pourrait correspondre à un enrichissement (vers le haut) de la composante pélitique ou silteuse. On note également par endroit (-3876 m, -3800 m, -2803 m) la présence de litages obliques probables, très frustes qui seraient des indicateurs de courants.

Les échantillons prélevés sont tous des grès plus ou moins grossiers parfois très encroûtés, de couleur jaune ou verdâtre. Certains d'entre eux (EN9-2, EN9-4) présentent des granoclassements : la taille des éléments à la base dépasse parfois 4 à 5 mm (microconglomérats) ; ce sont généralement des quartz mais aussi des galets de siltstone jaune remaniés. Les grès fins et les siltstones sont parfois laminés (EN9-2, EN9-3, EN9-6) et les lamines sont elles-mêmes granoclassées. La matrice est constituée par un siltstone jaune orangé, diffus plus ou moins abondant.

Ces premières constatations suggèrent que la sédimentation de cette formation détritique correspond à un environnement de chenaux d'origine deltaïque parcourus par des courants.

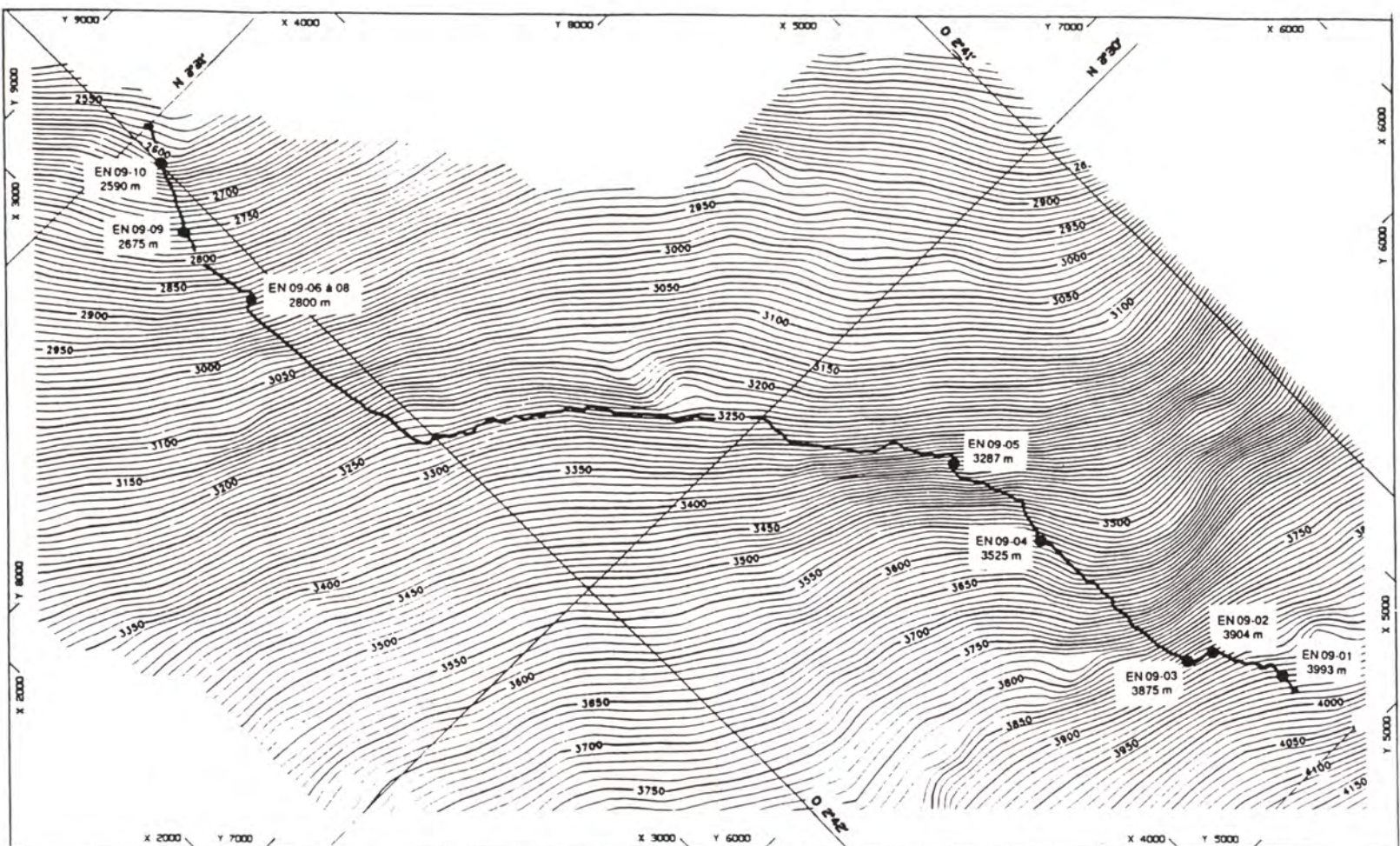
STRUCTURES TECTONIQUES

Aucun indice de structure plissée n'a été relevé au cours de la plongée. L'essentiel des mesures effectuées sur les plans de stratification concerne des couches subhorizontales ou faiblement pentées. Les quelques valeurs de pendage important sont attribuées à des basculements de panneaux liés à la fracturation, ceci apparaît bien sur une projection des pôles de stratification où la majorité des mesures reportées est concentrée autour du centre du canevas.

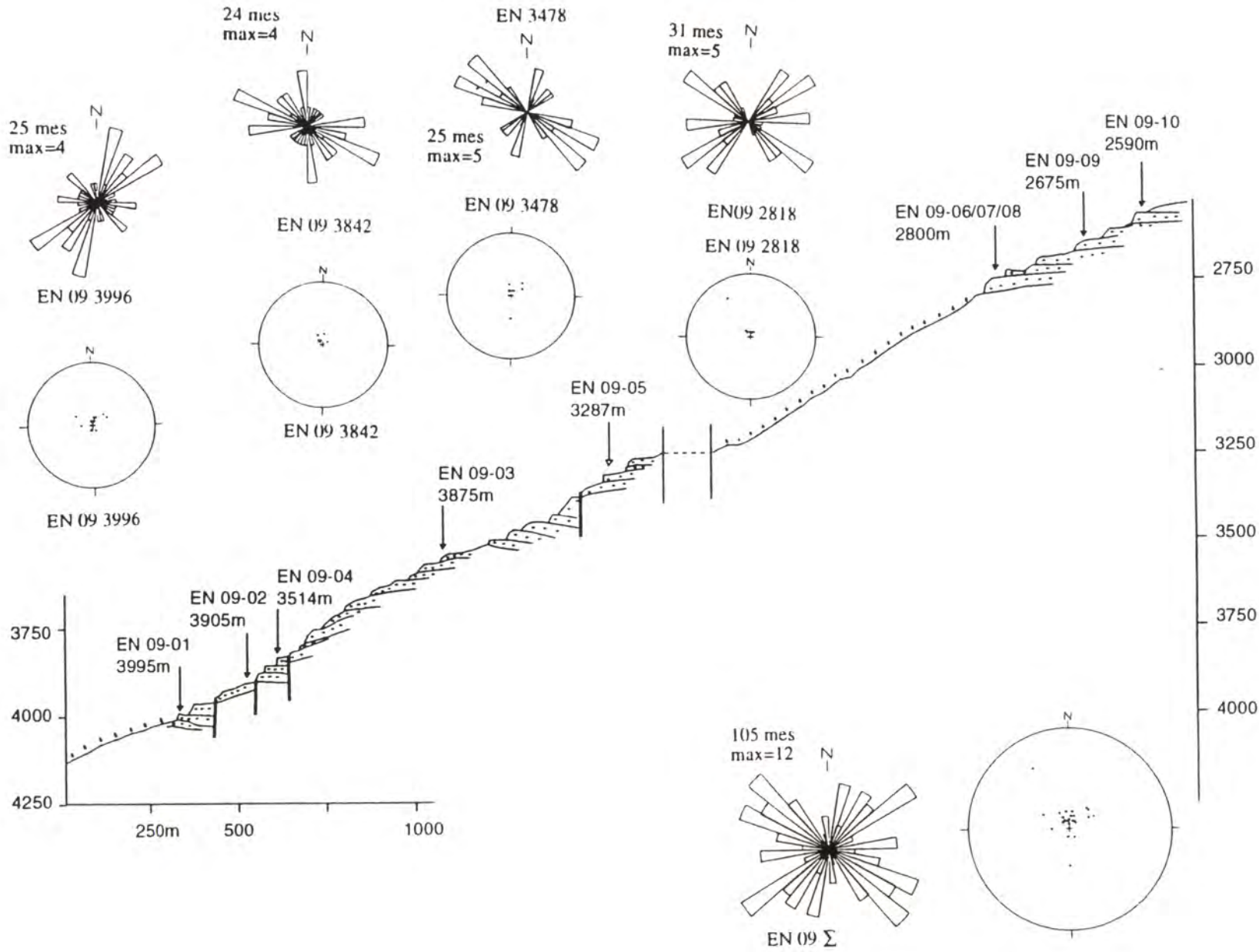
Le report de la centaine de mesures de fracturation sur une rosace révèle une certaine dispersion. Deux directions privilégiées ressortent néanmoins : l'une variant entre N20E à N40E, l'autre entre N120E et N140E. Dans le détail on constate que dans le premier segment de pente, la première direction domine dans le premier site (entre -4000 m et -3850 m) ; la seconde dans les deux sites suivants (entre -3850 m et -3280 m) ; dans la dernière partie de la plongée (entre -2800 m et -2540 m) les deux directions sont bien représentées. Il est probable que les conditions d'affleurement, donc d'observation, doivent jouer un rôle important dans cette sélection. Quoi qu'il en soit, cette fracturation est responsable du débit caractéristique des barres de grès délimitant des coins avec des arêtes bien vives.

Ces observations font surtout ressortir l'importance de la fracturation qui affecte une formation lithologique somme toute assez peu différenciée. Tout au plus, peut-on constater un enrichissement vers le haut de la composante pélitique ou

silteuse par rapport aux barres de grès qui sont dominantes dans la première partie de la plongée. L'alternance entre couches dures et couches tendres a pour conséquence une succession de barres rocheuses et de vires envasées. On a de plus constaté que, le plus souvent, les parois rocheuses étaient limitées par des plans de diaclases, et débitées en coins caractéristiques ; ceci indique que le contrôle de la morphologie est clairement structural. La part relative des failles normales, ou décrochantes, et des failles listriques dans la structuration de l'escarpement, n'a pu être mise en évidence.



Trajet suivi au cours de la plongée EN09 et localisation des différentes zones d'échantillonnage et de mesures.



Coupe synthétique de la plongée EN09 avec indications (pôles de la stratification et rosaces des directions de fracturation) des mesures effectuées (en pointillés : les secteurs envasés ; trait gras : les zones faillées).

Plongée EN 10

Observateur : *Jean-Pierre BOUILLIN*

MORPHOLOGIE

La plongée EN10 a été réalisée entre les profondeurs de -4407 m et -2590 m, sur une longueur totale de -4300 m et selon une direction sensiblement S-N.

DE -4400 m à -3000 m, la pente, raide, est couverte d'un chaos de blocs massifs de taille métrique à décimétrique. Les blocs présentent souvent des formes arrondies par encroûtement.

VERS -3500 m, des pointements du substratum apparaissent sous les blocs éboulés. Étant donnée la taille importante de ces derniers et le manque de recul, il est souvent difficile de distinguer les rochers éboulés du matériel en place.

DE -3100 m à -2800 m, une barre rocheuse forme, sur une dénivelé de 300 m, des falaises armées par des bancs de grès d'épaisseur métrique à décimétrique.

DE -2800 m à -2700 m, la pente est modérée, avec quelques falaises de grès et des pentes d'éboulis envasées.

A PARTIR DE -2700 m, les encroûtements prennent de l'importance ; l'on observe fréquemment des nodules sur les replats et des rides de courants sur les placages de vase, surtout à partir de la cote -2653 m, profondeur à laquelle on arrive sur le fil d'une arête d'abord très étroite et qui s'élargit progressivement vers le Nord.

En résumé, la morphologie de cette plongée est surtout caractérisée par une falaise gréseuse développée entre -3100 m et -2800 m. Au pied de celle-ci, un important chaos d'éroulement nappe le versant, en pente raide, jusqu'à la profondeur de -4500 m au moins.

LITHOLOGIE ET STRUCTURES SEDIMENTAIRES

A -3676 m, ont été échantillonnées (Ech. EN10-3) des siltites argileuses micacées dont il est impossible de déterminer si elles correspondent à un affleurement de roche en place ou à un très gros bloc éboulé, de taille pluri-décimétrique.

Les premiers affleurements de roche en place avec certitude apparaissent à -3595 m. Seule, l'orientation très constante de la stratification, autour de la direction N-S, permet de les distinguer de très gros blocs éboulés qui parsèment la pente. Il s'agit de grès et de siltstones en bancs décimétriques, plus rarement métriques, dans lesquels il n'a pas été possible d'effectuer de prélèvements l'échantillon EN10-4, récolté à ce niveau, est entièrement constitué par de l'encroûtement.

A partir de -3050 m, on recoupe un ensemble constitué par des barres de grès massifs, en bancs puissants de 2 à 10 m, alternant avec des niveaux de grès en bancs décimétriques, à surfaces planes. Des intercalations de niveaux pélitiques déterminent des vires envasées. Les encroûtements interdisent l'observation d'éventuelles structures sédimentaires fines dans les grès. L'ensemble de la série évoque un épandage détritique de faible profondeur, les bancs plurimétriques pouvant correspondre à des barres d'estuaire. Les grès, gris-vert, de granulométrie moyenne, sont quartzo-feldspathiques et micacés (Ech. EN10-5 à 7).

De -2800 m à -2600 m, l'adoucissement de la morphologie correspond à des alternances de grès fins en bancs décimétriques et de pélites micacées verdâtre (Ech. EN10-8 à 10) dont le faciès évoque celui de la formation de l'Asu River Group (Albien moyen).

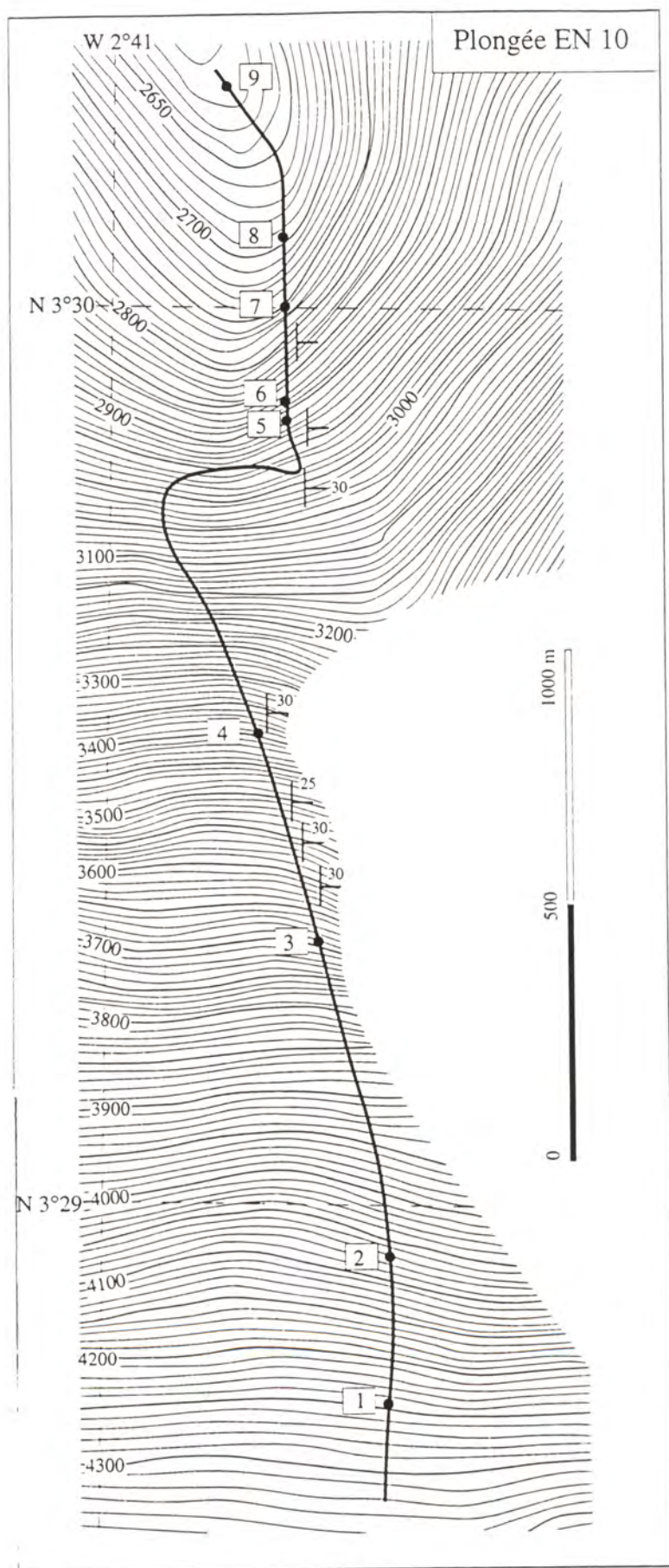
STRUCTURES TECTONIQUES

L'ensemble de la série est monoclinale - on admet que les terrains correspondant à l'échantillon EN10-3 ne sont pas en place - avec un pendage moyen de 30° vers l'est et une faible fluctuation des mesures : de N175E à N10E pour les orientations et de 20° à 40° pour les pendages.

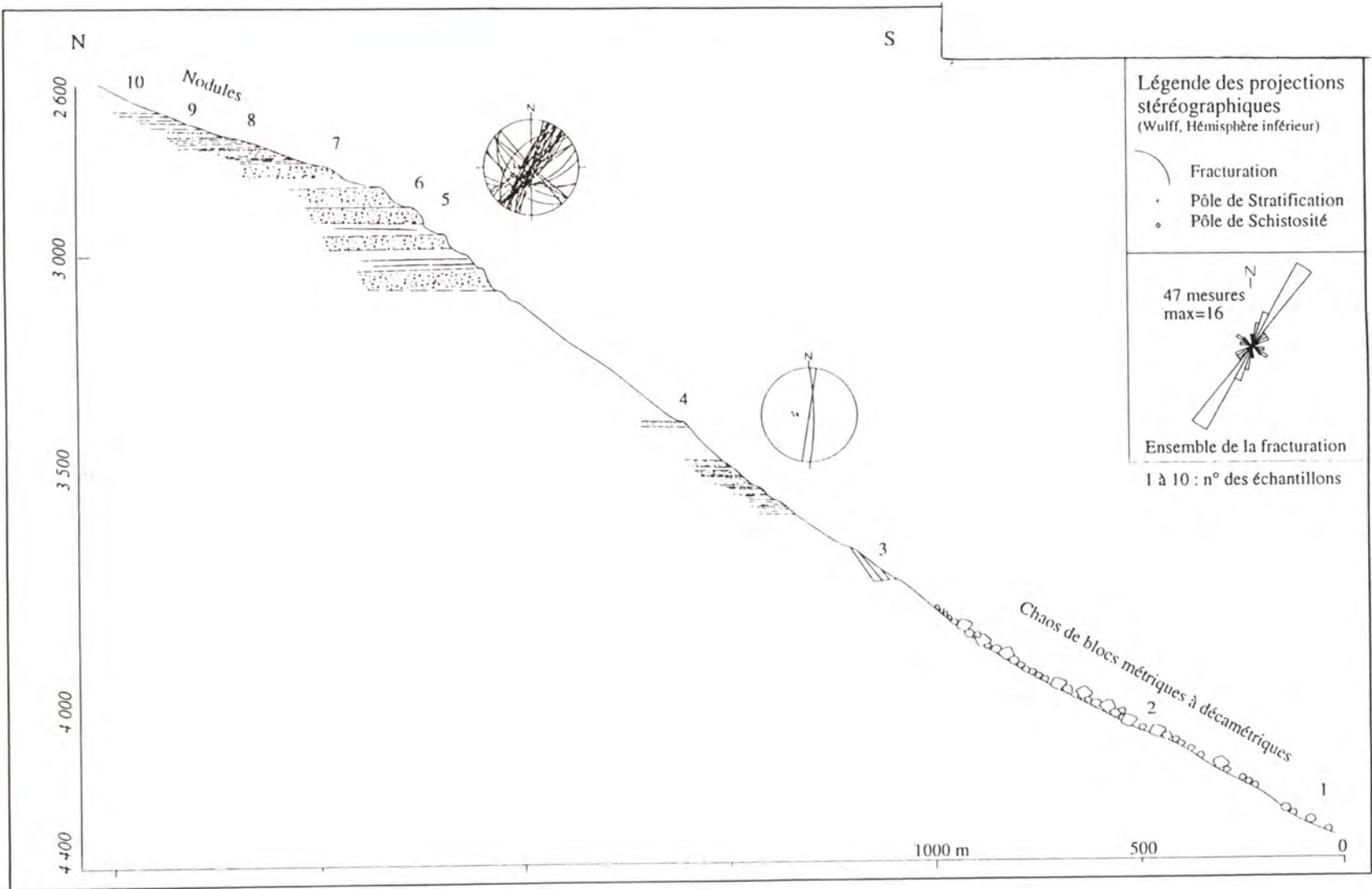
Les barres de grès sont découpées par des diaclases à maille assez large. Une direction principale à N40E est très bien marquée et on note une famille secondaire, probablement conjuguée à N140E.

A l'échelle de l'échantillon, on constate que les grès sont fréquemment traversés par des petits filons de quartz d'épaisseur millimétrique. On note sur les échantillons EN10-3 et EN10-8 que les pélites sont affectées par une nette schistosité. Cette schistosité, très fine, n'a pas été observée en place sur les affleurements et son orientation n'a pas pu être mesurée.

Les terrains observés au cours de la plongée EN10 peuvent être comparés, par leurs faciès sédimentaires, à la formation de l'Asu River Group (Albien moyen du bassin de la Basse-Bénoué). La structure est monoclinale et suggère un basculement d'ensemble ou un plissement à grand rayon de courbure autour d'un axe sensiblement N-S. Les écroulements en masse rencontrés en pied de la falaise ont probablement utilisé un important découpage tectonique de cette dernière par de grandes failles ?. Il n'a cependant pas été possible d'observer directement de telles failles le long de l'itinéraire parcouru.



Trajet suivi au cours de la plongée EN10, localisation des échantillons prélevés et direction et valeurs des pendages.



Coupe synthétique de la plongée EN10 et synthèse des mesures structurales effectuées.

Plongée EN 11

Observateur : *Christophe BASILE*

MORPHOLOGIE

La plongée se déroule au pied de l'extrémité orientale de la ride de Côte-d'Ivoire entre -4905 m et -4564 m. Elle a lieu sur le flanc d'un canyon qui descend de la pente continentale et entaille la plaine abyssale. Dans ce secteur les pentes bathymétriques sont orientées N-S.

La plongée débute à -4871 m de profondeur sur un fond vaseux. Le "Nautille" remonte une première pente envasée de direction SW-NE, rejoint la base d'une deuxième pente toujours vaseuse, de direction E-W, qu'il remonte ; il atteint un sommet vers -4750 m. En redescendant vers le lit du canyon, nous trouvons le sommet d'un premier affleurement à -4870 m. La pente est alors orientée N-S, comme pour tous les autres affleurements observés.

LITHOLOGIE ET STRUCTURES SEDIMENTAIRES

UN PREMIER AFFLEUREMENT émerge de la vase sur une dizaine de mètres d'épaisseur seulement (-4867 à -4876 m), mais, par contre, peut être suivi latéralement. Cet affleurement ne semble pas plissé, mais il est faiblement basculé vers le NE, et fracturé par de nombreux plans de diaclases proches de la verticale. L'essentiel de l'affleurement est constitué d'une barre épaisse d'environ 2 à 3 m (par -4865 m) et en surplomb (de 4 m), dans laquelle les prélèvements EN11-1A et EN11-3 ont été effectués. Ces échantillons sont des siltstones très indurés et schistosés de type black shale ; dans l'échantillon s'observe un pli synsédimentaire. Le prélèvement EN11-1B, réalisé au-dessus de la barre en surplomb a révélé des grès fins très quartzifiés. Par contre, le prélèvement EN11-2 réalisé sous la barre, dans un banc mince, a fourni un siltstone grossier schistosé.

Le "Nautille" quitte ce premier affleurement en descendant la pente jusqu'au fond du canyon, puis fait demi-tour et remonte cette même pente une cinquantaine de mètres plus au nord.

UN DEUXIEME AFFLEUREMENT est découvert entre -4892 m et -4868 m. Il prolonge vers le nord le premier affleurement ; le banc en surplomb de 2 m d'épaisseur est retrouvé par -4884 m de profondeur. Il est surmonté par une alternance de bancs pluridécimétriques et d'interbancs envasés. Comme précédemment, l'ensemble est basculé vers le NE. Deux prélèvements ont été effectués sur cet affleurement, EN11-4 sur le banc en surplomb déjà échantillonné, EN11-5 (siltstone noir) au-dessus de ce banc.

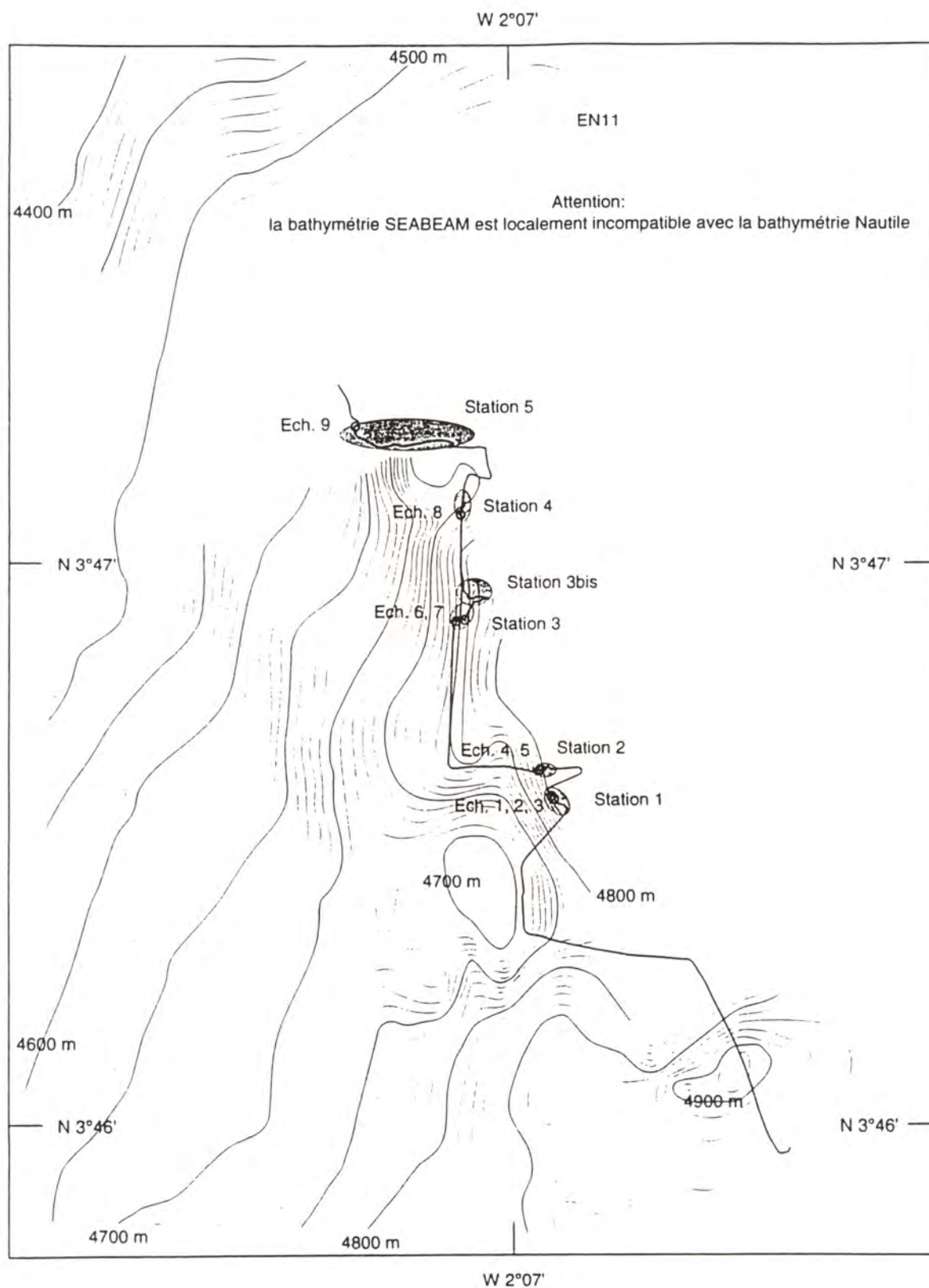
Après le deuxième affleurement, le "Nautilé" fait route en suivant approximativement les courbes de niveau.

Le sommet du TROISIEME AFFLEUREMENT est découvert sur une pente E-W. Cet affleurement, d'une quinzaine de mètres d'épaisseur, est constitué d'une succession de bancs fins (EN11-6 : quartzite fin), qui surmonte une falaise d'une dizaine de mètres d'épaisseur où s'observent des plans de stratification ondulés (EN11-7 : grès montrant en coupe un chenal rempli par une passée grossière et des lamines obliques). L'ensemble est pratiquement horizontal. En se déplaçant vers le nord la falaise s'ennoie, puis réapparaît (affleurement 3bis). Le "Nautilé" descend alors jusqu'à la base de l'affleurement (-4796 m) pour le remonter en entier (sommet à -4704 m). La base de l'affleurement est constituée d'une alternance de bancs métriques à plurimétriques et de pentes envasées. Vers le sommet de l'affleurement, l'épaisseur des bancs a tendance à diminuer pour devenir pluridécimétrique. La structure de l'ensemble (Ech. 3 et 3bis) est, comme pour les affleurements 1 et 2, légèrement basculé vers le NE.

Le "Nautilé" continue de remonter la pente vers le nord et atteint à -4682 m l'affleurement n°4, dont seul le sommet a été observé et on y prélève (EN11-8) : un siltstone gris sombre à débit très fin, montrant une surface cannelée et striée par une déformation hydroplastique. Les quelques mesures effectuées sur cet affleurement montrent de nouveau un léger basculement vers le nord-est.

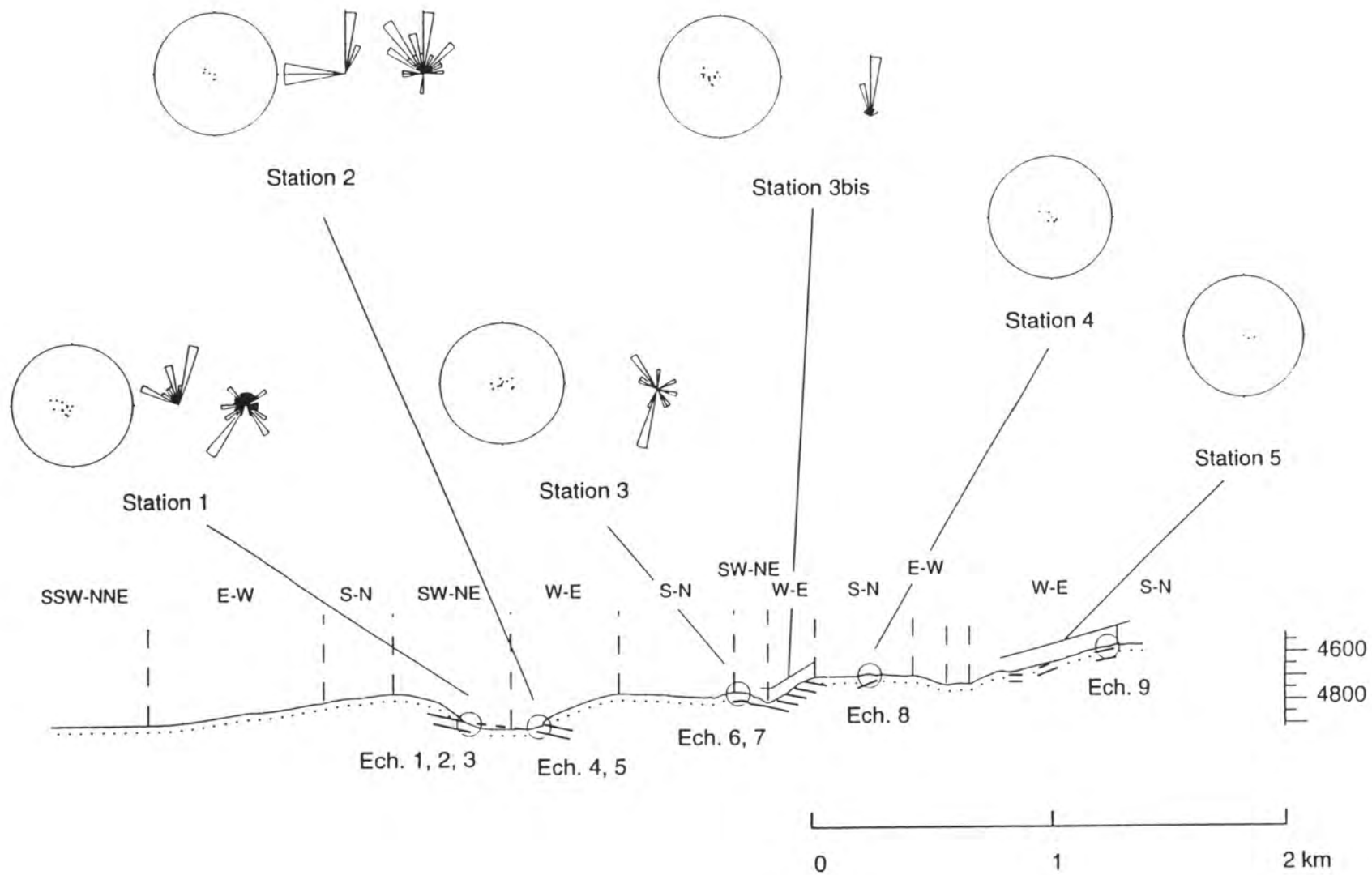
Après avoir rejoint le fond du canyon (à -4735 m), la fin de la plongée se déroule en remontant une pente N-S au long de laquelle apparaissent quelques affleurements épars et de surfaces très réduites. Un fort courant portant vers l'est empêche tout arrêt sur les premiers affleurements qui sont très rapidement survolés. Un prélèvement (EN11-9 constitué de black shales très fins, probablement schistosés, à quartz arrondis, est enfin effectué à -4576 m peu avant le largage qui a lieu à -4564 m. Dans cette dernière zone, trop peu de mesures ont été faites pour en déduire une structure d'ensemble. Les mesures de plans de stratification sont cependant compatibles avec les affleurements précédents ; mais il semble que la fracturation soit plus intense dans ce dernier secteur.

La plongée EN11 s'est entièrement déroulée dans une série détritique, à dominante pélitique, probablement déposée dans un environnement de faible profondeur et de haute énergie. Les corrélations qui peuvent être faites entre les différents affleurements montrent à la fois une grande variabilité latérale dans l'épaisseur et dans la succession verticale des corps sédimentaires ; les observations de pendage confirment un basculement général de ce secteur vers le nord-est.

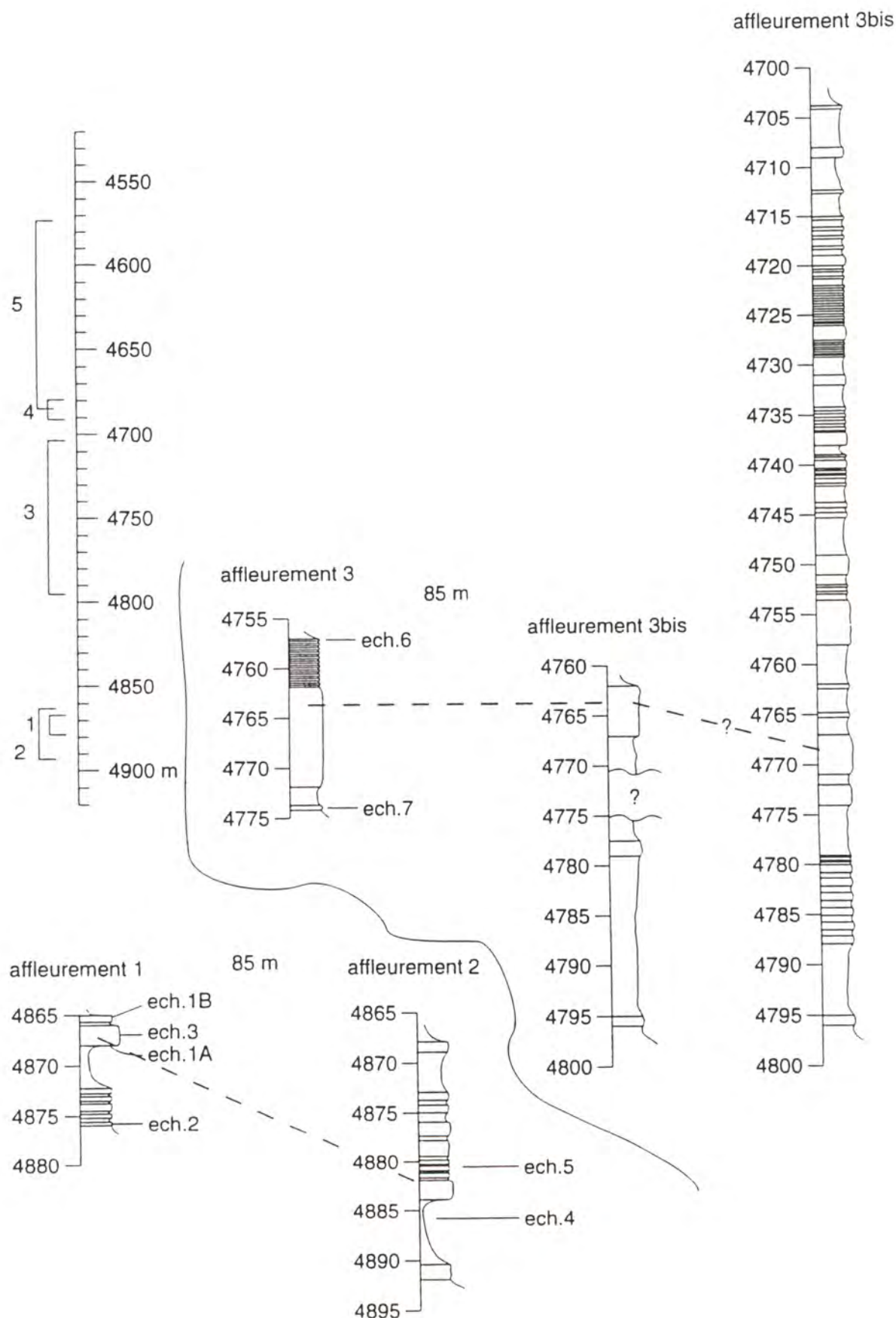


Trajet suivi, en base de pente continentale, par la plongée **EN11**. Les localisations des échantillons et des stations de mesures structurales sont indiquées.

Reconstitution des diverses coupes effectuées lors de la plongée EN11 (en pointillé : zones envasées). Pôles de stratification et rosaces des directions de fracturation sont indiqués.



EN 11



Reconstitution et tentative de corrélations des successions lithologiques observées lors de la plongée EN11.

Plongée EN 12

Observateur : *Jean BENKHELIL*

MORPHOLOGIE

La coupe débute à une profondeur de -3632 m et se termine vers -2200 m, soit environ 1400 m de dénivélé. La longueur parcourue sur le fond par le "Nautilé" est de 6250 m. Vers le bas, la pente est peu accentuée et envasée, avec d'abondants éboulis pouvant atteindre la taille de gros blocs. Dans la première partie de la coupe qui est orientée SE-NW, des petites falaises constituées par des barres massives de grès alternent avec des replats envasés. Vers le sommet de ces abrupts, aux environs de -3200 m, la pente est plus douce et très envasée et souvent couverte d'éboulis jaunâtres, constitués de débris de grès ou de siltstone. Six échantillons ont été récoltés sur cette falaise entre -3470 m et -3183 m.

A partir de -3200 m, la coupe suit sensiblement l'isobathe sur environ 800 m. La deuxième partie de la coupe, orientée S-N, présente les mêmes caractéristiques topographiques avec toujours une alternance de petits abrupts, d'une trentaine de mètres en moyenne, séparées par des replats correspondant à des niveaux plus tendres et très stratifiés mais toujours aussi envasés. Deux échantillons (EN12-7 et 8) ont été prélevés dans cette partie.

La partie supérieure de la coupe, orientée, SE-NW, est constituée par une pente encore assez forte mais très envasée. Les rares affleurements, rencontrés vers -2250 m, sont des argiles qui affleurent de façon très discontinue.

LITHOLOGIE ET STRUCTURES SEDIMENTAIRES

Une nette alternance grès fin/siltstone/argile caractérise la lithologie de cette coupe. Les parties envasées entre les barres gréseuses correspondent sans doute à des argiles. Les grès sont le plus souvent fins, massifs, de couleur jaunâtre à beige assez friable, parfois riches en micas. Ces grès sont particulièrement fréquents dans la partie inférieure de la coupe sous la forme de bancs massifs ou d'ensemble très finement stratifié (débit en plaquettes). Ce sont des grès quartzitiques, le plus souvent homogènes, à matrice argileuse et toujours légèrement feldspathiques. Un niveau contenant des galets intraformationnels anguleux de siltstone a été observé vers -3410 m.

Ces grès sont associés à des siltstones de couleur jaune à verdâtre finement laminés. Ces derniers se présentent soit en ensembles bien stratifiés épais de quelques mètres, soit en fines intercalations au sein des grès.

Vers le haut de la série, des niveaux d'argiles, gris à marron verdâtre, surmontent les formations gréseuses. Elles se présentent en affleurements éparés à stratifications irrégulières.

Des granoclassesments, de rares stratifications obliques ainsi que des perturbations d'origine sédimentaire constituent les principales structures d'origine sédimentaire. Les grès présentent assez souvent des stratifications obliques planes (-3465 m, -3390 m, -3062 m...). De fines stratifications obliques légèrement courbes et d'échelle centimétrique, ont été observées vers -3183 m (Éch. EN12-6). Enfin, des granoclassesments ont été également observés aussi bien dans les grès que dans les siltstones.

Les premières observations microscopiques effectuées sur quelques échantillons ont mis en évidence des recristallisations de phyllosilicates soit parallèlement à la stratification, soit le long de plans de schistosité. Certains échantillons montrent un fond micacé finement cristallisé. Ce type de transformation est d'origine métamorphique et a été décrit dans des sédiments d'âge albien de la partie inférieure du bassin de la Bénoué au Nigéria. Ces recristallisations sont caractéristiques d'un métamorphisme de faible degré (anchi à épimétamorphisme).

STRUCTURES TECTONIQUES

La pente est constituée par un ensemble sédimentaire stratifié manifestement déformé. La stratification est souvent basculée avec des pendages variables en moyenne de 25-30° mais pouvant se redresser fortement jusqu'à 40-45° vers -3000 m. Ces faits indiquent un plissement à grand rayon courbure dont l'axe a pu être reconstitué à partir de mesures reportées sur diagramme stéréographique. Deux directions d'axe ont été obtenus ; l'une, en bas de pente, est proche de N-S, la seconde dans la partie moyenne de la coupe est NE-SW. Des ondulations de l'ordre de quelques mètres ont été directement observées à -3057 m au sein de niveaux bien stratifiés.

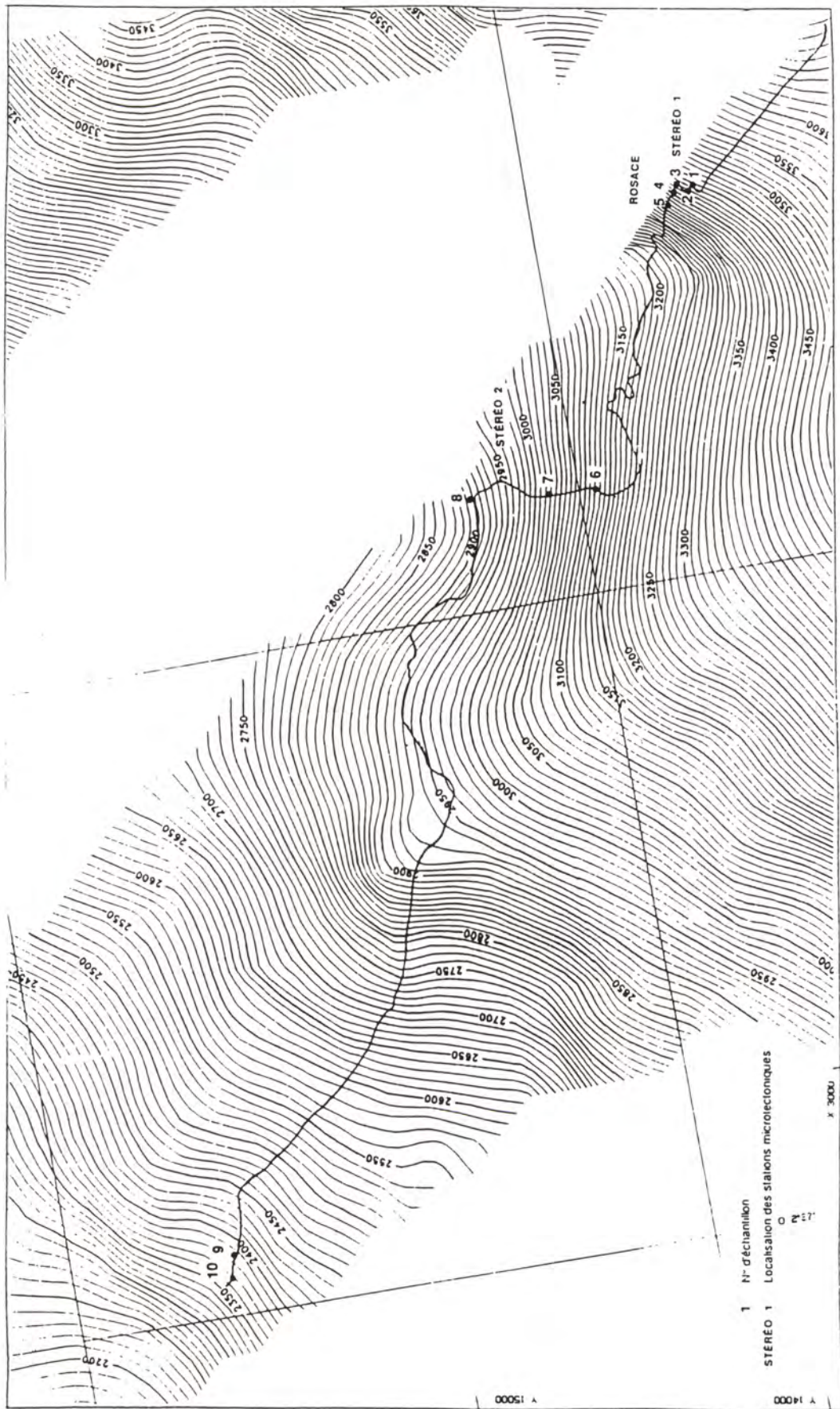
Peu de failles importantes ont été observées ; en revanche, un réseau de diaclases très serrées est présent dans l'ensemble avec des intensités variables qui peuvent atteindre un débit schisteux. Ces diaclases très serrées sont fréquentes dans les niveaux finement stratifiés et n'affectent que très peu les barres massives de grès. Une déformation plicative à grand rayon de courbure est sans doute responsable de ces variations fréquentes de pendage à la fois en sens et en valeur.

A l'observation microscopique, une schistosité (hydroschistosité) fruste, mais parfois bien soulignée par des recristallisations de phyllites, est observable surtout dans les niveaux fins (siltstones, argiles).

La série sédimentaire observée le long de cette coupe est assez comparable à celle des coupes voisines tant par les faciès, en majorité détritiques, que par les structures sédimentaires. Les recristallisations observées dans les faciès les plus fins sont attribuables à un phénomène de faible métamorphisme (anchi à épizone) dont l'extension reste à déterminer.

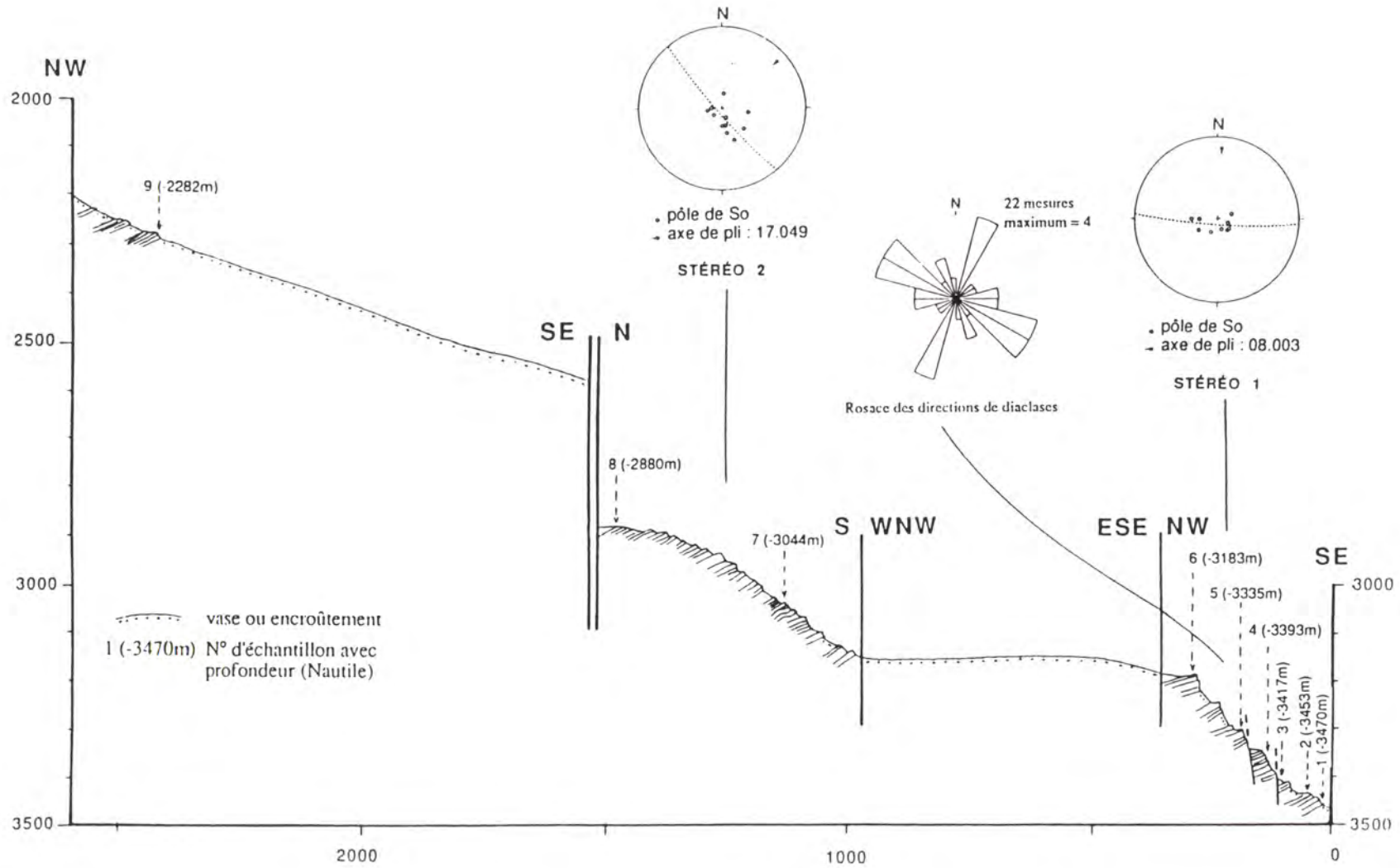
D'un point de vue structural, la nature et l'intensité des déformations observées sont en tout point comparables à celles des secteurs voisins. De même, les

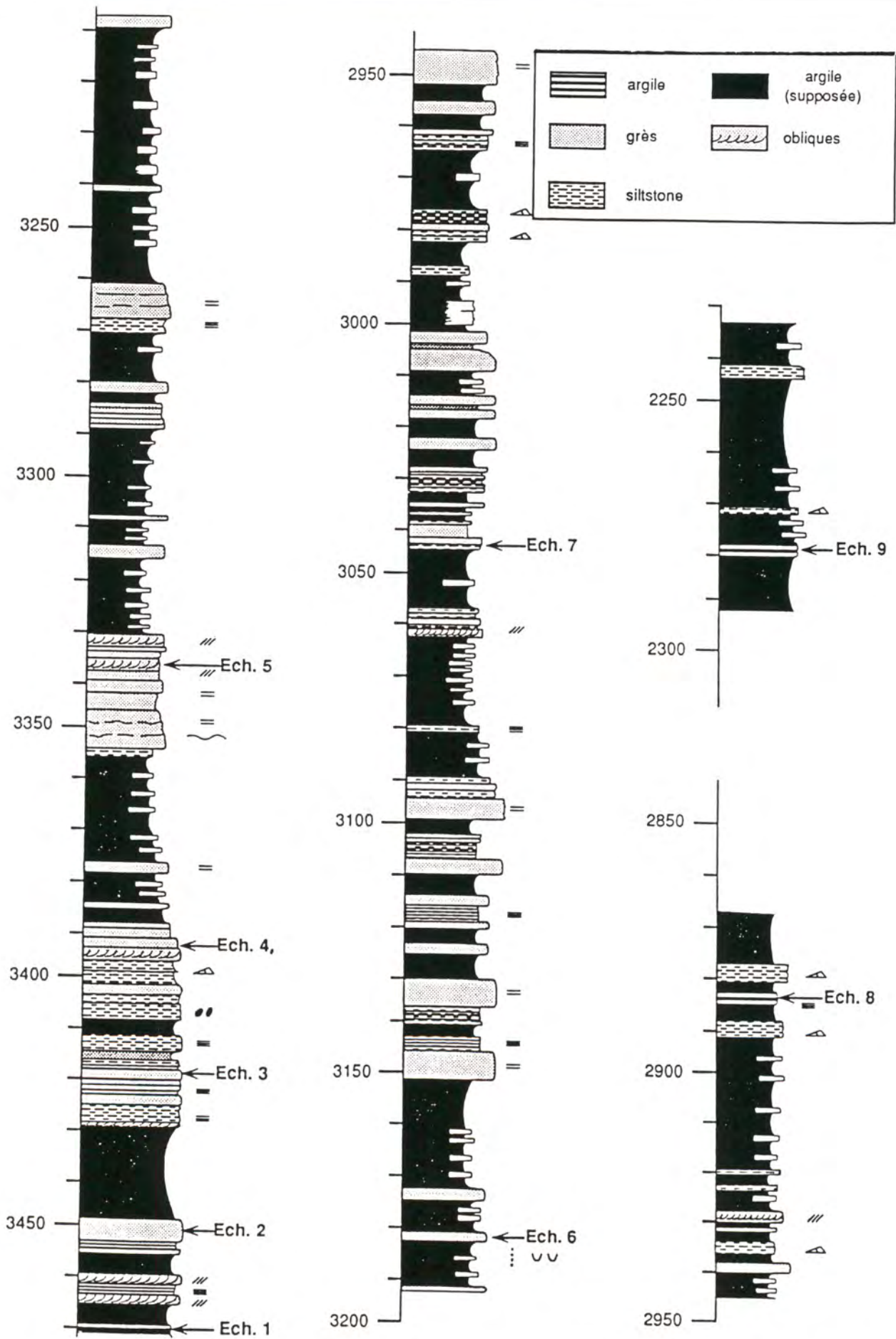
directions obtenues à partir des mesures *in situ*, sont en accord avec le modèle structural proposé. On notera cependant l'existence quasi systématique d'une schistosité d'intensité variable qui indique une déformation en aplatissement non négligeable. Ce type de schistosité, ainsi que les transformations métamorphiques, sont bien connues dans les argiles et siltstones de la partie métamorphique des Abakaliki (Bénoué, Nigéria).



Trajet sur le fond de la plongée EN12 avec localisation des échantillons prélevés, des mesures de direction de la fracturation et des plans de stratification.

Coupe synthétique de la plongée EN12 avec localisation de l'échantillonnage, pôles de la stratification et rosaces des directions de fracturation.





Reconstitution des successions lithologiques observées (ou déduites des enregistrements vidéo) lors de la plongée EN12 avec localisation des échantillons au sein des colonnes lithologiques.

Plongée EN 13

Observateur : *Michel GUIRAUD*

MORPHOLOGIE

Cette plongée a été effectuée entre les profondeurs -4550 m et -3500 m suivant trois sections, successivement d'azimut N-S, N20E et N150E, et sur une longueur totale de 5600 m.

LA PREMIERE SECTION DE LA PLONGEE, de -4550 m à -4200 m, est caractérisée par des pentes tout d'abord faibles puis fortes et enfin modérées. En raison d'un envasement important et d'épais encroûtements, seules deux zones d'affleurements ont été observées aux profondeurs -4530 m et -4250 m ; elles correspondent aux prélèvements des échantillons EN13-1 et 2 et des échantillons EN13-3 à 5.

LE DEUXIEME TRANSECT, court, correspond à un déplacement horizontal suivant la profondeur -4190 m le long d'une pente fortement envasée présentant de rares affleurements encroûtés.

LA TROISIEME SECTION, d'orientation N10E à N20E, est comprise entre les profondeurs -4150 m et -3500 m. Elle se caractérise par une alternance de replats envasés et à éboulis, comportant des blocs anguleux d'encroûtements et de matériel sédimentaire, et de zones fortement pentées à affleurements épars (cotes -4140 m, -3933 m et -3683 m) ou pratiquement continus (cotes -3870 m à -3781 m). On note, tout au long de ce troisième transect, des encroûtements épais subparallèles à la pente et discordants sur les niveaux sédimentaires basculés.

Toutefois, à partir de la profondeur -3970 m, la présence de nombreux affleurements a permis un échantillonnage régulier (Ech. EN13-7 à 13) dans des niveaux lités d'épaisseur décimétrique à matériel fin silteux.

LITHOLOGIE ET STRUCTURES SEDIMENTAIRES

L'ensemble des observations de la plongée concerne vraisemblablement la même formation détritique à dominante silteuse qui est représentée tout au long de la coupe par des alternances de barres d'épaisseur décimétrique composées d'une succession de bancs métriques, de zones envasées fortement pentées à rares affleurements correspondant à des successions de bancs d'épaisseur inframétrique et de longs replats envasés sans affleurement.

Les barres affleurantes (cotes -4535 m, -4525 m, -4513 m et -3887 m) présentent des litages obliques en auges, d'échelle plurimétrique, caractérisant parfois des systèmes de déplacement de dunes hydrauliques d'ouest en est (cote -4237 m).

Les zones envasées de forte pente correspondent à des dépôts lités sous forme de bancs d'épaisseur 20-50 cm, à litages obliques, arqués, reliés au déplacement de dunes hydrauliques de petite échelle. La géométrie des litages en auge et des litages arqués met en évidence la polarité normale des dépôts (cotes -4535 m, -3972 m).

La relation entre les niveaux d'épaisseur plurimétrique (barres) et les bancs inframétriques des zones envasées à forte pente n'a pu être détaillée. Toutefois, un enchaînement vertical de type séquence stratodécroissante (passage progressif gros bancs-petits bancs) a été observé aux profondeurs -4513 m et -3795 m.

L'échantillonnage dans les deux types d'affleurement (barres : Ech. EN13-2, 7 et 11 ; zones envasées à forte pente : Ech. EN13-1, 3, 5, 6, 8, 10, 12) montrent l'homogénéité de la sédimentation silteuse, fine à grossière, de couleur ocre clair à vert, ainsi que la présence de structures sédimentaires de faible énergie, de type rides d'oscillation et rides de courant (wavy bedding), stratifications lenticulaires (lenticular bedding) et laminations planes.

STRUCTURES TECTONIQUES

La série sédimentaire est basculée suivant des pendages généralement faibles (20° - 30°) qui atteignent localement des valeurs de 45° à 60° . La direction des pendages est globalement au sud (stations 1, 2 et 3) mais les niveaux observés entre les profondeurs -4150 m et -3887 m (station 3) sont pentés au nord. Les directions des bancs s'organisent autour des azimuts N10-35E et N60-70E (stations 1 et 2, profondeurs -4550 m à -4150 m). Par contre, les directions des bancs mesurées au niveau de la station 3 (profondeurs -4150 m à -3500 m) sont organisées autour des azimuts N60-90E. Localement, les directions des couches peuvent varier fortement.

La base de la série (stations 1 et 2 : profondeurs -4550 m à -4150 m) est affectée par une légère déformation cassante caractérisée par deux systèmes principaux de diaclases à maille large, d'azimuts N70-110E et N130-170E.

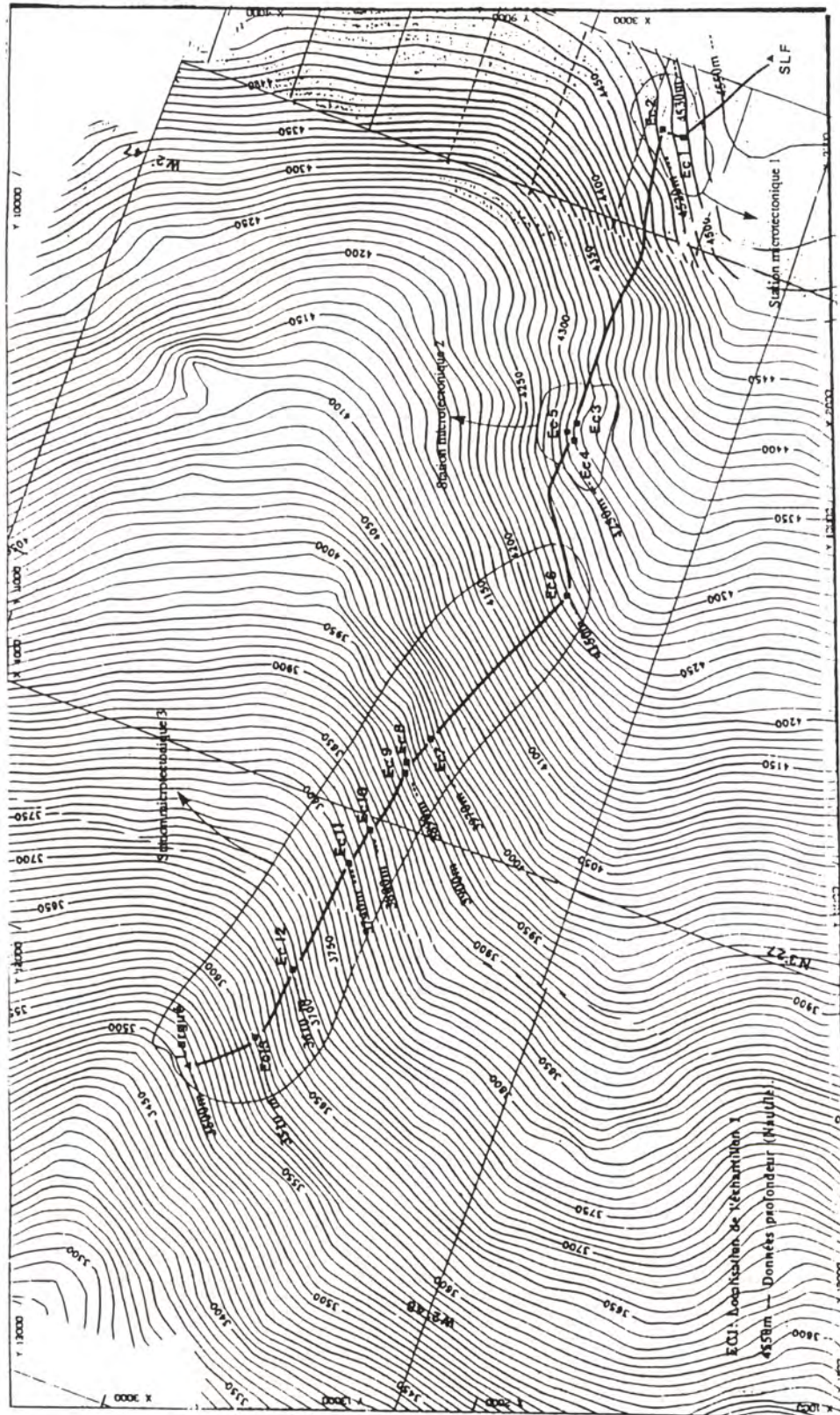
Par contre, le sommet de la série sédimentaire est caractérisée par une alternance de zones peu déformées (cotes -4100 m, -3800 m, -3500 m) où les directions des couches apparaissent homogènes autour des valeurs N60E à N90E et de couloirs de déformation cassante correspondant à un système de failles. Ces couloirs sont marqués par une importante déformation pénétrative caractérisant des plans de schistosité de fracture N40E (profondeurs -4142, -4145 m) et N50E (profondeur -3887 m) associés à des systèmes de diaclases à maille large N-S à N100E. L'orientation des plans de schistosité laisse supposer que les couloirs de déformation cassante correspondent à des zones de failles d'orientation N40-50E. A la cote -4135 m, on note au niveau du premier couloir de déformation des microplis d'orientation N30-45E à plongement 50° au Sud, pouvant être reliés à une dynamique décrochante dextre. La schistosité de fracture semble se disposer suivant le plan axial des plis N30-45E.

Un troisième couloir de déformation modérée a été observé à la profondeur -3742m associant plis métriques d'axe N30E et systèmes de diaclases N10E et N70E.

Le report des pôles des plans de stratification sur diagramme stéréo définit des plis plurimétriques N60-70E.

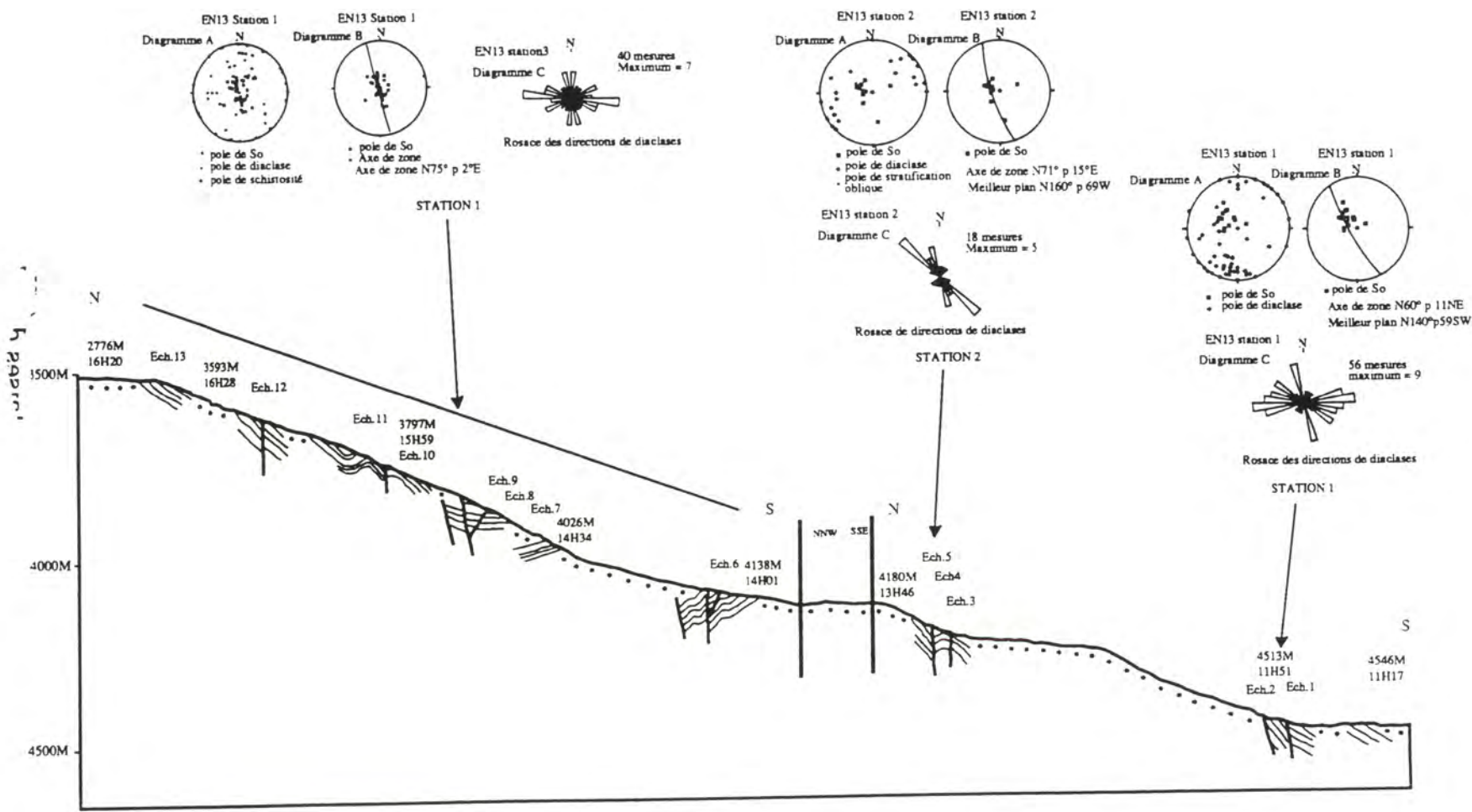
Les observations effectuées au cours de cette plongée mettent en évidence une sédimentation homogène silteuse représentée par des barres massives à litages obliques plurimétriques, en auges, associées à des bancs métriques à litages obliques arqués alternant avec des replats envasés (sédimentation pélimitique?). Les niveaux affleurants sont aussi caractérisés, à l'échelle de l'échantillon, par des structures sédimentaires de faible énergie (rides d'oscillation, stratifications lenticulaires...). En raison de ces caractéristiques (lithologie, structures sédimentaires), la série sédimentaire peut être comparée à la formation d'Asu River de l'Albien moyen (bassin de Basse-Bénoué, Nigéria).

La base de la série est faiblement déformée (présence de diaclases uniquement) et ne semble pas présenter de transformation métamorphique (faible induration du sédiment), alors que le sommet de la série sédimentaire est affecté par d'importantes zones de déformation cassante (schistosité de fracture, diaclases) et plicatives (microplis) correspondant vraisemblablement à des zones de failles N40-50E.



Trajet sur le fond de la plongée EN13 et localisation des échantillons prélevés.

Coupe synthétique de la plongé EN13 avec localisation des échantillons et synthèse des mesures structurales (plans de stratification et directions de fracturation) (en pointillés : secteurs envasés).



EN 13

Plongée EN 14

Observateur : *Jean MASCLE*

MORPHOLOGIE

La plongée EN14 a été effectuée sur la pente méridionale de l'extrémité occidentale de la ride de Côte-d'Ivoire-Ghana à proximité de son ennoiement sous les sédiments non déformés du bassin profond de Côte-d'Ivoire. La plongée a été faite entre -3858 m et -3105 m. Deux trajets, suivant les directions N15E et N20E, sont séparés par un transit transverse de direction N330E suivant la courbe de niveau -3350 m.

LA PREMIERE PARTIE concerne une pente de direction générale NW/SE qui prolonge les segments de pente étudiés au cours des plongées EN1 à EN13

LE SECOND TRAJET, entre -3350 m et -3105 m, a permis d'explorer à deux reprises les abords du dernier relief discernable dans le prolongement de la ride et souligné par une faible anomalie magnétique.

- Au cours du premier parcours, entre -3858 m et -3606 m, seul un fond vaseux faiblement incliné, relativement bioturbé par des holothuries et des vers polychètes, a d'abord été observé ; çà et là quelques fragments indurés parsèment le fond

A partir de -3606 m et jusqu'à la cote -3365 m (sommet de la première pente un peu raide), la pente plus forte est constituée d'une série de paliers inclinés, envasés, parsemés de pierriers et de gros blocs erratiques (1 à 2/3 m) d'aspect massif et arrondi.

Ces pentes sont localement interrompues par des microfalaises (un à quelques m), en particulier aux cotes -3604, -3547, -3451, -3448 et -3349 m. Ces petits reliefs subverticaux correspondent à des zones d'affleurements en partie envasées et toujours très encroûtés ; çà et là, et plus particulièrement à partir de -3540 m, la pente contient de grandes dalles planes à légèrement gondolées, conformes à la pente, constituées d'un encroûtement épais (10 à 20/30 cm) ayant manifestement glissé le long de la pente.

- Le second trajet, offre le long d'une première ascension entre -3228 m et -3117 m sur le rebord méridional du relief un paysage comparable avec des alternances de pentes envasées et à pierriers. des chaos de gros blocs massifs, des dalles d'encroûtement et des microfalaises dans lesquelles se discernent quelques rares strates toujours très enduites ; passages d'eaux plus turbides et faune fixée souvent morte, constituent d'autres caractéristiques de ce secteur surtout vers le haut du parcours. Une seconde ascension de la façade occidentale du relief révèle les mêmes caractères avec toujours un grand développement des carapaces d'encroûtement.

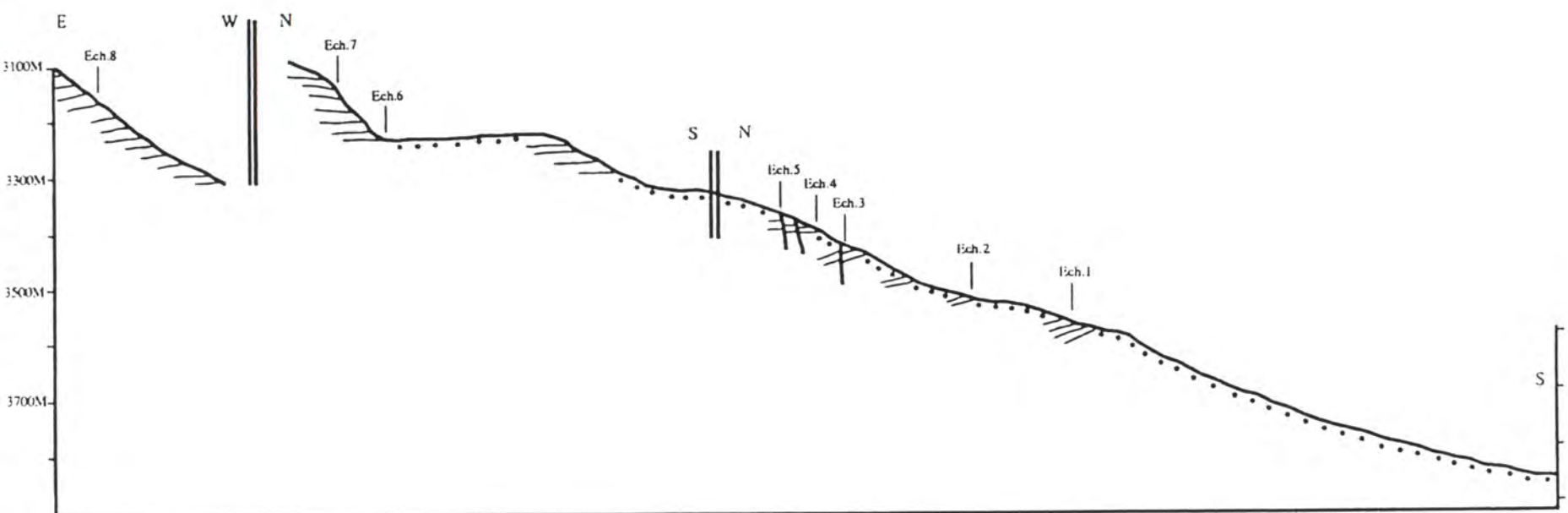
LITHOLOGIE ET STRUCTURES SEDIMENTAIRES

Malgré à la fois le fort envasement général et le phénomène d'encroûtement, neuf échantillons indurés ont pu être prélevés ; six proviennent d'affleurements, trois sont des morceaux d'encroûtement ; le prélèvement le plus profond (-3605 m) correspond à une roche très indurée, à pâte très fine, vraisemblablement un calcaire ; à -3540 m le prélèvement, effectué sous une corniche encroûtée, est constitué par une marne calcaire blanche peu indurée. Par la suite, le long du premier trajet, les échantillons correspondent à des siltites plus ou moins rubannées, avec de nombreuses figures de resédimentation et de couleur gris vert à brun jaunâtre ; à l'affleurement, les surfaces de stratification sont rarement décelables et ne peuvent se deviner que par la disposition particulière de l'enduit qui semblent "mimer" les strates et confèrent aux affleurements un curieux aspect en "boudins" allongés. Le second trajet a également permis de recueillir (-3171m et -3196 m) des siltstones indurés à lamines irrégulières et à petits galets mous emballés.

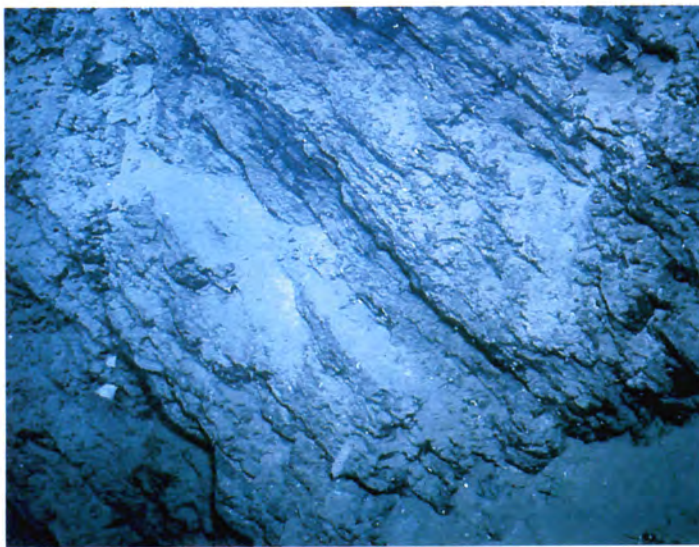
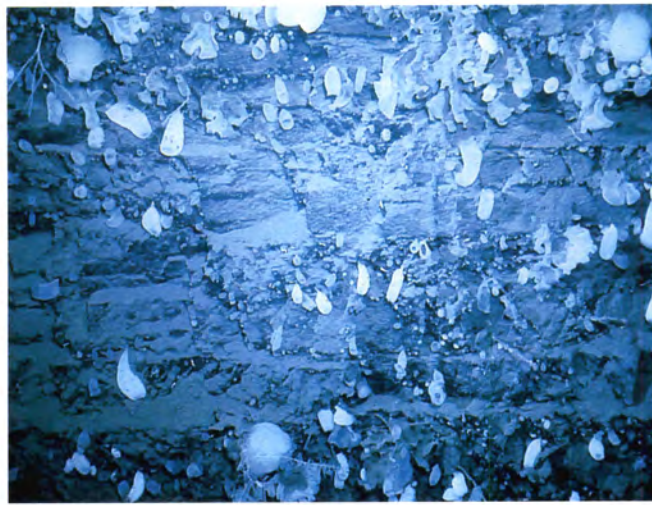
STRUCTURES TECTONIQUES

L'importance du phénomène encroûtant rend quasi impossible l'observation de directions structurales ; quelques très rares pendages ont pu être notés soit vers l'E-N.E. (en début de coupe), soit vers le sud-ouest (en haut du premier trajet) ; ils semblent toujours très faibles ; de la même manière des diaclases, principalement orientées à N100/110E et N40E, ont été observées sans que l'on puisse en déduire de conclusions significatives.

Cette plongée, la dernière réalisée sur la pente de la ride de Côte-d'Ivoire - Ghana, n'a pas permis, pour l'instant, de déduction concernant la structure de l'extrémité de cet édifice ; les six échantillons prélevés en place qui correspondent soit à des calcaires, soit à des siltites, avec des indices de remaniements sédimentaires, devraient permettre d'établir un calage stratigraphique assez précis et d'apprécier les conditions de sédimentation. Le phénomène majeur réside dans l'importance considérable du phénomène d'encroûtement qui se manifeste sous des formes variées : amas de fragments plus ou moins anguleux, corniches recouvrant des affleurements, grandes plaques conformes à la pente et ayant manifestement glissé le long de cette dernière, "pétrification" de gros blocs et de microfalaises, larges surfaces faiblement inclinées à proximité des sommets, champs de nodules plus ou moins sphériques sur les sommets. Il est probable que ce phénomène ait été facilité par la morphologie du secteur qui correspond à un haut fond relatif, et par là-même, est peut-être plus exposé à un balayage permanent des courants de fond portant vers l'est, comme l'atteste l'inclinaison des faunes fixées (crinoïdes) et la dérive du "Nautilé" sur le fond ; au cours de la plongée, la température de l'eau a varié passant de 2, 18°C (-3800 m) à 2, 42°C (-3100 m).



Coupe synthétique de la plongée EN14 et position des prélèvements effectués (en pointillés : zones envasées).



Pente continentale ivoiro-ghānéenne

EN11 - Profondeur : 4 729 m

Débit en dièdre dû à une importante fracturation affectant des grès bien stratifiés. Éponges siliceuses fixées au toit de l'excavation explorée.

EN12 - Profondeur : 3 347 m

Alternance de grès fins et de siltstones reposant sur des grès massifs ; l'ensemble est basculé vers le sud et fortement fracturé.

EN12 - Profondeur : 3 184 m

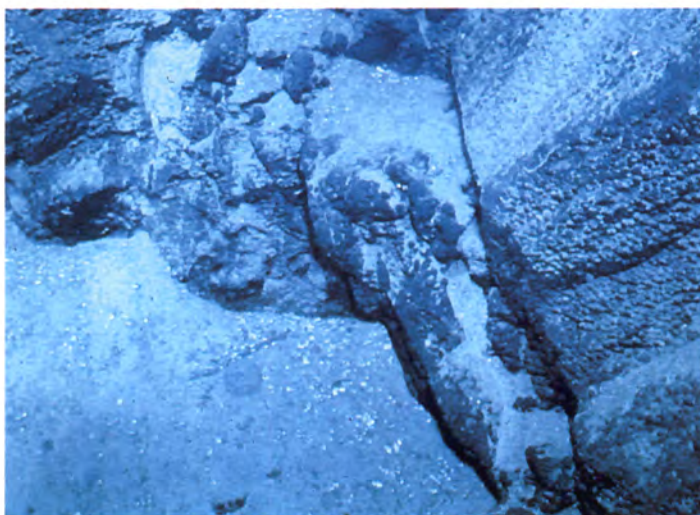
Alternance de grès fins et de siltstones émergeant du fond envasé et basculés vers le nord.

EN13 - Profondeur : 4 525 m

Niveaux siltoargileux à litage arqué et fortement basculés vers le sud-est.

EN14 - Profondeur : 3 127 m

Strates décimétriques de silts argileux recouvertes d'un encroûtement conforme à la stratification.



Zone de fracture de la Romanche

EN16 - Profondeur : 4 517 m

Affleurement de métasédiments en base de pente du relief Romanche.

EN17 - Profondeur : 3 789 m

Encroûtements à figures de dissolution vers le sommet du relief Romanche.

Volcan Nadir (marge de Guinée)

EN18 - Profondeur : 2 941 m

Formes laviques (tubes ramifiés) fortement encroûtées vers la base du volcan (façade occidentale).

EN19 - Profondeur : 1 560 m

Dyke métrique à prismation transverse intrudant des coulées massives à proximité du sommet du volcan (façade occidentale du volcan).

EN20 - Profondeur : 2 075 m

Alvéoles et vasques coalescentes d'affleurements basaltiques assez fortement encroûtés (façade orientale du volcan).

LA ZONE DE FRACTURE ROMANCHE FOSSILE

Les deux plongées EN 16 et EN 17 ont été effectuées sur un relief allongé (en forme d'amygdale) de 15 km de long, d'environ 10 km de largeur et de direction générale N.

Ce relief correspond au dernier affleurement reconnu pour l'instant, d'un socle acoustique jalonnant le tracé fossile de la zone de fracture de la Romanche entre son secteur actif et la marge transformante de Côte-d'Ivoire - Ghana. Cartographié et échantillonné par dragage en 1988 (Campagnes Océanographiques Françaises N°8 - 1989), ce relief avait fourni des métasédiments provenant du démantèlement et de la sédimentation d'un matériel d'origine continental, affleurant en plein domaine océanique. Les plongées ont permis d'investiguer les flancs Nord et Sud de ce massif afin d'en connaître la nature réelle et en particulier d'évaluer l'extension latérale des métasédiments antérieurement échantillonnés.

La plongée EN 15 effectuée sur le même secteur a du être interrompue dès l'arrivée sur le fond du fait d'une panne technique.

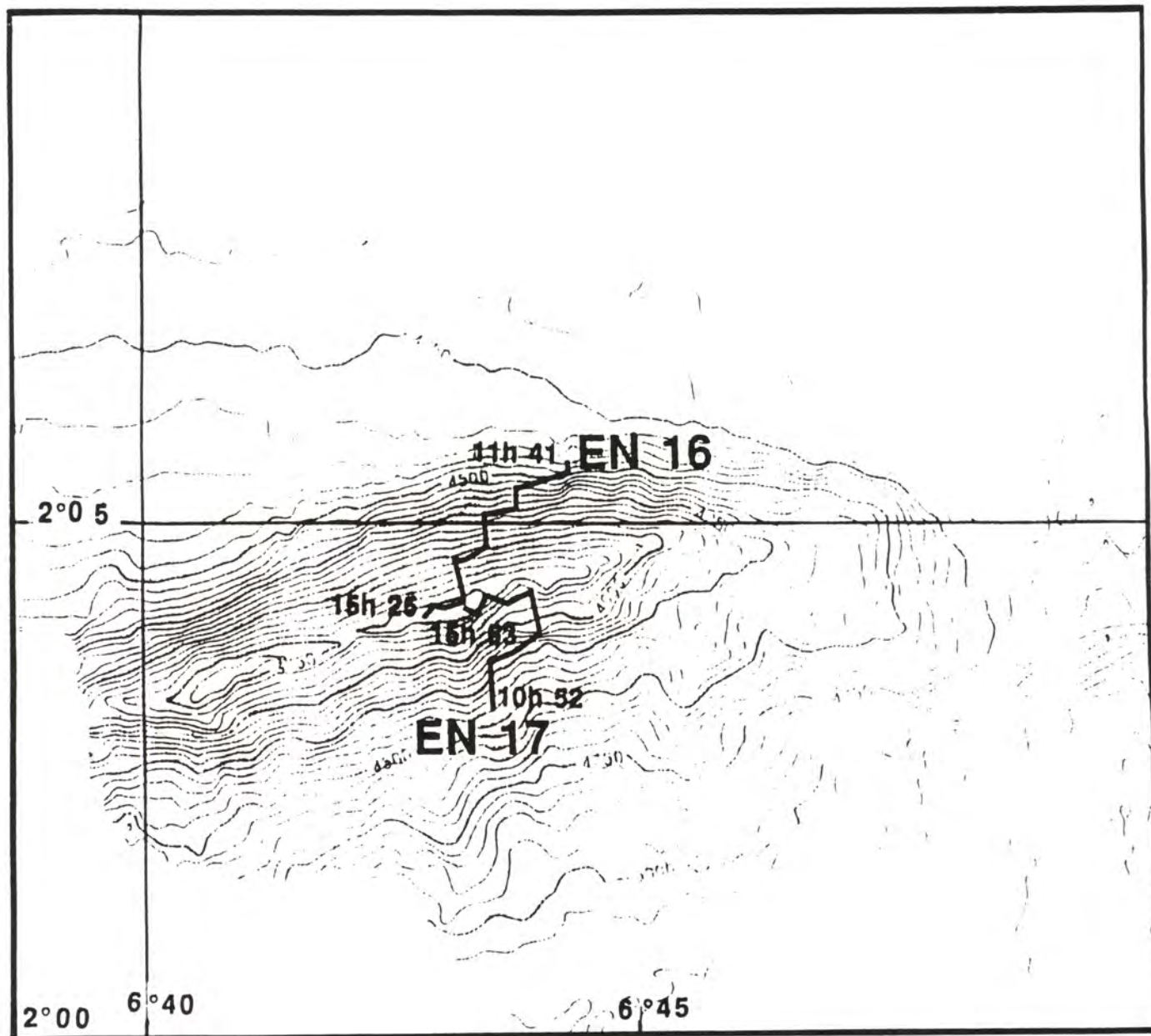


Figure 5 - Localisation des deux plongées effectuées sur le relief occidental de la zone de fracture fossile de la Romanche (fond bathymétrique seabeam, campagne Equamarge 1988).

Plongée EN 16

Observateur : José HONNOREZ

Le but de cette plongée était d'observer, et éventuellement échantillonner, les formations d'où avaient été draguées les roches de la station DR06 prélevées durant la campagne EQUAMARGE II, de 1988. L'itinéraire de la plongée représentait un zig-zag recoupant sept fois le tracé de la drague.

MORPHOLOGIE

La plongée EN16 commence à -4599 m sur un fond en pente douce ($< 10^\circ$) vers le nord, fortement sédimenté et bioturbé (terriers, cratères, pistes) ; il s'agit d'un sable granuleux blanc fraîchement remanié par des animaux fouisseurs, et qui prend avec le temps une couleur brune, due probablement à l'oxydation. Quelques graviers noirs de taille centimétrique et des ripple-marks de courant, peu nets, orientés N163E ont été observés.

La portion douce se poursuit, cap au sud, jusqu'à -4556 m où commence une pente raide (N23E) constituée par une succession d'escarpements formant une dénivellation totale d'environ 100 m avec une pente moyenne de 23° .

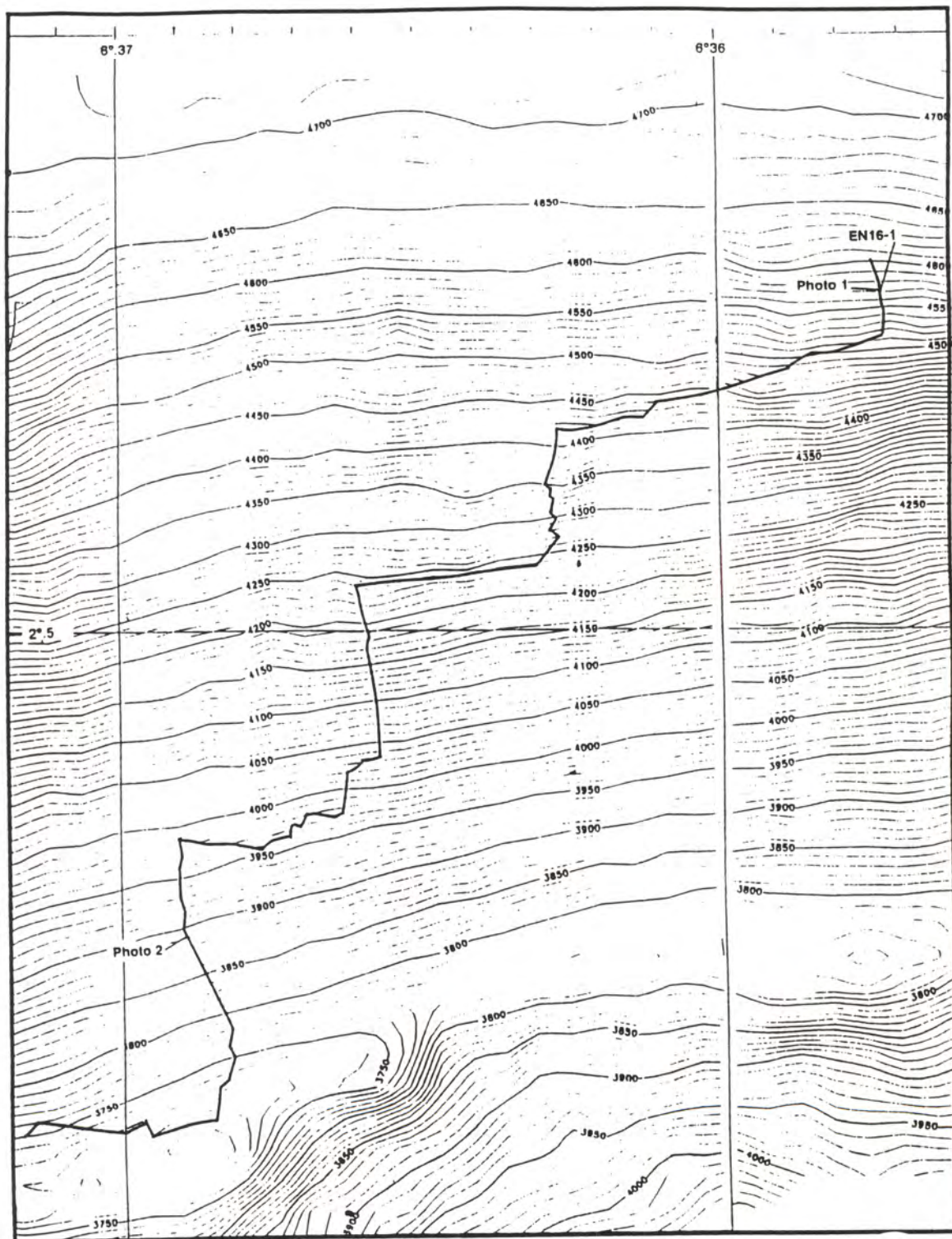
LITHOLOGIE ET STRUCTURES SEDIMENTAIRES

Les escarpements sont apparemment constitués d'éboulis de blocs anguleux légèrement encroûtés par des oxydes de Fe-Mn qui les "cimentent" les uns aux autres ; il n'y a pas assez d'oxydes pour remplir les espaces intraclastes et constituer une vraie brèche. L'éboulis ne présente aucune structure orientée, ni lamine, ni diaclase, etc. La taille des blocs semble varier de 50 cm à quelques cm. Le seul échantillonnage réussi de la plongée indique que ces blocs sont des méta-arkoses et quartzites gris-vert à gris-brun, à grain fin à moyen, traversé par un réseau de veines millimétriques de quartz blanc. Un seul bloc anguleux (10x6x4 cm) correspond à un métasiltstone gris-vert, finement laminé, dont les lamines sont parallèles à deux des faces opposées du bloc. Il s'agit probablement des escarpements d'où proviennent les roches prélevées par la drague E88 DR06, entre -4260 m et -3820 m.

Le reste de la plongée a permis de remonter, une pente moyenne de 25° vers le nord, jusqu'à -3710 m. Cette pente est fortement sédimentée et bioturbée. Elle est interrompue par des escarpements encroûtés d'oxydes de Fe-Mn, d'environ 20 à 30 cm d'épaisseur qui suivent la ligne de plus grande pente. Les tentatives successives

d'échantillonnage des encroûtements sont infructueuses du fait de la friabilité de ces croûtes. On observe de rares blocs subarrondis encroûtés. Sporadiquement, entre -4440 m et -3937 m, le long de cette pente on a pu observer une bande de 50 cm de large formées de stries parallèles à la ligne de plus grande pente. Il pourrait peut-être s'agir des traces de la drague de E88 DR06 ou plus vraisemblablement d'écoulements gravitaires des sédiments pélagiques ?

En résumé la plongée a permis d'observer *in situ* et de récolter des échantillons de metasédiments très comparables à ceux obtenus antérieurement par dragage. Malgré des pentes fortes, un envasement général, dû à la sédimentation pélagique, a malheureusement limité observations et échantillonnages sur la majeure partie du parcours de la plongée.



Trajet de la plongée **EN16** sur la pente septentrionale du relief Romanche fossile ; la localisation de l'échantillon EN16-1 est indiquée.

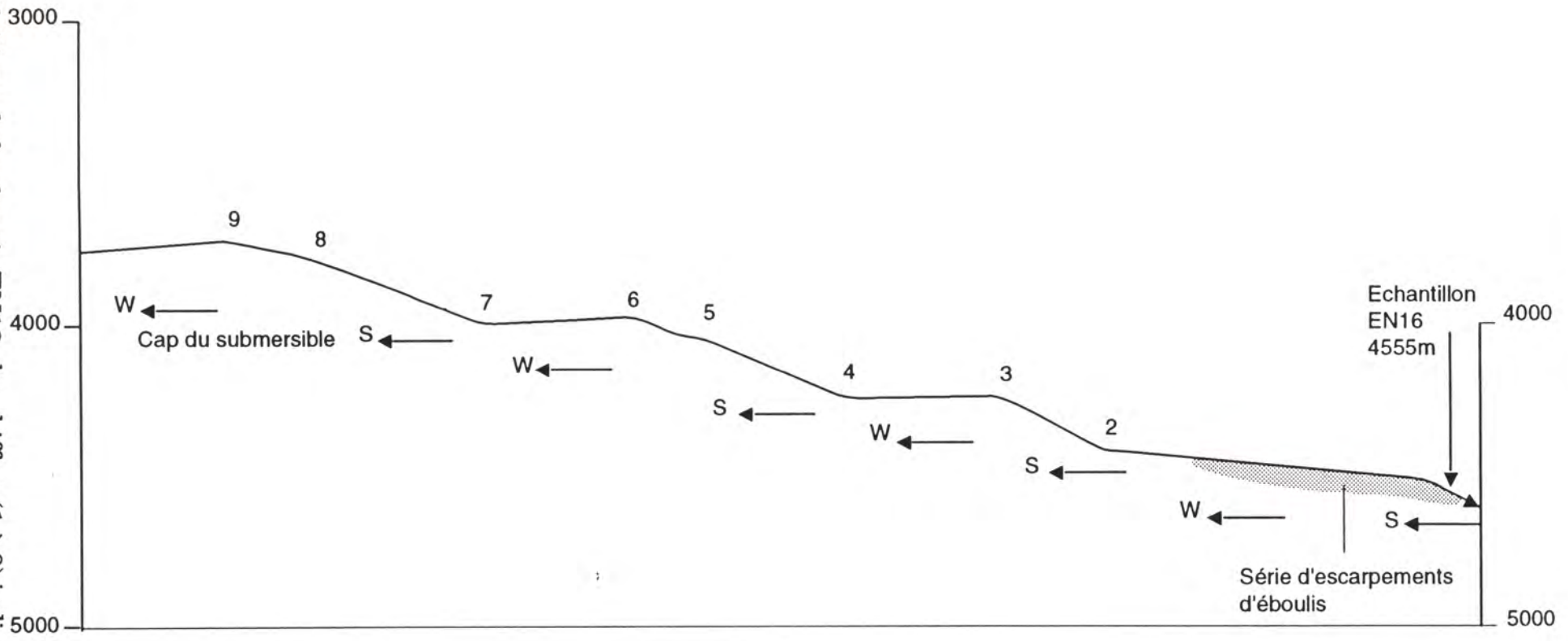


Schéma synthétique de la plongée EN16 ; les chiffres (1 à 9) indiquent les différents tronçons parcourus pendant la plongée.

Plongée EN 17

Observateur : *Michel POPOFF*

MORPHOLOGIE

La plongée EN17 débute à la profondeur de -4407 m, au pied sud de la zone de fracture Romanche fossile, segmentée en reliefs orientés WSW-ENE ; à -3743 m, elle atteint presque le replat sommital qui culmine à la profondeur de 3700 m. Selon une ligne de plus grande pente, la dénivellation est de 700 m sur 1,8 km, soit une pente moyenne de 38% (~20°). La longueur des quatre transects suivis est de 6 km.

Les fonds se présentent selon trois types :

- Un fond largement envasé où le fouissage biologique dans le sédiment meuble est partout important, sur la majeure partie du transect, malgré l'existence de pentes de 10 à 20°.

- Des surfaces très étendues encroûtées de Fe/Mn, en particulier sur les pentes les plus fortes où elles peuvent former des reliefs. On peut se demander si ces encroûtements s'y développent préférentiellement ou bien si ils sont particulièrement décapés par l'érosion et/ou l'instabilité gravitaire des sédiments. Les replats ne semblent pas montrer d'encroûtement.

- Des corniches saillantes en fort relief formées de roches dures.

LE PREMIER TRANSECT (-4407 à -4220 m) remonte vers le nord une pente douce (<10°), envasée et fortement bioturbée, couverte d'un voile organique brunâtre qui disparaît à proximité des terriers et sur les pistes blanchâtres, fines ou larges, de vers ou d'holoturies. A -4250 m, une pente plus forte (jusqu'à 35°) est engendrée par un affleurement rocheux de roche dure (Ech. 1) qui donne des microfalaises métriques. L'une d'entre elles est recoupée à -4259 m par un sillon à forte pente (45°) vers l'est montrant des figures d'érosion et de transport. Le sommet du transect montre des encroûtement noirs qui tapissent le fond et ressortent en relief, érodés par une deuxième gouge profonde de 0,5 à 1 m, de direction N100°E.

LE DEUXIEME TRANSECT est un transit de 900 m vers l'E-NE suivant la courbe -4220 m. Le fond envasé laisse percer des reliefs décimétriques d'encroûtements noirs, épais de 10 à 30 cm.

LE TROISIEME TRANSECT remonte la pente vers le nord de -4220 à -3800 m, d'abord relativement forte de jusqu'à -4000 m puis faible et finalement moyenne à partir de -3900 m. La pente (forte 1) montre des affleurements de roche et d'abondants encroûtements sur une pente présentant une morphologie de falaise et replats de dimension métrique. Au bas, des reliefs à surface mamelonnée, parfois formant corniche, correspondent à des encroûtements. Un peu au-dessus, apparaissent des affleurements de roche dure à bords anguleux, d'aspect semblable

à ceux de l'échantillon 1, en microfalaises. Des faces subverticales planes dessinent des dièdres dans cette roche massive. Au-dessus la pente devient très forte dans une roche dure (EN 17-07 à 09) avec des escarpements encroûtés de 1 à 3 m de hauteur. La succession roche-encroûtements dominants se suit jusqu'à -4020 m. La pente moyenne donne lieu à un transit sur fond vaseux à nombreux fousseurs. Sur la pente vaseuse, apparaissent quelques encroûtements à surface plane parallèle à la pente.

LE QUATRIEME TRANSECT, vers l'ouest, suit une courbe de niveau au-dessus d'un fond vaseux à fouissage intense. La pente est de 20° environ vers le sud environ. Une légère inflexion de route permet de recouper cette partie de la pente plus à l'ouest avec un pendage plus fort (~30°) ; elle ne montre que de la vase bioturbée, jusqu'au replat sommital. Après une descente de 60 m vers le S-S.E., nous recoupons vers l'ouest une partie plus fortement pentée. Des masses noirâtres formant parfois des corniches, présentent des formes hémisphériques ou cylindriques, type "cupules de dissolution" ou "marmites d'érosion" d'un diamètre de 10 à 40 cm environ. Nous n'avons pas observé *in situ* de courant notablement fort, bien que la surface des encroûtements porte des rides de courant orientées N-S. Habitées par une faune diversifiée, les roches noires d'accumulation ne s'observent plus sur le replat. Le transect se termine par un court transit sur fond vaseux fortement bioturbé.

LITHOLOGIES ET STRUCTURES SÉDIMENTAIRES

LES ROCHES VOLCANIQUES ET SEDIMENTAIRES prélevées à l'affleurement se situent entre -4300 et -4050 m, dans la partie moyenne du versant sud de le ride de la Romanche fossile. Elles montrent une grande variété depuis des conglomérats quartzitiques gris clair très indurés (Ech. 8 : -4062 m), des grès-quartzites gris-vert à rares plagioclases (Ech. 7 : -4060 m), des dolérites mylonitisées (Ech. 6 : -4126 m), déformée (Ech. 3 : -4153 m), une roche microcristalline bleu-gris doléritique altérée (Ech. 1 : -4280 m). La qualité des affleurements, discontinus et de petite dimension, apparaissant sur des reliefs en microfalaises plus ou moins encroûtées, n'a pas permis d'observation d'ordre sédimentologique *in situ*.

LES ENCROUTEMENTS moulent tous les reliefs en masquant les roches. Leur épaisseur varie de 1 à 20 cm. Sur les corniches érodées, l'organisation interne se retrouve fréquemment identique, avec une base de 1 à 10 cm de "vase" jaune indurée et couronnée par 10-20 cm de croûte noire. Les seules informations que l'on puisse en tirer concernent l'existence d'indices de courants sur le fond, sous forme de rides asymétriques, de portions localement érodées ou corrodées, de surfaces semblables à celles façonnées par des processus aquatiques d'abrasion (marmites) ou de dissolution (cupules). L'observation de la faune en place n'a pas permis de mettre en évidence de forts courants sur le fond.

DES PHENOMENES GRAVITAIRES DE PENTE ont été observés à la faveur de gouges d'érosion vers -4280 m. Deux chenaux, dont l'un bifurque vers l'amont, ont pu être suivis ; ils portaient des striations que nous attribuons à des figures de glissement d'objets traînés sur le fond vaseux. Dans les deux cas, les transports se faisaient vers l'aval, en direction de l'est, dans une zone où la pente de direction moyenne N60°E s'infléchit vers N10°E.

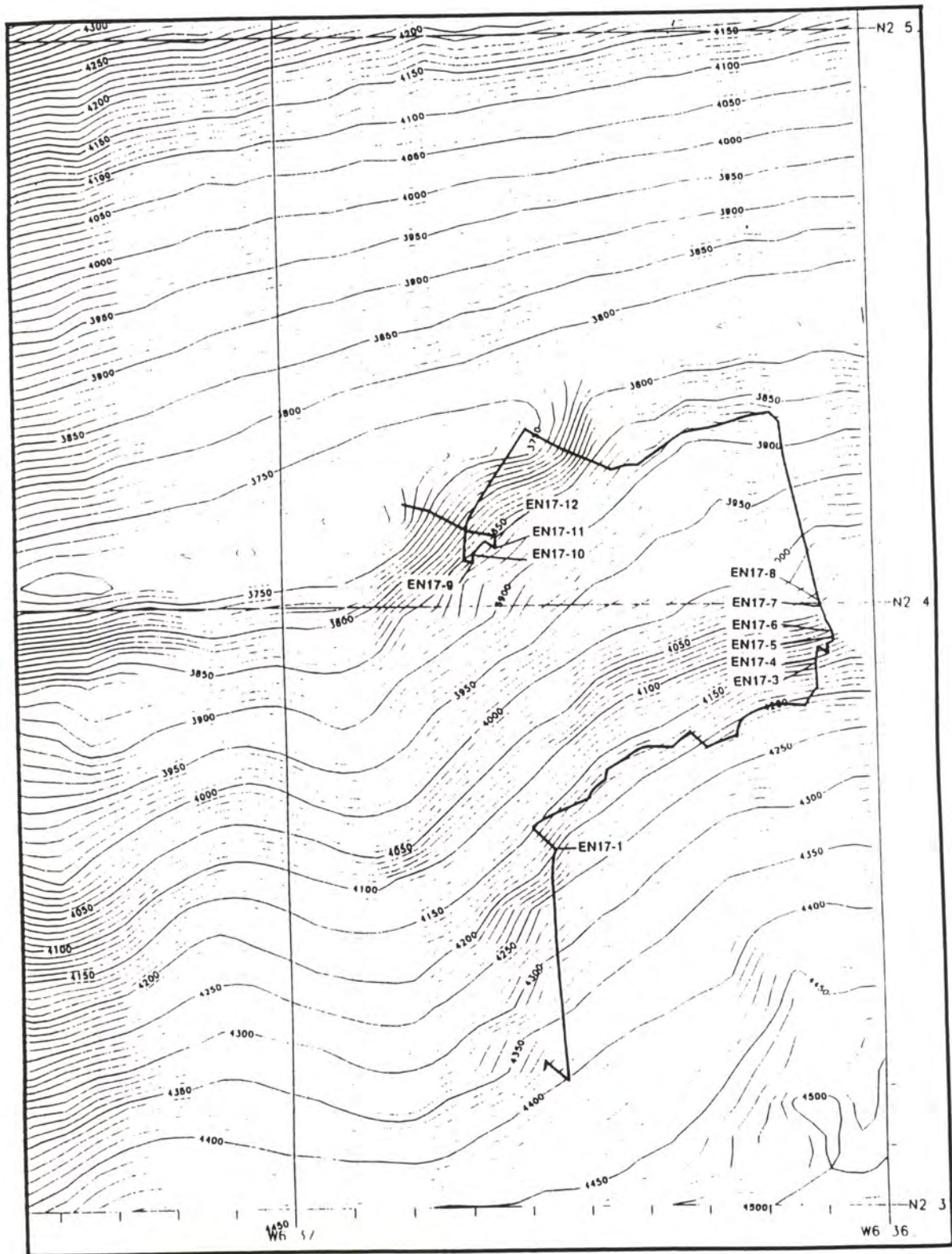
STRUCTURES TECTONIQUES

Pour les raisons d'envasement et de rareté d'affleurements extensifs évoquées ci-dessus, il n'a pas été possible d'observer des roches en place. Les conglomérats, grès-quartzites, dolérites massives ou mylonitisées en particulier, n'ont pas livré de structure tectonique ni d'orientation préférentielle. Une seule exception réside dans la présence d'un plan de fracture subvertical (N35°E à pendage 80°W) dans les dolérites mylonitisées à -4131 m.

La ride fossile de la Romanche se présente comme un relief formé de roches volcaniques et sédimentaires indurées, fortement déformées et mylonitisées apparaissant dans la partie moyenne de la pente sud.

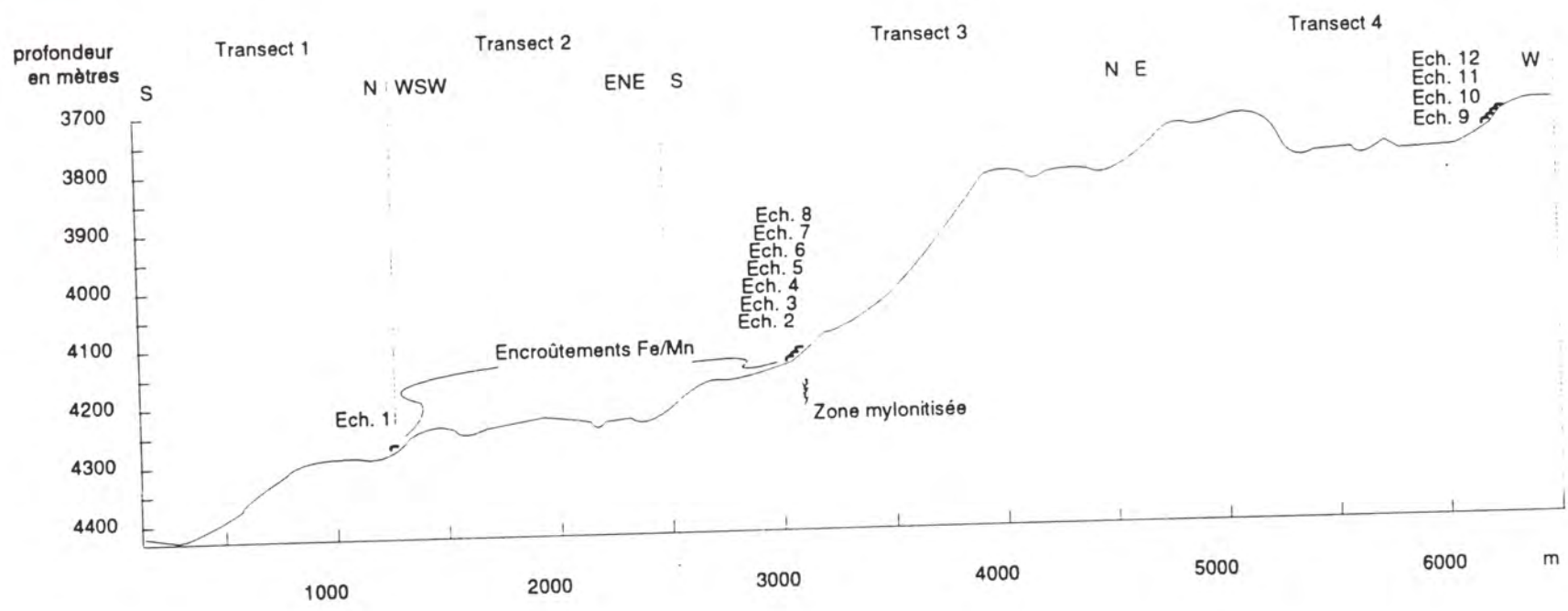
Les dolérites occupent la partie inférieure de la pente. Elles sont recoupées par un contact tectonique, localisé à -4200 m sur la pente sud de la ride fossile de la Romanche. Ces roches, à texture microgrenue, peuvent correspondre soit à des filons syn-rift, soit à des roches du plancher océanique.

Les roches sédimentaires échantillonnées au-dessus de -4200 m sont d'origine typiquement continentale ; elles ont enregistré par leur contenu, leur diagenèse et leur déformation, l'histoire initiale et l'évolution ultérieure de cette zone que des études en cours vont permettre de préciser.



Trajet de la plongée **EN17** sur la pente méridionale du relief Romanche fossile et localisation des différents prélèvements effectués.

Coupe synthétique de la plongée EN17 avec indication des différents prélèvements.



LE MONT "NADIR", MARGE CONTINENTALE GUINEENNE

Les trois plongées, EN 18, 19 et 20, ont été faites sur le Mont "Nadir" (baptisé à cette occasion du nom du navire océanographique porteur du Nautille) gros volcan d'une vingtaine de km de diamètre à sa base et culminant, vers -840 m de profondeur, par un sommet arasé évoquant un guyot.

Ce volcan fait partie d'une chaîne d'édifices magmatiques accidentant la marge sud guinéenne et se raccordant progressivement à la "Sierra Leone Rise".

Le Mont Nadir sur lequel plusieurs échantillons avaient été prélevés antérieurement (Campagnes Océanographiques Françaises N°3 - 1986 et N°8 - 1989) semble avoir été actif dès le Paléocène (d'après des datations absolues) mais son sommet plan aurait été à l'air libre, ou sous une très faible profondeur d'eau au cours du Quaternaire ancien. Il s'agit donc d'une énigme géologique que les trois plongées ont permis d'explorer et d'échantillonner.

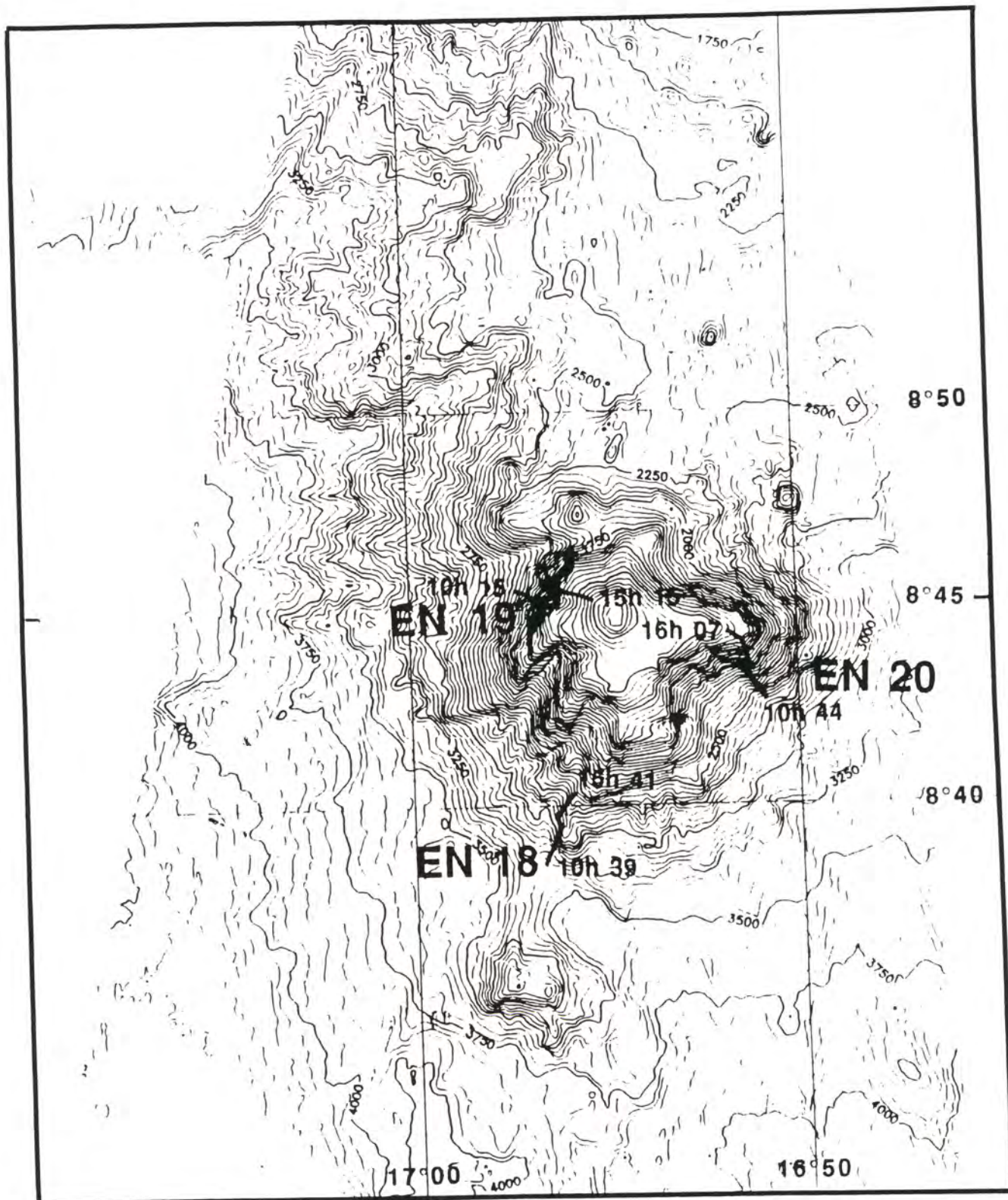


Figure 6 - Localisation des trois plongées effectuées sur le Mont Nadir (marge continentale de la Guinée) (fond bathymétrique seabeam ; campagne Equamarge 1988).

Plongée EN 18

Observateur : *Pierre TRICART*

Cette première plongée sur le Mont Nadir était destinée à reconnaître la *partie inférieure du volcan*, là où une pente suffisante permettait d'espérer des affleurements rocheux non envasés. L'objectif sélectionné était un éperon orienté N.-N.E.-S.S.W., au flanc sud-ouest du volcan principal, entre les profondeurs -3200 m et -2200 m. L'éperon devait être parcouru en biais, suivant trois coupes échelonnées. Cet objectif a été atteint, à la réserve près que la troisième coupe n'a pu être achevée. Trois coupes ont été réalisées.

MORPHOLOGIE

Une première coupe, effectuée entre les profondeurs -3271 m et -2783 m : sur une distance approximative de 1,4 km. La pente se relève rapidement jusqu'à atteindre 35° entre les profondeurs -3150 m et -3050 m, puis elle se stabilise autour de 28°, avant un replat qui représente un épaulement de l'éperon évoqué au paragraphe précédent.

La deuxième coupe, entre les profondeurs -2958 m et -2716 m a parcouru environ 1 km. La pente est soutenue, proche de 33°.

La troisième coupe, effectuée en 53 mn, entre les profondeurs -2764 m et -2518 m a permis de parcourir environ 0,9 km. La pente varie entre 25 et 30°.

L'observation directe, confrontée aux données cartographiques permet de distinguer trois échelles :

A l'échelle du volcan lui-même, la pente générale vers l'ouest, régulière, représente le flanc ouest d'un éperon. Cet éperon, allongé N.-N.E.-S.S.W. présente une crête arrondie. Le bas de la pente montre un profil concave permettant un raccordement en douceur avec le glaciais, au pied du volcan.

A une échelle hectométrique, le flanc ouest de l'éperon présente de nombreux ravins descendant vers l'ouest. Profonds d'une dizaine de mètres et larges de quelques dizaines de mètres, ces ravins entaillent l'édifice volcanique. Leur fond est tapissé de coulées de sables à petits blocs rocheux. Cette morphologie de détail spectaculaire n'apparaît pas sur la carte bathymétrique levée au sondeur multifaisceaux (effet de lissage).

Plus en détail, entre deux ravins, la pente présente une multitude de gradins métriques, d'orientations variées, plus ou moins oblitérés par les encroûtements.

Contrastant avec cette morphologie tourmentée, la crête de l'éperon présente de grands entablements rocheux, sans ravins ni gradins. Cette crête, qui correspond

à des roches massives et résistantes (coulées), constitue pratiquement une surface structurale.

NATURE ET STRUCTURE DU SUBSTRATUM ROCHEUX

Deux composants principaux ont été reconnus :

Quelques niveaux plurimétriques massifs, *coulées volcaniques* de forme au moins plus ou moins lobée ; on remarque l'absence de débit en blocs, en coussins ou en prismes.

D'importants niveaux chaotiques sont constitués de blocs arrondis de taille variable, le plus souvent 0,1 à 0,5m, parfois 1m. Les blocs sont agglomérés sans matrice abondante et ne sont guère classés. Nous interprétons ces niveaux chaotiques comme des *brèches volcaniques*.

Suivant la coupe effectuée, des coulées alternent avec des brèches entre les profondeurs -2700 m et -2150 m environ (crête de l'éperon principal) ; l'ensemble repose sur une forte épaisseur de brèches (100-150 m) qui constituent le pied même du volcan. On peut envisager une alternance des deux types de formations à l'échelle du volcan.

ENCROûTEMENT ET DEPOTS RECENTS

L'autre intérêt majeur de la plongée a été l'ampleur des phénomènes d'encroûtement par des *hydroxydes de fer et de manganèse*. Ce phénomène s'exprime différemment suivant le pendage des faces rocheuses exposées.

les surfaces en surplomb portent un enduit mince et rugueux.

les surfaces à forte pente sont recouvertes par un enduit ou, le plus souvent, par une croûte mince ornée d'une multitude de petits mamelons, de petits encorbellements subhorizontaux souvent en forme de "visière". L'épaisseur des "visières", mesurée perpendiculairement au substrat, est plurimillimétrique tandis que leur extension horizontale est d'ordre pluricentimétrique à décimétrique. La capture des particules en transit vers le fond, confère à leur face supérieure une teinte claire qui tranche avec celle des hydroxydes de fer et de manganèse de leur face inférieure. Dans l'ensemble, les tombants et les surfaces subverticales apparaissent peu propices aux phénomènes d'encroûtement.

les surfaces peu pentées montrent des encroûtements ou, parfois, des lits de boue hémipélagique encroûtée ; l'épaisseur est variable mais, au minimum, d'ordre pluricentimétrique. Ces accumulations constituent tout d'abord un édifice bombé couleur de vase (gris clair) mais résistant. Le phénomène s'accroissant, l'édifice gagne en hauteur mais aussi en largeur, avec création d'un surplomb décimétrique. L'action conjuguée des deux phénomènes conduit à donner aux blocs volcaniques éboulés sur le fond ou déchaussés par ravinement, la forme de *champignons* à pied noir et à chapeau clair, débordant et bombé. Ces formes sont actuellement plus ou moins envasées à leur pied.

Dans les secteurs les plus encroûtés, les chapeaux des blocs finissent par se toucher ; leur *coalescence* donne naissance à une coûte épaisse de 10-15 cm au moins, très résistante, à la morphologie particulière résultant d'une juxtaposition de surfaces bombées, à contours grossièrement hexagonaux. Ces encroûtements sont localement recouverts de coulées de sable et de petits blocs de nodules.

Les grands entablements, correspondant aux coulées massives, portent une croûte régulière, sans mamelons ni choux-fleurs, et ne sont pas sujets au phénomène décrit ci-dessus. Les encroûtements observés, localement desquamés et en voie d'enfouissement, semblent fossiles. Sauf très localement, dans des ravins E-W, ces encroûtements fixent le matériel ; les escarpements et surplombs rocheux ne fournissent plus de blocs et à leur pied on n'observe qu'une vase sableuse riche en bioclastes.

PRELEVEMENTS

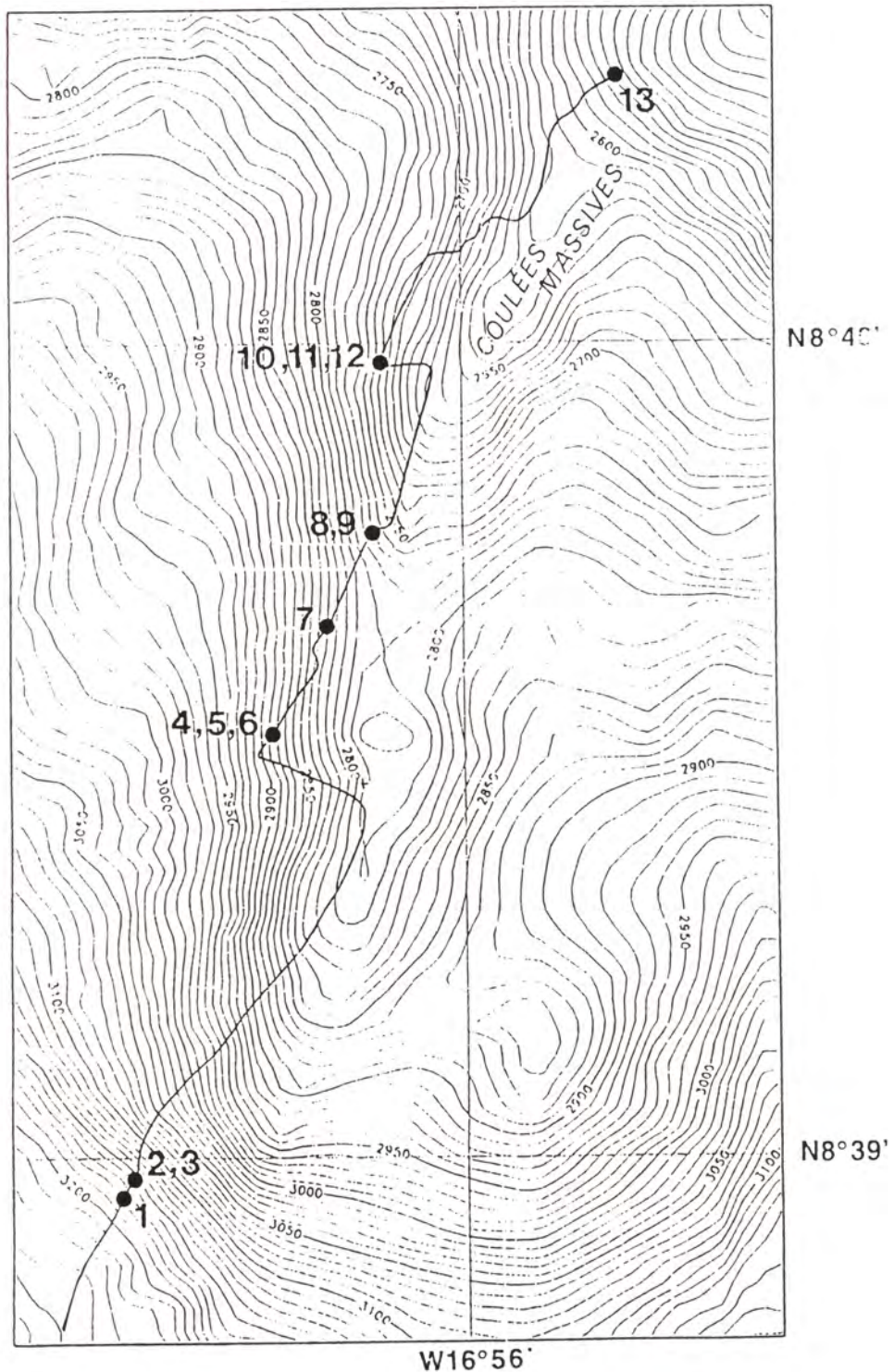
Un échantillon de croûte rubanée (Fe, Mn), épais d'une dizaine de centimètres, a été prélevé en place à une profondeur de -3178 m (Ech. EN18-1).

Douze nodules plus ou moins arrondis, grossièrement décimétriques, ont par ailleurs été prélevés sur le fond sableux, au pied de pentes ; ils contiennent en leur centre des fragments de roches volcaniques variées ainsi qu'un cortex plus ou moins isopaque de croûte rubanée. L'épaisseur du cortex d'hydroxydes de fer et de manganèse est comprise entre 2 et 10 cm. Ces nodules dérivent de blocs éboulés, encroûtés sur place (Ech. EN18-2 à 13).

Ce secteur du volcan Nadir est constitué de quelques coulées massives relativement minces et d'épaisses brèches chaotiques. Aucun indice direct de mise en place sous-marine n'a été observé.

L'édifice a été profondément raviné, une pile de coulées n'étant conservée qu'à la crête d'un épaulement ; l'ensemble, encroûté, n'est pas soumis à une érosion sous-marine active et semble localement en voie d'enfouissement. Les dépôts d'hydroxydes de fer et de manganèse pourraient donc être plus ou moins fossiles.

L'édifice ne présente pas de structures tectoniques organisées, en particulier pas de trace d'une fracturation récente, post-encroûtement.



Trajet suivi au cours de la plongée EN18 (pente inférieure du Mont Nadir) avec indication des lieux de prélèvements effectués en cours de plongée.

Plongée EN 19

Observateur : *Hervé BERTRAND*

L'objectif de la plongée EN19 a été d'effectuer une coupe du flanc nord-ouest du volcan Nadir, secteur où les pentes sont les plus fortes. La plongée se subdivise en deux coupes relayées par un transit.

La première coupe, orientée N130E, s'échelonne entre -2340 m et -1440 m. Elle présente une pente moyenne de 15° à la base (tronçon -2330/-2200 m), puis de 35° dans sa partie supérieure (tronçon -2200/-1440 m), avec des secteurs à 45°.

La seconde coupe, décalée vers le NE par un transit de 1000 m, se subdivise en deux parties : un premier tronçon orienté N90E montre une forte pente (moyenne de 35°) entre les cotes -1680 et -1410 m. Un second trajet orienté N115E en direction du sommet du volcan, montre des pentes douces (une dizaine de degrés), entre les cotes -1410 et -1010 m.

MORPHOLOGIE

Formations volcaniques

Les cent premiers mètres de la coupe (-2300/-2200 m) sont constitués de morphologies à pentes douces (20-25°) très envasées, ne laissant apparaître que de rares affleurements, surtout d'aspect bréchique.

A partir de -2200 m et jusqu'à -1400 m, on note l'alternance de reliefs à forte pente (45° à vertical) constitués de roches volcaniques en place et de portions à pente plus faible (< 45°) constituées d'éboulis partiellement masqués par des dépôts.

Les morphologies volcaniques en place forment des barres d'épaisseur métrique à plurimétrique, d'extension latérale importante. Dans certains cas, notamment dans la deuxième coupe nord, il s'agit de véritables falaises de puissance décamétrique, se terminant par un replat. Ces escarpements correspondent à des coulées volcaniques, superposées, d'aspect stratoïde à pendage difficile à évaluer, mais très faible (quelques degrés) et probablement NW. La surface du replat des escarpements montre fréquemment des microformes de type alvéole, vasque ou marmite de quelques décimètres. Celles-ci apparaissent à partir de 1587 m et deviennent abondantes entre -1500 m et -1400 m. Dans un cas (-1452 m), le replat présente des contours lobés caractéristiques d'une surface de coulée. Aucune forme en coussin n'a été observée.

Le débit de la roche est massif (affleurements en place) à chaotique (affleurements presque en place de blocs de plusieurs mètres cubes). Des diaclases sans direction préférentielle découpent parfois les affleurements. Dans plusieurs cas,

on observe un débit prismatique fruste subvertical (diamètre des prismes de quelques décimètres à 1 m), perpendiculaire à l'extension latérale des affleurements. Certains prismes sont débités en miches (par ex. -2094 m). A noter la présence d'un horizon de 2 m d'épaisseur, prismé, à fort pendage transverse par rapport à la "stratification" générale (cote -1560 m), correspondant peut-être à un dyke. Certaines coulées présentent à leur base un horizon de quelques décimètres d'épaisseur, à patine jaunâtre, d'aspect bréchique, susceptible de représenter une semelle de coulée.

Les portions à pente plus faible ($< 45^\circ$) sont constituées d'amas de blocs décimétriques à plurimétriques de plus en plus nombreux vers le haut de la pente à l'approche du relief volcanique. Ces éboulis des principaux reliefs masquent vraisemblablement les parties inférieures des coulées et/ou des séquences intercalées de pyroclastites.

La surface des affleurements volcaniques est recouverte, soit d'un mince enduit Fe-Mn, soit d'encroûtements plus importants, généralement mamelonnés, surtout développés sur les parois les plus raides et les plus importantes.

Les formations sédimentaires

Au-dessus de -1400 m, la morphologie s'adoucit brusquement (pente $< 15^\circ$) et les affleurements volcaniques disparaissent au profit de sédiments. A cinq reprises (entre -1200 et -1000 m), se reconnaissent des formations sédimentaires montrant des morphologies en dalles d'épaisseur décimétrique et d'extension plurimétrique. Ces dalles forment des placages à faible pendage (quelques degrés) conforme à la pente générale (vers l'ouest).

LITHOLOGIE ET STRUCTURES SEDIMENTAIRES

Les *lithologies volcaniques* sont diversifiées :

Des *brèches* n'ont été observées qu'à la base de la coupe (> -2200 m), en association avec des morphologies faiblement pentées et ennoyées comme dans la plongée EN18 où seules des brèches ont été échantillonnées à des profondeurs allant de -3270 à -2518 m). L'échantillon prélevé (EN19-1) est une brèche polygénique à éléments volcaniques (basalte, lamprophyre, mégacristaux de ferromagnésiens).

Les *coulées massives* sont constituées de laves alcalines plus ou moins différenciées, le plus souvent porphyriques : basaltes alcalins à basanites à phénocristaux d'olivine-cpx (EN19-4, 7), téphrite à cpx-amphibole-andradite (EN19-3) et trachy-phonolites à cpx-feldspathoïdes altérés-andradite (EN19-2, 5, 6). Les cpx présentent souvent des zonations complexes. Certaines de ces laves contiennent des enclaves centimétriques grenues à cpx-biotite, amphibole, sphène, apatite. Pour chacun des deux tronçons, les coulées basiques échantillonnées (EN19-4 : 1643 m et EN19-7 : 1455 m, respectivement) surmontent les coulées plus différenciées (EN19-2 : -2096 m, EN19-3 : 1837 m et EN19-5 : 1666 m, EN19-6 : 1650 m, respectivement). Les données disponibles ne permettent cependant pas de corrélérer latéralement les deux tronçons.

Lithologies sédimentaires : il s'agit de calcaires organogènes à trous d'organismes perforants, évoquant un fond durci très peu profond (peut-être des phosphorites).

Le flanc nord-ouest du volcan Nadir est constitué (pour sa partie supérieure : < -2200 m) d'un important empilement de coulées massives (sur environ 700 m). L'épaisseur des coulées peut être estimée de quelques mètres à plus de 10 m. Un débit prismatique frustré (dans un cas) et des figures d'écoulement à contours lobés sont reconnaissables. L'érosion de ces coulées se traduit par une morphologie de ressauts successifs et d'abondants éboulis de blocs, ainsi que par la formation sur leur surface (entre 1600 m et 1400 m) de microformes de type alvéoles et vasques, qui reprennent vraisemblablement des figures d'écoulement. Aucune structure d'épanchement sous-marin n'a été observée, ce qui repose le problème d'une mise en place aérienne d'une partie du volcan.

Selon des observations encore partielles, cet empilement de coulées surmonterait des horizons pyroclastiques correspondant aux morphologies plus douces de la base de l'édifice (> -2200 m). Il n'est cependant pas exclu que des pyroclastites soient aussi intercalées plus haut entre les coulées.

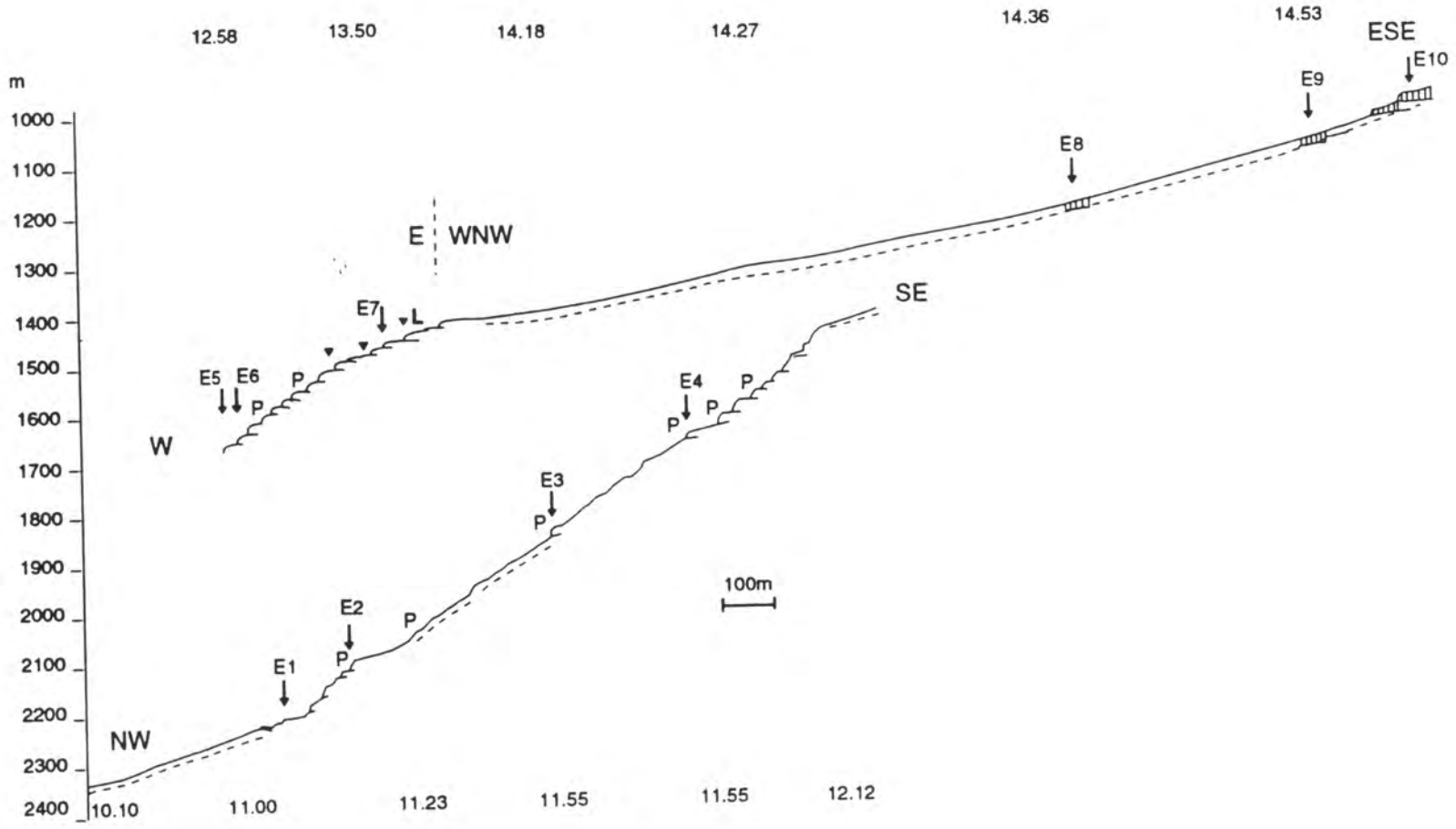
Lithologiquement, il s'agit d'un volcan composite, bimodal, d'affinité alcaline sous-saturée en silice : les coulées basaltiques semblent surmonter les coulées plus différenciées, mais l'échantillonnage disponible ne permet pas d'exclure des alternances basique-acide. Les enclaves grenues et les zonations enregistrées par les clinopyroxènes témoignent d'une évolution polybarique des magmas et de mélanges acide-basique.

Le sommet semble caractérisé par un replat morphologique vers -1400 m (sommet tronqué type guyot). Ce replat est scellé par des formations sédimentaires en dalles (calcaires organogènes, phosphorites ?) affleurant de -1200m à -1000 m, semblables aux faciès carottés au sommet de l'édifice (-840 m) lors de la campagne Equamarge II.



Trajet suivi au cours de la plongée EN19 (pente moyenne et sommet du Mont Nadir);
la localisation des différents prélèvements est indiquée.

Coupes morphologiques synthétiques de deux tronçons de la plongée **EN19** avec indications des prélèvements ; en tiretés, les zones recouvertes de sédiments meubles.



**Marges continentales transformantes ouest-africaines
Campagne EQUANAUTE**

erratum

p 105

à la place de

Au contraire, en deçà de cette profondeur, les formes fixées, principalement des hydrozoaires et des gorgonaires....

lire

Au contraire, en deçà de cette profondeur, les formes fixées, principalement des Anthozoaires de différents ordres dont celui des Gorgonaires....

p 107

à la place de

La faible colonisation des substrats rocheux par les faunes fixées d'hydrozoaires, gorgonaires et serpules au-dessous de -1500 m,

lire

La faible colonisation des substrats rocheux par les faunes fixées d'Anthozoaires et de serpulidés au dessous de -1500 m,....

Plongée EN 20

Observateur : *Jacques ALLOUC*

La plongée EN20 a été effectuée sur le flanc sud d'un éperon qui prolonge le mont Nadir vers l'est entre -2532 m et -1345 m.

MORPHOLOGIE

De -2532 m à -2125 m, la pente est relativement régulière. De 10 à 20° au début de la plongée, celle-ci atteint rapidement 25 à 30°. Au-delà de -2125 m et jusque vers -1400 m, la pente est forte : la moyenne est voisine de 35-40°. Le relief est constitué par une succession de tombants et de replats ou bermes. Les tombants ont de quelques mètres à une dizaine de mètres de commandement (rarement quinze) ; les replats et bermes ont de quelques mètres à quelques centaines de mètres de large. Les tombants les plus importants sont situés entre -2116 et -2068 m, -1855 m et -1810 m, -1725 m et -1660 m, -1460 et -1420 m. Des ravines de 50 à 100 m de large et de 10 à 20 m de profondeur entaillent la pente vers -1870 m, -1650 m et -1580 m. Au-dessus de -1400 m, la pente générale s'adoucit notablement ; bien que le fond présente encore une succession de petites barres ou petits ressauts d'ordre métrique, les bermes sont beaucoup plus larges.

Courants, température, vie benthique

Peu ou pas de **courants de fond**, sauf au-dessus de -1350 m où leur activité est attestée par le déplacement vers le nord-est des nuages de particules soulevées par le "Nautile" et par des rides dissymétriques indiquant des courants venant du nord-ouest ou du sud-ouest. Des rides d'interférence témoignent de modifications locales et/ou temporaires des courants de fond.

La température se situe entre 2 à 3°C vers -2 500 m et 3 à 4°C vers -1300 m.

La vie benthique est relativement modeste sur une bonne partie des fonds examinés. Au-dessous de -1500m, les fonds de sédiments apparaissent peu bioturbés. Même les pistes sont relativement peu abondantes malgré la présence d'holothuries et l'on ne discerne aucune piste "en étoile" si caractéristique des fonds sédimentaires de la ride Côte-d' Ivoire - Ghana. De même, les substrats durs sont peu colonisés. Lorsqu'elle est présente, la faune fixée sur les fonds rocheux inférieurs à -1500m est morte ou donne l'impression d'être "malade". Au contraire, en deçà de cette profondeur, les formes fixées, principalement des hydrozoaires et des gorgonaires, sont plus nombreuses et les fonds sableux plus bioturbés. Par ailleurs, des serpules de grande taille colonisent les surfaces rocheuses subverticales. Les

spongiaires sont assez rares sur tout le profil examiné ; toutefois de très beaux spécimens d'hexactinellides en forme de vasque ou de grand "mazagran" figurent çà et là.

LITHOLOGIE ET STRUCTURES SEDIMENTAIRES

La partie inférieure de la coupe, de -2532 m à -2125 m, correspond à un fond de sable ? (ou boue organogène ?) où figurent, par endroits, des blocs et des cailloux souvent subanguleux ou anguleux (brèches) ainsi que des éléments basaltiques de forme plus arrondie.

Des plaquettes et fragments jaunâtres sont disséminés çà et là et deviennent localement abondants sur les ruptures de pente. Un affleurement a montré un pendage conforme à la pente topographique. Le prélèvement EN20-5 (-2251 m) indique une certaine analogie avec des sédiments - boue ou altérite - en voie de lithification superficielle ("firmground").

La succession de tombants plus ou moins élevés qui caractérise la topographie du fond, de -2125 m à -1400 m environ, correspond à un ensemble de coulées basaltiques probablement stratoïdes. La roche peut être massive ou donner l'impression d'être constituée, soit de très grosses masses ovoïdes, soit d'un matériau à tendance bréchique. Certains accores montrent clairement de grandes structures convolutées ou en forme de lobe évoquant des structures de bordure de coulée. Les bermes, "replats" de quelque importance et pentes qui raccordent les tombants, correspondent souvent à des chaos très hétérométriques avec des blocs de plusieurs mètres cubes. Entre -1860 m et -1850 m et vers -1720 m, on retrouve des plaques et plaquettes de sédiment clair, légèrement induré, en association avec les éboulis de matériel basaltique. Dans tout cet intervalle, les fonds sédimentés n'ont qu'une importance très secondaire.

A partir de -2115 m, le matériau montre, presque systématiquement, des sortes de vasques décimétriques, coalescentes ou non, sur tous les affleurements non verticaux, tout particulièrement lorsque la roche n'a pas un aspect massif.

Au-dessus de -1400 m, le substrat est principalement constitué par un matériau évoquant une brèche. Les vasques coalescentes et les figures évoquant une dissolution y sont particulièrement abondantes et caractéristiques. Les pentes étant moins fortes, les dépôts de sables organogènes deviennent plus fréquents. Ils forment des plages plus ou moins discontinues dans les "dolines" du substrat.

STRUCTURES TECTONIQUES

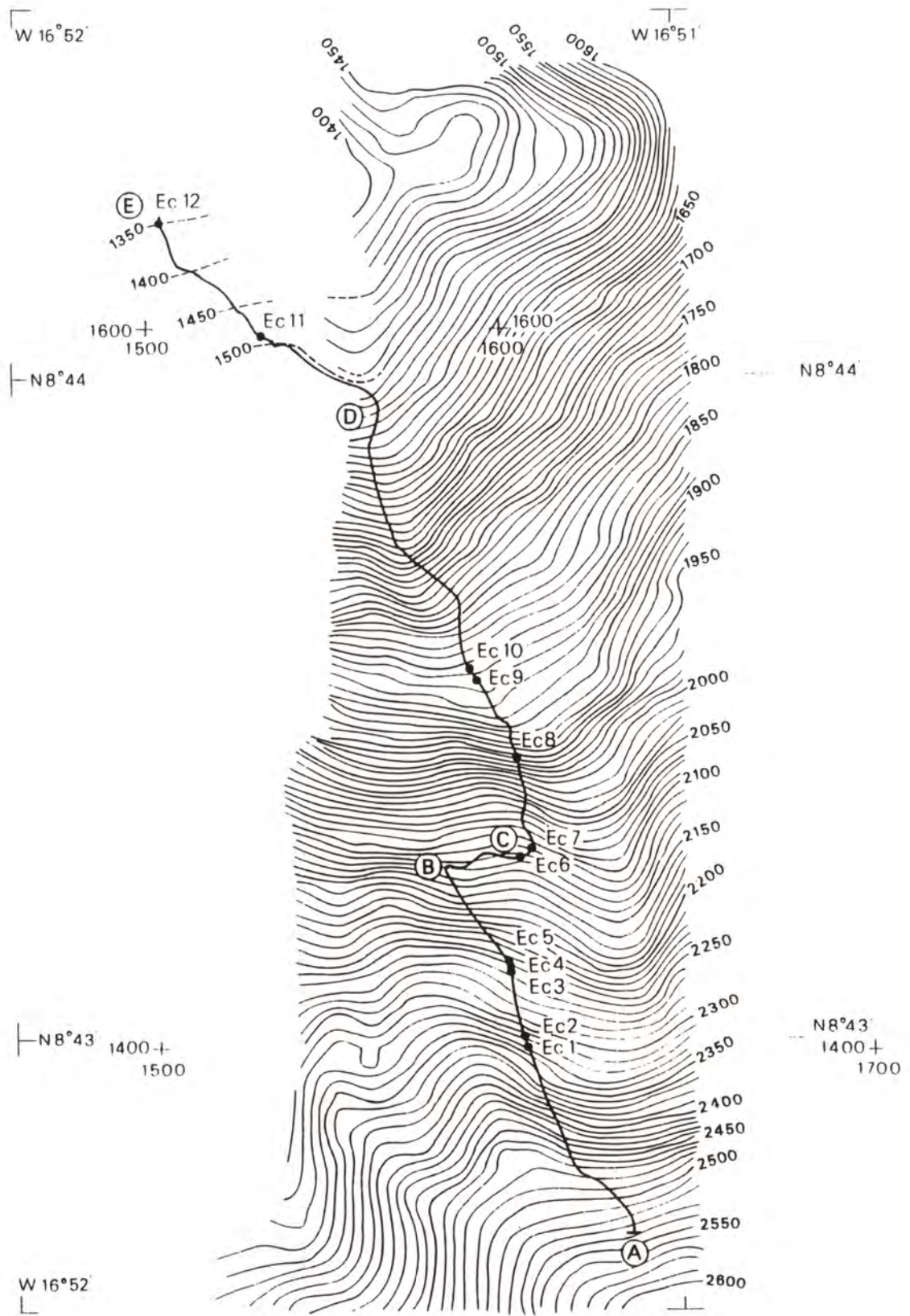
En dehors de l'allure stratoïde des coulées basaltiques, peu de traits structuraux sont directement accessibles à l'observation. On notera cependant l'existence de sortes d'éperons rocheux de direction subméridienne entre -2040 m et -2000 m et vers -1500 m. Par ailleurs, de nombreux tombants ont une direction sensiblement E-W ou E-N.E.-W-S.W. Ces deux attitudes (N-S et E-W) se retrouvent dans les quelques surfaces de débit qui ont pu être observées. Il n'y a pas de prismation visible dans les coulées basaltiques et il n'y a pas non plus de forme en coussin.

ENCROÛTEMENTS

Cette plongée se caractérise par la discrétion des encroûtements polymétalliques au-dessous de -2100 m ; ceux-ci sont peu épais ou réduits à un mince enduit. Entre -2100 m et -1500 m environ, les dépôts Fe-Mn, quoique ubiquistes sur les surfaces dures, restent modestes. Ils ne commencent à avoir quelque importance qu'en deçà de cette profondeur. Ils donnent alors à la microtopographie un aspect empâté. Les surfaces subverticales sont caractérisées par des figures assez systématiquement rencontrées au cours des différentes plongées : "trottoirs" centimétriques, nombreuses "microconsoles" plurimillimétriques, subhorizontales, sur toutes les surfaces verticales ou subverticales.

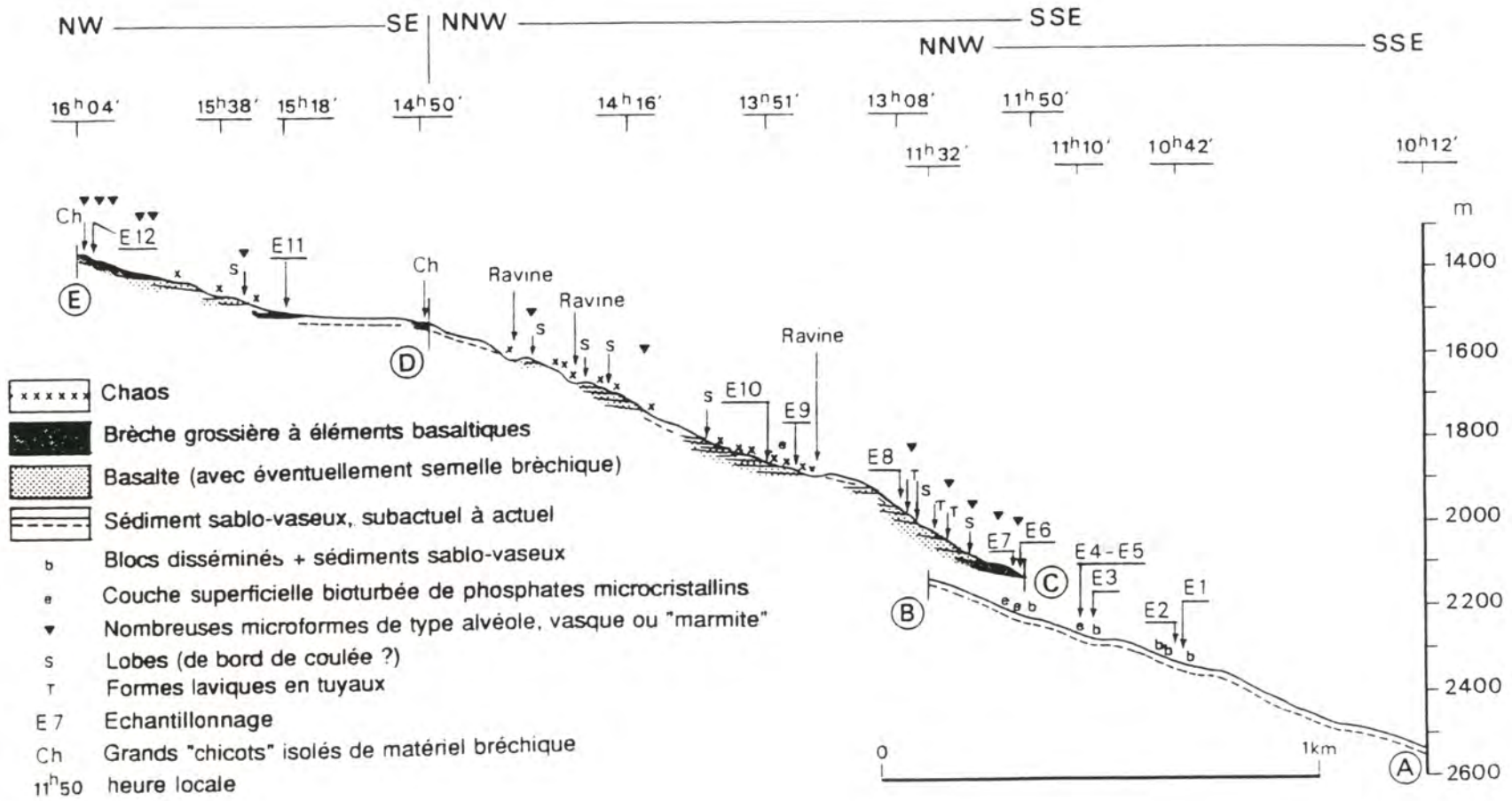
Si les fonds sédimentaires, sables organogènes sont dominants au-dessous de -2100 m environ, les basaltes constituent l'essentiel des affleurements entre cette profondeur et -1400 m. Ce substrat volcanique est soit massif, soit d'aspect conglomératique à éléments généralement de grande ou très grande taille, certains sont plurimétriques. Les coulées volcaniques et le matériel d'aspect conglomératique ont une disposition subhorizontale. Les coulées basaltiques ne montrent aucun indice de prismation ni de mise en place subaquatique (pas de coussin). En revanche, les tombants montrent fréquemment des grandes formes convolutées ou lobées correspondant probablement à des structures de bordure de coulée. De -1400 m à -1345 m, les fonds examinés correspondent à une brèche volcanique très encroûtée. Des vasques, trous et "microdolines" apparaissent à partir de -2100 m sur toutes les surfaces peu pentues et deviennent de plus en plus nombreuses vers le sommet de la coupe. Elles évoquent un microrelief de dissolution et, dans une certaine mesure, rappelle un peu un microkarst ; la karstification peut affecter toutes les roches dures homogènes, même non calcaires. Il s'agit d'un problème d'importance si l'on considère les profondeurs auxquelles ces formes ont été observées. En ce qui concerne les encroûtements, il est possible qu'il existe une corrélation entre leur développement et l'existence de courants de fond, lesquels ne sont présents que dans la partie haute du relief examiné (mais en a-t-il toujours été ainsi ?).

La faible colonisation des substrats rocheux par les faunes fixées d'hydrozoaires, gorgonaires et serpules au-dessous de -1500 m, ainsi que l'aspect "maladif" d'une partie de cette faune résulte peut-être, pour partie, de la même cause. Toutefois, la productivité planctonique en surface - qui a certainement une influence tant sur la vie benthique que sur les phénomènes d'encroûtement - est également un élément à considérer.



Trajet de la plongée EN20 sur le rebord oriental du Mont Nadir ; les différents prélèvements effectués sont localisés. A, B, C, D, E indiquent les différents tronçons de la coupe synthétique.

Coupe synthétique des différent tronçons de la plongée EN20 avec localisation des différents prélèvements.



EN 20

Conclusion

LA MARGE CONTINENTALE DE CÔTE-D'IVOIRE - GHĀNA

Le long de la pente de Côte-d'Ivoire - Ghāna, les quatorze plongées (réalisées entre 4905 et 2200 m) ont permis d'observer une distance totale de 75 km. Des coupes géologiques détaillées ont été levées dans quatre secteurs : quatre dans le secteur le plus oriental (EN 7-10, EN 11), trois dans le segment central (EN 4-6), cinq dans le segment occidental (EN 7-10, EN 12), deux à l'extrémité la plus occidentale (EN 13-14). 165 échantillons, pour la plupart orientés, ont été prélevés.

LITHOLOGIE DE LA COUVERTURE SEDIMENTAIRE

Les échantillons prélevés au cours des plongées EN 1 à 13 sont tous de nature détritique et confirment la nature sédimentaire de la pente méridionale de la Ride de Côte-d'Ivoire - Ghāna. Ces échantillons correspondent à des grès fins à grossiers, gris à ocre, mal cimentés à très indurés, des siltstones gris à verdâtre et des pélites noires, présentant de nombreuses figures d'instabilité gravitaire ("slumps", microplis disharmoniques et microfailles hydroplastiques). Les échantillons de la plongée EN 14, à l'extrémité du bassin ivoirien profond, correspondent à des marnes de couleur ocre à blanche.

Les observations ont été réalisées vraisemblablement dans la même formation gréso-argileuse. Des barres massives d'épaisseur décamétrique, de grès feldspathiques fins à grossiers de couleur jaune verdâtre, à litage oblique en auge, alternent avec des niveaux silto-argileux micacés gris, vert à ocre, bioturbés, à litage arqué et caractérisés par des laminations planes, lenticulaires et onduleuses. Ces particularités permettent d'attribuer ces niveaux détritiques à un milieu de sédimentation marin et peu profond, de type deltaïque. Certains échantillons silteux à fines laminations planes pourraient être d'origine lacustre. Ces sédiments, attribués à une série syn-rift d'âge crétacé inférieur présentent des analogies avec les niveaux argilo-gréseux de la formation albienne d'Asu River du bassin de la Basse-Bénoué (Nigéria) et avec les dépôts de la formation de Pendência, d'âge crétacé inférieur, du bassin de Potiguar (Brésil).

Localement, à la base de la pente continentale, des niveaux gréseux recristallisés correspondent à des quartzites fins, alors que des niveaux argileux sont schistosés. Les premières observations microscopiques sur échantillons schistosés mettent en évidence des recristallisations de phyllosilicates parallèlement à la stratification ou à la schistosité. Ces transformations semblent d'origine métamorphique et sont similaires à des transformations observées dans des sédiments albiens de Basse-Bénoué (Nigéria).

Certaines plongées profondes (EN 10) ont mis en évidence des dépôts très indurés d'argiles schisteuses noires et de quartzites fines évoquant certains faciès du Voltaïen inférieur affleurant le long de la bordure africaine. Ces observations posent le problème de la nature de la base de la série sédimentaire qui pourrait correspondre à un matériel métamorphique crétacé inférieur ou protérozoïque.

STRUCTURE DE LA COUVERTURE SEDIMENTAIRE

Les bancs sont généralement basculés au S-SE. Les affleurements étudiés sont caractérisés par une importante fracturation cassante et plus rarement par une déformation souple.

Les fractures et les plis - La fracturation la plus spectaculaire est représentée par des systèmes de diaclases à maille large dans les barres de grès et à maille plus serrée dans les niveaux silteux qui localement s'expriment par une schistosité de fracture. Les diaclases se regroupent selon quatre systèmes principaux d'orientation N 140-150, N 90-110, N 0-20 et N 30-60. Des microplis droits ouverts à légèrement déversés, d'axe N-S à N 60, ont été observés ; d'autres plis d'échelle plurimétrique ont été reconnus.

Les zones de déformation associées aux failles - La base de la série est faiblement déformée, alors que le sommet de la pente est affecté par d'importantes zones de déformation cassante - brèches de faille, schistosité de fracture - et souple : microplis à axe plongeant. Ces zones de déformation alternent avec des secteurs à déformation modérée et correspondent vraisemblablement à des champs de failles N 50-60 (plongées EN 1-4-5-6 et 13). Une première analyse quantitative montre que les microstructures observées sont cohérentes avec un jeu décrochant N 60° dextre. Certaines microstructures sont interprétées comme des microplis d'entraînement, associés à des zones décrochantes N 60 dextres. Ces observations sont en accord avec les résultats antérieurs définissant le sommet de la pente comme une zone principale de cisaillement N 60.

Les interprétations préliminaires des données recueillies lors de la campagne *EQUANAUTE* le long de la marge de Côte-d'Ivoire - Ghāna indiquent que :

- la ride de Côte-d'Ivoire - Ghāna correspond à un prisme sédimentaire déformé, caractérisé par une importante accumulation de sédiments détritiques d'origine deltaïque, probablement métamorphiques à la base ;

- le matériel sédimentaire a été soumis à des déformations importantes (diaclasses, failles, plis et schistosité) : de la base au sommet de la pente s'observe une augmentation importante de l'intensité de la déformation, explicable par la présence, en haut de pente, d'une zone principale de contact décrochant ;

- les caractéristiques structurales des déformations, ainsi que l'âge crétacé inférieur présumé du matériel de la ride, s'intègrent de façon cohérente dans une dynamique décrochante dextre N 60 caractérisant le début de formation de la marge transformante de Côte-d'Ivoire - Ghāna lors des premiers stades d'ouverture de l'Atlantique Equatorial par mouvement général coulissant Afrique-Brésil.

LA ZONE DE FRACTURE DE LA ROMANCHE

Les deux plongées réalisées de part et d'autre du relief "Romanche" ont, l'une et l'autre, confirmé la présence in situ de métasédiments dérivés d'un socle continental à l'affleurement en plein domaine de croûte océanique.

De plus la plongée EN17 a permis d'observer et de prélever un soubassement magmatique constitué de dolérites. Ces dernières offrent une succession intéressante puisqu'elles permettent d'observer de -4280 m à -4120 m une succession caractérisée par un matériel très altéré, des roches relativement fraîches

et peu déformées, enfin des dolérites très mylonitisées à proximité du contact avec les métasédiments. Une analyse de la géochimie de ces laves devraient permettre de connaître leur origine (océanique / continentale) et ainsi de savoir si la mylonite échantillonnée correspond, ou non, à l'accident principal qui a facilité le transport tectonique des métasédiments sur un socle magmatique.

LE VOLCAN NADIR (MARGE CONTINENTALE DE LA GUINEE)

Les trois plongées effectuées sur les pentes de ce massif volcanique ont fourni de nombreuses informations concernant à la fois sa nature pétrologique (et sa dynamique) et les conditions de sédimentation particulières régnant sur ce secteur de la marge.

Le volcan est constitué d'une succession d'affleurements de brèches volcaniques, surtout abondantes en base d'édifice, et de coulées massives de laves alcalines avec quelques débits prismatiques frustes. Il est composite d'affinité alcaline sous saturée en silice.

Les fonds sédimentaires (sables organogènes) sont dominants au-dessous de -2100 m environ, les roches basaltiques constituent l'essentiel des affleurements entre cette profondeur et -1400 m. Le substrat volcanique est soit massif, soit d'aspect conglomératique avec des éléments généralement de grande ou très grande taille (certains sont plurimétriques). Coulées volcaniques et matériel conglomératique ont une disposition subhorizontale et les coulées ne montrent aucun indice de mise en place sous-marine. En revanche, lors de la plongée EN20, les tombants offrent fréquemment de grandes formes convolutées et lobées correspondant vraisemblablement à des structures de bordure de coulée. De -1400 m à -1345 m, à la fin de cette plongée, les fonds correspondent à des brèches volcaniques très encroûtées. Des vasques, trous et "microdolines" s'observent à partir de -2100 m sur toutes les surfaces peu pentées et deviennent de plus en plus nombreux vers le sommet. Ces formes évoquent un microrelief de dissolution et, dans une certaine mesure, rappelle un microkarst.

Durant la fin de la plongée EN19, au-dessus de 1400 m, profondeur à partir de laquelle les pentes s'adouissent considérablement, ont été prélevées des formations sédimentaires à morphologie en dalles, qui constituent des placages conformes à la pente. Ces formations correspondent à des calcaires organogènes à débris de coquilles et nombreuses perforations. Ces dépôts évoquent de très près un sédiment peu profond, daté du Quaternaire, prélevé par carottage en 1988 au sommet du volcan.

Bibliographie

Ouvrages généraux et thèses

- BASILE C., - 1990. Analyse structurale et modélisation analogique d'une marge transformante : l'exemple de la marge profonde de Côte-d'Ivoire - Ghāna. Thèse de Doctorat de l'Université Pierre et Marie Curie, 205 p.
- BLAREZ E., 1986. La marge continentale de Côte d'Ivoire - Ghāna : structure et évolution d'une marge transformante. Thèse, Université Pierre et Marie Curie, Paris, 188 pp.
- BLAREZ E. & MASCLE J. Eds., 1986. La campagne Equamarge I : les marges transformantes ivoiro-ghānienne et sud-guinéenne. Campagnes Océanographique Françaises n° 3 - Publ. IFREMER, 292 p.
- MARINHO M.O., 1985. Le plateau marginal de Guinée - transition entre Atlantique central et Atlantique équatorial. Thèse 3ème Cycle, Université Pierre et Marie Curie, Paris, 183 pp.
- MASCLE J., 1976. Le golfe de Guinée : un exemple d'évolution de marges atlantiques en cisaillement. *Mém. Soc. Géol. Fr.*, Nouv. Sér., L.V., 128 : 104 pp.
- MASCLE J. et AUROUX C., - 1989. Les marges continentales transformantes ouest-africaines. Guinée, Côte d'Ivoire, Ghāna et la zone de fracture de la Manche. Campagne Equamarge II. Campagnes Océanographiques françaises, n°8, IFREMER.

La marge continentale de Côte-d'Ivoire - Ghāna

- ARENS G., DELTEIL J.R., VALERY P., DAMOTTE B., MONTADERT L. & PATRIAT P., 1971. The continental margin of the Ivory Coast and Ghana. In : F.M. Delany (Editor), The geology of the East Atlantic Continental Margin. Vol. 4, Africa. *Inst. Geol. Sci.*, London, Rep. 70/16, 61-78.
- BASILE C., MASCLE J., AUROUX C., BOUILLIN J.P., MASCLE G., GONCALVES DE SOUZA K. et le Groupe EQUAMARGE, - 1989, Une marge transformante type, la marge continentale de Côte-d'Ivoire - Ghāna : résultats préliminaires de la campagne Equamarge II, mars 1988. *C. R. Acad. Sci. Paris*, II, 308 : 997-1004.
- BASILE C., BRUN J.P. & MASCLE J., 1992. Structure et formation de la marge transformante de Côte-d'Ivoire - Ghāna : apports de la sismique réflexion et de la modélisation analogique. *Bull. Soc. Géol. France*, 163, N°3, 207-216.
- BASILE C., MASCLE J., POPOFF M., BOUILLIN J. P. & MASCLE G., 1993. The Ivory Coast-Ghāna transform margin : a marginal ridge structure deduced from seismic data. *Tectonophysics.*, 222, 1-19.
- BLAREZ E. & MASCLE J., 1988. Shallow structure and evolution of the Ivory Coast and Ghāna transform margin. *Mar. Pet. Geol.*, 5 : 54-64.
- BLAREZ E., MASCLE J., AFFATON P., ROBERT Ch., HERPIN J.P. & MASCLE G., 1987. Géologie de la pente continentale ivoiro-ghānienne. Résultats de la campagne Equamarge. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 8 t. III, n° 5, 877-885.
- DELTEIL J.R., VALERY P., MONTADERT L., FONFEUR C., PATRIAT P. & MASCLE J., 1974. Continental margin in the northern part of the Gulf of Guinea. In : C.A. Burk and C.L. Drake (Editors), *Geology of Continental Margins*. Springer, New York, 297-311.
- EMERY K.O., UCHUPI E., PHILIPPS J., BOWING C. & MASCLE J., 1975. Continental margin of western Africa : Angola to Sierra Leone. *Am. Assoc. Pet. Geol. Bull.*, 59 : 2209-2265.
- Le PICHON X. & FOX P.J., 1971. Marginal offsets, fracture zones and the early opening of the North Atlantic. *J. Geophys. Res.*, 76 : 6294-6308.
- Le PICHON X. & HAYES D.E., 1971. Marginal offsets, fracture zones and the early opening of the South Atlantic. *J. Geophys. Res.*, Washington, 76 : 6283-6293.

- MASCLE J. & BLAREZ E., 1987. Evidence for transform margin evolution from the Ivory Coast - Ghana continental margin. *Nature*, 326, 378-381.
- MASCLE J., BLAREZ E. & MARINHO M., 1988. The shallow structures of the Guinea and Ivory Coast - Ghana transform margins : their bearing on the Equatorial Atlantic Mesozoic evolution. *Tectonophysics*, 155, 193-209.
- MASCLE J., GUIRAUD M., BASILE Ch, BENKHELIL J., BOUILLIN J. P., COUSIN M. & MASCLE G., 1993. La marge transformante de Côte-d'Ivoire - Ghāna : premiers résultats de la campagne Equanaute (juin 1992). *C. R. Acad. Sci. Paris*, t. 316, Série II, 1255-1261.
- PONTOISE B., BONVALOT S., MASCLE J. et BASILE C., - 1990. Structure crustale de la marge transformante de Côte-d'Ivoire - Ghāna déduite des observations de gravimétrie en mer. *C. R. Acad. Sci. Paris*, II, 310:527-534.
- POPOFF M., RAILLARD S., MASCLE J., AUROUX C., BASILE C. et Groupe EQUAMARGE II (Mars 88), - 1989. Analyse d'un segment de la marge transformante du Ghāna : résultats de la campagne Equamarge II (Mars 1988). *C. R. Acad. Sci. Paris*, II, 309 : 481-487.
- RABINOWITZ P.D. & LABRECQUE J.L., 1979. The Mesozoic Atlantic Ocean and evolution of its continental margins. *J. Geophys. Res.*, 84 : 5973-6002.
- SIBUET J.C. & MASCLE J., 1978. Plate kinematics implications of Atlantic equatorial fracture zone trends. *J. Geophys. Res.*, Washington, 83 : 3401-3421.
- UCHUPI E., EMERY K.O., BOWIN C.O. & PHILIPPS J.D., 1976. Continental margin off Western Africa : Senegal to Portugal. *Am. Assoc. Pet. Geol. Bull.*, 60 : 809-879.
- La zone de fracture de la Manche**
- BONATTI E., HONNOREZ J. & FERRARA G., 1971. Peridotite-Gabbro-Basalt complex from the Equatorial Mid Atlantic Ridge. *Phil. Trans. Roy. Soc. London*, A, 268, 385-402.
- BONATTI E., HONNOREZ-GUERSTEIN M.B., HONNOREZ J. & STERN C., 1976. Hydrothermal pyrite concretions from the Romanche trench (Equatorial Atlantic) : metallogenesis in oceanic fracture zones. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 32, 1-10.
- BONATTI E., SARNTHEIN M., BOERSMA A., GORINI M. & HONNOREZ J., 1979. Neogene crustal emersion and subsidence at the Romanche fracture Zone Equatorial Atlantic. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 35, 369-383.
- BONTE P., LABEYRIE L.D., DUDLEY W.C., BLANC P.L., BERTHOIS L., HEKINIAN R. & DUPLESSY J.C., 1982. Morphology and tectonics of the Romanche fault : high resolution mapping and precision sampling of the northern slope. *Oceanologica Acta*, 5, 235-240.
- CHERMAK A., 1979. A structural study of the Romanche Fracture Zone based on geophysical data. Ms. Thesis, University of Miami.
- HEEZEN B.C., BUNCE E.T., HERSEY J.B. & THARP M., 1964. Chain and Romanche Fracture Zones. *Deep-Sea Res.*, 11, 30-33.
- HONNORE J., MASCLE J., BASILE Ch., TRICART P., VILLENEUVE M. & BERTRAND H., 1991. Mapping of a segment of the Romanche Fracture Zone : a morphostructural analysis of a major transform fault of the equatorial Atlantic Ocean. *Geology*, v. 19, 795-798.
- HONNOREZ J., VILLENEUVE M. & MASCLE J., sous presse. Old continent-derived metasedimentary rocks in the Equatorial Atlantic : an acoustic basement outcrop along the fossil trace of the Romanche transform fault at 6°30'W. *Marine Geology*.
- MELSON W.G. & THOMPSON G., 1970. Layered basic complex in Oceanic crust, Romanche fracture, Equatorial Atlantic Ocean. *Science*, 168, 817-820.

TRICART P., MASCLE J., HONNOREZ J., BASILE C., VILLENEUVE M. & BERTRAND H., 1989. Etude morphostructurale de la Zone de Fracture de la Romanche entre 17 et 18° W : premiers résultats de la campagne Equamarge II. *C.R. Acad. Sci. Paris*, 309, II, 1797-1802.

La marge continentale de Guinée

BENKHELIL J., MASCLE J., VILLENEUVE M., TRICART P., AUROUX C., BASILE C., CIAIS G. et le Groupe EQUAMARGE, - 1989. La marge transformante sud-guinéenne : premiers résultats de la campagne Equamarge II (février 1988). *C. R. Acad. Sci. Paris*, II, 308 : 655-661.

BERTRAND H., MASCLE J., VILLENEUVE M., ROBERT C., COUSIN M. et le Groupe EQUAMARGE, - 1989, Le volcanisme de la marge sud guinéenne, implications pour l'ouverture de l'Atlantique équatorial : résultats de la campagne Equamarge II. *C. R. Acad. Sci. Paris*, II, 309 : 1703-1708.

BERTRAND H., FERAUD G. & MASCLE J., sous presse. Huge alkaline volcano of Paleocene age on the Southern Guinean margin : mapping, petrology, 40Ar-39Ar laser probe dating, and bearing on the eastern central atlantic evolution. *Marine Geology*.

BONVALOT S., PONTOISE B. et MASCLE J., - 1989. Structure profonde de la marge continentale Sud-guinéenne : apport des données gravimétriques. *C. R. Acad. Sci. Paris*, II, t.309, p.1915-1922.

COUSIN M., MASCLE J., MOULLADE M., BERTRAND H. & el MOUICHINI A., 1993. Enregistrement sédimentaire d'un épisode d'approfondissement brutal de la marge sud-guinéenne au Quaternaire récent. *Marine Geology*, 114, 000-000.

KLITGORD K.D. & SCHOUTEN H., 1986. Plate kinematics of the Central Atlantic. In : P.R. Vogt and E. Tucholke (Editors), *The geology of north American. Vol. M, The Western Atlantic Regions.* (A. Decade of North American geology.) *Geol. Soc. Am. Boulder, Colo.* 351-377.

MARINHO M., MASCLE J., MOULLADE M., ROBERT Ch., SAINT MARC P. & Le Groupe Equamarge, 1984. Biostratigraphie de la marge guinéenne : résultats préliminaires de la campagne Equamarge. *I. Géol. Médit.*, 11 (1), 59-65.

MASCLE J., MARINHO M. & WANNESON J., 1986. The structure of the Guinean continental margin : implications for the connection between the Central and the South Atlantic oceans. *Geol. Ruddsch.*, 75 (1), 57-70.

MOULLADE M., MASCLE J., BENKHELIL J., COUSIN M. & TRICART P., 1993. Occurrence of marine Mid-Cretaceous sediments along the Guinean slope (Equamarge II cruise) : their significance for the evolution of the central atlantic african margin. *Marine Geology*, 110, 63-72.

ROSSI S., WESTALL F. and MASCLE J., 1992. The geomorphology of the SW Guinea Margin : tectonic, volcanic, mass movement and bottom current influences. *Marine Geology*, 105, 225-240.

TRICART P., MASCLE J., BASILE C., BENKHELIL J., CIAIS G. et VILLENEUVE M., - 1991, La tectonique d'inversion médio-crétacée de la marge sud-guinéenne (campagne EQUAMARGE II) *Bull. Soc. Géol. France*, (8), 162(1) : 91-99.

WESTALL F., ROSSI S. and MASCLE J., 1993. Current-controlled sedimentation in the equatorial atlantic : examples from the southern margin of the Guinea Plateau and the Romanche Fracture Zone. *Sedimentary geology*, 82, p. 157-171.

Description succincte des échantillons

-:-:-:-:-

Prélèvements plongée EN 1

* EN 1-1 - (Profondeur : - 3985 m)

Bloc à l'origine entier de 20 cm, éclaté lors du prélèvement en une dizaine de blocs centimétriques à décimétriques.
Echantillon gris vert recouvert d'encroûtements, faune fixée (hydrozoaires, serpules).
Fragments de surfaces lustrées avec deux litages (dont une schistosité ?). Cassures losangiques et brillantes. Faciès marno-pélicite très fin. Schistosité assez fruste. Strati assez fruste avec lamines se recoupant (mégariople ?)
1A : bloc décimétrique ayant une stratification de type laminé (échantillon à indurer).
1 échantillon coupé : section d'aspect bréchique.

* EN 1-2 - (Profondeur : - 3818 m)

6 blocs centimétriques à décimétriques.
Grès fins massifs, anguleux, à grosses muscovites de 3 mm. Présence de petits filonnets.
2A : jaune verdâtre, grain fin inférieur à 1 mm, litage courbe apparent (lamines millimétriques), assez friable, micas blancs, quartz sub-arrondis translucide.
2B : deux paquets, massif, verdâtre, petits micas blancs, quelques quartz + feldspaths ?, micas emboutis.
2C : deux petits paquets, silt sombre emballant des grains de quartz, surface de l'échantillon cannelée, assez lustrée (stries et écailles).
2D : grès grossier avec gros micas verdâtres, patine noire, laminations visibles.
2E : grès massif fin à feldspath, patine.
2F : encroûtement courbe, épaisseur 1 cm.

* EN 1-3 - (Profondeur : - 3288 m)

11 échantillons centimétriques à décimétriques.
Pélicites fines à petits micas, schistosité pénétrative.
3A : 1 échantillon : charnière de pli disharmonique à charnière épaissie. Schistosité plan axial.
3B : 5 échantillons dont 2 encroûtés : grès à quartz, micas, feldspaths. Echantillons proches de ceux prélevés en EN 1-2.
3C : 5 échantillons : pélicites ou grès fins. Schistosité oblique par rapport à la stratification.

* EN 1-4 - (Profondeur : - ? m)

8 échantillons centimétriques à décimétriques.
Echantillons tendres à patine noire, cassure conchoïdale, débit en boule. 1 échantillon coupé : pélicites à laminations planes millimétriques.

* EN 1-5 - (Profondeur : - 3706 m)

1 bloc losangique 20 x 35 cm.
Grès moyen hétérogranulaire. Sur la face nord (engagée), plan de faille vertical avec cannelures également verticales.
Face sud : stries ? horizontales.

* EN 1-6 - (Profondeur : - 3658 m)

3 échantillons.
6A : pélicite grise, indurée à schistosité pénétrative. Minéraux sombres, en aiguilles dans les plans de schistosité, plus quelques micas et de très rares quartz. Echantillon coupé.
6B : 2 échantillons : grès fins encroûtés sur 1 face, cassure conchoïdale.

* EN 1-7 - (Profondeur : - 3649 m)

1 échantillon plus 1 fragment.
Pélicites micacées, schistosité oblique par rapport au plan de stratification et fracturation oblique par rapport au plan de schistosité.

* EN 1-8 - (Profondeur : - 3589 m)

1 bloc losangique (20 x 25 cm) + fragments. grès moyen à débit en boule, prélevé au pied d'un banc de grès.
Echantillon coupé : diffusion d'altération vers le centre du bloc.

* EN 1-9 - (Profondeur : - 3392 m)

1 bloc cassé 40 x 20 cm. Grès très fin, brun jaunâtre, encroûté sur toutes ses faces. Plusieurs filonnets, stratification oblique entrecroisée, stries fines sur la face cassée.

Prélèvements plongée EN 2

* EN 2-2 - (Profondeur : - 3100 ? m)

1 bloc ovale arrondi 15 x 10 cm + 2 fragments d'encroûtements (1 cm) d'aspect grumuleux. Serpules et coraux.
Cassure : grès sombre très grossier, hétérogène à éléments jaunes > 1 mm.
Coupé : lamines, fentes en dièdre, faille avec décalage de marqueur.

* EN 2-3 - (Profondeur : - 3028 m)

1 bloc quadrangulaire 30x20x20 cm + fragments à faces planes. Encroûtements discontinus de 4-5 mm d'épaisseur (corail sur encroûtement).
Grès fin peu consolidé de couleur jaune ocre quartzeux hétérogranulaire, présence de minéraux noirs, matrice argileuse.
Fractures en éventail, sur 1 face arrachement (à voir sur coupe) stries perpendiculaires aux lunules d'arrachement ou linéation correspondant aux laminations. 1 fracture remplie de produit blanc d'épaisseur mm. Echantillon coupé : filonnets et fractures.

* EN 2-4 et 5 - (Profondeur : - 2949 m)

10 échantillons cm à dcm + nombreux fragments.

4A : 3 encroûtements.

4B : 7 x 5 cm, débit en dalles, limites de surfaces planes correspondant aux lamines (matrice marno-calcaire) ; silt jaune verdâtre finement laminé avec matrice marno-calcaire, lamines obliques inframillimétriques avec des alternances de lits sombres et clairs.

1 échantillon silteux à schistosité frustrée peu pénétrative (angle faible S1/SO).

* EN 2-6 et 7 - (Profondeur : - 2949 m)

Même échantillon cassé en deux, de forme rhomboédrique. Le bloc reconstitué : 18 x 13 x 30 cm est délimité par deux plans parallèles + 2 plans.

Perpendiculaires à la strati. (pentés à 30°) + 3ème plan oblique.

Encroûtement 2-3 mm, cassure ocre jaune verdâtre.

La surface de rupture entre les deux échantillons est gauche, 1 surface entière correspond à un plan de faille avec stries et cannelures "subverticales".

Grès friable fin bien trié ressemble au EN 2-3, homogène (pas de granoclassement), sans lamination visible (banc 15 cm).

* EN 2-8 - (Profondeur : - 2878 m)

3 échantillons dcm à cm + fragments.

Grès jaune ocre fin, hétérogranulaire, très friable partiellement encroûté (2-3 mm). Aspect massif. Légère matrice carbonatée (effervescence).

Éléments anguleux quartz + micas + quelques muscovites et éléments noirs.

Présence de lamines sur 1 échantillon en coupelle. Fractures + 1 fracture perpendiculaire indurée.

* EN 2-9 - (Profondeur : - 2881 m)

2 échantillons + fragments de grès bioturbé.

Grès très friable de couleur ocre jaune (idem échantillon 2-8), encroûtement d'épaisseur dcm. Les éléments de quartz sont bien roulés + éléments noirs.

* EN 2-10 - (Profondeur : - 2879 m)

7 échantillons + fragments.

Grès quartzeux jaune verdâtre mal induré très friable, relativement fin moyennement trié + gros échantillon 10 x 10 x 6 avec 1,6 cm d'encroûtement sur 1 seule face avec 1 débit (diaclyse).

Les éléments de Qz sont arrondis (quelques faces planes) + éléments noirs, effervescence à l'acide ?

* EN 2-11 - (Profondeur : - 2850 m)

1 échantillon correspondant à 1 bloc aplati et arrondi 45 x 30 cm, encroûté sur 1 cm. 1 face grumuleuse et 1 face lisse. Organismes fixés (corail + serpules). Grès grossier à grain millimétrique mal calibré, mal cimenté et de couleur jaunâtre. Les éléments quartzeux sont subarrondis et roulés < 2 mm, minéraux noirs et rouges (grenat ou hématite ?). Foraminifères.

Prélèvements plongée EN 3

* EN 3-1 - (Profondeur : - 3694 m)

1 bloc pyramidal 15 cm d'arête entièrement recouvert d'une patine noire et avec encroûtement sur deux faces (1 cm) d'aspect grumuleux. Une face parallèle à la SO. Grès fin gris-verdâtre à fines laminations discrètes mais révélées par des différences granulométriques atteignant le mm. La matrice est sans doute argileuse. Auréoles d'altération, terriers +/- perpendiculaires aux laminations.

* EN 3-2 - (Profondeur : - 3662 m)

1 bloc parallélépipédique : deux faces déterminant une épaisseur de 8-9 cm. Enduit d'une patine noirâtre sauf sur une face qui est encroûtée. Ce bloc correspond à un morceau de banc, à sommet plan et base à boursoufflures allongées correspondant à des figures de charge : moulage en forme de cannelures. Laminations planes moins bien litées à la base. Grès gris-verdâtre fin à moyen +/- feldspathique, à pic stylolitique perpendiculaire aux faces SO.

* EN 3-3 - (Profondeur : - 3621 m)

3 petits blocs (5 x 4 cm) dont deux anguleux, l'autre arrondi, patine sur toutes les faces sauf une. 1 bloc tendre pélitique, très micacé, arrondi environ 5 cm, pélite gris-foncé peu encroûtée à lamines très fines. Pas d'effervescence. Lamines granoclassées, feldspathique, quelques lamines obliques.

* EN 3-4 - (Profondeur : - 3425 m)

1 gros bloc environ 40 cm allongé, 1 plan concave courbe. Patine noire, encroûtement, pied de corail. Face lustrée, forme sigmoïde, faces courbes à cannelures. Grès jaune ocre argileux fin recoupé par nombreuses veines de manganèse. Pas de lamines. Gros mica blanc.

* EN 3-5 - (Profondeur : - 3178 m)

12 petits blocs anguleux de taille dcm à cm. Patine noirâtre, pas d'encroûtement. Pélite gris-vert à traces ferrugineuses très micacée à fines lamines parallèles aux surfaces du bloc : terriers. Lenticular bedding ? On observe deux débits : une S1 fruste pas visible partout. Petite effervescence à l'acide.

* EN 3-6 - (Profondeur : - 3124 m)

3 blocs de taille dcm et 7 débris de taille cm. 1 gros échantillon à encroûtement moultant. 1 échantillon légèrement courbe épaisseur 1 cm, perforé par lithophage, enduit noir, débit fin S1 perpendiculaire aux faces. Silt brun peut-être micacé. Forte linéation d'intersection sur les faces. Le 3ème bloc plus massif environ arrondi, à trou de lithophage, enduit noir est un grès fin micacé de teinte grise avec un débit en pelure d'oignon.

* EN 3-7 et 8 - (Profondeur : - 3096 et -3089 m)

5 blocs, 4 dcm et 1 cm. Un bloc de forme parallélépipédique délimité par le SO. 1 plan strié avec deux générations de stries : une cannelée, l'autre plus tardive avec de fines stries sur enduits argileux. Linéation très marquée par les minéraux de manganèse (mimétisme de strie). Cassure gris-vert à lamines plan de taille mm. Traces de piste. S1 fracture fruste. Rapport angulaire variable de 20 à 70° entre S1 et SO.

* EN 3-9 - (Profondeur : - 3080 m)

1 bloc de 18 x 9 cm à encroûtement noirâtre partout sauf sur une face d'arrachement.
Grès gris-jaune, moyen isométrique à grain de quartz arrondis, minéraux noirs, feldspaths, mica blancs. Texture homogène pas de lamines.

* EN 3-10 - (Profondeur : - 3019 m)

1 bloc de 50 x 20 cm.
2 faces planes correspondant à SO à patine et encroûtement sur les 3/4 de la surface. Serpule.
Grès fin micacé, feldspathique un peu argileux à grandes lamines obliques, ripple marks ? Sur SO, surface de réactivation ? Petits terriers.

Prélèvements plongée EN 4

* EN 4-1 - (Profondeur : - 3401 m)

Un bloc quadratique 20 x 15 cm, cassé en deux suivant la stratification, plus 3 fragments.
Patine noire (1-2 mm) et tubes de serpules sur une face. Dans le plan de cassure paillettes de micas blanc à plat.
Grès gris, fin, quartzique, psammitique.
Filons perpendiculaires à la stratification. Deux filons assez larges, parallèles, à remplissage de silice au centre et de calcite à la périphérie. Trois autres filons (dont deux parallèles entre eux) plus fins. Les deux couples de filons forment un système conjugué. Traces possibles de végétaux.

* EN 4-2 - (Profondeur : - 2852 m)

Une plaque 10 x 50 x 40 à bords arrondis, un bloc 20 x 10 aux bords arrondis, cinq fragments et un fragment plus grossier qui se replace sur la plaque.
La grande plaque à une patine gris sombre, peu d'encroûtement. Une face est plane face inférieure (?) avec des traces de pistes (?) et un organisme fixé, l'autre face est plus irrégulière avec des traces de serpules et des terriers forés sur un côté.
Cassure gris jaune. Plantes flottées (bois et feuilles ?). Schistosité. Ostracodes ? Pélite très finement laminée avec passées silteuses. Diaclases perpendiculaires à la stratification.

* EN 4-3 - (Profondeur : - 2682 m)

Un bloc décimétrique et fragments.
Grès feldspathique grossier, mal trié. Nombreux micas. Cassure jaune ocre. Schistosité ? ou lamines ? Diaclases.

* EN 4-4 - (Profondeur : - 2652 m)

Nombreux fragments décimétriques à centimétriques, en plaques de 2 à 3 cm d'épaisseur.
Grès très fin, à fines lamines parallèles. Nombreux petits micas. Schistosité frustre.

* EN 4-5 - (Profondeur : - 2638 m)

Un bloc prismatique 25 x 15 x 8 cm.
Bloc anguleux, à patine et serpules sur toutes ses faces. Une face est bosselée et cannelée. Cassure brun jaune.
Grès grossier mal classé (hétérogranulaire) à éléments subanguleux. Quartz, feldspaths altérés, nombreux micas, lithoclastes, bois flottés, matrice silteuse jaune. La stratification correspond aux faces planes.

* EN 4-6 - (Profondeur : - 2579 m)

4 morceaux décimétriques et 5 centimétriques.
6A : 3 fragments de grès grossiers jaunes, hétérométriques, à quartz et micas.
6B : galet allongé (5-6 cm) de type silt, emballé dans une matrice silteuse à lits plus grossiers, identique aux échantillons 6A.
Schistosité de flux, pénétrative.
Le contact nodule matrice correspond à une surface cannelée et striée.

* EN 4-7 - (Profondeur : - 2464 m)

Un bloc prismatique 35 x 20 x 12 cm.
Trois faces encroûtées (1 à 5 mm), limitées par des faces orientées à 60 ou 120° les unes par rapport aux autres.
Base (?) très plane, non encroûtée. Strati plane, parallèle à cette base. Côté ocre orangé.
Très fin, silt à pélite. Cassure grise conchoïdale. Schistosité très fine, de flanc inverse ?
Echantillon coupé : très fines laminations en soucoupe avec alternance de couleurs claires et foncées.

* EN 4-8 - (Profondeur : - 2407 m)

Un bloc quadratique 15 x 20 x 15 cm, en fuseau d'un côté et avec des faces plus planes de l'autre, cassé en quatre morceaux jointifs.

Patine, localement encroûté.

Sur la face encroûtée nombreux terriers et perforations actuels.

Grès très fin (pélite), jaunâtre, mal induré.

Quelques micas blancs.

Débit en pelure d'oignon, avec stries sur la surface pelée. Schistosité contenant l'axe de symétrie de la courbure d'oignon, et dont l'intersection avec la surface pelée peu correspondre aux stries observées. Tête de pli ?

Grès à matrice silteuse ocre jaune à très petits quartz, micas et minéraux noirs.

* EN 4-9 - (Profondeur : - 2405 m)

Un très gros bloc quadratique de 25 kg, 60 x 40 cm, cassé en quatre sur le pont.

Grès grossier, jaunâtre, mal classé.

Gros quartz, feldspath altérés, gros micas blancs, matrice silteuse, éléments noirs, débris ligneux, ostracodes (?).

Très altéré, patiné et serpules.

* EN 4-10 - (Profondeur : - ? m)

Un sac de vase, et trois échantillons décimétriques à centimétriques.

Grès grossier très hétérométrique.

Galets millimétriques de silts remaniés.

Quartz, mica, feldspath.

Prélèvements plongée EN 5

* EN 5-1 - (Profondeur : -3767 m)

3 fragments d'un même bloc de taille cm à dcm.

Encroûtement sur une face et enduits sur plan de stratification. 1 morceau scié.

Roche jaunâtre, grès à passées plus fines (silstone) à la cassure fraîche teinte plus verdâtre. Les surfaces de stratification sont lustrées et finement striées avec recristallisations. Laminations fines avec corps lenticulaires sombres oxydés oranges.

Fine linéation sur passées silteuses verdâtres.

* EN 5-2 - (Profondeur : -3763 m)

1 plaque 40 x 25 x 10cm.

Silt jaune blanchâtre finement lité.

Encroûtements allongés sur une face. Surface non encroûtée bosselée, luisante, striée et ondulations à 75°.

Diaclases : 2 familles de diaclases, une famille parallèle aux stries, l'autre perpendiculaire.

Une deuxième face bosselée et striée (moins marquée au niveau des creux).

Terriers, lentilles sableuses, slump, niveaux finement lités alternant avec niveaux plus grossiers. Pas d'effervescence.

* EN 5-3 - (Profondeur : -3670 m)

1 plaque 3 x 20 x 18 cm.

Enduit jaunâtre sur surface de stratification.

Silt très fin vert clair finement laminé (mm). Alternance sombre (+ minces), clair (+ épais). Boursoufflures sur la

Surface de stratification (figures de charge).

Lenticular bedding très semblable au N°2. Petits micas flottés dans lentilles un peu plus grossières.

1 morceau scié.

* EN 5-4 - (Profondeur : -3589 m)

1 plaque 40 x 10 x 12 cm.

Très semblable au 2 & 3. Encroûtement sur une partie de l'échantillon. Laminés très fines, passées plus gréseuses.

1 morceau scié.

* EN 5-5 - (Profondeur : -3567 m)

6 échantillons cm.

Très semblable au 2 & 3, 4.

1 morceau scié.

* EN 5-6 - (Profondeur : -3556 m)

2 échantillons dcm dont 1 cassé.

Très semblable au 2 & 3, 4, 5 mais plus gréseux.

6A : de forme parallélépipédique : 2 directions de diaclases. Silt blanchâtre. Echantillon scié montrant des petites failles normales s'amortissant vers le bas, plus ou moins conjuguées. Syssédimentaire ?

6B : forme pointue, petites diaclases encroûtées à 30°. Un petit encroûtement blanchâtre jaune-blanchâtre. Silt finement laminé.

* EN 5-7 - (Profondeur : -3406 m)

1 bloc en chevron (V) cassé en deux. 30 x 40 cm.

Très gros encroûtement irrégulier (choux-fleur) avec silt jaunâtre. Silt finement lité ressemble aux précédents. Stries fines sur les deux faces de la stratification (probablement couche à couche).

1 morceau scié.

* EN 5-8 - (Profondeur : -3230 m)

1 bloc plus un échantillon qui s'y recolle et qui a été décrit dans EN 5-5.

Encroûtement centimétrique.

Très finement lité, litage irrégulier, alternance de niveaux verdâtres blanchâtres.

Cassure, lenticular bedding, strati lustrée. Ressemble beaucoup au 2, 3, 4, 5, 6, 7. Petite faille encroûtée à crochon.

Plan strié sur la face non encroûtée.

1 morceau scié.

* EN 5-9 - (Profondeur : -3170 m)

Un bloc et un sac de brèche.

9A : brèche pourrie à matrice très friable jaunâtre, gris contenant un morceau centimétrique de grès subarrondis.

9B : bloc à surface courbée, charnière de pli cannelures sur la surface strati, identique à 2, 3, 4, 5, 6, 7 et 8 : fines passées en alternance gréseuses et argileuses ;

1 morceau scié.

* EN 5-10 - (Profondeur : -3020 m)

1 bloc et fragments d'encroûtements, 10 x 6.

Après coupe : bloc d'encroûtement.

1 morceau scié avant photo.

* EN 5-11 - (Profondeur : -2995 m)

1 bloc parallélépipédique 8 x 4 x 4.

Patine noire, 2 familles de diaclases formant un angle de 120°, laminations.

* EN 5-12 - (Profondeur : -2933 m)

Gros bloc, à peu près 30 cm.

1 face complètement encroûtée, une autre jaunâtre, bloc friable, structure interne rubannée avec petits morceaux de silt anguleux emballés dans une matrice manganésifère.

* EN 5-13 - (Profondeur : -2908 m)

1 gros bloc encroûté arrondi 25 cm.

Structure bréchique : gros clastes centimétriques de silts jaune, anguleux, structure rubannée.

* EN 5-14 - (Profondeur : -2684 m)

Bloc 30 x 40 x 20 cm.

Noire, recouvert sur une face d'encroûtement mamelonné.

Encroûtement d'épaisseur 7 à 8 cm sur un côté, structure rubannée recouvrant un dépôt lité à lit d'environ 5 cm (suivi de siltite ?).

idem 10, 11, 12 et 13.

Scié, contient un morceau de grès (éponge morte) gris clair, encroûtement 10 à 12 cm d'épaisseur, coraux fixés.

* EN 5-15 - (Profondeur : -2601 m)

4 petits blocs parallélépipédiques, 15 cm/3, les deux autres plus petits.

Bordure diaclase orthogonale, siltite verdâtre à lamine.

Organisme fixé : épaisseur d'un poil d'animal.

4ème morceau : 8 cm/6, 1,5 cm d'épaisseur vert pale, niveau lenticulaire de grès gris-orange, dentrite de Mn.

* EN 5-16 - (Profondeur : -2581 m)

3 morceaux, 25/15, 8 cm d'épaisseur, ovale.
Croûte rubannée légèrement mamelonnée sur une surface.
Les deux autres idem, rectangulaires 2 cm d'épaisseur 15/12, plus des débris.

* EN 5-17 - (Profondeur : -2408 m)

10 cm d'épaisseur, circulaire 15 cm de diamètre.
En partie recouvert d'enduit. Terriers. Fines laminations noirâtres alternant avec niveaux jaunâtres. Très argileux.
Deuxième morceau parallépipédique, plus petit.

Prélèvements plongée EN 6

* EN 6-1 - (Profondeur : -3939 m)

1 bloc cassé en 2 : 20 x 15 x 10.
Patine noire (encroûtement inférieur à 1 mm).
Stries ténues sur la face cassée.
Matériel très fin, lustré : quartzite très fine.
Très fines linéations de glissement banc sur banc kink bands conjugués.
Fentes discontinues conjuguées, à remplissage calcite ; deuxième système de fentes discontinues conjuguées à remplissage silice.
En coupe un filon déformé.
Un bout coupé à part.

* EN 6-2 - (Profondeur : -3937 m)

1 bloc : 20 x 8 x 5 et un fragment cassé.
Roche grisâtre à surface luisante, striée.
2 litages, un principal et obliques.
Grès quartzite finement lité, micas flottés, lamines lenticulaires.
Linéations de crénulation sur plan lustré, schistosité dans le plan de coupe, filons dans le plan de stratification et faille.
Un bout coupé à part.

* EN 6-3 - (Profondeur : -3569 m)

8 fragments centimétriques.
Partiellement ou entièrement encroûtés.
Grès micacé verdâtre, à quartz, beaucoup de micas, schistosité.
Un bout coupé à part.

* EN 6-4 - (Profondeur : -3569 m)

20 fragments centimétriques à décimétriques, plus deux morceaux rajoutés, provenant du sac 5.
Fragments gris verts, mica, quartz, éléments noirs, feldspath ?
Le plus gros bloc comporte un banc de grès fin (7-8 cm) surmonté de pélites schistosités.
Schistosité de même rapport angulaire avec la strati (20°) que pour les échantillons 1, 2 et 3.
Un bout coupé à part.

* EN 6-5 - (Profondeur : -3571 m)

Deux blocs (30 x 20) chacun cassés en deux parties.
5A : pyramide patinée, vert jaune. Faciès très grossier, filons, quartzite très recristallisée. En coupe : obliques, filons recoupés, grains de quartz cataclásés.
5B : un très gros bloc et un petit fragment, quartzite plus grise, à grain très fin, très recristallisée, micas blancs.
Un bout coupé à part pour 5A et 5B.

* EN 6-6 - (Profondeur : -3456 m)

1 plaque cassée en 2 : 18 x 7 x 3 cm.
Encroûté sur le dessus.
Silt gris verdâtre, massif, micacé (micas blancs), litage et schistosité très peu visible, figures de charges.

* EN 6-7 - (Profondeur : -3360 m)

Deux morceaux pyramidaux. Arêtes planes.
Grès très fin à matrice silteuse verdâtre, bien trié, micas blanc.
Un bout coupé avant photo à part.

* EN 6-8 - (Profondeur : -3347 m)

1 bloc allongé à faces parallèles.
Une face encroûtée (1 cm) (encroûtement mamelonné), sur l'autre encroûtement irrégulier.
Micas blancs, minéraux noirs.
Dans le plan de coupe, quartzite verdâtre, massive, homogène, grain fin, bioturbation (tâches brunes), nombreux filons perpendiculaires, pyrite ou or ?

* EN 6-9 - (Profondeur : -3306 m)

3 blocs encroûtés : 40 x 30 x 20 x 15 cm et un pavé 15 x 8 cm.
Blocs anguleux et graviers emballés dans une concrétion de 2 à 3 cm.
Le plus gros échantillon est vraisemblablement constitué de deux blocs (dans un sac poubelle).
Ressemble au EN 6-8 : quartzite très homogène.
Une linéation (filons) parallèle à la stratification, une autre pentée, une autre perpendiculaire à la stratification.
Un bout coupé dans le pavé, mis à part.

* EN 6-10 - (Profondeur : -3118 m)

1 bloc encroûté 40 x 20 cm, cassé en trois morceaux dont un petit a été coupé, plus nombreux fragments de croûtes dont une partie dans une caisse à part.
Croûte mamelonnée épaisse de 3 cm sur toutes les faces en coupe tâches jaunâtres (galets mous de silt ?) dans un fond gris verdâtre.
Grès très fin, très homogène.
Un bout coupé à part.

* EN 6-11 - (Profondeur : -2940 m)

8 échantillons aplatis, le plus grand 10 x 12 x 3 cm, plus des plaquettes.
1 cm d'encroûtement sur deux faces. Silt fin gris verdâtre, finement laminé, homogène, schistosité faiblement oblique, satiné.

Prélèvements plongée EN 7

* EN 7-1 - (Profondeur : - 4396 m)

Bloc prismatique (18 x 12 x 15 cm) encroûté avec 3 faces plane (strati et diaclase).
Quelques tubes de serpules et pieds de polypiers en section roches à grain fin jaune verdâtre ; stratification fine et irrégulière avec des obliques ; un niveau centimétrique jaune fin et homogène, l'échantillon est recoupé par un filonnet de Q (?).

* EN 7-2 - (Profondeur : - 4336 m)

Bloc irrégulier de 30 x 25 x 10 cm ; une face plane, un plan de diaclase, recouvert d'un encroûtement type choux-fleur de 3 cms à quelques mm.
En section roche grès-rosâtre, fine assez dure, type quartzite ; rubanement (lié à des alternances de couleur) recoupé par des filonnets de quelques mm.

* EN 7-3 - (Profondeur : - 4144 m)

Petit bloc environ 10 x 8 x 5 cm en forme de boule aplatie. Section : encroûtement, avec rubanement. On distingue de petits fragments clairs (siltstone).

* EN 7-4 - (Profondeur : - 4107 m)

Bloc parallépipédique de 30 x 20 x 10 cm. Une face plane correspond à la stratification, autres faces en partie encroûtées (1 cm maximum) ou à patine jaunâtre.
En section couleur marron-jaunâtre, roche très fine, très argileuse, à galets mous de taille variable (mm à cm) ; réseau de dendrites de Mg en cassure non sciée débit feuilleté très fin (schistosité ?).

* EN 7-5 - (Profondeur : - 4068 m)

Un nodule subsphérique (25-20 cm). En section structure concentrique autour d'un noyau d'une roche blanc jaunâtre, triangulaire, fracturée dans les circonférences successives alternance de couleur blanchâtre et brune et fragments anguleux isolés de silstones verdâtres.

* EN 7-6 - (Profondeur : - 4000 m)

Petit bloc irrégulier à faces planes triangulaires (8 x 25 x 15, faiblement encroûté (mm à cm) seul épaisissements locaux.

En section, roche gris verdâtre, à litage très discret, il s'agit d'un silstone presque homogène, litage marqué par des imprégnations de Mg ; quelques petits filonnets à remplissage de Q (mm).

* EN 7-7 - (Profondeur : - 3995 m)

Plaque très rectangulaire de 50 x 30 x 5, des faces très faiblement encroûtées, litage net souligné par des lits en reliefs (encroûtements préférentiels).

En section roche gris clair, très homogène, à paillette très fines (mica blanc) aspect lustré ; roche se débite facilement selon des plans de strati plus riches en argile.

* EN 7-8 - (Profondeur : - 3926 m)

Bloc prismatique régulier (30 x 8 x 6) toutes faces planes faiblement encroûtées.

En section roche gris vert finement litée, assez homogène recoupée par un réseau de fractures à dendrites de Mg ; quelques petites fractures parallèles et perpendiculaires à la strati, avec minéralisations blanchâtres.

* EN 7-9 - (Profondeur : - 3051 m)

Gros bloc de 20 x 25 cm de forme trapézoïde à faces subplanes, très faiblement encroûtées, patine jaunâtre, stratification très nette type "millefeuille" ; il s'agit d'une argile jaune vert en cassure ; quelques figures de charge.

* EN 7-10 - (Profondeur : - 3811 m)

Encroûtement bloc 25 x 10 x 12 forme arrondie : section, un rubanement avec des lits plus clairs et de nombreux clastes anguleux de silts verdâtre à jaune.

* EN 7-11 - (Profondeur : - 3696 m)

Bloc quadrangulaire à section losangique (20 x 10 x 10), encroûté sur toutes ses faces planes.

En section, il s'agit d'un grès fin, gris vert (avec pyrite et mica en amas), pas de stratification très visible par contre un réseau de fractures parallèles aux faces.

* EN 7-12 - (Profondeur : - 3527 m)

Bloc allongé en deux morceaux (35 x 20 x 10) en partie encroûté et patine jaunâtre ; litage apparemment net ; silt argileux jaune ocre à vert.

Section gris vert, très fin, homogène ; en cassure non sciée débit feuilleté net (schistosité ?).

* EN 7-13 - (Profondeur : - 3312 m)

Bloc massif (25 x 12 x 20) faible encroûtement ; une face offre une surface lustrée et striée à patine marron (plan de glissement) autre face comparable (lentille de cisaillement en section matériel vert jaunâtre grés-silteux homogène, pas de strati visible ni de structure sédimentaire.

* EN 7-14 - (Profondeur : - 2983 m)

Petite blocaille constituée d'une dizaine de fragments anguleux à patine marron noir.

En section roche argileuse gris noir (type black-shales).

* EN 7-15 - (Profondeur : - 2865 m)

Bloc irrégulier en partie encroûté (6 x 8) ; cassure blanchâtre, matériau très fin, très tendre (comparable au cœur du nodule 5) fortement diaclasé avec injection de Mn dans les fractures ; pas de litage.

Prélèvements plongée EN 8

* EN 8-1 - (Profondeur : - 4484 m)

Grosse boule encroûtée (une face plane (inférieure ?) moins encroûtée) 20 x 30.

Encroûtement grumuleux.

Une face plane (strati), couleur rouille avec stries de glissement couche sur couche.

A la cassure fraîche, roche verdâtre finement litée après coupe : croûte atteignant 8 cm sur un bloc décimétrique de silt gris vert. Fins micas blancs ou minéraux métalliques. Schistosité ?

* EN 8-2 - (Profondeur : - 4449 m)

Bloc prismatique 20 x 20 x 12

Léger encroûtement sur toutes ses faces quartzite, fracturation, gros minéraux brillants (métalliques), nombreux minéraux noirs.

Un bout coupé à part.

* EN 8-3 - (Profondeur : - 4306 m)

Bloc allongé 30 x 5 x 8

Sur une face fines diaclases serrées.

Encroûtement sur 2 faces.

Quartzite fine, minéraux noirs.

Un bout coupé à part.

* EN 8-4 - (Profondeur : - 4026 m)

Bloc prismatique à face planes 40 x 40 x 20 (45 Kg).

Quartzite rubanée vert grise, très fine

Lamines obliques, nombreux filons millimétriques à centimétriques de quartz automorphes.

Minéraux métalliques y compris dans les filons.

Un bout coupé à part.

* EN 8-5 - (Profondeur : - 3737 m)

Echantillon triangulaire 30 x 22 x 7, encroûté.

Cassure montre couleur crème brune et débit schisteux matériel tendre en débit en dalle.

Deux directions à 120°.

Siltite quartzitique très fine, finement laminée, à quartz minéraux noirs, métalliques ou micas ?

Un bout coupé à part.

* EN 8-6 - (Profondeur : - 3735 m)

Une plaque verticale (menhir) et pyramidale 40 cm de haut.

Découpe plane : face triangulaire.

Encroûtement faible.

Cassure : jaune verdâtre.

Après coupe : grès quartzite très fin avec lamines obliques, rides décimétriques, auge éléments métalliques (pyrite ?).

* EN 8-7 - (Profondeur : - 3711 m)

Bloc ovoïde 35 x 15.

Encroûté sur toutes ses faces, nodules dans l'encroûtement en place ?

Silt vert olive clair, finement lité.

Galets mous de silt gris vert allongés dans la strati et déformés dans des bandes (schistosité ?).

Un bout coupé à part.

* EN 8-8 - (Profondeur : - 3680 m)

2 blocs décimétriques dont un cassé (8A) et un autre (deux plaquettes encroûtées) (8B)

Les deux sont coupés :

8A : grès très fin, micacé, vert pale, finement laminé.

Nombreux micas blancs, plus minéraux noirs rides de courant asymétriques sur rides de courant symétriques (rides d'oscillations).

8B : incertitude sur son origine, silt gris vert.

* EN 8-9 - (Profondeur : - 3630 m)

Prisme 20 x 8 x 9

Silt vert clair à débris ligniteux.

Une face encroûtée, une face fraîche avec lamines (rides), rides de courant asymétriques.

Un bout coupé à part.

* EN 8-10 - (Profondeur : - 3615 m)

Plaque de 20 x 7 x 10.

Encroûté sauf sur une face à cassure fraîche, silt vert arrondi.

Micas blancs, nombreuses surfaces lustrées et finements striées (hydroplastique).

Prélèvements plongée EN 9

* EN 9-1 - (Profondeur : - 3995 m)

Bloc prismatique 25 x 10 x 10 à base triangulaire encroûté sauf tâches jaunes.

Grès grossiers, hétérogranulaires à éléments grossiers dans un silt grossier ; pas de litage apparent, minéraux noirs, quartz, très induré, gris vert à la cassure.

Un bout coupé à part.

* EN 9-2 - (Profondeur : - 3905 m)

Prisme allongé 60 x 35 de forme trapézoïdale.

Faces planes délimitées par des diaclases cassure verte, grès grossier, granoclassés.

A la base quartz de 3-4 mm, lamines granoclassées.

Haut : plus fin 0,5 à 1 mm.

Filonnet de quartz perpendiculaire aux lamines, galets de silt jaune emballés.

Minéraux noirs, quartz subarrondis, quelques rares petits micas blancs.

Un bout coupé à part.

* EN 9-3 - (Profondeur : - 3876 m)

Gros pavé 30 x 15 recouvert d'un encroûtement irrégulier.

Fracture oblique : rotation dans deux parties ?

Grès verdâtre, un peu jaune, recoupé par des filonnets décalant un autre filonnet de quartz (quartz laiteux et quartz automorphe).

Encroûtement 2 mm à 1 cm. Lamines frustes, avec alternance fin/grossier.

A mas diffus de silt orange vers la haut.

Certaine porosité dans la partie la plus fine, quelques micas blancs.

* EN 9-4 - (Profondeur : - 3524 m)

Echantillon gauche 30 x 25 x 10.

Encroûtement grumuleux, choux-fleur, brocolis sur 30 cm alternance d'horizons microconglomératiques (4-5 mm) et d'horizons plus fins (12 cm) et de nouveau 5 à 6 cm de microconglomérats. Vert, mal trié.

Galet de 5 mm dans la microconglomérat, quartz subanguleux, aspect microcecicela de la base d'un chenal, comparaison grès Bima 1 dans parties fines, lamines frustes.

Un bout coupé à part.

* EN 9-5 - (Profondeur : - 3287 m)

15 x 18 ogivale.

Encroûtement 2 à 6 mm.

Grès quartzite gris vert moyen à éléments noirs, minéraux métalliques jaune-argentés.

Compact, dur, plans mal silicifiés, pas de strati visible, quelques lamines discrètes.

Un bout coupé à part.

* EN 9-6 - (Profondeur : - 2803 m)

Morceau triangulaire 10 x 6.

Encroûtement sur une partie, aspect vert et jaune, enduit rouille, débit lité.

Litage bien marqué dans grès fins vert jaune, lamines concaves avec granoclassement et lamines grossières tronquées par lamines fines.

Un filonnet incurvé de quartz perpendiculaire et un concordant dans la strati.

* EN 9-7 - (Profondeur : - 2804 m)

Morceau d'encroûtement 8 x 6 cm.
Choux-fleur.

* EN 9-8 - (Profondeur : - 2804 m)

Un bloc triangulaire 20 x 15.
Encroûtement régulier, gris vert quartzite, grain fin à moyen.
Aspect marmorisé (pédogénèse continentale), granulométrie irrégulière, gros grain.
Un bout coupé à part.

* EN 9-9 - (Profondeur : - 2673 m)

Gros échantillon 40 x 20 x 18.
Section losangique, nombreux filons, diaclases perpendiculaires, encroûtée, une face à teinte verdâtre.
Grès d'aspect verdâtre (gris bleuté), granoclasement avec très grossier à la base, surmonté par de lamines à grain plus fin. Morceaux petits emballés, quartz arrondis translucides.

* EN 9-10 - (Profondeur : - 2590 m)

Plaque 12 x 18 x 3.
Encroûtement faible, grès vert jaune à litage fruste vert à la périphérie et orange au cœur.
Grain grossier, quelques gros grains dans une pâte, grès moyen, léger granoclasement, plan de discontinuité suivant la strati.
Un bout coupé à part.

Prélèvements plongée EN 10

* EN 10-1 - (Profondeur : - 4261 m)

Petit bloc anguleux 6 x 6 x 4 cm. Encroûtement.

* EN 10-2 - (Profondeur : - 4070 m)

2 plaques courbes 10 x 10 x 3 cm.
Encroûtement avec couches de croissance bien visibles.

* EN 10-3 - (Profondeur : - 3676 m)

1 bloc anguleux 30 x 18 cm avec une arête vive. Enduit général, épaissi sur la face externe.
Cassure vert-olive, siltite argileuse à micas blancs.
Schistosité assez nette.

* EN 10-4 - (Profondeur : - 3385 m)

1 bloc 10 x 8 cm + débris.
Encroûtement noirâtre avec surfaces de croissance.

* EN 10-5 - (Profondeur : - 2955 m)

Echantillon prismatique losangique 30 x 30 x 15 cm.
Patine sur toutes les faces sauf une avec encroûtement épais. Grès cimenté gris-vert, passablement feldspathique, à micas blancs. 1 petit filon jaunâtre. Pas de lamines.

* EN 10-6 - (Profondeur : - 2885 m)

Pavé trapézoïdal de 30 cm de côté pour une épaisseur de 5/12 cm. Enduit sur toutes les faces sauf la face supérieure qui comporte un encroûtement qui englobe de petits blocs anguleux.
Grès cimenté gris-vert de granulométrie moyenne avec gros grains de quartz assez arrondis, feldspaths, micas blancs.
Un filon silicifié épais de 2 mm pour au moins 12 cm de long.

* EN 10-7 - (Profondeur : - 2722 m)

Gros bloc irrégulier à surface arrondie 40 x 20 x 20 cm. Encroûtement noduleux, épais sur toutes les faces sauf une. Tubes de vers, corail.
Encroûtement englobant des blocs anguleux polygéniques de taille centimétrique (1 à 8 cm). Il s'agit principalement de pélite gris-vert avec également un bloc de 1 x 2 cm d'une roche blanche.

* EN 10-8 - (Profondeur : - 2701 m)

Grosse frite à section carrée de 20 x 5 x 5 cm portant un morceau de corail et 5 débris anguleux de quelques cm. Pélite très finement micacée, de couleur gris-vert, avec une schistosité bien marquée. Le faciès est typique de l'Asu River formation (Albien moyen) selon J. Benkhelil et M. Guiraud. Débit de fracture sur 2 côtés de l'échantillon, une autre surface correspondant à la stratification. Non scié.

* EN 10-9 - (Profondeur : - 2614 m)

Gros bloc irrégulier circulaire 40 x 40 x 30 cm recouvert d'une épaisse couche d'encroûtement en choux-fleur. Porte des organismes fixés.
Croûte avec belles lamines de croissance.

* EN 10-10 - (Profondeur : - 2595 m)

Tronc de pyramide avec base de 20 x 25 cm et hauteur de 15 cm. Faible enduit sur toutes les faces sauf une qui est constituée par des lamines jaune-vert de grès très micacé, non planes. On voit sur une des faces 3 petits filons épais de 1 mm et de 2 à 3 cm de longueur.
Grès gris feldspathique et micacé très cimenté. Lamines discrètes. Système de fines fentes à remplissage de manganèse sub-perpendiculaires à la stratification. Petits filons de quartz d'épaisseur millimétrique.

Prélèvements plongée EN 11

* EN 11-1 - (Profondeur : -4871 m)

Un bloc losangique 40 x 15 (deuxième prélèvement sur le même site) et nombreux fragments décimétriques (premier et deuxième prélèvement ?)

1A : bloc losangique à faces planes à angles ouverts : diaclases conjuguées à 50°. Silt/pélite noir. Nombreuses bioturbations.

Sur le plan de coupe laminations, débris ligneux; Deux litages observés.

1B : fragments cassés : grès fins feldspathiques, très quartzifiés, brèche. Deux bout coupés.

* EN 11-2 - (Profondeur : -4887 m)

5 morceaux anguleux (5 cm) débités en plaquettes.

2A : coupé, semblable au 1A avec fines lamines.

2B : schistosité, silt grossier à pas de stratification micacés et striés ; petites rides. Coupé.

Sur un autre bout scié, observe sur le même fragment le passage de faciès grossiers à plus fins.

* EN 11-3 - (Profondeur : -4879 m)

Deux blocs décimétriques.

Débit en plaquette, surfaces lustrées, striées (glissement hydroplastique).

Schistosité 10° par rapport à la strati. En coupe plis (slumps ? : disharmonie, plis scellés par des lamines).

Silt de type black shale.

Bout coupé à part.

* EN 11-4 - (Profondeur : -4887 m)

Un bloc très fragmenté 10 x 10 x 4.

Deux plans perpendiculaires peuvent correspondre à la strati : une surface ondulée, lustrée (plan de schistosité, diaclase ?) et des plans finement laminés.

* EN 11-5 - (Profondeur : -4872 m)

Un bloc triangulaire cassé en 3 x 15 x 15.

Crénulation sur un plan semblable à l'échantillon 3, silt noir, deux litages obliques, surfaces cannelées.

Un bout coupé à part.

* EN 11-6 - (Profondeur : -4755 m)

Un fragment 5 x 2.

Coupé et cassé : quartzite fine à filonnets-fentes remplis de quartz dans des plans de diaclases.

* EN 11-7 - (Profondeur : -4773 m)

Un bloc massif 25 x 10 x 10, plus un de ses fragments, plus un autre fragment plus clair qui appartient au prélèvement N°6.

Débit ardoisier, lamines obliques, minéraux noirs brillants dans les plans strati.

En coupe chenal (passée grossière : quartz ou feldspath) avec lamines obliques.

Débris ligneux, éléments noirs : galets mous remaniés, pyrite, "matrice" ? feldspathique altérée ?

Un bout coupé à part.

* EN 11-8 - (Profondeur : -4685 m)

Neuf échantillons décimétriques et des débris. Lentilles. Débit en plaquettes, cassure conchoïdale. Silt gris sombre, à débit (strati ou shisto ?) très fin. Diaclases.

* EN 11-9 - (Profondeur : -4578 m)

Nombreux fragments centimétriques à décimétriques. idem N°8. Strati ou shisto pourtant des minéraux black shales très fins, à micas très fins. Cassures conchoïdales.

* EN 11-10 - (Profondeur : -? m)

Un sac de vase prélevé par les plongeurs sur le carénage.

Prélèvements plongée EN 12

* EN 12-1 - (Profondeur : -3470 m)

Bloc cubique de 10 cm de côté, recouvert sur 3 faces par un encroûtement peu épais (mm).
Roche jaune brune finement laminée, argileuse, présentant un fort débit schisteux.

* EN 12-2 - (Profondeur : -3453 m)

Bloc irrégulier 20 x 10/12 cm, 10 cm d'épaisseur, recouvert d'un enduit noir sur toutes les faces sauf une avec tube de serpule.

Grès quartzeux très fin, blanc 1gt jaunâtre peu induré, légèrement micacé granoclasement. Fracture discontinue formée de plusieurs éléments en échelon. Des alignements d'enduits Mn se disposent à 12/20° par rapport à la fracture. Sur le plan de fracture oxydé on observe des cannelures et des petites stries de directions différentes.

* EN 12-3 - (Profondeur : -3417 m)

Bloc d'environ 20 cm légèrement aplati sur deux faces, épaisseur 10 cm. Une petite plaque détachée avec encroûtement très faible environ 1 à 2 mm. Les faces correspondent aux plans de SO et de diaclases. 2 faces à 60°, 2 autre à 45°.
Grès fin jaune grisâtre avec une face possédant un enduit ferrugineux + cannelures. Quelques micas et une schistosité. Après découpage à la scie, on observe un grès hétérogranulaire mal trié et des morceaux de silt emballés dans le grès (dans SO).

* EN 12-4 - (Profondeur : -3393 m)

Echantillon de 20 cm de long à surface plane et section triangulaire. L'encroûtement est d'épaisseur variable jusqu'à un cm. Pied de corail.

Grès fin beige avec micas blanc. Un granoclasement irrégulier dans l'ensemble de la roche. Stratification perturbée par glissement synsédimentaire (?).

* EN 12-5 - (Profondeur : -3335 m)

Bloc de 20 cm x 10-12 cm, épais 4-10 cm, 2 faces encroûtées. 1 cassure fraîche.

Grès beige (kaki), homogène à grain fin, micas abondants, grès quartzeux assez friable, une diaclase et deux micro diaclases associées.

* EN 12-6 - (Profondeur : -3183 m)

Bloc de 20 cm x 15 cm, épais 10 cm limité par SO, encroûté sur trois faces.
Grès fin homogène petits grains noirs pas lité assez bien trié surmonté par 2 cm d'argile sableuse finement litée avec une S1 à environ 25°/SO. Glissement couche à couche sur un enduit luisant. Nombreuses petites stries de directions différentes.

* EN 12-7 - (Profondeur : -3044 m)

11 petits fragments de 5 x 2/3 cm en plaquettes fines. Fragment éclaté, enduit noir fin sur l'une des faces.
Faces ferrugineuses parfois lustrées. Litage très apparent avec petit niveau mm lenticulaire (lenticular bedding).
Alternance de niveaux argileux et de passées gréseuses fines qui forment des corps à surfaces bombées.

* EN 12-8 - (Profondeur : -2880 m)

Prisme 25 x 10 x 12 cm.
Marne assez indurée gris noir avec quelques encroûtements épars et de grosses perforations par lithophages. Fines laminations pas parfaitement parallèles. S1 de 25/30° par rapport à SO.

* EN 12-9 - (Profondeur : -2282 m)

Bloc 25 x 12 x 10 cm, perforé, quelques serpules. Argile bien stratifiées de couleur marron verdâtre.

* EN 12-10 - (Profondeur : -2270 m)

Nombreux débris de croûte, 1 sac. Croûte de manganèse à structure concentrique.

* EN 12-11 - (Profondeur : -2900 m)

1 demi sac. Boue gris fonc très collante.

Prélèvements plongée EN 13

* EN 13-1 - (Profondeur : - 4531 à -4529 m)

4 échantillons décimétriques Qui se rassemblent en un bloc de 20 x 10 x 15, plus 5 échantillons centimétriques, plus de nombreux fragments.

Débit suivant la stratification, alternance de lits de grès fins et de lits de silts grossiers.
Ride d'oscillations dont les crêtes sont à angles droits (wave bedding). Lamines très fines.
Sur un échantillon un banc pluricentimétrique de grès est recouvert de très fines lamines.
Silt ocre jaune à très petits micas.
Un bout non coupé à part.

* EN 13-2 - (Profondeur : - 4516 m)

Un bloc et deux fragments 10 x 7 x 5.
Encroûté sur le dessus, cassure conchoïdale.
Silt très fin, gris en cassure, ocre jaune en patine, très finement lité. Lamines planes, déformées autour d'un nodule.
Un bout non coupé à part.

* EN 13-3 - (Profondeur : - 4251 m)

6 morceaux d'encroûtement à cœur bréchiq (clastes de silts).
Un morceau coupé.

* EN 13-4 - (Profondeur : - 4246 m)

Gros bloc totalement encroûté.
Un bout coupé à part.

* EN 13-5 - (Profondeur : - 4239 à -4233 m)

7 éléments centimétriques à décimétriques plus de nombreux fragments.
Finement lité.
Silt à passées grossières lenticulaires (lenticular bedding), ressemble au 13-1, petits obliques, schistosité subtile à 20-30° de la strati.
Un bout coupé à part.

* EN 13-6 - (Profondeur : - 4138 à -4136 m)

4 blocs décimétriques (dont un encroûtement à éléments emballés).
Très altéré, très fracturé, schistosité.
Strati en lits discontinus, lenticulaires, diaclases.
Joints de strati ouverts, linéations sur le plan strati.

* EN 13-7 - (Profondeur : - 3969 m)

Deux blocs décimétriques encroûtés plus des débris, plus un échantillon provenant du EN 13-1 (mis à part).
Très finement laminé (laminations mécaniques, parallèles).
Silt verdâtre, débit schisteux 15° par rapport à la strati, décalages des lamines par plans de schistosité ou de cisaillement.
Un bout non coupé à part.

* EN 13-8 - (Profondeur : - 3901 m)

Un encroûtement avec débris silteux emballés (coupé), plus un bloc 8 x 7 encroûté sur le dessus.
Une face strati, silt grossier ocre clair, finement laminé.
Un bout coupé à part.

* EN 13-9 - (Profondeur : - 3883 m)

Gros encroûtement 30 x 30 x 30 en choux-fleur.
Nombreux clastes visibles sur la très belle coupe.
Un bout coupé à part.

* EN 13-10 - (Profondeur : - 3797 m)

Bloc prismatique 15 x 15 x 10.
Très encroûté mais en place, matrice carbonatée ? Mame.
Silt finement lité, lamination onduleuse, bicolore ocre clair/foncé, nodules allongés silt sombre dans matrice claire, figures de charges ?
Un bout coupé à part.

* EN 13-11 - (Profondeur : - 3742 m)

Un bloc de section triangulaire 2 x 15 x 12.
Totalemment encroûté, silt beige vert, litage fin, perturbé par des microsclumps et des lenticular bedding.
Surfaces discordantes, très oxydé (supratidal ?), voiles algaires ?, figures de charges.
Un bout coupé à part.

* EN 13-12 - (Profondeur : - 3606 m)

Plusieurs blocs fortement encroûtés 20 x 12 et morceaux d'encroûtement.
Silt laminé vert jeune, débit serré et schistosité dans lesquels le manganèse est injecté.
Un bout coupé à part.

* EN 13-13 - (Profondeur : - 3517 m)

Dans la pince un bloc 10 x 10 x 5,5, plus un sac de vase.
Silt massif, très fin, vert pastel, lamines, micas blancs.
Un bout coupé à part.

Prélèvements plongée EN 14

* EN 14-1 - (Profondeur : - 3604 m)

Deux blocs plus ou moins encroûtés, 10 cm et 8 cm.
Roche crème à pâte fine, 1 cm d'encroûtement. Calcaire peut-être avec des organismes ! dendrites de manganèse.
Un bout non coupé à part.

* EN 14-2 - (Profondeur : - 3548 m)

Plusieurs morceaux blancs.
Carbonates peu indurés beige blancs, identique à 1 mais peu induré. Nombreux débris d'organismes.
Un bout non coupé à part.

* EN 14-3 - (Profondeur : - 3448 m)

Enorme plaque d'encroûtement de 50 x 40 x 20.
Un bout coupé à part.

* EN 14-4 - (Profondeur : - 3339 m)

Plaque 4-5 cm d'épaisseur, 25 x 15.
0,8 cm d'encroûtement.
Silt gris vert à lamines et lenticules (lamine ocre, gris clair, alterne avec lenticule marron).
Un bout coupé à part.

* EN 14-5 - (Profondeur : - 3392 m)

Bloc irrégulier de 10 x 8 cm.
Encroûtement de 2 cm sur une face, silt rubané gris vert à vert. Faciès identique au 4, fractures irrégulières favorisant la pénétration d'un encroûtement beige.
Echantillon bréchifié.

* EN 14-7 - (Profondeur : - 3169 m)

Gros bloc triangulaire allongé 40 x 20 x 12.
Encroûté (patine) sur toutes ses faces (3-4mm).
Silt fin laminé avec lamines oxydées, irrégulières.
cf le haut de la plongée 13.

* EN 14-8 - (Profondeur : - 3196 m)

Bloc rectangulaire (endeux blocs) 20 x 10
Recouvert d'un faible enduit, lamines irrégulières (verdâtres) à l'origine galet mou emballé dans les lamines.

* EN 14-9 - (Profondeur : - 3117 m)

Encroûtement 40 x 10 x 12.
Encroûtement rubané et plissé.
Alternance chocolat et beige plus clair + serpules.

Prélèvements plongée EN 16

* EN 16-1 - (Profondeur : -4554 m)

1 bloc prisme à base rectangulaire 47 x 23 cm ; épaisseur 12 cm.
Forme anguleuse ; recouvert presque en totalité d'enduit et petites concrétions noirs (quelques mm d'épaisseur) ; localement un creux est colmaté par une croûte épaisse de 2 cm contenant de nombreux éclats de quartzites anguleux dont la taille varie de 1 cm à quelques mm de long ; tube de serpules ; bloc découpé en faces planes couleur vert olive ; quartzite à grain fin ; veines mm de quartz blanc.

* EN 16-1a - (Profondeur : -4554 m)

10 cm, épaisseur 4 cm.
Forme anguleuse, section trapézoïdale avec deux faces parallèles distantes de 4 cm et parallèles aux lamines internes à l'échantillon ; même enduit que échantillon 1 ; silstone finement laminé ; couleur gris vert ; quelques lamines plus claires.

* EN 16-1b - (Profondeur : -4554 m)

Anguleux ; 7 x 5 cm ; épaisseur 3 cm.
Quartzite gris-brunâtre recoupé par un réseau de filonnets irréguliers de quartzites blancs ; quartz anguleux à émoussé ; wake ?

* EN 16-1c - (Profondeur : -4554 m)

2 blocs anguleux collés par du Mn, l'ensemble faisant 9 x 7 x 6 cm ; sur l'une des faces de l'un des deux blocs, deux petits blocs centimétriques collés au Mn.
Quartzite à grain fin, gris-brunâtre, traversé par quelques veines blanches de quartz.

* EN 16-1d - (Profondeur : -4554 m)

Un bloc subarrondi, 6 x 6 x 3 cm.
Même quartzite fin gris-brun que échantillons précédents.

* EN 16-1e - (Profondeur : -4554 m)

8 x 7 x 5 cm ; agglomérats de plusieurs blocs anguleux collés par Mn dont la taille varie de 5 cm à moins de 1 cm de long ; 36 petits fragments ou blocs (?) anguleux de 4 à 1 cm de long, incrusté de Mn (voir les autres échantillons).

Prélèvements plongée EN 17

* EN 17-1 - (Profondeur : -4280 m)

1 bloc très dense à cassure anguleuse : 20 x 15 x 15 cm, forme trapézoïdale, couleur vert-olive clair, très fracturé. Enduit blanchâtre. Très mince enduit noir en surface avec tubes de serpules.
3 blocs (10 cm) et fragments de même type, toujours très anguleux partiellement recouverts d'un très mince enduit noir.
En section, faciès très fin cryptocristallin, de couleur gris-bleu foncé. Nombreuses veines irrégulières emplies de quartz ; deux familles : de fines fractures nombreuses emplies de quartz blanc (1 < 2 mm), quelques fractures plus larges (1 mm) de couleur jaunâtre.

* EN 17-2 - (Profondeur : -4158 m)

1 bloc pentagonal (33 x 24 cm) de 13 cm d'épaisseur.
Enduit de Fe/Mn sur toutes les faces avec surface mamelonnée sur les parties inférieure et supérieure. En surface, croûte finement litée portant les mamelons (épaisseur = 1 à quelques cm). Sur la tranche, portion jaunâtre sous-jacente constituée d'un matériau fin bréchifié avec quelques fragments lithiques anguleux à éclat gras.
En section, présence d'un épais encroûtement emballant des fragments anguleux de couleur blanchâtre.
Deux parties :
1 - Une partie interne laminée à légèrement festonnée. Les éléments lithiques sont concentrés dans la partie supérieure de cette partie inférieure. Leur taille est comprise entre 2 mm et 1 cm ; ils sont anguleux. A proximité des éléments lithiques, la lamination de l'encroûtement devient plus confuse.
2 - La partie externe recouvre l'ensemble (1) d'une frange de quelques mm à 1,5 cm d'aspect bothryoïdal où les laminations sont clairement exprimées. Possibilité de discordance entre la partie interne et la frange qui l'entoure.
Pédoncule d'éponge fixé sur l'encroûtement.

* EN 17-3 - (Profondeur : -4153 m)

Un échantillon fragmenté numéroté : 3a et 3b. L'échantillon principal (3a) mesure 15 à 20 cm ; le plus petit (3b) 5 à 6 cm.
A la base, présence d'éléments anguleux centimétriques d'allure bréchoïde. La base est couverte d'un mince enduit Fe/Mn de quelques mm (quelques tubes de serpule).
Sur la tranche, matériaux beige-jaunâtre à ocre, très altérés et poreux, contenant des éléments plus durs correspondant probablement à ceux que l'on voit en relief à sa base (anguleux et centimétriques).
Traces d'organismes : terriers millimétriques à inframillimétriques assez abondants par endroits, avec un mince enduit de Fe/Mn (cf DR06-02, Equamarge II).
En surface, croûte de Fe/Mn très mince à base nette, laminée, d'épaisseur 1 cm, sub-lisse en surface.
Pas de section sciée : échantillon très fragiles. EN 17-03b.
Morceau anguleux provenant de 3a. Même roche gris-sombre que EN 17-1 mais avec un grain plus grossier, millimétrique, avec des tâches blanches. Fractures remplies de Mn. Plage centimétrique de quartz à l'intersection entre deux fractures.

* EN 17-4 - (Profondeur : -4133 m)

Echantillon de 12 x 20 cm avec une partie en forme de protubérance conique.
Partie centrale constituée de matériaux ocre-beige à jaunâtre. Même roche que EN 17-3a.
A la périphérie, enduits de Fe/Mn, laminés à festonnées, de 3 à 5 mm d'épaisseur. Zones lisses en surface, mamelonnées à micromorphologie en choux-fleur.
En section, bel encroûtement de Fe/Mn avec une partie interne constituée de clastes.
A la périphérie, croûte plus homogène sombre (épaisseur : 1 cm).

* EN 17-5 - (Profondeur : -4131 m)

1 bloc pseudo-tétraédrique : 15 x 25 cm.

Bloc recouvert sur une face d'un enduit de 1 cm, mamelonné. Sur les quatres faces, patine noire plus fine.

En section (cf EN 17-2 et 4), clastes cm de 2 couleurs : brun-jaune et gris foncé, rappelant les quartzites précédents. En bordure, couche plus fine, homogène, noire comme dans l'échantillon précédent.

Tubes de serpules et de vers agglutinants.

* EN 17-6 - (Profondeur : -4125 m)

Un bloc sub-anguleux parallélépipédique : 25 x 30 cm, épaisseur 12 cm.

Bloc encroûté dessus et en partie dessous. Croûte lisse de 0,5 cm qui moule des formes anguleuses. Mamelonnement seulement sur les côtés.

Sur la tranche, une cassure propre de roche verdâtre avec des recouvrements centimétriques discontinus jaunâtres.

En section, roche vert-bleu orientée : feuilletage parallèle aux limites du bloc. Quartzite mylonitisée avec plans de déformation marqués. Fragments anguleux déformés et orientés, quartz enroulés avec ombres de pression.

* EN 17-7 - (Profondeur : -4061 m)

Petit bloc anguleux parallélépipédique : 6 x 7 x 14 cm. Légère patine Fe/Mn qui ne tâche pas les doigts.

En section, quartzite gris-sombre, avec un grain visible. Clastes allongés gris-foncé. Veines millimétriques de quartz blanc. Mouchetures blanches découpées.

Tubes de serpules. Inscrustations organiques.

* EN 17-8 - (Profondeur : -3463 m)

1 bloc arrondi (8 x 17 x 20 cm) se desquamant en plaquettes de 5 mm d'épaisseur.

Une face montre un rentrant dans lequel on voit des éléments anguleux de 3, 7, 8 cm encroûtés.

En section : granulométrie variable :

1) micrconglomérat à éléments de quartz arrondi de 3 à 5 mm blanc. Il s'agit d'un claste rouge, d'un claste allongé ou d'une couche lenticulaire à grain fin gris ;

2) des zones à grain très fin très homogène.

* EN 17-9 - (Profondeur : -3784 m)

Plusieurs blocs de 5 cm d'épaisseur.

Litage régulier de 1 mm. Pas de claste visible. Les surfaces des encroûtements sont plus ou moins lisses lorsqu'elles sont horizontales à sub-horizontales, mamelonnées ou en choux-fleurs lorsqu'elles sont sub-verticales. Ces remarques sur l'aspect des surfaces sont déduites de l'examen vidéo.

* EN 17-10 - (Profondeur : -3782 m)

Un échantillon de 40 cm de long, 15 cm de large et 20 cm de haut.

La partie lisse représente la partie supérieure d'un encroûtement de Fe/Mn.

Morceau de corniche d'encroûtement. Surface supérieure mamelonnée correspondant à un système de rides. Surface inférieure anguleuse recouverte d'un enduit mm grumuleux.

En section, la surface supérieure mamelonnée repose sur la partie principale de l'encroûtement, brun-chocolat foncé, avec traces de sédiment induré beige.

Sur la cassure, cupules centimétriques correspondant peut-être à des moulages externes de graviers ou petits galets d'un conglomérat ? En section, croûte massive homogène très sombre. Quelques rares clastes beiges.

* EN 17-11 - (Profondeur : -3781 m)

2 blocs de taille 8 x 10 x 15 et 5 x 6 x 8 cm.

Blocs anguleux avec encroûtements Fe/Mn identiques à EN 17-10. Pas de sciage.

* EN 17-12 - (Profondeur : -3780 m)

1 échantillon en 3 morceaux (5 x 9 x 15 cm).

Encroûtement Fe/Mn identique aux 2 échantillons précédents. Une surface lisse, une surface granuleuse, avec tubes de serpules blancs.

Prélèvements plongée EN 18

* EN 18-1 - (Profondeur : -3178 m)

Corniche encroûtée : 40 x 20 ; épaisseur 13 cm.

Forme irrégulière ; face supérieure légèrement mamelonnée, assez lisse ; faces latérales en "choux-fleur" ; face d'arrachement avec vacuoles 2-5 cm irrégulières sur les 4/5 inf. Le 1/5 sup. est plus massif et plus rubané.

Nombreux tubes de serpule sur la face inférieure.

Section de sciage : encroûtement rubané à lits millimétriques ou inframillimétriques noirs, compacts et bruns granuleux. Le rubanement est plus ou moins net selon les zones.

* EN 18-2 - (Profondeur : -3159 m)

Nodule grossièrement sphérique ; diamètre moyen : 14 cm.

Surface mamelonnée avec "choux-fleurs" tubes de serpules sur la face inférieure ; pas de différence d'aspect entre les faces inférieures et supérieures.

Section : structure rubanée concentrique (lits millimétrique) ; noyau central centimétrique : bloc de brèche volcanique ; nombreux petits fragments de nature comparable disséminés dans l'encroûtement lui-même.

* EN 18-3 - (Profondeur : -3152 m)

Nodule subsphérique, diamètre 15-16 cm.

L'enduit de Fe-Me est mamelonné ; chaque mamelon présente lui-même une structure en choux-fleur ; rares tubes de serpule.

Section : coeur occupé par un bloc anguleux (section rectangulaire 8 x 6 cm) d'une roche cryptocristalline de couleur beige clair, parcourue de filonets. Peut-être un élément phosphaté ?

* EN 18-4 - (Profondeur : -2938 m)

Nodule subsphérique, diamètre moyen 10 cm.

Même aspect en surface que l'échantillon EN 18-3.

Section : cortex rubané avec structures en bouffées de pipes ; le coeur est occupé par un fragment anguleux de croûte de Fe-Mn massif à grossièrement rubané (voir échantillon EN 18-1).

* EN 18-5 - (Profondeur : -2939 m)

2 nodules subsphériques cimentés par leur croûte Mn-Fe ; ils forment un seul échantillon 12 x 7 x 7 cm. Chacun des nodules a même aspect extérieur et même structure interne que l'échantillon EN 18-4.

* EN 18-6 - (Profondeur : -2939 m)

Nodule ovoïde 10 x 13 cm.

Même aspect extérieur et même structure interne que l'échantillon EN 18-04.

* EN 18-7 - (Profondeur : -2867 m)

Bloc mamelonné avec corniche centimétrique à sa base ; dimensions générales : 25 x 20 x 20 cm.

Face supérieure d'aspect encroûté avec mamelons plus ou moins soudés ; choux-fleurs caractéristiques ; très peu de faune épilithe ; face inférieure plutôt lisse.

Section : coeur constitué par un bloc de brèche grise à éléments mm-cm ; l'échantillon est parcouru par une fissure vacuolaire emplies d'une vase plastique beige-clair.

* EN 18-8 - (Profondeur : -2824 m)

Face supérieure rugeuse et mamelonnée ; face inférieure plutôt lisse. Section : cortex lité, vacuolaire, festonné à structures en bouffées de pipe caractéristiques.

Coeur occupé par :

- bloc 4 x 3 cm de riche cryptocristalline, à vacuoles zéolitiques d'où partent des fissures ouvertes colmatées avec une argile plastique beige clair (idem que échantillon EN 18-7).

- matériaux Fe-Mn lité à structures concentriques contenant des clasts mm gris et jaunes.

* EN 18-9 - (Profondeur : -3784 m)

4 nodules ovoïdes agglomérés entre eux ; trois ont un diamètre de 8 cm, un a un diamètre de 18 cm.

Face supérieure irrégulière, encroûtée, localement en choux-fleur. Face inférieure plus lisse ayant conservé des restes du sédiment support. Quelques serpules et très fins linéaments gris-blanc.

Section des 4 nodules :

- section a : coeur constitué par un bloc de roche grise à brune avec cristaux mm ; quelques grains mm : volcanosédimentaires possible ou scories ?
 - section b : coeur Fe-Mn contenant des clastes blancs disséminés ; cortex plus lité que le centre.
 - section c : peu différent de b mais le coeur est plus massif, plus compact avec moins de clastes.
 - section d : nodule composite constitué de 2 concrétions Fe-Mn cimentés par un cortex commun.
- La zone interconcrétion et le cortex contiennent des clastes blancs, gris et bruns cryptocristallins à cristallins.

*** EN 18-10 - (Profondeur : -2765 m)**

2 nodules accolés en un seul échantillon 15 x 12 cm.

Peu de faune épilithique.

Section :

- premier nodule : coeur constitué par un bloc de brèche à éléments gris et blancs, taille mm - cm.

- deuxième nodule : coeur constitué par un bloc de brèche de couleur brune.

Les cortex sont franchement rubanés.

*** EN 18-11 - (Profondeur : -2765m)**

Nodule ovoïde 14 cm.

Surface mamelonnée, en particulier face supérieure ; microstructures en choux-fleur ; peu de faune épilithique.

Section : coeur occupé par un fragment triangulaire de brèche (7 x 12 cm) avec des éléments de taille mm - cm.

3 types d'éléments :

- gris foncé

- brun rougeâtre

- noir

La matrice est soit consolidée brun rougeâtre (microfragments) soit semi-consolidée beige.

*** EN 18-12 - (Profondeur : -2765 m)**

2 nodules accolés : 15 x 20 et 10 x 16 cm.

Aspect : encroûtement mamelonné à micromamelonné et aspect en choux-fleur sur toutes les faces sauf la face inférieure plus lisse ; tubes de serpule nombreux dans les anfractuosités et sur la face inférieure.

Section : le coeur de chaque nodule est constitué par une brèche (même aspect pour les deux nodules) ; dans le plus gros nodule, un fragment irrégulier de basalte (7 x 4 cm) à vacuoles mm blanchâtres (zéolites ou vase beige ?) ; les autres fragments ont 5 mm à 1 cm couleur rougeâtre (70-80%) ou grise. Matrice de la brèche brun foncé. Des fissures parcourent la brèche, colmatée par une vase beige clair.

*** EN 18-13 - (Profondeur : -2528 m)**

Bloc oblong 17 x 9 x 5 cm.

Brèche recouverte par une encroûtement Fe-Mn, mamelonné 2 cm épaisseur environ sur les deux faces.

Surface d'arrachement et, probablement surface inférieure simplement enduite.

Section : le bloc est bien essentiellement constitué de brèche plus hétérométrique que dans les autres échantillons (taille moyenne (mm) ; éléments gris clair (90%) et gris foncé (10%). Matrice brun foncé consolidée. Quelques microfissures ouvertes, colmatées d'argile beige-clair.

Prélèvements plongée EN 19

*** EN 19-1 - (Profondeur : -2210 m)**

1 échantillon 20 x 20 x 15 cm.

Bloc parallélépipédique avec arêtes vives. Une face encroûtée (?). Les autres faces sont recouvertes d'un simple enduit.

Quelques serpules.

Section : brèche volcanique, polygénique.

Matrice grise, nombreux éléments de basalte, hyaloclastite, mégacristaux d'amphibole. Brèche massive très consolidée.

Certains éléments anguleux, d'autres arrondis. Taille moyenne des éléments : 1 mm-2 cm.

*** EN 19-2 - (Profondeur : -2096 m)**

2 blocs : 25 x 12 x 10 et 20 x 12 x 10.

Parallélépipède aux arêtes vives, anguleux.

Encroûtements Fe-Mn sur une face, épaisseur 5 mm - 1 cm. Roche à nu sur les autres faces.

Section : basalte à pate grise/jaunâtre, très porphyrique : nombreuses amphiboles (quelques mm), phénocristaux clairs.

Localement fluidalité marquée par le amphiboles. Quelques rares enclaves (5 mm) blanchâtres à jaunâtres.

* EN 19-3 - (Profondeur : -1837 m)

1 bloc en 5 morceaux sciés : 20 x 12 x 10 cm.

3 autres fragments (15 x 5, 10 x 5,5 x 3)

Recouverts sur les 3 faces d'enduit Fe-Mn très mince.

Section : basalte gris/jaune +/- aphyrique ; mouchetures claires (altération). Des phénocristaux ferro-magnésiens. Roche homogène.

* EN 19-4 - (Profondeur : -1643 m)

1 gros bloc subquadrangulaire 26 x 20 x 20 cm.

Recouvert sur toute sa surface d'un enduit passant sur la face supérieure à un encroûtement peu épais mamelonné. La face inférieure porte de nombreux tubes de serpules. 2 des arêtes du bloc portent un encroûtement en choux-fleur, épais de 10 cm. Très compact.

Section : basalte homogène à grain très fin, noir, d'aspect frais. Phénocristaux de ferro-magnésiens millimétriques.

* EN 19-5 - (Profondeur : -1666 m)

1 bloc scié en 2 : 20 x 12 x 10 cm.

Section triangulaire. Encroûtement Fe-Mn, épais 1 cm sur toutes les faces.

Section : faciès plus grenu que les précédents à cristaux clairs et ferro-magnésiens (amphiboles - cpx). Grain moyen : 2-3 mm. Patine d'altération sous l'enduit sur 2-3 mm.

* EN 19-6 - (Profondeur : -1650 m)

1 bloc scié en 2 (30 x 15 x 10 cm).

croûte Fe-Mn sur 1 face épaisseur 1 cm.

Section : même faciès que 19-5 mais plus altéré (partie jaunâtre) ; fissures secondaires. Altération jaunâtre en périphérie sous l'encroûtement.

* EN 19-7 - (Profondeur : -1455 m)

Gros bloc 35 x 20 x 15 cm.

Forme parallépipédique. Traces d'enduits sur les faces.

Section : basalte à grain fin, très sombre, d'aspect frais.

Auréole d'altération sur 1 à 2 cm jaunâtre. La roche saine est faiblement porphyrique : phénocristaux clairs (feldspathoïdes ?) et ferromagnésiens.

* EN 19-8 - (Profondeur : -1198 m)

Dalle 50 x 20 x 7/8 cm. Enduit millimétrique Fe-Mn sur toutes les faces. Face supérieure régulière, lisse. Polypiers solitaires (1 cm de haut) morts. Face inférieure plus irrégulière, moins encroûtée. Nombreux organismes épilithes (serpulisés, lamellibranches type Anomya, Bryozoaires).

Section : calcaire organogène; teinte brun jaunâtre où figurent différents éléments coquilles, tubes de serpules.

Éléments anguleux (9 x 3 cm) très poreux, à pores irréguliers millimétriques (os ?). Phase de liaison entre les éléments : calcaire translucide jaune clair ou micrite brunâtre. Trous d'organismes perforants contemporains ou postérieurs à la lithification.

* EN 19-9 - (Profondeur : -1085 m)

Plaque 50 x 30 x 9 cm.

Dessus identique à l'échantillon 19-8. Dessous lisse à mince enduit et peu de faune.

Section : liseré de Mn (3 mm à 2/3 cm). Le contact liseré/roche est microkarstique.

2 parties :

- inférieure, brun sombre, épaisse de 3/5 cm, constituée d'éléments biogènes (mm/cm) arrondis à anguleux, cimentés par une phase sparitique (?). Induration inégale.

- supérieure plus claire, très hétérogène, avec de grandes coquilles, agglomérats de tubes (vers ?). Éléments ovoïdes plus clairs. Un élément de 5 x 4 cm, très poreux. Ensemble cimenté par une phase carbonatée ou phosphatée, microcristalline. Nombreuses perforations contemporaines ou postérieures à la lithification.

Evoque un fond durci très peu profond.

* EN 19-10 - (Profondeur : -1012 m)

1 échantillon de 7/8 cm.

Roche très finement cristallisée à cryptoritaline. Couleur rosée à jaunâtre à laquelle se surimposent d'abondantes tâches noires, dendritiques (Mn ?). Perforations. Partie inférieure très irrégulière avec polypiers isolés. Pourrait évoquer des phosphorites.

Prélèvements plongée EN 20

* EN 20-1 - (Profondeur : -2332 m)

1 échantillon 65 x 30 x 15 cm.

Forme allongée, anguleuse, section triangulaire. Faiblement enduit avec serpules. Sur le tiers inférieur : enduit blanc et verdâtre (glauconie ?). Il s'agit d'un brèche à éléments centimétriques à pluricentimétriques, emballés dans un ciment blanchâtre.

En section : brèche hyaloclastique ? Éléments millimétriques à pluricentimétriques en majorité anguleux, de teinte rouille, contenant des ferromagnésiens. Certains éléments volcaniques présentent une auréole brun foncé (ancien cortex vitreux) et renferment des fragments sombres (cumulats ?). Matrice marron, nombreuses tâches blanches moulant les éléments (zéolite, calcite ?).

* EN 20-2 - (Profondeur : -2322 m)

1 échantillon 25 x 20 x 12 cm..

Bloc ovoïde, encroûté sur une face (encroûtement peu épais, mamelonné), enduit sur les autres faces. Phénocristaux d'amphibole. Basalte s. l..

En section : basalte finement vacuolaire, noir, compact. Petits phénocristaux de ferromagnésiens et de minéraux clairs. Aspect frais ; quelques veinules de couleur ocre.

* EN 20-3 - (Profondeur : -2259 m)

1 échantillon 45 x 25 x 15 cm.

Bloc fusiforme. Absence d'enduit. Veines blanchâtres formant un réseau. Vésicularité élevée (vésicules millimétriques à centimétriques). Basalte s.l. vésiculaire.

En section : basalte de teinte brune, très vésiculé (vésicules de 1 mm à 1 cm). Nombreux phénocristaux de ferromagnésiens, notamment des amphiboles en baguettes de quelques millimètres. Roche parcourue de filonnets blanchâtres sédimentaires larges de quelques millimètres à un centimètre.

* EN 20-4 - (Profondeur : -2254 m)

2 échantillons (il s'agit du même prélèvement qui s'est cassé en 2 morceaux) : 30 x 12 x 15 cm et 30 x 15 x 25 cm.

1) Bloc irrégulier, anguleux, perforé sur la face supérieure qui est recouverte d'un enduit noir peu épais. Ce bloc est constitué d'un sédiment induré, jaunâtre, friable dans lequel on voit (face supérieure) deux veines millimétriques indiquant un possible litage. Sédiment induré ou roche très altérée.

2) Bloc de nature similaire au précédent.

En section : roche ocre clair présentant une stratification interne. Un horizon très clair, à grain très fin, parcouru de filonnets inframillimétriques de teinte ocre sombre et grise. Un autre horizon plus foncé avec mouchetures ocres et grises (dendrites).

Quelques passées de teinte ocre à blanchâtre, très homogènes, épaisses de quelques millimètres.

* EN 20-5 - (Profondeur : -2249 m)

1 échantillon 30 x 20 x 10 cm.

Bloc triangulaire. Sédiment consolidé, jaunâtre, très bioturbé en surface. Galeries centimétriques anastomosées. Mince enduit de Fe-Mn en surface et sur les parois des galeries.

En section : boue micritique jaunâtre avec galeries.

* EN 20-6 - (Profondeur : -2127 m)

1 échantillon 12 x 22 x 13 cm.

Bloc ovoïde très dense avec encroûtement Fe-Mn légèrement mamelonné sur une face et une excroissance de même nature sur la face inférieure. Phénocristaux d'amphibole. Basalte.

En section : brèche bien consolidée. Éléments basaltiques, noirs, anguleux, de 5 millimètres à 3 centimètres. Basalte vésiculaire, riche en phénocristaux de ferromagnésiens. Matrice jaunâtre. Présence de fines veinules jaunes.

* EN 20-7 - (Profondeur : -2110 m)

1 échantillon 33 x 21 x 12 x 15 cm.

Bloc irrégulier, anguleux. Encroûtement peu épais (millimétriques) sur une face. Sur une autre face, nombreux et gros phénocristaux d'amphibole. Basalte.

En section : basalte brun sombre montrant quelques vésicules. Roche porphyrique, riche en amphiboles plurimillimétriques. Amas de ferromagnésiens, précoces, subarrondis. La roche est parcourue de filonnets clairs, sédimentaires, comparables à ceux de l'échantillon 20-3.

* EN 20-8 - (Profondeur : -1960 m)

1 échantillon 14 x 12 x 5 cm.

Petit fragment sub-rectangulaire recouvert d'un enduit Fe-Mn sur deux faces. Surface supérieure très irrégulière avec perforations. Sous l'enduit il s'agit d'un sédiment consolidé blanchâtre reposant sur un horizon de 4 centimètres, gris-beige. Roche sédimentaire ou tuff.

En section : roche sédimentaire ocre clair à grin très fin parsemé de mouchetures grises (dendrites de Mn ?). Perforations centimétriques ovales secondairement remplies.

* EN 20-9 - (Profondeur : -1865 m)

1 échantillon 31 x 13 x 14 cm, cassé en deux morceaux.

Bloc de forme de pointe de flèche, en deux morceaux. Il est recouvert d'un encroûtement de 2 à 4 centimètre d'épaisseur lui donnant un aspect plus ou moins mamelonné sur deux faces. Pas d'enduit sur l'autre face ; couleur brun rouille. C'est une roche assez homogène, gris foncé. La cassure s'est sans doute produite au niveau d'une fracture.

En section : basalte vacuolaire (vésicules millimétriques), de teinte brune. Abondants phénocristaux de ferromagnésiens (amphiboles en baguettes de quelques millimètres). Remplissage de certaines vacuoles par des produits blanchâtres (calcite, zéolites ?).

* EN 20-10 - (Profondeur : -1852 m)

1 échantillon 40 x 30 x 14 cm.

Gros bloc irrégulier plus ou moins en forme de dalle. Pas d'encroûtement mais seulement un mince enduit noir. Nombreuses vacuoles millimétriques. Phénocristaux d'amphibole. Ressemble à l'échantillon EN 20-3.

En section : basalte très vacuolaire de teinte brun foncé. Les vésicules sont plus petits que dans l'échantillon EN 20-3. Nombreux phénocristaux de ferromagnésiens. Roche parcourue par des filonnets de teinte ocre-blanchâtre, identiques à ceux de l'échantillon EN 20-3. Auréole d'altération de teinte rouille sur 1,5 centimètre.

* EN 20-11 - (Profondeur : -1490 m)

1 échantillon 14 x 20 cm.

Bloc ovoïde avec pédoncule. Le pédoncule correspond à de l'encroûtement. L'encroûtement est généralement peu épais, lisse mais il peut être localement plus conséquent et présente alors un aspect en "choux-fleur". Echantillon avec des éléments de nature probablement basaltique.

En section : brèche de teinte brune. Éléments centimétriques sub-arrondis mal individualisés : fragments altérés de basalte ou hyaloclastite. Quelques gros cristaux d'amphibole. Matrice brun sombre. La roche est parcourue d'un filonnet ocre, épais de quelques millimètres à un centimètre, de nature sédimentaire (datation possible ?).

* EN 20-12 - (Profondeur : -1349 m)

1 échantillon 20 x 20 cm.

Bloc ovoïde passant localement à un encroûtement mamelonné. Brèche volcanique ou sédimentaire altérée.

En section : brèche imprégnée de Fe-Mn. Éléments anguleux de 1 à 4 ou 5 centimètres. Teinte jaune à brun clair, grain très fin. Matrice jaune-verdâtre à jaune-rosé, très finement cristalline.

* EN 20-13 - (Profondeur : - ? m)

1 échantillon 7 x 3 x 6 cm. Ce fragment non prélevé en tant que tel s'est détaché de l'un des échantillons décrits précédemment (le N° 12 a été remonté dans la pince).

Fragment de galet fruste moyennement émoussé à facettes. Patine luisante évoquant un vernis désertique.

Achevé d'imprimer
à l'
Atelier de reproduction
du Centre IFREMER de Brest
BP 70 - 29280 PLOUZANE

Dépôt légal : 1er trimestre 1994

Dix-neuf plongées scientifiques ont été effectuées, à bord du submersible "Nautilus" porté par le N/O "Nadir", au cours de la campagne ÉQUANAUTE du 3 juin au 2 juillet 1993, au long de trois régions caractéristiques de la façade africaine équatoriale de l'Atlantique : quatorze plongées ont concerné la marge profonde de Côte d'Ivoire - Ghâna, trois plongées la marge méridionale de la Guinée, deux plongées ont été réalisées sur un relief profond jalonnant le tracé de la zone de fracture de la Romanche. Cet ouvrage présente de manière synthétique les principales observations et mesures provenant de cette campagne.

Mots clés : marges continentales transformantes, zone de fracture océanique, plongées scientifiques, Afrique de l'Ouest, Atlantique Équatorial.

Nineteen scientific dives have been performed on board the submarine "Nautilus" during the EQUANAUTE cruise (june 3 to july 2 - 1993) along three main areas off western Equatorial Africa ; fourteen dives concern the deepest parts of the Côte d'Ivoire and Ghâna transform margin ; three dives were made on a wide volcano along the southern Guinean margin ; two dives were devoted to a deep submarine relief along the extinct Romanche fracture zone. This report gives a brief review of direct in situ observation as well a synthetic geological cross section for each dive.

Key-words : continental transform margin, fracture zone, scientific dives, West Africa, Equatorial Atlantic.

ÉDITIONS DE L'IFREMER
IFREMER - Centre de BREST
BP 70 - 29280 PLOUZANÉ (France)
Tél. 98 22 40 13 - Fax 98 22 45 86

