

ELF - R. E.
DIRECTION EXPLORATION
LABORATOIRE EXPLORATION

reg ^{BOX 98 - NO 143}
WELLFILE

SONDAGE NJORD 10/8 - 1

ETUDE STRATIGRAPHIQUE, GEOCHIMIQUE
ET SEDIMENTOLOGIQUE

03-D-31 n°1/501 R
/cb

Stratigraphie : J. DUCAZEAUX - P. DURIF -
E. GROS DIDIER

Géochimie : P. JONATHAN

Sédimentologie : J.P. CASSAN - G. TCHIMICHKIAN

Avril 1971

FICHE DE DIFFUSION

REF : 03-D-31 n°1/501 R

TITRE : Etude stratigraphique, Géochimique et sédimentologique Sondage NJORD 10/8-1

AUTEUR : J. DUCAZEAUX, P. DURIF, E. GROSDIDIER,
D. JONATHAN, J. P. CASSAN, G. TCHIMICHKIAN.

DESTINATAIRES :

MM. R.G. LEVY
PERRODON } 1
S.I.D. 1
Département Géologique Central 1
DIVISION II Europe du Nord 6

LISTE DES PLANCHES

Annexe :

- I - Tableaux d'analyses des minéraux lourds par échantillon
- II - Tableaux d'analyses des minéraux argileux sur carottes latérales

Figures dans le texte :

pages

- | | |
|---|--------------|
| 1 - Composition moyenne des minéraux lourds par étages | 20 |
| 2 - Répartition des minéraux lourds dans le Pléistocène-Oligocène de l'off-shore norvégien. | 22 |
| 3 - Répartition des minéraux lourds dans le Trias de l'off-shore norvégien | 23 |
| 4.5.6- Corrélations entre les sondages Odin, Tor, 17/11 - 1, Frøya, 9/12-1, 10/8-1 et D1 au moyen des minéraux lourds | 24, 25 et 26 |

Hors-texte :

- Pl.1 - Log de répartition des microfaunes (Foraminifères - Ostracodes)
- Pl.2 - Log de répartition et zonation des microflores Spores-Pollens et Dino-flagellés.
- Pl.3 - Résultats d'analyses géochimiques
- Pl.4 - Analyse lithologique des déblais et interprétation sédimentologique.
- Pl.5 - Eléments de caractérisation fournis par les différentes techniques de Laboratoire.

SOMMAIRE

STRATIGRAPHIE PAR MICROPALÉONTOLOGIE (Tertiaire à Jurassique Supérieur)

- I - Introduction
- II - Zonation et remarques stratigraphiques
- III - Conclusions

STRATIGRAPHIE PAR PALYNOLOGIE (Néocomien au Zechstein)

- I - Matériel étudié - Résultats généraux
- II - Zonation palynologique et remarques stratigraphiques
- III - Conclusions de l'étude palynologique

GEOCHIMIE ORGANIQUE

- I - Résultats d'analyses de déblais
- II - Résultats d'analyses de carottes latérales
- III - Conclusion

SEDIMENTOLOGIE

- I - Etude des minéraux lourds - Comparaison avec les autres sondages de l'off-shore norvégien - Sources d'apports.
 - II - Analyse lithologique des déblais
 - III - Considérations sédimentologiques. Milieux de dépôt.
-

Le sondage NJORD 10/8 - 1 a fait l'objet d'une intervention mettant en jeu l'ensemble des différentes spécialités du Laboratoire, ceci du sabot du tubage à 508 mètres jusqu'au fond du puits à 2 860 mètres.

Au départ, il était décidé que la couverture stratigraphique était assurée par :

- la micropaléontologie du Tertiaire au Jurassique supérieur.

- la palynologie du Néocomien jusqu'au fond du puits, une zone de chevauchement étant utile pour le passage d'une échelle à l'autre.

De leur côté, la lithologie, l'analyse des minéraux lourds et la Sédimentologie avaient pour tâche de repérer les faciès, les cycles sédimentaires et dans une certaine mesure, les directions d'apports que l'on s'efforce maintenant de préciser pour la série norvégienne.

Enfin la Géochimie devait tenter de caractériser l'aspect "potentiels d'hydrocarbures", migrés ou *in situ*.

On trouvera en conclusion, après l'inventaire des observations issues de chacune de ces méthodes d'analyse, des considérations d'ordre synthétique, tant sur les résultats acquis que sur les problèmes qui restent posés ou qui se posent maintenant.

STRATIGRAPHIE PAR MICROPALÉONTOLOGIE

I - INTRODUCTION

L'étude micropaléontologique - Foraminifères et Ostracodes - du sondage NJORD 10/8 - 1 a été faite de 515 m à 1580 m sur déblais et carottes latérales.

L'espacement des échantillons examinés est en moyenne de 10 à 20 m, exceptionnellement égal ou inférieur à 5 m. La plupart des échantillons se sont révélés fossilières jusqu'à 1500 m environ, pratiquement "azotiques" au-dessous de 1510 m. Les quantités de résidu recueilli après lavage ont été faibles dans l'ensemble, les "retombées" localement très importantes.

Un tableau de répartition de la microfaune a été établi pour le tertiaire, le Crétacé et le Jurassique.

II - ZONATION ET REMARQUES STRATIGRAPHIQUES (Pl.1)1 - TERTIAIRE1.1 - TERTIAIRE INDIFFERENCIE : 515 à 550 m

La microfaune recueillie dans cet intervalle est composée d'espèces du Paléocène et du Paléocène - Eocène avec notamment :

Allomorphina halli
Bulimina paleocenica
Bulimina trigonalis
Globorotalia pseudobulloides
Globigerina Gr. triloculinoides

Un certain nombre d'individus - à test blanc évoquant un sédiment "craieux" - pourraient être remaniés ; aucune espèce caractéristique d'un étage plus récent que l'Eocène - Paléocène n'a pu toutefois être observée, tant sur déblais que sur carottes latérales. La pauvreté de la microfaune recueillie ne permet pas de lever l'incertitude sur l'âge réel de ces assises.

... / ...

1.2 - PALEOCENE A EOCENE : 560 à 730 m

121 - La partie supérieure de cet intervalle est caractérisé, à 560 et 580 m, par une microfaune à prédominance de Lagenidae :

Nodosaria latejugata
Nodosaria torsicostata
Nodosaria aff. raphanistrum
Robulus discus
Robulus aff. klagshamnensis

association décrite du "Paléocène" (P. moyen - supérieur) de Suède ; la plupart de ces espèces peuvent se rencontrer également dans l'Eocène.

L'échantillon de 560 m renferme en outre des formes "arénacées" de l'Eocène inférieur - Paléocène supérieur :

Cyclammina sp.
Trochammina inflata
Bathysiphon ? *eocenicus*.

Parmi les autres espèces, plus typiquement paléocène, observées dans ces échantillons on peut citer :

Bulimina trigonalis
Bulimina midwayensis
Gavelinella lellingensis
Alabamina cf *solnaensis*

122 - A partir de 600 m la microfaune est caractérisée par les espèces suivantes :

Allomorphina halli
Karreria fallax, à 600 m
Bulimina paleocenica
Alabamina cf *solnaensis*
Anomalina grosserugosa
Osangularia expansa
Stilostomella spinosa
Cibicides spp.
Osangularia lens, à 650 m
Globorotalia pseudobulloides, à 670 m

... / ...

Les deux dernières espèces suggèrent un Paléocène inférieur - Danien à partir de 650 m (?).

L'association caractéristique du Danien a été observée dans l'échantillon de 710 m :

Globigerina daubjergensis
Globorotalia compressa
Globorotalia pseudobulloides
Globigerina triloculinoides

1.3 - Passage DANIEN - MAESTRICHTE : 750 à 801 m

Cet intervalle est caractérisé par de nombreux débris de Bryozoaires, spicules d'Eponges, radioles d'Echinides... et l'apparition des espèces :

Gavelinopsis bembix
Gavelinopsis voltziana
Pseudovalvularia spp.
Mississippina binkhorsti, à 770 m
 accompagnées de rares :
Globigerina triloculinoides
Globigerina varianta
Globorotalia pseudobulloides

Cette dernière association, dans la mesure où elle ne provient pas de contaminations (retombées ou "cake") suggère un âge danien ; les espèces benthiques observées se rencontrent généralement dans le Maestrichtien, l'espèce *Mississippina binkhorsti* étant localisée à la base du Danien et dans la partie sommitale du Maestrichtien.

2 - CRETACE SUPERIEUR

2. 1. - MAESTRICHTE : 820 à 910 m ?

Dans cette zone apparaissent :

Buliminella spp.
"Lagenas", abondantes
Bolivina incrassata
Rugoglobigerina gr. rugosa, rare
Gavelinopsis gr. involutiformis / ventricosa

... / ...

Stensioina pommerana
Arenobulimina spp.
associés à :
Gavelinopsis bembix
Gavelinopsis gr. voltziana

2. 2. - CAMPANIEN SUPERIEUR : 910 m ? à 950 m

L'entrée dans le Campanien supérieur pourrait être marquée vers 910 m par l'apparition de l'espèce :

Globorotalites micheliniana

La base de cet intervalle est caractérisée par la présence à 930 m de très rares :

Stensioina pommerana juvenilis
Stensioina exculta.

2. 3. - CAMPANIEN INFÉRIEUR : 970 m à 990 m

La microfaune essentiellement benthique est caractérisée par l'association :

Gavelinella clementiana
Stensioina exculta
Stensioina exculta aspera
Stensioina pommerana juvenilis

2. 4. - SANTONIEN : 1010 à 1040 m

Dans cette zone apparaissent :

Globorotalites subconica
Bulimina reussi
Bolivinoides strigillatus
Stensioina cf. praeexculta

... / ...

avec présence de formes planctoniques :

Globotruncana lapparenti tricarinata

Globotruncana lapparenti angusticarinata

Globotruncana gr. "marginata"

Praeglobotruncana ? spp., abondantes à 1030 m

2. 5. - CONTACIEN : 1060 à 1100 m

La microfaune est composée principalement de *Stensioina* et de *Globotruncana* avec les espèces :

Stensioina praeexculta

Stensioina praeexculta granulata

Stensioina gracilis

Globotruncana lapparenti coronata

Globotruncana lapparenti bulloides

Globotruncana paraventricosa

Praeglobotruncana aff. imbricata, à 1080 m

2. 6. - TURONIEN : de 1110 à 1160 m

Cet intervalle est caractérisé par une microfaune à prédominance de formes planctoniques :

Praeglobotruncana ? gr. paradubia, abondante

Praeglobotruncana aff. imbricata

Globotruncana lapparenti coronata

avec rares :

Stensioina praeexculta

Gavelinopsis spp.

Valvularia lenticula, à 1160 m

... / ...

2. 7. - CENOMANIEN ? : échantillon 1165 m (carotte latérale)

Microfaune composée uniquement de nombreuses :

Hedbergella spp.

avec de très rares :

Gavelinella gr. baltica / ammonoides

Glomospira gordialis.

3 - CRETACE INFÉRIEUR :

3. 1 - ALBIEN (à APTIEN sup ?) : 1180 à 1230 m

A partir de 1180 m, apparition d'une microfaune à test rougeâtre renfermant de rares :

Textularia foeda

H. (Trochammina ?) cf. globosa

Hedbergella spp.

Globigerinelloides sp.

Valvulineria gracillima

Epistomina chapmani

Hedbergella planispira

et de très nombreuses :

Hedbergella délrioensis, principalement dans les carottes latérales de 1190 et 1230 m (dans les déblais : importantes retombées du Crétacé supérieur et du Paléocène).

3. 2. - APTIEN INFÉRIEUR ? : échantillon de 1240 m

A côté de nombreuses Hedbergella délrioensis, rares Valvulineria gracillima, Epistomina chapmani observées plus haut, présence de très rares

Gavelinella barremiana

suggérant un âge Aptien inférieur, mais peut-être remaniées (?).

... / ...

3. 3. - BARREMIEN : 1250 à 1280 m ?

Cet intervalle est caractérisé par la présence de :

Conorotalites aptiensis

Conorotalites intercedens

Gavelinella barremiana

Epistomina chapmani

Epistomina hechti

L. (Marginulinopsis) gracilissima, rare

L. (Marginulinopsis) robusta, rare

avec dans la partie supérieure encore d'assez nombreuses Hedbergella delrioensis à test rougeâtre et provenant vraisemblablement des assises sus-jacentes.

3. 4. - HAUTERIVIEN SUPERIEUR (à BARREMIEN basal ?) : échant. de 1290 m.

Microfaune constituée par :

Gavelinella ? sigmoicosta

Epistomina caracolla caracolla

Epistomina gr. ornata / spinulifera

L. (Marginulinopsis) gr. breyeri

Marginulina pyramidalis

L. (Planularia) crepidularis

Lenticulina gr. eichenbergi

3. 5. - CRETACE INFERIEUR indifférencié : 1305 à 1330 m

Les échantillons de cet intervalle sont peu fossilières ou non représentatifs.

La carotte latérale de 1305 m a livré principalement des Epistomina rappelant l'espèce

Epistomina caracolla anterior
signalée surtout au Valanginien (?)

... / ...

3. 6. - VALANGINIEN : 1340 à 1360 m

Un Valanginien moyen - supérieur est bien identifiable à 1340 m avec la présence de :

Ammovertella cellensis, assez abondante

Protocythere hannoverana

Au-dessous de cette cote, les échantillons sont peu représentatifs ; ils renferment de rares Epistomina dont : *Epistomina caracolla anterior*, à 1345. (C. L. A. B.)

4 - JURASSIQUE4. 1. - KIMMERIDGIEN : 1380 à 1410 m ?

A partir de 1380 m et plus nettement à 1400 et 1410, la microfaune est composée par les espèces :

Haplophragmoides cf. cam-i

Trochammina aff. canningensis

Galliaecytheridea sp.

Galliaecytheridea aff. wolburgi

"Mandelstamia" *rectilinea*

4. 2. - JURASSIQUE indifférencié : 1420 à 1450 m

A côté des espèces "arénacés" (*Haplophragmoides*) déjà rencontrées, apparition de rares :

Reinholdella spp.

4. 3. - OXFORDIEN - DOGGER : 1460 m ? à 1510 m ?

L'échantillon de 1460 m (déblais) a livré une faune assez abondante de :

Reinholdella spp. abondantes

Epistomina sp., rare
associée à des *Lagenidae* (*Lenticulina*) et de rares :

Trochammina cf. sablei

swc.

La microfaune recueillie à 1470 m (C. L. A. B.) se distingue par son excellent état de conservation ; elle est constituée essentiellement d'*Epistominiidae* :

Reinholdella spp.

Epistomina gr. uhligi, abondante

Epistomina cf. reussi

Epistomina conica

... / ...

espèces particulièrement abondantes dans la partie supérieure du "Dogger" (Callovien, notamment) et l'Oxfordien.

De 1480 à 1510 m la microfaune est pauvre et constituée d'espèces rencontrées plus haut :

Reinholdella spp.
Trochammina cf. sablei
Haplophragmoides spp.
Lenticulina spp.

la part revenant à des "retombées" étant difficilement discernable.

Les échantillons traités dans les assises sous-jacentes, sur déblais et carottes latérales, de 1520 à 1580 m se sont révélés non fos-silifères.

III - CONCLUSIONS :

L'étude micropaléontologique, Foraminifères et Ostracodes, du Tertiaire, du Crétacé et du Jurassique du sondage NJORD 10/8 - I, effectuée de 515 à 1580 m sur déblais et carottes latérales a donné les principaux résultats suivants :

a) dans le Tertiaire :

- présence d'espèces du Paléocène (à Eocène) vraisemblablement remaniées dans des assises plus récentes (post Eocène ?), de 515 à 550 m environ.
- série Eocène ? - Paléocène à partir de 560 m, avec présence d'une association planctonique du Danien à 710 m.
- Dano-Maestrichtien calcaire à Bryozoaires, Echinides et Foraminifères benthiques calcaires prédominants.

... / ...

b) dans le Crétacé supérieur

- mise en évidence de tous les termes du Sénonien : Maestrichien, Campanien supérieur et inférieur à faune benthique, Santonien et Coniacien à *Stensioina* et *Globotruncanae*.
- Turonien supérieur-moyen, à *Praeglobotruncana* ? gr. *paradubia* ("Rugoglobigerines").
- Cénomanien (?), réduit à *Hedbergella*.

c) dans le Crétacé inférieur

- Albien - Aptien supérieur ? à faune rougeâtre principalement pélagique (*Hedbergella de Rioensis*).
- mise en évidence d'un Barrémien à *Conorotalites* et *Gavelinella* et d'un Hautevrien supérieur à Barrémien basal (?) à *Lagenidae* et *Epistomina*.
- Valanginien moyen - supérieur à *Ammovertella* et *Ostracodes*

d) dans le Jurassique

- au sommet : **Kimméridgien** à *Ostracodes* et *Foraminifères "arénacés"*
- vers le bas : Oxfordien - Dogger à *Epistominidae* en très bon état de conservation (1460 et surtout 1470 m), sans *Ostracodes*.
Au - dessous de 1510 m environ, les échantillons traités se sont révélés non fossilières.

STRATIGRAPHIE PAR PALYNOLOGIE

I - MATERIEL ETUDIE - RESULTATS GENERAUX :

Les microflores organiques du Crétacé Argileux, du Jurassique et du Trias, entre 1300 et 2850 m, ont été analysées avec des mailles d'échantillonnage variées. La maille a été resserrée dans la partie supérieure au cours de l'étude à mesure que se précisait la zone d'intérêt de l'intervention paléontologique. Elle est lâche dans l'épaisse formation gréuseuse. Les échantillons correspondent à des carottes latérales (18 niveaux) et à des déblais (35 niveaux).

Le Crétacé et le Jurassique entre 1300 et 1570 m montrent des associations mixtes à Spores et Dinoflagellés, généralement assez riches quoique souvent altérées.

Aucune carotte latérale entre 1547 et 2870 m n'est fossile ; les échantillons de déblais prélevés dans ces formations contiennent des microflores du Jurassique qui ont été considérées comme retombées.

(L'échantillon 2850 m renferme une microflore du Zechstein.

II - ZONATION PALYNOLOGIQUE ET REMARQUES STRATIGRAPHIQUES : (Pl. 2)

La reconnaissance des microflores du sondage NJORD est fondée sur la comparaison directe avec la zonation palynologique du Mésozoïque de Norvège. Ces données actuelles sont donc clairsemées, surtout pour le Jurassique faute d'une étude de référence sérieuse. La zonation est basée presque uniquement sur les organismes marins (Dinoflagellés), ce qui a posé des difficultés de corrélation avec NJORD où les microflores reconnues, surtout dans le Jurassique, sont à dominance continentale.

① - 1300 - 1370 m - Zone à Dinoflagellés 8838 - 8839

Microflore mixte à dominance d'éléments marins.

La microflore continentale est marquée par la fréquence des spores cicatrisées (4932) et par la présence sporadique des spores 4965 - 4959 - 3006 - 3623 - les pollens de Gymnospermes sont fréquents. On remarque la présence encore réduite de spores qui seront beaucoup plus abondantes dans le Jurassique, par exemple 3062 et 3007, ainsi que des pollens du genre Zonalapollenites.

La microflore marine est extrêmement riche et comprend la plupart des espèces observées en Norvège dans des formations équivalentes, attribuées au VALANGINIEN. Cette association est caractérisée par les Dinoflagellés 8838 - 8839 et la fréquence de D. 426.

... / ...

L'existence de certaines espèces considérées comme Jurassique (8840 - 8651 - 8601 - 8760) ne va pas à l'encontre des conclusions stratigraphiques énoncées. Dans le sondage 17 - 11 - 1, la présence d'espèces Jurassiques dans la séquence équivalente (zone à 8838 - 8839) avait été expliquée par les remaniements. Or, on sait que le Dinoflagellé 8651, donné pour Kimmeridgien - Oxfordien par les auteurs, se trouve encore dans le Valanginien, en Hollande, et dans le Crétacé inférieur au Canada. Il n'est donc pas impossible que ces espèces Jurassiques se trouvent "en place", dans les niveaux Valanginiens où elles ont été observées.

Age : VALANGINIEN

(2)- 1380 - 1440 m - Zone à Trilète 3005 et abondants 3001 - 3022 - 4915

Entre 1380 et 1440 m, la microflore continentale subit un changement marqué par l'accroissement, avec une fréquence constante, des pollens 3001 tandis que le fond de l'association se compose de très fréquents 3022, 4915 et de fréquents pollens de Gymnospermes.

Apparition des trilètes 3005 et 4993

Dans cet intervalle, les Dinoflagellés sont rares : quelques retombées probable du Crétacé inférieur et quelques Dinoflagellés Jurassiques peu représentatifs.

Cette variation du spectre sporopollinique traduit une coupure au passage du VALANGINIEN marin au JURASSIQUE à faciès continental. Grâce aux études de D. BURGER *, en Hollande, on sait que la coupure Jurassique - Crétacé des flores continentales se situerait au niveau des "Pollen zones V et W", soit dans la base du Weald (= Wealden 1 - 2 ou Purbeckien supérieur moyen anglais). A ce niveau, la microflore subit (sens stratigraphique) deux modifications :

- Forte diminution des Classopolis
- Accroissement des spores trilètes

C'est un phénomène analogue qui se produit à NJORD où l'on observe, dès 1380 m, dans le sens sondage cette fois :

- une augmentation des Classopolis
- une diminution de fréquence des spores en général, en particulier disparition des spores cicatricosées.

Age : Il est donc probable que cette microflore continentale de NJORD appartient au JURASSIQUE TERMINAL (Wealden 1 - 2 allemand - Purbeckien anglais)

(3)- 1460 - 1505 m - Zone à Dinoflagellés 8760 - 8764

Microflore mixte, à dominance d'éléments continentaux, si l'on tient compte du fort pourcentage de pollens et Gymnospermes -(50 % du matériel sporolinique).

* Palynology of Uppermost Jurassic and lowermost Cretaceous Strata in the Eastern Netherlands

La microflore continentale se caractérise par la brusque abondance des spores 3062 - 3007 - sp. 175 - sp. 76 - 3069 - 3047 -

Apparition de la spore 3027
" du pollen 3162

La microflore marine montre un renouvellement très net avec une fréquence assez importante des Dinoflagellés 8760 - 8764 - 8828 - Présence plus rare du Dinoflagellé D. 429.

Cette association est analogue à la microflore de la zone à Dinoflagellés 8828 et 8760 du sondage 17/11 - 1 attribuée à un JURASSIQUE SUPÉRIEUR ANTE6PORTLANDIEN. X

Age : Etant donné la rareté des études précises consacrées aux Dinoflagellés dans ces séries, il est difficile du seul point de vue palynologique d'en préciser l'âge. Cependant, par référence à nos travaux sur le Jurassique d'Aquitaine 1 *, la répartition stratigraphique des espèces communes aux deux régions (8760 - 8774 - 8764 - D. 429) indique un âge KIMMERIDGIEN à CALLOVO - OXFORDIEN pour cette microflore.

(4) - 1512 - 1570 m

L'association jurassique est marquée par une régression des spores et des pollens et par la pratique disparition des Dinoflagellés. On retrouve donc la microflore précédente mais considérablement réduite.

Présence sporadique des Pollens 3001 - 3022 - 4915 - sp. 76

Présence légèrement plus fréquente de la spore 3047

Cette association est observée dans les carottes latérales de 1512 - 1519, puis dans les déblais 1530 - 1550 - 1560/70. Les carottes latérales de 1547 à 1583 ne sont pas fossilières.

La datation de cet intervalle est délicate. Nous l'attribuons à un JURASSIQUE indifférencié, à faciès continental.

(5) - 1590 - 2800 m

Les carottes latérales prélevées dans cette série ne sont pas fossilières.

Les déblais intercalaires contiennent une microflore du Jurassique. Cette microflore, constituée probablement de retombées, appelle quelques remarques concernant :

- la pratique disparition des Dinoflagellés vers 2000 mètres. Ces organismes sont d'ailleurs assez rares de 1590 à 2000 m en déblais et totalement absents à 1512 m en CLAB. Cette baisse des éléments marins est d'ailleurs suivie par la diminution de fréquence des pollens disaccates. Au-dessous de 2000 m, les Dinoflagellés sont très rares, souvent altérés et indéterminables.

- la constance des retombées qui se composent, dans leur ensemble, des espèces les plus communément rencontrées au-dessus. Leur fréquence est variable suivant les échantillons.

- un changement assez sensible vers 2 500 m, où la recrudescence des pollens 3001 et 3047 jointe à l'existence de certaines spores (3065 notamment) avait fait initialement songer à une microflore du LIAS pour référence avec le LIAS

* Etude palynoplanctologique du Jurassique - Crétacé inférieur de la région de Parentis (Aquitaine) - mai 1969 - D. 31. B. n° 9/193 R

de France observé dans plusieurs anciens sondages. Cette variation dans la constitution de la microflore est tout de même troublante car dans l'hypothèse de retombées du Mésozoïque argileux, les associations mêlées devraient être constantes. Quoiqu'il en soit, l'absence de données sur carottes (carottes latérales non fossilières) ne permet pas de trancher cette question et incite à considérer les spores et pollens observés comme des retombées Jurassique.

⑥- 2850 m

Cet échantillon de déblais, le premier en dessous de 2800 m, renferme une microflore du ZECHSTEIN à Lueckisporites, Limitisporites, Jugaspores, etc...

III - CONCLUSIONS DE L'ETUDE PALYNOLOGIQUE :

- L'étude de NJORD confirme la richesse des microflores du Valanginien, La présence des Dinoflagellées diversifiés et stables, facilite les comparaisons entre sondages.

- La variation climatique régionale traduite par un changement du stock sporopollinique à 1380 m correspond probablement au passage Crétacé - Jurassique qui se situerait d'après certains auteurs, au sein du WEALDEN allemand (équivalent du Purbeckien supérieur - moyen anglais).

- La microflore de 1460 à 1505 (KIMMERIDGIEN à CALLOVO - OXFORDIEN) est corrélable avec les microflores de Norvège correspondant aux argiles radioactives.

- L'ensemble gréseux inférieur (1503 - 1560) est attribué à un Jurassique indifférencié, très pauvre, à faciès continental.

- L'épaisse série gréseuse attribuée au Trias ne contient que des spores et des pollens jurassiques considérés comme retombés.

RESULTATS D'ANALYSES GEOCHIMIQUES

L'étude géochimique des niveaux infra-craie rencontrés par le sondage NJORD 10/8 - 1 x a été effectuée à partir de déblais entre 1200 et 2825 mètres. Compte tenu de la présence de gas-oil dans la boue de forage, et après examen des résultats des dosages de carbone organique total (COT) et de la fraction soluble de la matière organique, il a été jugé utile, présumant une pollution moindre sur les carottes latérales, de doser cette fraction sur quelques unes de ces carottes correspondant à des niveaux particulièrement riches du Trias.

I - RESULTATS D'ANALYSES DE DEBLAIS (Voir Pl. 3)

①- Carbone organique total - Trois zones de teneurs se découpent nettement :

- a/ - Crétacé inférieur : les valeurs sont très voisines de 1 %, pouvant atteindre 1,5 %.
- Jurassique : les teneurs dépassent généralement 1 %, atteignant encore 1,5 %.
- b/ moitié supérieure du TRIAS -(1510 à 2080 m) : le carbone organique est faible presque uniformément voisin de 0,2 %
- c/ moitié inférieure du TRIAS : on note un décrochement brusque des teneurs en COT, toutes supérieures à 0,5 % ;

N. B. : La boue est du type "émulsionnée" dès entrée dans le TRIAS, à 1509 m.

... / ...

aucune liaison ne semble possible avec la lithologie et en tous cas avec la variation de faciès notée à 2300 m.

Il y a tout lieu de penser que cette augmentation brutale du COT, qui n'atteint pas pour autant des valeurs remarquables, est dûe à une pollution par des corps étrangers (gas-oil ou autres substances organiques).

②- Matière organique extractible :

Cette phase de l'analyse est la plus affectée par la présence dans la boue de forage, de gas-oil ou autres ingrédients plus ou moins solubles dans les solvants organiques.

a/ Crétacé et Jurassique (type de boue : FCL améliorée à la CMC à l'eau de mer). Les teneurs sont assez constantes aux environs de 300 ppm. L'inflexion notée dans les résultats de COT au niveau du contact Crétacé inférieur - Jurassique est beaucoup moins marquée.

b/ Trias -(Boue : FCL améliorée à la CMC émulsionnée). Les deux zones notées précédemment (COT) sont encore apparentes à ce stade de l'analyse et la différence entre les valeurs moyennes y est amplifiée.

- de 1500 à 2080 m : 1500 ppm environ (0,15 %).
- de 2080 à 2750 m : 0,75 à 1,5 %

Cette variation brutale peut délimiter deux phases de traitement de la boue.

II - RESULTATS D'ANALYSES DE CAROTTES LATERALES : -(Voir Pl. 3)

Seuls des dosages de la matière organique extractible ont été effectués sur des échantillons prélevés dans les séries Triasiques. Les prélèvements peuvent être répartis en trois groupes :

1 - 1500 à 1650 mètres (4 échantillons) - Les teneurs en MOE correspondent bien à celles qui ont été trouvées pour les déblais si l'on admet un décalage de profondeur de l'ordre de 25 m on peut considérer qu'à ce niveau la pollution est encore faible.

... / ...

2 - 1880 à 2000 m - Les extraits de 4 échantillons ont été groupés ; leur teneur est de l'ordre de 500 ppm soit environ 30 % de la teneur présentée par les déblais pour la zone correspondante.

3 - 2075 à 2800 m - Six carottes latérales sont réparties sur cette zone. Les teneurs en MOE sont de l'ordre de 1000 ppm soit 10 % des valeurs obtenues sur déblais pour les mêmes niveaux.

III - CONCLUSION :

Les résultats analytiques obtenus à partir d'échantillons du sondage 10/8 - 1 x montrent les difficultés occasionnées à une étude géochimique par la présence de produits organiques dans la boue de forage.

Tous les échantillons des niveaux du Trias présentent un degré de pollution plus ou moins élevé et les carottes latérales ne sont vraisemblablement pas épargnées : on imagine d'ailleurs qu'elles peuvent être différemment atteintes suivant le degré de prosérité et de perméabilité du sédiment correspondant. Le doute subsiste donc sur la possibilité d'une présence de matière organique en place.

Tout l'intérêt doit donc être reporté, au moins actuellement sur les échantillons du Crétacé Inférieur et surtout du Jurassique, dans l'optique d'une éventuelle caractérisation de roche-mère. La réponse des analyses effectuées à ce jour justifierait une telle démarche : COT 1,5 % rapport MOE/COT entre 3 et 5 %, teneurs en gaz sorbés dont il serait souhaitable de mieux connaître la composition des C_6^+ .

SEDIMENTOLOGIE

I - ETUDE DES MINERAUX LOURDS, COMPARAISON AVEC LES AUTRES SONDAGES DE L'OFF-SHORE NORVEGIEN - SOURCES D'APPORTS -

Les minéraux lourds des formations assez riches en sable du Tertiaire récent et du Trias ont été étudiés. Un essai a été également traité sur les terrains crétacés et jurassiques bien que le matériel sableux y soit plus rare.

Les résultats de cette étude permettent de proposer des corrélations avec les sondages de l'off-shore norvégien précédemment étudié.

A - Description des minéraux lourds : (Annexe I et fig. 1 p. suivante)

Les minéraux lourds étudiés peuvent être répartis en 3 groupes :

- 1° Tertiaire récent avec peut-être Pléistocène (515 à 570 m)
- 2° Crétacé et Jurassique (1180 à 1500 m)
- 3° Trias (1510 à 2828 m).

1) - Tertiaire récent :

Dans les échantillons examinés, entre 515 et 570 m (déblais ou carottes latérales), la composition des minéraux lourds est assez constante; ils sont particulièrement riches en épidote, zoisite, hornblende et parfois aussi en augite.

Ce niveau étudié peut-être divisé en deux parties : 515 à 540 m et 540 à 570 m. Dans la partie supérieure, les teneurs sont particulièrement fortes en épidotes et amphiboles (66 %) et très faibles en résistants et titanifères (13 %). Dans la partie inférieure, les teneurs en épidotes et amphiboles sont nettement plus faibles (46 %), mais beaucoup plus fortes en résistants et titanifères (40 %). Dans les deux cas, les teneurs en minéraux métamorphiques (grenat, staurotide, disthène) sont relativement faibles de (7 à 12 %). Il faut noter, dans la partie supérieure un passage particulièrement riche en augite (45 %) qui semble correspondre à une intercalation tuffoïde.

Une évolution semblable de la composition des minéraux lourds a été

.../...

* Sondages 2/6 - 1 x (Frøya) D1 et 9/12 - 1 (Puits Shell) Etude des minéraux lourds de la série traversée. Comparaison aux autres sondages de Norvège off-shore - Août 1970 - 03 - D - 31 - n° 0/417 R

X

vue, entre autres, dans le Sondage D 1. Par comparaison, le niveau supérieur (515 - 540 m) pourrait correspondre au Pleistocene et le niveau inférieur (540 - 570) au Mio-Pliocene.

D'une façon générale, l'association de minéraux lourds riche en epidotes et amphiboles paraît être caractéristique des formations d'âge Pleistocene et Mio-Pliocene des sondages de l'Off-Shore norvégien. (On peut également citer : 17/11 - 1, COD, FRØYA, 9/12 - 1 et D1) X

2) - Crétacé et Jurassique ?

Douze échantillons ont été étudiés entre 1180 et 1500 m. Sauf un, ils n'ont donné que des traces de minéraux lourds, le seul échantillon (1430) dans lequel on ait pu préciser la composition des minéraux, est particulièrement riche en résistants et titanifères (77 %). Il contient en outre du grenat (17 %) de l'apatite (1 %) et un peu d'épidote (retombées ?).

Cette composition semble être intermédiaire entre celles des sondages avoisinants : Frøya, D1 et 9/12 - 1. Mais l'analyse d'un seul échantillon de déblais est insuffisante pour caractériser l'âge jurassique.

3) - Trias

La formation triasique est particulièrement riche en minéraux lourds. Leur composition est semblable à celle du Trias de trois autres sondages de l'off-shore norvégien : TOR, 9/12 - 1 et D1.

Cette composition est caractérisée par l'association suivante :

- grenat - apatite - oligiste - epidote.

D'après l'évolution quantitative des minéraux lourds, on peut subdiviser le Trias en trois parties :

- supérieure : 1510 à 1580 m
- moyenne : 1580 à 2560 m
- inférieure : 2560 à 2828 m

Du haut vers le bas, les teneurs en résistants et titanifères diminuent fortement : de 59 à 33 %.

Les teneurs en apatite restent constantes à \pm 5 %.

Les teneurs en grenat varient peu dans les parties supérieures et moyennes où elles sont de l'ordre de 25 % ; par contre, dans la partie inférieure, le grenat atteint 55 %. L'oligiste par ailleurs, est moins important au sommet (6,5 %) qu'au milieu et à la base (13,5 - 11,5) de la série.

En ce qui concerne l'épidote, ses teneurs passent par un maximum : 4 %, 28 % et 8 %. Le phénomène a été également observé dans le sondage 9/12 - 1.

... / ...

SONDAGE 10/8-1 - NORVEGE

CADRE STRATIGRAPHIQUE	NEOGENE (et Pléistocène)			PALEOCENE (?)	DANIEN	LA CRAIE	ALBIEN- VALANG.	KIMMERIDG. OXFORDIEN	TRIAS			
	515 à 540	540 à 570	(moyenne)						1510 à 1580	1580 à 2580	2560 à 2828	(moyenne)
COTES DES INTERVALLES DEFINIS				570 à 590	590 à 750	750 à 1180	1180 à 1370	1370 à 1510	1510 à 1580	1580 à 2580	2560 à 2828	
<i>Ilménite</i>	3, 5	15, 0	9, 0			-	tr	14, 5	37, 5	13, 0	9, 0	18, 0
<i>Leucoxène</i>	2, 0	5, 0	3, 0			-	tr	24, 5	8, 3	4, 2	2, 5	5, 0
<i>Sphène</i>	0, 5	tr	0, 5			-	-	-	-	-	-	-
<i>Rutile</i>	1, 0	4, 0	2, 5			-	tr	5, 0	1, 3	1, 0	1, 0	1, 0
<i>Anatase</i>	0, 5	1, 0	1, 0			-	-	2, 5	1, 1	1, 0	1, 0	1, 0
<i>Zircon</i>	2, 0	10, 0	5, 2			-	tr	13, 5	2, 0	1, 7	1, 0	1, 5
<i>Tourmaline</i>	4, 0	5, 0	4, 2			-	tr	17, 0	8, 6	6, 0	5, 0	7, 0
<i>Monazite, Xénotime</i>	-	-	-			-	-	-	-	-	-	-
<i>Apatite</i>	1, 0	1, 0	1, 0			-	-	1, 0	4, 5	5, 1	5, 5	5, 0
<i>Disthène</i>	1, 0	2, 0	1, 5			-	-	-	-	-	-	-
<i>Staurotide</i>	1, 0	2, 0	1, 5			-	-	-	-	-	-	-
<i>Andalousite</i>	-	-	-			-	-	-	-	-	-	-
<i>Grenat</i>	5, 0	9, 0	6, 4			-	tr	17, 0	26, 1	26, 0	55, 5	33, 0
<i>Chloritoïde</i>	-	-	-			-	-	-	-	-	-	-
<i>Epidote - Zoïsite</i>	35, 0	30, 5	33, 5			-	tr	5, 0	4, 1	28, 5	8, 0	18, 0
<i>Actinote - Trémolite</i>	4, 5	2, 5	4, 0			-	-	-	-	-	-	-
<i>Hornblende</i>	26, 5	13, 0	20, 7			-	-	-	-	-	-	-
<i>Diopside</i>	-	-	-			-	-	-	-	-	-	-
<i>Augite</i>	12, 5	1, 0	6, 0			-	-	-	-	-	-	-
<i>Hypersthène</i>	-	-	-			-	-	-	-	-	-	-
<i>Olivine</i>	-	-	-			-	-	-	-	-	-	-
<i>Saussurite</i>	-	-	-			-	-	-	-	-	-	-
<i>Chromite</i>	-	-	-			-	-	-	-	-	-	-
<i>Magnétite, Oligiste</i>	-	-	-			-	-	-	6, 5	13, 5	11, 5	11
Espèces minérales	1er Groupe			2ème Groupe				3ème Groupe				

Fig. 1 - COMPOSITION MOYENNE DES MINERAUX LOURDS PAR ETAGES

B - Conclusion

D'une façon générale, cette étude confirme les conclusions des précédentes études de minéraux lourds dans l'off-shore norvégien.

Dans le Tertiaire récent (Pleistocène et Mio-Pliocène), nous avons actuellement six sondages dans lesquels la composition des minéraux lourds est particulièrement constante (voir fig. 2 page suivante). Les minéraux caractéristiques et prédominants sont les epidotes et les amphiboles.

Nous avons vu précédemment que l'accumulation de ces minéraux (et surtout des amphiboles) peut avoir pour origine du matériel appartenant à des chaînes récentes. Les apports viendraient du Sud et du Sud-Ouest du continent européen sous l'effet de la surrection de la chaîne alpine. Dans le bassin de la Mer du Nord, on trouve donc dans le Tertiaire post-tectonique, les produits d'érosion qui suivirent la formation de la chaîne.

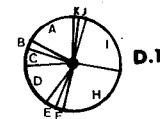
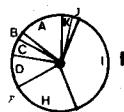
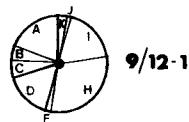
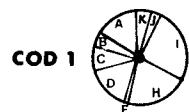
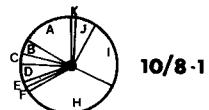
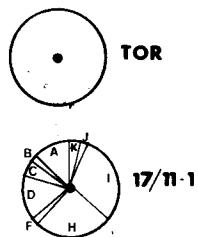
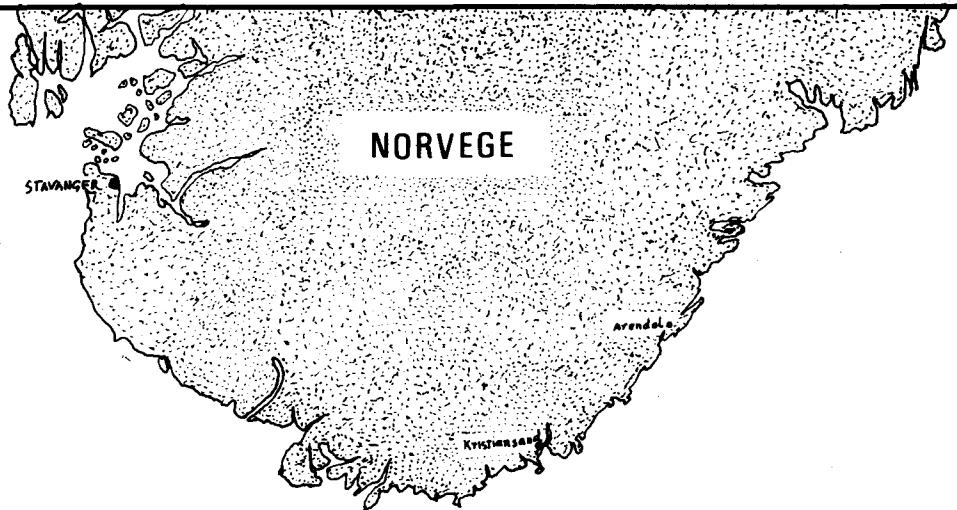
En ce qui concerne le Paléocène, le Crétacé et le Jurassique, cette étude n'apporte que peu de renseignements, à cause surtout de l'absence de niveaux assez bien développés. Quelques échantillons permettent de constater que les rares minéraux lourds présents, sont plus ou moins les mêmes que dans les formations analogues des autres sondages de l'off-shore. Quant à l'origine du matériel, supposé issu du pourtour de la Mer du Nord, on peut envisager, sous toute réserve, une provenance à partir des masses importantes de Trias de la bordure du Bouclier scandinave. Il s'agirait donc, d'une reprise de sédiments préexistants ce qui expliquerait la destruction partielle de l'épidote et la disparition de l'oligiste.

Pour le Trias, l'analogie de composition des minéraux lourds avec celle des sondages précédemment étudiés est également très nette. (Voir fig. 3 page suivante). L'association : grenat, apatite, oligiste et epidote, y est par tout caractéristique.

La présence d'une masse importante de formations tertiaires en bordure de la pointe S. W de la Norvège se précise, ce qui laisse à penser qu'au Trias, le matériel détritique venait du Nord et du Nord-Est du continent Nord-Atlantique dont la Scandinavie faisait partie. On remarquera que les teneurs moyennes en epidote diminuent en général vers le sud et vers le Sud-Ouest, ce qui confirme l'origine Nord-Est de ce matériel. Si les teneurs en epidote sont très fortes dans le sondage Tor, c'est parce que le continent Nord-Atlantique ne devait pas être éloigné de ce point.

On trouvera également, dans les pages suivantes (Fig 4, 5 et 6), des éléments de corrélations entre les sondages Odin, Tor, 17/11 - 1, Fjøya, 9/12 - 1, 10/8 - 1 et D1 au moyen des minéraux lourds.

elf-re
LABORATOIRE EXPLORATION



(1:2.500.000)

A	Titanifères	G	Andalousite
B	Zircon	H	Epiôutes
C	Tourmaline	I	Amphiboles
D	Grenat	J	Augite
E	Disthène	K	Apatite
F	Staurolite	L	Oligiste

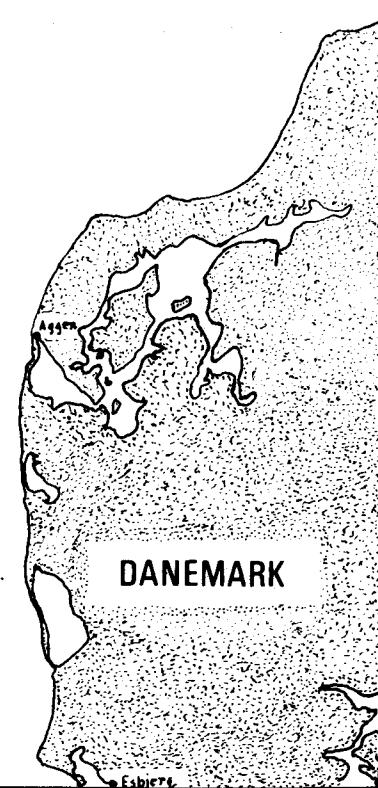
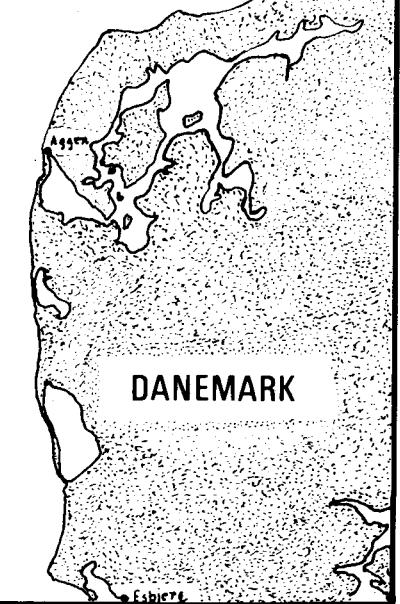
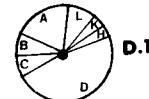
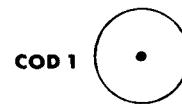
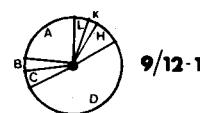
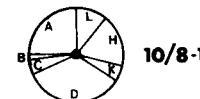
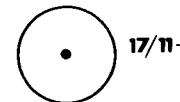
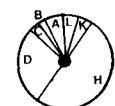
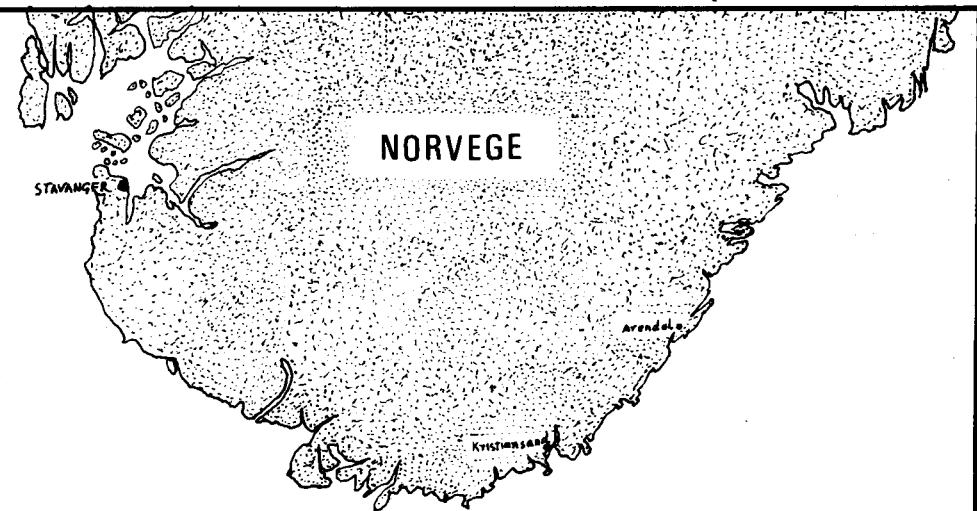


Fig. 2 - REPARTITION DES MINERAUX LOURDS DANS LE PLEISTOCENE-OLIGOCENE DE L'OFF SHORE NORVEGIEN

elf-re
LABORATOIRE EXPLORATION

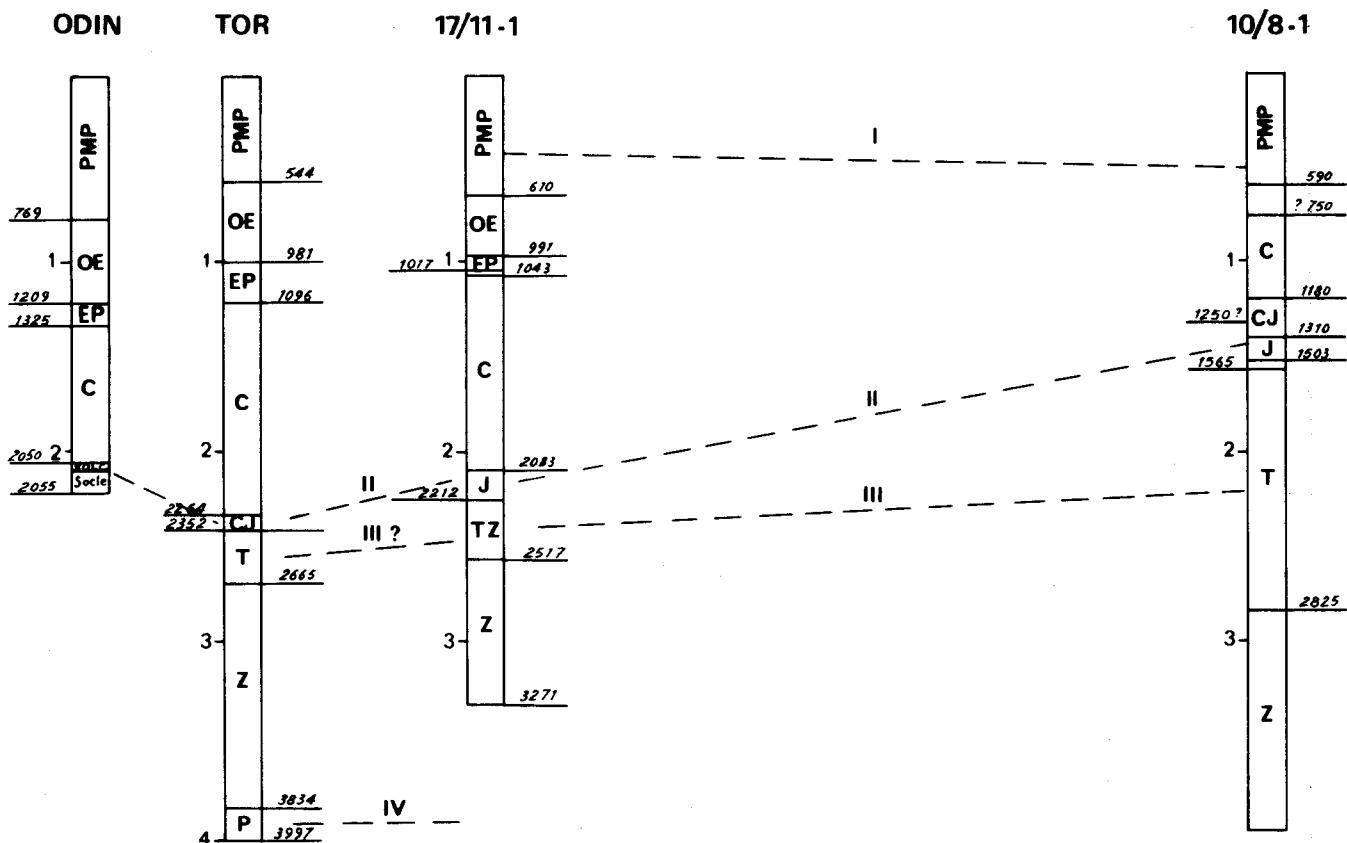


(1/2.500.000)

A	Titanifères	G	Andalousite
B	Zircon	H	Epidôtes
C	Tourmaline	K	Amphiboles
D	Grenat	J	Augite
E	Disthène	I	Apatite
F	Staurolithe	L	Oligiste

Fig. 3 - REPARTITION DES MINERAUX LOURDS DANS LE TRIAS DE L'OFF SHORE NORVEGIEN

Fig. 4 - CORRELATIONS ENTRE LES SONDAGES ODIN.TOR.17/11-1 . 10/8-1
AU MOYEN DES MINERAUX LOURDS



ASSOCIATIONS MINERALOGIQUES

I - Epidotes, amphiboles...

II - Grenat, apatite

III - Grenat, epidote, apatite

IV - Grenat, apatite, oligiste

PMP - Pleistocene, Miocene, Pliocene

O - Oligocene

OE - Oligocene, Eocene supérieur ?

EP - Eocene inférieur, Paleocene

C - Crétacé

CJ - Crétacé inférieur, Jurassique supérieur

J - Jurassique

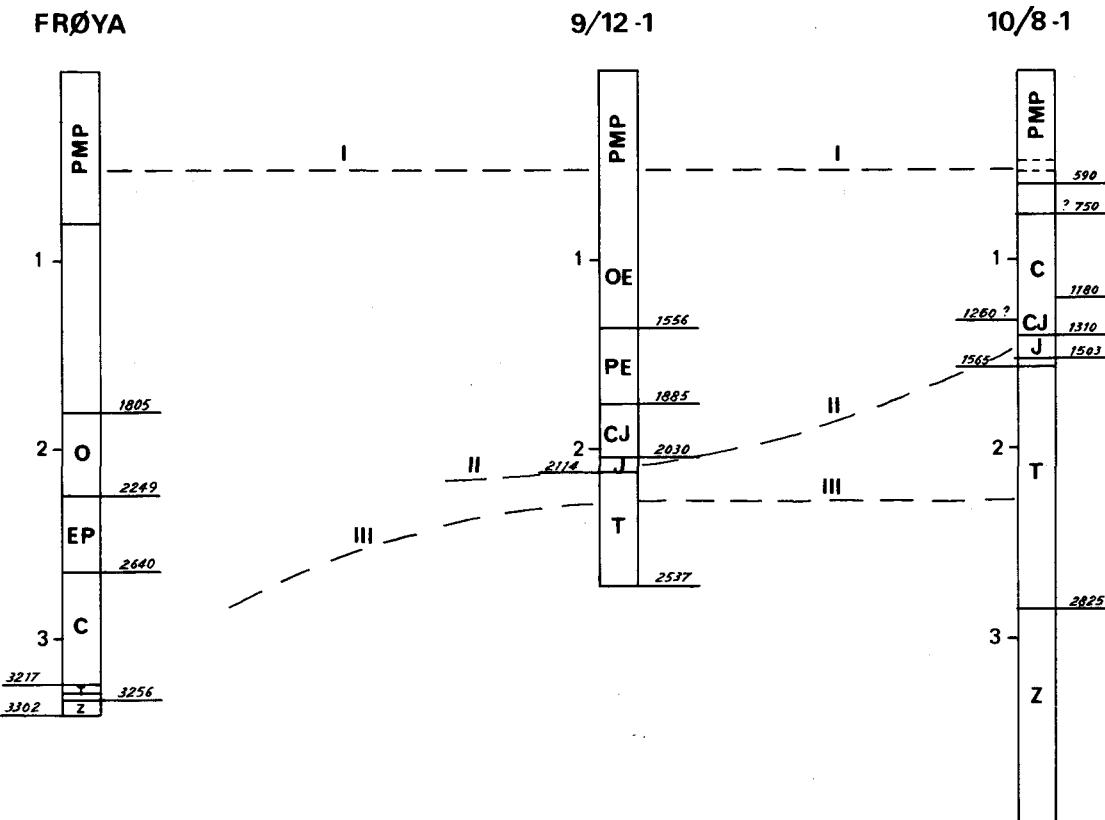
T - Trias

TZ - Trias, Zechstein

Z - Zechstein

P - Permien (Rothliegend)

Fig. 5 - CORRELATIONS ENTRE LES SONDAGES FRØYA - 9/12-1 - 10/8-1
AU MOYEN DES MINERAUX LOURDS



ASSOCIATIONS MINERALOGIQUES

I - Epidotes, amphiboles...

II - Grenat, apatite

III - Grenat, epidote, apatite

IV - Grenat, apatite, oligiste

PMP - Pleistocene, Miocene, Pliocene

O - Oligocene

OE - Oligocene, Eocene supérieur ?

EP - Eocene inférieur, Paléocene

C - Crétacé

CJ - Crétacé inférieur, Jurassique supérieur

J - Jurassique

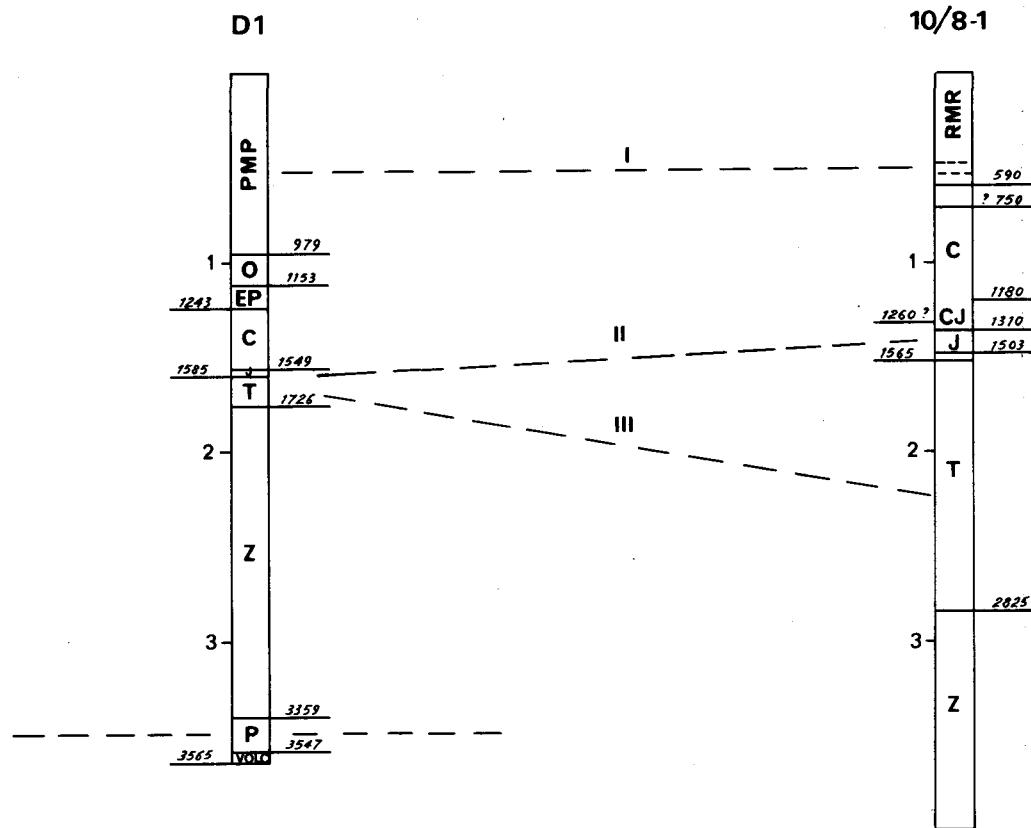
T - Trias

TZ - Trias, Zechstein

Z - Zechstein

P - Permien (Rothliegend)

Fig. 6 - CORRELATIONS ENTRE LES SONDAGES D 1 - 10/8-1
AU MOYEN DES MINERAUX LOURDS



ASSOCIATIONS MINERALOGIQUES

I - Epidotes, amphiboles...

II - Grenat, apatite

III - Grenat, epidote, apatite

IV - Grenat, apatite, oligiste

PMP - Pleistocene, Miocene, Pliocene

O - Oligocene

OE - Oligocene, Eocene supérieur ?

EP - Eocene inférieur, Paléocene

C - Crétacé

CJ - Crétacé inférieur, Jurassique supérieur

J - Jurassique

T - Trias

TZ - Trias, Zechstein

Z - Zechstein

P - Permien (Rothliegend)

II - ETUDE LITHOLOGIQUE (*)

Cette étude a été effectuée à partir d'une analyse détaillée des déblais et des carottes latérales. La maille d'échantillonnage est d'un déblai tous les 10 mètres pour la zone comprise entre 510 et 1500 m, et d'un déblai tous les 20 m entre 1500 m et le fond du sondage.

Dans cet intervalle 8 niveaux ont été individualisés, qui sont de la base au sommet :

① - 2855 à 2825 m

Série évaporitique composée d'argile feuilletée marron foncé, finement micacée, légèrement silteuse, à mouchetures d'anhydrite et niveaux d'anhydrite cristallisé et saccharoïde blanchâtre ou rose rougeâtre.

② - 2825 à 1568 m

Au-dessus de cette série évaporitique, se développe un ensemble sédimentaire que l'on peut subdiviser en 2 sous-zones :

a/ - 2825 à 2100

Série essentiellement gréseuse, entrecoupée de niveaux argileux, composés d'argile tendre rougeâtre à marron rougeâtre, finement micacée et légèrement silteuse. La fréquence maximum de ces intercalations argileuses se situe vers la base de cette série.

L'horizon gréseux est représenté par un grès fin à moyen à grossier puis moyen à grossier, mal classé, beige rosé et violacé à abondants débris de roches et à quartz anguleux à sub-anguleux, parfois sub-arrondis; le ciment est argileux, localement carbonaté, les micas sont fréquents (chlorite-biolite-muscovite).

Quelques niveaux microconglomératiques s'intercalent dans la série, notamment à 2550 et 2350 m.

On observe également depuis 2650 m, des niveaux de grès à ciment carbonaté souvent développé et à veinules de calcite.

b/ - 2100 à 1568 m

Cette série, entrecoupée par quelques niveaux d'argile tendre plus ou moins sableuse marron rougeâtre, rougeâtre, parfois verte, est composée de grès moyen à grossier et grossier, violacé et beige rosé, localement verdâtre, très mal classé, à nombreux débris de roches et parfois galets carbonatés beiges ou marrons. Les quartz sont anguleux à sub-anguleux, rarement sub-arrondis. Le ciment est argileux parfois un peu carbonaté. À 2012 m, on note un niveau de grès quartzite moyen, violacé, bien classé.

L'analyse séquentielle de cette série fait apparaître une succession de séquences élémentaires négatives, s'inscrivant dans une mégaséquence également négative, comme en attesteraient l'évolution des paramètres suivants :

- Granulométrie augmentant nettement vers le sommet de la série
- Pourcentage de la fraction fine diminuant graduellement vers le sommet.
- Niveaux argileux intercalaires nettement plus fréquents vers la base.

(3)- 1568 à 1502 m

Série gréseuse, composée d'un grès grossier arkosique verdâtre, très mal classé, à quartz anguleux à sub-anguleux parfois sub-arrondis, à fréquents débris de roches, légèrement micacé, pyriteux par places et localement carbonaté avec quelques petits nids de kaolinite. A la base, niveau d'argile rougeâtre silteuse à sableuse.

(4)- 1502 à 1368 m

La base de cette série est composée d'une argile feuilletée grise, peu silteuse, pyriteuse par places, parfois ligniteuse, avec rares Foraminifères et débris coquilliers.

Plus haut, (1466-1368 m) argile plastique à gonflante gris noir, très légèrement sableuse, très pyriteuse, rarement glauconieuse, ligniteuse par places, avec quelques Foraminifères et débris coquilliers souvent nacrés. - Ostracodes - Bélemnites et gros Arénacés souvent silicifiés.

On observe également dans la série des traces de grès fin à très fin gris, légèrement glauconieux et carbonaté.

Au sommet niveau de sable fin à grossier, très mal classé à abondants quartz verdâtres.

(5)- 1368 à 1172 m

Série argilo-sableuse que nous subdiviserons en 3 sous-zones :

a/ - 1368 à 1296 m

Argile plastique à gonflante gris noir, légèrement sableuse, plus ou moins glauconieuse, souvent pyriteuse, avec Foraminifères, débris coquilliers, Bélemnites, Arénacés et Encrines. Dans cette série, s'intercalent quelques niveaux de sable fin mal classé à gros quartz épars et de fines passées de dolomie ou ankérite brun beige.

De 1310 à 1360 m, nombreuses oolites ferrugineuses très hétérométriques, rondes ou ovoïdes, parfois associées à un grès très fin gris à ciment argilo carbonaté.

Lignite plus ou moins fréquent - Traces d'argile feuilletée ocre ou kaki.

b/ - 1296 à 1235 m

Argile plastique à gonflante gris foncé, verdâtre au sommet, légèrement sableuse, très pyriteuse et glauconieuse, à fréquents Foraminifères et débris coquilliers - Gastéropodes - Bélemnites - Radioles d'Oursins. Quelques petits niveaux de sable fin à très fin avec fréquents gros quartz épars et débris de roches. Lentilles ou fines passées de dolomie ou d'ankérite plus ou moins argileuse brun noirâtre. Lignite assez fréquent vers la base.

c/ - 1235 à 1172 m

Argile tendre, (gonflante) bariolée (verdâtre, grise, beige, gris clair) passant à une argile légèrement calcaire grise, puis rougeâtre au sommet.

Ces argiles sont légèrement sableuses, plus ou moins glauconieuses et pyriteuses, et possèdent d'abondantes Globigérines.

Fréquents petits niveaux ou lentilles de dolomie ou ankérite argileuse brune à brun beige.

⑥- 1172 à 748 m

Série crayeuse que nous subdiviserons en 4 sous-zones:

a/ - 1172 à 1070 m

La base de cette série (1172-1156 m) est composée de craie pâteuse gris beige, légèrement argileuse et silteuse, plus ou moins glauconieuse, souvent pyriteuse, avec traces d'argile micropyriteuse noire à filonets crayeux blanchâtres. Plus haut, craie pâteuse, blanc beige et calcaire crayeux gris et blanc, localement silicifié, un peu silteux et glauconieux, parfois pyriteux. Abondants Foraminifères - Radioles d'Oursins - Prismes d'Inocérames.

A 1100 m, traces de calcaire crayeux verdâtre.

b/ - 1070 à 1020 m

Calcaire crayeux gris clair, très légèrement argileux, peu silteux, localement silicifié, à rares petits grains de glauconie et abondants Foraminifères.

c/ - 1020 à 810 m

Craie pâteuse blanchâtre et calcaire crayeux blanc avec quelques silex blonds ou translucides. Nombreux Foraminifères, fréquents Bryozoaires, quelques Pectens, Encrines, Prismes d'Inocérames.

Quelques joints stylolitiques.

d/ - 810 à 747,5 m

Calcaire crayeux blanchâtre, souvent silicifié, à abondants silex blonds ou blanchâtres, à Foraminifères et Bryozoaires.

⑦- 747,5 à 570

Série argilo calcaire, subdivisée en 2 sous-zones:

a/ - Calcaire argileux gris clair et gris beige (devenant plus argileux vers le sommet) légèrement silteux et glauconieux, parfois pyriteux, silicifié par places, avec fréquents Foraminifères, quelques Bryozoaires, rares débris coquilliers et silex bruns.

Traces de calcaire crayeux blanchâtre.

b/ - Argile calcaire grise, plus ou moins silteuse, glauconieuse, micacée et pyriteuse, souvent pétrie de débris d'organismes. Quelques débris coquilliers et fragments ligniteux.

⑧- 570 à 515 m

Un niveau d'argile gonflante gris foncé s'intercale dans cet horizon gréseux dont la base est composée de grès très fin à silstone verdâtre à

gris verdâtre, argilo carbonaté, glauconieux et chloriteux, plus ou moins pyriteux, avec quelques débris ligniteux et filonnets irréguliers d'argile gris brun. Vers la base, assez fréquents Foraminifères.

Le niveau supérieur est composé de grès très fin à siltstone verdâtre, argileux, glauconieux et chloriteux, parfois pyriteux, avec fréquents petits débris ligniteux et rares débris coquilliers. - quelques enclaves ou nodules de calcaire silteux brunâtre plus ou moins glauconieux.

Quelques gros débris de roches.

Remarques :

Parallèlement à l'étude lithologique, des analyses de minéraux argileux ont été effectuées par diffractométrie X sur les carottes latérales. Les résultats de ces analyses sont fournis en annexe II. On peut noter :

- ①- La présence de kaolinite : dans le Tertiaire ainsi que dans l'inter-valle compris entre l'Albien (1230 mètres) et la base du Jurassique (1576 mètres).
- ②- Le Trias, avec chlorite et corrensite (minéral caractéristique du Trias germanique) présente son cortège traditionnel.
- ③- Quant au Crétacé supérieur (craie), il est intéressant de remarquer qu'on y trouve essentiellement de la Montmorillonite, ce qui est classique, mais avec des teneurs plus fortes à la base.

IV - CONSIDERATIONS SEDIMENTOLOGIQUES - MILIEUX DE DEPOTS

Cette étude suscite un certain nombre de commentaires (voir Planches V).

① - Tout d'abord, et sur un plan général :

- a/ Notre démarche telle qu'elle a été exposée dans le rapport 03-D-31 n° 1/469 R de Décembre 1970 sur la "série mésozofique" de Norvège consistant à définir et à individualiser des cycles sédimentaires, s'est avérée utile en permettant d'étudier rapidement ce sondage NJORD et surtout de le replacer au fur et à mesure dans un cadre sédimentologique cohérent.
- b/ On pourra ainsi voir qu'en Norvège, comme ailleurs, l'essentiel de la sédimentation est le fait de cycles sédimentaires régressifs, débutant par des conditions assez marines ou marines et évoluant vers des conditions de plus en plus para-continentales.

② - Sur le plan plus particulier des cycles sédimentaires que l'on peut donc traiter comme autant d'unités indépendantes, il est utile de faire les remarques suivantes :

a/ Cycle triasique (1570 à 2830 mètres)

Bien que ces sédiments n'aient pu être datés, l'association de minéraux lourds qu'ils comportent permet raisonnablement de les rattacher au Trias. Or, si ce cycle est régressif, il est par ailleurs constitué de très belles séquences négatives, n'impliquant pas du tout un régime continental fluviatile, mais plutôt un régime parallique de bordure de bassin, ce qui pourrait constituer un élément favorable pour l'organisation d'un réservoir nanti de bonnes qualités de porosité et de perméabilité.

b/ Cycles jurassiques et Crétacé inférieur (1570 à 1240 mètres)

Ces séries sont trop réduites à 10/8 - 1 pour faire l'objet d'un commentaire.

c/ Cycle Crétacé supérieur (1240 à 570 mètres)

Il peut paraître surprenant de grouper, à l'intérieur d'un même cycle sédimentaire régressif, l'Albien argilo-gréseux, la craie et le Danien, voire le Paléocène.

Pourtant, et ceci n'est pour l'instant livré qu'à titre d'hypothèses, la craie nous paraît de plus en plus devoir être considérée comme :

- un simple faciès
- à tendance régressive de la base vers son sommet
- constitué des séquences à caractère régressif
- issu d'une sédimentation littorale
- simple faciès : cela n'est même pas à démontrer puisque l'âge de la base et du sommet de la craie varie selon les puits.
- à tendance régressive, et constitué des séquences régressives : en effet, des photos au Stéréoscan montrent que les articles de coccolithes sont plus gros et mieux individualisés à la base de la craie et à certains niveaux intermédiaires, alors qu'ils sont beaucoup plus petits et noyés dans une pâte argileuse au sommet de la craie ainsi qu'au-dessus des niveaux intermédiaires plus propres.

.../...

D'autre part, la craie franche de la base passe progressivement à sa partie supérieure à une craie argilo-silteuse, puis à une argile carbonatée silteuse.

- issu d'une sédimentation littorale : si l'on admet que la craie n'est qu'un faciès dans le développement d'un cycle sédimentaire plus vaste, on voit qu'elle repose sur les argiles plus ou moins sableuses et glauconieuses de l'Albien et qu'elle est surmontée, comme nous l'avons vu plus haut, par une argile carbonatée silteuse à laquelle elle passe progressivement.

Au fur et à mesure de l'Exploration en Norvège, ces considérations seront développées, étendues ou ramenées à des cas particuliers. En tout cas, on doit les considérer d'ores et déjà comme des bases de réflexion.

CONCLUSIONS GENERALES

La Planche VI présente, juxtaposés, les éléments de caractérisation de la série du sondage NJORD 10/8 - 1 fournis par le Laboratoire-Exploration. Ces éléments permettent de faire quelques commentaires, de répondre à certaines questions et de poser d'autres problèmes.

- ①- Au plan de la Stratigraphie - Le relais de la Micropaléontologie par la Palynologie s'opère bien au niveau du Crétacé inférieur - Jurassique. Par ailleurs, la zone de recouvrement au niveau du Valanginien - Jurassique moyen à supérieur montre une très bonne concordance des échelles stratigraphiques.

Remarque : en l'absence de flore triasique, l'association des minéraux lourds caractérisée dans d'autres sondages du même bassin comme étant triasique, a permis d'attribuer à cette période l'ensemble situé entre 1503 et 2825 mètres.

En fait, le niveau compris entre 1503 et 1570 mètres est encore daté Jurassique par la Palynologie, mais avec un remaniement probable de sédiments triasiques tel que l'analyse des minéraux lourds n'a pu faire la distinction.

- ②- Au plan de la Géochimie - il faut déplorer qu'il y ait eu pollution des échantillons par l'adjonction de produits organiques dans la boue de forage, ce qui fait que seules les informations relatives aux niveaux supérieurs au Trias sont réellement interprétables.

- ③- Au plan de la Sédimentologie

a/ Cycle sédimentaire triasique - on a vu que cette accumulation sédimentaire était plutôt le fait d'un régime paralique de bordure de bassin, (fût-il intracratonique) condition susceptible de donner naissance à un réservoir nanti de bonnes qualités de porosité et de perméabilité.

La pollution par la boue de forage exclut toute possibilité d'interprétation géochimique à ce niveau.

b/ Cycle régressif du Crétacé supérieur - on a vu que ce cycle sédimentaire était régressif, ce qui implique que les conditions marines les plus profondes sont à la base (niveau Aptien supérieur - Albien), la craie n'étant qu'une étape dans le développement de ce cycle. Ces conditions favorables à la conservation de la matière organique, sont traduites par les données géochimiques à ce niveau ($COT = 1 \text{ à } 1,5 \%$), alors que celles que l'on possède au-dessus de la craie (notamment à Froya) indiquent des conditions moins favorables en potentiel hydrocarbures. ($COT < 0,5 \%$).

Il semble donc que ces niveaux infra-craie soient intéressants au point de vue potentiel roche-mère; il reste à savoir quels réservoirs ils auraient pu alimenter, soit des réservoirs plus récents bien qu'ils en soient séparés par une épaisseur notable de dépôts (Danien d'Ekofisk - Paléocène de Cod?), soit des réservoirs plus anciens (sables jurassiques?).

Annexe I - RESULTATS D'ANALYSES DES MINERAUX LOURDS PAR ECHANTILLON

CL = Carotte latérale
D = Déblais

~~TERRAIN
SONDAGE
SISMIQUE~~

PAYS NORVEGE **FORMATION** _____

OBSERVATIONS

LABORATOIRE Exploration ELE-RE

BASSIN _____

IDENTIFICATION NJORD 10/8 - 1

ETAGE

FORMATION _____

DATE FIN DES ANALYSES 27 Janvier 1971

~~TERRAIN
SONDAGE
SISMIQUE~~

PAYS NORVEGE

FORMATION _____

OBSERVATION

LABORATOIRE

Exploration ELF-RE

BASSIN

IDENTIFICATION NJORD 10/8 - 1

ETAGE _____

DATE FIN DES ANALYSES 2 mars 1971

(1) **Rayer les mentions inutiles**

Montmorillonite, code 2 = Mte à 12 Å

* Voir indications au verso

~~TERRAIN
SONDAGE
SISMIQUE~~

LABORATOIRE

Exploration ELF-RE

IDENTIFICATION

NJORD 10/8 -

PAYS NORVEGE


FORMATION _____

OBSERVATIONS

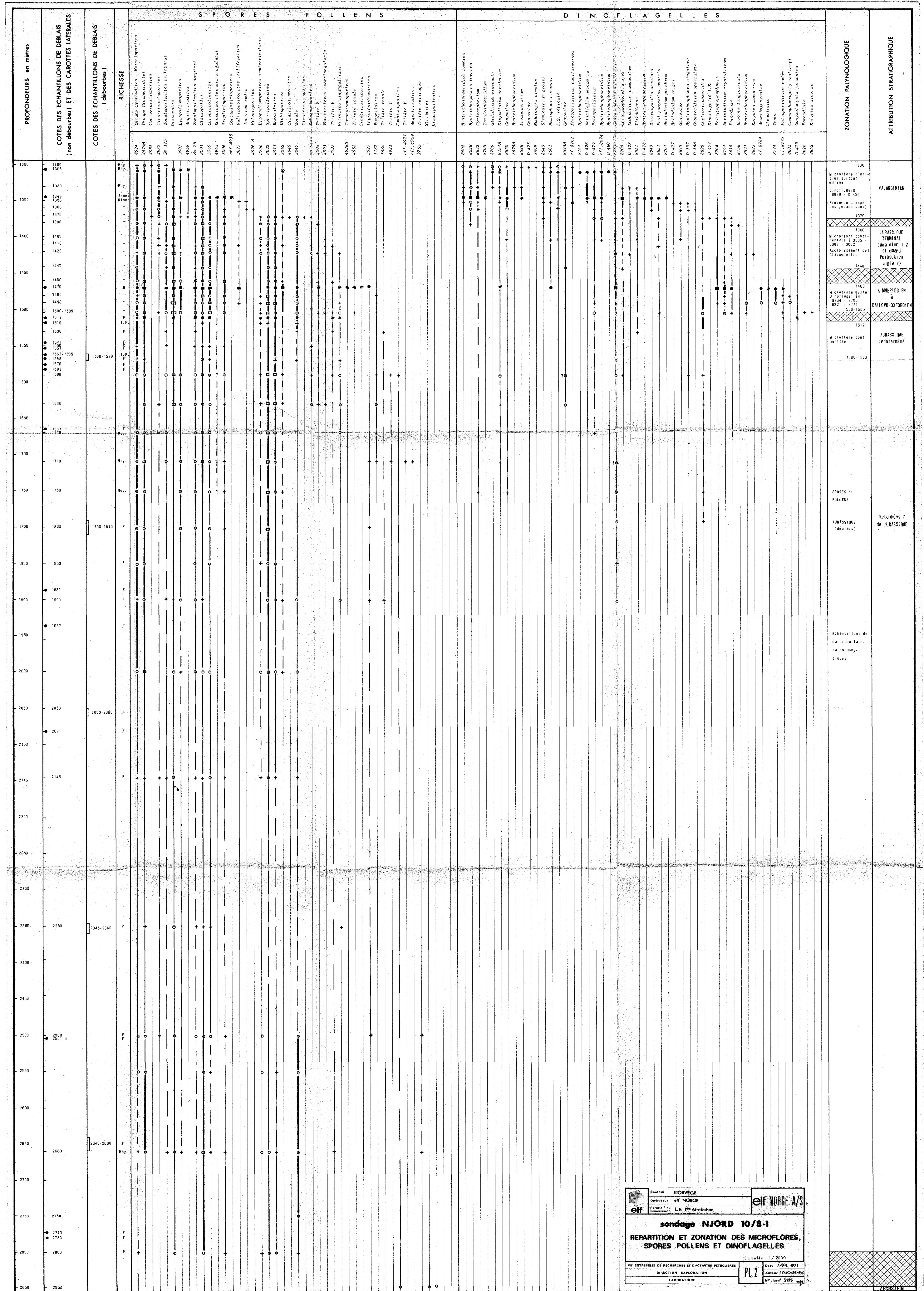
2

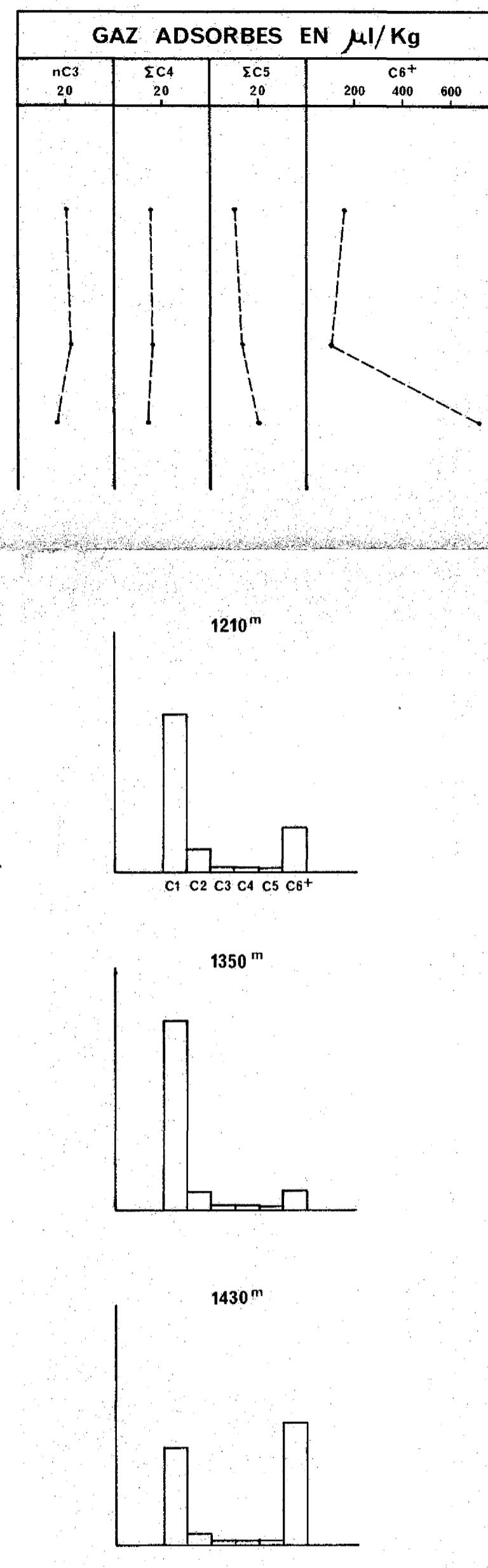
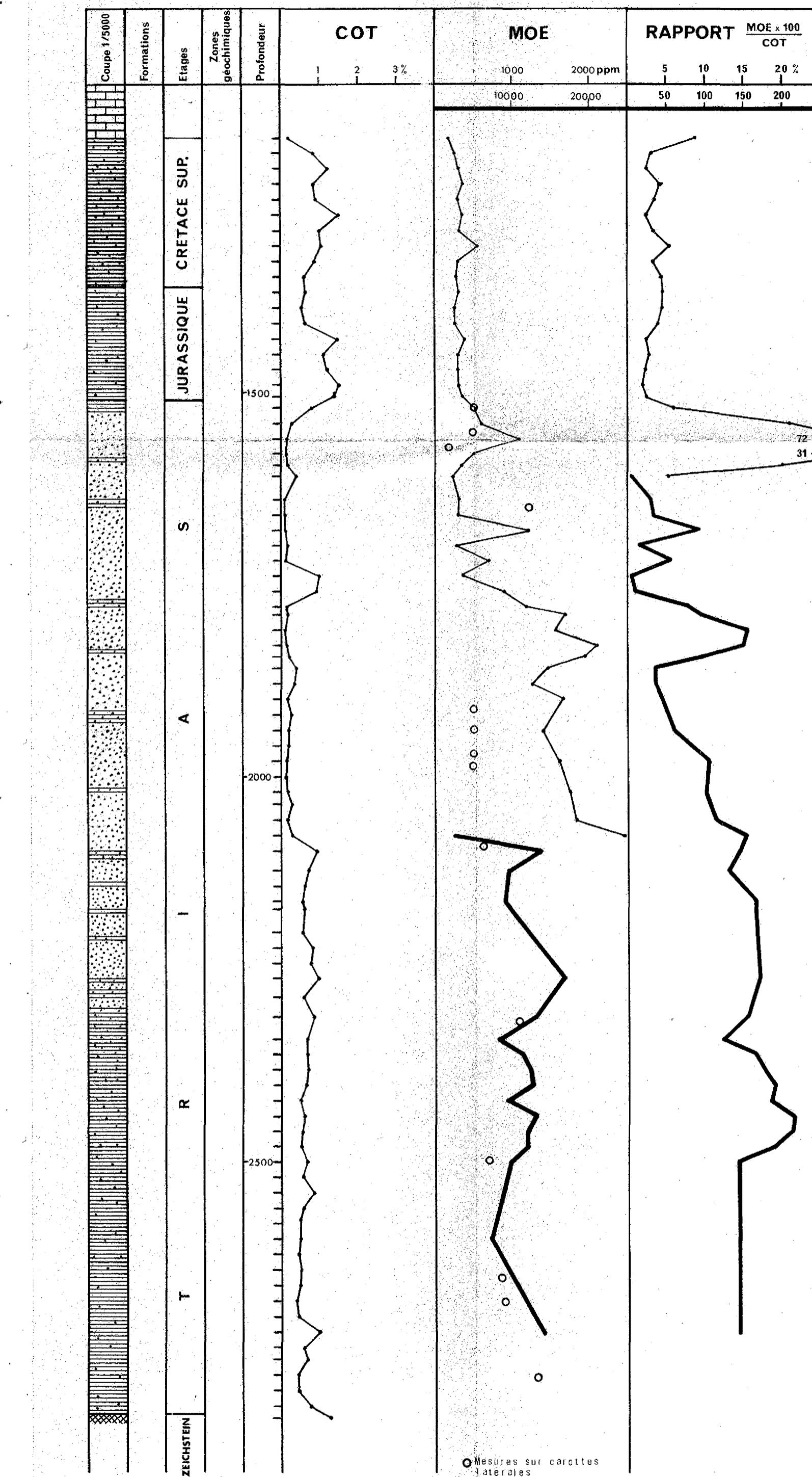
(1) **Rayer les mentions inutiles**

* Voir indications au verso



Secteur	NORVEGE	
Opérateur	elf NORGE	
Permis ou Concession	L.P. 1 ^{re} Attribution	
elf NORGE A/S Sondage NJORD 10 / 8-1 REPARTITION DE LA MICROFAUNE (Foraminifères et Ostracodes) RECUEILLIE EN LAVAGES DANS LE TERTIAIRE, LE CRETACE ET LE JURASSIQUE		
Echelle 1 / 2.000		
EPRISE DE RECHERCHES ET D'ACTIVITES PETROLIERES		Date Avril 1971
DIRECTION EXPLORATION		Auteur P. DURIF
LABORATOIRE		E. GROSNOIER
		NO. 1-5102-06





Seigneur NORVEGE
Opérateur elf NORGE
Permit de Concession Licence Produit, 1^{re} Attrib.
elf NORGE A/S

Sondage NJORD 10/8-1x
RESULTATS D'ANALYSES GEOCHIMIQUES

Echelle 1/5000

OR ENTREPRISE DE RECHERCHES ET D'ACTIVITES PETROLIERS
DIRECTION EXPLORATION
LABORATOIRE

PL. 3

Date Avril 1971
D. JONATHAN
N° classé 5194 OR

N.B. : Les valeurs anormalement élevées du rapport $\frac{MOE \times 100}{COT}$ (100) sont attribuables à la nature de l'extractible : polluant à teneur en carbone plus faible que les extraits naturels courants.

