

2195  
2150

ELF - R. E.  
DIRECTION EXPLORATION  
LABORATOIRE EXPLORATION

SONDAGE FRIGG N° 1 (25/1-1 x)

NORVEGE

ETUDE STRATIGRAPHIQUE, GEOCHIMIQUE

ET SEDIMENTOLOGIQUE

—

03-D-31 n°1/590 R

NOVEMBRE 1971

FICHE DE DIFFUSION

REF. : 03-D-31 n°1/590 R

TITRE : SONDAGE FRIGG N°1 (25/1-1 x) - NORVEGE  
ETUDE STRATIGRAPHIQUE, GEOCHIMIQUE ET SEDIMENTOLOGIQUE

DESTINATAIRES :

MM. R.G. LEVY	)	
PERRODON	(	1
S.I.D.		1
Départ. Géologique Central		1
Départ. Gisements		1
DIV. II Europe du Nord		6

## S O M M A I R E

- <u>STRATIGRAPHIE PAR MICROPALEONTOLOGIE</u>	
I - Introduction	p 1
II - Zonation et remarques stratigraphiques	p 2
III - Conclusions	p 11
- <u>STRATIGRAPHIE PAR PALYNOLOGIE</u>	
I - Matériel analysé	p 13
II - Zonation palynoplantologique et remarques stratigraphiques	p 13
- Spores, Pollens, Dinoflagellés	
- Nannofossiles calcaires	
III - Conclusions stratigraphiques	p 27
- <u>GEOCHIMIE ORGANIQUE ET MINERALE</u>	p 31
I - Potentiel hydrocarbures	
II - Diagenèse	
- Pouvoir Réflecteur des matières organiques insolubles	p 50
- Evolution du matériel argileux	p 51
- <u>SEDIMENTOLOGIE</u>	
I - Etude des minéraux lourds - Sources d'apports	p 53
II - Etude des minéraux argileux	p 59
III - Analyse lithologique	p 61
IV - Analyse granulométrique	p 68
V - Considérations sédimentologiques	p 71
- <u>CONCLUSIONS GENERALES</u>	p 75

## LISTE DES PLANCHES

### STRATIGRAPHIE

- Pl. 1 - (dans le texte) Interprétation stratigraphique du Miocène au toit du Crétacé supérieur.
- Pl. 2 - (dans le texte) Interprétation stratigraphique du Crétacé et du Jurassique.
- Pl. 3 - Répartition de la microfaune (Foraminifères) recueillie en lavages dans le Tertiaire.
- Pl. 4 - Répartition de la microfaune (Foraminifères et Ostracodes) recueillie en lavages dans le Crétacé et le Jurassique.

### GEOCHIMIE

#### Inventaire de la série traversée par le sondage

- Pl. 5 - Analyses organiques et minérales - Planche synthétique éch. 1/4000
- Pl. 6 - Report COT/RDC sur diagramme statistique mondial
- Pl. 7 - Réduction des chromatogrammes Frigg 1 : 4062,5 m ; 4496 m. Brut d'Ekofisk
- Pl. 8 - Réduction des chromatogrammes Frigg 1 : 3422 - 3577 m ; 3323 m ; 2993,3 m huile du gisement
- Pl. 9 - Réduction des chromatogrammes. Frigg 1 : 680 m ; 1120-1310 m ; n-alcane de 3323 m.
- Pl.10 - Composition du gaz des indices et du gaz de gisement..Ech. log
- Pl.11 - Composition de gaz désorbés et du gaz de gisement. Ech. log

#### Composition des hydrocarbures présents dans l'eau de la venue de 4570 m

##### Echantillon "3000 m"

- Pl.12 - Chromatogramme de l'extrait chloroformique de l'eau "3000 m"  
(comparaison avec le Brut d'Ekofisk)
- Pl.13 - Histogramme d'ensemble (liquide). Ech. log
- Pl.14 - Histogramme d'ensemble (recombinaison). Ech. log
- Pl.15 - Histogramme (aromatiques et n-alcane). Ech. log

.../...

## LISTE DES PLANCHES (suite)

### Echantillon "4570 m"

- Pl.16 - Histogramme d'ensemble des "gaz" extraits. Ech. log
- Pl.17 - Histogramme d'ensemble des "gaz" extraits. Ech. arith
- Pl.18 - Histogramme (aromatiques et n-alcanes). Ech. log
- Pl.19 - Pouvoir réflecteur des matières organiques insolubles

### SEDIMENTOLOGIE

- Pl.20 - Analyse lithologique des déblais et carottes - Interprétation sédimentologique.

### Annexes :

- 1a à 1n - Chromatogrammes des différents échantillons analysés
- 2a à 2 d - Bordereaux d'analyses de minéraux lourds
- 3 - Composition moyenne des minéraux lourds par zones
- 4a à 4 k - Courbes cumulatives des analyses granulométriques pondérales
- 5 - Analyses du coefficient de forme des particules.

## STRATIGRAPHIE PAR MICROPALÉONTOLOGIE

(P. DURIF et E. GROSIDIER)

---

### I - INTRODUCTION

L'étude micropaléontologique - Foraminifères et Ostracodes - du sondage FRIGG 25/1-1 a été faite de 491 m. à 4562 m. sur déblais, carottes latérales et carottes.

L'espacement des échantillons examinés est en moyenne de 20 à 30 m. dans le Tertiaire jusqu'à 2400 m. environ et dans le Sénonien supérieur, de 10 à 5 m. dans le Paléocène - Maestrichtien sommital et au-dessous de 3700 m. environ.

Les formations sableuses de l'Eocène inférieur - Paléocène se sont montrées généralement peu ou pas fossilifères. Des " retombées " importantes sont à noter dans l'intervalle 2950 - 3300 m., masquant en partie les faunes en place.

Un tableau de répartition de la microfaune recueilli en lavages a été établi pour le Tertiaire, un autre concerne le Crétacé et le Jurassique.

II - ZONATION ET REMARQUES STRATIGRAPHIQUES

TERTIAIRE (cf. Planche 3)

1 - ? MIOCENE à PLIO-PLEISTOCENE : 491 à 640 m. environ

La microfaune recueillie dans cet intervalle est relativement pauvre et composée principalement de petits Lamellibranches, Gastéropodes, Bryozoaires, radioles d'Echinides avec rares Foraminifères à test souvent usé (remaniés ?) :

Elphidium incertum var. clavatum  
Asterigerina staeschei  
Rotalia trochus  
Globigerina gr. bulloides

2 - ? OLIGOCENE SUPERIEUR : 670 à 760 m.

Cette zone est caractérisée par l'espèce :

Elphidium subnodosum

avec un maximum de fréquence à 700 m.

Cette espèce est accompagnée de très rares :

Rotalia canui  
Nonion commune  
Cibicides gr. ungerianus  
Cibicides gr. tenellus

A 760 m. apparaissent des formes jeunes, non déroulées de Vagocibicides (= Karreria) appartenant vraisemblablement à l'espèce :

Vagocibicides cf. maoria

3 - OLIGOCENE : 790 à 1160 m.

a) - Intervalle 790 - 910 m.

La partie supérieure renferme de grands Lagenidae ornés ou non, avec parfois présence de glauconie :

L - (Robulus) cf. cultrata  
L - (Vaginulinopsis) cf. gladia  
Frondicularia cf. oblonga  
Nodosaria, Dentalina spp.

.../...

Cet intervalle est également caractérisé par l'association :

Planulina (Almaena) alticosta  
Vagocibicides (Karrerria) cf. maoria  
Cibicides gr. dutemplei  
Gyroidina gr. soldanii  
Sphaeroidina gr. bulloides/variabilis

La microfaune observée présente des affinités avec celles de l'Oligocène supérieur d'Allemagne (conditions écologiques ?), quelques espèces étant toutefois connues dans l'Oligocène moyen.

b)- Intervalle 940 - 1160 m. environ

Dans cette zone apparaissent ou se développent les espèces suivantes :

Asterigerina gurichi  
Gyroidina girardana  
Ceratobulimina contraria var.  
Cassidulina globosa  
Sphaeroidina variabilis  
Karrerriella siphonella, à 1060 m.  
Rotaliatina bulimoides, à 1090 m.

association habituellement rencontrée dans l'Oligocène moyen.

Vers le bas, à 1160 m., apparition de rares formes " arénacées " :

Cyclammina gr. placenta  
Haplophragmoides latidorsatus  
Trochammina globigeriniformis

4 - OLIGOCENE-EOCENE-PALEOCENE ? : 1190 à 2500 m. environ

La microfaune, à prédominance de formes " arénacées, est peu caractéristique et ne permet pas de zonation stratigraphique précise.

a)- Intervalle 1190 - 1310 m.

Zone caractérisée par l'abondance de formes " arénacées " :

Cyclammina gr. placenta  
Haplophragmoides latidorsatus  
Cyclammina, Trochammina, Haplophragmoides spp.

à coté des espèces rencontrées à la base de l'intervalle précédent : Rotaliatina bulimoides, etc ... A noter en outre la présence de rares :

Bulimina aff. ovata  
Nodosaria spinescens  
Lenticulina spp.

.../...

b)- Intervalle 1310 - 1865 m

La microfaune, principalement " arénacée ", devient plus pauvre au-dessous de 1310 m.; elle renferme notamment :

petites Cyclamina sp.  
Trochammina globigeriniformis  
Bathysiphon/Hyperammina spp.  
Glomospira charoides  
Ammodiscus incertus, à partir de 1490 m.  
Trochammina inflata, à partir de 1600 m.  
Cyclamina ? sp. 1, à partir de 1730 m.

Les deux dernières espèces suggèrent la présence d'Eocène inférieur ( ? ) vers le bas de cet intervalle.

c)- Intervalle 1870 - 2132 m.

Azoïque à subazoïque

d)- Intervalle 2147 - 2200m.

✓ Zone à : Coscinodiscus sp.1 (Diatomée) - espèce souvent abondante à la base de l'Eocène inférieur. *zone des huiles*

e)- Intervalle 2210 - 2387 m.

Azoïque à subazoïque

f)- Intervalle 2394 - 2500 m.

Microfaune caractérisée par l'association :

Bathysiphon spp.  
Trochammina spp.  
Spiroplectammina spectabilis, à partir de 2440 m.

de l'Eocène inférieur - Paléocène.

5 - PALEOCENE : 2510 à 2678 m. ?

Apparition des espèces :

Proteonina complanata  
Ammosphaeroidina sp.  
Bulimina midwayensis, à 2525 m.  
Allomorphina paleocenica, à 2635 m.

à coté des espèces déjà observées dans l'intervalle sus-jacent.

.../...

De 2665 à 2678 m. environ, la microfaune renferme une association caractéristique du DANIEN :

- Globigerina gr. triloculinoides \*
- Globorotalia compressa
- Globorotalia gr. inconstans
- Globorotalia pseudobulloides
- Globigerina daubjergensis \*
- Globigerina trivialis

Les carottes latérales prises à 2678 m. ont fourni une microfaune composite comprenant \*

- des formes " arénacées " abondantes, à test verdâtre :

- Spiroplectammina spectabilis
- Bathysiphon ? sp.
- Glomospira charoides
- Haplophragmoides, Trochammina spp. ...
- Ammodiscus incertus

- des espèces à test calcaire, du Danien-Maestrichtien : X

- Bolivinoïdes ödumi
- Osangularia lens
- Stilostomella spinosa
- Lagena gracillicosta
- Lagena hispida
- Gyroidinoïdes subangulata

associées à d'assez nombreux :

- petits Heterohelicidae
- Globigerinidae

Ces associations, mise à part la possibilité de remaniements et/ou contamination par le cake, suggèrent la proximité de la limite Danien-Maestrichtien. }

**CRETACE-JURASSIQUE**

(cf. Planche 4)

1 - MAESTRICHTIEN : 2685 à 2830 m. ?

a) - Intervalle 2685 - 2830 m.

Cette zone, à microfaune planctonique prédominante, est caractérisée par l'association :

- Pseudotextularia elegans
- Gümbelina gr. striata/globulosa

.../...

Pseudogümbelina excolata  
Globotruncana contusa  
Globotruncana gr. arca  
Praeglobotruncana citae  
Praeglobotruncana gr. petaloidea  
Globotruncana mayaroensis, à 2750 m.  
Globigerina gr. aspera  
Rugoglobigerina spp.

A partir de 2760 m., présence de rares :

Gavelinopsis bembix  
Gavelinopsis gr. voltziana  
Bolivinoides draco draco, à 2823m.

b)- Intervalle 2830 - 2880 m.

La microfaune observée dans cet intervalle est beaucoup moins diversifiée que celle de la zone sus-jacente et renferme notamment :

Globigerina gr. aspera  
Rugoglobigerina spp., dont du gr. rugosa  
Gümbelina gr. striata/globulosa

encore assez nombreuses.

A noter l'apparition de l'espèce :

Reussella pseudospinulosa, rare.

Les espèces caractéristiques du Maestrichtien ne sont représentées que par de rares individus de

- Globotruncana contusa
- Pseudolexularia elegans

dans les déblais à 2849m.

Aucune espèce caractérisant la Campanien n'a pu être identifiée.

2 - CAMPANIEN : 2880 ? à 3270 m.

Cet intervalle attribué à un Campanien indifférencié ( la limite Campanien-Maestrichtien demeurant imprécise) renferme une microfaune peu diversifiée constituée principalement de formes " arénacées " :

Rhizamminidae  
Trochammina spp.  
Saccamminidae  
Haplophragmoides spp.  
Glomospira spp.  
Ammodiscus spp. ...

.../...

avec présence sporadique de Foraminifères calcaires benthiques ou pélagiques parmi lesquels :

Gümbelina gr. striata/globulosa  
Globigerina gr. aspera  
Globigerinelloides spp.

localement assez abondants, avec de rares individus de :

Globorotalites micheliniana  
Reussella pseudospinulosa

N.B. La présence très probable de retombées importantes provenant de zones cavées au-dessous de 2950 m. (sabot du tubage 9" 5/8) peut masquer en partie la microfaune " en place ".

3 - CAMPANIEN INF. ? - SANTONIEN : 3300 à 3400 m.

Au-dessous de 3300 m. les déblais de forage semblent être plus représentatifs des assises traversées. La zone 3300 - 3400 m. environ renferme des espèces connues dans le Campanien inférieur et le Santonien ou même limitées au Santonien :

Gavelinella pseudoexcolata  
Stensiöina aff. praeexculpta  
Allomorphina minuta

accompagnées de rares individus de :

Globotruncana angusticarinata  
Globotruncana lapparenti tricarinata  
Globotruncana gr. marginata

4 - SENONIEN INFÉRIEUR à TURONIEN SUP. ? : 3422 à 3800 m. ?

La microfaune à prédominance de formes planctoniques renferme notamment :

Globotruncana lapparenti coronata  
Globotruncana lapparenti bulloides  
Globotruncana angusticarinata  
Globotruncana gr. marginata  
Globotruncana globigerinoides, rare  
Globotruncana lapparenti lapparenti  
Globotruncana primitiva, rare à 3593 m.  
Rugoglobigerina/Praeglobotruncana spp.

Le groupe des Hedbergella apparait, forage, vers 3565 m. avec notamment :

Hedbergella cf. bornholnensis

.../...

accompagnée de :

*Archaeoglobigerina bosquensis*

dans l'échantillon de 3565 - 3569 m.

Au-dessous de 3630 m. environ, à signaler également la présence de :

*Praeglobotruncana* ? gr. *paradubia*

*Globigerina* gr. *aspera*

*Gümbelina* gr. *striata*, rare

*Hedbergella* *planispira*, rare

5 - CENOMANIEN-ALBIEN ? 3820 ? à 4060 m. ?

La présence dans l'échantillon de 3829 - 3832 m. (déblais) de l'espèce :

. *Rotalipora* gr. *turonica*

permet d'attribuer à ces assises un âge Cénomarien sommital à Turonien basal.

La microfaune renferme en outre :

*Globigerina aspera* var. *trochoidea*

*Hedbergella* spp.

*Gümbelina* gr. *striata*, rare

A partir de 3900 m. la présence de :

*Pseudosigmoilina antiqua*, rare à 3900 m.

*Gavelinopsis berthelini*, à 3960 m. et 3980 m.

associés aux espèces :

*Hedbergella planispira*

*Hedbergella* aff. *delrioensis*

suggère le Cénomarien inférieur.

Les petites *Hedbergella* du type :

*Hedbergella planispira*

*Hedbergella debrioensis*, très abondante

constituent l'essentiel de la microfaune au-dessous de 4000 m. environ.

Elles sont accompagnées localement de

*Lenticulina* spp.

*H.* (*Trochammina* ?) cf. *globosa*, 4024 - 4036 m.

*Planulina* cf. *schloenbachi*, à 4036 m.

.../...

**Valvulineria gracillima**, à 4036 m.  
Glomospira spp.  
Rhizamminidae

association habituellement rencontrée dans l'Albien.

Les échantillons de déblais de 4044 et 4048 m. sont peu représentatifs et riches en retombées, du Sénonien inférieur notamment.

6 - INTERVALLE 4060 ? - 4120 m. : Age indéterminé (Subazoïque)

Un échantillon de JUNK CATCHER à 4061,50 m. n'a livré aucune microfaune. Les résidus de lavages des déblais n'ont permis d'observer que de très rares individus de :

Ammodiscus  
Glomospira  
Haplophragmoides  
Ammobaculites  
Trochammina  
Hedbergella (très petite)

accompagnés localement de " sphérules " (4080 - 4100 m.)

N.B. Tubage (Liner) 7" à 4062 m.; contamination possible par la boue de forage ?

7 - JURASSIQUE : 4132 m. ? à 4562 m. (dernier échantillon)

a) - Ostracodes \

A 4132 m. apparaissent des associations de petites : Praeschuleridea, indéterminables spécifiquement mais indiquant la présence de Jurassique; ce genre et les genres affines ne sont pas connus au-dessus de l'Oxfordien.

A 4272 m. <sup>ou</sup> on peut noter la présence de :

Cytherella gr. index

du Callovo-Oxfordien.

A 4348 m. apparait : Eocytheridea, genre décrit dans le Dogger d'Angleterre.

De 4440 m. à 4495m. présence d'une association évoquant les faunes du Dogger anglais :

Bairdia aff. hilda  
Asciocythere aff. elevata

De 4520m. à 4562m. quelques formes de " Bythocypris " sp. rappelleraient davantage les faunes du Dogger-Lias.

.../...

Les ostracodes observés dans ce sondage semblent appartenir à une province paléogéographique différente de celles décrites jusqu'à présent dans la littérature (Allemagne du Nord-Ouest, Yorkshire). Il semblerait que les conditions écologiques soient ici plus franchement marines.

d)- Foraminifères

La partie supérieure de l'intervalle ne renferme qu'une microfaune encore relativement pauvre avec notamment :

Conicospirillina ? sp.  
Lingulina sp.  
Lenticulina spp.  
Spiroplectammina cf. biformis, à 4228 m.  
Lenticulina gr. muensteri, à 4240 m.

accompagnée d'assez nombreux " sphérules ".

A partir de 4264 m. il faut noter la présence de tubulures pyritisées abondantes et de " sphérules " parfois pyritisés.

Les Foraminifères toujours relativement pauvres en individus se diversifient spécifiquement.

La plupart des espèces observés ont une répartition stratigraphique assez large dans le Jurassique et ne permettent pas d'établir de zonation. Elles appartiennent le plus souvent aux Lagenidae avec :

Nodosaria irispata  
Lenticulina gr. nuensteri/alata  
Lenticulina quenstedti  
L. (Planularia) tricarinella juv., à 4300 m.  
L. (Astacolus) cf. prima  
Lenticulina varians  
Lagena hispida  
Lagena apiculata  
Lagena cf. isabella  
Pseudoglandulina metensis  
Nodosaria aff. metensis

Parmi les espèces " arénacées ", à noter :

Proteonina difflugiformis  
Trochammina cf. globigeriniformis  
Reophax cf. dentaliniformis  
? Haplophragmoides barrowensis, à 4550 m.  
Glomospira spp.  
Ammodiscus spp.

.../...

### III - CONCLUSIONS

L'étude micropaléontologique, Foraminifères et Ostracodes, du sondage FRIGG 25/1-1, effectuée de 491 à 4562 m. sur déblais, carottes latérales et carottes a donné les principaux résultats suivants :

#### TERTIAIRE

- Existence d'une zone à *Elphidium subnodosum* de 670 à 760 m. environ, non observée dans les sondages précédemment étudiés, pouvant correspondre à un Oligocène supérieur.
- Existence d'une zone, au-dessous de la précédente, à grands Lagenidae, *Planulina alticosta*, *Vagocibicides* (*Karreria*) cf. *maoria* attribuable à un Oligocène supérieur à moyen.
- Présence d'Oligocène moyen avec sa microfaune habituelle : *Asterigerina gürichi*, *Rovaliatina bulimoides* ...
- Difficulté de localiser les limites Oligocène-Eocène et Eocène-Paléocène dans une épaisse série à microfaune "arénacée" prédominante, relativement homogène, avec intervalles azoïques ou subazoïques.
- Mise en évidence d'un Danien sous faciès principalement argileux à microfaune planctonique prédominante.

#### CRETACE

- Présence d'un Maestrichtien à microfaune planctonique prédominante et d'un Campanien indifférencié assez mal caractérisé par une microfaune peu diversifiée et principalement "arénacée" avec retombées importantes probables.
- Individualisation d'un Sénonien inférieur (à Turonien) à *Globotruncana* et d'un Cénomaniens à très rares *Rotaliposa* gr. *turonica* (au sommet) et nombreuses *Hedbergella*, passant vraisemblablement vers 4000 m. à un Albien à petites *Hedbergella*.

.../...

JURASSIQUE

- Mise en évidence à partir de 4132 m. d'une série appartenant au Jurassique et allant de l'Oxfordien au Dogger-Lias.
- Présence d'un intervalle pratiquement non fossilifère et d'âge indéterminé entre un Albien probable (vers 4000 - 4060 m.) et les premiers niveaux jurassiques identifiables (4132 m.)

.../...

STRATIGRAPHIE PAR PALYNOLOGIE

(J. DUCAZEUX)

I - MATERIEL ANALYSE

Ont été étudiées :

- 1 - Les microflores organiques du Tertiaire entre 505 et 2674 m et du Crétacé - Jurassique entre 2678 et 4562 m, soit 190 niveaux.

La plupart des échantillons correspondent à des carottes latérales et à des déblais.

Quelques niveaux ont été carottés : carottes 1 - 2 - 3 (1872 - 1909,50 m) dans l'Eocène inférieur; carotte 4 (2690 - 2695 m), carotte 5 (2829 - 2843 m), carotte 6 (2994 - 2997 m) dans le Crétacé Supérieur.

L'ensemble du Tertiaire et du Crétacé est extrêmement fossilifère, avec des microflores mixtes à Spores, Pollens et Dinoflagellés. Le Jurassique renferme des microflores réduites, très carbonisées, presque exclusivement marines.

- 2 - Les nannoflores calcaires du Tertiaire et du Crétacé entre 165m et 4562m, soit 70 niveaux. Les nannoflores du Tertiaire sont pauvres et peu représentatives; par contre celles du Crétacé-Jurassique sont très riches. Ces nannoflores n'ont pas été exploitées à fond; seuls, quelques éléments caractéristiques ont été retenus pour servir de base à une interprétation stratigraphique assez sommaire. Le but de cette étude est d'appuyer l'interprétation palynologique et non de donner une biozonation au moyen des nannofossiles.

II - ZONATION PALYNOPLANCTOLOGIQUE ET REMARQUES STRATIGRAPHIQUES

SPORES - POLLENS - DINOFLAGELLES

1 - TERTIAIRE

La zonation du Tertiaire du sondage Frigg 25/1-1X fait apparaître, surtout dès 800 m, une succession de biozones richement représentées dans lesquelles les Dinoflagellés sont toujours fidèles et diversifiés. Les Spores et les Pollens sont relativement moins fréquents à l'exception du Paléocène, où leur particulière abondance sert de soutien à la caractérisation des zones.

.../...

a)- 535 - 770 m.

Le microplancton est encore rare, peu différencié :

Cleistosphaeridium D. 303  
Baltisphaeridium D. 302 D  
Spores et Pollens sont peu fréquents :

Ericales sp. 723, Corylus sp. 704, Laricoïdites sp. 724.

Cette association est d'âge probablement MIOCENE mais aucun élément positif ne permet de la rattacher à la zone nt IX de Norvège pour laquelle elle montre cependant une certaine similitude.

N.B. On note à 670 m. (déblais) la présence de Dinoflagellés assez abondants (remaniés ?) de l'Oligocène :  
Chiropteridium - Cordosphaeridium cantharellum - Cette association n'a été retrouvée dans aucun des échantillons de déblais jusqu'à 800 m. Elle n'a donc pas été retenue pour la zonation.

b)- 800 - 1210 m. - Zone nt V - Zone à Deflandrea phosphoritica D.420 et Chiropteridium D. 318 - 319 - 320

Apparition à 800 m. de la microflore de Dinoflagellés classique de l'OLIGOCENE MOYEN d'Europe du Nord :

x

Chiropteridium D. 318 - 319 - 320  
Deflandrea D. 420  
C. cantharellum D. 404 A  
Palaeocystodinium D. 322 A

Cette biozone est homogène et bien individualisée. Il semble difficile de la subdiviser en nt V a et nt V b par suite de l'apparition progressive des espèces-type de la sous-zone nt v a :

Palaeocystodinium D. 347 à 830 m  
Wetzeliella groupe 416.417 à 930 m.  
Cyclonephelium D.351 à 1135m.

La microflore continentale demeure peu représentative. On remarque la disparition des pollens d'Ericales et de Laricoïdites au profit des Tsuga et des pollens de Gymnospermes qui augmentent notablement. Cette modification du spectre sporopollinique est normale au sein de la zone nt V.

La zone nt V de Frigg 25/1-1 par comparaison avec la zone nt V de Norvège, est attribuée à l'OLIGOCENE MOYEN - INFÉRIEUR.

.../...

N.B. On note à 930 et 1060 m. la présence de Wetzeliella draco D.415, espèce caractéristique de la zone suivante nt IV - Cette espèce n'a plus été observée au-dessous. GOCHT cite W. draco parmi les espèces caractéristiques de l'Oligocène moyen d'Allemagne, mais jusqu'ici, dans nos sondages de Norvège, W. draco a toujours été associée à la microflore de la nt IV. Il reste à démontrer si la présence de W. draco dans l'association de la zone nt V de Frigg 25/1-1 est un phénomène normal ou au contraire une exception.

c)- 1250 - 1310m- Zone nt IV - Zone à Achomosphaera D. 349

Apparition de Achomosphaera D. 349

Renouvellement du microplancton marin : D. 408 - D. 355 - D. 403 - D. 409.

La zone nt IV représente une étape de transition entre la zone nt V et la zone nt III. Dans le sondage VALI 16/5-1 on notait, dans la zone nt IV, la persistance des Chiropteridium (CLAB). Par contre, à Frigg 25/1-1, la composition de la microflore de la nt IV la rapprocherait davantage de celle de la zone nt III. Ce qui confirme la notion de nt IV, terme de passage de l'Eocène (nt III) à l'Oligocène (nt V). Néanmoins, la zone nt IV conserve son individualité par la présence de D. 349 (et de D. 415 dans les autres sondages) espèces qui sont pratiquement limitées à cette zone.

Age - OLIGOCENE INFERIEUR à EOCENE SUPERIEUR

d)- 1340 - 1819,5 m - Zone nt III - Zone à Cordosphaeridium D.405  
D. 353 A - D. 305

Le microplancton marin gagne en richesse et en diversité. Cette zone correspond à la biozone des Dinoflagellés

Cordosphaeridium capricornum D.405  
" dictyoplokus D.353 A  
" inodes D.305

Elle peut être subdivisée en deux sous-zones :

- 1340 - 1600 m - Sous-zone nt III b

Apparition de D.405 - D. 353 A - D. 305

Apparition de :

Wetzeliella D. 454  
Heteracaulacysta D. 323

.../...

- 1630 - 1819,5 m - Sous-zone nt III a

Apparition de

Cordosphaeridium D 558  
Samlandia D. 309

Plus grande abondance de D. 405 - D. 305 - D. 353 A

Fréquence des espèces des genres

Operculodinium (D. 387 - D. 344) et  
Achromosphaera (D. 465 - D. 464)  
Abondance de Cyclonephelium D. 351 A.

\* La zone nt III est définie par une microflore très caractéristique fondée sur les espèces C. capricornum D. 405 et C. dictyoplokus D. 353 A. Cette microflore, déjà observée à VALI bien que plus réduite, est particulièrement bien caractérisée dans le sondage FRIGG 25.I/IX. D'après les récents travaux de G.L. EATON dans l'Eocène de l'Île de Wight, la microflore à Cordosphaeridium (Aerosphaeridium) dictyoplokus et Cordosphaeridium capricornum (Aerosphaeridium arcuatum-multicornatum) est observée dans les Upper Bracklesham Beds (zones 5 - 4 - 3) datés LUTETIEN-CUISIEN (Zones à Nummulites planulatus - N. laevigatus - N. variolarius) - Par ailleurs, les microflores décrites par GOCHT dans l'Unter-Eozän 1-4 d'Allemagne (LUTETIEN-YPRESIEN) et en particulier dans l'Unter-Eozän 4, ne sont pas fondamentalement différentes des microflores de Norvège. Les microflores de l'Unter-Eozän 4 de GOCHT sont très riches en Cordosphaeridium inodes et en Wetzeliella. Par contre, Cordosphaeridium capricornum et C. dictyoplokus sont plus rares (1).

lutetien →

Malgré ces différences dans la proportion des individus, on retiendra la similitude des associations.

Ces différents travaux confirment donc notre succession de biozones de Dinoflagellés en lui apportant la caution d'un calage chronostratigraphique.

Zone nt III (1340 - 1819,50) :

. Age LUTETIEN-CUISIEN

e)- 1831 - 249m - Zone nt II - Zone à Membranilarnacia D 411A - Cyclonephelium D 402 B - Wetzeliella D. 361

Cette zone regroupe plusieurs microflores différentes, observées dans les sondages précédemment étudiés et dont les relations sont déterminées maintenant avec plus de certitude. ↓

.../...

---

X  
(1) A remarquer l'analogie parfaite avec les microflores de la nt III du sondage SLOTEN (Hollande) de 812 à 905 m, datées Eocène Supérieur-moyen par macrofaune.

X

1 - 1831m- Sous-zone nt II.c -  
Sous-zone à Membranilarnacia D.411 A

Apparition de D. 411 A

Formes associées :

Wetzeliella ovalis D.419  
Wetzeliella D.416 C

Niveau à abondantes Thalassiphora.

2 - 1846 - 1908,5 m - Sous-zone nt II b -  
Sous-zone à Wetzeliella edwardsii D.418 A

Microflore nouvelle, riche, déterminée avec précision grâce aux carottes 1 (1872 - 1876,5m.) - carotte 2 (1892 m.) et carotte 3 (1901 - 1908,5 m.).

Fréquence de :

Wetzeliella D. 418 A  
Wetzeliella D. 311 A  
Wetzeliella D. 266 -

Abondants :

Adnatosphaeridium reticulense D.468  
(surtout dans la carotte 2)  
Cordosphaeridium D. 305

Persistance de rares D.411 A (carotte 1)

La microflore de la nt II b-c (présence de Membranilarnacia D.411 A) est comparable à la microflore des Lower Bracklesham Beds - zones 2-1 - (CUISIEN) et de la London Clay (YPRESIEN).

× Une confirmation nous en est d'ailleurs donnée par l'existence, dans le sondage VALI 16/5-1, à la base de la nt II b-c, d'une riche nanoflore à Marthasterites tribrachiatus (zone à tribrachiatus ; YPRESIEN).

La microflore continentale est pauvre. Apparition de Plicapollis sp. 729 dans la carotte 1. A signaler de fréquents pollens de Gymnospermes.

. Age : EOCENE INFÉRIEUR (CUISIEN-YPRESIEN)

3 - 1932/42 - 1969 m - Intervalle très peu fossilifère

. 1932/42 - Echantillon très pauvre en Dinoflagellés à l'exception de fréquents D. 305. Microflore continentale surtout riche en Tilia.

.../...

. 1969m - Echantillon un peu plus riche en Dinoflagellés, comprenant des espèces de la nt II b-c : D. 411 A - D. 418 A - D.311 A - D. 305. La part des retombées en déblais est difficile à évaluer. On ne constate en tout cas pas d'apparition de formes nouvelles.

. Age : EOCENE INFÉRIEUR probable.

4 - 1999 - 2491 m - Sous-zone nt IIa -  
Sous-zone à Cyclonephelium D.402 B et Wetzeliella D.361

Renouvellement important de la microflore portant :

. Sur l'association de Dinoflagellés, par disparition des espèces de la nt II b-c et apparition de :

Cyclonephelium D. 402 B  
Deflandrea D. 362 B  
( — Wetzeliella D. 361 (à 2235 m.) )

. Sur l'association de spores et de pollens qui s'enrichit brusquement à ce niveau :

Carya sp. 706  
I. hiatus sp. 515  
Corylus sp. 704  
Plicapollis sp. 729

Cette microflore continentale a été observée dans tous les sondages de Norvège étudiés jusqu'ici.

L'association de la nt IIa se rencontre dans des faciès sableux aussi le microplancton se raréfie-t-il légèrement tout en conservant son identité caractéristique. La nt IIa du sondage Frigg 25-I/IX subit un épaississement important. Il faut souligner l'existence d'une microflore bien différenciée à la base de la nt II a :

- 2235 - 2491 m.

Wetzeliella hyperacanta D. 361  
Cordosphaeridium D. 407 A.

L'existence d'une microflore particulière (D. 361) à la base de la nt IIa avait déjà été observée dans les sondages Vali et Froya.

.../...

La nt IIa de Frigg 25/1-1, et plus précisément la microflore comprise entre 2235m et 2491m, est l'équivalent de la microflore de la Formation de CO D, d'âge PALEOCENE.

f)- 2517/20 - 2678m - Zone nt I. - Zone à Peridinium D. 413 A-B et Areoligera D. 400

Cette microflore est presque uniquement d'origine marine. Elle se subdivise en deux sous-zones nt Ia et b :

- 2517/20 - 2547m - Sous-zone nt Ib  
Sous-zone à Péridinium D 413 B et Areoligera D. 400
- 2577 - 2678 - Sous-zone nt Ia -  
Sous-zone à Péridinium D. 413 A

Cette association, mal caractérisée dans les échantillons de déblais, est mieux représentée à 1678 m (clab.)

Peridinium D. 413 A (rare) No N 2678  
Areoligera D.400  
Eisenackia D.399  
Cyclonephelium D. 363 -

On remarque également à 1678 m. la première apparition de Dinoflagellés du Crétacé Supérieur.

N.B. Les clabs 2667 et 2674 sont extrêmement pauvres.

2517/20 à 2547 m. DANIEN à PALEOCENE

2577 - 2678 m - DANIEN

La microflore de la zone nt Ia (2577 - 2678m) est l'équivalent de celle du " Calcaire Danien " de COD et FROYA.

## 2 - CRETACE

L'étude des formations du Crétacé de Frigg 25/I-IX représente la première intervention palynologique dans le Crétacé supérieur de Norvège. Cette étude révèle une succession de biozones, datées par référence à des travaux antérieurs effectués en Scanie (sondage Höllviken 1) et par référence aux études de CLARKE et VERDIER \* dans la craie de l'Ile de Wight.

L'étude du sondage Frigg 25/I-IX révèle une première biozotation palynologique du Maestrichtien au Cénomanién et complète ainsi la zonation du Crétacé moyen-inférieur élaborée dans les sondages précédents de l'off-shore norvégien (Cénomanién à Valanginién).

.../...

---

\* An investigation of microplankton assemblages from the chalk of the Isle of Wight England R.F.A. CLARKE - J.P. VERDIER - 1967.

a)- 2678 - 2975 m - Zone nc 9 - Zone à Peridinium basilum D. 413 A et Aquilapollenites

Microflore à dominance marine avec renouvellement important des associations de Dinoflagellés.

Abondants Peridinium D. 413 A

Abondantes Deflandrea D.422

" D.547

" D.548

Formes associées fréquentes :

Cordosphaeridium 8800

Hystridrosphaeridium D.550 B

Areoligera D.553

Formes plus rares :

Microdinium D.549

Callaiosphaeridium cf. 8805

Paléocystodinium D 322 B.

Les Spores et les Pollens sont très rares (Appendicisporites). Présence toutefois d'une espèce caractéristique du Maestrichtien de type boréal : Aquilapollenites sp. Rares Plicapollis sp. 721.

Dans les localités-type du Maestrichtien supérieur de Belgique et de Hollande, G.J. WILSON \* signale une microflore à Cannosphaeropsis et Cordosphaeridium dominant (partie supérieure) et une microflore à Areoligera et Cyclonephelium dominant (partie inférieure). Les microflores reconnues à Frigg 25/I-I, dans la nc 9, permettent des remarques analogues : abondance des Cordosphaeridium (type 8800) dans la partie supérieure, présence de nombreuses Areoligera (D.553) et rares Cyclonephelium (type 8622) dans la partie inférieure.

Age : MAESTRICHTIEN

b)- 2985 - 3388m - Zone nc 8 - Zone à Deflandrea Victoriensis D.551 A et Odontochitina Striatoperporata D.36 B

Microflore nouvelle apparaissant dans un échantillon de carotte latérale à 2985m et confirmée par une riche association dans la carotte 6 (2994 - 2997 m).

.../...

---

\* Observations on European Late Cretaceous Dinoflagellate Cysts. G.J. WILSON  
II Planktonic conference Rome 1970.

Apparition de :

Deflandrea D.551 A-B  
Odontochitina D.36 B  
Heliodinium voigti D.427  
Hystrichosphaeridium D.550 A  
Triblastula D.554

Persistance de nombreux D.413 A

Formes associées fréquentes :

Baltisphaeridium groupe erectum  
" groupe tubiferum

Présence d'Hystrichokolpoma D.555

Cette biozone peut se subdiviser en deux sous-zones :

- 2985 - 3163m - Sous-zone nc 8 b - D.551 A-B -  
D.36 B - D.427

- 3191 - 3388m - Sous-zone nc 8a

. Apparition de Deflandrea D.552

O. striatoperforata est citée par CLARKE et VERDIER dans le Campanien Supérieur. Cette espèce est également caractéristique des microflores du Campanien Supérieur reconnues en Europe par C.L. WILSON

. Age : CAMPANIEN

c)- 3434 - 3646m. - Zone nc 7 - Zone à Pseudoceratium ceratioides D.42

Biozone du Dinoflagellé D.42

Persistance en grande fréquence des Dinoflagellés :

Heliodonium D.427  
Odontochitina D.36 B  
Hystrichosphaeridium D 550 A

. Age SENONIEN INFÉRIEUR

d)- 3660/77 - 3797,50m - Zone nc 6 - Zone à Stephodinium D.524 et  
Chlamydophorella nyei D.484

La zone nc 6 est fondée sur l'apparition, en déblais, à 3660/77m de :

D. 524  
D. 484.

Cette microflore s'enrichit et s'affirme à l'échantillon de carotte latérale 3698m où l'on observe :

Hexagonifera chlamydata D.518  
Cyclonephelium membraniphorum D 531  
Xiphophoridium alatum D.556

Persistance en grande fréquence de :

Odontochitina D.36 B  
Cyclonephelium groupe 8622  
Hystrichosphaeridium D.550 B

La zone nc 6 fondée sur l'apparition de Stephodinium D.524, Xiphophoridium alatum D.536, Chlamydophorella nyei D.484 semble correspondre à une microflore de passage Turonien-Cénomanién. En effet, CLARKE et VERDIER définissent une zone à Scriniodinium campanula à la base du Turonien (= zone à Rhynchonellacuvieri) dans laquelle on remarque l'apparition de Xiphophoridium alatum et la disparition de Cyclonephelium membraniphorum. Par contre Stephodinium coronatum et Chlamydophorella nyei (= hugonioti) appartiennent à la zone suivante, zone à H. Siphoniphorum (Cénomanién - zone à Holaster subglobosus).

La microflore de la nc 6 de Frigg 25/1-1 réunit des caractères communs aux deux zones de CLARKE et VERDIER :

Apparition de X. alatum  
Disparition de C. membraniphorum à la base de cette zone (sens sondage)  
mais présence de St. coronatum et C. nyei

. Age : CENOMANIEN SUPERIEUR à TURONIEN INFÉRIEUR

e)- 3832 - 4044/48 - Zone nc 5 - Zone à Lithosphaeridium Siphoniphorum D.523

Biozone du Dinoflagellé D.523

Cette microflore est analogue à la microflore de CLARKE et VERDIER (zone à H. Siphoniphorum) d'âge Cénomanién.

N.B. Apparition d'espèces nouvelles à la cote 3990 m (clab)

H. 8836  
Canninginopsis D.522  
Ascodinium D.532

Cette cote correspond à peu près à l'apparition de microfaunes de l'Albién.

. Age : CENOMANIEN (à ALBIEN)

.../...

3 - JURASSIQUE

La microflore du Jurassique est exclusivement marine, pauvre et très carbonisée. AH.  
↳ wbe bulage

L'entrée dans le Jurassique a été fixée vers 4060 m. A 4061,5 et 4062,5m., deux échantillons de Junk Catcher ont été prélevés. L'un (4062,5 m.) est entièrement contaminé de Dinoflagellés du Sénonien et du Cénomanién. Dans l'autre (4061,5 m.), beaucoup plus pauvre, on voit apparaître les premiers Dinoflagellés à cachet Jurassique. Ce même échantillon (4061,5 m) ne contient aucune microflore de foraminifères ou d'ostracodes. Les niveaux les suivant immédiatement ne sont pas fossilifères.

a)- 4061,5 - 4088/92 m.

Première apparition de très rares espèces de Dinoflagellés:

Adnatosphaeridium aemulum  
Adnatosphaeridium caulleryi  
Stephanolitron ?

*ciel*

. Age : Jurassique Supérieur ?

b)- 4100 - 4152/56m.

Intervalle indéterminé.

c)- 4164 - 4340/44 m.

Microflore de Dinoflagellés caractérisée par :

Gonyaulacysta areolata D.440  
Scrinioidinium crystallinum D.514  
Gonyaulacysta eisenacki

. Age OXFORDIEN - CALLOVIEN

d)- ~~420/24m.~~

Intervalle indéterminé.

e)- 4532 - 4562 m.

Microplancton marin constitué de retombées, cependant, la microflore continentale renferme quelques espèces à affinités LIAS.

. Age : LIAS ?

.../...

NANNOFLORES CALCAIRES

L'étude des Nannoflores calcaires du sondage Frigg 25/1-I se borne à quelques résultats stratigraphiques destinés à appuyer l'interprétation palynologique.

*modèle*

1 - TERTIAIRE

L'ensemble des échantillons, y compris les carottes 1 - 2 - 3 (1651 à 2475 m.) est très pauvre à non fossilifère. Seul l'échantillon de carotte latérale, à 2678 m., a révélé une riche nannoflore du DANIEN.

Cruciplacolithus tenuis  
Heliorthus junctus  
Thoracosphaera

avec de nombreuses espèces du MAESTRICHTIEN.

2 - CRETACE

Les microflores du Crétacé supérieur sont extrêmement riches.

a)- Carotte 4 (2690-95m) - carotte 5 (2994-97m.)

Riche association à Arkh. cymbiformis

. Age : MAESTRICHTIEN

b)- Carotte 6 (2994-2997 m) -

Riche nannoflore à :

Aspidolithus parcus  
Lucianorhabdus cayeuxi

Cette association se retrouve, plus pauvre, à 3141 - 3191, 3270 m.

. Age : CAMPANIEN

c)- 3314 - 3388

Riche association avec apparition d'espèces nouvelles :

Laffittus obliquus  
Aspidolithus enormis

.../...

D'après la thèse d' H. MANIVIT dans le Crétacé d'Aquitaine, A. enormis disparaît un peu au-dessus du toit du Santonien. L.obliquus existe encore, rare, dans le Campanien inférieur, de sorte que la présence de ces nannofossiles à 3314m. pourrait caractériser déjà le Santonien. Cette nannoflore correspond d'ailleurs à une microfauune datée Campanien inférieur à Santonien.

. Age : CAMPANIEN INFÉRIEUR à SANTONIEN

d)- 3480 - 3522 - 3620 m.

Cette nannoflore est caractérisée par :

*Marthasterites furcatus*

La zone à *M. furcatus* correspond à la base de la Mooreville Chalk en Alabama (CEPEK et HAY 1969); c'est la première zone reconnue (sens stratigraphique dans le CONIACIEN (la zone à *M. furcatus* est d'âge CONIACIEN SUPÉRIEUR-MOYEN en Aquitaine. H. MANIVIT) - Cependant l'espèce *M. furcatus* couvre l'intervalle CONIACIEN - SANTONIEN et disparaît dans le Campanien inférieur. La présence de cette espèce à FRIGG indique donc un âge :

. Age SENONIEN INFÉRIEUR (CONIACIEN et SANTONIEN pro parte).

e)- 3646 - 3660/67 m

Riche association dans laquelle on observe un pourcentage assez élevé de *L. obliquus*.

3698 - 3713 - 3797 m

Présence de *Lithastrinus floralis*.

La plus grande fréquence de *L.obliquus* jointe à l'existence dans ces niveaux de *L. floralis* indique un âge Turonien à Cénomaniens supérieur. En effet, *L. obliquus*, très abondant au Turonien, est rare au Cénomaniens (zone à *L. obliquus* - Turonien à Cénomaniens supérieur), *L. floralis*, par contre, est fréquent dans le Cénomaniens.

. Age : TURONIEN à CENOMANIEN SUPÉRIEUR

f)- 3935 m

Riche nannoflore à 70 % de *Coccolithus barnesae* et zygolithes, avec de fréquents *L. floralis*

. Age : CENOMANIEN

N.B: Les niveaux 3990 - 4062,5 ne sont pas fossilifères.  
L'échantillon 4040 est pauvre et peu caractéristique.

.../...

3 - JURASSIQUE

Les nannoflores du Jurassique sont extrêmement riches en espèces de la famille des Ellipsagelosphaeridés, ce qui représente un des caractères essentiels des associations du Jurassique supérieur-moyen.

a)- 4272 - 4316m

Nannoflore assez riche à forte dominance d'Ellipsagelosphaeridés (E. frequens.-E. lucasi - W. communis).

Présence de :

Cyclagelosphaera margereli  
Etmorhabdus gallicus  
Rhabdolithes

Cette association caractérise un Jurassique compris dans l'intervalle Kimmeridgien inférieur - Oxfordien (Oxfordien probable malgré absence de St. bigoti).

Cette nannoflore renferme aussi de très fréquents Nannoconidés, Zygoolithes, Braasudosphaera qui correspondent à des retombées du Crétacé.

. Age : Oxfordien probable

b)- 4378.5m.

Riche nannoflore mieux individualisée, avec présence de

Stephanolithion speciosum

. Age : CALLOVIEN - BATHONIEN

c)- 4455 m.

Nannoflore à abondantes Ellipsagelosphaera avec absence de St. Speciosum.

. Age : BAJOCIEN

d)- 4532 - 4562 m

Association identique à la précédente, sans apparition de formes nouvelles.

.../...

### III - CONCLUSIONS STRATIGRAPHIQUES

L'étude palynoplantologique du sondage FRIGG 25/1-1 permet de dégager les points suivants d'ailleurs résumés et précisés sur les planches dans le texte n°1 et n°2.

#### TERTIAIRE

- L'OLIGOCENE MOYEN-INFERIEUR (Zone nt V) est bien caractérisé, de 800 à 1210 m., par la microflore classique de l'Oligocène moyen d'Allemagne.
- La limite OLIGOCENE-EOCENE pourrait se situer au toit de la zone nt IV, à 1250 m. L'EOCENE est certain à partir de la nt III (1340 m.). La comparaison de la microflore de la nt III avec celle des Upper Bracklesham Beds de l'île de Wight apporte une précieuse confirmation de nos résultats. L'âge de la nt III est LUTETIEN-CUISIEN.
- Apparition à 1831 m. d'un microplancton organique typique (nt II b-c - 1831 - 1918 m.). Cette microflore est identique à la microflore des Lower Bracklesham Beds et de la London Clay (CUISIEN-YPRESIEN).
- Variation climatique importante au niveau de la nt II a (1999 m.) correspondant à une association continentale caractéristique d'un climat plus chaud. La microflore de la nt II a de Frigg 25/1-1, et plus précisément la microflore comprise entre 2235 et 2491 m, est l'équivalent de la microflore observée dans la Formation de COD, d'âge PALEOCENE. Il est difficile de préciser la limite exacte entre nt IIa et nt IIb, l'intervalle 1920 - 1980 m. n'étant analysé que sur déblais avec de possibles retombées. Le toit de la zone nt IIa correspond en tout cas à un changement lithologique.
- La nt I traduit un retour à des conditions plus marines. Le DANIEN franc apparaît à 2577 m. Entre 2577 et 2678 m (toit de la craie), on a un équivalent du Calcaire Danien de COD et Froya.

#### CRETACE

Le Crétacé supérieur est caractérisé par de riches microflores et nannoflores du MAESTRICHTIEN à l'ALBIEN.

- Le MAESTRICHTIEN est marqué par la coexistence d'une microflore de Dinoflagellés typiques et de pollens de type boréal (Aquilapollenites) dont nous saisissons, ici, en Norvège la première manifestation.

.../...

- La coupure MAESTRICHTIEN-CAMPANIEN (2987 m.) est nette. Elle coïncide avec l'apparition d'une microflore nouvelle (nc 8) corroborée par une nannoflore du CAMPANIEN dans la carotte 6 (2994 m.). Les niveaux inférieurs de la zone nc 8 doivent déjà se situer dans le CAMPANIEN INFÉRIEUR à SENONIEN (apparition de nannoflores et de microfossiles du CAMPANIEN INFÉRIEUR à SANTONIEN).
- La zone nc 7 marque un renouvellement partiel des organismes planctoniques; elle est pourtant nettement individualisée par des nannofossiles marqueurs du CONIACIEN et SANTONIEN pp.
- La zone nc 6 correspond à un intervalle TURONIEN - CENOMANIEN SUPÉRIEUR avec un renouvellement assez important du microplancton marin.
- Le CENOMANIEN caractéristique apparaît à 3832 m. L'ALBIEN n'est pas nettement différencié par palynologie.

## JURASSIQUE

Bien que les arguments soient réduits, il semble qu'on puisse situer la limite CRETACE-JURASSIQUE vers 4060 m. Les premiers niveaux (4061 - 4091 m) sont très pauvres en microfossiles. Il faut attendre 4164 m pour observer des microflores et des nannoflores de l'OXFORDIEN. La série semble assez continue jusqu'au Dogger. La microflore continentale des deux derniers niveaux (4532 - 4562 m.) coïncide assez avec ce que l'on connaît du LIAS en Europe Septentrionale.



INTERPRETATION STRATIGRAPHIQUE DU CRETACE ET DU JURASSIQUE

PROFONDEURS	SPORES - POLLENS - DINOFLAGELLES			NANNOFOSSILES CALCAIRES	ATTRIBUTION STRATIGRAPHIQUE PALYNOLOGIE	ATTRIBUTION STRATIGRAPHIQUE MICROPALÉONTOL.
	ASSOCIATIONS PALYNOLOGIQUES	SUBDIVISIONS	ZONATION PALYNOLOGIQUE	PRINCIPALES ASSOCIATIONS		
2600	?		nt 1a		2577 DANIEN	2510 PALEOCENE
	2678 P. basilum D413 A Deflandrea D 422 D 547 - D 548 Aquilapollenites		?	C4 Maestricht.	2678 MAESTRICHTIEN	2665 DANIEN 2678 MAESTRICHTIEN
3000	2975 2985 Deflandrea D 551 victoriensis O. striatoperforata D 36 B Aquilapollenites	2985 D 551 A-B D 36 B	nc 9	C5 Maestricht.	2975 2985 CAMPANIEN	2880 ? CAMPANIEN indifférencié
	3163 3191 Deflandrea D 552	3163 3191	nc 8	C6 2994-2997 Campanien	3141 P 3191 P 3270 R Camp.	
	3388	3388	a	3314 P 3191 P 3270 R Camp. 3314 R Camp. à Senon.	3388 AR Senon.	3270 3300 CAMPANIEN INF. 3400 SANTONIEN
3500	3434 Pseudoceratium ceratioides D 42		n 7	3480 R 3522 AR Senon. inf.	3434 SENONIEN INF.	3422 SENONIEN INF. à TURONIEN SUP.
	3660/77 Chl. nyei D 484 Stephodinium D 524 3797	3690	n 6	3620 R 3660 R 3698 R Turon. à Cenom. sup. 3713 R 3797 TR	3660/77 TURONIEN à CENOMANIEN SUP. 3797	3800
	3832 L. siphoniphorum D 523		n 5	3935 TR Cenom Alb. 3990 F	3832 CENOMANIEN (à ALBIEN)	3820 CENOMANIEN
4000	4044/48 Ad. coulleri Ad. Ac. molle Indetermine 4100 4152/56 4164 G. areolata D 440 Sc. crystal. D 514 G. eisenacki 8713 4340/44 Indetermine 4420/24 Alien. Flore continentale à sp. nires LIAS. 4562			4040 P 4062, 5 F 4272 Oxfordien 4378 St. speciosum Call.-Bathon. 4455 Dogger 4532 Dogger 4562 Dogger	4044/48 JURAS. SUP. ? 4061,5 4088/92 4152/56 4164 OXFORDIEN 4272 CALLOVIEN 4340-44 CALLOVIEN-BATHONIEN ? DOGGER ? LIAS ?	4000 ALBIEN ? 4060 Azoïque 4120 OXFORDIEN 4132 CALLOVO-OXFORD. 4348 DOGGER 4440 DOGGER 4495 DOGGER 4520 DOG.-LIAS 4562 DOG.-LIAS 4562 Fin de l'étude

GEOCHIMIE

---

I - POTENTIEL HYDROCARBURES (J. du ROUCHET)

ANALYSES FAITES

Le contenu en matière organique des sédiments a été inventorié par mesures systématiques, tous les 50 m. environ, de la teneur en carbone organique total, ou COT, et de la teneur en matière extractible au chloroforme, ou MOE; le rapport  $MOE \times 100/COT$  a été calculé.

Le COT donne la quantité de matière organique sans indication de qualité.

La MOE est une première estimation de cette qualité, c'est-à-dire du pouvoir pétroligène; mais il y a de nombreuses causes d'incertitude.

Le rapport  $MOE \times 100/COT$  rend évidentes les zones intéressantes : au-dessus de 10 % un sédiment est ou pétroligène, ou bitumineux, ou enrichi par migration.

Les résultats des mesures de COT et de MOE, les rapports  $MOE \times 100/COT$  ont été reportés en graphes sur une planche synthétique, à l'échelle 1/4000 déjà utilisée pour les logs sédimentologiques.

Sur la planche synthétique, à côté des graphes de COT, MOE et  $MOE \times 100/COT$ , figurent le log de composition des indices de gaz constatés en forage, établi d'après les rapports Géoservices, une colonne des indices d'huile observés en forage et un log des indices notés dans les déblais à l'occasion de leur étude pétrographique au Laboratoire.

Enfin, la planche donne le log de composition minéralogique des argiles et une courbe de résidu de décarbonatation.

Les graphes de COT et de MOE permettent le choix judicieux des échantillons méritant une analyse chimique de l'extrait chloroformique.

L'analyse de l'extractible a pour but principal la détermination de la qualité pétrolière du sédiment; elle est le seul moyen d'arriver à reconnaître une roche mère; plus accessoirement, elle est utilisée pour définir le caractère en place ou migré de l'extractible. Dans de nombreux cas, elle permet de mettre en évidence des corrélations chimiques entre extrait de roche et huile de gisement.

.../...

Au Laboratoire Exploration, l'analyse chimique des extraits de roche et des huiles consiste en :

- Une " Constitution ", c'est-à-dire une fragmentation par chromatographie liquide sur alumine; elle sépare les constituants suivants ;
  - . Asphaltènes (A)
  - . Résines (R)
  - . Constituants huileux (CH) comprenant { des huiles aromatiques (A)  
des huiles saturées (S)
- Une analyse chimique des CH saturés par chromatographie en phase gazeuse (CPG).

Les résultats de cet ensemble d'analyses et de la partie routinière de l'interprétation ont été groupés en Feuilles d'analyse.

La planche synthétique d'étude géochimique au 1/4000 et les feuilles d'analyse constituent l'essentiel de l'information que nous allons présenter, critiquer et interpréter.

## RESULTATS DE L'ETUDE DE GEOCHIMIE ORGANIQUE

### 1 - INVENTAIRE ORGANIQUE DE LA SERIE SEDIMENTAIRE TRAVERSEE

Les résultats seront décrits, comme ils ont été étudiés, en commençant par le fond du sondage. Puisque les hydrocarbures migrent généralement vers le haut, on a plus de chances d'aller ainsi du moins au plus complexe.

Dans le cas de Frigg 1, l'interprétation est effectivement plus simple dans le Jurassique que dans le Crétacé supérieur et le Tertiaire, où l'on doit discuter la possibilité d'apports migrés de la profondeur.

La description qui va suivre suppose que le lecteur a sous les yeux la planche synthétique au 1/4000 (Pl. 5) et qu'il se reporte aux feuilles d'analyses insérées à la fin du rapport (Annexes 1 à 13).

.../...

a)- Intervalle 4560 - 4050 m (Jurassique argileux) (Pl.5 - Pl. 6 - Pl. 7)

1°)- Teneurs en COT :

Les teneurs sont de l'ordre de 1 %; le report sur le diagramme (Pl. 6) de Statistique mondiale des couples COT/RDC (RDC = résidu de décarbonatation) indique que ces argiles jurassiques sont dans la catégorie des 25 % des sédiments les plus riches.

Mais le Rapport d'examen lithologique du Laboratoire signale de nombreux débris de matières charbonneuses.

2°)- Teneurs en MOE :

Les teneurs en extractible au chloroforme sont très élevées, presque partout très supérieure à 1000 ppm avec deux pointes :

- . une à 4496 m (4370 ppm)
- . une à 4300 m (3390 ppm); cette pointe correspond à la profondeur où de l'huile est apparue sur la boue en forage, juste sous le niveau d'argile très sous-compactée.

On observe que les MOE les plus fortes se situent d'ailleurs sous ce niveau sous-compacté (nettement défini lithologiquement en particulier par sa radioactivité).

Remarquons qu'il existe quelques teneurs basses de MOE; en particulier celle de l'échantillon de Junk Baket 4062,5 m.

Le rapport  $MOE \times 100 / COT$  est néanmoins partout fort, entre 20 et 40 %; de tels pourcentages suggèrent l'intervention d'un enrichissement par apports migrés.

3°)- Analyses d'extraits (Pl.7)

Trois analyses d'extraits ont été faites :  
éch. 4496 m, éch. 4130 m, éch. 4062,5 m.

- Echantillon 4496 m (déblais non déboursés)

- . L'extrait est une huile
- . Nature chimique de l'huile extraite : L'huile est riche en CH saturés ( $S/A = 5,2$ ).
- . Les CH saturés ont une forte teneur en n alcanes (24,35 %) et les CH les plus légers sont, apparemment, aussi riches en isoalcanes; les CH plus lourds sont, apparemment, surtout formés de cyclanes.

.../...

- . Distribution des n-alcanes : Les concentrations des n-alcanes décroissent de la n C 17 à la n C 32; cette décroissance paraît pouvoir être décomposée en deux tronçons exponentiels (cf histogramme en échelle logarithmique) : un de la n C 17 à la n C 25, un autre de la n C 26 à la n C 32. Il y a décrochement net entre les concentrations en n C 25 et n C 26.
  - . Corrélations : Le chromatogramme des CH saturés présente de nombreuses analogies avec celui de la fraction saturée de l'huile du gisement d'Ekofisk. Parmi ces analogies signalons : le détail assez semblable des sinuosités entre pics de n-alcanes (ces sinuosités sont les expressions de composants préférentiellement développés - isoalcanes ou cyclanes dérivés de corps biochimiques particuliers), un Farnesane bien développé et une distribution presque identique des n-alcanes. La principale différence paraît être une plus grande richesse en n-alcanes de l'"huile" de 4496 m.
- Echantillon 4130 m (déblais non débourbés)
- . L'extrait est une huile.
  - . Nature chimique de l'huile extraite : Les CH saturés prédominent largement ( $S/A = 10$ ), ils paraissent avoir une composition assez équilibrée entre n alcanes (19,21 %) isoalcanes et cyclanes.
  - . Distribution des n-alcanes : Elle est semblable à celle de l'échantillon 4496m.
  - . Corrélation : Le chromatogramme est très analogue à celui de l'échantillon 4496 m, il présente donc les mêmes corrélations.
- Echantillon 4062,5 m (débris remontés par Junk Baket : échantillon non pollué).
- . L'extrait est une huile proche d'un malthe.
  - . Nature chimique de l'extrait : La teneur en résines est notable  $R = 26 \%$ , les CH sont plus aromatiques  $S/A = 2,06$ . Il y a moins de n-alcanes dans les CH saturés (7,34 %), mais les isoalcanes paraissent assez abondants.
  - . Distribution des n-alcanes : C'est celle des deux échantillons précédents.
  - . Corrélation : Le chromatogramme des CH saturés est très analogue à ceux de 4496 m et 4130 m.

.../...

4°)- Conclusions pour l'intervalle jurassique 4560 - 4050 m :

Habituellement, les " roches mères " sont caractérisées par la présence de teneurs notables en asphaltènes et en résines; mais ces composants, qui sont des polyaromatiques, peuvent ne pas être engendrés quand la matière organique est très hydrogénée, état révélé ici par des CH très riches en composants saturés.

De plus, il faut considérer que le Jurassique du Frigg est en état de diagenèse poussée, le pouvoir réflecteur du charbon est de 1,2 % vers 4000 m.

Nous croyons pouvoir conclure à une haute qualité pétroligène du Jurassique supérieur traversé à Frigg 1. Mais cette haute qualité ne doit expliquer que partiellement les rapports MOE x 100/COT dépassant 20 %; il est assez probable qu'il y a aussi enrichissement par effet d'un vaste phénomène de migration; l'existence d'enrichissement paraît confirmée par les hautes teneurs en extractible de la base du Crétacé supérieur.

Rappelons que les huiles extraites des roches jurassiques de Frigg 1 sont, malgré une plus grande richesse en n-alcanes, très analogues à l'huile du gisement d'Ekofisk.

b)- Intervalle 4050 - 2760 m (Crétacé supérieur surtout argileux)  
(Pl. 5 - Pl. 6 - Pl. 8 - Pl. 10 - Pl. 11)

1°)- Teneurs en COT :

Les teneurs se tiennent entre 0,5 et 0,75 %.

Le report sur diagramme COT/RDC (Pl. 6) confirme le caractère moyennement riche du Crétacé supérieur marneux. Mais comme le Rapport d'examen lithologique signale peu de charbons, il est possible que la matière organique soit d'excellente qualité.

2°)- Teneurs en MOE :

- Entre 4050 et 3820 m les teneurs en MOE sont presque aussi fortes que dans le Jurassique sous-jacent et le rapport MOE 100/COT dépasse 20 %; l'enrichissement en huile peut être donc important. Le niveau des indices de gaz est aussi le même que dans le Jurassique (interprétés par la méthode Baroid-Seguin, ils donnent la présence d'une phase huile).

- Zone entre 3820 et 3600 m : A partir de 3820 m, les teneurs en MOE, les rapports MOE x 100/COT, les indices de gaz diminuent (on constate néanmoins une belle pointe de MOE à 3718 m et une autre plus petite à 3620 m).

.../...

L'affaiblissement soudain des manifestations d'hydrocarbures vers 3800 m est probablement attribuable à l'effet de drain de la formation d'argiles plus ou moins sableuses, à intercalations carbonatées, qui constitue la zone. La pression des fluides migrants a dû se relâcher partiellement dans les porosités plus grossières de cette zone et le flux d'hydrocarbure a pu être ainsi détourné latéralement, au moins en partie.

- Entre 3600 et 2760 m, les teneurs en MOE sont en général peu supérieures à 500 ppm; il y a cependant deux fortes teneurs, une à 3323 m (7780 ppm), une à 3170 m (2270 ppm).

Le rapport  $MOE \times 100 / COT$  est encore fort, environ 15 %; les sédiments sont donc, soit pétroliques, soit enrichis par apports.

Par contre, le niveau des indices de gaz est plus bas au-dessus de 3650 m, probablement à cause du relâchement des pressions.

### 3°)- Analyse d'extraits

Trois analyses ont été faites dans l'intervalle 4050 - 2760 m : éch. de déblais groupes 3422 - 3577 m, éch. de déblais 3323 m, éch. de carotte 2993,3 m.

- Echantillon de déblais, non déboursés, groupés :  
(3422 m) + (3473 m) + (3525 m) + (3577 m) - Pl. 8

. L'extrait est un malthe.

. Nature chimique de l'extrait : Il y a presque autant d'asphaltènes que de résines. Les CH ont une teneur notable en aromatiques  $\frac{S}{A} = 2,60$ . Il y a beaucoup de n-alcanes (19,02 %) dans les CH saturés. Enfin, on constate un bon développement des cyclanes lourds.

. Distribution des n-alcanes : La distribution des concentrations relatives des n-alcanes se caractérise par l'existence de deux populations : une population " plus légère que le n C 22 ", une population " plus lourde que le n C 21 ". Le maximum de cette seconde population est en n C 24.

. Corrélations : L'examen du chromatogramme révèle des analogies entre la fraction la plus légère des saturés - celle qui correspond à la population de n-alcanes " plus légers que le n C 22 " - et les " huiles " des échantillons jurassiques déjà décrites : en particulier des teneurs relatives comparables en Farnesane, Pristane et Phytane. Par contre, la fraction lourde, caractérisée par ses n-alcanes, paraît sûrement en place.

.../...

En résumé : Enrichissement possible, par apport jurassique, d'un extractible en place caractérisé par son aromaticité et sa teneur en cyclanes lourds.\*

- Echantillon de déblais non déboursés 3323 m - Pl. 8 et Pl. 9

- . L'extrait est une huile.
- . Nature chimique de l'extrait : les deux caractéristiques majeures sont la faible teneur en n-alcanes (3,88 %) et l'abondance des cyclanes lourds.
- . Distribution des n-alcanes, étudiée sur un concentré par traitement à l'urée : Elle est nettement bimodale : les deux populations sont celles décrites à propos de l'échantillon précédent. Mais ici la population lourde est relativement plus importante.

En résumé : Seule la fraction légère, caractérisée par la population de n-alcanes moins lourds que le n C 22, pourrait éventuellement être l'origine jurassique. L'essentiel de l'huile, les cyclanes lourds, est en place ou migré du voisinage immédiat. Une genèse de pétrole naphténique dans le Crétacé supérieur paraît donc certaine.

- Echantillon de carotte 2993,3 - 2993,6  
(échantillon non pollué) - Pl. 8

- . L'extrait est une asphalte beaucoup plus riche en résines qu'en asphaltènes.
- . Nature chimique de l'extrait : Les CH aromatiques dominent ( $S/A = 0,79$ ); les CH saturés, qui contiennent 8,35 % de n-alcanes, sont caractérisés par de fortes teneurs en cyclanes lourds, apparaissant sur le chromatogramme, dans le domaine de températures d'ébullition délimité par les n C 19 et n C 28.
- . Distribution des n-alcanes : On retrouve les deux populations décrites à propos des échantillons précédents. La population des n-alcanes moins lourds que le n C 22 culmine ici en n C 16, il est d'ailleurs évident qu'elle est le résidu d'une population encore plus légère amputée de ses plus volatiles par les pertes de vaporisation qui surviennent toujours au cours des épuisements de solvants qui terminent l'extraction au chloroforme et aussi l'élué des CH saturés en Constitution.

.../...

---

\* Cette conclusion a été confirmée après la rédaction de ce rapport par une chromatographie des CH saturés des échantillons groupés 3872 + 3924.

En résumé : Le rapport Pristane / Phytane est très différent de celui des " huiles jurassiques " (0,82 contre 1,2 à 2), donc même la population de n-alcane plus légers que le n c 22 est très probablement en place. La partie cyclanique lourde est, elle, certainement Crétacé supérieur. La qualité de la matière organique de l'échantillon 2993,3 paraît assez bonne. Il serait intéressant de doser le soufre pour mieux interpréter l'aromaticité de l'extrait (aromaticité due à la perte d'hydrogène par oxydation ou par sulfuration).

4°)- Conclusions pour l'intervalle Crétacé supérieur 4050 - 2760 m

Des apports d'hydrocarbures jurassiques sont probables jusqu'à la zone de drains 3580 - 3820 m. Au-dessus de cette zone les apports sont faibles si ils existent; par contre, les pointes d'extractible marquées par le graphe des MCE correspondent à des générations d'hydrocarbures naphténiques, le Crétacé supérieur est donc une roche mère possible malgré le caractère apparemment un peu trop exclusivement lourd de ses cyclanes.

c)- Intervalle 2760 - 1820 m (Danien et Paléocène)  
Pl. 5 - Pl. 6 - Pl. 10 - Pl. 11

Les sédiments de cet intervalle sont des dépôts de plus haute énergie que ceux du Crétacé supérieur et du Jurassique : entre 2760 et 2500 m les argiles sont intercalées de nombreux niveaux gréseux, entre 2500 et 1820 m les réservoirs sableux sont prépondérants.

L'existence de ces drains et réservoirs a entraîné un régime hydrodynamique normal des fluides; les hydrocarbures sont rassemblés dans la porosité la plus grossière accessible (puisque le milieu est mouillé par l'eau); cette concentration explique les indices U V observées sur les déblais.

La faible teneur en gaz de la boue (dont la densité est seulement de 1,24) au-dessus de 2820 m - exception faite de la fin du forage du réservoir gazéifère - est certainement due, en bonne part, à la pression normale des fluides.

1°)- Teneurs en COT

Les teneurs en carbone organique total sont de l'ordre de 0,5 %, généralement plutôt inférieures. La pointe de 1,86 % constatée à 2070 m correspond très probablement à un des nombreux niveaux " ligniteux " signalés entre 2000 et 2100 m. Les COT sont très faibles dans le réservoir entre 1840 et 2020 m. Le report sur diagramme statistique confirme que le Paléocène est un sédiment plutôt pauvre en matière organique.

.../...

2°)- Teneurs en MOE

- De 2760 à 2070 m, les teneurs en extractibles au chloroforme sont assez faibles, inférieures à 500 ppm sauf une pointe à 2070 m (1090 ppm); les rapports  $MOE \times 100/COT$  sont inférieurs à 10 %.
- De 2020 à 1840 m des pointes de MOE signalent certains réservoirs imprégnés. Les rapports  $MOE \times 100/COT$  se tiennent entre 20 et 80 %.

3°)- Analyses d'un extrait de roche et de l'huile sous le gaz du gisement

- Echantillon de déblais non débourbés 2070 m  
(Argile ligniteuse ?)

- . L'extrait est une asphalte.
- . Nature chimique de l'extrait : Les résines sont abondantes ( $R = 46,9 \%$ ); les constituants huileux présentent une dominance aromatique ( $S/A = 0,79$ ); les CH saturés comprennent 18,64 % de n alcanes. Il y a beaucoup moins de cyclanes lourds que dans la carotte 2993,3 m.
- . Distribution des n-alcanes : La population de n-alcanes plus lourds que le n C 21 (ici ce serait cependant plutôt le n C 20) est à l'état isolé. Il y a là argument pour faire dériver cette population de charbons (cf. Note en fin de ce chapitre).

- Echantillon de l'huile du gisement de gaz (éch. 1973 m)

- . Cette huile est très pauvre en composants volatiles avant 100° C, elle est peu aromatique ( $S/A = 3,76$ ) et la fraction relativement lourde ( $\neq$  supérieure à la masse moléculaire du n c 15) étudiée par la routine de C P G utilisée au Laboratoire est extrêmement pauvre en n alcanes.
- . Les CH saturés sont essentiellement des cyclanes dont les poids moléculaires correspondent à l'intervalle de températures d'ébullition repérable par les pics des n C 12 et n C 29.
- . Distribution des n alcanes étudiée sur un concentré par l'urée : La distribution est singulière ; le n 28 forme à lui seul 70 % des n alcanes, le reste de la distribution ne ressemble à rien de déjà vu.

.../...

. Interprétation : Le caractère très naphténique du brut de 1973 m l'apparente à l'huile extraite du déblai Crétacé supérieur 3323 m. Certes, les populations de n-alcanes ne sont pas les mêmes; mais si la population de n-alcanes plus lourds que le n C 21 et culminant en n C 24 est une composante de l'extractible de charbons, il est naturel que le brut libre de 1973 m ne la contienne pas et que l'extrait de 3323 m la contienne, en teneur d'ailleurs faible.

Quant au marqueur n C 28 sa singularité laisse penser qu'il doit provenir d'un dépôt organique particulier ayant participé avec d'autres à l'alimentation du gisement; son absence dans l'huile extraite de 3323 m ne paraît pas un argument déterminant contre l'hypothèse d'une origine crétacé supérieur de l'huile sous-jacente au gisement de gaz de Frigg. Le caractère très sec du gaz est un argument plus solide contre cette origine.

L'étude de l'huile de la couche paléocène imprégnée, située sous la couche du gisement, échantillonnée à Frigg 2, précisera le problème.

c)- Origine du gaz du gisement (1835 - 1945 m) Pl.10 et Pl. 11

Le gaz du gisement est très sec. Les gaz des indices constatés en forage, de façon discontinue à la base du Paléocène de 2400 à 2480 m puis, en continu, dans le Crétacé supérieur à partir de 2900<sup>m</sup> étaient beaucoup plus humides. Il y a donc apparemment incompatibilité entre la composition du gaz du gisement et une origine profonde.

On sait que l'huile sous le gaz est très pauvre en essences: " la coupe distillée avant 100°C représente une quantité infime "; à 150° C il n'est passé que 1,12 % du poids initial.

Or, des couples gaz sec - huile sans essence sont cités dans la littérature géochimique : Gisement de Refugio (Texas) où du gaz sec à 99,1 % de CH<sub>4</sub> et 0,5 % de N<sub>2</sub> surmonte une huile naphténique sans essence; également le gisement de Rattlesnake (Wash) où une huile sans essence est accompagnée de gaz sec.

Il est probable qu'il ne s'agit pas de coïncidence et qu'il y a une relation.

Cette relation peut être génétique : Il y aurait au stade initial de l'évolution de la matière organique génération de gaz sec et d'hydrocarbures lourds cf communication de CR Evans et F L Staplin de l'Imperial Oil Limited au congrès de Toronto : Regional Facies of Organic Metamorphism. Il est d'ailleurs certain qu'il y a génération de gaz sec à ce stade initial (cf Sokolov et al 6ème Congrès Mondial du Pétrole section 1). En Europe, d'après AGIP les gisements de gaz de la Vallée du Pô paraissent avoir été alimentés à ce stade de diagenèse, de même ceux de la Côte Adriatique.

.../...

Cette relation peut être thermodynamique : le propane, les butanes, les pentanes sont plus solubles dans les bruts que l'éthane, ainsi le coefficient d'équilibre de l'éthane est dans les conditions du gisement  $\frac{Y_E}{X_E} = 0,5$ , celui du propane  $\frac{Y_P}{X_P} = 0,8$ ; le propane est donc au maximum deux fois plus soluble dans l'huile que l'éthane.

Dans les gaz d'indices l'éthane est 2 à 4 fois plus abondant que le propane; dans le gaz du gisement, la teneur en éthane est 50 fois plus élevée que la teneur en méthane. Un petit calcul d'ordre de grandeur montre que, étant donné la masse relativement faible d'huile admise actuellement en présence du gaz, un assèchement du gaz du gisement par solutions différentielles dans l'huile est improbable.

Il est d'autre part difficile d'admettre un assèchement aussi total par adsorption des constituants humides du gaz par les argiles.

Il semble qu'il faille donc envisager une origine conforme aux idées d'Evans et de Staplin : la roche mère peut être le Tertiaire basal.

Cinq mesures de gaz désorbés, deux dans l'Eocène (1600 et 1700 m) sur déblai et trois dans le Crétacé supérieur sur carotte (2690, 2840, 2997,5 m) ont confirmé les données des gaz d'indices.

d)- Intervalle 1820 - 1340 m (Argiles brùnates de l'Eocène)  
Pl. 5, 6, 11

1°)- Teneurs en COT :

Les teneurs sont inférieures ou égales à 0,5 %; donc l'Eocène est plutôt pauvre en matière organique; les argiles sont "à fine pigmentation charbonneuse". Ni les valeurs de COT, ni le caractère finement charbonneux ne sont contraires à une genèse de gaz dans les argiles de l'Eocène.

2°)- Teneurs en MOE :

Les teneurs en extractibles au chloroforme sont de l'ordre de 250 ppm, donc faibles mais la pétroléogenèse peut être peu avancée.

Le rapport  $100 \times \text{MOE}/\text{COT}$  est faible et assez constant vers la valeur de 5 %.

Les teneurs en extractibles étant trop faibles, aucune analyse d'extrait n'a été faite. Il serait cependant possible de grouper des échantillons pour obtenir la quantité d'extrait nécessaire à une analyse dont les résultats permettraient de préciser le faciès géochimique de la matière organique eocène.

.../...

2°)- Indices de gaz :

A partir de 1220 m des indices de gaz sont apparus en forage (~~#~~ 1 % de gaz dans la boue); mais ces manifestations peuvent aussi bien être interprétées comme l'expression d'une genèse de gaz dans les argiles que comme des fuites du gisement sous-jacent.

e)- Intervalle 1340 à 500 m (argiles brunes à lignite de l'Oligocène)  
Pl. 5 - Pl. 6 - Pl. 9

1°)- Teneurs en COT :

Les teneurs fluctuent entre 0,5 et 1 % avec une pointe de 2,53 % à 680 m. Les argiles sont décrites, ici aussi, à pigmentation charbonneuse, les sables contiennent des débris ligniteux.

2°)- Teneurs en MOE

- Argiles de 1340 à 1100 m MOE ~~#~~ 500 ppm
- Argiles de 1100 à 740 m MOE ~~#~~ 300 ppm
- Sables de 740 à 630 m MOE > 500 ppm, avec 1850 ppm à 680m
- Sables de 630 à 491 m MOE  $\leq$  340 ppm mais MOE  $\times$  100/COT est fort.

Le rapport MOE  $\times$  100/COT = 85 % à 580 m !

Il y a donc très probablement enrichissement en huile des sables supérieurs de l'Oligocène.

3°)- Analyses d'extrait : éch. de déblais groupés 1120 - 1310 m  
éch. de déblais 680 m.

- Echantillon de déblais groupés 1120m + 1170 m + 1210m + 1260 m + 1310 m (COT ~~#~~ 1 %, MOE ~~#~~ 500 ppm)

. L'extrait est une asphalte.

. Nature chimique de l'extrait : L'asphalte est riche en résines (R = 55,7 %). Les constituants huileux contiennent presque autant de constituants aromatiques que de saturés. Les CH saturés sont très paraffiniques : 37,96 % de n-alcanes.

. Distribution des n-alcanes : C'est essentiellement la population charbonneuse de 2070 m. Mais en plus s'ajoute une population plus lourde que le n C 25 et allant jusqu'au n C 31, caractérisée par une forte dominance des formes à

.../...

nombres de carbones impairs, c'est la population classique de n-alcanes dérivant des acides gras des cires cuticulaires des végétaux terrestres.

- . Interprétation : La matière organique est apparemment d'origine végétale terrestre; elle ne **paraît** pas d'une qualité pétrolière encourageante, mais il faut tenir compte des faibles états de diagenèse encore possibles aux profondeurs inférieures à 1500 m.

L'étude directe de la matière organique insoluble devra être faite par analyse élémentaire et pyrolyse.

- Echantillon de déblais non déboursés 680 m  
(COT = 2,53 %, MOE = 0,18 %) Pl. 3

- . L'extrait est un malthe très proche d'une huile.
- . Nature chimique de l'extrait : Il y a très peu d'asphalènes. Les CH présentent une dominance modérée des constituants saturés ( $S/A = 1,92$ ); les CH saturés sont essentiellement formés de cyclanes lourds, avec seulement 5,16 % de n-alcanes.
- . Distribution des n-alcanes : Le motif principal reste la population " charbonneuse " type 2070 m; cependant, il existe aussi une petite population légère ( $n < 22$ ) et une population de cire cuticulaire.

4°)- Interprétation :

Le malthe de l'échantillon 630 m n'est très probablement pas en place. On a vu que les argiles oligocènes sous-jacentes avaient des caractères organiques très différents. Il serait donc intéressant d'examiner les possibilités régionales structurales ou sédimentaires de diagenèse ou de migration à partir du Crétacé supérieur.

f)- Note sur la population de n alcanes n c 22 - n c 29

La critique géochimique des analyses a mené à l'hypothèse d'une origine " charbonneuse " de la population de n-alcanes n C 22 - n C 29 maximum en n C 24. Mais la population " biologique " de n alcanes dérivant classiquement des cuticules des végétaux terrestres est différente (elle a d'ailleurs été trouvée dans les extraits oligocènes) : distribution des n alcanes entre le n C 25 et le n C 35, maximum fréquent en n C 29, prédominance nette et durable des molécules à nombre impair de carbones.

.../...

La population n C 22 - n C 29 correspond peut être à des charbons évolués; des distributions analogues ont en effet été constatées au Laboratoire dans des extraits de sédiments évolués suspect d'être charbonneux ( Karroo, Série du Cap, Voltaïen et Atakorien du Ghana, Canada).

Une distribution de n-alcanes très semblable caractérise la " hatchettite " " mineral " paraffinique semi cristallisé rencontré dans les nodules silteux des veines de charbons des gisements houillers de Galles du Sud. Mais des données récentes bibliographiques et personnelles au Laboratoire, permettent aussi d'avancer une hypothèse plus précise et plus probable ; la population de n alcanes n C 22 - n C 29 culminant en n C 24 dériverait directement d'acides gras intervenant dans les "sporopollinines" des pollens ou des algues; ces n alcanes perdraient rapidement leur dominance impaire initiale (exemple : sondage Surinam C X.I 108m).

2 - ETUDE CHIMIQUE DE LA VENUE DE 4570m (grès jurassique depuis 4562 m)  
Pl. 12 à Pl. 18 -

Deux échantillons du fluide de venue ont été proposés pour étude au Laboratoire.

.Echantillon d'eau boueuse prélevée en tête de puit au moment de la venue.

.Echantillon d'eau prélevée par circulation inverse (32 m<sup>3</sup>) après perforations, à 3000 m, du train de tige coincé au fond du trou depuis la venue; le sabot du liner 7" était à 4082 m et la composition chimique de l'eau (62,5 g/l) est très différente de celle de l'eau de mer utilisée pour faire la boue; le fluide prélevé est donc certainement l'eau de formation des grès jurassiques.

Cette eau, visiblement émulsionnée d'hydrocarbures légers, est apparue en examen microscopique comme une émulsion serrée de gouttelettes d'huile de diamètre moyen 4  $\mu$ , émulsion préexistante ou spontanée, dénotant une tension interfaciale eau/huile très basse.

- Sur ces échantillons, extraction des hydrocarbures liquides par agitation avec du chloroforme et dégazage ont été faits. Les extraits obtenus ont été étudiés en détail par chromatographie en phase gazeuse (C P G). En outre, le solide en suspension dans l'échantillon d'eau boueuse a été séparé par centrifugation et extrait au chloroforme en Soxhlet.

a)- Résultat des analyses des extraits chloroformiques (cf Annexes 1 à 13)

1°)- Echantillon de circulation inverse " 3000 m " :

L'huile est essentiellement constituée par des CH saturés; les CH saturés comprennent 16 % de n-alcanes, donc moins que l'extrait jurassique 4496 m (24 %).

.../...

Les détails d'"isoalcanes", entre pics de n alcanes, du chromatogramme corrèlent assez bien avec ceux des chromatogrammes des huiles jurassiques et du brut du gisement d'Ekofisk.

2°)- Echantillon " liquide de l'eau boueuse de 4570 m" :

Les caractères de l'extrait sont ceux de l'extrait de 3000 m.

3°)- Echantillon " solide en suspension dans l'eau boueuse de 4570m" :

Les caractères de l'extrait sont ceux des extraits précédents. On peut expliquer en admettant que le solide est formé d'argiles de la boue ayant adsorbé les hydrocarbures émulsionnés dans l'eau de venue.

b)- Résultats des analyses des gaz dégazés des échantillons (d'après le Rapport d'Analyses du Chimiste)

Au moment de sa réception au Laboratoire, l'échantillon " 3000 m " se trouvait dans une bonbonne de 5 litres, le volume liquide était de 3300 cm<sup>3</sup>, le volume gazeux de 1800 cm<sup>3</sup>. Le volume gazeux relativement important, la faible viscosité de l'eau, le brassage durant le transport ont dû dégazé l'échantillon relativement beaucoup plus que l'a été l'échantillon d'eau boueuse 4570m arrivé dans une petite bouteille pleine.

Aussi, l'atmosphère de la bonbonne a été analysé en détail comme le gaz dégazé du liquide; en combinant les résultats de ces deux analyses, on a tenté de reconstituer la composition initiale des hydrocarbures légers de l'huile émulsionnée dans l'eau de venue; les teneurs données en annexe correspondent à cette reconstitution.

Le dégazage des liquides a été fait par la méthode utilisée pour la désorption des roches : chauffage et vide partiel.

Les résultats détaillés des analyses par C P G des gaz hydrocarbures recueillis sont donnés dans les planches annexées au rapport (Pl. 13 à Pl. 18).

Si on compare les deux échantillons " 3000 m " et " 4570 m " on constate que

	:	:	3000 m	:	4570m
1°)- L'échantillon " 3000 m " est beaucoup plus riche en hydrocarbures légers.	:	:	:	:	:
	:	Masse totale	:	65.470	:
	:	en $\mu\text{g}/100\text{ cc}$	:	:	2.863
	:	:	:	:	:
2°)- L'échantillon " 3000 m " est plus aromatique jusqu'aux Xylènes; équivalent en aromaticité à l'échantillon 4570 m au delà.	:	:	:	:	:
	:	n c 6/Benzène	:	2,22	:
	:	n c 7/Toluène	:	0,63	:
	:	n c 8/ C 8 H 10:	:	0,47	:
	:	n c 9/ C 9 H 12:	:	0,79	:
	:	n c 10/ C10 H 14:	:	1,30	:
	:	:	:	:	:
3°)- Les rapports n c 4/i c 4 et n c 5/i c 5: sont les mêmes	:	:	:	:	:
	:	n c 4/i c 4	:	2,98	:
	:	n c 5/i c 5	:	1,44	:
	:	:	:	:	:
	:	:	:	:	:
	:	:	:	:	:

RECAPITULATION DES RESULTATS - INTERPRETATIONS

1°)- Intervalle 4560 - 4050 m (Jurassique supérieur argileux) :

Les argiles jurassiques sont riches en matière organique (COT  $\neq$  1 %) et ont des teneurs en extractibles au chloroforme (MOE) généralement supérieures à 2 o/oo (en poids par rapport à la roche).

L'extrait est une huile; comme il est géologiquement et pétrophysiquement très probable qu'une grande partie au moins de cette huile a été produite sur place, on doit conclure à une très forte hydrogénation de la matière organique, qui se traduit d'ailleurs par le caractère très saturé de l'huile, et aussi à un effet de diagenèse (P R = 1,2 % vers 4000 m).

Mais il n'est pas impossible qu'il y ait eu aussi enrichissement en huile de ces roches mères argileuses par apports latéraux.

2°)- Intervalle 4050 - 3820 m (Base du Crétacé supérieur argileux) :

En effet, les argiles de la base du Crétacé supérieur sont également imprégnées (MOE  $\neq$  1,5 o/oo).

Du point de vue sédimentologique, il est intéressant de noter que les argiles de base présentent une composition plus riche en kaolinite que le reste du Crétacé supérieur. Il peut y avoir là un indice de plus grande détritité et donc une espérance latérale de réservoir.

3°)- Intervalle 3820 - 3600 m (Crétacé supérieur argileux)

Les argiles de cet intervalle sont plus gréseuses, entre 3820 et 3700 m, et sont intercalées dans des bancs carbonatés. Elles correspondent à une baisse des teneurs en extractibles et aussi des indices de gaz. Il est possible que la pression de l'huile migrant du Jurassique se soit relâchée dans la porosité plus grossière de certains niveaux.

Cet intervalle peut avoir joué le rôle de drain régional; la possibilité d'un passage latéral à de vrais réservoirs est à examiner; on doit cependant noter le faible pourcentage de kaolinite, mais la relation kaolinite-détritité n'a rien d'obligatoire.

4°)- Crétacé supérieur argileux au dessus de 3600 m.

Bien que beaucoup moins riches en matière organique, insoluble et extractible, que les argiles Jurassiques; les argiles Crétacé supérieur ont produit du pétrole naphténique lourd :

.../...

*peut être*  
→

- L'échantillon de carotte 2993,3 - 2993,6 a les caractéristiques " classiques " d'une roche mère.
- L'échantillon de déblais imprégné 3323 m (MOE = 7,8 o/oo) doit correspondre à un enrichissement localisé d'une roche mère par apports migrés du voisinage.

5°)- Origine des fluides du gisement de Frigg 1

L'origine du gaz et de l'huile des grès paléocènes du gisement n'a pu être définitivement déterminée; cependant, une interprétation des caractéristiques majeures peut être proposée :

- L'huile est naphthénique, peu aromatique, très pauvre en n-alcanes; elle est riche en composants lourds et paraît peu évoluée.

La présence dans l'huile du niveau 1973m, d'un marqueur biologique remarquable " 70 % des n-alcanes représentés par le n C 28 inconnu actuellement ailleurs, ne permet pas de rejeter la possibilité d'une origine Crétacé supérieur; elle élimine par contre la possibilité d'une origine jurassique (par altération) car l'huile jurassique est très évoluée.

- Le gaz du gisement est très sec; il a la composition d'un gaz de début de diagenèse. Comme dans le Crétacé supérieur, le gaz des indices et les gaz désorbés des déblais, sont plus humides, une origine tertiaire est la plus probable; les argiles éocènes du toit du gisement sont une source possible mais non prouvée actuellement.

6°)- Tertiaire

Le Tertiaire paraît contenir une matière organique peu évoluée; cependant le pouvoir pétrologène actuel est très médiocre, le pouvoir gazéogène devra être étudié par pyrolyse, à 300 et 500°C, et analyse élémentaire de la matière organique insoluble.

Cependant, les grès supérieurs de l'Oligocène et en particulier l'échantillon 680 m, sont nettement enrichis en huile naphthénique lourde probablement altérée; une origine oligocène est peu vraisemblable; la possibilité d'une dismigration de la profondeur doit donc être envisagée.

## CONCLUSIONS

En conclusion de cette étude géochimique du Sondage FRIGG N° 1, nous retiendrons les grands traits pétroliers qu'elle a permis de souligner :

- . Les roches-mères (à huile) probables se situent :
  - au niveau du Jurassique supérieur argileux dont les qualités pétrolières sont excellentes. Les extraits obtenus de ces niveaux de FRIGG N° 1 sont analogues à l'huile du gisement d'Ekofisk.
  - Au niveau de la partie supérieure du Crétacé supérieur : il s'agit vraisemblablement des horizons qui ont généré l'huile de FRIGG actuellement présente dans les grès eocènes.

Une génération de gaz peut être envisagée au niveau des roches argileuses du Tertiaire. Nous savons en effet qu'une production d'huile lourde et de gaz sec intervient dès le début de pétro-léogène.

- . Des manifestations de migrations :
  - ont été notées à la base du Crétacé supérieur (enrichissement à partir du Jurassique mis en évidence par le chromatogramme du groupement de déblais 3872 - 3924 m),
  - sont indéniables dans le Paléocène.
- . L'huile provient vraisemblablement du Crétacé supérieur. Elle ne peut venir du Jurassique.
- . L'origine du gaz est plus délicate : elle n'est pas définitivement déterminée mais sa composition extrêmement sèche paraît difficilement compatible avec une origine jurassique et crétacé supérieur puisque les gaz des indices et ceux de la venue d'eau 4570 m sont très humides : une origine tertiaire sous faible diagenèse reste la plus vraisemblable.
- . A propos du problème des Réservoirs et de leur évolution latérale, le Paléocène est le plus évident, mais l'attention a été attirée sur les possibilités latérales d'évolution du Crétacé supérieur argileux (partie basale et le niveau des drains).

## II - DIAGENESE

### 1 - ETUDE DU POUVOIR REFLECTEUR DES MATIERES ORGANIQUES INSOLUBLES

La série étudiée s'étend de l'Oligocène au Jurassique entre 1000 et 4.550 m.

Les échantillons de déblais de forage, seuls utilisés, fournissent, dans l'ensemble, des concentrés assez riches en particules charbonneuses, exceptionnellement bitumineuses; mais le diagramme de P.R. obtenu est discontinu et l'interprétation incertaine au-dessous du Danien.

En effet, des populations allochtones perturbent les résultats; elles se caractérisent par des P R variant de 0,5 à 2 % et sont relativement abondantes à l'Oligocène-Eocène, puis dans le Crétacé antérieur au Danien.

L'évolution avec la profondeur du P R moyen s'établit de la façon suivante :

- de 1000 à 1800 m - Oligocène, Eocène - les histogrammes étalés jusqu'à 2 % présentent un mode différencié montrant une légère progression de 0,2 % à 1100 m à 0,3 % à 1700 m.
- de 1900 à 2700 m, le Paléocène et le Danien présentent une très belle succession d'histogrammes unimodaux peu étalés, montrant une progression régulière du PR moyen de 0,3 % à 2.000, à 0,5 % à 2700 m à la base du Danien.
- de 2.800 à 3.900 m, les histogrammes du Crétacé constituent une zone absolument ininterprétable où les grains allochtones de PR 1 à 2 % sont souvent dominants; la partie supérieure de cet ensemble renferme, en dessous du sabot du tubage 9" 5/8, des modes à PR faible 0,50 % prolongeant la courbe du Paléocène à la manière de retombées et disparaissant progressivement vers le bas : il s'agit très certainement de particules conservées par la boue et progressivement éliminées par le vibreur.
- Le fond du sondage, de 4.000 à 4.550 m, c'est-à-dire la base du Crétacé et le Jurassique, présente quelques difficultés d'interprétation due à la variabilité des modes cependant bien individualisés des histogrammes, mais discontinus verticalement. Trois groupements de valeurs apparaissent :
  - . A 4.200 m un mode à 0,65 % pourrait très bien être retombé de la colonne forée en découvert sous le sabot 9" 5/8 (à 2.950,3), le liner 7" ayant certainement été posé en fin de sondage.
  - . On ne peut par contre expliquer l'origine des modes bien calibrés à 0,15 - 0,20 - 0,25 représentés pratiquement du haut en bas de la zone. Il s'agit vraisemblablement d'une pollution des déblais, peut-être dûe à l'eau de fabrication de la boue sur le chantier ou à des produits à boue renfermant des particules

.../...

*au ligno chromé CMC*

organiques. Un échantillon de charbon récupéré par un chalutier au voisinage du chantier a été analysé à cet effet; son P R moyen de 0,55 % n'apporte pas d'explication, tout au plus, montre-t-il que des échantillons de rang assez bas sont transportés par les courants marins.

*non héris  
(voir)  
à l'annexe  
55 au verso  
du fascicule  
pour usage des  
cistes SW usage*

- Il reste en définitive très peu d'éléments déterminants de cette coupe du Crétacé-Jurassique : 2 modes d'histogrammes bien constitués, l'un à 4.000 m à 0,9 %, l'autre à 4.400 à 1,2 %. Cette progression est vraisemblable, prolongeant celle amorcée dans le Paléocène et le Danien, mais ces chiffres doivent être retenus avec réserve et mériteraient être confirmés par l'étude d'une autre éventuelle coupe voisine du Crétacé-Jurassique.

Conclusion :

Cette coupe traduit une évolution diagénétique organique modérée jusqu'au Paléocène, probablement non négligeable dans le Crétacé. Au Jurassique le P R de 1,2 % serait excessif pour la conservation de l'huile et de nature à rendre compte de la formation de gaz (humide) dans les roches-mères éventuelles de cette série.

2 - EVOLUTION DU MATERIEL ARGILEUX (cf Pl.5)

- a)- La faible quantité d'illite pure, présente dans les mélanges d'espèces argileuses, empêche la mesure de l'indice de cristallinité de l'illite ou indice de kubler et la mesure du rapport d'intensité des raies d'ordre 001 et 002.

*- domage -*

Il est donc impossible d'avoir par ce moyen une indication chiffrée du degré de diagénèse du support minéral de la matière organique.

- b)- L'apparente substitution d'interstratifié IM à la Montmorillonite dès 1900 m pourrait, nous l'avons signalé dans un autre chapitre, attirer l'attention sur une possible diagenèse-profondeur, mais le phénomène est loin de pouvoir être expliqué aussi simplement (détristime - reprises - apports etc ...)

*Qu*

Par contre, la présence d'abondantes IM est nette dès 2.700 m et cette brutale augmentation correspond à un changement lithologique et stratigraphique important.

*top  
celocé*

La montmorillonite n'existe plus en dessous de 3.800 m.

.../...

- c)- La présence d'argiles sous-compactées dans le Jurassique ne ressort pas clairement à l'observation du log argileux. L'échantillonnage est-il défectueux ?; ces argiles radioactives (phosphatées ?) passent-elles normalement inaperçues dans un log argileux vertical alors qu'elles sont par ailleurs regardées comme roches-mères possibles ? Le problème mérite certainement une attention toute particulière à l'avenir.

## SEDIMENTOLOGIE

### I - ETUDE DES MINERAUX LOURDS (G. TCHIMICHKIAN)

On peut distinguer, dans les formations du sondage FRIGG 1, deux cortèges différents de minéraux lourds séparés par une zone de transition :

- le premier cortège correspond aux terrains situés entre 4560 et 2220 m ; le passage intermédiaire se trouve entre 2220 et 2050 m et,
- le second cortège englobe les terrains allant de 2050 à 500 m.

Ces deux cortèges montrent une évolution progressive du bas vers le haut dans le sens de l'enrichissement en minéraux métamorphiques aux dépens des minéraux titanifères et résistants.

Dans le premier cortège (4560 et 2990 m), les minéraux métamorphiques sont essentiellement représentés par le grenat et la staurotide, auxquels s'ajoutent, au sommet, des teneurs faibles en chloritoïde et chromite, mais de toute façon les titanifères et les résistants sont prédominants. L'apatite y fait pratiquement défaut, mais des teneurs faibles en hornblende sont constantes. L'évolution progressive de ce cortège est particulièrement régulière, ce qui semble correspondre à la progression de l'érosion de la couverture vers le socle métamorphique.

Dans le second cortège (2050 à 500 m), parmi les minéraux métamorphiques en plus du grenat et de la staurotide, on trouve du disthène. En outre, les minéraux verts (épidotes et amphiboles) prennent, avec l'évolution progressive vers le haut, une importance capitale aux dépens des minéraux résistants et titanifères. Enfin, il faut signaler la présence constante d'apatite, mais en teneurs très faibles. Dans ce cortège, l'évolution est très brusque aux alentours de 1800 m. (Il faut en fait signaler qu'entre 1900 et 1650 m, il n'y a pratiquement pas de minéraux lourds, du fait de la nature franchement argileuse des terrains, il est donc difficile, de ce fait, de donner la cote 1800 m. comme limite réelle). Ce changement brusque peut être interprété comme une phase orogénique majeure qui a fait rajeunir les reliefs, surtout au Sud.

Dans le passage intermédiaire (2220 à 2050 m), le chloritoïde et la chromite disparaissent, mais il n'y a pas encore de disthène. Les teneurs en minéraux verts sont néanmoins appréciables. Il semble que ce passage puisse correspondre à une phase orogénique mineure.

1 - Description des minéraux lourds entre 500 et 4560 m  
(Annexes 2 a à 2 d et 3)

L'ensemble des terrains traversés par le sondage présente des variations notables dans la composition des minéraux lourds.

Ces changements permettent d'individualiser neuf zones, dont certaines sont assez voisines et ne se distinguent surtout que par des variations quantitatives.

Dans ce qui suit, nous en donnerons une brève description.

a - Zone n° 1 (500 à 1000 m \*)

Le groupe des titanifères est peu développé (16,5 %). On y remarque la présence du sphène.

Les résistants (zircon, tourmaline) sont particulièrement réduits (8,5 %). La monazite n'a pas été constatée.

Les teneurs en apatite sont très faibles, mais constantes (1,5 %).

Les métamorphiques acides (disthène, stanrotide, grenat) sont assez bien représentés (16,5 %). Le rapport staurotide-disthène est égal à 2,25. Le grenat ne constitue que 10 %.

Les minéraux verts (métamorphiques basiques : épidote, zoïsite, actinote, trémolite, hornblende) constituent la partie prédominante de la fraction lourde (54,5 %).

Par ailleurs, il faut signaler la présence régulière de magnétite (2 %) et un peu d'angite, mais ce dernier minéral ne se rencontre qu'au sommet de la formation.

La zone n° 1 est donc essentiellement caractérisée par la prédominance de minéraux verts, par le cortège varié des métamorphiques acides et par la présence d'apatite, de sphène et de la magnétite.

.../...

---

\* Les cotes de ces zones gardent un certain caractère approximatif.

b - Zone n° 2 (1000 à 1800 (?) m)

La composition des minéraux lourds de cette zone est plus ou moins voisine de celles de la zone n° 1. Cependant, les minéraux verts sont en légère régression : 44,5 %. Par contre, la somme de titanifères et des résistants progresse : 43 %. Les minéraux métamorphiques acides sont bien représentés, mais le rapport staurotide-disthène est nettement plus élevé : 3,6, et d'une façon générale, le grenat y est plus abondant.

Par ailleurs, il y a toujours des teneurs faibles en apatite (1,5 %); le sphène devient sporadique et la magnétite disparaît.

La zone n° 2 est caractérisée encore par des teneurs fortes en minéraux verts qui s'équilibrent avec la somme des résistants et titanifères. Le grenat prédomine nettement dans le groupe des métamorphiques acides et la magnétite disparaît.

c - Zone n° 3 (1800 (?) à 2050 m)

Bien que la composition qualitative de la zone 3 soit semblable à celle de la zone 2, les teneurs en divers groupes de minéraux y changent profondément. C'est ainsi que les groupes de titanifères et des résistants deviennent largement prédominants : 64 %. C'est surtout les teneurs en résistants qui subissent la plus grande progression, passant de 14,5 % (de la zone 2) à 32 %. Le groupe des métamorphiques acides progresse aussi notablement : de 20,5 % (zone 2) à 30,5 % et cela surtout à l'avantage du grenat. On notera la faiblesse des teneurs en disthène et le rapport staurotide-disthène extrêmement fort : 16 : 1. Enfin, le groupe de minéraux verts accuse une chute importante : 6 % (au lieu de 44,5 % de la zone 2), tandis que l'apatite est réduite à l'état de traces et que le sphène fait défaut. Cependant, des teneurs faibles en monazite apparaissent.

En définitive, la zone 3 est caractérisée par une large prédominance de minéraux titanifères et résistants, par la nette progression du groupe de métamorphiques acides (surtout grenat et aussi staurotide) et par la forte réduction des minéraux verts.

.../...

d - Zone n° 4 (2050 à 2220 m)

Dans cette zone, prédominent encore les minéraux titanifères et résistants : 60 %. Le groupe des métamorphiques acides régresse dans l'ensemble : 25,5 % (contre 30,5 % de la zone 3). Cette régression se fait surtout aux dépens de la staurotite et du disthène, ce dernier faisant d'ailleurs défaut. Par contre, les teneurs en grenat restent soutenues. Enfin, les minéraux verts progressent légèrement : 12,5 % (6,0 % dans la zone 3). L'apatite n'existe qu'à l'état de traces, mais on trouve un peu de monazite.

Dans l'ensemble, la zone n° 4 est caractérisée par la prédominance des minéraux titanifères et résistants, par des teneurs soutenues en métamorphiques acides (grenat, staurotite) et par des teneurs non négligeables en minéraux verts. On y notera aussi l'absence du disthène.

e - Zone n° 5 (2220 à 2800 m)

Dans la zone n° 5, les teneurs en minéraux titanifères et résistants d'une part, et en minéraux du groupe métamorphique acide d'autre part, sont plus ou moins équilibrées : 54,5 % pour les premiers et 41 % pour les seconds. Il faut noter que le grenat à lui seul constitue 34 %, que les teneurs en staurotite sont de l'ordre de 6 % et que le disthène fait défaut ; mais, par contre, apparaît le chloritoïde ( $\pm 1,0$ ). Les minéraux verts sont moins abondants (surtout l'épidote) et ne représentent plus que 3 %. Enfin, on y trouve un peu de chromite. Les teneurs en apatite et monazite sont faibles.

Cette zone est donc caractérisée essentiellement par des teneurs fortes en grenat et staurotite, par la présence de chloritoïde et de chromite et par des teneurs très réduites en minéraux verts.

f - Zone n° 6 (2800 à 3400 m)

Dans la zone n° 6, l'ensemble des minéraux titanifères et résistants représente les deux tiers de la population, le tiers restant étant constitué par le grenat (avec staurotite). Par rapport à la zone précédente (n° 5), la staurotite est nettement en régression, le chloritoïde ne se rencontre plus que sous forme de traces, la chromite et l'apatite font défaut. Enfin, les teneurs en minéraux verts (pratiquement sans épidote) sont très faibles.

La zone n° 6 est donc une zone essentiellement caractérisée par les minéraux titanifères, par les minéraux résistants et par le grenat.

g - Zone n° 7 (3400 à 4000 m)

Par sa composition la zone n° 7 est très voisine de celle de la zone 6. On y remarque la progression de l'ensemble des minéraux titanifères et résistants qui arrivent à constituer les trois quarts de la composition. Le grenat (avec staurotite très réduite) ne représente que le quart. Les traces de chloritoïde disparaissent, l'apatite fait défaut et les teneurs en minéraux verts (hornblende seulement) ne dépassent guère 1,5 %.

La zone n° 7 est, par conséquent, caractérisée par une nette prédominance des minéraux titanifères et résistants, avec du grenat au second plan.

h - Zone n° 8 (4000 à 4260 m)

La Zone n° 8 se distingue fort peu de la zone précédente. On y remarque une légère progression de la somme des titanifères et des résistants (77 % contre 74,5 %) et une légère diminution des teneurs en grenat (18 % contre 21,5 %).

i - Zone n° 9 (4260 à 4560 m)

Dans cette dernière zone, les minéraux titanifères et résistants deviennent absolument prédominants : 85 %. Les teneurs en grenat (14 %) et en staurotite (1 %) sont fortement réduites. Les minéraux verts n'existent que sous forme de traces.

2 - Conclusions et corrélations

L'étude des minéraux lourds du sondage FRIGG 1 permet d'aboutir à un certain nombre de conclusions.

- a - En premier lieu, l'existence de deux cortèges minéralogiques bien distincts : le premier qui caractérise les formations secondaires, allant du Jurassique jusqu'au sommet du Crétacé et empiétant peut être sur le Paléocène ; et le second qui embrasse l'Oligocène et le Néogène. Un certain passage entre les deux (2200 à 2050 m) reste à préciser. Le premier cortège évolue progressivement de la base vers le sommet, dans le sens de l'enrichissement des minéraux métamorphiques ; le second évolue dans le sens de l'enrichissement en minéraux verts.

- b - A un niveau d'observation inférieur, la présence de deux cortèges différents et leur caractère évolutif permettent d'établir une zonation minéralogique assez serrée (9 zones), mais dont les limites ne doivent pas être considérées comme absolues. On peut noter, à la base de la série, une nette reprise de sédimentation vers 4250 m et la fin du premier cycle vers 2220 m. Après une zone de passage des réajustements, débute le second cycle (2050 m) qui marque une nette reprise de sédimentation entre 1900 et 1650 m.
- c - Sources d'apports :
- L'origine du matériel du premier cortège (base) pourrait être recherchée au Nord Ouest et à l'Ouest, dans la chaîne Calédonienne avec sa couverture, l'évolution de ce cortège s'expliquant par la progression de l'érosion tendant à atteindre de plus en plus le socle cristallin.
  - Le matériel détritique du second cortège (sommet) proviendrait probablement, et en partie, d'une direction générale Sud, en liaison avec l'orogénèse alpine qui a rajeuni les reliefs. L'origine de diverses coupures dans ce cycle évolutif peut correspondre à des phases tectoniques successives.
- d - Au point de vue des corrélations avec les sondages de l'off-shore Norvégien déjà étudiés, on constate qu'il y a une différence nette de composition de minéraux lourds en ce qui concerne les terrains allant du Jurassique au Paléocène (FRIGG = résistants et titanifères largement prédominants ; grenat (et staurotide) au second plan, absence d'apatite ; off-shore norvégien = grenat largement prédominant, présence d'apatite).

OK | Par contre, pour l'Oligocène et pour le Néogène, le second cortège de FRIGG est semblable à celui des sondages précédemment étudiés dans l'off-shore norvégien.

## II - ETUDE DES MINERAUX ARGILEUX (B. RENARD)

Bien que les résultats commentés ci-après de l'analyse des minéraux argileux soient directement utilisables, il convient de se rappeler deux faits :

- les analyses ont été essentiellement réalisées sur déblais de forage : ces derniers se sont d'ailleurs révélés être de qualité acceptable.
- il s'agit de l'inventaire du contenu argileux des séries rencontrées par le premier forage sur la structure.

Les résultats de cette étude, se rapportant aux problèmes de sédimentogenèse, peuvent être rangés dans 3 rubriques (cf. Pl. 5).

1 - Un découpage de la série en zones argileuses est signalé sur le log géochimique synthétique (Pl. 5). L'emplacement de ces coupures est déterminé par :

- des variations qualitatives dans la composition de la phase argileuse : les limites placées ont alors tendance à apparaître comme des coupures majeures.
- des variations quantitatives dans les proportions du mélange d'espèces argileuses et nous avons alors souvent tendance à regarder ces coupures comme d'importance secondaire.

Ce découpage est de toute façon suffisamment net pour ne pas nécessiter de description particulière et il est évident que l'intérêt de ce résultat consiste dans la comparaison de cette "zonation" avec celle qui est obtenue par d'autres méthodes (lithologie, micropaléontologie, palynologie, etc...)

2 - Il y a deux façons de commenter la signification des grands ensembles argileux rencontrés.

- a - Les espèces classiquement présentes étant toujours la kaolinite, l'illite, la montmorillonite et/ou l'interstratifié illite-montmorillonite, il est significatif de rencontrer un cycle chloriteux dans la moitié inférieure du sondage, et un cycle tertiaire dans lequel cette chlorite est absente.

La limite entre ces 2 cycles reste pour nous délicate à placer : en effet, les deux niveaux les plus détritiques très riches en kaolinite (caractérisant un milieu plus acide) du Paléocène ne renferment pas de chlorite sauf peut-être à leur base. S'il est relativement simple de mettre cette absence sur le compte du détritisme pour le niveau le plus inférieur puisqu'il est "enfermé" dans des niveaux chloriteux, il est plus délicat de faire le même pas pour le niveau supérieur.

.../...

En dehors de cette question de limite supérieure de la chlorite dont la solution ne peut se trouver que dans l'étude de niveaux équivalents dans d'autres sondages de la structure, étude débouchant sur des problèmes complémentaires de corrélations, une interprétation limitée à un simple parallèle entre lithologie et mélanges argileux serait beaucoup trop simpliste, l'étude des mélanges argileux donnant ici une nette idée sur les variations d'apports des matériaux hérités.

b - Un ensemble tertiaire riche en montmorillonite est supporté par un ensemble à base d'interstratifiés Illite-Montmorillonite. La présence de cet IM pourrait s'expliquer, soit par un effet de diagénèse-profondeur, soit plus simplement encore par une variation lithologique et stratigraphique importante, mais deux faits viennent perturber ce schéma :

- la présence d'IM dans les niveaux détritiques du Paléocène (à leur base surtout).

- la présence de montmorillonite, en faible quantité cependant, dans le Crétacé Supérieur.

. Cet IM est-il détritique et hérité des niveaux ayant alimenté ce Paléocène, ou bien cet IM est-il déjà diagénétique, mais alors pourquoi serait-il localisé aux niveaux de haute énergie ?

. La montmorillonite est-elle une pollution ou bien est-elle un "témoin" des faciès crayeux ? La seconde solution est plus probable, ce minéral étant classiquement présent dans de tels faciès, bien que de fortes présomptions aillent dans les sens cités. Une réponse nette à ces deux questions ne peut pour l'instant être donnée à la vue de ces analyses sur ce seul sondage.

3 - Des problèmes apparemment annexes peuvent être soulevés d'après l'observation du log argileux de FRIGG n° 1.

a - La présence notée d'attapulгите en tête du sondage est-elle liée à un faciès sédimentologique et cette espèce est-elle latéralement constante ?

b - Des variations quantitatives de teneur en kaolinite, par exemple dans le Crétacé Supérieur, sont-elles liées au détritisme et donc des témoins possibles d'évolution latérales vers des faciès réservoirs ? Nous savons, et ceci est vrai au niveau du Paléocène, que cette espèce est fréquente dans les réservoirs gréseux pétrolifères.

En conclusion, des informations sont déjà obtenues, mais des problèmes sont soulevés; ces derniers pourront être solutionnés avec des analyses sur d'autres sondages voisins. Par ailleurs, les aspects diagénétiques pourront être ainsi plus complètement examinés.

III - ANALYSE LITHOLOGIQUE (R. LAJOUS)

Elle a permis de reconnaître, de bas en haut de la série, les ensembles suivants (cf. PL 20) :

4570 - 4557 m

Grès beige, fir, moyen, à grains subanguleux, assez bien classé, à rares micas et débris de roches granito-gneissiques, pyrite, quelques minéraux, matière organique, ciment mixte argileux (kaolinite) et quartzeux (nourrissage en quartz secondaire) vers le sommet niveaux fins, bien classés, micacés, à ciment argilo-dolomitique.

4557 - 4446 m

Argiles tendres, feuilletées, de teintes gris, gris vert, gris beige, faiblement dolomitiques, micacées, finement pyriteuses, à fine pigmentation de matière charbonneuse.

4446 - 4280 m

Argiles tendres, feuilletées, de teintes panachées : gris clair, gris foncé brunâtre, beiges à léger ton saumoné, carbonatées ou non, très finement sableuses, micacées, très pyriteuses, à débris charbonneux. Fréquentes et minces passées de dolomite beige foncé, calcarifère.

4280 - 4200 m

Argiles feuilletées, noires et brunes, carbonatées ou non, très finement sableuses, micacées, très pyriteuses, à nombreux débris de matière charbonneuse, principalement dans les éléments noirs.

4200 - 4100 m

Argiles feuilletées, gris foncé, gris beige foncé, à taches plus sombres, peu silteuses, finement micacées, pyriteuses, à fine pigmentation de matière organique, minces passées de calcaire beige brunâtre, dolomitique, finement pyriteux. Débris d'organismes pyritisés et microfaune pélagique.

.../...

4100 - 4020 m

Argiles feuilletées, de teintes panachées : gris foncé noirâtre, gris verdâtre, gris beige, gris brun, certaines tachetées, carbonatées ou non, finement micacées et pyriteuses, à microdébris de matière charbonneuse, très rares petits grains verts chloriteux, rare microfaune pélagique, minces passées de dolomite beige micritique à traces de sulfates.

4020 - 3818 m

Marnes de teinte beige et grise prédominante, avec passées de teinte gris foncé verdâtre ou brune à partir de 3880 m, micacées, très pyriteuses, à rare microfaune pélagique, minces passées de calcaire beige grumeleux, dolomitique, argileux, pyriteux, à micro-laminations horizontales, plus ou moins importantes d'argile sombre. Ces passées carbonatées deviennent prédominantes au sommet à partir de 3837 m environ et terminent la série.

3818 - 3692 m

Marnes beiges tendres, très finement sableuses et micacées, à fines mouchetures de matière charbonneuse, petits grains verts glauconieux assez fréquents, passées d'argiles panachées gris, gris beige ou gris vert, faiblement carbonatées, très finement sableuses et micacées, à fines mouchetures de matière charbonneuse. Pyrite abondante. Microfaune pélagique assez fréquente, plus particulièrement dans les marnes. Bancs de calcaires dolomitiques micritiques, beiges ou gris beige, plus ou moins micacés, alternant avec des niveaux de siltstone beige brun dolomitique, à grains verts glauconieux ou chloriteux, débris d'organismes et microfaune pélagique.

Ces niveaux se situent de 3818 à 3808 m et vers le sommet entre 3716 et 3698 m.

3692 - 3580 m

Argiles gris à gris foncé, assez carbonatées, micacées, peu silteuses, pyriteuses, à rares petits grains verts glauconieux ou chloriteux, par endroits microdébris ligniteux. Niveaux métriques de calcaires dolomitiques gris, gris beige ou beiges plus ou moins silteux, à microfaune plus ou moins recristallisée. Cotes des principaux bancs : 3691, 3687, 3659, 3656 et entre 3649 et 3644, 3602 m.

.../...

3580 - 3308 m

Argiles gris foncé à gris verdâtre, plus ou moins carbonatées, silteuses, micacées, pyriteuses, très rares petits grains verts chloriteux. Minces passées de dolomite calcarigère, fine, gris beige ou beige brunâtre, rares à la base, devenant plus fréquentes vers le sommet de la série (3405 m environ). Rares niveaux de calcaires grisâtres à aspect crayeux, à microfaune pélagique en particulier vers 3339 et 3315 m.

3308 - 2988 m

Argiles gris foncé à gris foncé verdâtre, silteuses, à très finement sableuses, micacées, pyriteuses, à minces niveaux ou enclaves de dolomite beige foncé à brune, calcarifère, à micro-inclusions de pyrite et de matière charbonneuse, passant par endroits à une argile dolomitique à partir de 3141 m. Petits grains verts chloriteux.

L'ensemble se termine par des argiles ou marnes à teintes panachées : marron, marron rougeâtre, violacées, beiges .

Débris d'Inocérames, foraminifères pélagiques, petits Rotallidés.

2988 - 2825 m

Argiles gris foncé ou gris foncé brunâtre, tendres, par endroits gonflantes, faiblement carbonatées (dolomitiques) passant par endroits à des marnes silteuses à très finement sableuses, micacées, à rares petits grains verts chloriteux, très fine pigmentation ou microdébris de matière charbonneuse, pyrite abondante finement disséminée. Rares petits lamellibranches, tubulaires pyritisées, traces d'oxydation vers 2845 et 2925 m.

Bancs de calcaires beiges à faciès crayeux, silteux ou sableux, à débris d'organismes et microfaune pélagique assez abondante, bonne porosité. Ces principaux bancs se situent aux cotes suivantes : 2988-2985 m, 2925-2924 m, 2882-2879,50 m.

2825 - 2673 m

Alternances de niveaux de calcaire crayeux blanchâtre à crème, dolomitique, plus ou moins riche en microfaune pélagique et débris d'Inocérames.

- de marnes ou argiles carbonatées, gris, gris foncé ou gris verdâtre, très peu silteuses, finement et faiblement micacées, très pyriteuses (pyrite, marcassite), à fine pigmentation de matière charbonneuse et même microfaune plus ou moins développée.

Petits grains verts de glauconie plus ou moins chloritisés, traces de silicifications épigénisant la microfaune. Inclusions de sidérite.

Vers le haut de la série (2712 m), on note la présence de niveaux d'épaisseur variable, de dolomite grise microsparitique à sparitique, pyriteuse, de sables et grès hétérométriques gris, argilo-quartzeux, carbonatés, ou carbonatés et anhydritiques.

La série se termine par un niveau de calcaire blanchâtre bioclastique à bryozoaires, débris coquilliers, microfaune pélagique.

#### 2673 - 2592 m

Argiles gris foncé ou gris verdâtre, tendres, silteuses, micacées, avec niveaux de calcaires gris ou beige dolomitiques, plus ou moins sableux, passant localement à un grès fin, à petits grains chloriteux, peu micacé, à microfaune pélagique et débris algaires: Traces de phosphates.

Niveaux de sables ou grès, mal classés, (fins, moyens, grossiers) à grains translucides, subanguleux à émoussés, souvent craquelés, avec fraction fine à très fine éclatiforme. Rares micas (muscovite-chlorite), feldspaths altérés, débris de roches granito-gneissiques, inclusions de sidérite, petits "nids" de kaolinite, ciment argileux (chlorite), localement faible quartzitisation.

#### 2592 - 2512 m

Argiles gris foncé, teinte prédominante, passées à léger ton verdâtre, peu ou non silteuses, peu micacées, micropyriteuses, à microdébris ligniteux. Petits niveaux de dolomite micritique beige, gris beige ou beige brunâtre. Traces de petits foraminifères pélagiques.

#### 2512 - 2389 m

Alternances irrégulières de niveaux argileux et gréseux.

- Argiles gris foncé à gris foncé brunâtre, à ton verdâtre, tendres, peu ou non silteuses, micacées, micropyriteuses, à microdébris ligniteux, micro-inclusions de sidérite, petits grains verts glauconieux, plus ou moins chloritisés. Ces argiles s'accompagnent jusqu'à 2445 m environ d'éléments de teinte marron violacé, avec traces de dolomite beige micritique. Traces de débris d'organismes.

- Grès ou sables gris à beiges, fins à moyens, avec rares grossiers disséminés, grains translucides ou faiblement dépolis, rares grains oxydés ou fumés, morphoscopie subanguleuse à émoussée (grains éclatés par endroits) avec fraction très fine anguleuse et éclatiforme. Quelques feldspaths altérés, micas (muscovite-chlorite), quelques débris de roches granito-gneissiques, inclusions de sidérite, grains verts de glauconie détritique, plus ou moins chloritisée, grains de pyrite, minéraux sombres. Le ciment des grès est argileux, constitué en majeure partie de kaolinite mal cristallisée, localement faible quartzitisation. Traces de foraminifères pélagiques remaniés.

2389 - 2195 m (Ced)

Sables incolores ou grisâtres, mal classés, caractérisés par une prédominance de grains fins avec fraction moyenne à grossière disséminée, plus ou moins importante, grains translucides avec quelques dépolis dans les plus grossiers. Quelques grains oxydés, fumés ou pyritisés. Morphoscopie subanguleuse à émoussée, quelques feldspaths altérés, débris de roches granito-gneissiques, quelques micas (muscovite-chlorite), petits "nids" de kaolinite, grains verts de glauconie souvent chloritisée, inclusions carbonatées (dolomite), localement ciment rare argilo-dolomitique.

Vers le haut de la série, on note la présence de passées gréseuses fines à moyennes à ciment argilo-quartzeux ou carbonaté (jusqu'à 2350 m environ). La série se termine par des niveaux à tufs (2215-2200 m) avec laminations d'argiles tendres beiges à brunes ou gris verdâtre, micacées pyriteuses. ]

2195 - 2144 m

Sables grisâtres ou incolores, assez bien classés, deux phases assez distinctes : Grains mats lustrés et arrondis et grains limpides à contours irréguliers ou aplatis. Quelques grains oxydés ou pyritisés, quelques feldspaths, nombreux débris de roches granito-gneissiques, quelques roches volcaniques. Niveaux de tufs volcaniques au toit de la série 2149-2146 m. ]

2144 - 2115 m

Argiles brunes, silteuses, peu micacées, finement pyriteuses, à microdébris ligniteux, niveaux de grès fin gris clair, calcaréo-dolomitique, micacé, à rares grains verts glauconieux ou chloriteux. Traces de sulfates et d'éléments tuffoïdes.

2115 - 2018 m

Argiles tendres, panachées (kaki, beige verdâtre, gris bleuté), peu micacées, finement pyriteuses, à plaquettes de calcite ou dolomite blanche, petits niveaux de grès gris clair, micacé, pyriteux, à grains chloriteux, ciment carbonaté ou argilo-carbonaté (kaolinite). Au-dessus de 2100 m, la série passe à des argiles gris brunâtre, plastiques, à niveaux de sables très fins à fins, grisâtres, à lits ligniteux avec passées de grès identiques à ceux décrits ci-dessus. Au-dessus de 2066 m, les sables deviennent prédominants : sables très fins à fins, à grains translucides, subanguleux à émoussés, micacés, plus ou moins argileux, à petits feldspaths altérés, quelques grains verts de glauconie, inclusions et sphérolites de sidérite, pyrite fréquente. Eléments d'argile vert pâle ou bleu verdâtre, pyritisée. Niveaux à lignite.

2018 - 1838 m

Sables gris beige plus ou moins foncé ou grisâtres, à classement médiocre, débutant par des phases fines, devenant à partir de 1941 m ~~fins moyens avec grossiers disséminés, grains translucides émoussés, avec quelques subanguleux,~~ traces de grains oxydés. Quelques feldspaths altérés, grandes lamelles de micas (muscovite-chlorite), débris de roches granito-gneissiques, petits grains verts chloriteux et glauconieux, inclusions sidéritiques, petits grains de pyrite et petits minéraux sombres. Quelques niveaux argileux à lignite. Mince passées de grès gris, fin, moyen, à classement assez bon, à ciment carbonaté ou de grès très fin argileux, plus particulièrement vers le sommet de la série.

1838 - 1747 m

Argiles gris foncé brunâtre, avec passées de teinte gris bleu ou gris vert, certains éléments vert bleuâtre très foncé, tendres, gonflantes par endroits, finement micacées, pyriteuses, à très pyriteuses par endroits, très fine pigmentation de matière organique.

Eléments de dolomie beige à beige verdâtre, tendre, plus ou moins argileuse.

A noter au départ de la série, des traces d'argile brune à léger ton rougeâtre.

.../...

1747 - 1340 m

Argiles tendres, gris foncé brunâtre, teintes plus sombres à la base, très peu micacées, pyriteuses, à fine pigmentation charbonneuse, traces de petits grains verts chloriteux, petits niveaux de dolomite calcarifère beige et gris beige plus ou moins argileuse et de calcaire dolomitique gris pyriteux, traces de sidérite. Tubes d'annelides, ostracodes.

1340 - 1223 m

Argiles gris verdâtre, par endroits à taches gris vert sombre, en pâte ou gonflantes, faiblement carbonatées (dolomitiques) peu silteuses, micro-micacées, très micropyriteuses, à petits grains verts de glauconie ou de chlorite. Quelques éléments de dolomie calcarifère microsparitique, beige, gris beige ou beige verdâtre, peu silteuse, pyriteuse. Tubes d'annelides, foraminifères (Rotalidés).

1223 - 1127 m

Argiles tendres brunes, silteuses, à très finement sableuses, très micacées, très pyriteuses, à petits grains verts de glauconie ou de chlorite, débris charbonneux microscopiques, micro-inclusions de sidérite. Tubes d'annelides, foraminifères (Rotalidés).

1127 - 732 m

Argiles plastiques brunes, très silteuses à finement sableuses, très micacées (muscovite, biotite, chlorite), très glauconieuses ou chloriteuses, quelques feldspaths, traces de sidérite, débris ligniteux jusqu'à 920 m. Zone riche en spicules d'éponges siliceux entre 1120 et 990 m, foraminifères (Rotalidés).

732 - 490 m

Sables hétérométriques grisâtres, à grains dépolis ou blanc laiteux, translucides dans les fractions fines, émoussés, souvent à contours irréguliers mamelonnés, rares grains arrondis, ou teintés en vert, rose, gris, débris de roches granito-gneissiques, siliceuses. Quelques grains verts de glauconie et chlorite, quelques inclusions de pyrite.

Quelques passées argileuses avec débris ligniteux.

Abondantes coquilles entières ou brisées, principalement bivalves, gastéropodes, bryozoaires, annélides.

IV - ANALYSE GRANULOMETRIQUE

Comme cela est fait chaque fois que la qualité de l'échantillonnage le permet, des analyses granulométriques ont été effectuées sur les niveaux les plus gréseux, essentiellement compris ici entre 500 et 1250 mètres, entre 1918 et 2535 mètres, ainsi que vers 2700 mètres.

1 - Tamisages (Annexes 4a à 4k)

On trouvera, en annexes, le détail de ces analyses sous forme de courbes cumulatives des refus de tamis en fonction de la taille des particules exprimée en équivalents Phi.

Dans le tableau ci-dessous, ne figurent que l'identification de la (ou des population(s) à telle ou telle loi de distribution statistique, les valeurs de l'écart-type et de la moyenne, ainsi que le milieu de dépôt qu'évoquent de telles répartitions granulométriques.

Cote mètres	Lois de répartition (*)	Ecart-type	Moyenne (Phi)	Milieu de dépôt évoqué
505	I # 99 % G	1,40	1,05	littoral à affinité continentale
510	"	1,40	1,05	
610	"	1,40	1,90	
640	"	1,40	2,20	
690	I = 70 % G ou AR II = 30 % AR	0,25	0	} très littoral
740		1,37	2,70	
790	I = 5 % ? II = 95 % G	0,34	3,50	littoral plus profond
840				
890	I = 2 % G II = 98 % G	0,75	1,90	moins littoral
940				
990				
1040	I = 2 % G II = 98 %	0,72	3,80	encore plus profond
1100				
1150				
1190				
1240	I = 40 % AR II = 60 % G/AR	0,24 1,18	0,10 2,70	littoral
1918				
1924				
1933	I = 20 % AR II = 72 % G	0,27 1,35	0,10 2,66	encore littoral

.../...

(\*) F = distribution gaussienne  
 R = " de Rosin Ramler  
 AR = " " " complémentaire à 100

Cote mètres	Lois de répartition	Ecart- type	Moyenne (Phi)	Milieu de dépôt évoqué
1951	I = 5 % AR II = 87 % G	0,40 1,32	0,10 3,40	moins littoral
1975	# I = 5 % AR II = 95 % G	0,36 1,00	- 0,10 3,70	) ) ) ) assez littoral avec influence continentale (marais maritime)
1987				
1999				
2010				
2040	I = 2 % AR	0,35	0,20	) ) ) ) influence continentale (marais maritime)
2060	II = 83 % G	1,00	3,70	
2090	I = 60 % AR II = 31 % R	0,65 0,96	2,70 3,85	) ) ) ) littoral
2106	I = 83 % AR II = 15 % R	0,58 0,53	2,50 3,50	
2118	I = 4 % AR II = 96 % G	0,21 0,95	0,33 2,85	) ) ) ) moins littoral
2210	I = 67 % AR II = 33 % AR	0,16 1,50	- 0,85 2,15	
2235	I = 5 % AR II = 95 % AR	0,34 1,10	0,10 2,85	) ) ) ) dépôt de pente
2255	I = 45 % AR II = 53 % G	0,20 1,27	- 0,85 2,66	
2295	I = 50 % AR II = 50 % G	0,12 1,80	- 0,30 2,60	) ) ) ) dépôt de pente
2313				
2350				
2390				
2440	I = 20 % AR	0,32	0,10	) ) ) ) dépôt de pente
2498	II = 75 % G	1,20	2,65	
2535	I = 10 % AR II = 88 % G	0,30 1,20	0,10 2,70	) ) ) ) dépôt de pente
2700	I = 45 % AR II = 55 % G	0,37 1,20	0 2,40	
2710	I = 60 % AR II = 40 % G	0,42 1,20	- 0,10 2,30	) ) ) )

2 - Coefficient de forme des particules (Annexe 5)

Deux analyses complémentaires du coefficient de forme des particules sur les niveaux carottés à 1875 et 1902,50 mètres mettent nettement en évidence que le sédiment est d'origine continentale suffisamment rapprochée, pour que les particules n'aient pas pu être refaçonnées par leur milieu de dépôt littoral.

.../...

V - CONSIDERATIONS SEDIMENTOLOGIQUES (J.P. CASSAN)

La planche 20 au 1/4000e rend compte de l'ensemble de ces considérations qui appellent tout de même quelques commentaires. En effet, une fois replacés dans leur contexte stratigraphique, les résultats des analyses sédimentologiques mettent en évidence certaines notions déjà connues en zone norvégienne, mais également des éléments un peu nouveaux ou, en tous cas, que l'on peut préciser davantage dans ce sondage.

ELEMENTS DEJA CONNUS

Il sont au nombre de trois :

1 - La série de FRIGG 1 comprend trois des grands cycles sédimentaires définis jusqu'ici dans la série norvégienne :

- un cycle Jurassique à la base
- un cycle régressif Crétacé moyen à Paléocène
- un cycle régressif Tertiaire moyen à supérieur.

2 - La craie apparaît bien, selon l'hypothèse avancée dès l'étude de NJORD 1, comme un faciès de transition entre les niveaux à milieux de dépôt plus profonds du Crétacé moyen et les dépôts gréseux littoraux du Paléocène. Elle est, en effet, ici intercalée dans des argiles, des silts ou des grès.

3 - L'origine du matériel gréseux Eocène ou Paléocène, d'après les résultats d'analyses de minéraux lourds (et conformément aux résultats d'études précédentes \*), paraît avoir varié :

- Nord, Nord-Ouest ou Ouest pour les niveaux situés au-dessous de 2040 mètres. ↘
- Sud ou Sud-Ouest, après rajeunissement probable du relief, pour les niveaux situés au-dessus de 2040 mètres. ↗

N.B. - Ces données sont à rapprocher des travaux récents de géologues et géophysiciens anglo-saxons et français, qui admettent que la séparation des plaques continentales nord-atlantique et nord-européenne s'est effectuée vers 60-70 millions d'années, c'est-à-dire, grosso-modo, au toit du Paléocène. Nous verrons par la suite, avec l'étude d'autres sondages, l'incidence possible de pareilles considérations sur la sédimentation de la plateforme norvégienne.

.../...

\* G. TCHIMICHKIAN - Août 1970

Sondages 2/6.1, D1 et 9/12.1 - Etude des minéraux lourds de la série traversée - Comparaison avec les autres sondages de Norvège off-shore 03-D-31 n° 0/417 R

\* G. TCHIMICHKIAN - Avril 1971

Sondage NJORD 1 (Partie sédimentologie) - 03-D-31 n° 1/501 R.

ELEMENTS PLUS NOUVEAUX

Ils portent évidemment sur les grès du Tertiaire inférieur qui, par leur puissance, d'une part, et par la prise de carottes, d'autre part, ont permis une analyse fine. On peut en considérer divers aspects :

- 1 - En granulométrie : les analyses ont révélé, nous l'avons déjà vu précédemment, une évolution verticale assez nette des sables de base du Tertiaire traduisant une évolution dynamique marquée :
  - dépôts littoraux : de 1840 à 1990 mètres
  - chenal de marée et dépôts de marais maritime (après une petite zone incertaine) : de 2020 à 2198 mètres
  - dépôts littoraux à nouveau : de 2198 à 2242 mètres
  - dépôts de pente : de 2242 à 2380 mètres ; d'où :

1ère interprétation :

{ Si l'on ne considère que cette seule source d'information, on est conduit à voir, au-dessus d'un Crétacé et d'un Danien, la poursuite du comblement du bassin par développement normal d'un cycle sédimentaire régressif avec dépôts de pente, puis dépôts littoraux, passant ensuite à des chenaux de marée et marais maritimes. Une dernière émission de dépôts littoraux peut témoigner d'une ultime poussée détritique, avec légère subsidence.

- 2 - En lithologie : l'analyse lithologique détaillée a révélé, pour sa part, l'existence de tufs volcaniques vers 2200-2215 mètres ainsi que vers 2145 mètres. Ces tufs sont connus dans tout le bassin de la Mer du Nord dans une position analogue et traduisent, comme cela est admis d'une manière tout à fait classique, une certaine instabilité régionale ; d'où :

2ème interprétation :

{ On a bien jusqu'à 2215 mètres un développement d'un cycle sédimentaire régressif amorcé avec le Crétacé, puis le Damien, se traduisant par l'accumulation de dépôts de pente, puis littoraux.

{ Mais, avec l'émission des premiers tufs à 2215 mètres, se produit un mouvement (qui peut être de caractère épirogénique de faible ampleur), mouvement qui amène l'inondation de la zone étudiée sous un régime de lagunes et de marais maritimes (souvenons nous de la présence des *Coscinodiscus* sp, espèces fréquemment rencontrées dans des milieux lagonaires), suivi par un nouvel apport à caractère littoral.

( Le schéma initial se complique donc un peu par l'intervention d'un contre-coup tectonique manifesté par une large émission de tufs, puisque ces tufs sont en effet connus au Danemark, ainsi que dans les régions les plus méridionales de la Mer du Nord.

### 3 - En minéralogie :

La contribution de l'analyse des minéraux lourds à cette étude est importante, puisqu'elle a permis de mettre en lumière une nouvelle distribution des sources d'apports à la cote 2040 mètres, l'essentiel de la sédimentation cessant de provenir du Nord, du Nord-Ouest ou de l'Ouest, pour prendre un caractère plus méridional, avec apparition de nouvelles espèces minérales, comme le disthène, ce qui traduit, par la même occasion, un certain rajeunissement des reliefs (\*). Notons, au passage, qu'un changement similaire a été mis en évidence vers 2040 mètres dans le cortège argileux (cf. Pl. 5), puisque la chlorite, qui est un élément constant de la sédimentation jurassique, crétacée et paléocène, cesse d'être représentée à partir de ce niveau. La cote 2040 mètres représente donc le témoin d'un phénomène majeur ayant modifié la distribution des sources d'apports ; d'où :

### 3ème interprétation :

( On a bien jusqu'à 2215 mètres un développement d'un cycle sédimentaire régressif amorcé avec le Crétacé, puis le Danien, se traduisant par l'accumulation de dépôts de pente, puis littoraux.

Mais, avec l'émission des premiers tufs à 2215 mètres, se produit un mouvement (qui peut être de caractère épirogénique de faible ampleur), mouvement qui amène l'inondation de la zone étudiée sous un régime de lagunes et de marais maritimes (souvenons nous de la présence des *Coscinodiscus* sp, espèces fréquemment rencontrées dans des milieux lagonaires).

A ce moment, (c'est-à-dire au niveau de la cote 2040-2015 mètres), se produit l'évènement décisif : la région ou le continent Nord Atlantique cesse d'être une source de la sédimentation détritique du Bassin (\*\*).

.../...

---

(\*) Rappelons que le cortège minéralogique post-paléocène de FRIGG est très voisin de celui des niveaux équivalents de puits beaucoup plus méridionaux comme Cod 1, par exemple.

(\*\*) Les analyses des cortèges argileux et minéral constatent effectivement un changement net à 2040 mètres. En lithologie et granulométrie, ce serait plutôt vers 2015 mètres. Nous ne saurions trancher définitivement entre ces 2 cotes, puisqu'en l'absence de carottes, il peut toujours y avoir retombées ou remaniement.

Doit-on rapprocher ce faisceau d'informations de l'interprétation récente de la séparation des plaques continentales nord-atlantique et nord européenne à cette époque ? Cela est possible.

Le schéma initial s'est donc encore compliqué :

- d'abord, comme cela a été souligné précédemment, par l'intervention d'un contre-coup (ou d'un premier coup) tectonique, manifesté par l'émission de tufs (2215 mètres) et une évolution du milieu de dépôt.
- ensuite par un évènement décisif (2040-2015 mètres) : la nouvelle distribution des sources d'apports accompagnée d'une nouvelle évolution de milieu, puisque l'on passe du marécage à un milieu de nouveau littoral.

#### 4 - Conclusion

C'est parce qu'ils sont situés au-dessus de la cote témoin de cet évènement apparaissant majeur que nous avons jugé utile de situer les sables compris entre 1838 et 2040-2015 mètres, c'est-à-dire en fait le réservoir de FRIGG 1, à la base d'un cycle sédimentaire Eocène distinct (\*) du cycle Crétacé à Paléocène, ce qui peut laisser présumer :

- la possibilité d'un trend sédimentaire différent,
- l'existence de sources d'apports différentes (ce qui est reconnu),
- la possibilité, s'il y avait véritablement discordance, de la disparition latérale de certains niveaux situés sous cette discordance.

.../...

---

(\*) Voir déjà note N n° 03-D-31 n° 1/434 N du 6.10.1971.

## CONCLUSIONS GENERALES

### I - AU PLAN DE LA STRATIGRAPHIE

L'ensemble des résultats stratigraphiques obtenus par l'étude palynologique et par l'étude micropaléontologique est exprimé dans les planches 1 et 2, pages 29 et 30. Les attributions stratigraphiques propres à chaque discipline sont laissées dans deux colonnes distinctes pour permettre la comparaison des résultats qui peuvent par leur nature différente, ne pas être toujours entièrement concordants, surtout dans l'hypothèse de futures comparaisons horizontales. Quelques notions importantes se dégagent de l'étude de FRIGG 25/1-1.

- 1 - La zonation palynologique s'est révélée particulièrement efficace pour l'intervalle Oligocène-Danien. L'Oligocène et l'Eocène montrent une succession de biozones fondées sur la succession d'espèces de Dinoflagellés caractéristiques ; il s'agit d'associations franchement marines et spécifiquement diversifiées, dénotant un environnement de mer ouverte. Certaines espèces, genres ou groupes de formes subissent des fluctuations quantitatives significatives. La prédominance de certains groupements peut être liée aux conditions originales de dépôts, encore que la dispersion horizontale des espèces ne soit pas clairement reliée à des faciès particuliers. Il paraît néanmoins certain que les types d'association dominante fluctuent en fonction des rythmes et des cycles de sédimentation.

Une différence microfloristique importante s'observe entre la biozone nt V (Chiropteridium dominant) et la biozone nt III (Cordosphaeridium dominant). La biozone nt IV représente un terme de transition entre l'Oligocène (nt V) et l'Eocène (nt III), plus précisément le Lutétien-Cuisien.

On observe une coupure microfloristique majeure à 1831 m (toit nt II) par l'apparition d'une microflore à Membranilarnacia et Wetzeliella. D'après DOWNIE, HUSSAIN et WILLIAMS, l'association à Wetzeliella marque le terme initial ou final d'une régression marine. La microflore nt II b-c est l'équivalent des Lower Bracklesham Beds et de la London Clay britannique yprésienne.

.../...

Les sables du réservoir Paléocène sont caractérisés par une microflore particulière (nt II a, toit à 1999 m) avec réduction du microplancton marin et brusque abondance des organismes continentaux. Cette réduction de la diversité des Dinoflagellés avec prédominance de certains groupes (*Cyclonephelium*) est probablement le signe d'un environnement plus littoral. Rappelons que la microflore nt II a et plus précisément la microflore reconnue de 2235-2491 m est l'équivalent de l'association observée dans la Formation de Cod à Cod 1 et Froya.

2 - Le Paléocène inférieur-Danien marque un retour à des conditions marines plus franches, avec fréquence d'*Arcoligera* et de *Peridinium* (nt I). Cette microflore, à peu près constante en variété et en composition, a été suivie à Cod et Froya dans la formation du "Calcaire Danien". Le Danien franc correspondrait à l'intervalle 2577-2678 (nt I a).

3 - Le Crétacé est caractérisé par une suite de microflores et de microfaunes du Maestrichtien à l'Albien jusqu'à 4060 mètres. A partir de 4061,5 mètres et jusqu'à 4092 mètres, on observe de rares dinoflagellés Jurassiques isolés. Il faut attendre 4132 mètres pour observer une microfaune du Jurassique supérieur, plus particulièrement de l'Oxfordien indubitable. Bien que les arguments soient réduits, on peut envisager la limite Jurassique-Crétacé vers 4060 mètres. Les divers micro-Organiques et, en particulier, les ostracodes caractérisent une succession de biozones de l'Oxfordien au Dogger jusqu'à 4495 mètres environ. Ils laissent entrevoir la présence de Lias à partir de 4532 mètres et jusqu'au fond du puits.

## II - AU PLAN DE LA GEOCHIMIE

### POTENTIEL HYDROCARBURES

Le détail des indices relatifs aux roches-mères probables et aux migrations possibles a été fourni dans les conclusions de l'étude géochimique (cf. page 49).

Nous retiendrons ici les points essentiels suivants :

- 1 - L'huile de FRIGG 1, accumulée dans les grès de l'Eocène, paraît bien provenir de la partie supérieure du Crétacé supérieur. Il semble en tous cas exclu qu'elle puisse provenir du Jurassique dont les extraits sont différents.

2 - Le gaz :

a - Du point de vue de la Géochimie :

Si l'on considère sa composition extrêmement sèche, ce gaz ne paraît pas pouvoir provenir du Jurassique ou du Crétacé Supérieur, où les gaz sont au contraire très humides ; sous cet angle, une origine tertiaire est actuellement la plus vraisemblable.

b - Du point de vue du Pouvoir Réflecteur :

Il est généralement admis que les gisements importants de gaz sec sont en relation avec de fortes diagenèses (bassins carbonifères de la Mer du Nord, Ahnet au Sahara, Lacq et St-Faust en Aquitaine) ; l'existence de tels gisements, en relation avec de faibles diagenèses, n'est pas encore prouvée à notre connaissance. Il semble donc plus vraisemblable actuellement de relier le gaz (sec ou humide) du gisement de FRIGG aux importantes roches-mères jurassiques qui ont seules subi une diagenèse déjà appréciable. (Du moins c'est ce qui découle de l'étude de synthèse en cours sur l'ensemble de la Mer du Nord Norvégienne).

3 - Notons enfin que les niveaux les plus grossiers du Crétacé Supérieur argileux pourraient avoir joué le rôle de drain régional.

DIAGENESE

1 - L'étude du pouvoir réflecteur des matières organiques insolubles montre une évolution modérée jusqu'au Paléocène, non négligeable, dans le Crétacé.

Au Jurassique, le P.R. de 1,2 % paraît excessif pour la conservation de l'huile, mais serait de nature à rendre compte de la formation de gaz (humide) dans les éventuelles roches mères de cette série.

2 - L'étude du cortège argileux montre la présence d'interstratifié I.M. dès 1900 mètres et de manière continue à partir de 2700 mètres. Il pourrait s'agir d'une diagenèse-profondeur. Par ailleurs, la montmorillonite n'existe plus au-dessous de 3800 mètres.

Cependant la présence d'argiles sous-compactées, témoin d'une certaine diagenèse, n'apparaît pas clairement dans le Jurassique.

### III - AU PLAN DE LA SEDIMENTOLOGIE

1 - La série de FRIGG 1 représente 4 grands cycles sédimentaires qui sont de bas en haut :

- un cycle Jurassique
- un cycle régressif Crétacé moyen à Paléocène, dans lequel la craie n'apparaît que comme un faciès de transition entre les dépôts plus profonds du Crétacé NM moyen et les grès littoraux du Paléocène et où les termes inférieurs peuvent être considérés comme la roche-mère de l'huile
- un cycle transgressif Eocène
- un cycle régressif Tertiaire Moyen à Supérieur, dans lequel là encore, les niveaux inférieurs pourraient être considérés comme roche-mère, du gaz cette fois.

N.B. - Lorsque l'on a pu identifier des cycles sédimentaires régressifs, c'est-à-dire une suite sédimentaire tendant de bas en haut à abandonner des caractères marins (donc propices à l'accumulation de matière organique), pour subir des conditions de moins en moins marines, voire continentales, il est normal de rechercher et de trouver les roches-mères, à la base de tels cycles.

2 - Plus précisément au niveau des réservoirs, l'intégration de toutes les données a permis de dissocier, sédimentologiquement parlant, les niveaux réservoirs situés au-dessus de 2015-2040 mètres de ceux situés au-dessous de cette cote, avec les conséquences possibles que cela pourrait entraîner :

- possibilité de trends sédimentaires différents - oui
- existence de sources d'apports différents (ce qui est reconnu)
- possibilité, s'il y avait véritablement discordance, de disparition latérale de certains niveaux situés sous cette discordance. - oui

3 - Il est possible de chercher un rapprochement entre les manifestations sédimentologiques observées à FRIGG 1, notamment l'émission de tufs (bien connus par ailleurs dans le bassin), la redistribution des sources d'apports et la modification du cortège détritique argileux et minéral, et les travaux récents de géologues et géophysiciens anglo-saxons et français qui admettent que la séparation des plaques continentales nord-atlantique et nord-européenne s'est effectuée vers 60-70 millions d'années, c'est-à-dire, grosso-modo, vers le toit du Paléocène.

ANALYSE D'HUILE OU D'EXTRAIT CHLOROFORMIQUE DE ROCHE

SONDAGE : *FRIGG 25/1-1x*

Age ou Formation : *JURASSIQUE SUP.*

ECHANTILLON : *4496 m. (déblais non débouffé)*

COT =

MOE = *4000 ppm*

CONSTITUTION :

Asphaltènes A = *3,5 %*  
 Résines R = *13 %*  
 Constituants huileux CH = *81,4 %*  
 Pertes + Résidus: 100 - (A+R+CH) = *2,1 %*

Asphaltènes Insolubles/CCl4 C =

Rapport Saturés/Aromatiques S/A = *5,2*

ANALYSE DES HYDROCARBURES SATURÉS PAR CPG

Proportion des n.alcane dans les Saturés = *24,35 %*

Proportion : du Farnesane = *0,76 %* du Pristane = *1,06 %* du Phytane = *0,75 %*

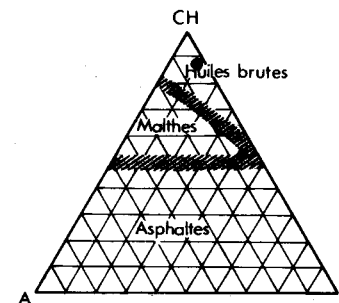
Rapports: Pristane/Phytane = *1,41* Pristane/n.C17 = *0,44* Phytane/n.C18 = *0,34*

Recherche de dominance paire ou impaire par calcul du Carbon Preference Index (CPI) :

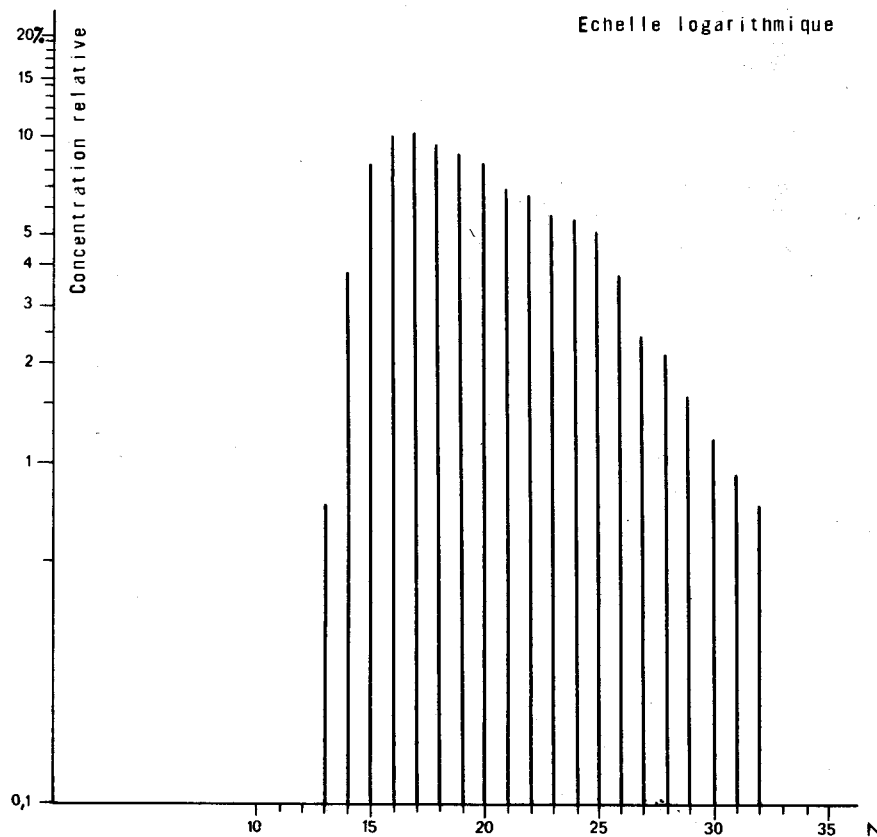
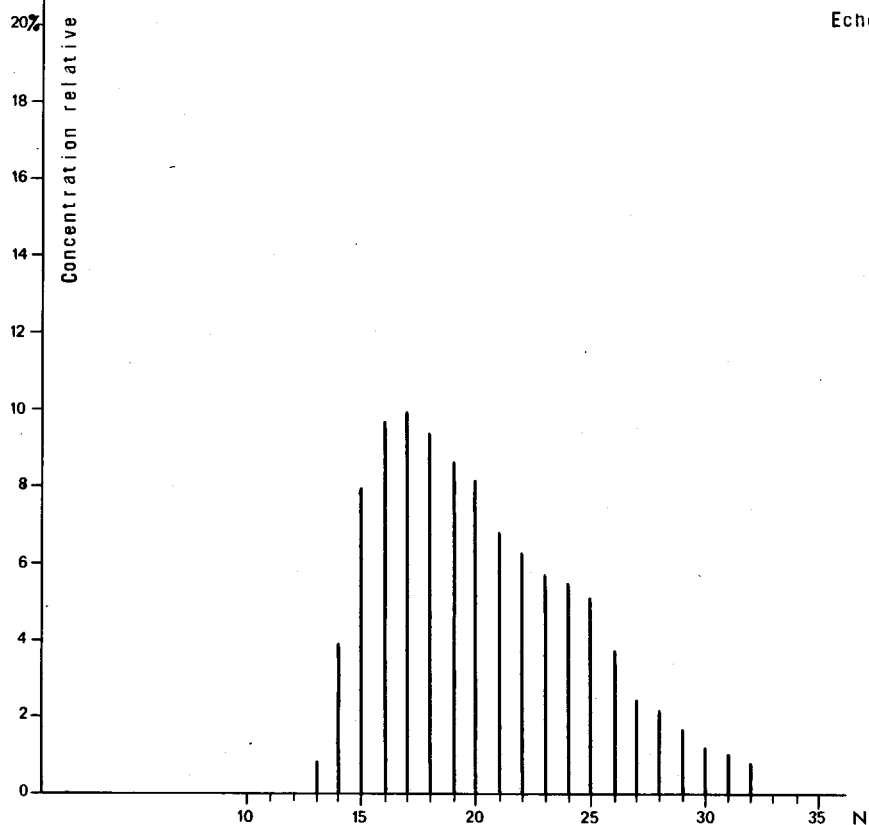
CPI entre la n.alcane *18* et la n.alcane *30* CPI = *0,98*

Distribution relative des n.alcane :

n.C15	n.C16	n.C17	n.C18	n.C19	n.C20	n.C21	n.C22	n.C23	n.C24	n.C25	n.C26	n.C27	n.C28	n.C29	n.C30	n.C31	n.C32	n.C33
<i>7,99 %</i>	<i>9,69 %</i>	<i>9,87 %</i>	<i>9,19 %</i>	<i>8,63 %</i>	<i>8,09 %</i>	<i>6,79 %</i>	<i>6,24 %</i>	<i>5,64 %</i>	<i>5,44 %</i>	<i>5,09 %</i>	<i>3,68 %</i>	<i>2,44 %</i>	<i>2,15 %</i>	<i>1,60 %</i>	<i>1,17 %</i>	<i>0,93 %</i>	<i>0,75 %</i>	



HISTOGRAMMES DE LA DISTRIBUTION RELATIVE DES n.ALCANES EN FONCTION DU NOMBRE N DE CARBONES



ANALYSE D'HUILE OU D'EXTRAIT CHLOROFORMIQUE DE ROCHE

SONDAGE : *EKOFISK 2/4-1x*

ECHANTILLON : *Huile du gisement Danién d'Ekofisk*

COT

MOE

Age ou Formation :

CONSTITUTION :

Asphaltènes A 0,1 %  
 Resines R 5,8 %  
 Constituants huileux CH 90,7 %  
 Pertes + Residus: 100 - (A+R+CH) 3,4 %

Asphaltènes Insolubles/CCl4 C  
 Rapport Saturés/Aromatiques S/A 3,8

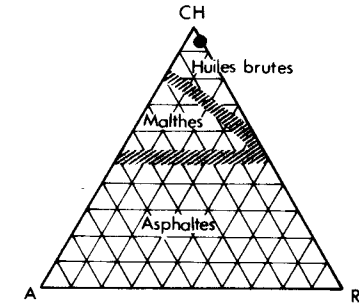
ANALYSE DES HYDROCARBURES SATURÉS PAR CPG

Proportion des n.alcane dans les Saturés 11,47 %  
 du Farnésane 0,407 % du Pristane 0,343 % du Phytane 0,275 %  
 Rapports: Pristane/Phytane 1,25 Pristane/n.C17 0,37 Phytane/n.C18 0,33

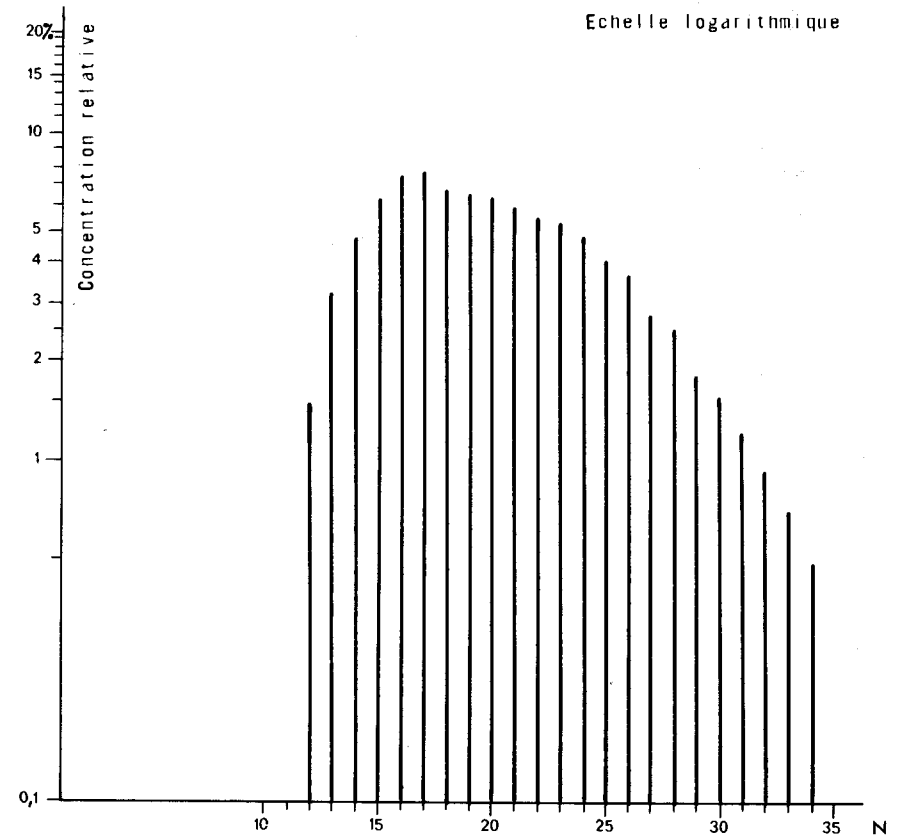
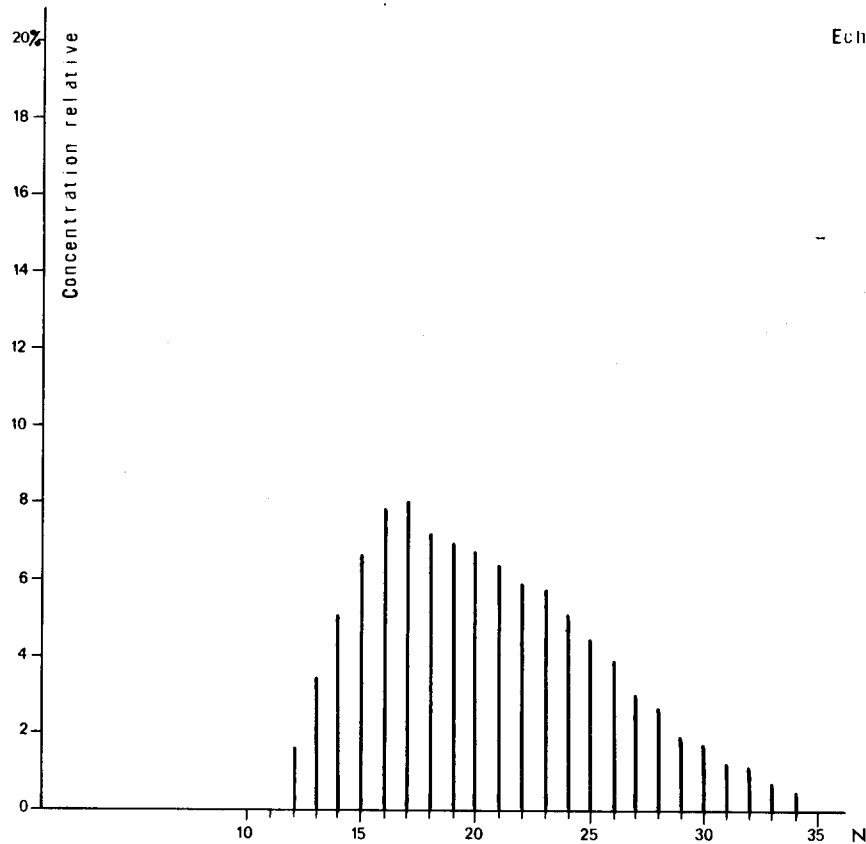
Recherche de dominance paire ou impaire par calcul du Carbon Preference Index (CPI) :  
 CPI entre la n.alcane 16 et la n.alcane 30 CPI = 0,98

Distribution relative des n.alcane :

n.C15	n.C16	n.C17	n.C18	n.C19	n.C20	n.C21	n.C22	n.C23	n.C24	n.C25	n.C26	n.C27	n.C28	n.C29	n.C30	n.C31	n.C32	n.C33
6,78 %	8,00 %	8,17 %	7,34 %	7,08 %	6,87 %	6,48 %	6,02 %	5,87 %	5,26 %	4,56 %	4,00 %	3,06 %	2,75 %	1,99 %	1,71 %	1,32 %	1,02 %	0,77 %



HISTOGRAMMES DE LA DISTRIBUTION RELATIVE DES n.ALCANES EN FONCTION DU NOMBRE N DE CARBONES



ANALYSE D'HUILE OU D'EXTRAIT CHLOROFORMIQUE DE ROCHE

SONDAGE : *FRIGG 25/1-1x*

ECHANTILLON : *4130 m. (déblais non débouffé)*

COT = 0,60% MOE = 1750 ppm

Age ou Formation : *JURASSIQUE SUP.*

CONSTITUTION :

Asphaltènes	A = 7,9 %	Asphaltènes Insolubles/CCl4	C =
Résines	R = 8,3 %	Rapport Saturés/Aromatiques	S/A = 10
Constituants huileux	CH = 83,4 %		
Pertes + Résidus:	100 -(A+R+CH) = 0,4 %		

ANALYSE DES HYDROCARBURES SATURÉS PAR CPG

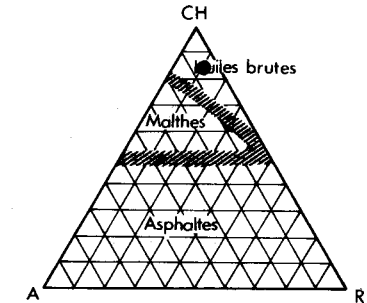
Proportion des n.alcane dans les Saturés = 19,21 %  
 Proportion : du Farnesane = 0,22 % du Pristane = 0,31 % du Phytane = 0,21 %  
 Rapports: Pristane/Phytane = 1,48 Pristane/n.C17 = 0,185 Phytane/n.C18 = 0,13

Recherche de dominance paire ou impaire par calcul du Carbon Preference Index (CPI) :

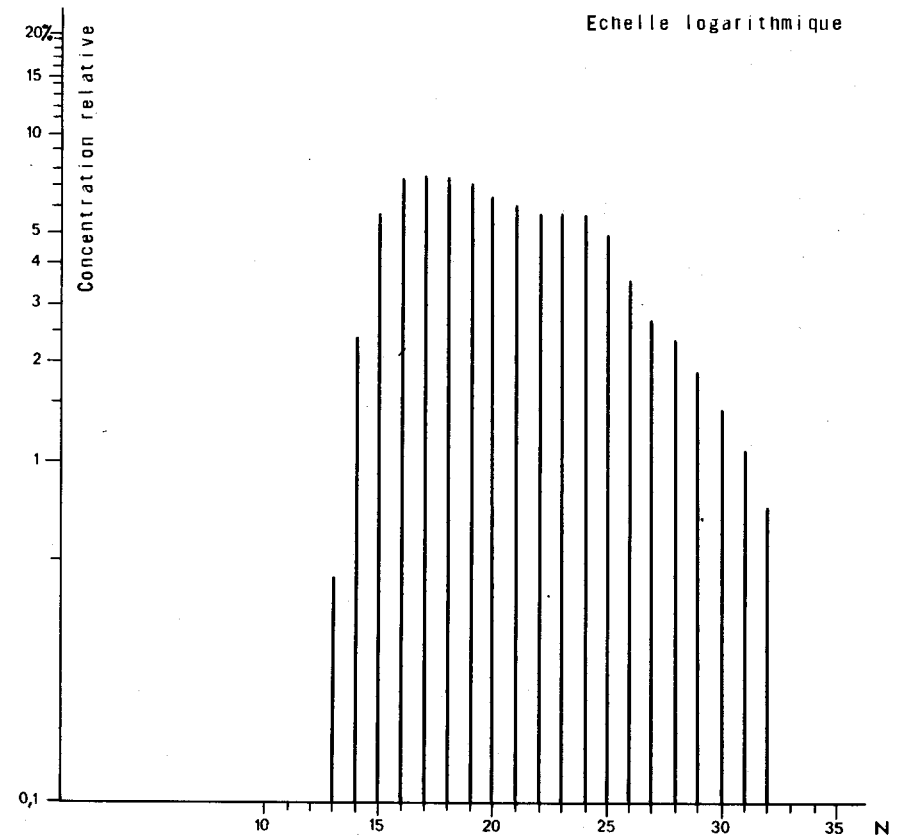
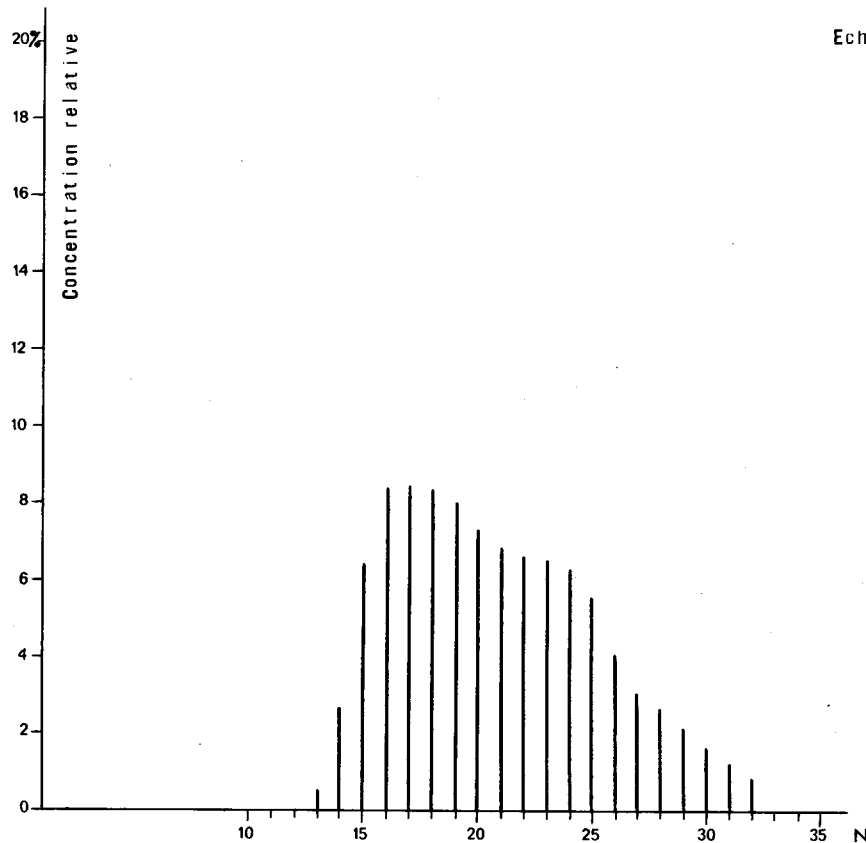
CPI entre la n.alcane 16 et la n.alcane : 30 CPI = 0,98

Distribution relative des n.alcane :

n.C15	n.C16	n.C17	n.C18	n.C19	n.C20	n.C21	n.C22	n.C23	n.C24	n.C25	n.C26	n.C27	n.C28	n.C29	n.C30	n.C31	n.C32	n.C33	%
6,62 %	8,54 %	8,71 %	8,58 %	8,18 %	7,51 %	7,05 %	6,79 %	6,69 %	6,48 %	5,70 %	4,17 %	3,13 %	2,71 %	2,18 %	1,66 %	1,24 %	0,82 %		%



HISTOGRAMMES DE LA DISTRIBUTION RELATIVE DES n.ALCANES EN FONCTION DU NOMBRE N DE CARBONES



ANALYSE D'HUILE OU D'EXTRAIT CHLOROFORMIQUE DE ROCHE

SONDAGE : **FRIGG 25/1-1x**

ECHANTILLON : **4062,50** (échant. de Junk Baket) COT = 0,74 % MOE = 680 ppm

Age ou Formation : **JURASSIQUE SUP.**

CONSTITUTION :

Asphaltènes	A = 2,1 %	Asphaltènes Insolubles/CCl4	C =
Résines	R = 26,0 %		
Constituants huileux	CH = 65,9 %	Rapport Saturés/Aromatiques	S/A = 2,06
Pertes + Résidus:	100 - (A+R+CH) = 6,0 %		

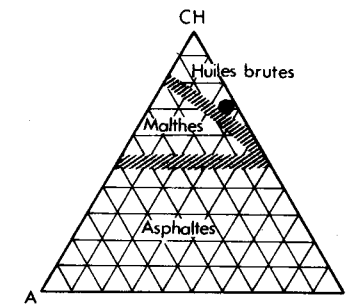
ANALYSE DES HYDROCARBURES SATURÉS PAR CPG

Proportion des n.alcane dans les Saturés = 7,34 %  
 Proportion : du Farnesane = 0,35 % du Pristane = 0,30 % du Phytane = 0,15 %  
 Rapports: Pristane/Phytane = 2,0 Pristane/n.C17 = 0,33 Phytane/n.C18 = 0,20

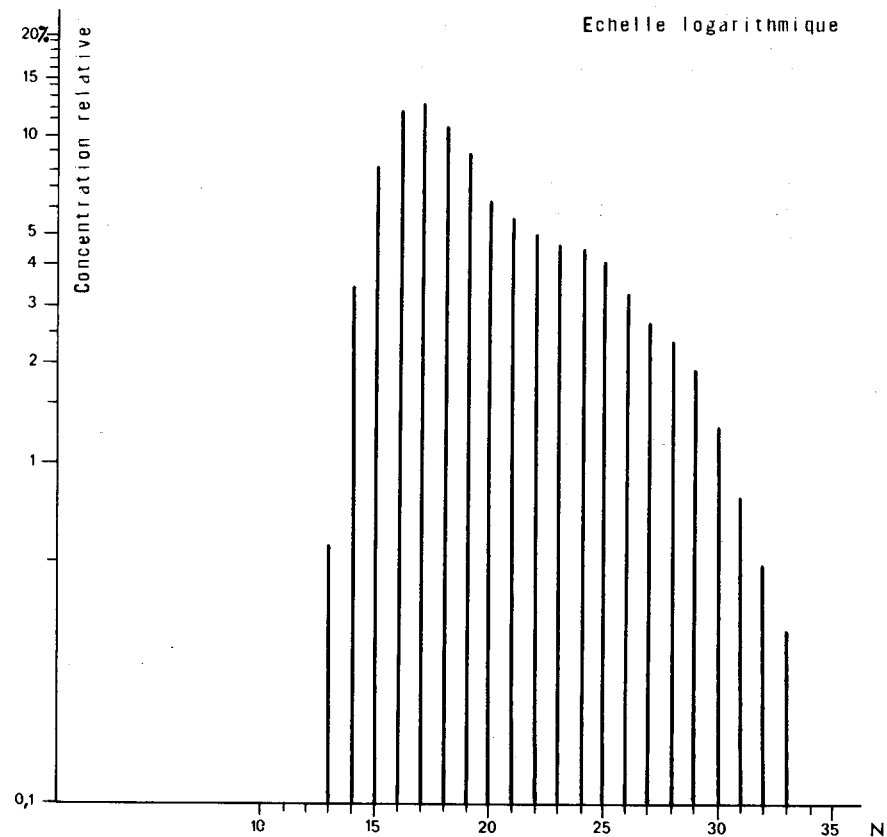
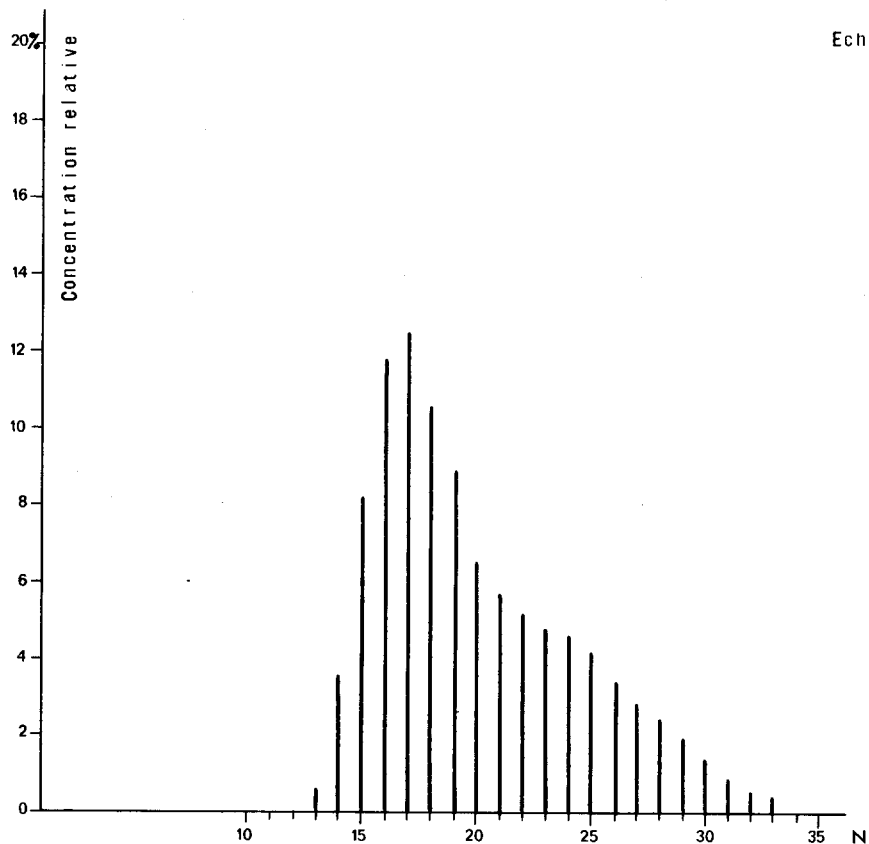
Recherche de dominance paire ou impaire par calcul du Carbon Preference Index (CPI) :  
 CPI entre la n.alcane et la n.alcane : CPI =

Distribution relative des n.alcane :

n.C15	n.C16	n.C17	n.C18	n.C19	n.C20	n.C21	n.C22	n.C23	n.C24	n.C25	n.C26	n.C27	n.C28	n.C29	n.C30	n.C31	n.C32	n.C33
8,12 %	11,80 %	12,44 %	10,53 %	8,74 %	6,45 %	5,65 %	5,12 %	4,73 %	4,58 %	4,18 %	3,38 %	2,79 %	2,43 %	1,92 %	1,38 %	0,82 %	0,50 %	0,33 %



HISTOGRAMMES DE LA DISTRIBUTION RELATIVE DES n.ALCANES EN FONCTION DU NOMBRE N DE CARBONES



ANALYSE D'HUILE OU D'EXTRAIT CHLOROFORMIQUE DE ROCHE

SONDAGE : *FRIGG 25/1-1x*

ECHANTILLON : *Groupement 3422, 3473, 3525, 3577 m.* COT # 0,5% MOE # 700 ppm

Age ou Formation : *CRETACE SUP.*

CONSTITUTION :

Asphaltènes	A = 19,4 %	Asphaltènes Insolubles/CC14	C =
Résines	R = 24,7 %	Rapport Saturés/Aromatiques	S/A = 2,60
Constituants huileux	CH = 50,4 %		
Pertes + Résidus:	100 - (A+R+CH) = 5,5 %		

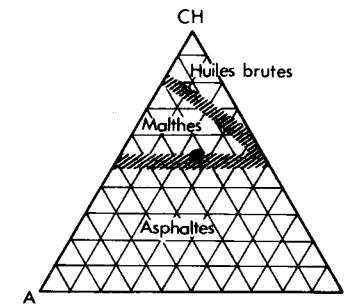
ANALYSE DES HYDROCARBURES SATURÉS PAR CPG

Proportion des n.alcane dans les Saturés = 19,02 %  
 Proportion : du Farnesane = 0,28 % du Pristane = 0,52 % du Phytane = 0,39  
 Rapports: Pristane/Phytane = 1,33 Pristane/n.C17 = 0,48 Phytane/n.C18 = 0,32

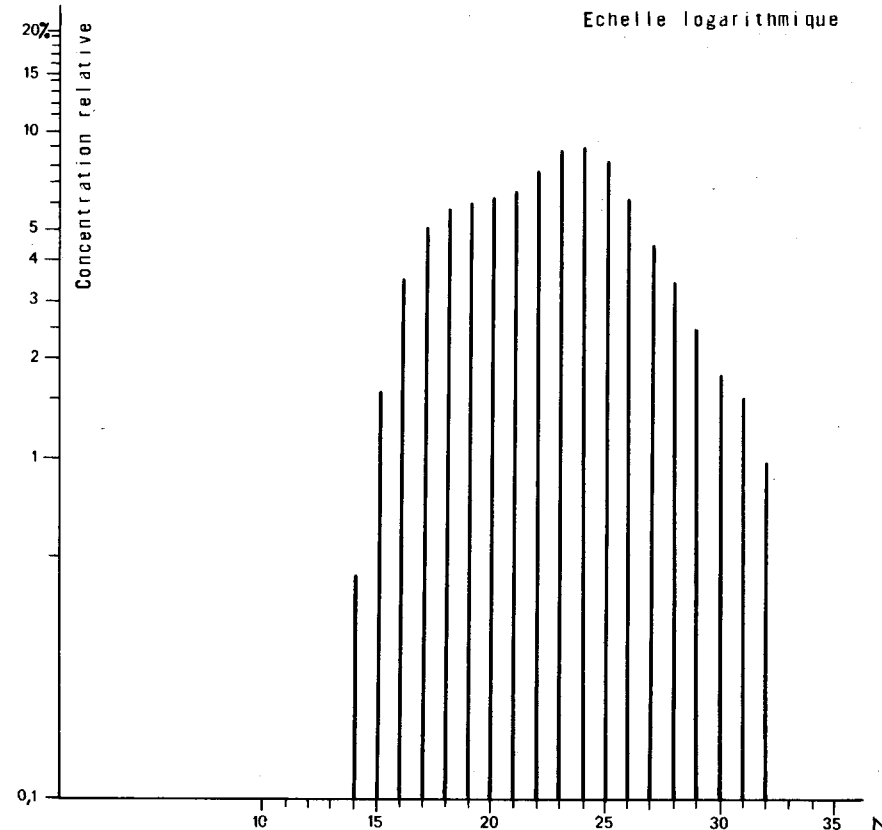
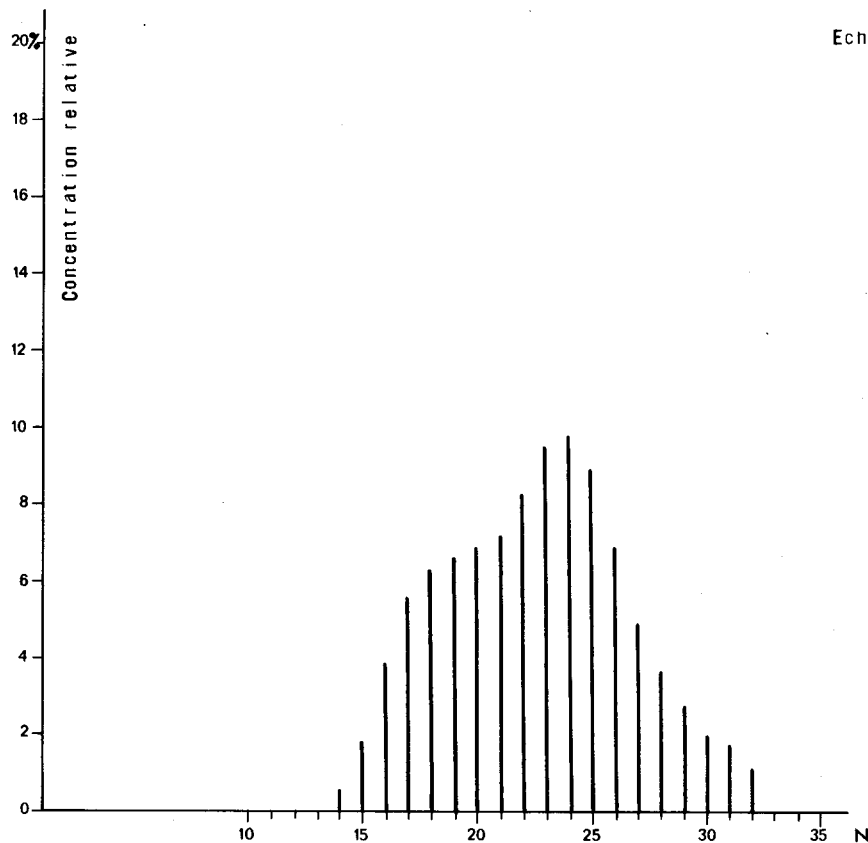
Recherche de dominance paire ou impaire par calcul du Carbon Preference Index (CPI) :  
 CPI entre la n.alcane 16 et la n.alcane : 30 CPI = 0,99

Distribution relative des n.alcane :

n.C15	n.C16	n.C17	n.C18	n.C19	n.C20	n.C21	n.C22	n.C23	n.C24	n.C25	n.C26	n.C27	n.C28	n.C29	n.C30	n.C31	n.C32	n.C33
1,77 %	3,90 %	5,66 %	6,39 %	6,65 %	7,07 %	7,31 %	8,47 %	9,75 %	10,02 %	9,12 %	7,00 %	5,01 %	3,86 %	2,75 %	1,99 %	1,70 %	1,07 %	%



HISTOGRAMMES DE LA DISTRIBUTION RELATIVE DES n.ALCANES EN FONCTION DU NOMBRE N DE CARBONES



ANALYSE D'HUILE OU D'EXTRAIT CHLOROFORMIQUE DE ROCHE

SONDAGE : **FRIGG 25/1-1x**

ECHANTILLON : **3323 m. (déblais non débouffé)** COT **0,67%** MOE **7780 ppm**

Age ou Formation : **CRETACE SUP.**

CONSTITUTION :

Asphaltenes	A	1,7 %	Asphaltenes Insolubles CCl4	C
Resines	R	13,5 %		
Constituants huileux	CH	80,7 %	Rapport Saturés Aromatiques	S A 2,09
Pertes + Résidus:	100 (A+R+CH)	4,1 %		

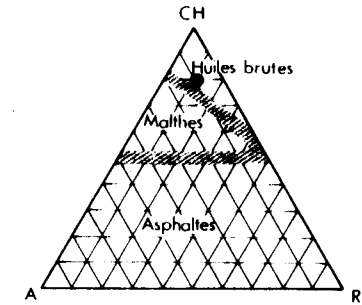
ANALYSE DES HYDROCARBURES SATURÉS PAR CPG

Proportion des n. alcanes dans les Saturés **3,88 %**  
 du Farnésane du Pristane du Phytane  
 Rapports Pristane Phytane Pristane n.C17 Phytane n.C18

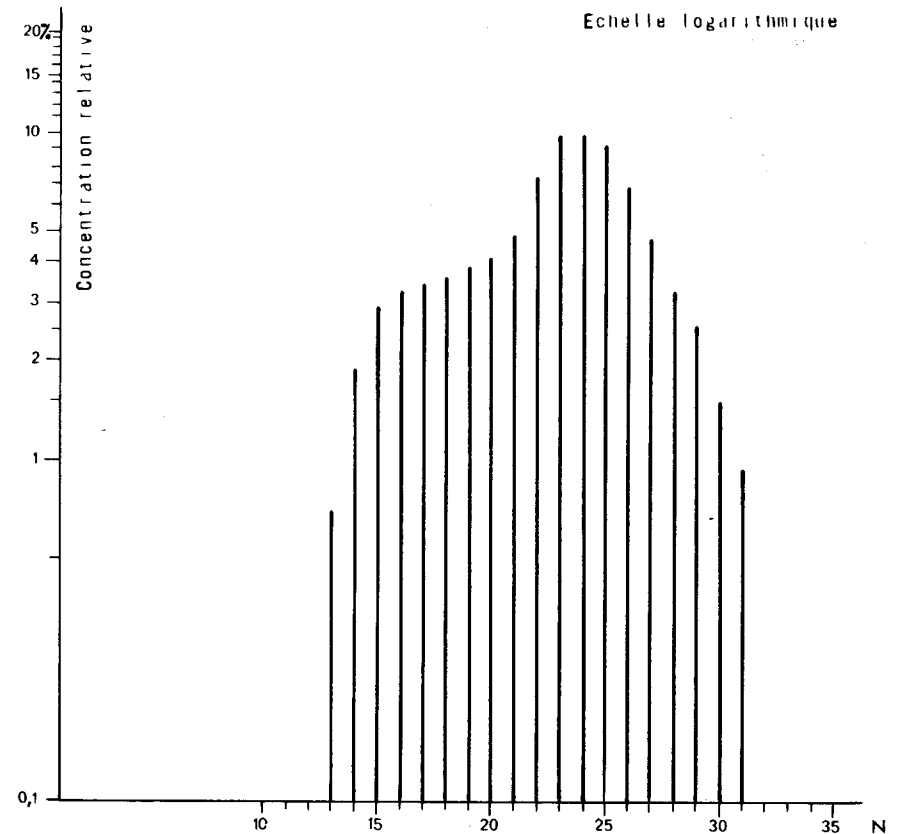
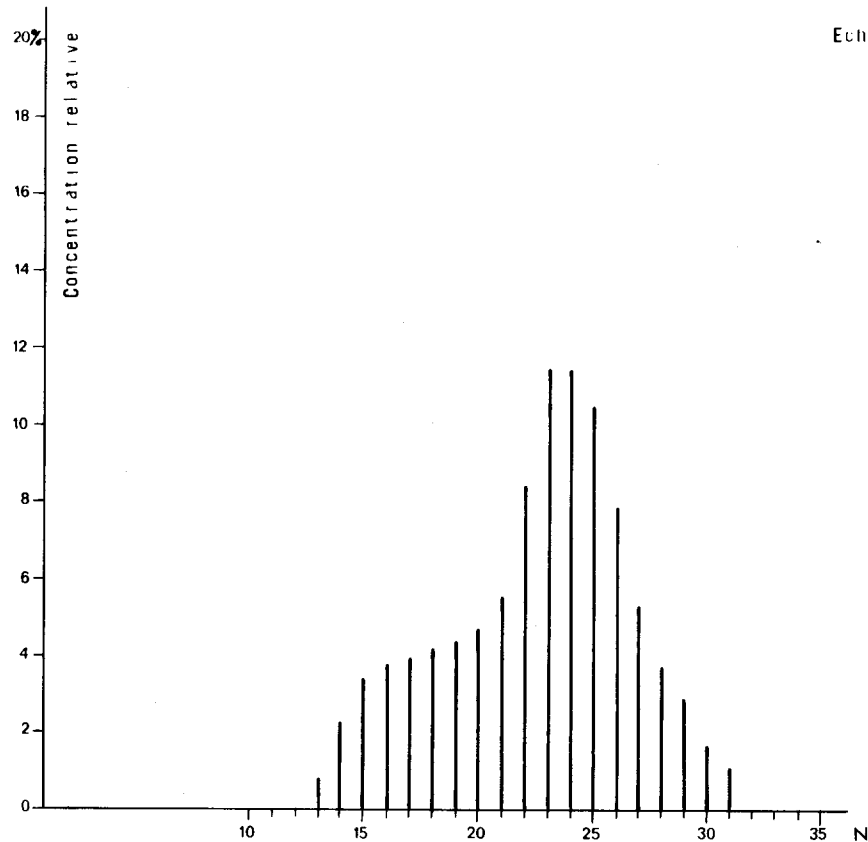
Recherche de dominance paire ou impaire par calcul du Carbon Preference Index (CPI) :  
 CPI entre le n. alcane 16 et le n. alcane : 30 CPI **1,02**

Distribution relative des n. alcanes : *après enrichissement à l'urée*

n.C15	n.C16	n.C17	n.C18	n.C19	n.C20	n.C21	n.C22	n.C23	n.C24	n.C25	n.C26	n.C27	n.C28	n.C29	n.C30	n.C31	n.C32	n.C33
3,45	3,81	4,02	4,23	4,56	4,82	5,70	8,71	11,86	11,81	10,80	8,04	5,49	3,81	3,02	1,75	1,08		



HISTOGRAMMES DE LA DISTRIBUTION RELATIVE DES n. ALCANES EN FONCTION DU NOMBRE N DE CARBONES



ANALYSE D'HUILE OU D'EXTRAIT CHLOROFORMIQUE DE ROCHE

SONDAGE : **FRIGG 25/1-1x**

ECHANTILLON : 2993,60 (carotte)

COT = 0,5% MOE = 500 ppm

Age ou Formation : **CRETACE SUP.**

CONSTITUTION :

Asphaltènes	A = 19,4 %	Asphaltènes Insolubles/CCl4	C =
Resines	R = 57,4 %	Rapport Saturés/Aromatiques	S/A = 0,79
Constituants huileux	CH = 18,7 %		
Pertes + Résidus:	100 - (A+R+CH) = 4,5 %		

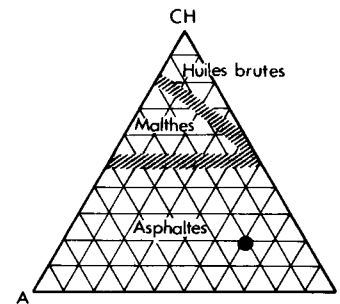
ANALYSE DES HYDROCARBURES SATURÉS PAR CPG

Proportion des n.alcanes dans les Saturés = 0,35 %  
 Proportion : du Farnesane = 0,12% du Pristane = 0,14% du Phytane = 0,17%  
 Rapports: Pristane/Phytane = 0,92 Pristane/n.C17 = 0,481 Phytane/n.C18 = 0,59

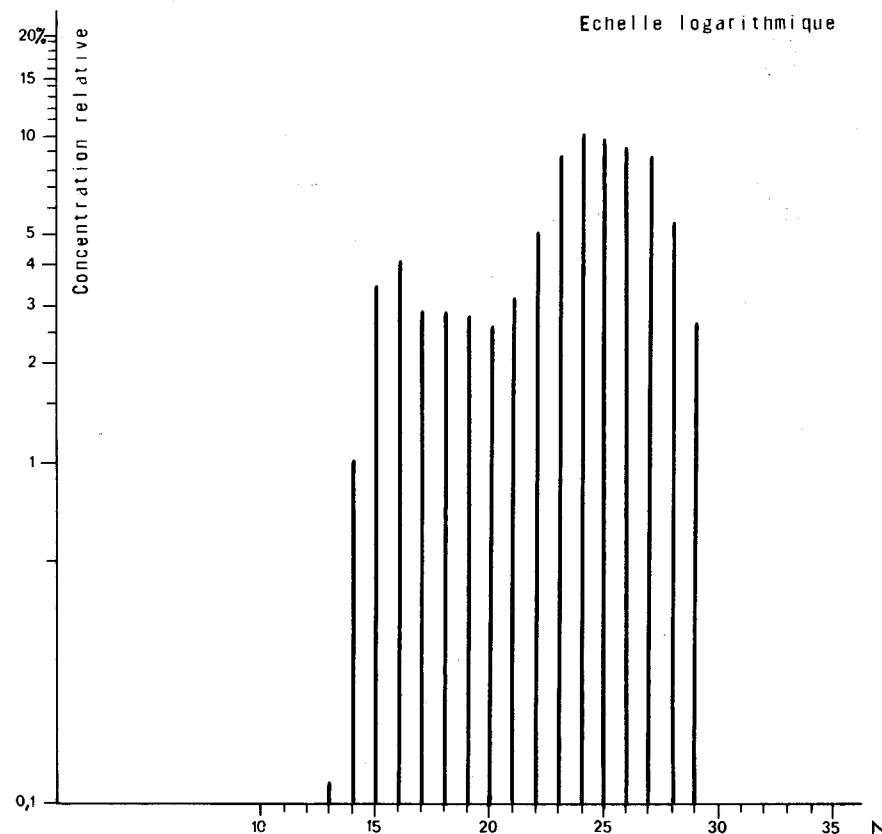
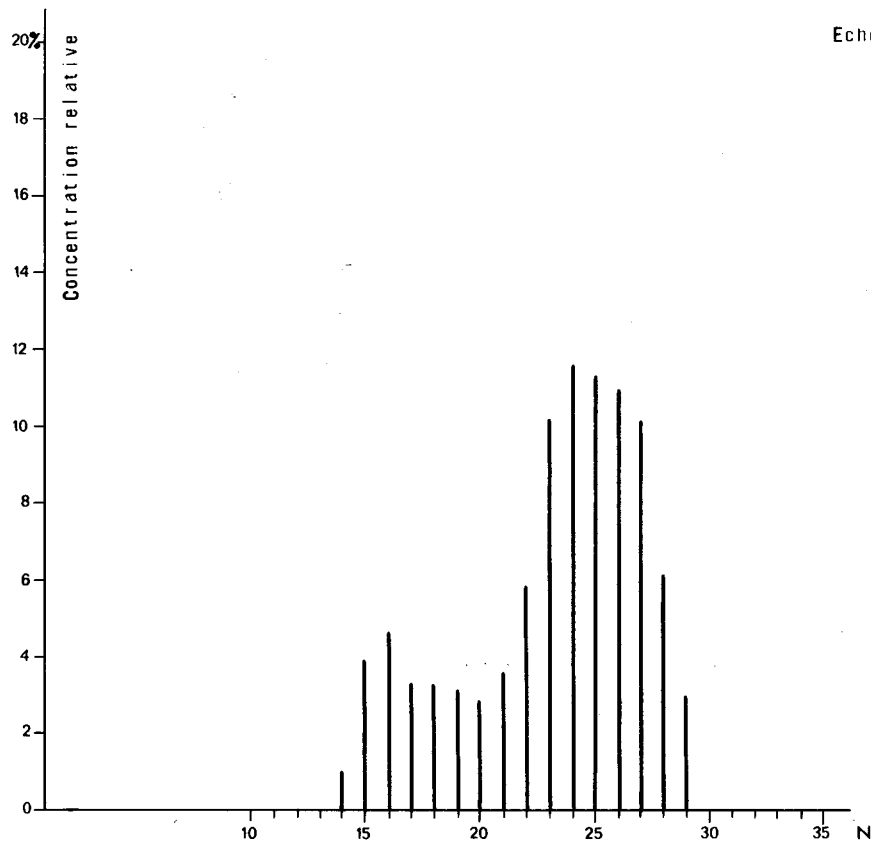
Recherche de dominance paire ou impaire par calcul du Carbon Preference Index (CPI) :  
 CPI entre la n.alcane 16 et la n.alcane : 28 CPI = 1,00

Distribution relative des n.alcanes :

n.C15	n.C16	n.C17	n.C18	n.C19	n.C20	n.C21	n.C22	n.C23	n.C24	n.C25	n.C26	n.C27	n.C28	n.C29	n.C30	n.C31	n.C32	n.C33
4,19 %	4,91 %	3,47 %	3,47 %	3,35 %	3,11 %	3,84 %	6,11 %	10,66 %	12,10 %	11,86 %	11,26 %	10,66 %	6,47 %	3,23 %	%	%	%	%



HISTOGRAMMES DE LA DISTRIBUTION RELATIVE DES n.ALCANES EN FONCTION DU NOMBRE N DE CARBONES



ANALYSE D'HUILE OU D'EXTRAIT CHLOROFORMIQUE DE ROCHE

SONDAGE : *FRIGG 25/1-1x*

ECHANTILLON : *2070 m. (déblais non débouffé)* COT = 1,86% MOE = 1090 ppm

Age ou Formation : *PALEOCENE*

CONSTITUTION :

Asphaltènes	A = 23,1 %	Asphaltènes Insolubles/CCl4	C =
Résines	R = 46,9 %		
Constituants huileux	CH = 25,0 %	Rapport Saturés/Aromatiques	S/A = 0,72
Pertes + Résidus:	100 - (A+R+CH) = 5,0 %		

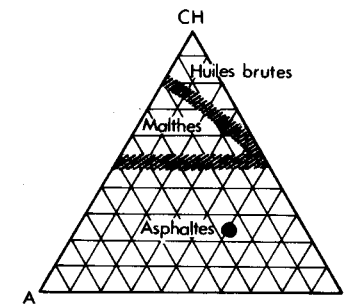
ANALYSE DES HYDROCARBURES SATURÉS PAR CPG

Proportion des n.alcanes dans les Saturés = 18,64 %  
 Proportion : du Farnesane = 0,04 du Pristane = 0,15 % du Phytane = 0,09 %  
 Rapports : Pristane/Phytane = 1,67 Pristane/n.C17 = 1,89 Phytane/n.C18 = 0,69

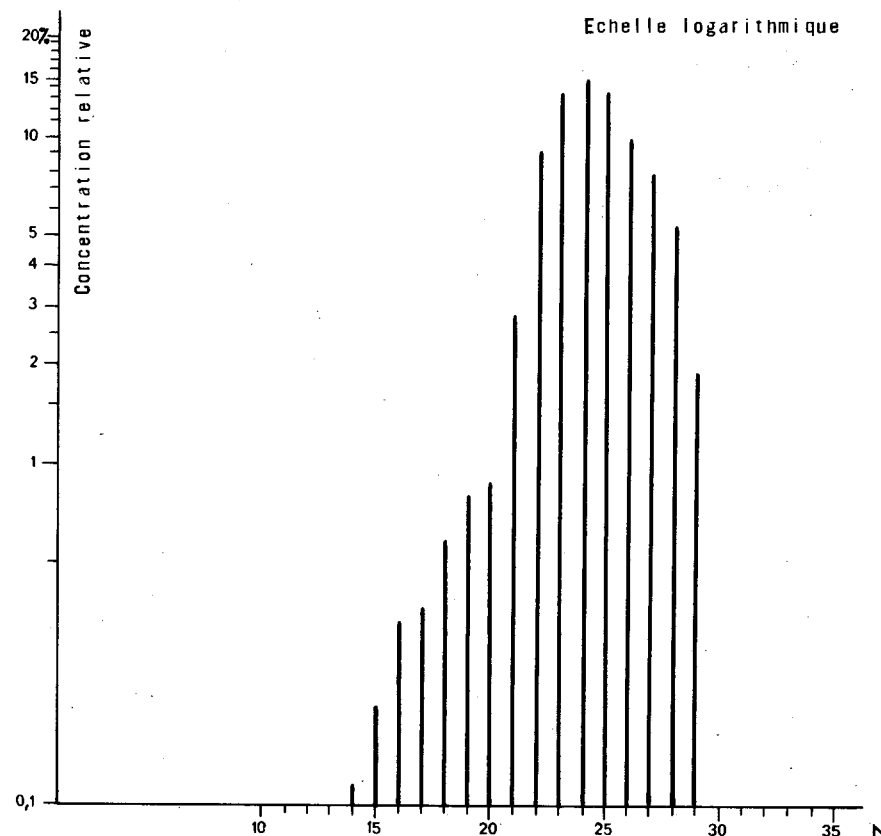
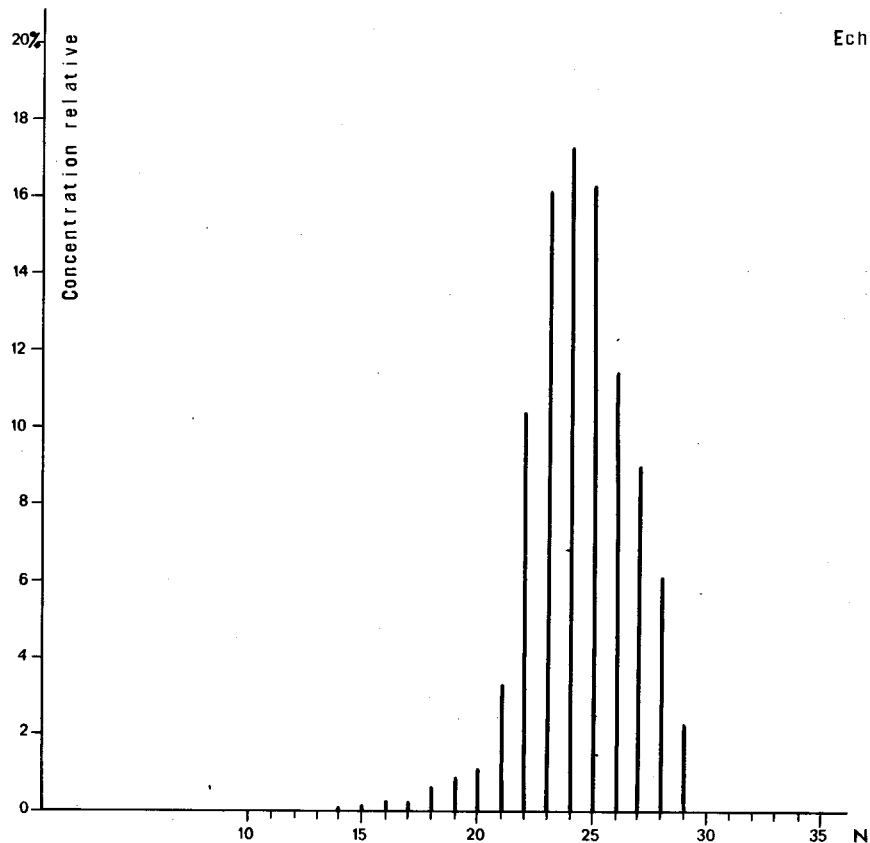
Recherche de dominance paire ou impaire par calcul du Carbon Preference Index (CPI) :  
 CPI entre la n.alcane 20 et la n.alcane : 28 CPI = 1,00

Distribution relative des n.alcanes :

n.C15	n.C16	n.C17	n.C18	n.C19	n.C20	n.C21	n.C22	n.C23	n.C24	n.C25	n.C26	n.C27	n.C28	n.C29	n.C30	n.C31	n.C32	n.C33
0,21 %	0,39 %	0,42 %	0,68 %	0,93 %	1,04 %	3,48 %	10,92 %	16,78 %	17,96 %	16,97 %	12,02 %	9,40 %	6,37 %	2,26 %	%	%	%	%



HISTOGRAMMES DE LA DISTRIBUTION RELATIVE DES n.ALCANES EN FONCTION DU NOMBRE N DE CARBONES



ANALYSE D'HUILE OU D'EXTRAIT CHLOROFORMIQUE DE ROCHE

SONDAGE : *FRIGG 25/1-1x*

ECHANTILLON : *Huile sous la couche de gaz (1973 m)* COT =

MOE =

Age ou Formation :

CONSTITUTION :

Asphaltènes A =  
 Résines R = 4,5 %  
 Constituants huileux CH = 91,2 %  
 Pertes + Résidus: 100 -(A+R+CH) =

Asphaltènes Insolubles/CCl4 C =  
 Rapport Saturés/Aromatiques S/A = 3,76

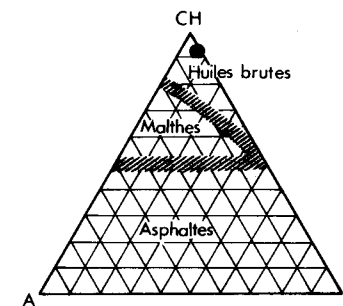
ANALYSE DES HYDROCARBURES SATURÉS PAR CPG

Proportion des n. alcanes dans les Saturés = 0,08 %  
 Proportion : du Farnesane = du Pristane = du Phytane =  
 Rapports: Pristane/Phytane = Pristane/n.C17 = Phytane/n.C18 =

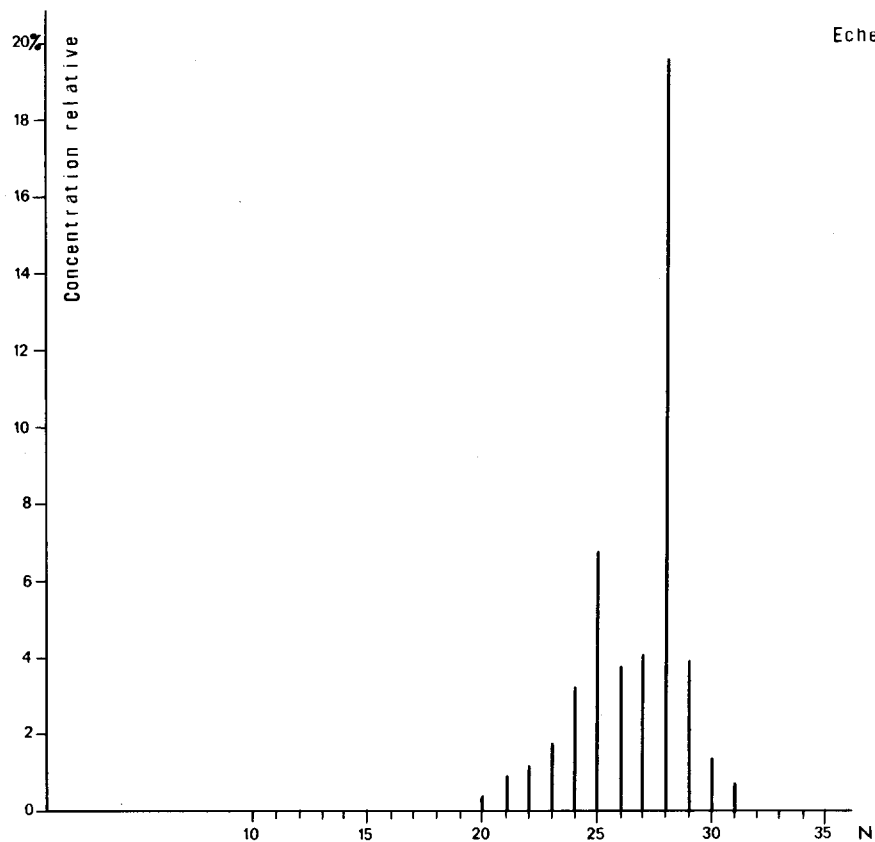
Recherche de dominance paire ou impaire par calcul du Carbon Preference Index (CPI) :  
 CPI entre la n.alcane et la n.alcane : CPI =

Distribution relative des n. alcanes : après concentration à l'urée :

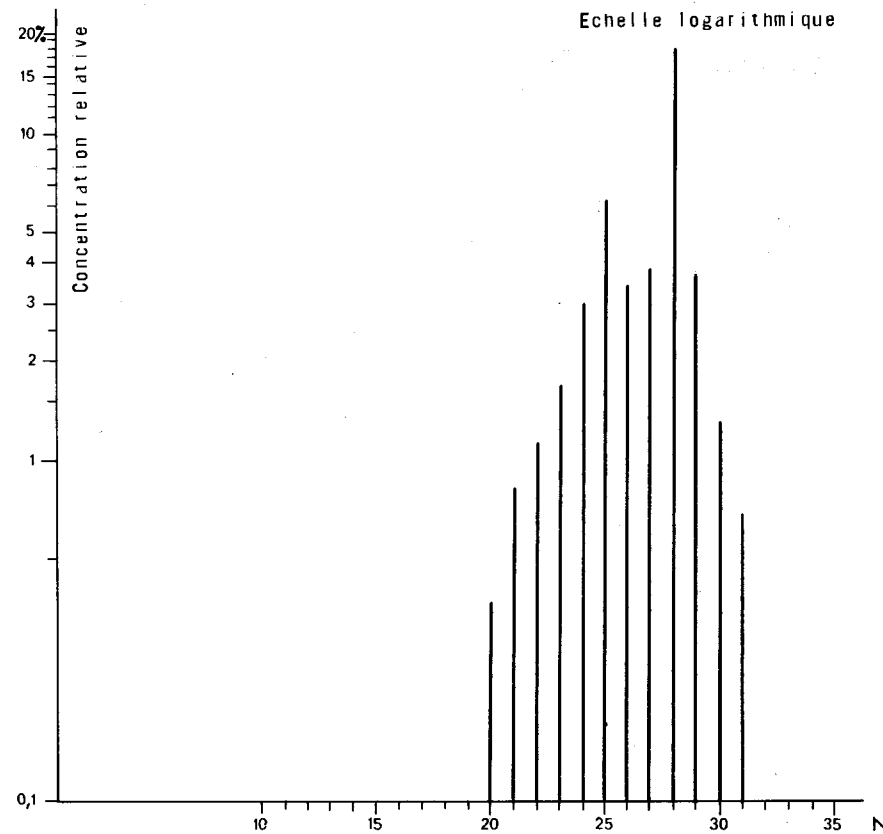
n.C15	n.C16	n.C17	n.C18	n.C19	n.C20	n.C21	n.C22	n.C23	n.C24	n.C25	n.C26	n.C27	n.C28	n.C29	n.C30	n.C31	n.C32	n.C33
%	%	%	%	%	0,41 %	0,91 %	1,25 %	1,88 %	3,32 %	6,95 %	3,82 %	4,20 %	<u>71,07 %</u>	4,04 %	1,45 %	0,76 %	%	%



HISTOGRAMMES DE LA DISTRIBUTION RELATIVE DES n. ALCANES EN FONCTION DU NOMBRE N DE CARBONES



Echelle arithmétique



Echelle logarithmique

ANALYSE D'HUILE OU D'EXTRAIT CHLOROFORMIQUE DE ROCHE

SONDAGE : **FRIGG 25/1-1x**

ECHANTILLON : *Groupement 1120, 1170, 1210, 1260, 1310 m* COT # 0,8% MOE # 500 ppm

Age ou Formation : **OLIGOCENE**

CONSTITUTION :

Asphaltènes	A = 7,0 %	Asphaltènes Insolubles/CC14	C =
Résines	R = 55,7 %	Rapport Saturés/Aromatiques	S/A = 1,08
Constituants huileux	CH = 24,1 %		
Pertes + Résidus:	100 - (A+R+CH) = 13,2 %		

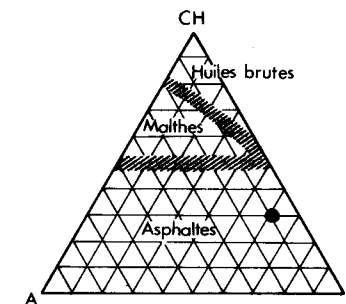
ANALYSE DES HYDROCARBURES SATURÉS PAR CPG

Proportion des n.alcanes dans les Saturés = 37,96 %  
 Proportion : du Farnesane = 0,13 % du Pristane = 0,19 % du Phytane = 0,18 %  
 Rapports: Pristane/Phytane = 1,05 Pristane/n.C17 = 0,5 Phytane/n.C18 = 0,32

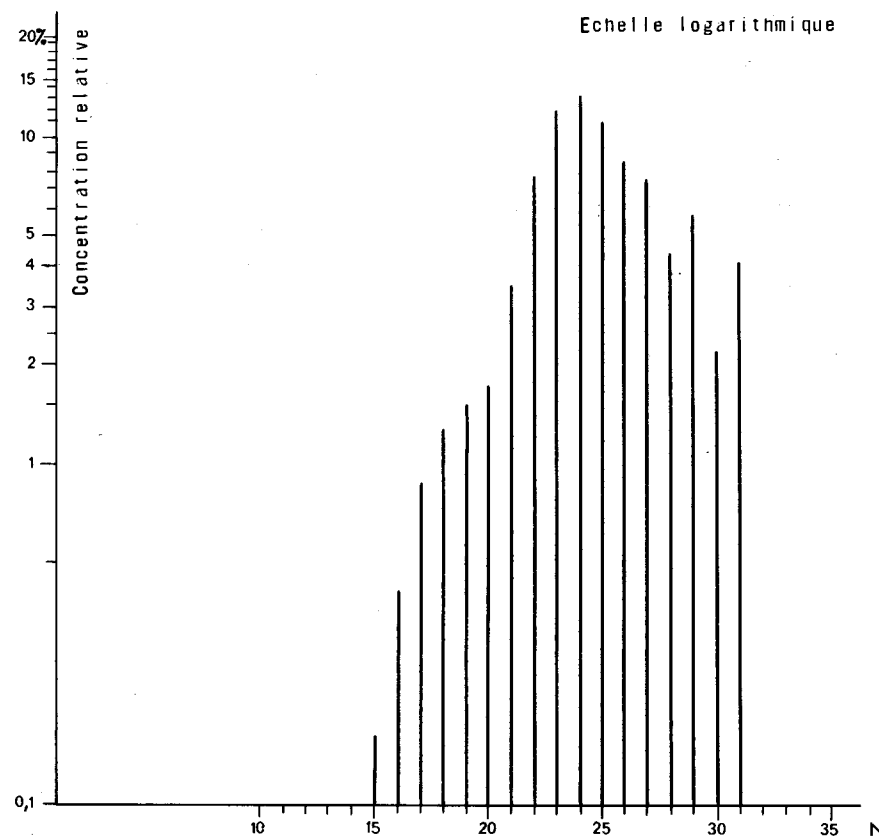
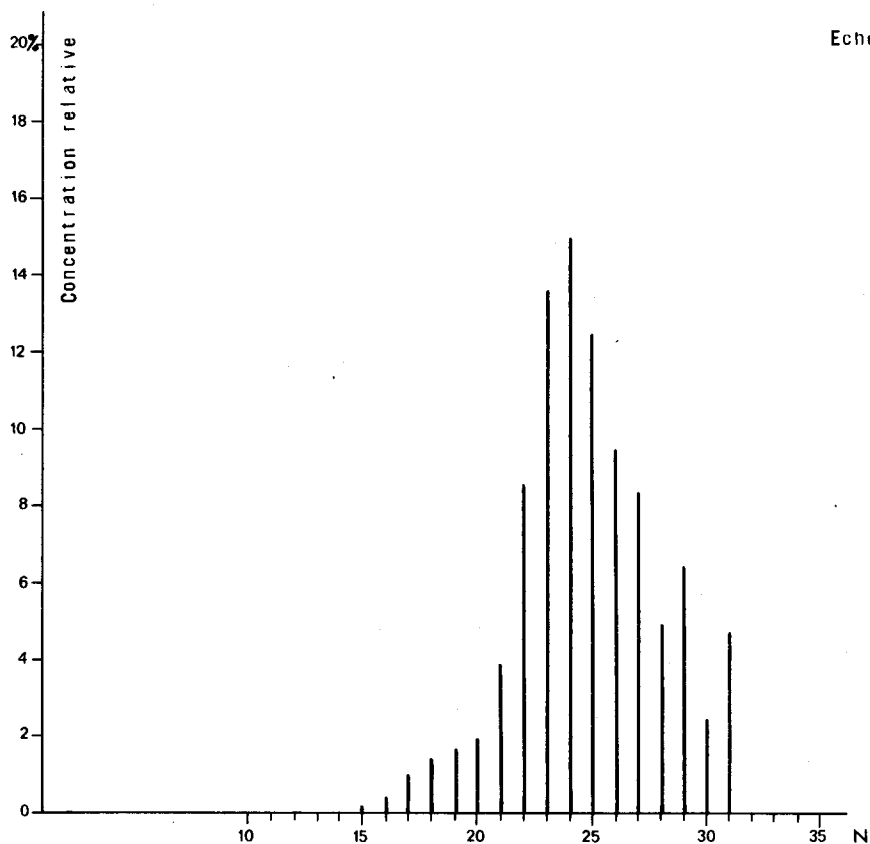
Recherche de dominance paire ou impaire par calcul du Carbon Preference Index (CPI) :  
 CPI entre la n.alcane 22 et la n.alcane : 30 CPI = 1,12

Distribution relative des n.alcanes :

n.C15	n.C16	n.C17	n.C18	n.C19	n.C20	n.C21	n.C22	n.C23	n.C24	n.C25	n.C26	n.C27	n.C28	n.C29	n.C30	n.C31	n.C32	n.C33
0,16 %	0,45 %	1,00 %	1,48 %	1,74 %	1,98 %	4,03 %	8,82 %	14,09 %	15,54 %	12,96 %	9,85 %	8,66 %	5,16 %	6,74 %	2,53 %	4,79 %	%	%



HISTOGRAMMES DE LA DISTRIBUTION RELATIVE DES n.ALCANES EN FONCTION DU NOMBRE N DE CARBONES



ANALYSE D'HUILE OU D'EXTRAIT CHLOROFORMIQUE DE ROCHE

SONDAGE : **FRIGG 25/1-1x**

Age ou Formation : **OLIGOCENE MOYEN**

ECHANTILLON : **680 m. (déblai non débouffé)** COT = **2,53** MOE = **1850 ppm**

CONSTITUTION :

Asphaltènes	A = <b>2,4 %</b>	Asphaltènes Insolubles/CCl4	C =
Résines	R = <b>30,8 %</b>	Rapport Saturés/Aromatiques	S/A = <b>1,92</b>
Constituants huileux	CH = <b>56,8 %</b>		
Pertes + Résidus:	100 - (A+R+CH) = <b>10,0 %</b>		

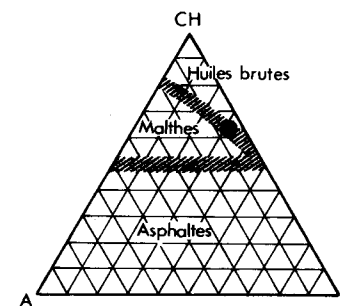
ANALYSE DES HYDROCARBURES SATURÉS PAR CPG

Proportion des n.alcane dans les Saturés = **5,16 %**  
 Proportion : du Farnesane = **0,046 %** du Pristane = **0,080 %** du Phytane = **0,070 %**  
 Rapports: Pristane/Phytane = **1,74** Pristane/n.C17 = **0,5** Phytane/n.C18 = **0,39**

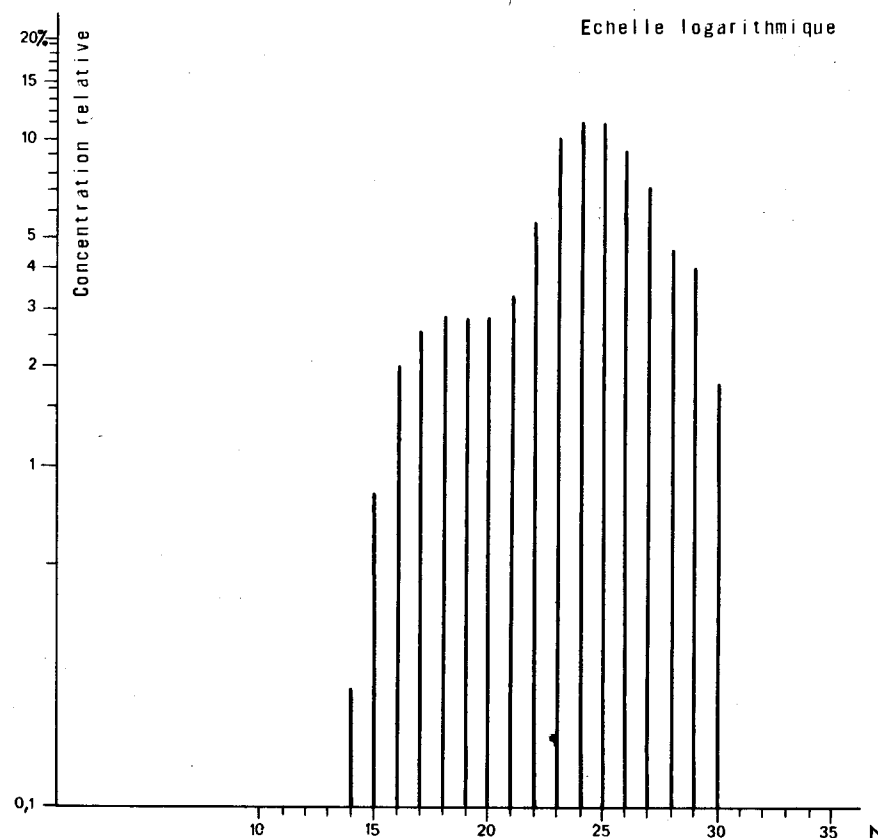
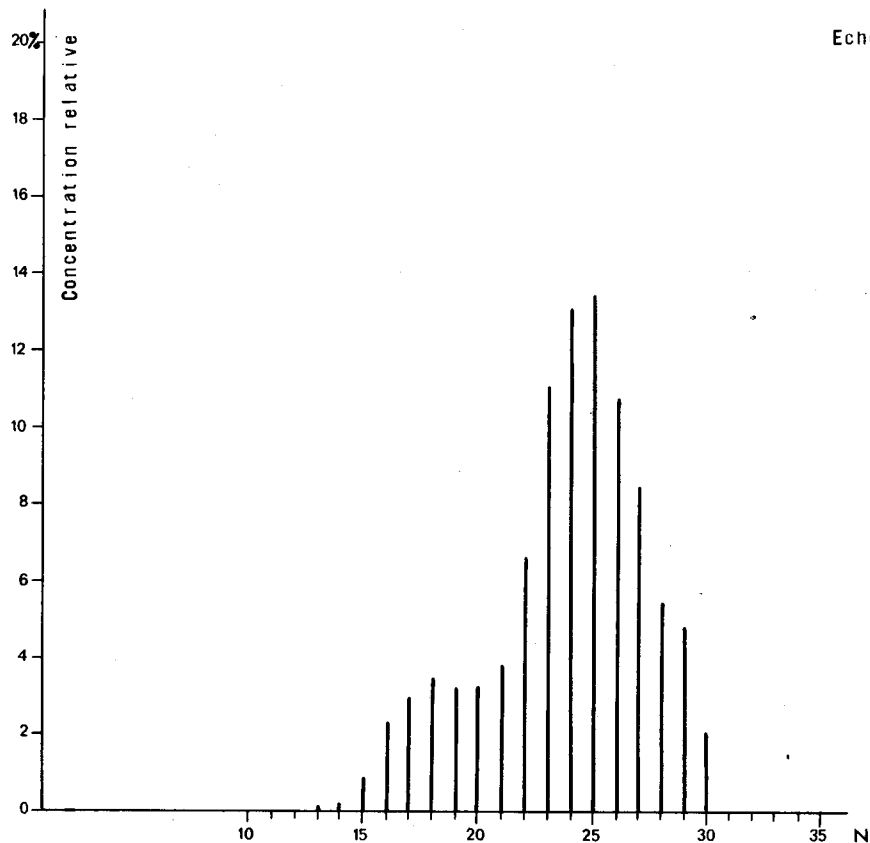
Recherche de dominance paire ou impaire par calcul du Carbon Preference Index (CPI) :  
 CPI entre la n.alcane **18** et la n.alcane : **28** CPI = **1,04**

Distribution relative des n.alcane :

n.C15	n.C16	n.C17	n.C18	n.C19	n.C20	n.C21	n.C22	n.C23	n.C24	n.C25	n.C26	n.C27	n.C28	n.C29	n.C30	n.C31	n.C32	n.C33
0,99 %	2,46 %	3,16 %	3,44 %	3,37 %	3,42 %	3,99 %	6,83 %	11,51 %	13,62 %	13,98 %	11,16 %	8,79 %	5,69 %	5,04 %	2,18 %	%	%	%



HISTOGRAMMES DE LA DISTRIBUTION RELATIVE DES n.ALCANES EN FONCTION DU NOMBRE N DE CARBONES



ANALYSE D'HUILE OU D'EXTRAIT CHLOROFORMIQUE DE ROCHE

SONDAGE : **FRIGG 25/1-1x**

ECHANTILLON : *Eau de la venue de 4570 m. (éch. 3000 m.)* COT

MOE

Age ou Formation : *Réservoir gréseux Jurassique*

CONSTITUTION :

Asphaltènes	A	0,4 %	Asphaltènes Insolubles CCl4	C	0,08 %
Resines	R	3,6 %			
Constituants huileux	CH	89,0 %	Rapport Saturés/Aromatiques	S/A	8,9
Pertes + Résidus: 100 - (A+R+CH)		7,0 %			

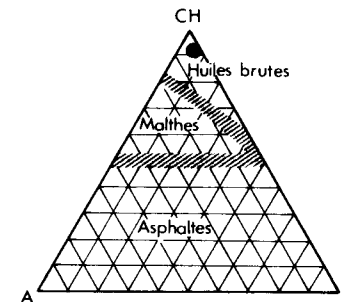
ANALYSE DES HYDROCARBURES SATURÉS PAR CPG

Proportion des n. alcanes dans les Saturés	15,96 %					
du Farnesane	0,48 %	du Pristane	0,45 %	du Phytane	0,26 %	
Rapports:	Pristane/Phytane	1,73	Pristane n.C17	0,35	Phytane n.C18	0,18

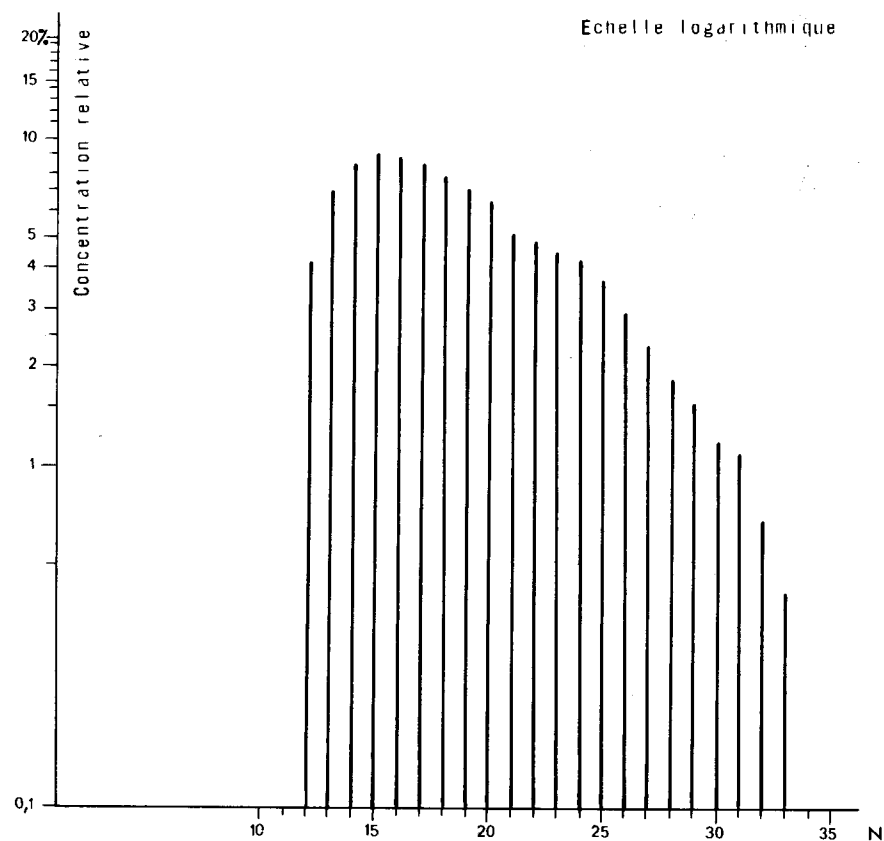
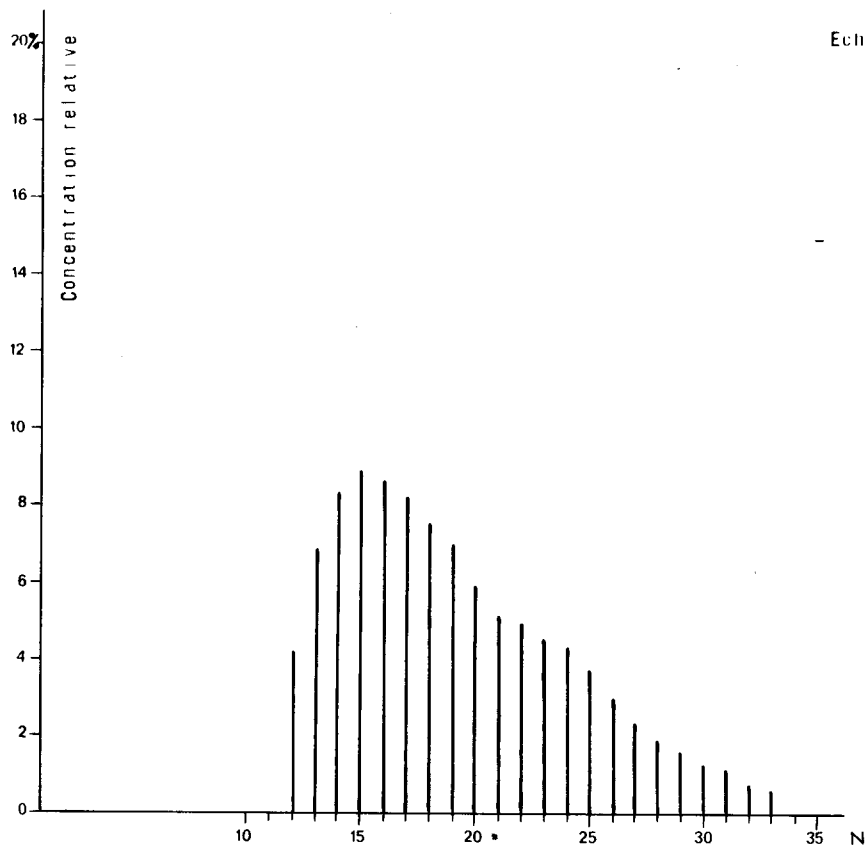
Recherche de dominance paire ou impaire par calcul du Carbon Preference Index (CPI) :  
CPI entre la n. alcane et la n. alcane : CPI

Distribution relative des n. alcanes :

n.C15	n.C16	n.C17	n.C18	n.C19	n.C20	n.C21	n.C22	n.C23	n.C24	n.C25	n.C26	n.C27	n.C28	n.C29	n.C30	n.C31	n.C32	n.C33
8,83	8,54	8,11	7,45	6,92	5,88	5,13	4,93	4,52	4,29	3,73	2,96	2,36	1,88	1,59	1,22	1,13	0,72	0,44



HISTOGRAMMES DE LA DISTRIBUTION RELATIVE DES n. ALCANES EN FONCTION DU NOMBRE N DE CARBONES



ANALYSE D'HUILE OU D'EXTRAIT CHLOROFORMIQUE DE ROCHE

SONDAGE : **FRIGG 25/1-1x**

ECHANTILLON : "4570 m" (Liquide de l'eau boueuse)

COT = MOE =

Age ou Formation : *eau des grès jurassiques  
polluée fortement par boue*

CONSTITUTION :

Asphaltènes	A = 7,0 %	Asphaltènes Insolubles/CCl4	C = 0,24 %
Résines	R = 5,0 %		
Constituants huileux	CH = 84,4 %	Rapport Saturés/Aromatiques	S/A = 7,26
Pertes + Résidus:	100 - (A+R+CH) = 9,6 %		

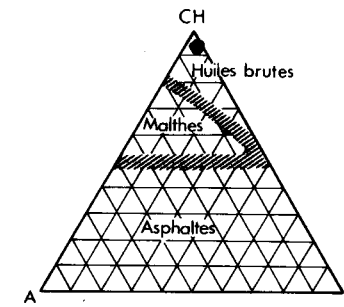
ANALYSE DES HYDROCARBURES SATURÉS PAR CPG

Proportion des n.alcanes dans les Saturés = 73,66 %  
 Proportion : du Farnesane = 0,44 % du Pristane = 0,43 % du Phytane = 0,25 %  
 Rapports: Pristane/Phytane = 1,72 Pristane/n.C17 = 0,37 Phytane/n.C18 = 0,23

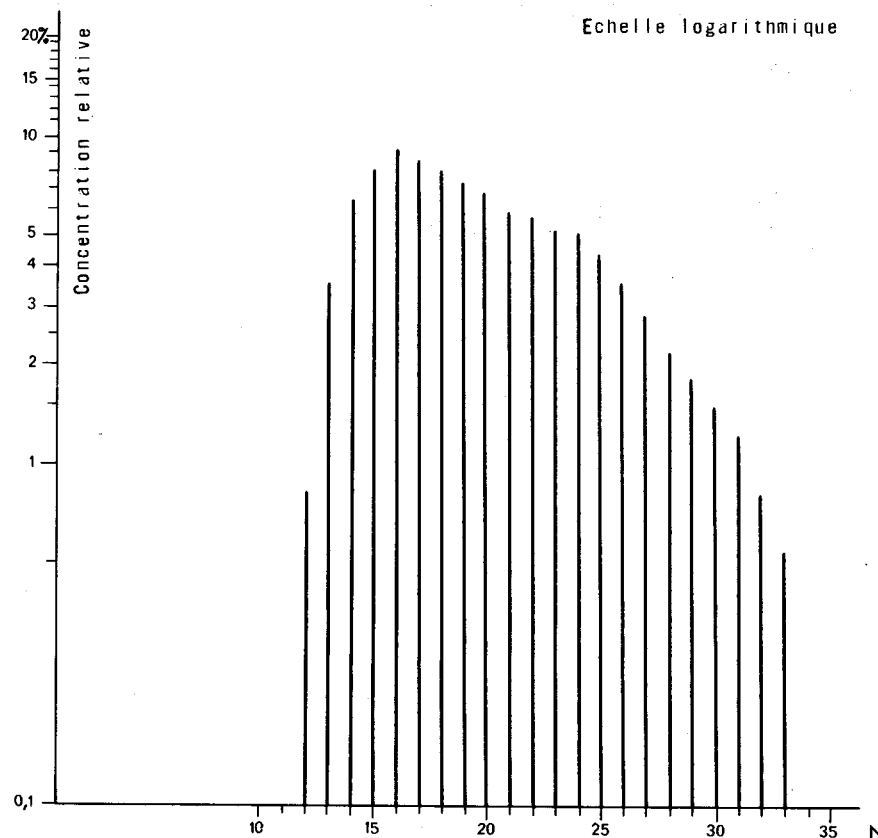
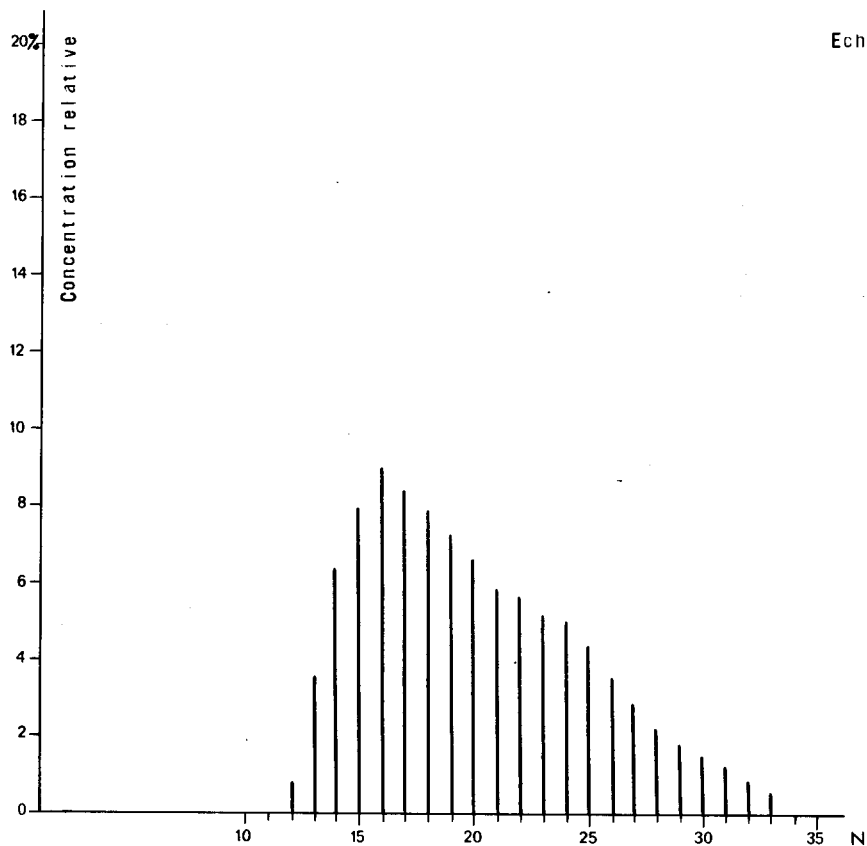
Recherche de dominance paire ou impaire par calcul du Carbon Preference Index (CPI) :  
 CPI entre la n.alcane et la n.alcane : CPI =

Distribution relative des n.alcanes :

n.C15	n.C16	n.C17	n.C18	n.C19	n.C20	n.C21	n.C22	n.C23	n.C24	n.C25	n.C26	n.C27	n.C28	n.C29	n.C30	n.C31	n.C32	n.C33
8,06 %	9,07 %	8,50 %	8,02 %	7,32 %	6,74 %	5,94 %	5,74 %	5,26 %	5,08 %	4,45 %	3,62 %	2,89 %	2,25 %	1,87 %	1,55 %	1,25 %	0,82 %	0,56 %



HISTOGRAMMES DE LA DISTRIBUTION RELATIVE DES n.ALCANES EN FONCTION DU NOMBRE N DE CARBONES



ANALYSE D'HUILE OU D'EXTRAIT CHLOROFORMIQUE DE ROCHE

SONDAGE : **FRIGG 25/1-1x**

ECHANTILLON : "4570 m." Solide en suspension dans l'eau boueuse

COT = MOE =

Age ou Formation : eau des grès jurassiques polluée fortement par boue

CONSTITUTION :

Asphaltènes	A = 3,7 %	Asphaltènes Insolubles CCl4	C = 1,2 %
Résines	R = 12,5 %	Rapport Saturés Aromatiques	S A = 6
Constituants huileux	CH = 79,5 %		
Pertes + Résidus:	100 - (A+R+CH) = 4,3 %		

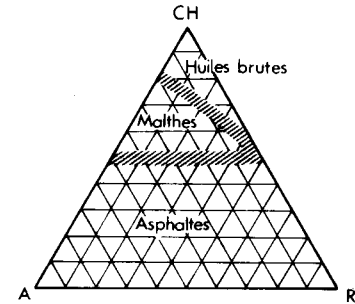
ANALYSE DES HYDROCARBURES SATURÉS PAR CPG

Proportion des n.alcane dans les Saturés = 15,3 %  
 Proportion : du Farnesane = 0,50 % du Pristane = 0,52 % du Phytane = 0,29 %  
 Rapports: Pristane/Phytane = 1,79 Pristane/n.C17 = 0,38 Phytane/n.C18 = 0,23

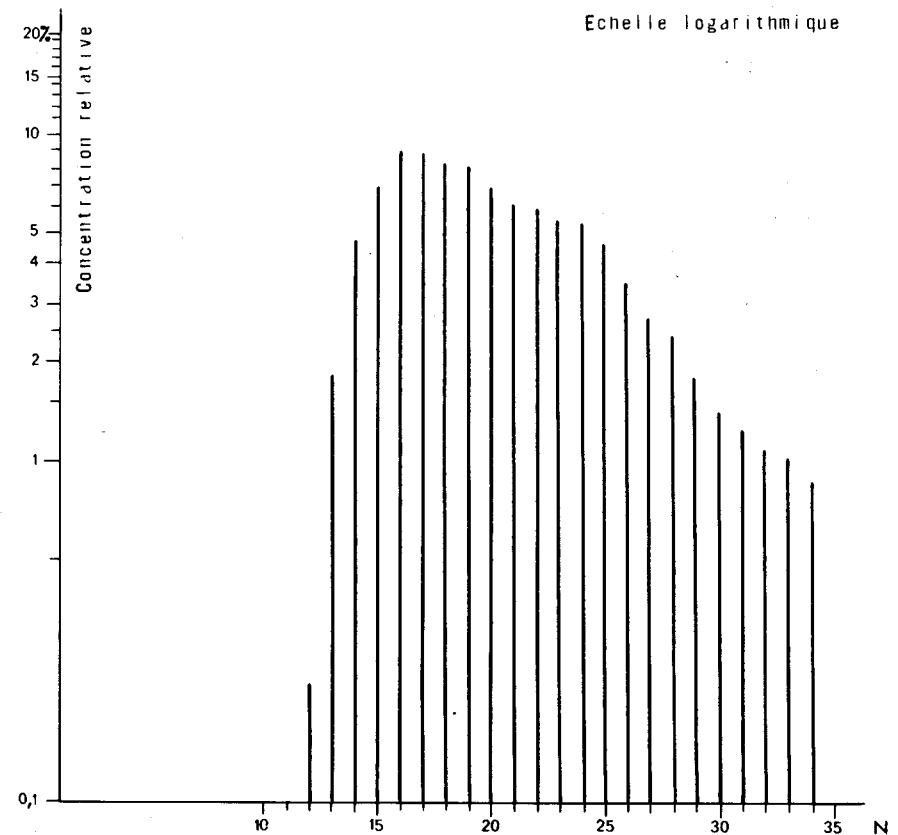
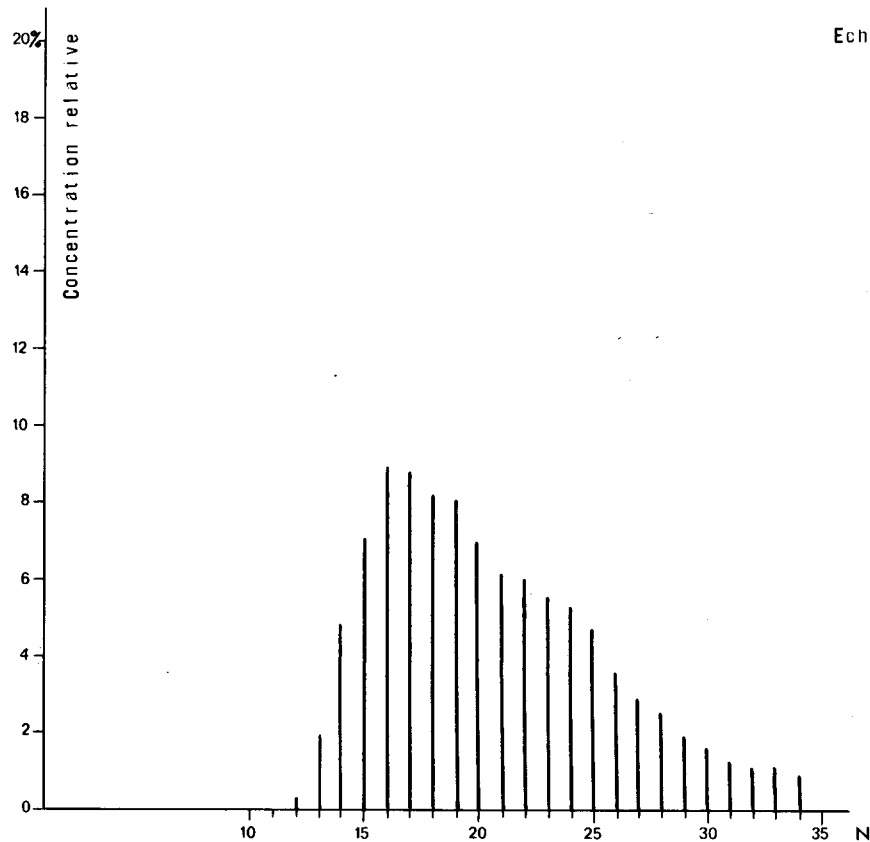
Recherche de dominance paire ou impaire par calcul du Carbon Preference Index (CPI) :  
 CPI entre la n.alcane et la n.alcane : CPI =

Distribution relative des n.alcane :

n.C15	n.C16	n.C17	n.C18	n.C19	n.C20	n.C21	n.C22	n.C23	n.C24	n.C25	n.C26	n.C27	n.C28	n.C29	n.C30	n.C31	n.C32	n.C33
7,10 %	8,99 %	8,86 %	8,22 %	8,09 %	6,99 %	6,17 %	6,03 %	5,54 %	5,39 %	4,72 %	3,64 %	2,88 %	2,52 %	1,90 %	1,50 %	1,30 %	1,14 %	1,08 %



HISTOGRAMMES DE LA DISTRIBUTION RELATIVE DES n.ALCANES EN FONCTION DU NOMBRE N DE CARBONES



ANALYSE D'HUILE OU D'EXTRAIT CHLOROFORMIQUE DE ROCHE

SONDAGE : **FRIGG 25/1-1x**

ECHANTILLON : **3872 - 3924 m.**

COT = MOE = Poids de l'extrait = **0,231**

Age ou Formation : **CRETACE SUP.**

CONSTITUTION :

Asphaltènes	As = <b>14,5 %</b>	Asphaltènes Insolubles/CCl4	C =
Résines	R = <b>15,2 %</b>	CH Saturés = <b>52%</b>	CH Aromatiques = <b>12,7%</b>
Constituants huileux	CH = <b>64,7 %</b>	S/A = <b>4,08 %</b>	
Pertes + Résidus:	100 - (A+R+CH) = <b>5,6 %</b>		

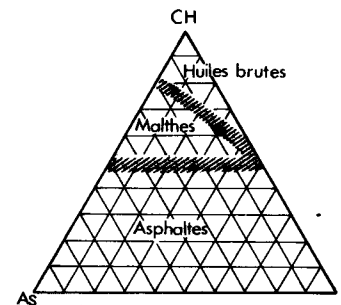
ANALYSE DES HYDROCARBURES SATURÉS PAR CPG (Poids de la prise d'essai = **0,117**)

Proportion des n. alcanes dans les Saturés = **12,4%**  
 Proportion : du Farnesane = **0,30** du Pristane = **0,46** du Phytane = **0,31**  
 Rapports: Pristane/Phytane = **1,47** Pristane/n.C17 = **0,42** Phytane/n.C18 = **0,27**

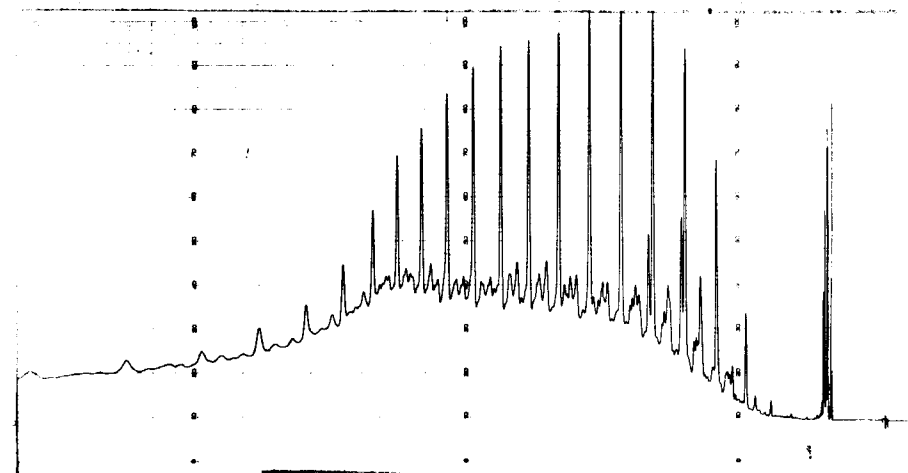
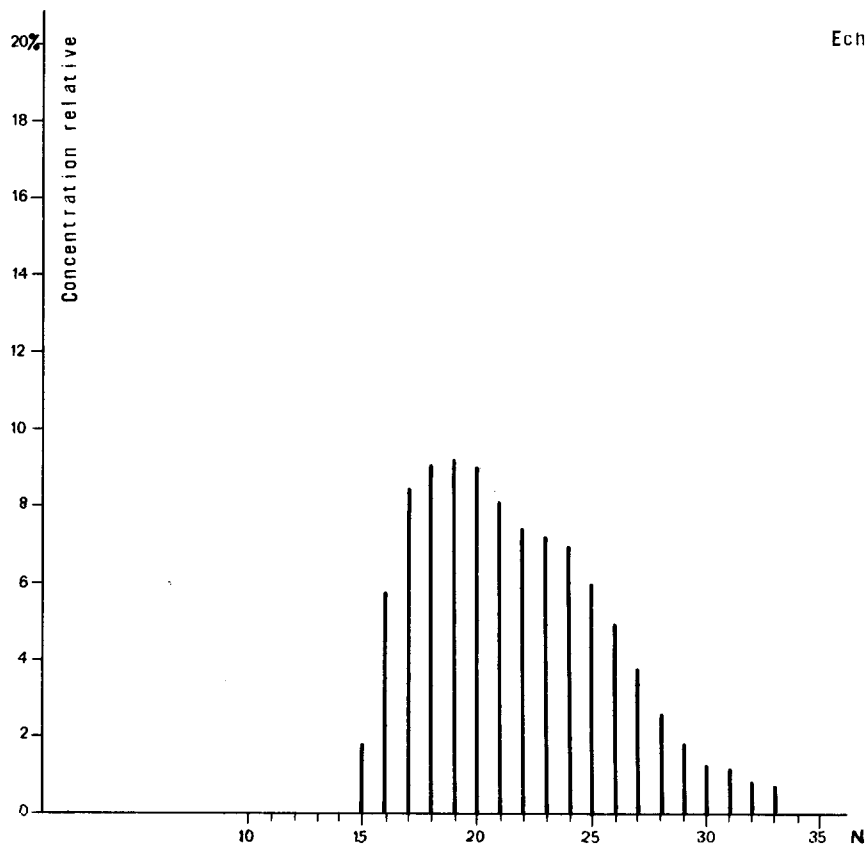
Recherche de dominance paire ou impaire par calcul du Carbon Preference Index (CPI) :  
 CPI entre la n.alcane 18 et la n.alcane 19 : **32** CPI = **0,99**

Distribution relative des n. alcanes :

n.C15	n.C16	n.C17	n.C18	n.C19	n.C20	n.C21	n.C22	n.C23	n.C24	n.C25	n.C26	n.C27	n.C28	n.C29	n.C30	n.C31	n.C32	n.C33
1,90 %	5,93 %	8,67 %	9,30 %	9,47 %	9,24 %	8,31 %	7,70 %	7,42 %	7,13 %	6,18 %	5,11 %	3,86 %	2,61 %	1,92 %	1,36 %	1,27 %	0,88 %	0,78 %



HISTOGRAMMES DE LA DISTRIBUTION RELATIVE DES n. ALCANES EN FONCTION DU NOMBRE N DE CARBONES











## COMPOSITIONS MOYENNES DES MINÉRAUX LOURDS PAR ZONES

	1 500 - 1000		2 1000 - 1800 ? (1000 - 1850)		3 1800 ? - 2050 (1900 - 2050)		4 2050 - 2220		5 2220 - 2800		6 2800 - 3400		7 3400 - 4000		8 4000 - 4260		9 4260 - 4558	
Ilménite	6,5-14,0	10,0	10,5-19,0	15,0	8,5-11,0	10,5	9,0-13,5	11,0	7,5-12,5	9,0	10,0-16,0	13,0	14,0-17,0	16,0	10,0-16,0	13,5	16,0-18,0	17,0
Leucosène	1,5-4,5	2,5	3,5-7,5	5,0	6,0-9,5	7,5	7,0-10,5	9,0	6,5-10,0	8,0	9,5-10,0	10,0	8,0-10,0	9,0	8,0-16,0	12,0	10,0-15,0	12,0
Sphène	0,5-2,0	1,0	tr-1,0	spor.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rutile	1,0-3,0	2,0	3,0-8,0	5,5	7,0-12,0	8,5	7,5-10,0	8,5	7,5-10,5	9,5	8,5-10,0	9,0	10,0-12,0	11,0	9,0-12,0	11,0	8,0-11,5	10,0
Anatase	0,5-2,0	1,0	1,0-5,0	3,0	4,5-7,0	5,5	4,5-6,0	5,0	4,5-6,5	5,5	5,0-6,5	6,0	6,0-8,0	7,5	6,0-9,0	7,5	6,0-8,0	7,0
Zircon	1,0-4,0	3,0	3,5-12,0	8,5	11,5-15,5	13,5	12,0-16,0	14,0	9,5-14,0	12,0	12,5-16,0	15,0	18,0-24,0	21,0	19,0-24,0	21,5	22,5-27,0	25,5
Tourmaline	4,5-6,0	5,5	3,5-6,0	6,0	15,5-20,5	17,5	10,0-16,0	12,0	7,5-11,0	9,5	7,0-9,5	8,0	8,0-10,0	9,0	8,0-12,0	11,0	9,0-14,0	12,5
Monazite	-	-	-	-	± 1,0	1,0	tr-1,0	0,5	0,5-1,0	1,0	1,0-1,5	1,5	± 1,0	1,0	tr-1,0	0,5	1,0-2,0	1,0
Apatite	1,5-2,5	1,5	0,5-3,5	1,5	traces	tr	tr-1,0	0,3	tr-2,0	0,5	-	-	-	-	tr	tr	-	-
		(25,0)		(43,0)		(64,0)		(60,0)		(54,5)		(62,5)		(74,5)		(77,0)		(85,0)
Disthène	1,5-3,0	2,0	tr-2,0	1,3	tr-1,0	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Staurotide	3,5-7,0	4,5	3,0-7,0	4,7	6,0-13,5	8,0	4,5-6,0	5,5	4,0-9,0	6,5	2,5-4,0	3,5	2,0-3,0	2,5	2,0-3,0	2,5	tr-1,0	1,0
Grenat	7,0-14,0	10,0	13,5-21,5	15,5	19,0-26,5	22,0	15,0-22,5	20,0	17,0-48,0	34,0	27,0-37,5	31,5	20,0-23,0	21,5	16,0-20,0	18,0	12,0-16,5	14,0
Chloritoïde	-	-	-	-	-	-	-	-	tr-1,0	0,5	tr	tr	-	-	-	-	-	-
		16,5		20,5		30,5		25,5		41,0		35,0		24,0		20,5		15,0
Epidote-Zoïsite	18,5-24,5	22,0	12,0-15,0	13,5	1,0-2,5	2,0	1,5-6,0	4,0	tr-2,5	0,5	tr	tr	-	-	tr-1,0	0,5	tr	tr
Actinote-trémolite	3,5-7,0	4,5	2,0-4,0	3,0	tr-1,5	0,3	0,5-4,0	2,0	tr-1,5	tr	-	-	-	-	-	-	-	-
Hornblende	18,0-38,5	28,0	16,5-20,5	18,0	2,0-7,0	3,5	3,0-13,0	6,5	1,0-6,5	2,5	2,5-4,0	3,0	1,0-2,0	1,5	1,0-1,0	2,0	tr-1,0	tr
Augite	tr	tr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		54,5		44,5		6,0		12,5		3,0		3,0		1,5		2,5		tr
Magnétite	1,0-4,0	2,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Chromite	-	-	-	-	-	-	-	-	tr-2,0	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-

Titanifères

Barytine

Acid Métamorph.

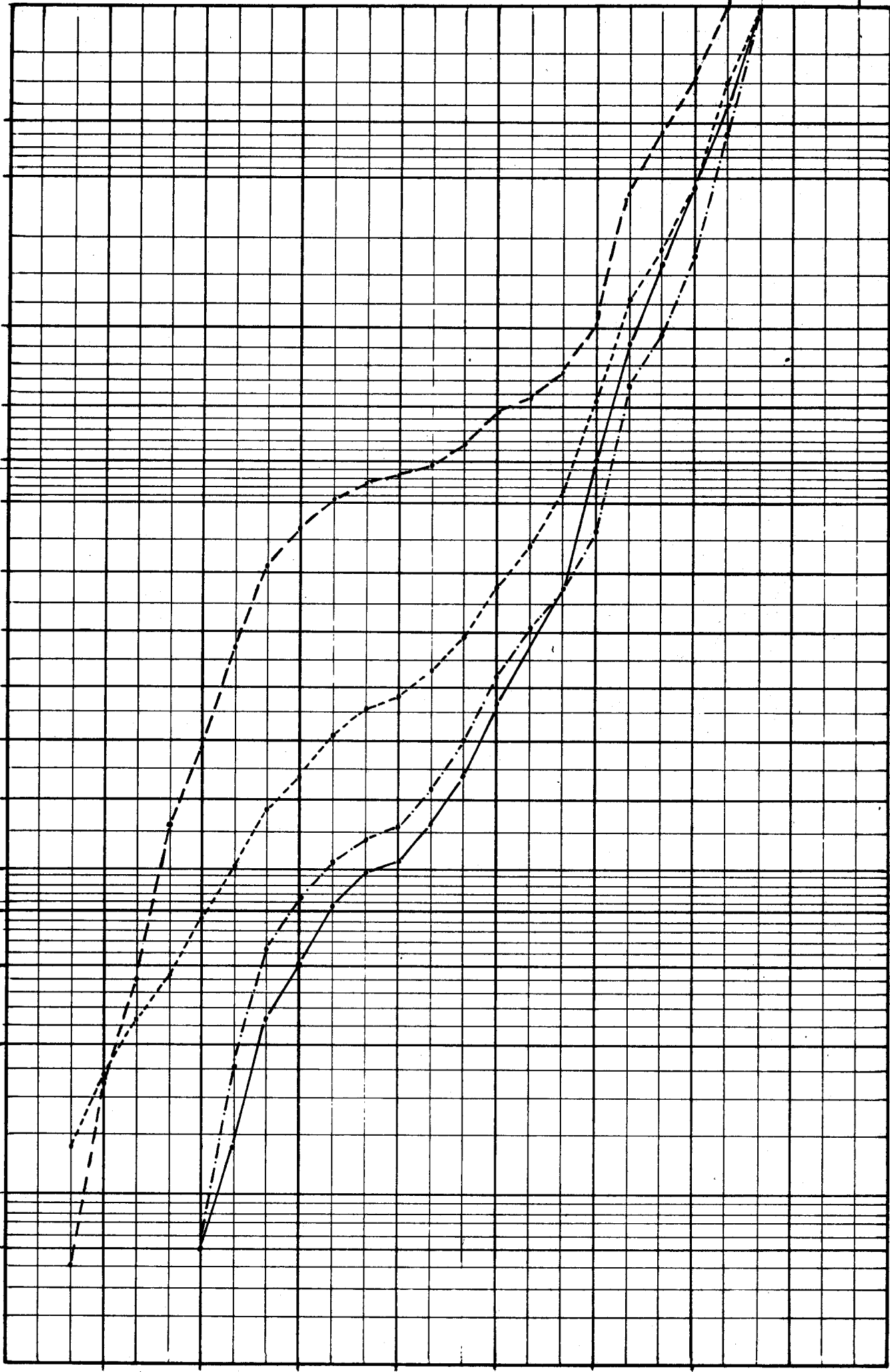
Ac. ferreux usés  
stiles, métaux

COURBES CUMULATIVES DES ANALYSES GRANULOMETRIQUES PONDERALES

--- 510 m.  
--- 560 m.  
--- 610 m.  
--- 640 m.

Echelle de probabilités Gaussiennes

99,5  
99  
95  
90  
85  
80  
75  
70  
60  
50  
40  
30  
20  
15  
10  
5  
1  
0,5



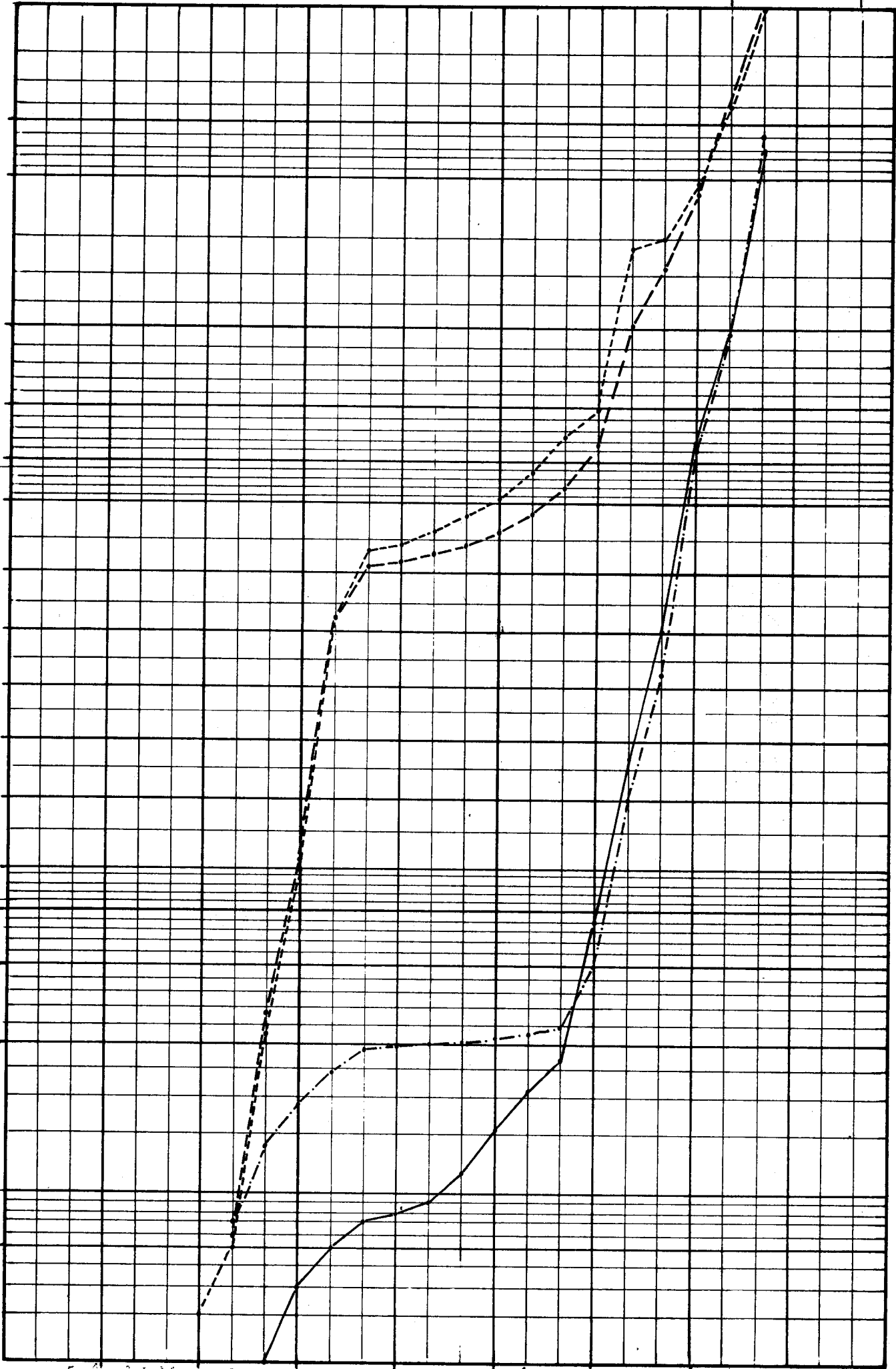
Equivalents Phi

COURBES CUMULATIVES DES ANALYSES GRANULOMETRIQUES PONDERALES

---690 n.  
---740 n.  
---790 n.  
—840 n.

Echelle de probabilités Gaussiennes

99,5  
99  
95  
90  
85  
80  
75  
70  
60  
50  
40  
30  
20  
15  
10  
5  
1  
0,5



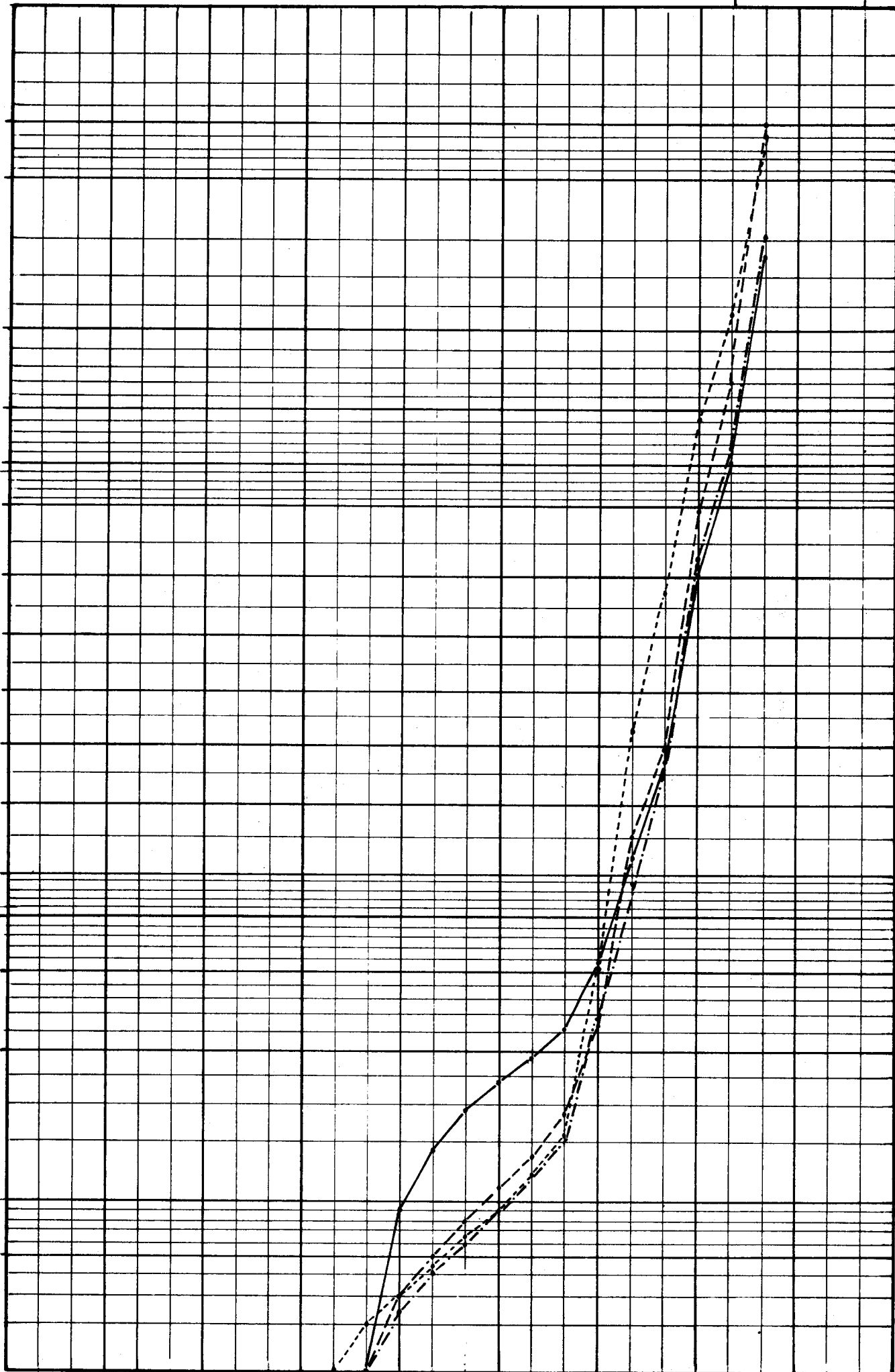
-2 -1 0 +1 +2 +3 +4 +5 Equivalent Phi

COURBES CUMULATIVES DES ANALYSES GRANULOMETRIQUES PONDERALES

----- 890 m.  
----- 940 m.  
----- 990 m.  
----- 1040 m.

Echelle de probabilités Gaussiennes

99.5  
99  
95  
90  
85  
80  
75  
70  
60  
50  
40  
30  
20  
15  
10  
5  
0.5



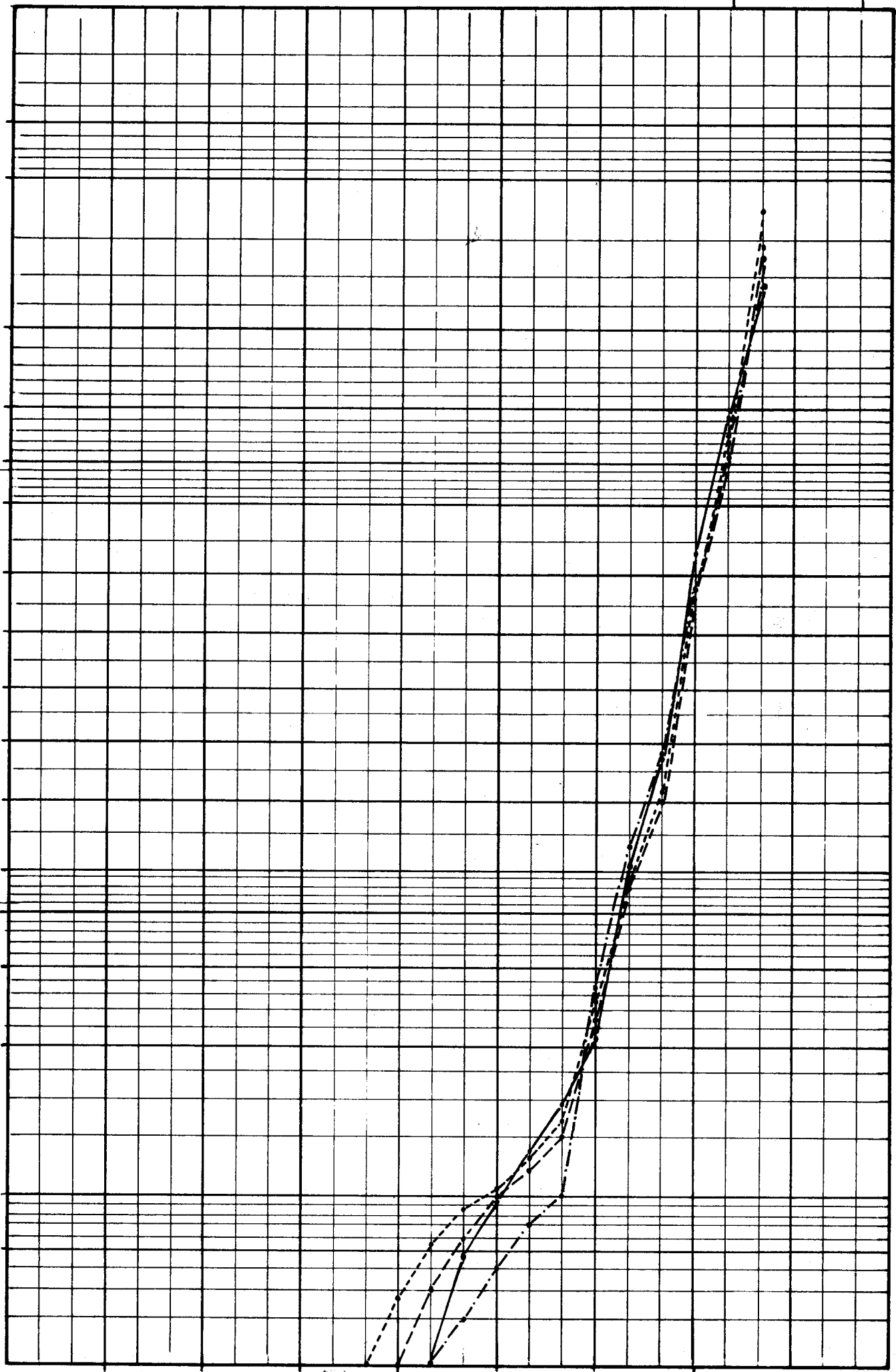
-2 -1 0 +1 +2 +3 +4 +5  
Equivalents Phi

COURBES CUMULATIVES DES ANALYSES GRANULOMETRIQUES PONDERALES

--- 1100 n.  
--- 1150 n.  
--- 1190 n.  
--- 1240 n.

Echelle de probabilités Gaussiennes

99,5  
99  
95  
90  
85  
80  
75  
70  
60  
50  
40  
30  
20  
15  
10  
5  
1  
0,5



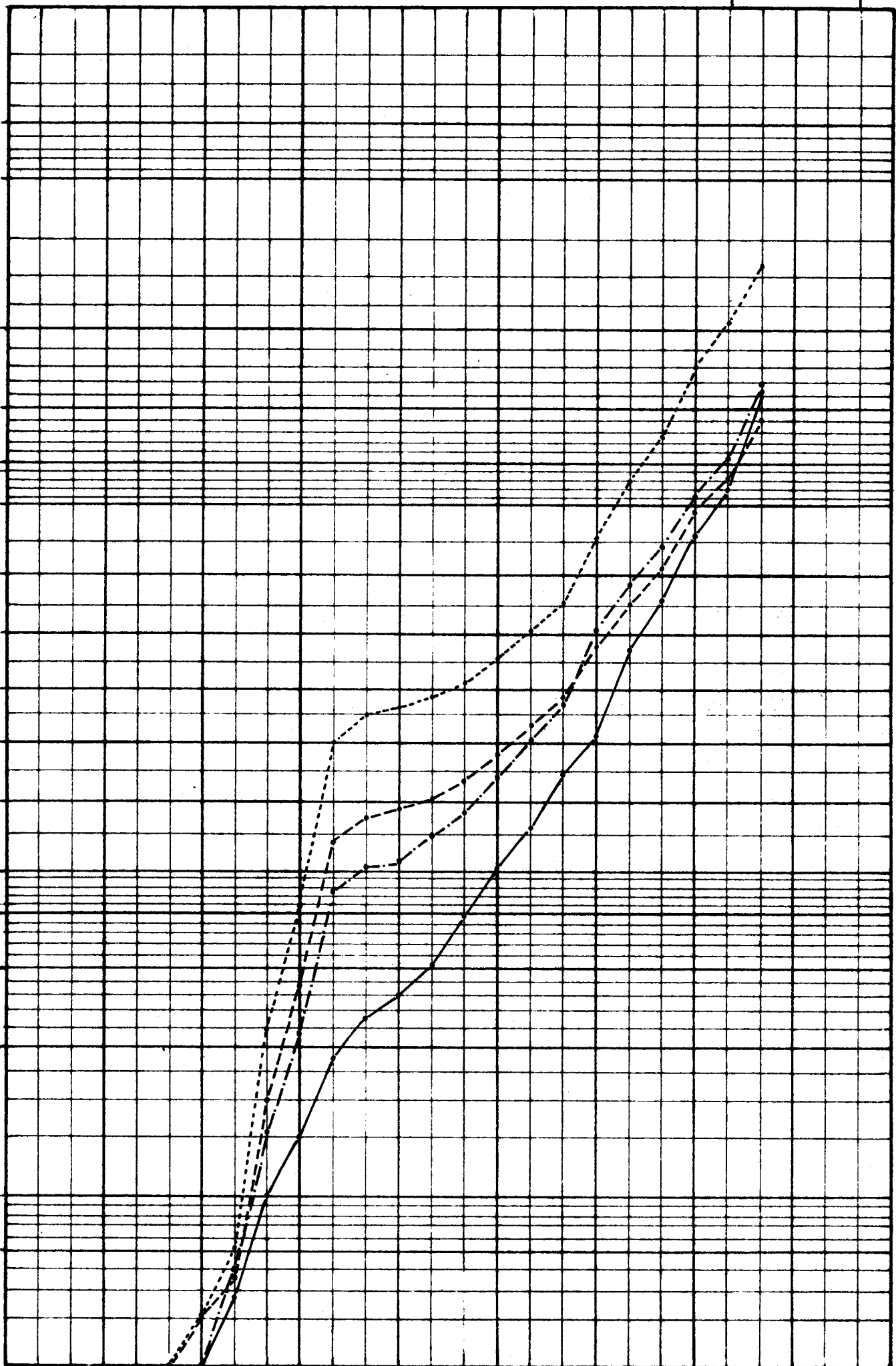
-2 -1 0 +1 +2 +3 +4 +5 Equivalents Phi

COURBES CUMULATIVES DES ANALYSES GRANULOMETRIQUES PONDERALES

--- 1918 m.  
--- 1924 m.  
--- 1933 m.  
--- 1954 m.

Echelle de probabilités Gaussiennes

99.5  
99  
95  
90  
85  
80  
75  
70  
60  
50  
40  
30  
20  
15  
10  
5  
0.5



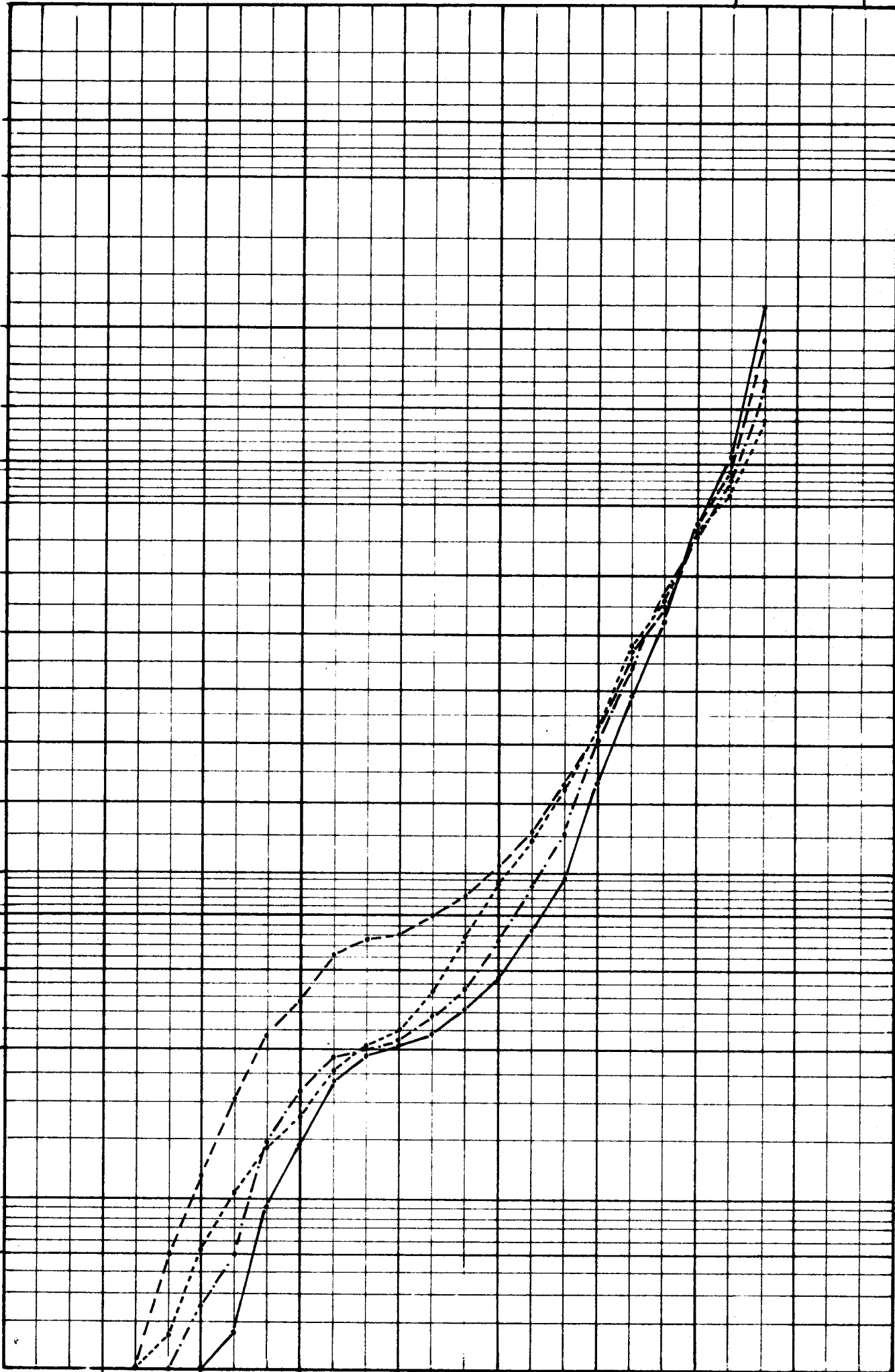
-2 -1 0 +1 +2 +3 +4 +5  
Equivalents Phi

COURBES CUMULATIVES DES ANALYSES GRANULOMETRIQUES PONDERALES

--- 1975a.  
--- 1987a.  
--- 1999a.  
— 2010a.

Echelle de probabilités Gaussiennes

99.5  
99  
95  
90  
85  
80  
75  
70  
60  
50  
40  
30  
20  
15  
10  
5  
1  
0.5

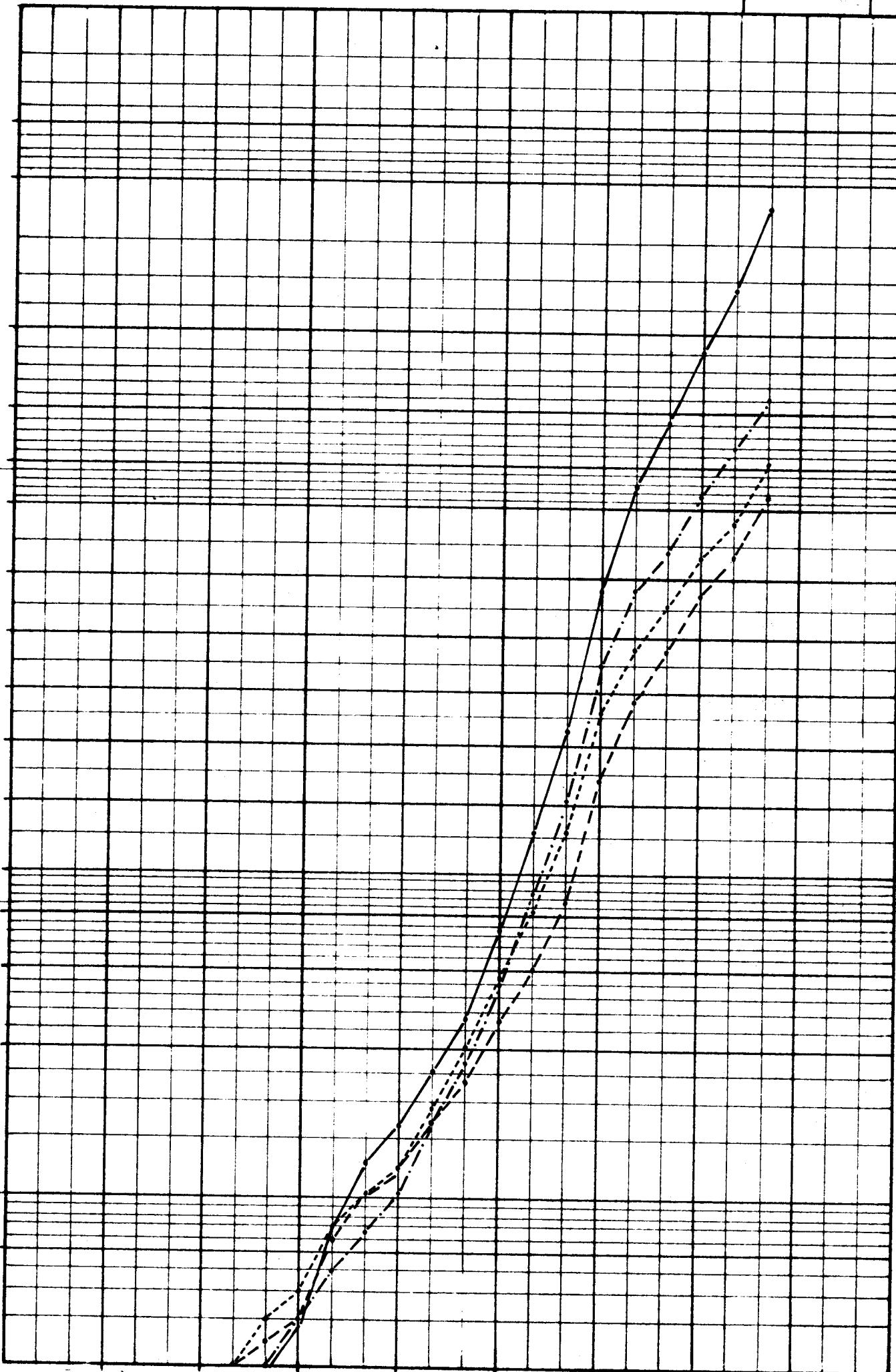


COURBES CUMULATIVES DES ANALYSES GRANULOMETRIQUES PONDERALES

--- 2040a.  
--- 2060a.  
--- 2090a.  
— 2105a.

Echelle de probabilités Gaussiennes

99.5  
99  
95  
90  
85  
80  
70  
60  
50  
40  
30  
20  
15  
10  
5  
1  
0.5



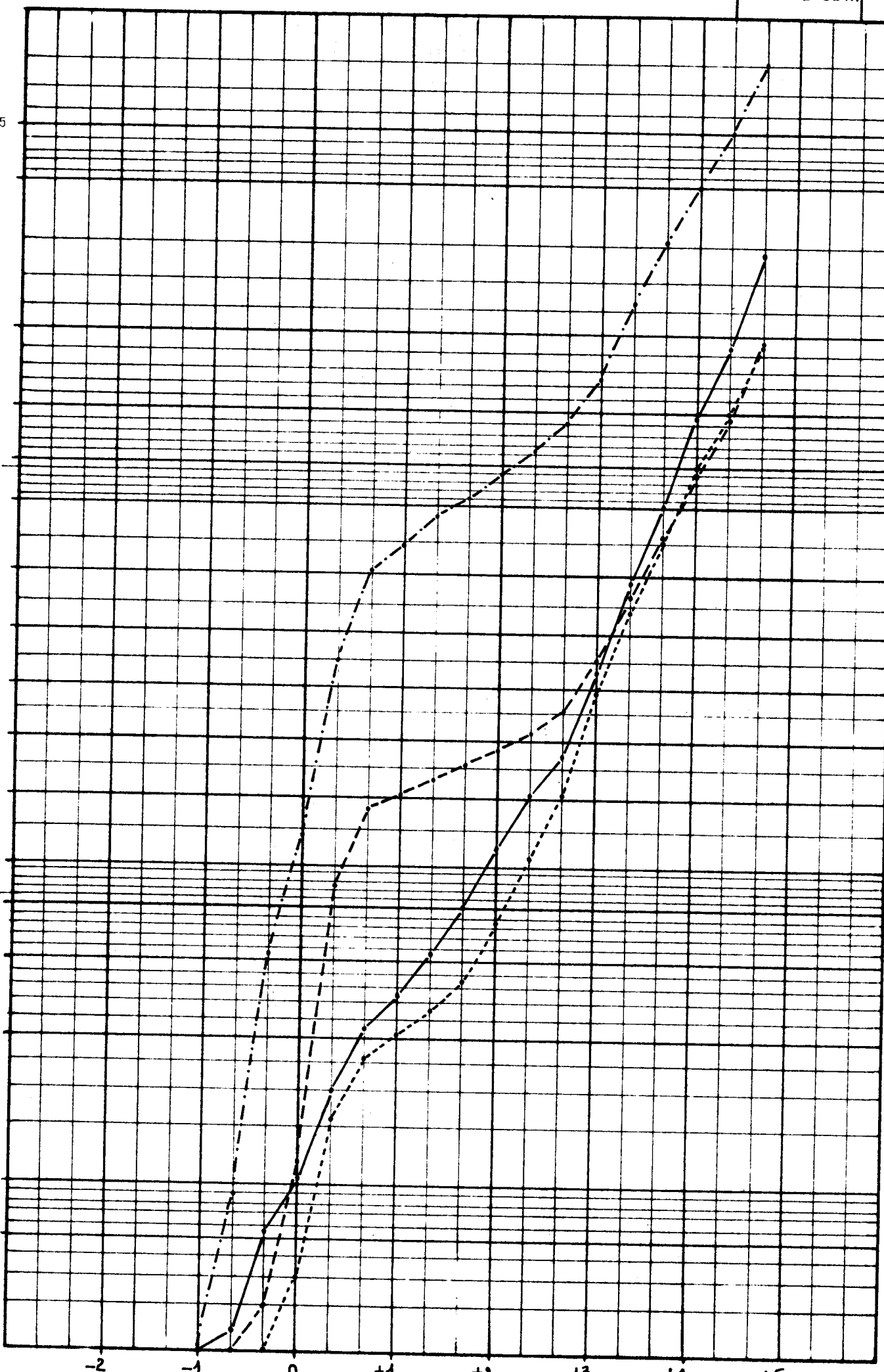
-2 -1 0 +1 +2 +3 +4 +5 Equivalentes Phi

COURBES CUMULATIVES DES ANALYSES GRANULOMETRIQUES PONDERALES

--- 2118 m.  
--- 2206 m.  
--- 2210 m.  
--- 2235 m.

Echelle de Probabilités Gaussiennes

99.5  
99  
95  
90  
85  
80  
75  
70  
60  
50  
40  
30  
20  
15  
10  
5  
1  
0.5



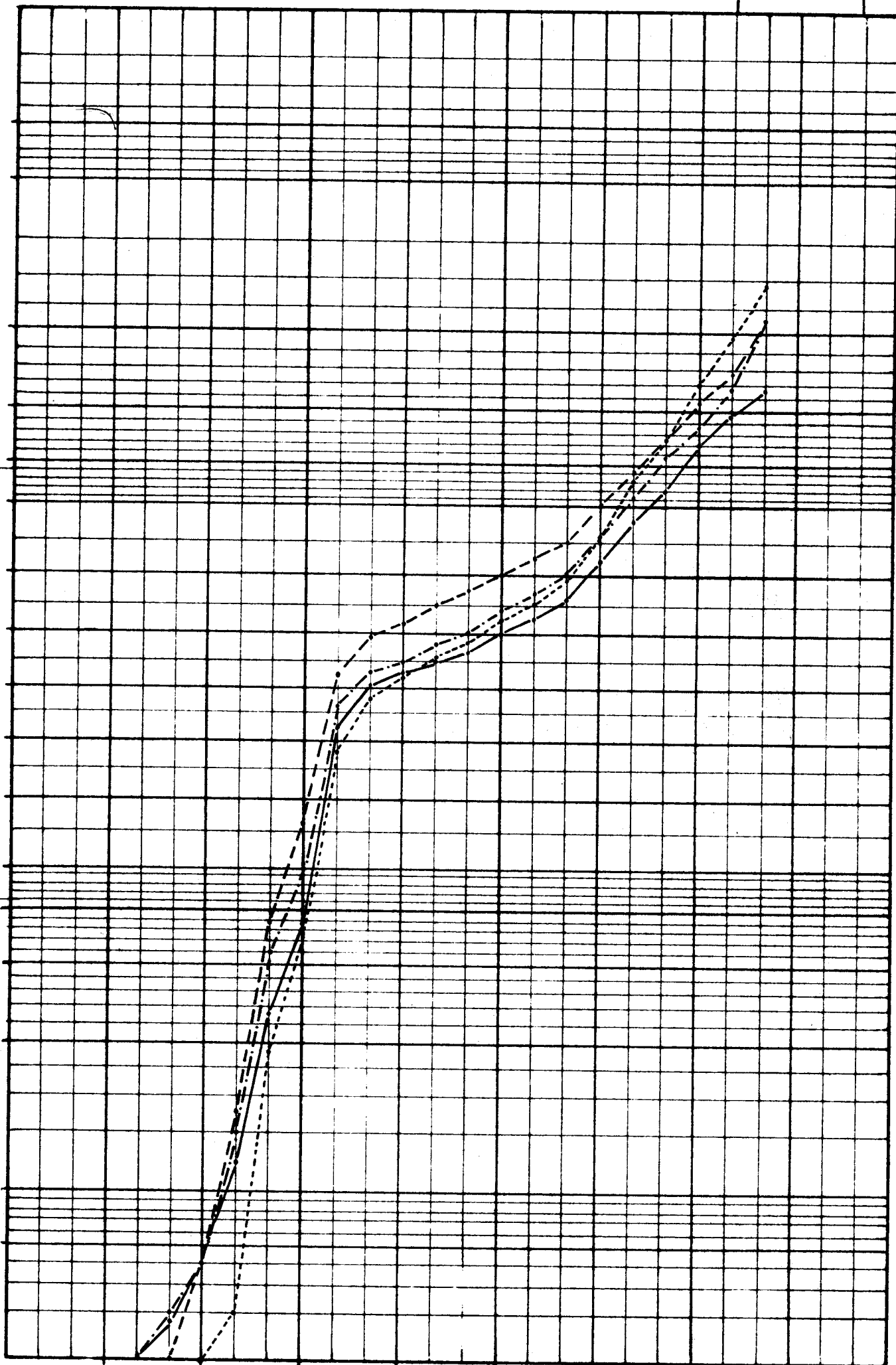
Equivalent Phi

COURBES CUMULATIVES DES ANALYSES GRANULOMETRIQUES PONDERALES

--- 2265 m.  
--- 2255 m.  
--- 2313 m.  
— 2350 m.

Echelle de probabilités Gaussiennes

99.5  
99  
95  
90  
85  
80  
75  
70  
60  
50  
40  
30  
20  
15  
10  
5  
1  
0.5



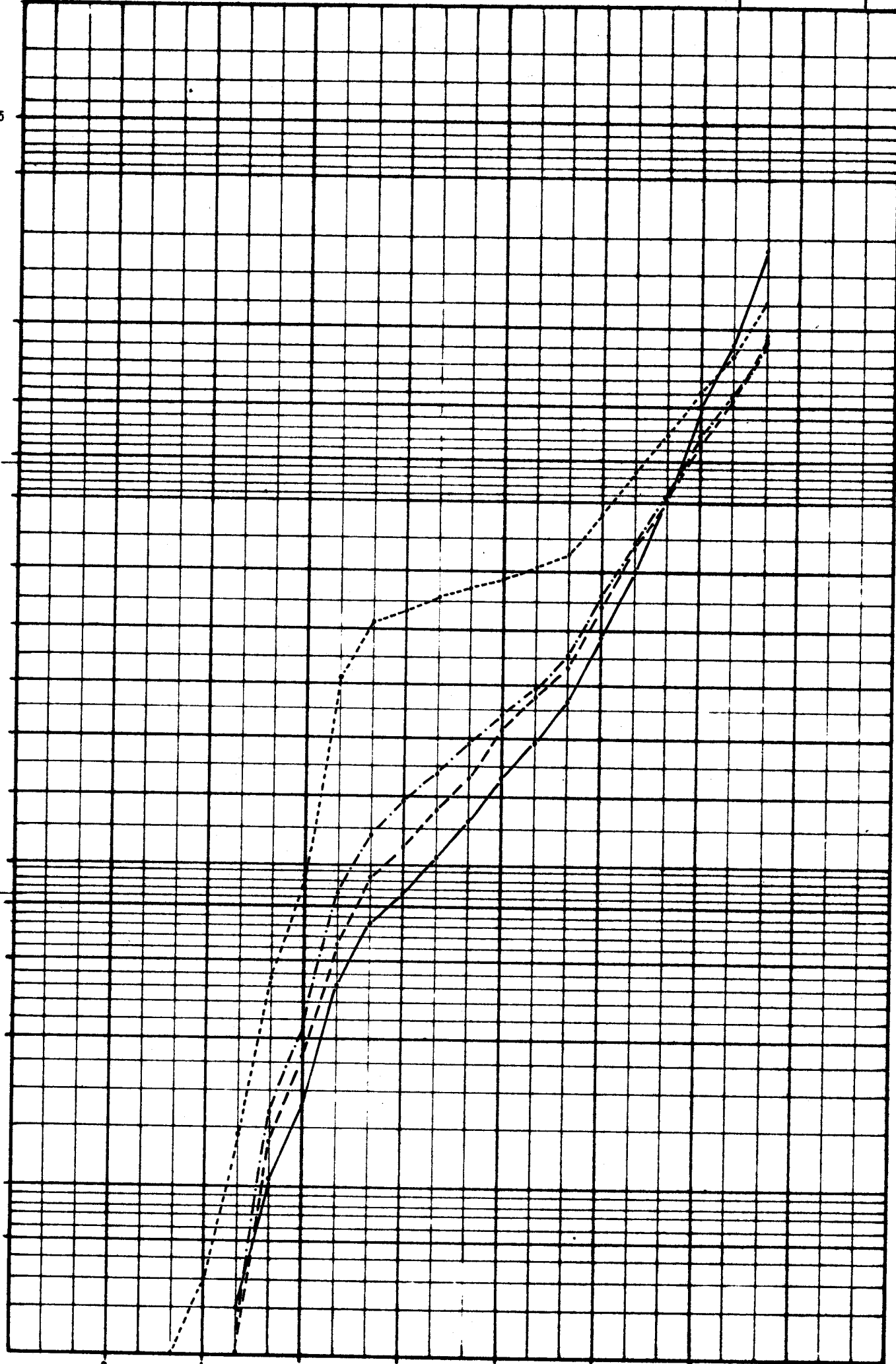
-2 -1 0 +1 +2 +3 +4 +5 Equivalentes Phi

COURBES CUMULATIVES DES ANALYSES GRANULOMETRIQUES PONDERALES

--- 2390m.  
--- 2440m.  
--- 2498m.  
--- 2535m.

Echelle de probabilités Gaussiennes

98.5  
99  
95  
90  
85  
80  
70  
60  
50  
40  
30  
20  
15  
10  
5  
1  
0.5



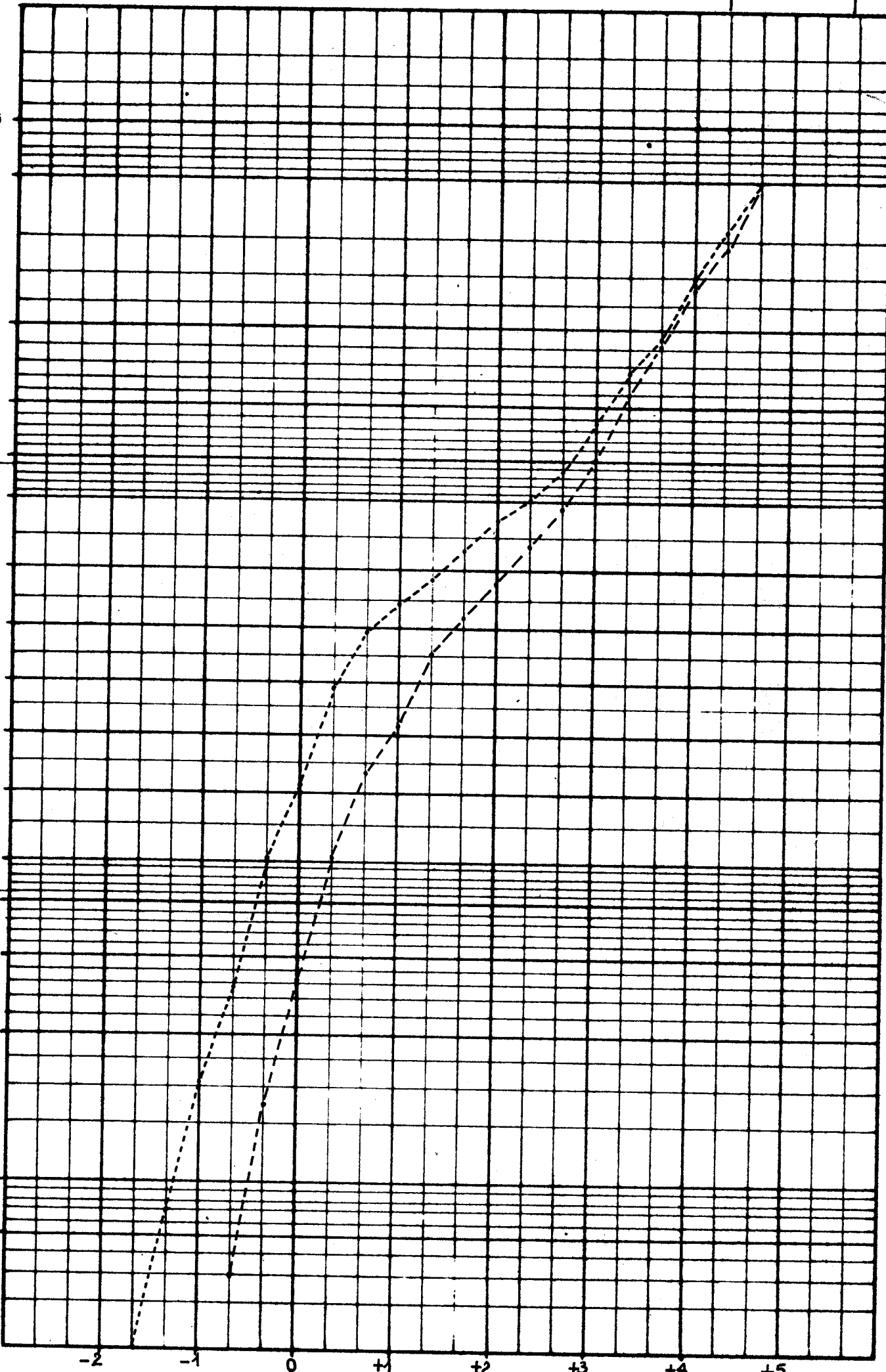
-2 -1 0 +1 +2 +3 +4 +5  
Equivalents Phi

COURBES CUMULATIVES DES ANALYSES GRANULOMETRIQUES PONDERALES

--- 2700m.  
- - - 2710m.

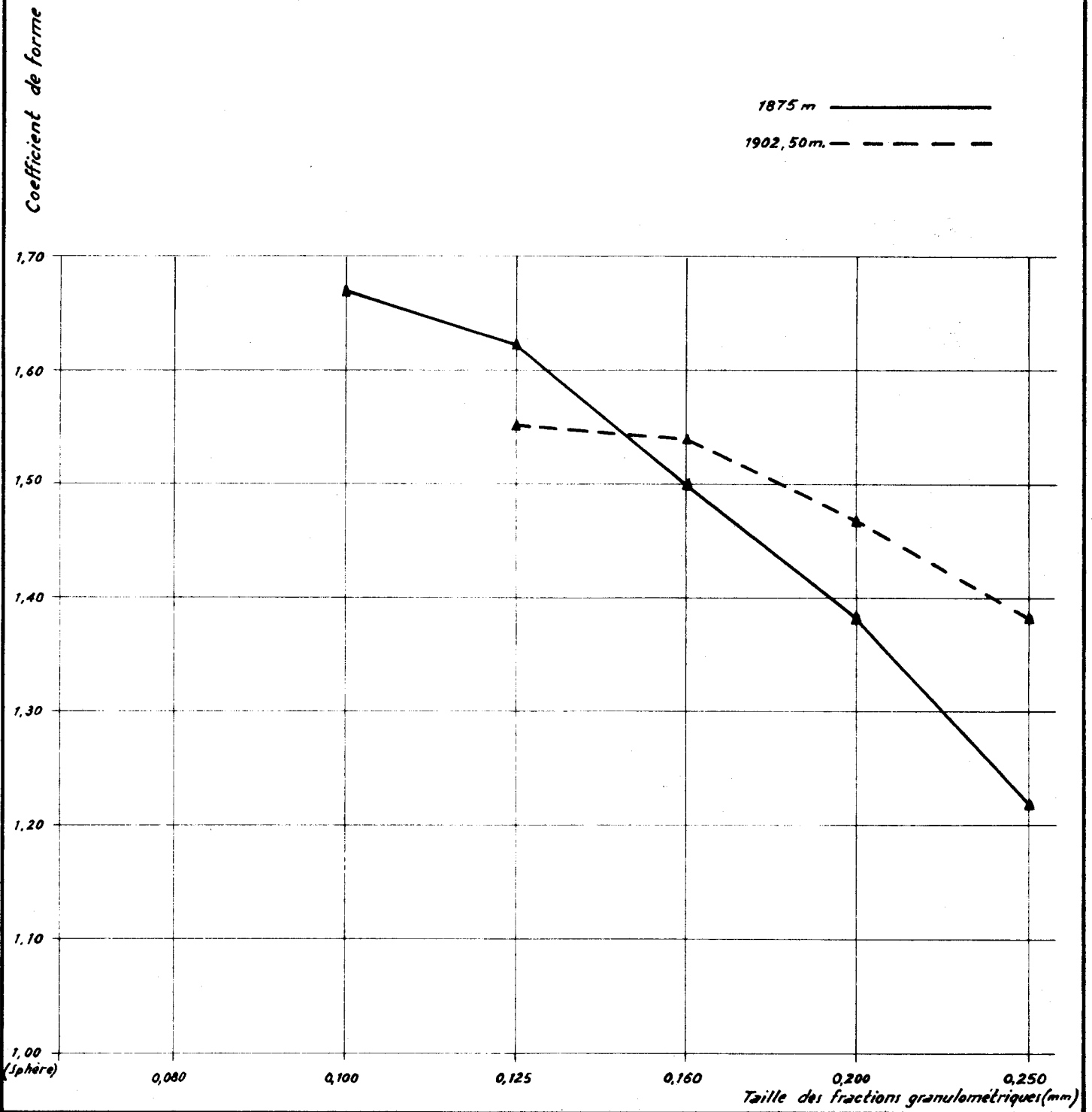
Echelle de probabilités Gaussiennes

99,5  
99  
95  
90  
85  
80  
70  
60  
50  
40  
30  
20  
15  
10  
5  
1  
0,5

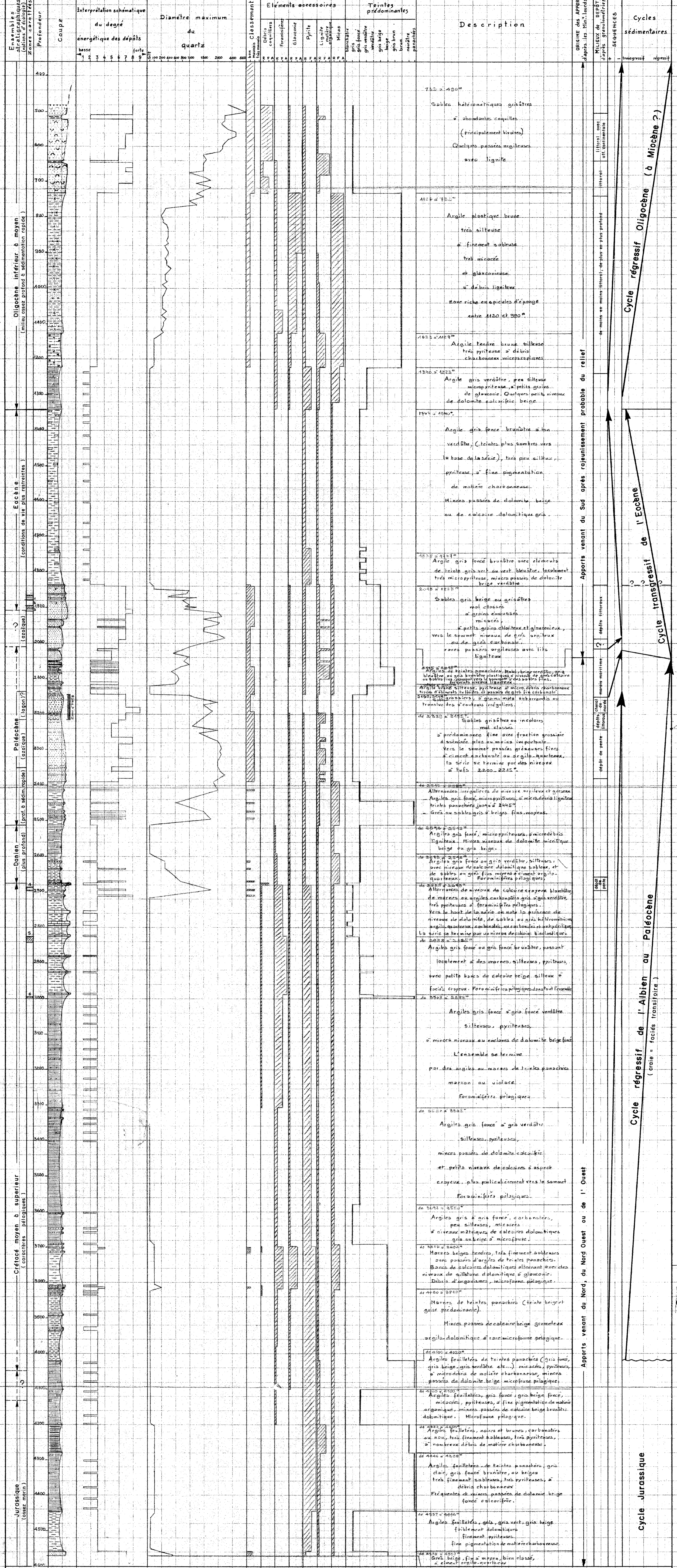


FRIGG 25/1-1x :

Analyses du coefficient de forme des particules

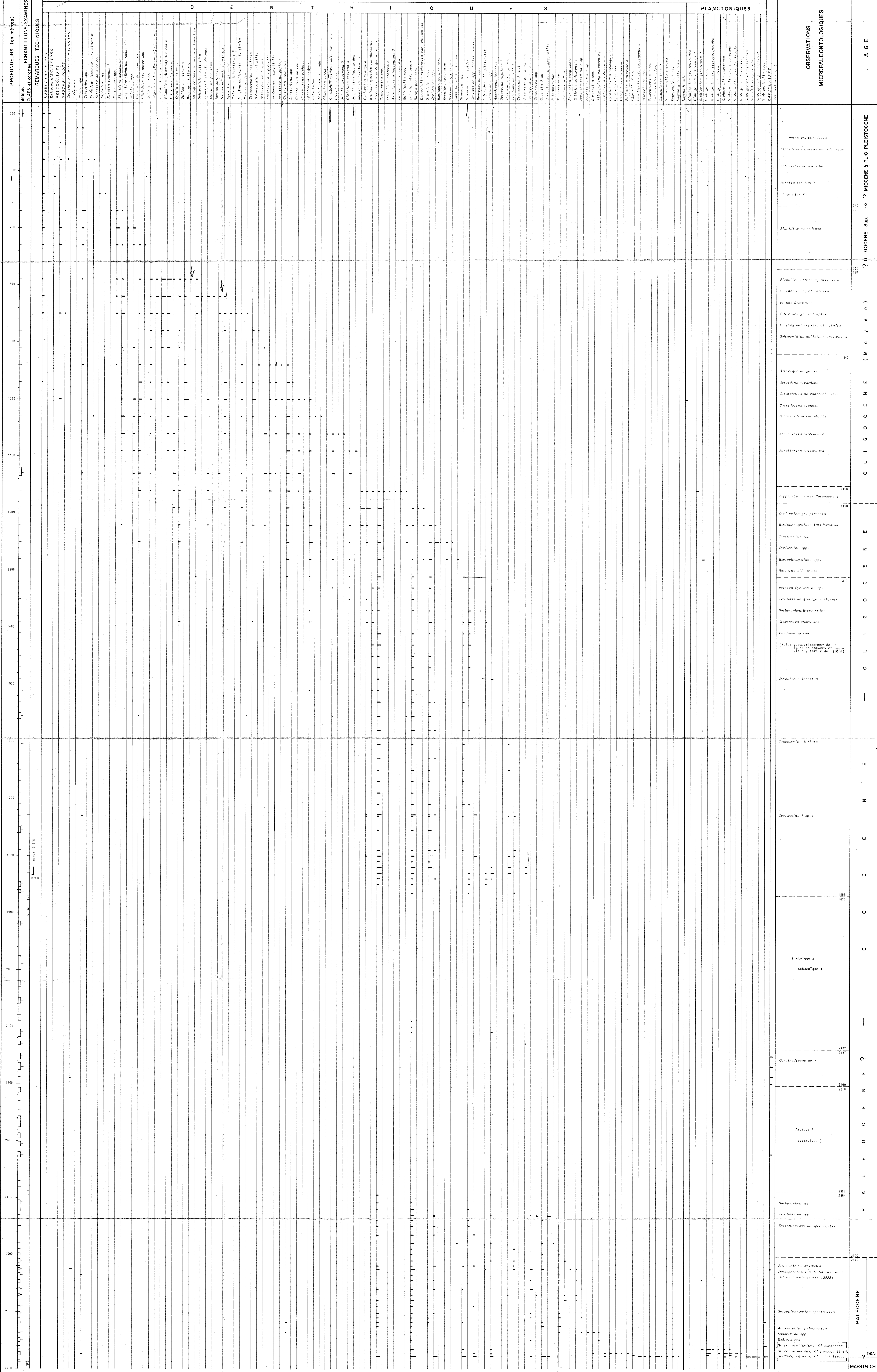






- LEGENDE
- 1. Carbonates
  - 2. Argile
  - 3. Argile silteuse
  - 4. Silt
  - 5. { très fin
  - 6. Sables { fin
  - 7. { ou moyen
  - 8. grès { grossier
  - 9. { très grossier

	<p style="text-align: center;"><b>FRIGG 25/1-1x</b></p> <p style="text-align: center;"><b>ANALYSE LITHOLOGIQUE DES DEBLAIS ET CAROTTES</b> <b>INTERPRETATION SEDIMENTOLOGIQUE</b></p> <p style="text-align: right; font-size: small;">Echelle 1/4000</p>
Direction NORVEGE Service de Géologie 2ème Attribution	Date Janvier 1972 Auteur R. LAJOUX N° Petros 8067



PROFONDEURS (en mètres)

LABILLES TRANCÉES

GASTÉROPODES

MOLLUSQUES

FORAMINIFÈRES

ALGUES

DIATOMES

PLANCTONIQUES

FREQUENCE DES INDIVIDUS

- 1 individu
- 2 à 5 individus
- 6 à 10 individus
- 11 à 20 individus
- 20 individus

REPARTITION DE LA MICROFAUNE (Foraminifères)

RECUEILLIE EN LAVAGES DANS LE TERTIAIRE

MAESTRICHT

PALEOCENE

OLIGOCENE

MIOCENE

PLIO-PLÉISTOCENE

QUATERNAIRE

AGE

Observations:

- Bores Foraminifères
- Elphidium incertum var. elusum
- Astrorgerina sp.
- Buccella trachus ? (rommets ?)
- Elphidium subrotundum
- Planulina (Almonia) alveolata
- V. (Karreri) cf. moera
- gr. sub. Luperoides
- Cibicides gr. dufrenoyi
- L. (Vaginulopsis) cf. glabra
- Sphaerulina bulboides-variabilis
- Astrorgerina gracilis
- Gerardina grandis
- Ceratobulimina contracta var.
- Cassidulinina globosa
- Sphaerulina bulboides-variabilis
- Karreriella siphonifera
- Buccella bulboides
- Cyprina sp. "arenacea"
- Cyclamina sp. plancta
- Bulphraginoides latidorsata
- Trachamina sp.
- Cyclamina sp.
- Bulphraginoides sp.
- Uvula aff. moera
- petites Cyclamina sp.
- Trachamina globigerinifera
- Bulphraginoides hyperborea
- Glossoscolex charoides
- Trachamina sp.
- (N.B.: abaissement de la figure en dessous et à l'extérieur à partir de 1310 m)
- Ammonia incerta
- Trachamina sulcata
- Cyclamina ? sp. 1
- (Azotique à subazotique)
- Glossoscolex sp. 1
- (Azotique à subazotique)
- Trachamina sp.
- Trachamina sp.
- Sphaerulina spectabilis
- Protamina complanata
- Ammonia subrotunda ?
- Uvula subrotunda (222)
- Sphaerulina spectabilis
- Almonia paleocena
- Elphidium sp.
- Buccella
- Elphidium subrotunda, cf. compressum
- Elphidium subrotunda, cf. parvobulboides
- Elphidium subrotunda, cf. subrotunda

SECTEUR NORVEGE

Rechercheur: EIF NORGE

Zema attribution

PETRONORD

FRIGG 25/1-1x

REPARTITION DE LA MICROFAUNE (Foraminifères)

RECUEILLIE EN LAVAGES DANS LE TERTIAIRE

Échelle: 1/000000

407 ENTREPRISE DE RECHERCHES ET D'ACTIVITES PETROLIERES

DIRECTION EXPLOITATION

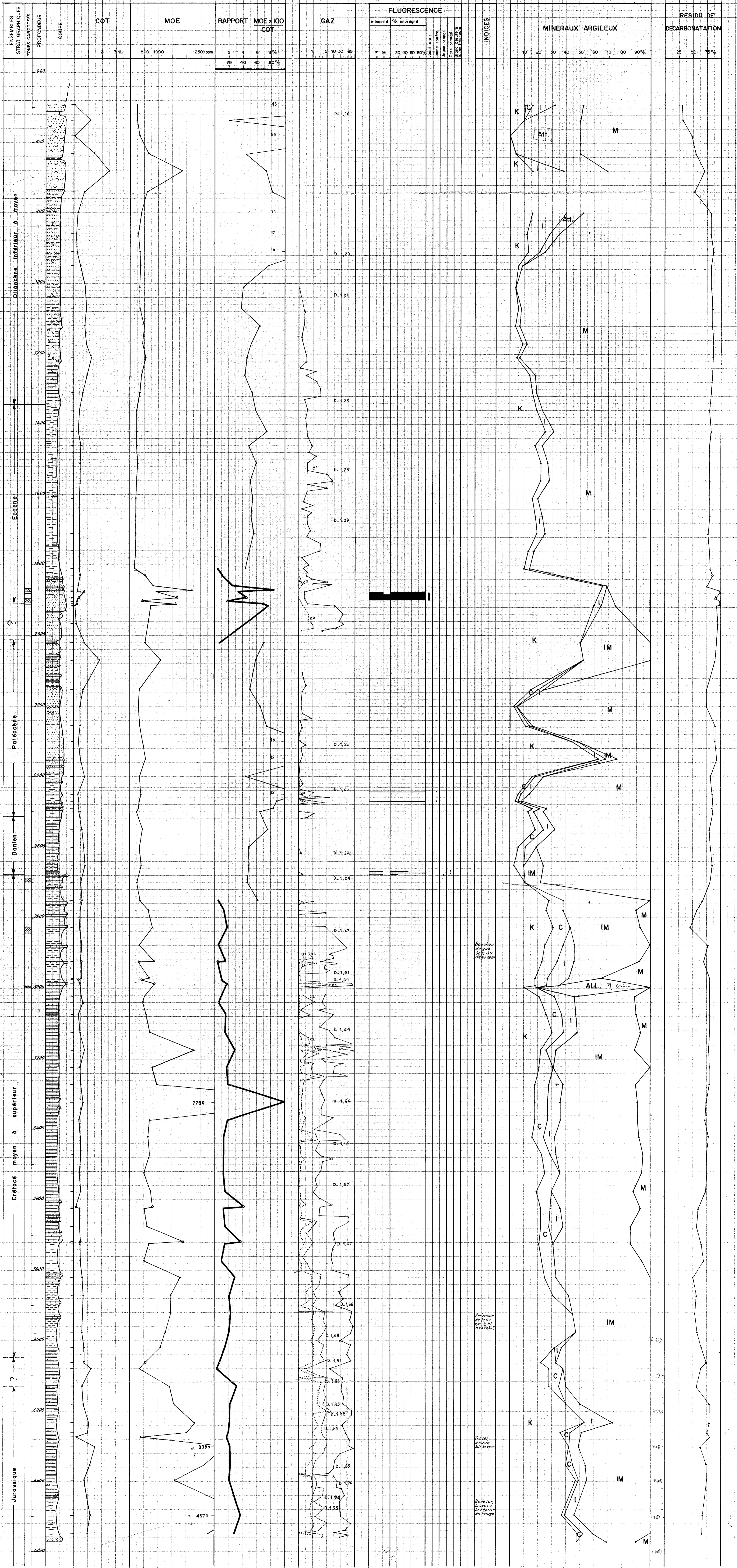
PL 3

Date Nov. 1971

Auteur: P. DURIF

N° Invent: 5821



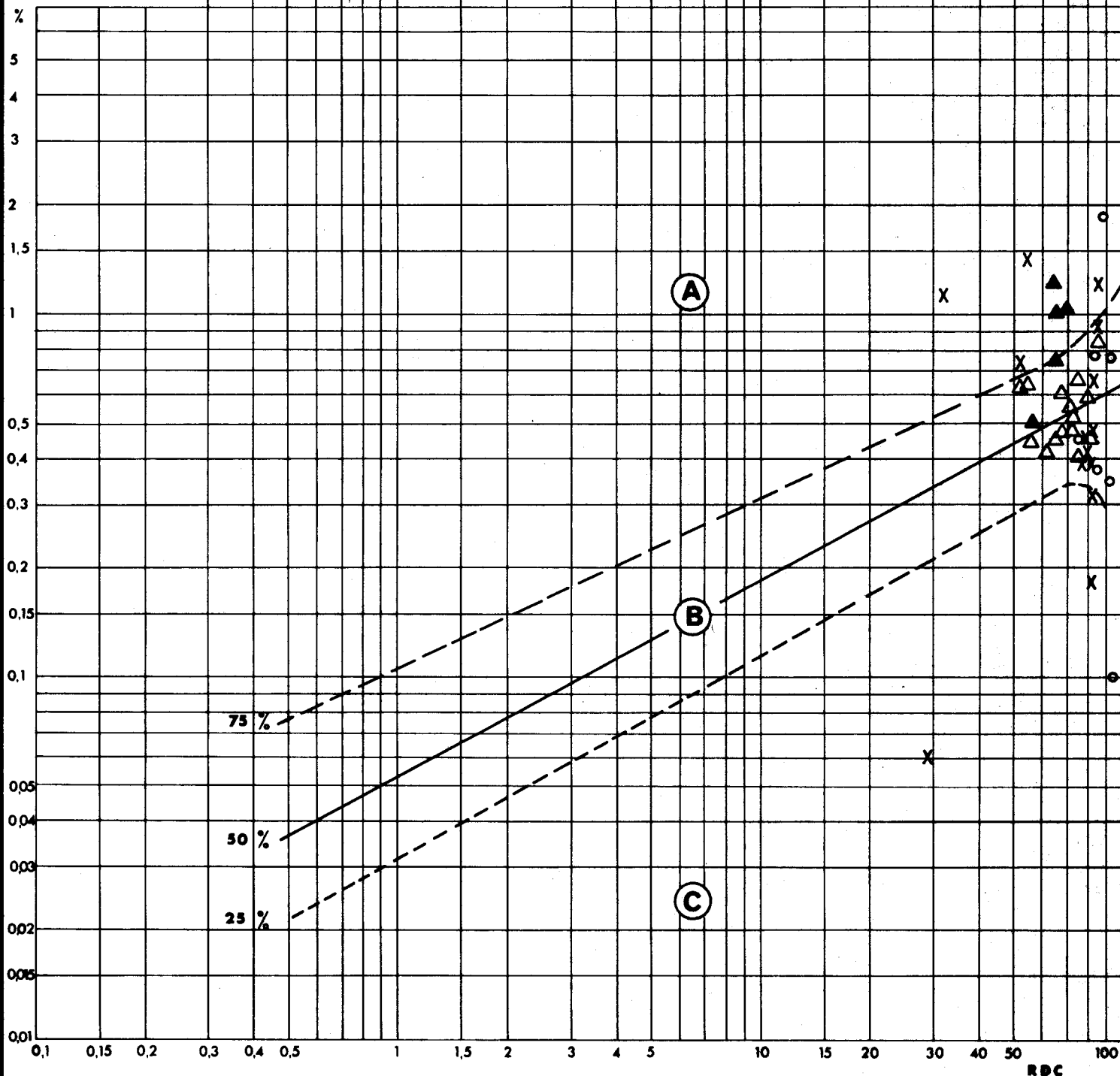


o Carottes latérales  
▲ Carottes

K Kaolinite  
C Chlorite  
I Illite  
Att. Attéapulvite  
IM Illite/Montmorillonite  
ALL. Alévarite  
M Montmorillonite

	Secteur NORVEGE	<b>PETRONORD</b>
	Opérateur elf NORGE	
Permis ou Concession 2ème Attribution		<b>FRIGG 25/1-1x</b> ANALYSES ORGANIQUES ET MINÉRALES PLANCHE SYNTHÉTIQUE
Ulf ENTREPRISE DE RECHERCHES ET D'ACTIVITÉS PÉTROLIÈRES		
DIRECTION EXPLORATION LABORATOIRE		
Echelle: 1/4000 Date Nov. 1971 Autour 1.200.000 N°classif. 5.823		<b>PL 5</b>

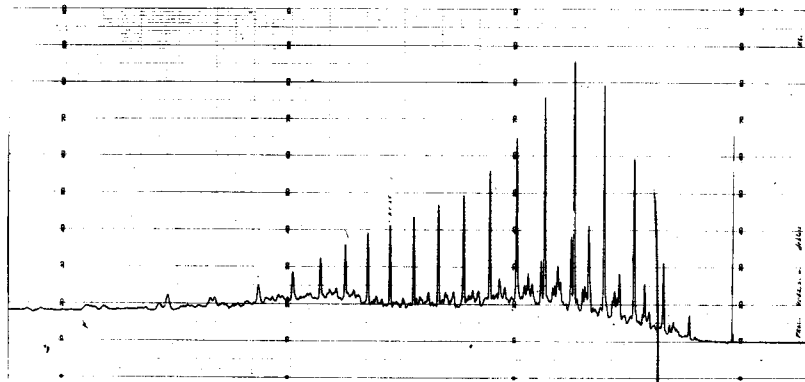
Carbone organique  
sur roche totale



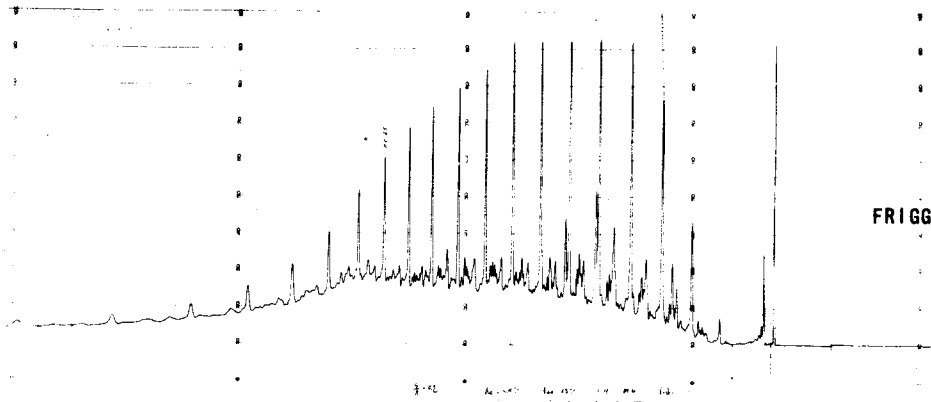
- X Oligocène - Eocène
- o Paléocène
- Δ Crétacé supérieur
- ▲ Jurassique
- 25% de la population se place en C
- 50% de la population se place en B
- 25% de la population se place en A

	Secteur NORVEGE	
	Opérateur <b>ENI</b> NORGE	
	Permis de Concession 2ème attribution	
<b>FRIGG 25/1-1x</b> <b>REPORT COT / RDC</b> <b>SUR DIAGRAMME STATISTIQUE MONDIAL</b>		
<small>ENI ENVIRONEMENT DE RECHERCHES ET D'ACTIVITES PETROLIÈRES</small>		<small>Date: Nov. 1977</small>
<small>DIRECTION EXPLORATION</small>		<small>Auteur</small>
<small>LABORATOIRE</small>		<small>SP-1000 5824</small>

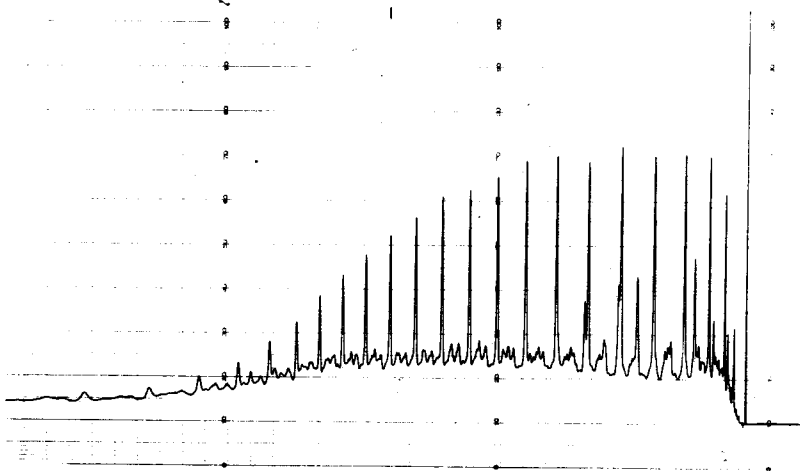
REDUCTION DES CHROMATOGRAMMES



FRIGG n° 1 - 4062.50 m

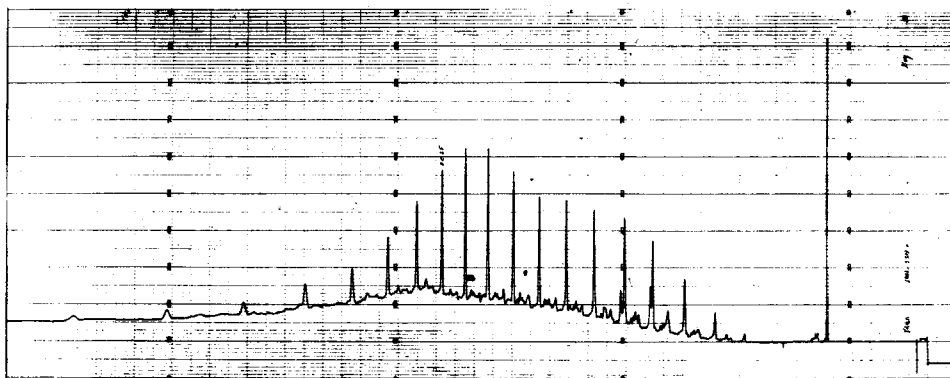


FRIGG n° 1 - 4496 m

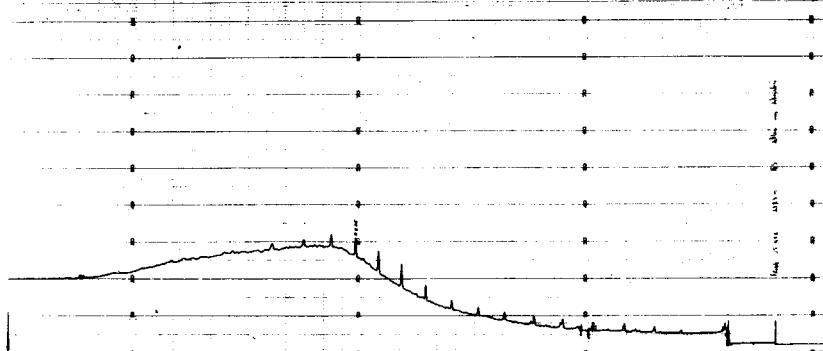


Brut d'EKOFISK

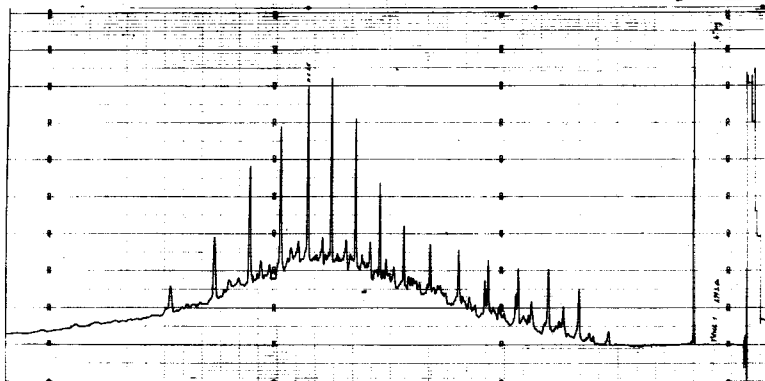
REDUCTION DES CHROMATOGRAMMES



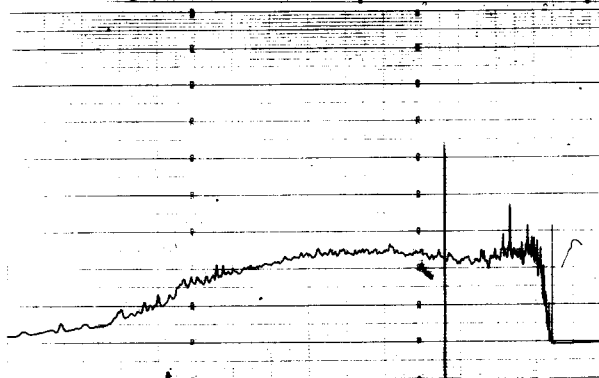
FRIGG n° 1  
3422-3577 m



FRIGG n° 1  
3323 m

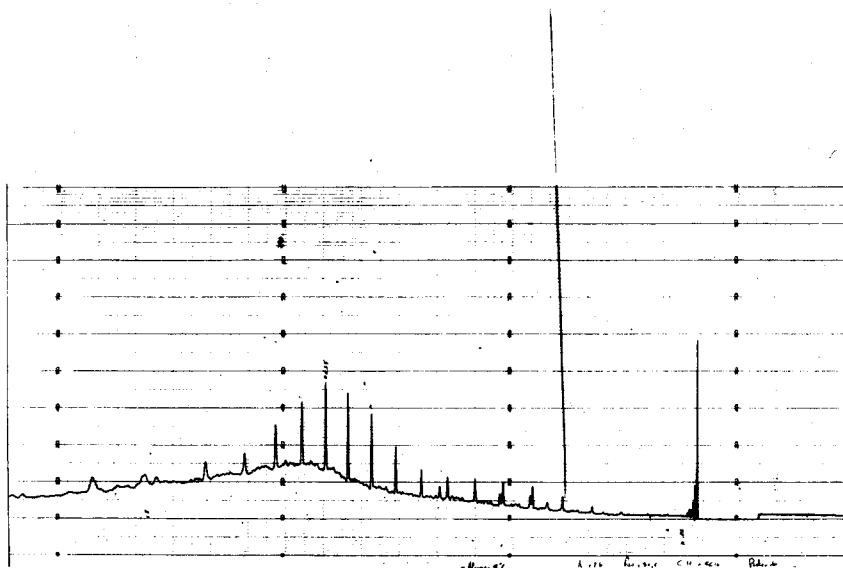


FRIGG n° 1  
2993,60-2996,30 m

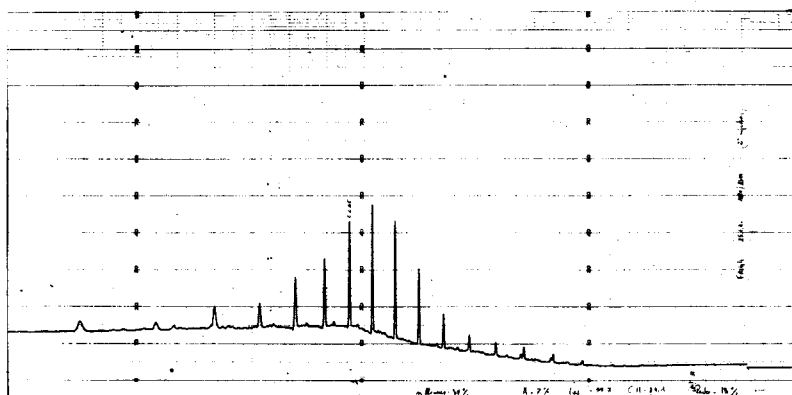


Huile de FRIGG

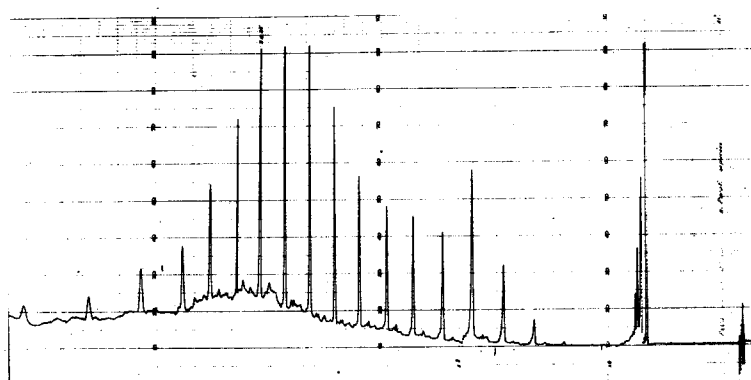
# REDUCTION DES CHROMATOGRAMMES



FRIGG n° 1  
680 m



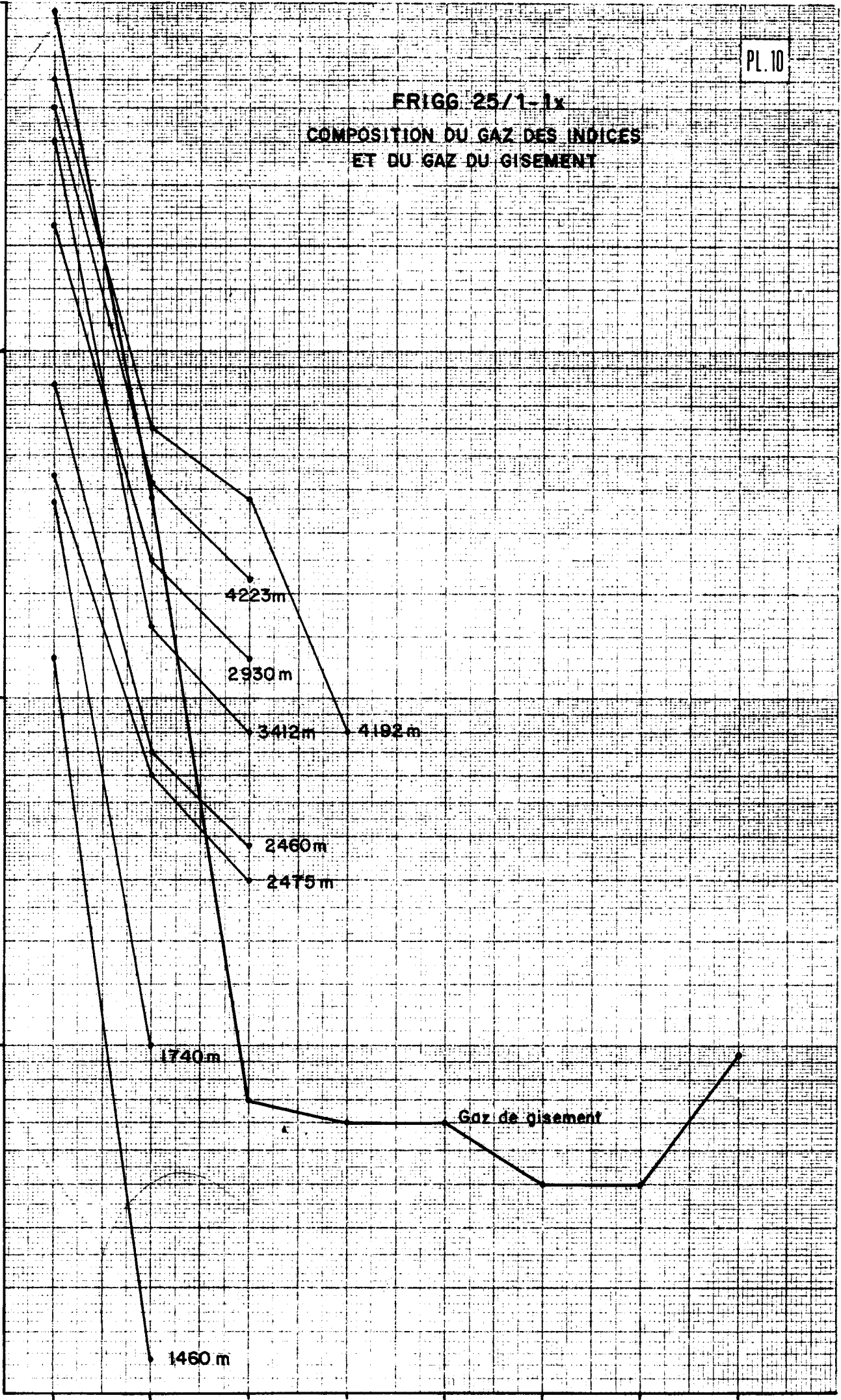
FRIGG n° 1  
1120-1310 m



FRIGG n° 1  
3323 m  
(Concentré des normales alcanes)

### FRIGG 25/1-1x COMPOSITION DU GAZ DES INDICES ET DU GAZ DU GISEMENT

µl/Kg.



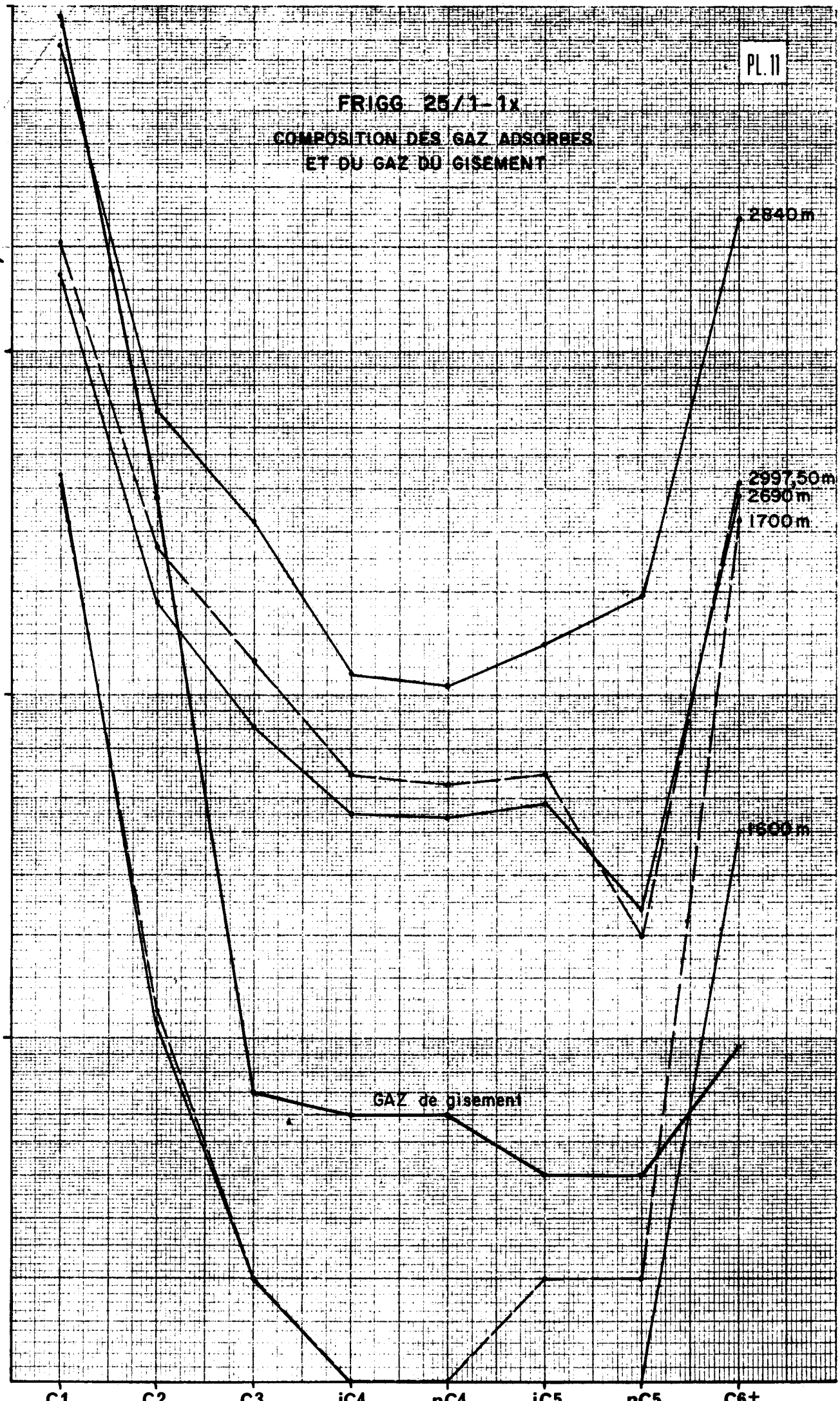
0,1

0,01

PL. 11

FRIGG 25/1-1x  
COMPOSITION DES GAZ ADSORBES  
ET DU GAZ DU GISEMENT

µl/Kg.



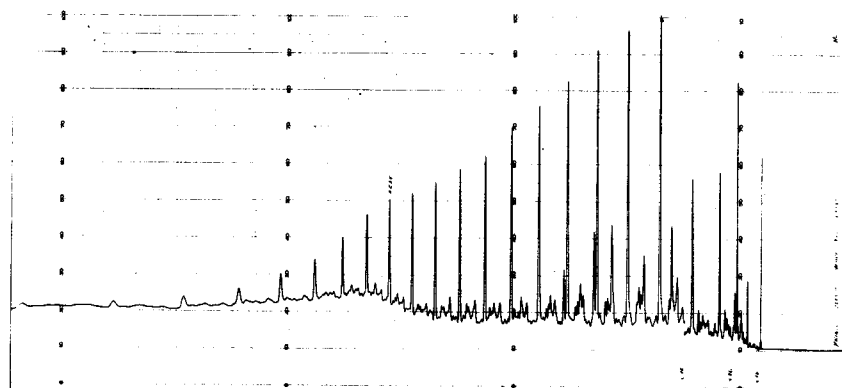
10

1

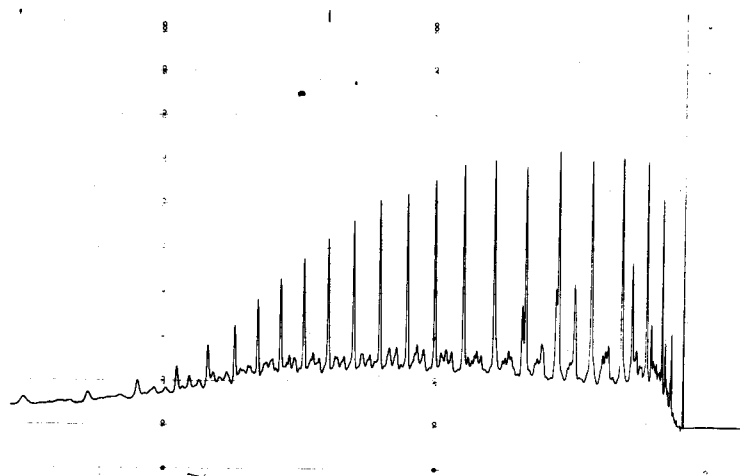
0,1

0,01

CHROMATOGRAMME DE LA VENUE "3000 m"  
 (COMPARAISON AVEC LE BRUT D'EKOFISK)



Eau de venue de  
 4570 m  
 (éch. "3000 m")

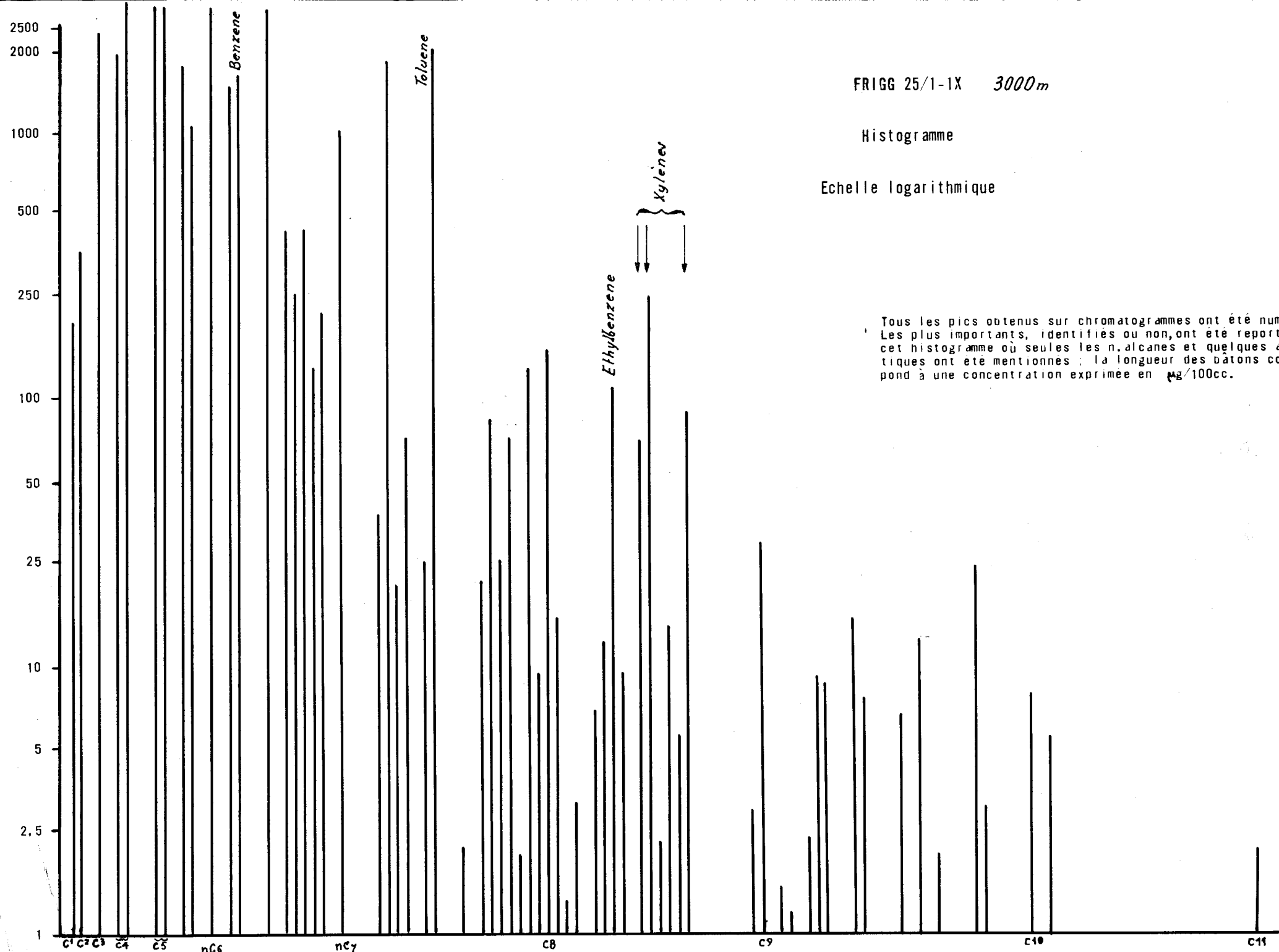


Brut d'EKOFISK

FRIGG 25/1-1X 3000m

Histogramme

Echelle logarithmique



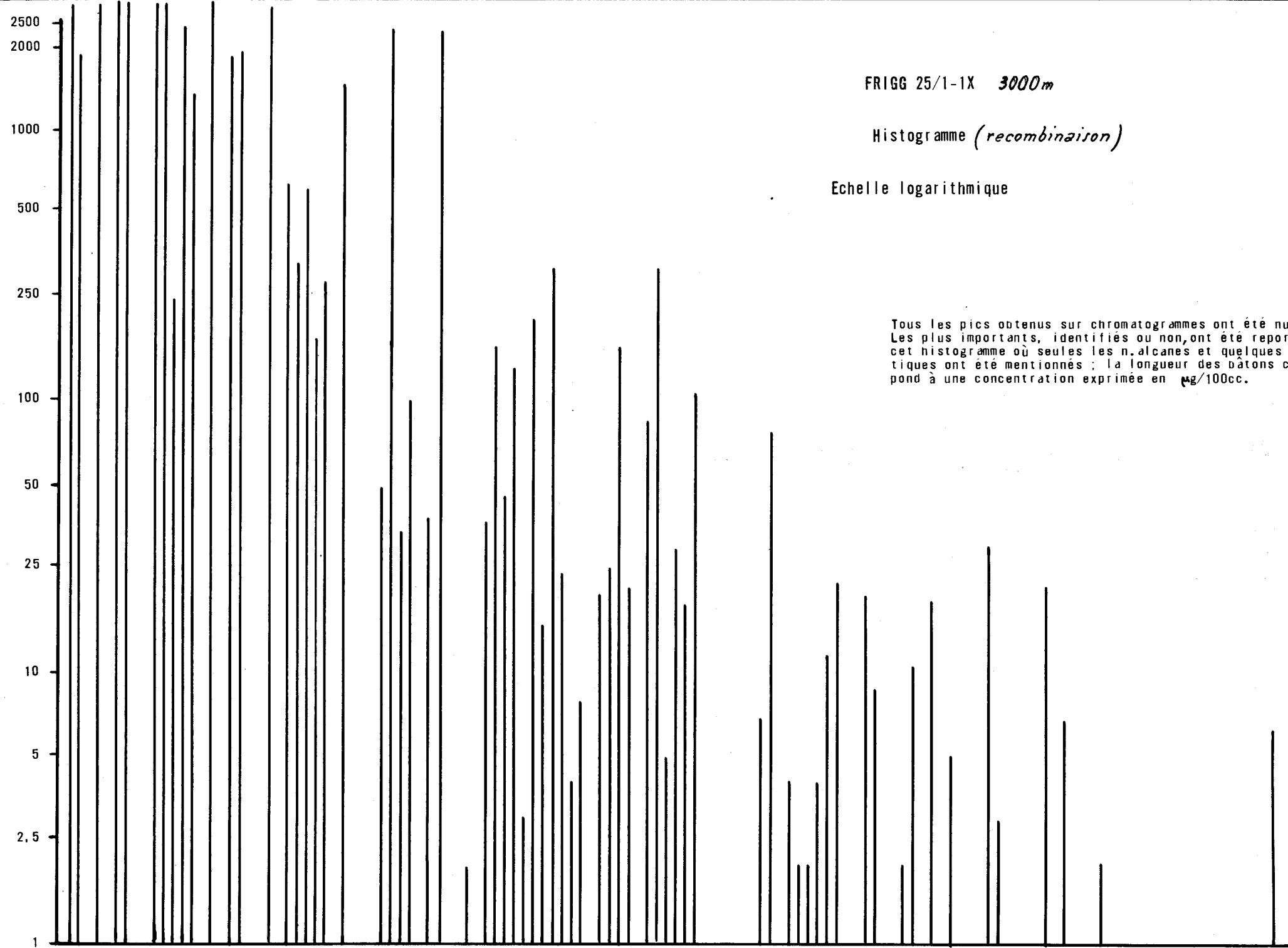
Tous les pics obtenus sur chromatogrammes ont été numérotés. Les plus importants, identifiés ou non, ont été reportés sur cet histogramme où seules les n. alcanes et quelques aromatiques ont été mentionnés ; la longueur des bâtons correspond à une concentration exprimée en  $\mu\text{g}/100\text{cc}$ .

FRIGG 25/1-1X 3000m

Histogramme (*recombinaison*)

Echelle logarithmique

Tous les pics obtenus sur chromatogrammes ont été numérotés. Les plus importants, identifiés ou non, ont été reportés sur cet histogramme où seules les n. alcanes et quelques aromatiques ont été mentionnés ; la longueur des bâtons correspond à une concentration exprimée en  $\mu\text{g}/100\text{cc}$ .

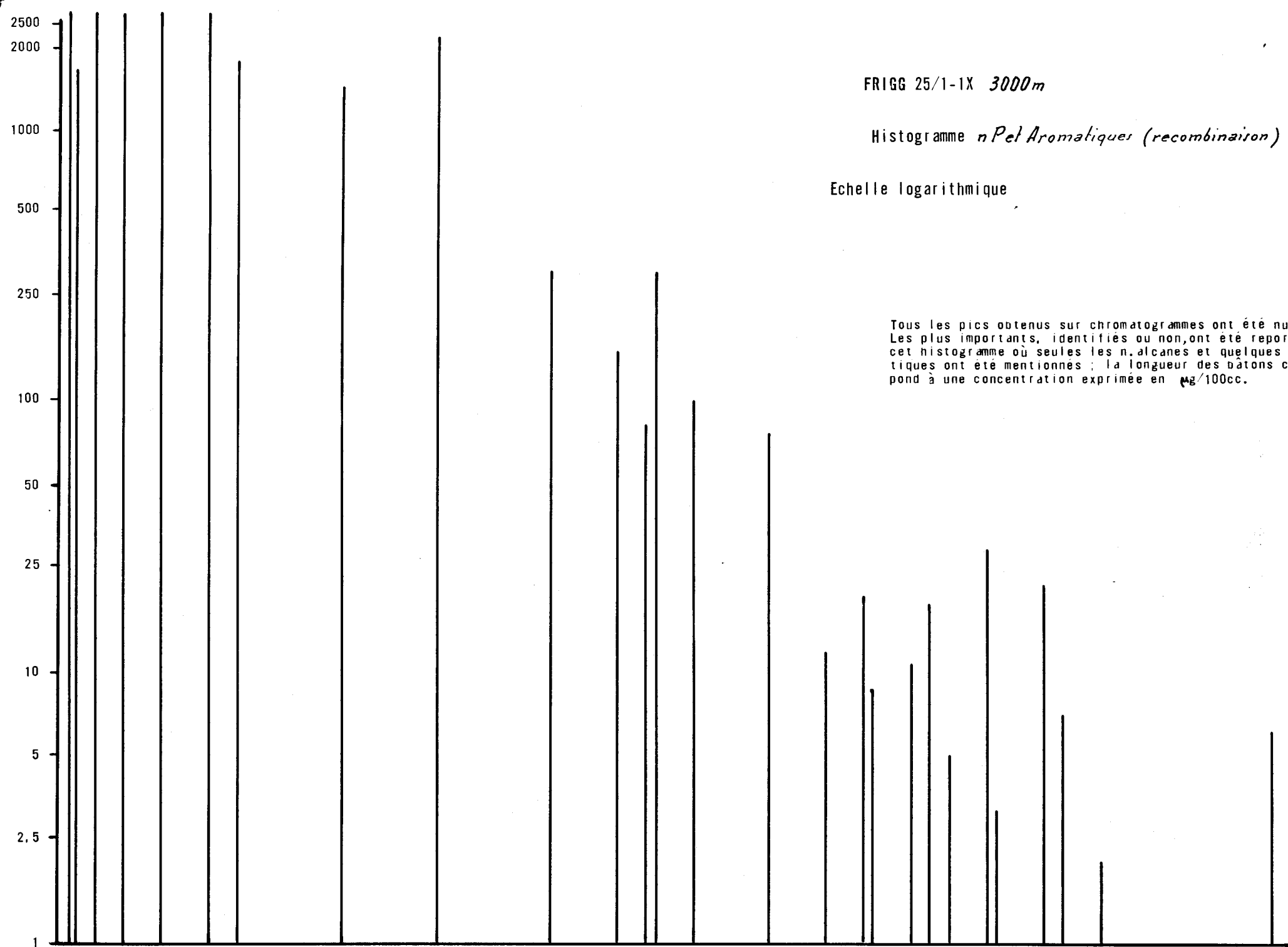


FRIGG 25/1-1X 3000m

Histogramme *n* Pel Aromatiques (recombinaison)

Echelle logarithmique

Tous les pics obtenus sur chromatogrammes ont été numérotés. Les plus importants, identifiés ou non, ont été reportés sur cet histogramme où seules les n. alcanes et quelques aromatiques ont été mentionnés ; la longueur des bâtons correspond à une concentration exprimée en  $\mu\text{g}/100\text{cc}$ .

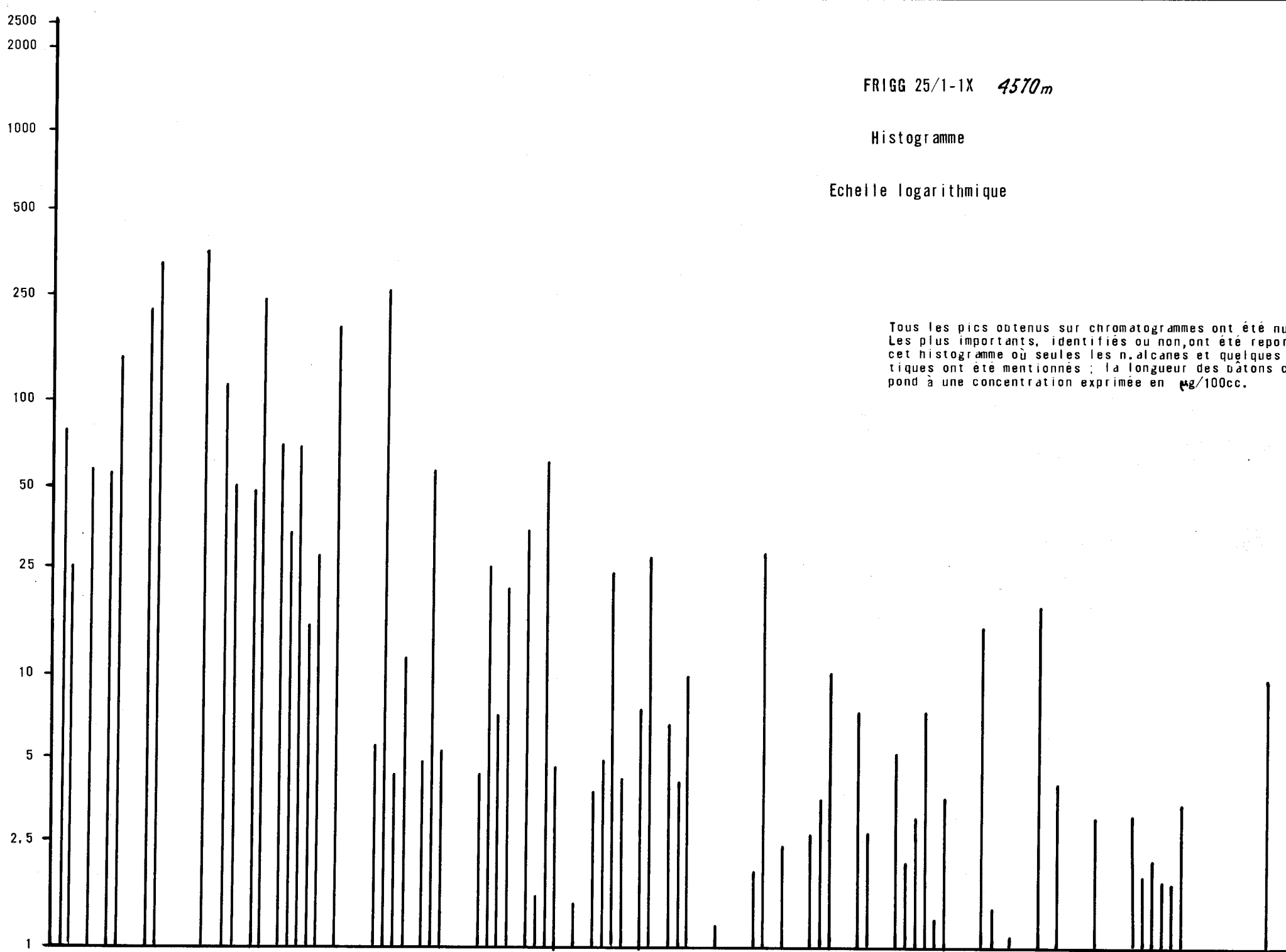


FRIGG 25/1-1X 4570m

Histogramme

Echelle logarithmique

Tous les pics obtenus sur chromatogrammes ont été numérotés. Les plus importants, identifiés ou non, ont été reportés sur cet histogramme où seules les n.alcanes et quelques aromatiques ont été mentionnés ; la longueur des bâtons correspond à une concentration exprimée en  $\mu\text{g}/100\text{cc}$ .



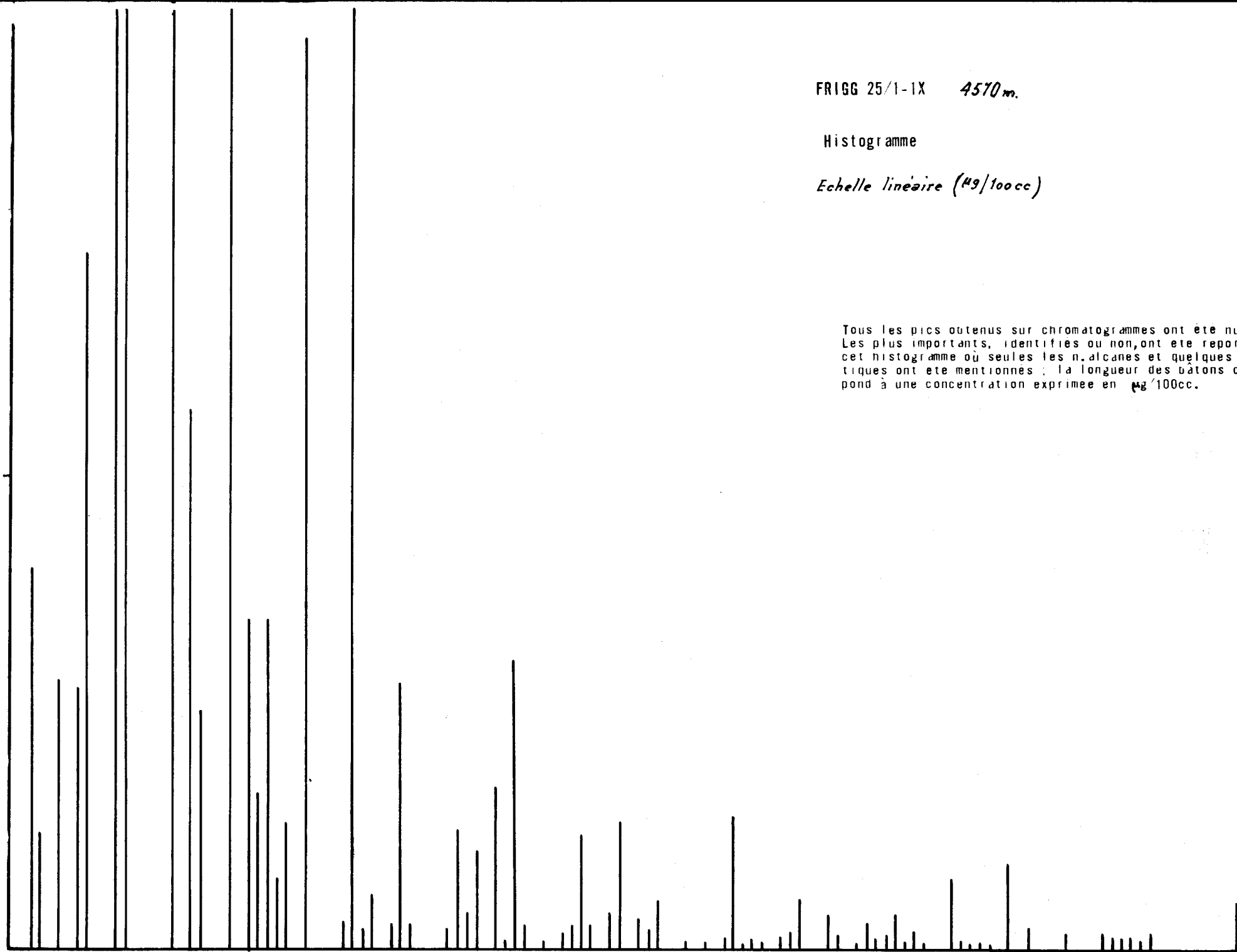
FRIGG 25/1-1X 4570m.

Histogramme

*Echelle linéaire (µg/100cc)*

Tous les pics obtenus sur chromatogrammes ont été numérotés. Les plus importants, identifiés ou non, ont été reportés sur cet histogramme où seules les n. alcanes et quelques aromatiques ont été mentionnés ; la longueur des bâtons correspond à une concentration exprimée en µg/100cc.

400

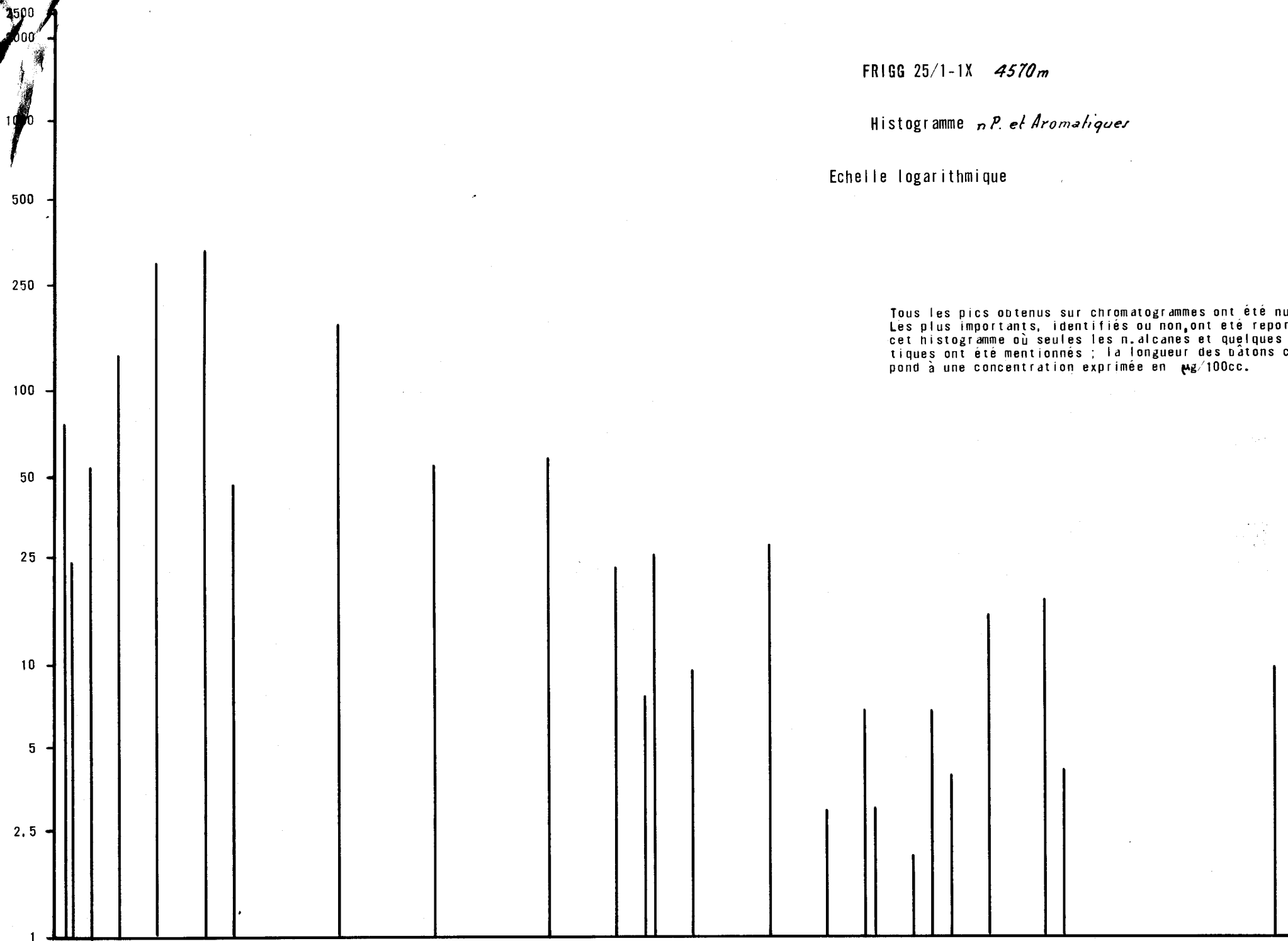


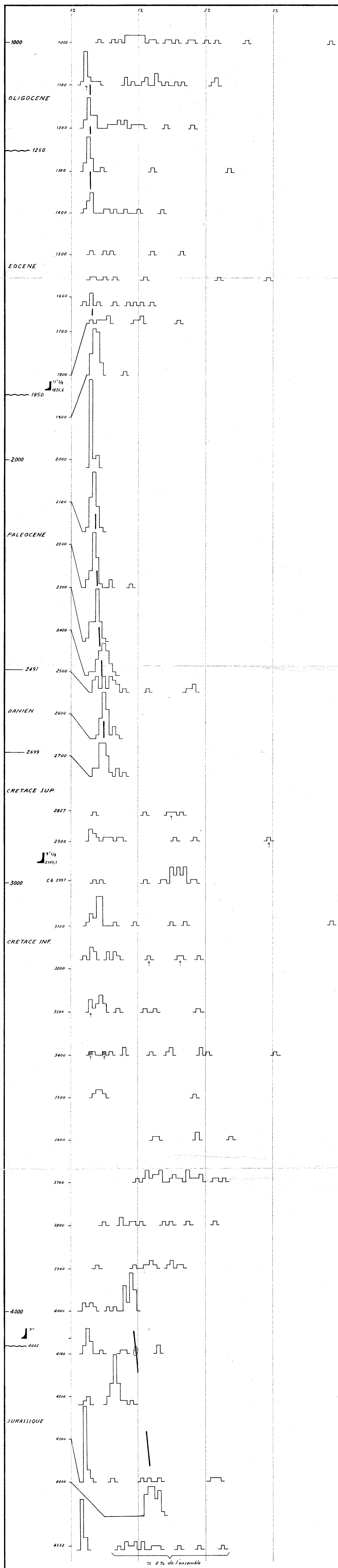
FRIGG 25/1-1X 4570m

Histogramme *nP. et Aromatiques*

Echelle logarithmique

Tous les pics obtenus sur chromatogrammes ont été numérotés. Les plus importants, identifiés ou non, ont été reportés sur cet histogramme où seules les n.alcanes et quelques aromatiques ont été mentionnés ; la longueur des bâtons correspond à une concentration exprimée en  $\mu\text{g}/100\text{cc}$ .





□ Vitrinite  
□ Bitume

	Secteur NORVEGE	
	Operateur elf NORVEGE Permis ou Concession 2 <sup>de</sup> Attribution	
<b>FRIGG 25/1-1x</b> <b>POUVOIR REFLECTEUR</b> <b>DES MATIERES ORGANIQUES INSOLUBLES</b> Echelle: 1/ 000000		
Elf ENTREPRISE DE RECHERCHES ET D'ACTIVITES PETROLIERES DIRECTION EXPLORATION LABORATOIRE	Pl. 19	Date: Nov. 1971 Auteur: J. ROBERT N°class: 5 837