



AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact : ddoc-theses-contact@univ-lorraine.fr

LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10

http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php

<http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm>

UNIVERSITE DE NANCY I
Laboratoire de Géologie des Ensembles Sédimentaires
U.F.R. Sciences et Techniques de la Matière et des Procédés
G.F.D. Sciences de la Terre
Spécialité Géologie Sédimentaire

THESE

présentée à

L'UNIVERSITE DE NANCY I

pour l'obtention du titre de

DOCTEUR DE L'UNIVERSITE DE NANCY I

par

Sylvie BOURQUIN

**ANALYSE FACIO-SEQUENTIELLE PAR DIAGRAPHIES
DU TRIAS DU CENTRE-OUEST
DU BASSIN DE PARIS :
APPORTS A LA RECONSTITUTION DE
L'ENVIRONNEMENT DE DEPOT**

Soutenue publiquement le 30 septembre 1991 à l'Université de Nancy I devant la commission d'examen :

MM. J. CLERMONTE

Président

Université de Nancy I

Ch. MANGOLD
O. SERRA

Rapporteurs

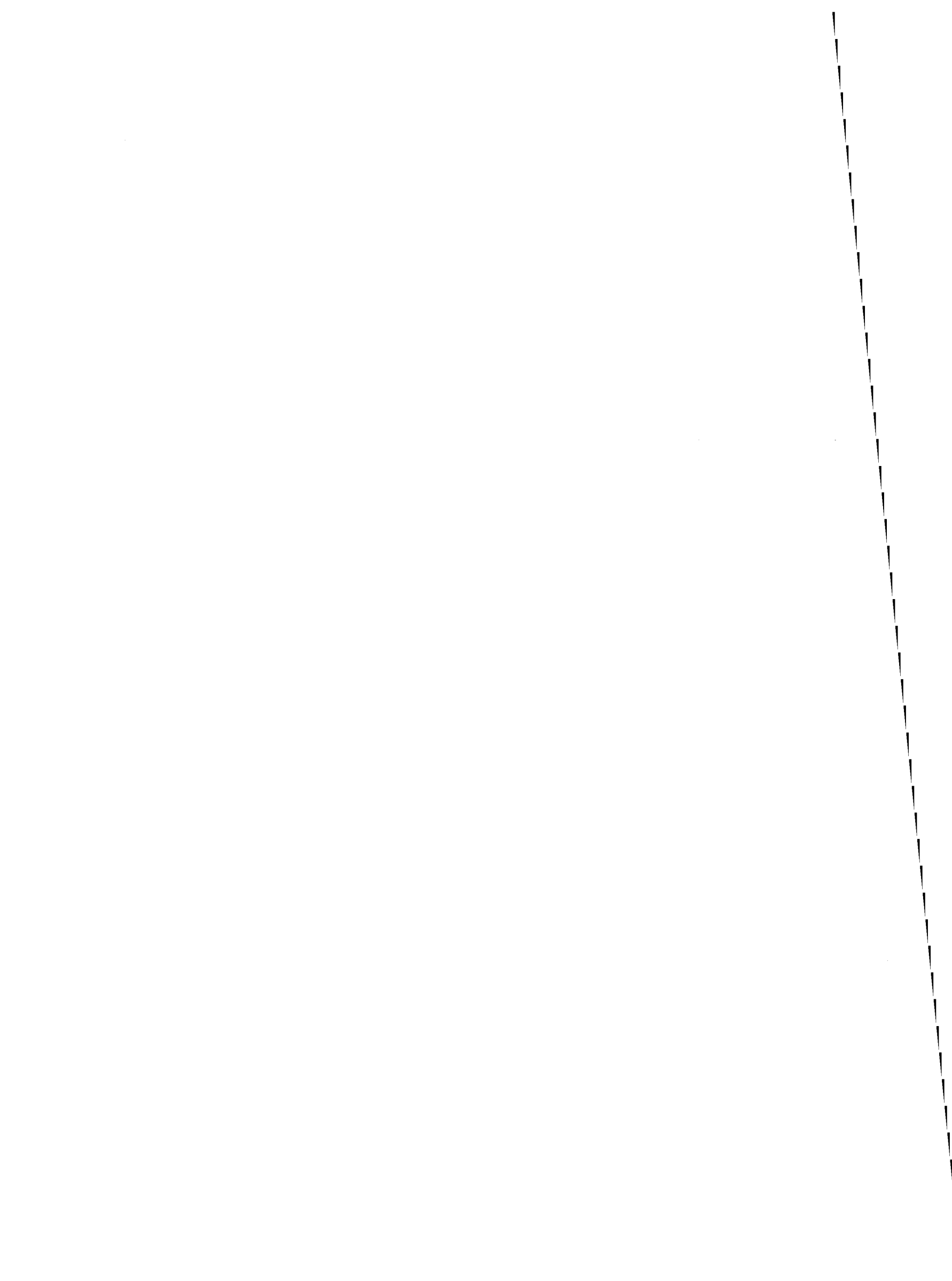
Université de Nancy I
Schlumberger

Melle C. BOEHM
MM. M. DURAND
F. GUILLOCHEAU
A. MEUNIER

Examineurs

S. N. Elf Aquitaine (P)
Université de Nancy I
Université L. Pasteur, Strasbourg
S. N. Elf Aquitaine (P)

*à Claude,
à mes parents*



Ce travail, effectué au Laboratoire de Géologie des Ensembles Sédimentaires (G.E.S.) de l'Université de Nancy I, a été financé conjointement par la société Schlumberger dans le cadre d'une bourse de recherche décernée par la Société Géologique de France, et par la société Elf Aquitaine (Mission France) qui a fourni les documents utilisés et mis à ma disposition son parc informatique. Je remercie vivement tous ces organismes sans l'aide desquels ce travail n'aurait pu être réalisé.

Je tiens à remercier tout particulièrement Monsieur le Professeur J. CLERMONTÉ, directeur du G.E.S., d'avoir dirigé ma thèse, de m'avoir chaleureusement accueillie dans son laboratoire, et pour l'honneur qu'il me fait de présider ce jury de thèse.

J'adresse tous mes remerciements à Monsieur O. SERRA, Ingénieur Schlumberger, pour son enseignement des techniques diagaphiques et pour avoir accepté d'être rapporteur de ce travail.

J'exprime également toute ma gratitude à Monsieur Ch. MANGOLD, Professeur à l'Université de Nancy I, d'avoir assuré le rôle difficile de rapporteur.

Je suis très reconnaissante envers F. GUILLOCHEAU, Directeur de Recherche au CNRS, de m'avoir fait bénéficier de son expérience en stratigraphie par les fructueuses discussions que nous avons eues ensemble.

Que Mademoiselle C. BOEHM, Ingénieur Elf Aquitaine, Messieurs M. DURAND, Maître de Conférence à l'Université de Nancy I, et A. MEUNIER, Ingénieur Elf Aquitaine, trouvent dans ces quelques lignes le témoignage de ma reconnaissance, pour les encouragements qu'ils n'ont cessé de me prodiguer tout au long de cette étude. Par leur compétence, leur expérience et l'intérêt constant dont ils ont fait preuve à l'égard de mes travaux, ils ont su me conseiller de façon efficace.

A toutes les personnes de Mission France qui m'ont aidée, j'exprime tous mes remerciements.

Je n'oublierai pas tous les membres du Laboratoire de Géologie des Ensembles Sédimentaires pour leur sympathie, et tout particulièrement Madame MARCHAL et Marie-Joe NIDA pour leur amitié et leur présence de tous les jours.

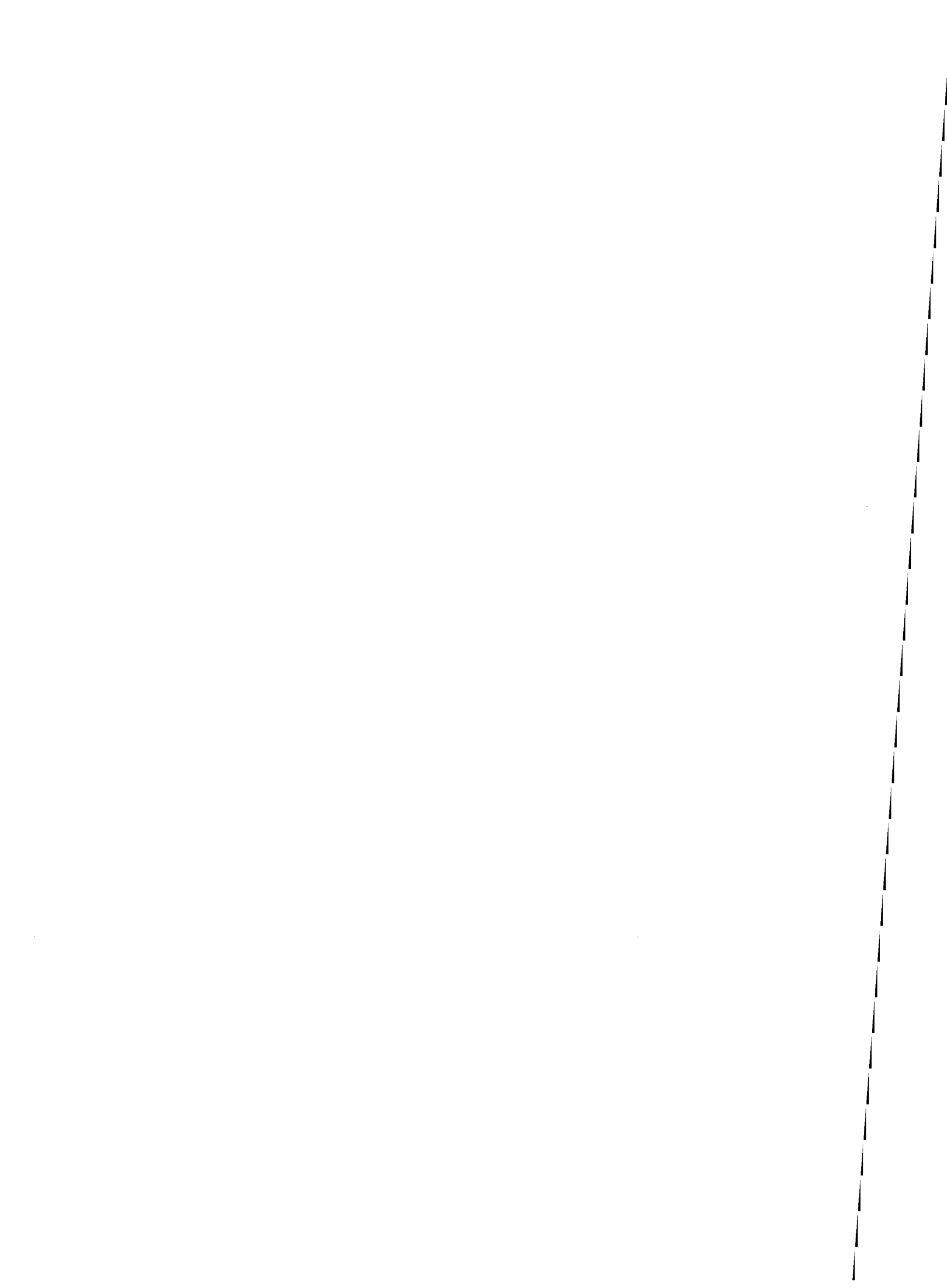


TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE I - HISTOIRE TRIASIQUE DU BASSIN DE PARIS.....	7
I.1 - Cadre structural.....	9
I.2 - Le Trias.....	9
I.2.1 - Introduction.....	9
I.2.2 - Le domaine oriental et la Champagne.....	11
I.2.2.1 - Le Buntsandstein.....	11
I.2.2.2 - Le Muschelkalk.....	14
A) Le domaine oriental.....	14
B) La Champagne.....	14
I.2.2.3 - Le Keuper.....	14
I.2.3 - Le domaine occidental.....	15
I.2.4 - Conclusion.....	17
I.3 - Conclusion.....	17
CHAPITRE II - LES INSTRUMENTS DE MESURES DIAGRAPHIQUES.....	19
II.1 - Introduction.....	21
II.2 - Les diagraphies "de base".....	22
II.2.1 - Mesures de la radioactivité naturelle totale.....	22
II.2.2 - Mesures du temps de parcours de l'onde sonore.....	24
II.2.3 - Mesures de la densité des formations.....	24
II.2.4 - Mesures de l'indice d'absorption photo-électrique.....	25
II.2.5 - Mesures de l'indice d'hydrogène.....	26
II.2.6 - Les outils de résistivité.....	26
II.3 - Les diagraphies "géochimiques".....	28
II.3.1 - Mesures de spectrométrie du rayonnement gamma naturel.....	28
II.3.2 - Mesures de spectrométrie du rayonnement gamma induit.....	30

II.4. - Les diagraphies "haute résolution"	30
II.4.1 - Les pendagemètres.....	30
II.4.1.1 - Le pendagemètre HDT* (Hight Density Dipmeter Tool).....	30
II.4.1.2 - Le pendagemètre SHDT* (Stratigraphic Hight Resolution Dipmeter Tool).....	33
II.4.2 - Le microscanner électrique	33

CHAPITRE III - METHODOLOGIES D'ANALYSE FACIOLOGIQUE ET

SEQUENTIELLE	37
III.1 - Introduction	39
III.2 - Analyse faciologique.....	39
III.2.1 - Introduction	39
III.2.2 - Analyse du document brut.....	40
III.2.2.1 - Contrôle de l'information.....	40
III.2.2.2 - Illustration du document brut.....	42
III.2.3 - Analyse faciologique manuelle.....	43
III.2.3.1 - Méthodologie.....	43
III.2.3.2 - Analyse.....	47
III.2.4 - Analyse faciologique semi-automatique	48
III.2.4.1 - FACILOG.....	48
A) Construction du modèle.....	50
B) Détermination des faciès.....	50
C) Regroupement des faciès.....	52
III.2.4.2 - Méthode d'analyse par cut-off.....	52
III.2.5 - Apport des diagraphies "haute résolution"	54
III.3 - Analyse séquentielle	56
III.3.1 - Méthodologie.....	56
III.3.2 - Analyse à partir des outils "haute résolution".....	57
III.3.3 - Analyse à partir des outils "de base" et "géochimiques"	59
III.4 - Conclusion.....	59

CHAPITRE IV - ANALYSE FACIOLOGIQUE PAR DIAGRAPHIES DU TRIAS

DU CENTRE-OUEST DU BASSIN DE PARIS.....	63
IV.1 - Introduction.....	65
IV.2 - Contrôle de l'information	65
IV.3 - Traitement semi-automatique - FACILOG.....	67
IV.4 - Description des différents faciès	75
IV.4.1 - Les faciès gréseux	75

IV.4.2 - Les faciès dolomitiques	77
IV.4.3 - Les faciès argileux.....	79
IV.4.4 - Les faciès anhydritiques.....	79
IV.4.5 - Conclusion.....	81
IV.5 - Analyse des faciès à partir des outils "haute résolution"	81
IV.6 - Analyse faciologique des différentes formations.....	84
IV.6.1 - Caractéristiques diagraphiques.....	84
IV.6.2 - Le Corps gréseux inférieur.....	87
IV.6.3 - Les Argiles intermédiaires.....	95
IV.6.4 - Les Grès de Chaunoy.....	101
IV.6.5 - Les Argiles sommitales.....	113
IV.7 - Conclusion.....	113

CHAPITRE V - ANALYSE SEQUENTIELLE, CORRELATIONS ET

ENVIRONNEMENTS DE DEPOT	117
V.1 - Introduction	119
V.2 - Les Grès de Donnemarie et les Argiles intermédiaires.....	119
V.2.1 - Analyse séquentielle et corrélation entre les différents puits.....	121
V.2.1.1 - Sondages du groupe 1	121
V.2.1.2 - Sondages des groupes 2 et 4.....	128
V.2.2 - Interprétation.....	131
V.3 - Les Grès de Chaunoy.....	136
V.3.1 - Introduction	136
V.3.2 - Analyse séquentielle	136
V.3.3 - Corrélations.....	144
V.3.3.1 - Coupe 1 : WSW-ENE.....	145
V.3.3.2 - Coupe 2 : N-S.....	147
V.3.3.3 - Corrélation des coupes 1 et 2 avec les puits J et M.....	149
V.3.3.4 - Coupe 3 : SSW-NNE.....	149
V.3.3.5 - Coupe 4 : E-W et coupe 5 : NW-SE.....	152
V.3.4 - Interprétation.....	154
V.3.4.1 - Interprétation des faciès dolomitiques	156
V.3.4.2 - Environnement de dépôt des Grès de Chaunoy.....	164
V.4 - Les Argiles sommitales.....	166
V.5 - Essais de corrélation avec l'est du bassin.....	167
V.6 - Conclusion.....	169

CONCLUSION.....	173
BIBLIOGRAPHIE.....	179
LISTE DES FIGURES ET TABLEAUX.....	187
ANNEXE 1 - ENREGISTREMENTS DIAGRAPHIQUES.....	195
ANNEXE 2 - CORRELATIONS DIAGRAPHIQUES.....	209

INTRODUCTION

Cette étude du Trias du centre-ouest du Bassin de Paris, effectuée sur quinze sondages pétroliers (Fig. I.1), a pour objectif de caractériser à partir d'analyses diagraphiques les divers faciès rencontrés afin de contribuer à la reconstitution de l'environnement de dépôt des différentes formations concernées. Pour raison de confidentialité, la zone étudiée ne peut être située géographiquement et la localisation de trois puits confidentiels (puits 1, 2 et 3) ne pourra être précisée.

Le Trias du domaine occidental du Bassin de Paris est constitué de deux corps gréseux : le Corps gréseux inférieur ou Grès de Donnemarie, et le Corps gréseux supérieur ou Grès de Chaunoy. Ces deux formations sont séparées par un épisode argileux constitué d'argiles à anhydrite : il s'agit des Argiles intermédiaires. Le sommet du Trias est représenté par des faciès argileux. Peu d'informations précises existent concernant la nature des faciès appartenant à ces trois formations ainsi que leur interprétation en terme d'environnement de dépôt.

Les sédiments triasiques de cette partie du Bassin de Paris n'étant pas affleurants, il est nécessaire d'étudier les enregistrements diagraphiques. L'analyse des enregistrements diagraphiques est essentielle pour l'étude des bassins. Elle permet de déterminer la nature des différents faciès traversés, et grâce à des données en continu d'effectuer des corrélations entre les sondages et les affleurements éventuels. La méthodologie d'analyse diagraphique employée ici est connue sous le nom "d'analyse facio-séquentielle en matrice complexe" car s'appliquant à des assemblages minéralogiques à plusieurs constituants, et/ou présentant des niveaux hétérogènes ou fissurés, et/ou contenant des hydrocarbures. Afin de mener à bien ladite analyse, il est primordial de disposer d'un maximum de données diagraphiques de qualité. Il est alors possible en suivant une démarche rigoureuse d'aboutir à une caractérisation lithologique, texturale et structurale des faciès, avec une précision pouvant être équivalente à celle obtenue à partir des carottes, pour peu que des outils "haute résolution" soient disponibles. Ensuite, l'étude détaillée des gradients diagraphiques caractérisant effectivement l'agencement vertical des différents faciès permet de définir l'évolution séquentielle des dépôts et, après corrélations entre les différents sondages, de proposer une reconstitution des environnements de dépôt.

Les résultats présentés sont répartis en cinq chapitres.

Le premier chapitre aborde l'histoire triasique du Bassin de Paris et replace la région étudiée dans ce contexte triasique.

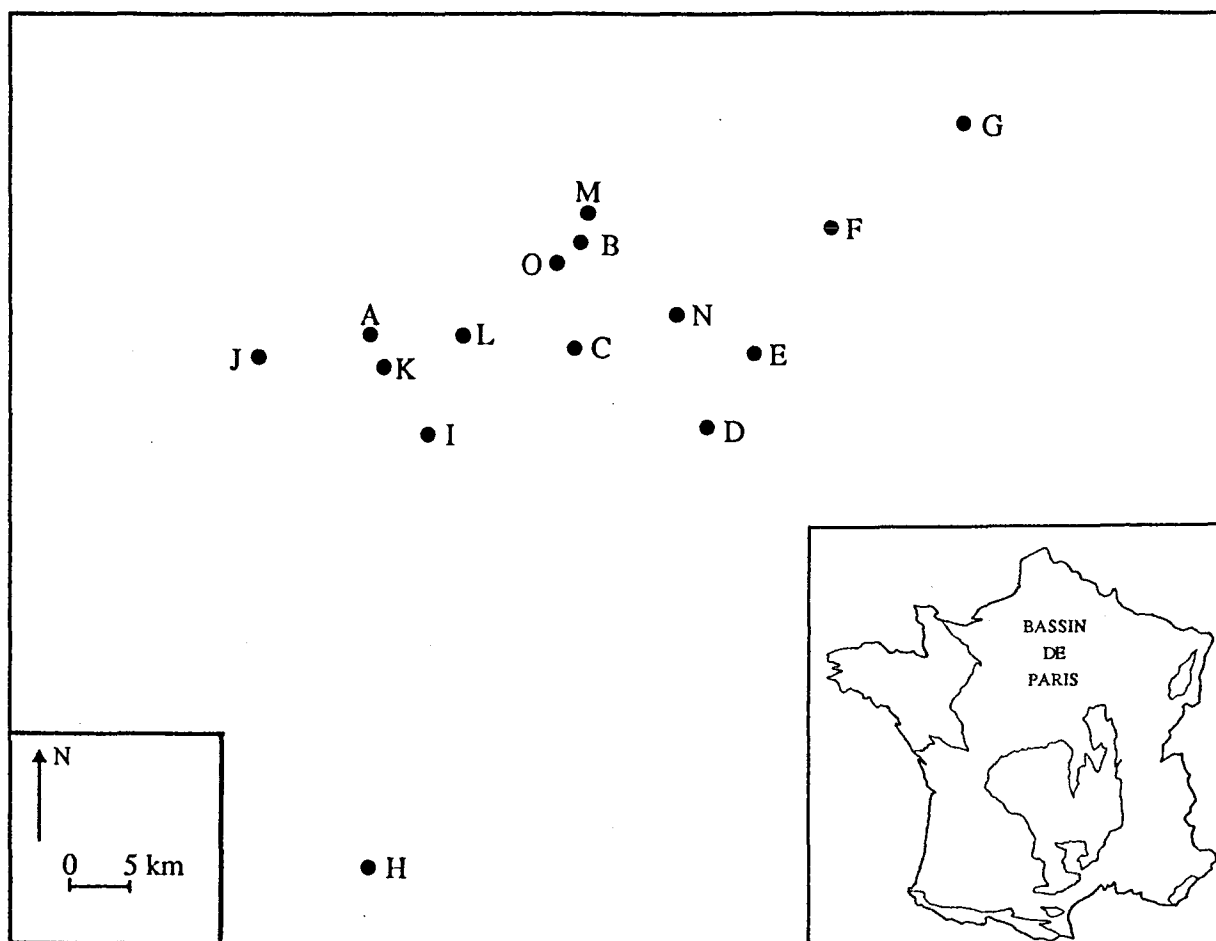


Figure 1 : Localisation des différents sondages étudiés, centre-ouest du Bassin de Paris

Au cours du second chapitre sont décrits les différents outils diagraphiques et leurs implications quant aux renseignements géologiques qu'ils fournissent.

Le troisième chapitre est consacré aux méthodologies d'analyse faciologique (manuelle et automatique) et séquentielle employées.

L'analyse faciologique effectuée par diagraphie fait l'objet du quatrième chapitre. Dans une première partie, le modèle de traitement semi-automatique des données, mis au point à partir de FACILOG (logiciel Elf Aquitaine), est décrit. Les différents électrofaciès reconnus sont caractérisés, dans une seconde partie, tant du point de vue lithologique, que textural et structural. Une analyse faciologique détaillée des trois formations (Grès de Donnemarie, Argiles intermédiaires et Grès de Chaunoy) est développée dans la troisième partie.

Dans le cinquième chapitre, après avoir décrit l'agencement séquentiel des différents faciès présents au sein des trois formations étudiées, effectué les corrélations et repéré les différents marqueurs, des interprétations en termes d'environnements de dépôt sont proposées. Des essais de corrélations avec les dépôts triasiques de l'Est du Bassin de Paris seront alors envisagés.

CHAPITRE I

HISTOIRE TRIASIQUE DU BASSIN DE PARIS

Ce premier chapitre a pour objectif d'aborder l'histoire triasique du Bassin de Paris, à partir des données bibliographiques.

I.1 - CADRE STRUCTURAL

Le Bassin de Paris est un bassin cratonique né de distensions permo-triasiques entre trois grandes unités (Fig. I.1) :

- le **bloc ardennais** au Nord-Est, limité au Sud par l'accident Bray-Vittel,
- le **bloc armoricain** à l'Ouest, limité à l'Est par la zone fracturée en relais (Rouen-Sennely) qui est soulignée par la grande anomalie magnétique du bassin Parisien,
- le **bloc arverno-vosgien** au Sud-Est venant s'insérer entre les deux unités précédemment décrites.

Ces trois blocs anciens, jouant essentiellement par épirogénèse, ont contrôlé l'évolution du Bassin qui est installé, dès le Trias supérieur, sur la plate-forme parisienne résultant de l'érosion des reliefs hercyniens et du comblement des fosses subsidentes permienes (Autran *et al.*, 1980 ; Le Roux, 1980 ; Mégnien, 1980 ; Durand et Koning, 1985 ; Debelmas, 1986).

I.2 - LE TRIAS

I.2.1 - Introduction

Ce chapitre ayant pour but de rappeler les différentes connaissances acquises sur le Trias du Bassin de Paris, le lecteur désireux d'en savoir plus pourra consulter les ouvrages et articles de référence tels que : Dubois et Umbach, 1974 ; Gall *et al.*, 1975 ; Durand, 1978 ; Courel *et al.*, 1980 ; Mégnien, 1980 ; Haguenaer et Hilly, 1987.

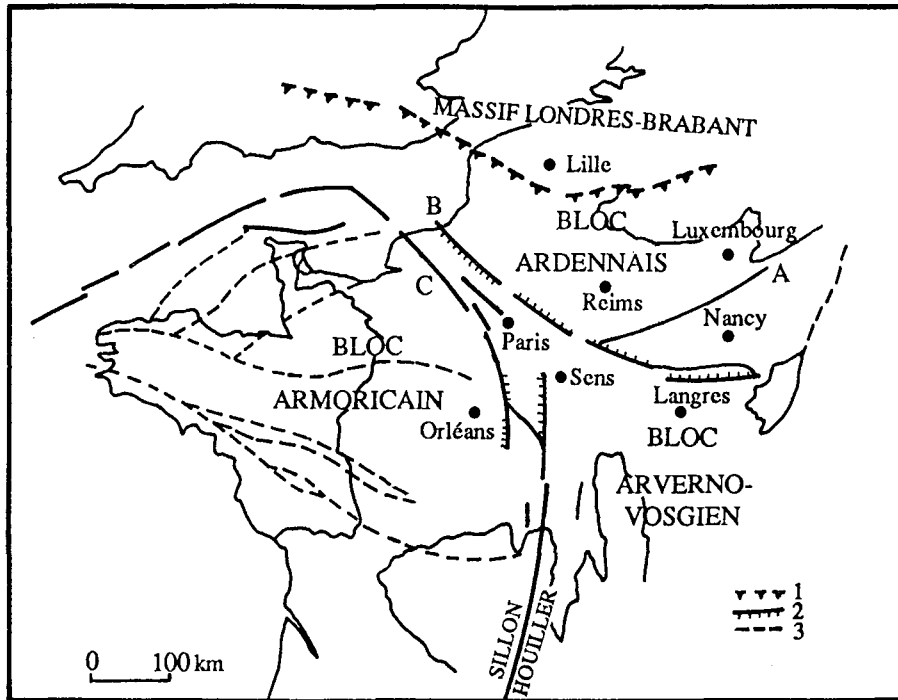


Figure I.1 : Structures hercyniennes profondes du Bassin de Paris (d'après Mégnien, 1980, modifiée) :

1. Front varisque
 2. Principales fractures du socle (et rejets)
 3. Limites des principales unités structurales du Massif Armoricaïn
- A. Faille de Metz
B. Faille Bray-Vittel
C. Faille Rouen-Sennely

L'histoire géologique du Trias du Bassin de Paris est marquée par les transgressions marines progressives d'Est en Ouest, à partir du Bassin germanique héritier de la mer du Zechstein.

Trois domaines peuvent être individualisés :

- le **domaine oriental** (la Lorraine) où est présente la "trilogie" triasique germanique (Buntsandstein, Muschelkalk et Keuper),
- les **marges de la Lorraine** (Champagne, seuil de Bourgogne, Ardennes) où le Trias moyen est directement transgressif sur le socle,
- le **domaine occidental** (Ouest, centre-ouest et Sud du Bassin parisien) est constitué en majorité de dépôts d'origine détritique qui seraient attribués presque exclusivement au Trias supérieur.

Seuls seront présentés dans ce chapitre : le domaine oriental, la Champagne et le domaine occidental (Fig. I.2 et I.3).

I.2.2 - Le domaine oriental et la Champagne

I.2.2.1 - Le Buntsandstein

Le Buntsandstein est constitué principalement de grès rouges provenant du démantèlement des reliefs hercyniens situés au Sud-Ouest de l'actuel Bassin de Paris. Les apports sont acheminés par l'intermédiaire d'une large gouttière entre Morvan et Champagne.

Le **Buntsandstein inférieur et moyen** correspond exclusivement à des sédiments détritiques acheminés vers la grande plaine d'épandage des Vosges par un réseau fluvial de direction SW-NE.

Dans le **Buntsandstein supérieur**, la progression de la transgression marine anisienne se manifeste par une évolution du paysage de plaine alluviale (Couches intermédiaires) vers un paysage "deltaïque" (Grès à Voltzia) dû à une submersion progressive de l'épandage fluvial.

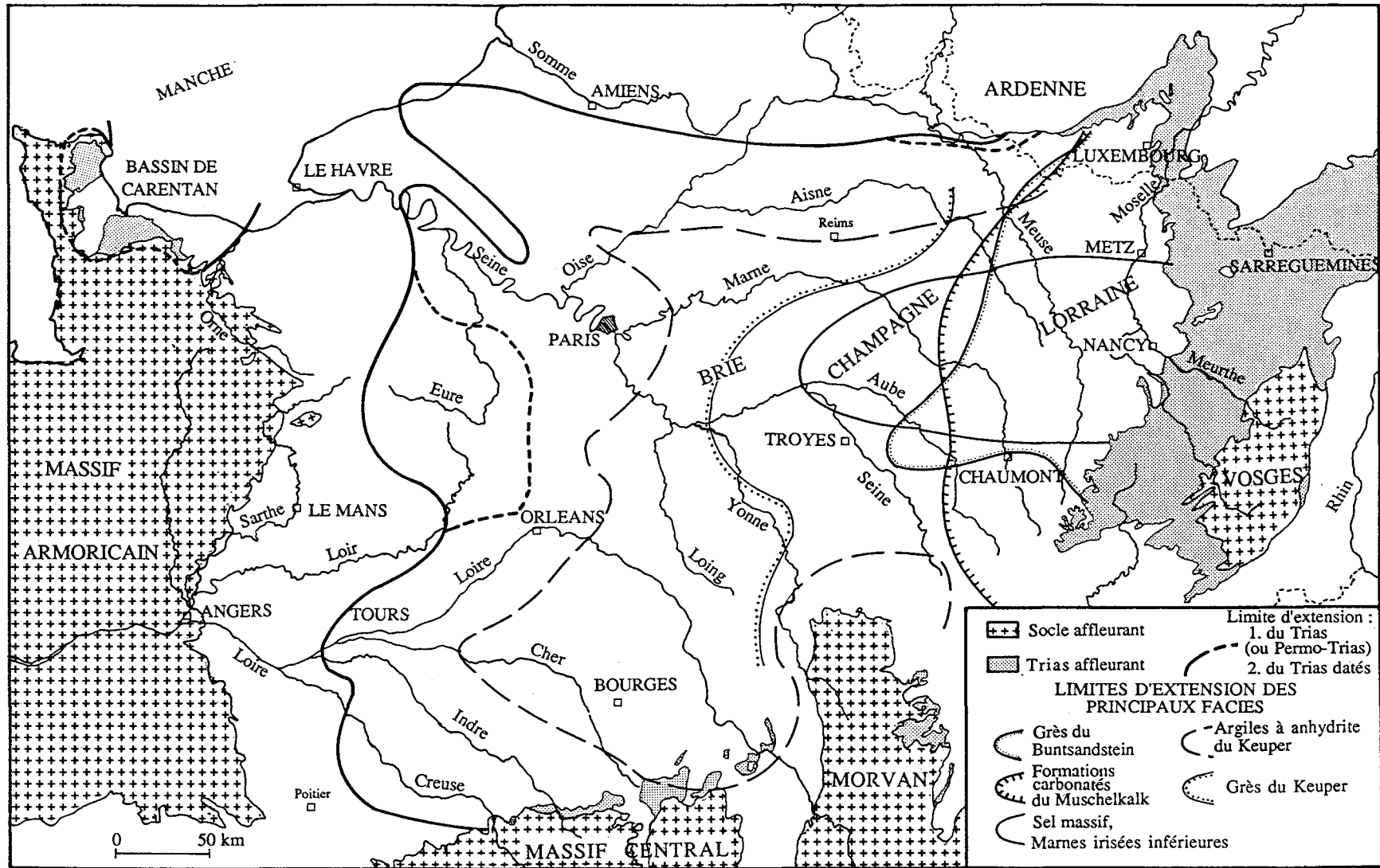


Figure I.2 : Limites d'extension des principaux faciès du Trias (d'après Courel *et al.*, 1980, modifiée).

N°	COULEUR	LITHOLOGIES
0		Caves
1	Vert	Argiles cavées
2	Vert	Argiles gréseuses
3	Vert	Argiles dolomitiques
4	Gris	Grès argilo-dolomitiques
5	Gris	Grès argileux
6	Rouge	Grès anhydritiques
7	Rouge	Grès siliceux
8	Magenta	Grès dolomitiques
9	Magenta	Grès dolomitiques à Dolomies gréseuses
10	Jaune	Grès
11	Bleu	Dolomies poreuses
12	Bleu	Dolomies gréseuses
13	Violet	Dolomies argilo-gréseuses
14	Violet	Dolomies argileuses
15	Noir	Anhydrites

A



Conglomerats



Grès



Dolomies



Nodules dolomitiques



Argiles dolomitiques



Argiles gréseuses



Argiles gréso-dolomitiques



Grès argileux



Grès argilo-dolomitiques



Anhydrites

B



Grès



Grès dolomitiques



Grès siliceux



Grès anhydritiques



Grès argileux



Dolomies



Dolomies gréseuses



Argiles gréseuses



Argiles dolomitiques



Argiles dolomitico-gréseuses



Argiles à anhydrite

Légende des figurés employés par FACILOG.

Légende des différents figurés employés pour :

- les colonnes faciologiques (A),
- les différentes corrélations diagraphiques (B).

ILE DE FRANCE	CHAMPAGNE	LORRAINE OCCIDENTALE	FORMATIONS EN LORRAINE	SYMBOLES CARTE	GROUPES	SUPER GROUPES
	Argiles de Levallois	Argiles de Levallois	Argiles de Levallois	t10	RHETIEN	KEUPER
	Grès et argiles rhétiens	Grès rhétiens	Grès rhétiens			
Argile de St. Meur	Argiles de St. Meur	Argiles de St. Meur	Argiles de St. Meur	t9	MARNES IRISÉES SUP.	MUSCHELKALK
Grès de Crouy	Grès de Crouy	Grès de Crouy	Grès de Crouy			
Grès de Saigneur	Grès de Saigneur	Grès de Saigneur	Grès de Saigneur			
Grès d'Arvy	Grès d'Arvy	Grès d'Arvy	Grès d'Arvy			
	Dolomie de Beaumont	Dolomie de Beaumont	Dolomie de Beaumont	t8	MARNES IRISÉES MOY.	MUSCHELKALK
	Grès à roseaux	Grès à roseaux	Grès à roseaux			
	Argile	Argile	Argile			
	Marnes	Marnes	Marnes	t7	MARNES IRISÉES INF.	MUSCHELKALK
	Sel	Sel	Sel			
	Argile à anhydrite	Argile à anhydrite et gypse	Argile à anhydrite et gypse			
	Dolomie limite	Dolomie limite	Dolomie limite	t6	LETTENKÖHLE	MUSCHELKALK
	Argile	Argile dolomitique	Argile de la Lettenköhle			
	Grès et argile	Grès et argile	Grès et argile	t5	MUSCHELKALK SUP.	MUSCHELKALK
	Dolomie	Calc. à tétrébrutes	Calcaire à tétrébrutes			
	Argile à anhydrite	Couches à céramites	Calcaire à céramites			
	Couches rouges	Calcaire à entroques	Calcaire à entroques			
	Grès coquillier	Couches grises	Couches grises	t4	MUSCHELKALK MOY. groupe de l'Anhydrite	MUSCHELKALK
	Grès coquillier	Sel	Couches grises			
	Grès à Voltzia	Couches rouges	Couches rouges	t3	MUSCHELKALK INF.	MUSCHELKALK
	Grès à Voltzia	Grès coquillier	Grès coquillier			
	Grès à Voltzia	Grès à Voltzia	Grès à Voltzia	t2b	BUNTSANDSTEIN SUP.	BUNTSANDSTEIN
	Conglomérat principal	Conglomérat principal	Conglomérat principal	t1c	BUNTSANDSTEIN MOY.	
	Grès vosgien	Grès vosgien	Grès vosgien	t1b	BUNTSANDSTEIN MOY.	
	Conglomérat inférieur	Conglomérat inférieur	Conglomérat inférieur	t1a	BUNTSANDSTEIN INF.	

Tableau lithostratigraphique des formations rencontrées en sondages

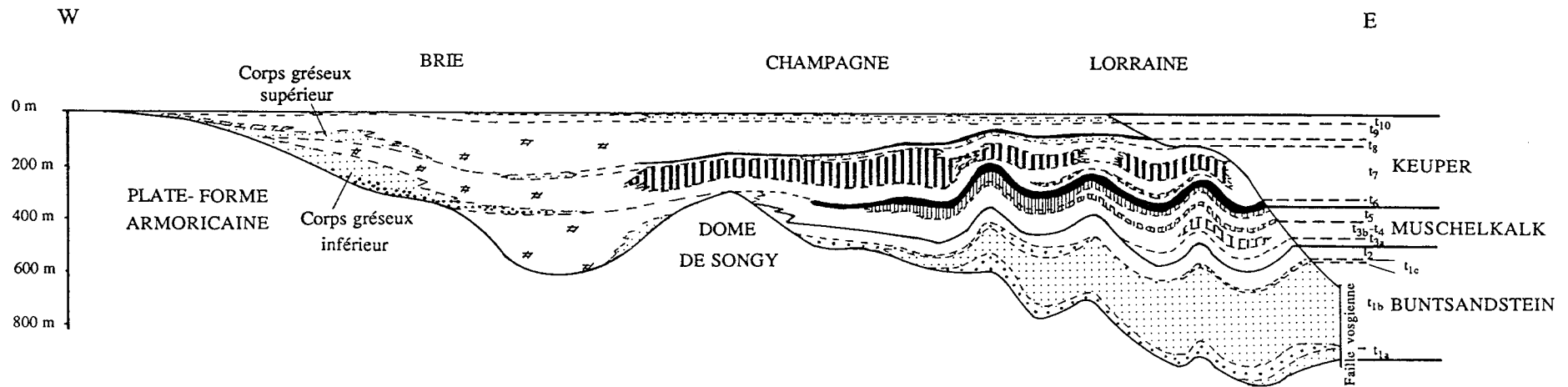


Figure I.3 : Coupe lithostratigraphique Ouest-Est du Bassin de Paris (d'après Courel *et al.*, 1980 modifiée en fonction de Matray *et al.*, 1989).

I.2.2.2 - Le Muschelkalk

A) *Le domaine oriental*

Le **Muschelkalk inférieur** montre un paysage de vasières littorales plus ou moins ensablées, caractérisé par la présence de grès coquilliers.

Le **Muschelkalk moyen** est représenté par une sédimentation argilo-évaporitique évoquant une lagune incomplètement reliée à la mer ouverte sous un climat relativement chaud. Il déborde largement le domaine de sédimentation du Muschelkalk inférieur et atteint la Champagne et l'Eperon bourguignon (bordure méridionale du bassin).

Le **Muschelkalk supérieur** est caractérisé par un milieu franchement marin constitué de calcaires coquilliers.

B) *La Champagne*

Au cours du dépôt du Muschelkalk, la Champagne n'est atteinte que par des dépôts de bordure, le rivage étant progressivement repoussé vers l'Ouest ; il s'agit de faciès argileux et gréseux. Dans certains sondages en bordure de la Champagne, les grès de la base du Muschelkalk et ceux du sommet du Buntsandstein ne se distinguent plus.

En Lorraine occidentale, le passage entre les faciès champenois et les faciès lorrains est marqué au Muschelkalk moyen par des argiles à anhydrite et au Muschelkalk supérieur par des faciès dolomitiques.

I.2.2.3 - Le Keuper

La **Lettenkohle** constituée de faciès dolomitiques marque une transition entre les milieux marins du Muschelkalk supérieur et les milieux concentrés du Keuper. Cependant, la **Lettenkohle moyenne** est constituée de matériaux détritiques, assez souvent associés à des débris végétaux, ce qui suggère un bref épisode plus humide.

Les **Marnes irisées inférieures** témoignent d'un milieu sursaturé, avec omniprésence de faciès évaporitiques.

Les **Marnes irisées moyennes**, avec des grès fluviatiles (**Grès à roseaux**), à leur base, sont marquées par un répit climatique. Les apports détritiques qui venaient depuis le début du Trias de l'Ouest, sont alors originaires du Nord-Est.

A leur sommet, la **Dolomie de Beaumont** contenant de l'anhydrite semble indiquer un milieu encore partiellement confiné.

Les **Marnes irisées supérieures** sont constituées de faciès argilo-dolomitiques et évaporitiques.

Le **Rhétien** comporte des corps sableux dont la reconstitution en termes d'environnement de dépôt reste encore problématique. Cependant, les travaux de Hendriks (1982) signalent des dépôts estuariens, deltaïques et de marécages tidaux, arrivant par la gouttière eifélienne.

Le Rhétien terminal, avec les **Argiles de Levallois**, montre les derniers représentants des faciès lagunaires.

I.2.3 - Le domaine occidental

Les faciès triasiques bordant la plate-forme armoricaine seraient des dépôts, équivalents du Keuper, résultant d'un changement tectonique important : creusement d'un bassin à l'Ouest de la Champagne (Courel *et al.*, 1980).

Deux mégaséquences gréseuses séparées par un épisode argileux sont observées :

- Le **Corps gréseux inférieur**, dénommé **Grès de Donnemarie** dans la partie ouest et centre-ouest du Bassin (Matray *et al.*, 1989), est conglomératique à la base et évoluerait vers une série fluviatile rythmée. La granulométrie décroît d'Ouest en Est dans la région centrale du bassin, et du Sud au Nord dans la région méridionale. Ces dépôts continentaux passent latéralement vers l'Est à des faciès argilo-anhydritiques.
- Les **Argiles à anhydrite** couvrent la presque totalité du bassin ; elles sont appelées **Argiles intermédiaires** dans la partie ouest et centre-ouest du bassin.

- Le **Corps gréseux supérieur**, dénommé **Grès de Chailly-Chaunoy** à l'Ouest et au centre-ouest du bassin, présente également un caractère fluviatile rythmé, mais ces dépôts sont moins progradants que ceux du précédent corps gréseux vers l'Est, où ils passent latéralement à des faciès argilo-anhydritiques. Ils seraient équivalents aux "Marnes irisées supérieures" rencontrées dans le domaine oriental (Matray *et al.*, 1989).

Au dessus des Grès de Chaunoy, dans la partie la plus occidentale, on observe un niveau dolomitique.

Le sommet du Trias est constitué de faciès argileux avec à la base les **Argiles de Chalain** (constituées d'argiles dolomitiques ou anhydritiques). L'extension du Rhétien dans cette partie du bassin reste problématique.

La synthèse des données pétrolières de Elf (Courel *et al.*, 1980) indique deux sous-bassins à sédimentation détritique grossière séparés par une zone argileuse :

- le premier, composé de grès plus ou moins consolidés et d'argiles, est situé au Sud de la Loire,
- le second, dont l'axe principal d'apport d'Ouest en Est est situé à l'aplomb de la Basse Seine, est constitué principalement de grès et de conglomérats. Il a une épaisseur maximale centrée sous la Brie et préfigure l'actuel Bassin de Paris.

Les corrélations entre ces deux sous-bassins sont difficiles et, au Nord de la Marne, la séparation entre les deux épisodes détritiques par des Argiles à anhydrite n'est pas visible. De plus, du fait de l'absence presque générale de fossiles dans cette partie du bassin, la chronostratigraphie est très délicate. Cependant des études palynologiques de SNEA(P) ont permis de dater tout le cycle fluviatile inférieur du Keuper (Courel *et al.*, 1980), celui-ci étant considéré auparavant comme du permo-trias indifférencié.

Des travaux récents (Courel *et al.*, 1990), à partir d'arguments palynologiques, permettent, dans le Sud du bassin (sondage de Sancerre-Couy), de dater les grès infra-anhydritiques du Ladinien supérieur ; la limite Ladinien - Carnien, se situe à la base des Argiles à anhydrites, dans les premiers dépôts évaporitiques massifs ou immédiatement au-dessus. Ainsi, ces résultats prouvent, pour la première fois, que dans cette région du bassin, la série triasique débute avant le Trias supérieur. Ces grès infra-anhydritiques,

surmontant des grès argileux à indices de pédogenèse interprétés comme fluviaux, montrent des influences marines (dépôts lagunaires à influence tidale). Ces séquences de comblement peuvent être assimilées à des paraséquences dans un système de haut niveau marin (cortège de haut niveau marin connu sur les bordures des massifs tardi-hercyniens d'Europe occidentale).

I.2.4 - Conclusion

Le bassin de Paris ne prend véritablement naissance qu'au Trias supérieur avec accentuation du caractère transgressif vers l'Ouest et matérialisation d'une zone fortement subsidente à l'aplomb de la Brie. Auparavant, la région concernée ne formait que la marge occidentale du bassin germanique avec, au Trias inférieur, des apports fluviaux d'Ouest en Est et, au Trias moyen, un envahissement progressif par les transgressions marines venant de l'Est et ce jusqu'en Champagne (Fig. I.2).

I.3 - CONCLUSION

Le Trias du domaine oriental et des marges de la Lorraine est bien connu et relativement bien corrélé avec celui du Bassin germanique (Gall *et al.*, 1977).

Les faciès triasiques du domaine occidental ne sont pas affleurants et ne peuvent être étudiés qu'à partir de sondages. Les corrélations entre ce domaine et les faciès lorrains ont donc été effectuées par diagraphies et les datations ont été acquises à partir des données de palynologie.

CHAPITRE II

LES INSTRUMENTS DE MESURES

DIAGRAPHIQUES

II.1 - INTRODUCTION

Le terme diagraphie provenant du grec *dia*, "à travers", et *graphein*, "dessiner", appelé plus couramment *log* (terme américain signifiant bûche, rouleau,...), désigne tout enregistrement continu d'une caractéristique donnée des formations traversées par un sondage, en fonction de la profondeur.

Les instruments de mesures diagraphiques sont également appelés, après traduction littérale du terme américain "tools", outils diagraphiques.

Au cours d'un sondage, les enregistrements effectués sont de deux types : les diagraphies instantanées réalisées pendant le forage et les diagraphies différées dont l'enregistrement est effectué après arrêt du forage.

Cette étude s'appuyant sur les diagraphies différées, seuls les outils permettant ces enregistrements seront décrits dans ce chapitre.

Trois catégories de diagraphies doivent être distinguées :

- les diagraphies "**de base**", mesures de la radioactivité naturelle totale, du temps de parcours de l'onde sonique, de la densité, de l'indice d'hydrogène, des résistivités..., ont un pouvoir de résolution verticale de l'ordre de 30 à 50 cm ; elles sont utilisées pour définir la lithologie et les caractéristiques "réservoir" des formations,
- les diagraphies "**géochimiques**", mesures spectrométriques du rayonnement gamma naturel et induit, avec un pouvoir de résolution verticale identique à celui des précédentes, elles permettent d'appréhender la nature d'un certain nombre d'éléments présents dans les roches,
- les diagraphies "**haute résolution**", outils pendagemètre et microscanner, grâce à leur pouvoir de résolution verticale de l'ordre du centimètre, autorisent une approche des paramètres texturaux et structuraux.

II.2 - LES DIAGRAPHIES "DE BASE"

II.2.1 - Mesures de la radioactivité naturelle totale

La désintégration des atomes instables présents dans l'horizon testé traduit une radioactivité naturelle se manifestant par l'émission de rayonnements α , β et γ . Cette radioactivité est essentiellement produite par trois éléments principaux : l'uranium, le thorium et le potassium. Au cours de l'enregistrement effectué par l'outil Gamma Ray ou GR* (Schlumberger, 1987a, 1989a ; Serra, 1979, 1990), seul le rayonnement γ total, exprimé en unité API (American Petroleum Institute), est mesuré (Fig. II.1).

Les roches ou minéraux susceptibles de renfermer un ou plusieurs de ces éléments radioactifs sont :

- les argiles, dont les minéraux argileux les composant contiennent plus ou moins de thorium, de potassium et d'uranium fixés par adsorption,
- les grès feldspathiques ou micacés, les arkoses et grauwackes,
- les minéraux potassiques (cas des formations évaporitiques potassiques, des illites...),
- les minéraux lourds présents dans les formations gréseuses (zircon, monazite, sphène...),
- les dépôts auxquels l'uranium est fréquemment associé, tels que les niveaux riches en matière organique, en phosphate...,
- les roches plutoniques ou volcaniques acides et acido-basiques,
- les gneiss, les micaschistes...

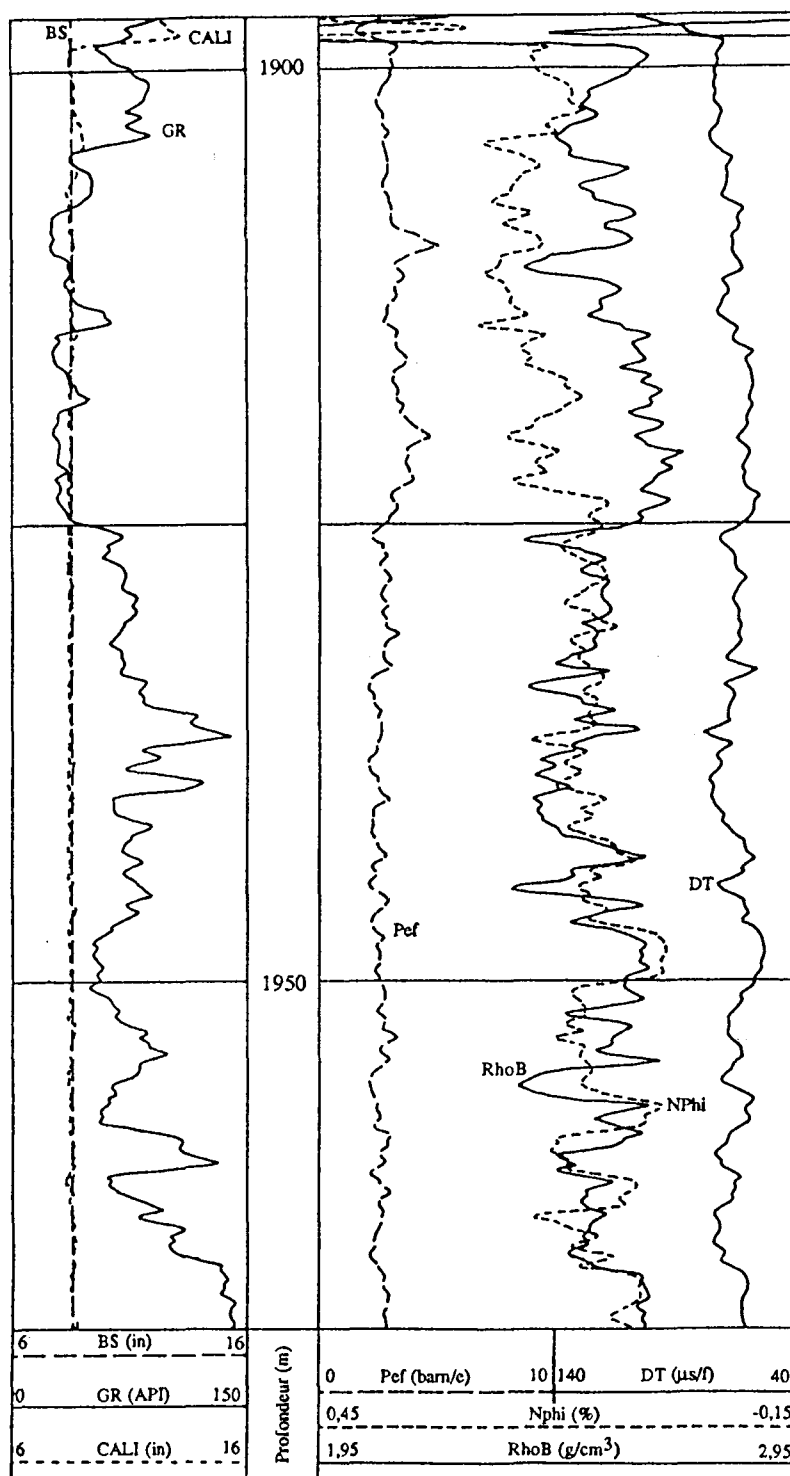


Figure II.1 : Diagraphies de mesures de radioactivité naturelle totale (GR), de "sonic" (DT), de densité (RhoB), de porosité neutron (NPhi) et de facteur photo-électrique (Pef).

Cet outil permet la recherche des minerais radioactifs et la détection des bancs d'argiles ou de fines passées radioactives (cinérites ou tonsteins des séries houillères par exemple) qui peuvent être extrêmement importants en tant que niveaux repères isochrones.

II.2.2 - Mesures du temps de parcours de l'onde sonique

L'outil sonique compensé ou BHC* (Bore Hole Compensated ; Schlumberger, 1987a, 1989a ; Serra, 1979, 1990) envoie un train d'ondes acoustiques dans la formation et mesure le temps mis par la première onde longitudinale pour parcourir la distance séparant l'émetteur du récepteur. Afin d'éviter au maximum les erreurs de lecture dues à la présence de cavités ou à l'inclinaison de l'outil dans le trou de sonde, l'outil BHC* comporte deux émetteurs et quatre récepteurs. Ainsi, en effectuant la moyenne des deux lectures, on minimise ces effets parasites : l'outil est alors dit "compensé des effets de trou".

Ces mesures (DT, Fig. II.1), exprimées en microseconde par pied ($\mu\text{s}/\text{f}$), sont fonction de la composition minéralogique de la roche, de sa structure (homogénéité du sédiment), de sa texture (taille et forme des grains et des pores, nature des contacts, répartition et connexion des pores), de son degré de compaction, de sa porosité, de la nature des fluides présents.

II.2.3 - Mesures de la densité des formations

Ces mesures de densité sont effectuées par l'outil FDC* (Formation Density Compensated ; Schlumberger, 1987a ; Serra, 1979, 1990).

Lors du bombardement des atomes de la formation par des rayons γ , les photons incidents vont entrer en collision avec des électrons du cortège électronique des noyaux, provoquant ainsi, pour un certain domaine d'énergie du rayonnement incident, l'éjection d'électrons et la diffusion de photons d'énergie différente de celle du faisceau source (effet Compton). Ce phénomène de diffusion sera sensible à la densité électronique de la roche qui est proportionnelle à la masse volumique globale.

A partir de la mesure du rayonnement γ diffusé, il est possible de déduire la densité globale (Rho Bulk ou RhoB) pour un outil calibré dans un calcaire saturé d'eau douce.

Cette densité, mesurée en g/cm^3 (Fig. II.1), sera fonction :

- des différents minéraux constituant la formation, ainsi que de leurs pourcentages volumétriques respectifs,
- du pourcentage relatif entre le volume des vides (porosité) et le volume matriciel,
- de la nature des fluides présents et de leurs pourcentages dans la roche et les pores.

Une formation poreuse ayant une masse volumique plus faible qu'une formation compacte, cet outil permettra d'appréhender également la porosité.

II.2.4 - Mesures de l'indice d'absorption photo-électrique

Actuellement, l'utilisation de l'outil LDT (Litho Density Tool ; Schlumberger, 1987a ; Serra, 1979, 1990) permet de mesurer simultanément la densité de la formation traversée et le numéro atomique moyen de ses éléments par enregistrement simultané de l'effet Compton et de la mesure des rayons γ de basse énergie absorbés par effet photo-électrique. Ce dernier s'exprime par un coefficient d'absorption photo-électrique ou facteur photo-électrique (P_{ef} , Fig. II.1) mesuré en b/e (barn par électron).

Les mesures de P_{ef} sont quasi indépendantes de la porosité et de la nature des fluides présents dans la roche (faibles valeurs de P_{ef} des fluides) mais sont très sensibles aux atomes lourds (numéro atomique supérieur à 20 : Fe, Sr, Ba, Pb...) qui provoquent une augmentation du P_{ef} (cas des sulfures de fer, de plomb...). Le P_{ef} des minéraux sédimentaires communs est généralement inférieur à 5 b/e.

Cet outil est un bon indicateur de la composition des formations et il permet également de préciser le pourcentage volumétrique des différents minéraux présents, s'il est combiné aux mesures précédemment décrites.

II.2.5 - Mesures de l'indice d'hydrogène

L'outil neutron ou CNL* (Compensated Neutron Log ; Schlumberger, 1987a, 1989a ; Serra, 1979, 1990) permet d'effectuer les mesures de l'indice d'hydrogène, encore appelées mesures de porosité neutron (NPhi ou PhiN, Fig. II.1) qui sont exprimées en %.

Le bombardement des atomes constituant la formation par des neutrons rapides provoque le ralentissement de ces derniers par collision noyau-neutron conduisant ainsi à la perte progressive de leur énergie. Pour un domaine d'énergie relativement faible du faisceau incident, l'hydrogène possède le plus grand pouvoir ralentisseur et par conséquent influencera principalement cette mesure.

L'hydrogène étant un constituant essentiel de l'eau et des hydrocarbures liquides présents dans les pores de la roche, l'indice d'hydrogène ou porosité neutron est donc fonction de la porosité totale de la roche. Cependant, la porosité neutron ne peut être assimilée à la porosité matricielle du fait de la présence d'eau de constitution dans certains minéraux (cas de certaines argiles, de minéraux hydratés tels le gypse,...).

La présence de gaz dans une formation a pour effet de diminuer considérablement sa porosité neutron, la quantité d'atomes d'hydrogène par unité de volume étant plus faible que dans le cas d'une formation à eau ou à huile.

Cet outil (également compensé des effets de trou) étant calibré dans une matrice calcaire, certaines valeurs de l'indice sont négatives, notamment celles de l'anhydrite et du quartz.

II.2.6 - Les outils de résistivité

Les outils de résistivité (Schlumberger, 1987a ; Serra, 1979, 1990) ont tous pour principe l'enregistrement d'un signal électrique ou électromagnétique par un récepteur situé à une certaine distance de la source émettrice.

La résistivité d'une roche est influencée par les facteurs suivants :

- la composition de la roche : pratiquement tous les minéraux sont des isolants (exceptions faites du graphite, des sulfures et des éléments natifs), ainsi que les hydrocarbures,

- la nature et le pourcentage de fluides présents,
- la distribution des minéraux conducteurs présents dans la roche,
- la texture et la structure de la formation,
- la température, la formation étant d'autant plus conductrice que sa température est élevée.

Ainsi, une roche poreuse saturée en fluide dont les pores sont connectés est conductrice (l'eau occupe les pores et permet le passage du courant) et sa résistivité augmentera avec la teneur en hydrocarbure.

Deux types de dispositifs sont à distinguer :

- les microdispositifs MSFL* (Micro-Spherically Focused Log), possédant un rayon d'investigation faible, effectuent une "lecture" dans la zone lavée (zone contaminée par le filtrat de boue) ; l'unité employée est l'ohmmètre (Ωm),
- les macrodispositifs LLd* ou ILd* (Laterolog deep ou Induction Log deep), dont le rayon d'investigation est plus important, effectuent une "lecture" plus ou moins proche de la résistivité de la formation, exprimée en Ωm .

La comparaison entre ces deux mesures de résistivité est précieuse pour la détection des hydrocarbures. Il est possible de déterminer grâce à la résistivité, la saturation en eau et par différence celle en hydrocarbure, dès l'instant où la résistivité de la formation et la porosité de la roche sont connues.

II.3 - LES DIAGRAPHIES "GEOCHIMIQUES"

II.3.1 - Mesures de spectrométrie du rayonnement gamma naturel

L'outil NGS* (Natural Gamma Ray Spectrometry ; Serra, 1979, 1990 ; Schlumberger, 1987a, 1989a) effectue une analyse spectroscopique du rayonnement γ naturel total émis par la formation, en mesurant, pour un certain domaine d'énergie, l'intensité du rayonnement des différents éléments radioactifs (U, Th, K). Les teneurs sont exprimées en ppm pour l'uranium et le thorium, et en % pour le potassium. Outre les courbes U, Th et K, deux courbes de gamma-ray figurent fréquemment sur les diagraphies (Fig. II.2) :

- la courbe SGR représentant la radioactivité naturelle totale émise par la formation,
- la courbe CGR représentant la radioactivité totale moins la radioactivité due à l'uranium.

Cette présentation permet de montrer directement la part de l'uranium dans la radioactivité naturelle totale émise par la formation.

Ces mesures combinées avec les autres données diagraphiques renseignent sur :

- la nature minéralogique des argiles (kaolinite, illite, montmorillonite...),
- la présence de minéraux radioactifs tels que mica, feldspath potassique, phosphate...

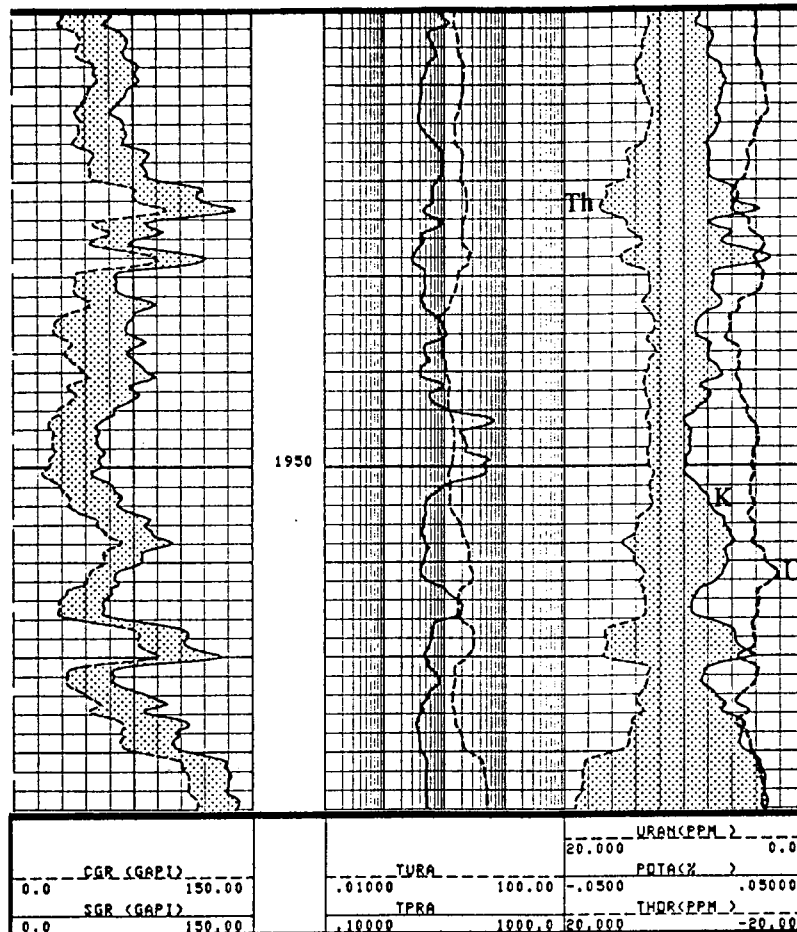


Figure II.2 : Diagraphie de mesures spectrométriques du rayonnement gamma naturel : courbes d'uranium (URAN), de potassium (POTA) et de thorium (THOR), avec SGR = GR et CGR = GR - URAN.

II.3.2 - Mesures de spectrométrie du rayonnement gamma induit

L'outil GST* ou GLT* (Gamma Ray Spectrometry Tool ou Geochemical Logging Tool, Schlumberger, 1983a, 1989a ; Berger et Roestenburg, 1989 ; Colombani, 1988 ; Serra, 1988, 1990) envoie un faisceau de neutrons d'énergie élevée. L'interaction de ces neutrons avec le noyau des atomes conduit à l'émission de rayons gamma dont l'énergie est caractéristique de l'élément.

L'analyse spectrale en intensité et en énergie du rayonnement gamma émis permet de détecter et de doser les éléments hydrogène, carbone, oxygène, soufre, chlore, calcium, silicium, fer, titane et gadolinium (Fig. II.3).

II.4. - LES DIAGRAPHIES "HAUTE RESOLUTION"

II.4.1 - Les pendagemètres

Ces outils de pendagemétrie (Schlumberger, 1983b ; Serra, 1979, 1990) enregistrent des courbes de microrésistivité et donnent ainsi des informations sur les paramètres texturaux et structuraux de la formation. Après divers traitements des données (cf. par. III.3.2), il est possible de déterminer les pendages de la formation (Fig. II.4).

II.4.1.1 - Le pendagemètre HDT* (Hight Density Dipmeter Tool)

L'outil comporte quatre patins orthogonaux entre eux ayant chacun une électrode de mesure de microrésistivité. Il possède un pouvoir de résolution verticale de quelques centimètres. Une boussole et un photoclinomètre donnent l'orientation des patins par rapport au Nord magnétique ainsi que l'angle et l'azimut de la déviation du trou.

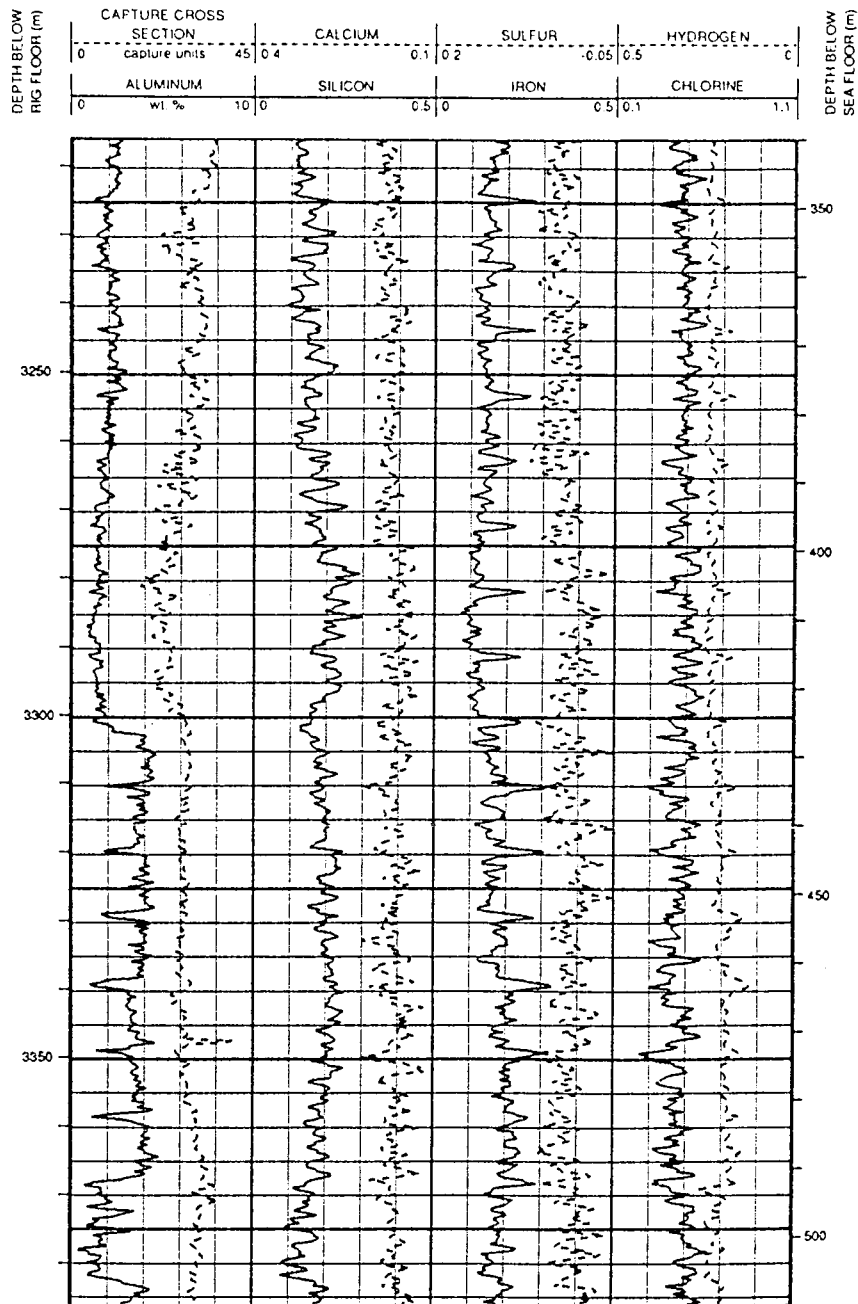


Figure II.3 : Diagraphie de mesures de spectrométrie du rayonnement gamma induit (d'après Proceeding of the Ocean Drilling Program, 1990).

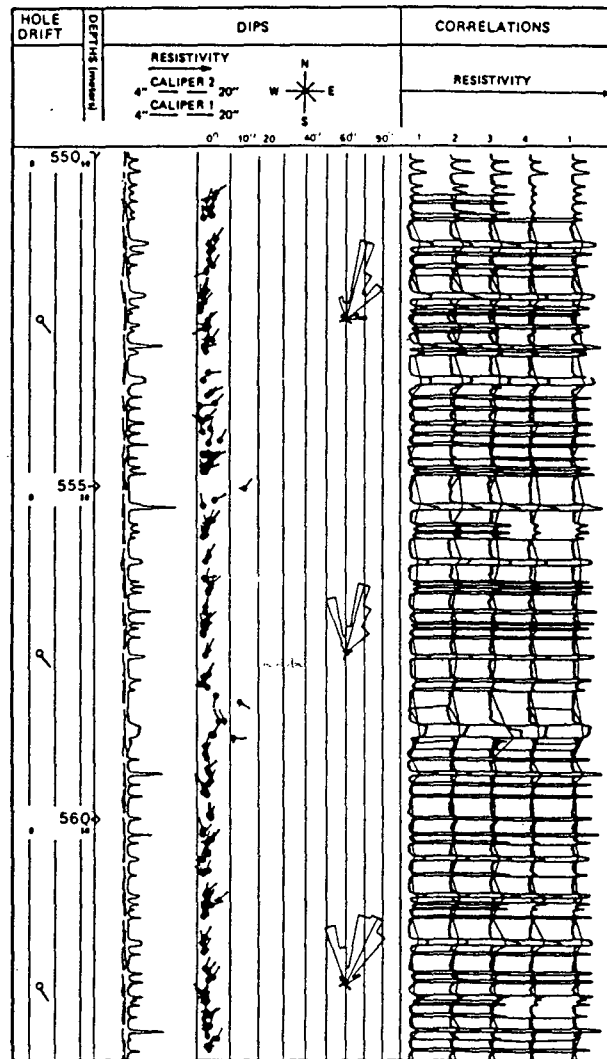


Figure II.4 : Diagraphies de pendagemétrie SHDT* (d'après Serra, 1985a).

II.4.1.2 - Le pendagemètre SHDT* (Stratigraphic Hight Resolution Dipmeter Tool)

Il possède également quatre patins orthogonaux entre eux, mais ayant chacun deux électrodes séparées de 3 cm dans un même plan horizontal. Huit courbes de microrésistivité sont ainsi enregistrées avec un pouvoir de résolution verticale de l'ordre du centimètre. De plus un inclinomètre, possédant trois accéléromètres et trois magnétomètres disposés suivant les trois axes de la sonde, permet de corriger les variations de vitesse de l'outil et de mesurer son orientation afin de restituer le pendage vrai des formations.

II.4.2 - Le microscanner électrique

Grâce à 64 électrodes placées sur quatre patins, le microscanner ou FMS* (Formation Microscanner ; Schlumberger, 1986 ; Serra, 1988) mesure des contrastes de conductivité. Cet outil possède un pouvoir de résolution verticale de l'ordre du centimètre.

Par conversion des mesures de conductivité en intensité de gris ou de couleur, les zones résistantes apparaissent en clair et celles conductrices en sombre (Fig. II.5). On obtient ainsi une image de la formation comparable à celle des carottes. Cet outil fournit donc des renseignements très fiables sur la texture, la structure et les pendages des formations (cf. par. III.3.2).

La figure II.6 compare les pouvoirs de résolution verticale entre les enregistrements issus des outils microscanner, pendagemétrie et "de base".

* : marques déposées par Schlumberger

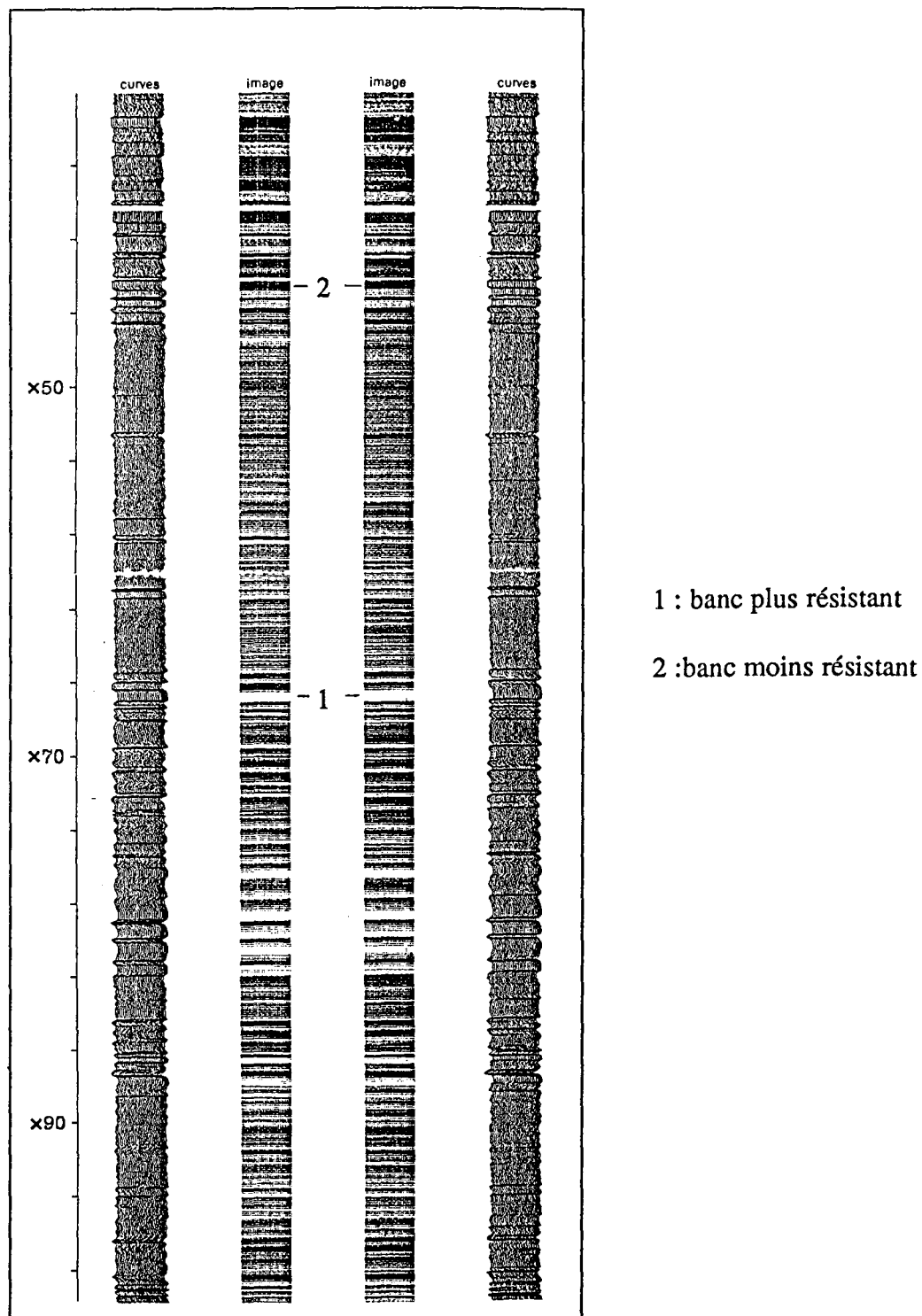


Figure II.5 : Diagraphies microscanner (outil FMS*) : courbes de conductivité et leur conversion en images (intensités de gris), (d'après Serra, 1989).

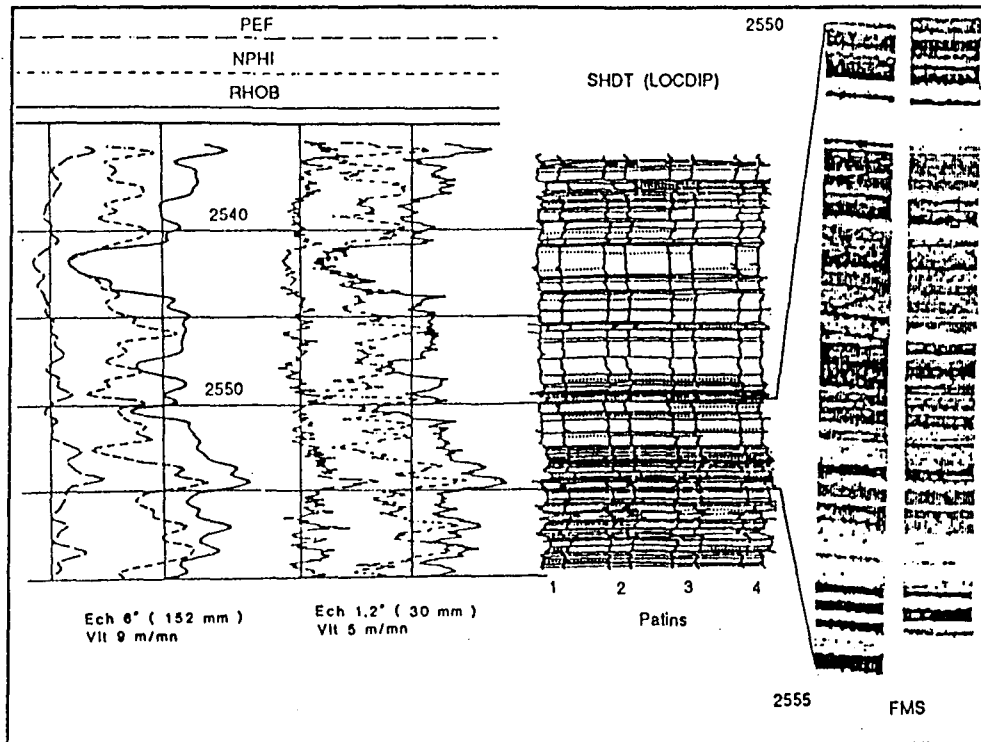


Figure II.6 : Pouvoir de résolution comparé entre les différents outils (d'après Mathis, 1988).

CHAPITRE III

METHODOLOGIES D'ANALYSE

FACIOLOGIQUE ET SEQUENTIELLE

III.1 - INTRODUCTION

Dans le cadre de cette étude, la méthodologie employée est "l'analyse facio-séquentielle en matrice complexe" (Augier, 1979, 1980, 1981).

Le terme de matrice complexe, ou lithologie complexe, s'applique aux roches à plusieurs constituants minéralogiques, et/ou présentant des niveaux hétérogènes ou fissurés, et/ou contenant des hydrocarbures (huile ou gaz). Il est à opposer au terme de matrice simple ou élémentaire (faciès à un seul constituant minéralogique et à eau).

Dans une première étape, une analyse faciologique est effectuée à partir des enregistrements diagraphiques afin de définir les différents faciès rencontrés en termes de lithologie, de texture et de structure.

Dans une seconde étape, l'analyse séquentielle des différents sondages permet de caractériser l'agencement vertical des différents faciès rencontrés et d'effectuer des corrélations entre chaque puits. La géométrie des corps sédimentaires peut alors être définie ainsi que la nature des environnements de dépôt.

III.2 - ANALYSE FACIOLOGIQUE

III.2.1 - Introduction

Cette analyse faciologique par diagraphies s'effectue tout d'abord à partir des outils "de base" ou "géochimiques" afin de traduire le message diagraphique en terme de lithologie, ceci avec un pouvoir de résolution vertical des outils de l'ordre de 30 à 50 cm. L'analyse est ensuite affinée grâce aux outils "haute résolution" (pouvoir de résolution de 1 cm à quelques centimètres) qui permettent de déterminer la texture et la structure des différents faciès.

III.2.2 - Analyse du document brut

III.2.2.1 - Contrôle de l'information

Après une lecture attentive de l'en-tête des enregistrements diagraphiques donnant des renseignements sur les caractéristiques du forage, un contrôle de l'information est effectué avec :

- **Vérification du calibrage des outils** à partir d'abaques Schlumberger (1987b).
- **Vérification de la fiabilité des enregistrements** grâce à la comparaison entre la section répétée (Repeat section) et la section principale⁽¹⁾ (Main log).
- **Exclusion des zones cavées importantes :**
les outils, dont les patins ne sont pas plaqués à la paroi du trou, enregistrent alors les caractéristiques de la boue de forage et non celles de la formation. Les enregistrements sont également perturbés pour des outils à patins excentrés dans le cas d'une cave profonde à extension verticale limitée. Le diamètre ou caliper indique la présence éventuelle de caves (Fig. III.1).
Cependant les zones cavées, au sein d'une formation, peuvent avoir une signification lithologique particulière : présence d'argiles non compactées, de sables friables...
- **Vérification de l'influence de la boue sur les différents outils :**
la présence, par exemple, de baryte dans la boue rend inutilisable l'information provenant du Pef : le Pef de la baryte étant de 260 b/e, la réponse des autres minéraux va être masquée.
De plus, comme c'est le cas dans beaucoup de sondages étudiés, la présence de KCl dans la boue perturbe la réponse des outils de mesure de radioactivité naturelle totale (GR* ou NGS*).

1 - Deux passages sont effectués par l'outil dans la même zone.

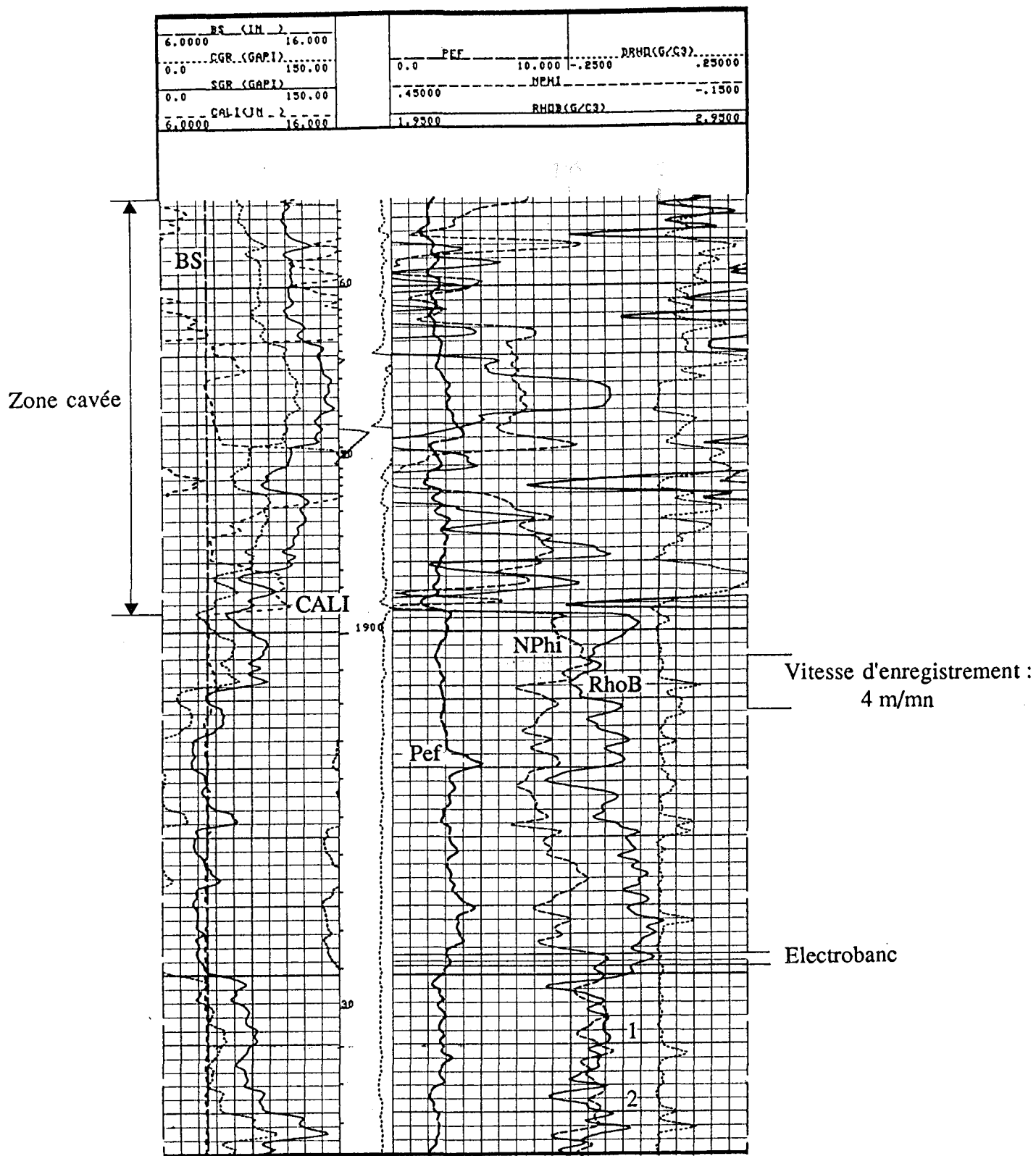


Figure III.1 : Diagraphies montrant les premières démarches de l'analyse faciologique.

- 1 - électrofaciès à polarité positive
- 2 - électrofaciès à polarité négative

- **Vérification du bon calage des différents enregistrements :**
suite à l'élasticité du câble, aux frottements dus à la rugosité du trou..., les courbes peuvent être décalées les unes par rapport aux autres, et il convient alors de les recaler en profondeur.

- **Contrôle de la vitesse d'enregistrement :**
Pour les outils lithologiques, on préconise classiquement une vitesse inférieure à 10 m/mn avec un pas d'échantillonnage de 15 cm, donnant un pouvoir de résolution verticale d'environ 50 cm ; pour une vitesse de 5 m/mn, avec un pas d'échantillonnage de 3 cm, le pouvoir de définition est alors de 20 cm.
Cette vitesse est visualisée sur les enregistrements par des traits interrompus figurant aux extrémités droite et gauche du document : chaque trait représentant 1 mn (Fig. III.1).

III.2.2.2 - Illustration du document brut

Classiquement la représentation des enregistrements de densité (RhoB) et de porosité neutron (NPhi) s'effectue suivant une échelle à compatibilité calcaire, c'est-à-dire 0% de NPhi correspondant à une densité de 2,70 g/cm³. Par convention, la densité est représentée avec une échelle croissante vers la droite ce qui implique que la porosité neutron croît vers la gauche. Une première approche de visu peut ainsi être effectuée, ainsi dans le cas des faciès étudiés (Fig. III.1) :

- **les électrofaciès⁽²⁾ à polarité positive :** la courbe RhoB évoluant à droite de la courbe NPhi (l'intervalle entre ces deux courbes étant classiquement coloré en vert) indiquent généralement la présence d'argiles, de dolomies ou d'anhydrite (différenciation au niveau du gamma-ray et de la densité),

- **les électrofaciès à polarité négative :** la courbe RhoB évoluant à gauche de la courbe NPhi (l'intervalle entre ces deux courbes étant classiquement coloré en jaune) caractérisent en général les faciès gréseux et/ou la présence de gaz,

2 - L'électrofaciès est l'ensemble des réponses diagraphiques qui caractérise un banc et permet de le différencier de ceux qui l'entoure (Serra, 1985, 1986). Le préfixe "électro" a été ajouté aux termes géologiques afin d'indiquer leur origine diagraphique.

- les électrofaciès à polarité nulle : les courbes RhoB et NPhi étant superposées correspondent soit à des calcaires, soit à un mélange de quartz et de dolomite (différenciation par la valeur du Pef).

III.2.3 - Analyse faciologique manuelle

III.2.3.1 - Méthodologie

Le principe de l'analyse faciologique est de déterminer quantitativement et qualitativement trois influences majeures : minérale, texturale (hétérogénéité) ou liée aux fluides (eau, gaz, hydrocarbures).

Dans une première étape, le puits est découpé en zones d'électrofaciès homogènes : zones de réponse diagraphique globalement identiques, présentant entre elles des contrastes généraux.

Dans une seconde étape, un certain nombre d'électrobancs⁽³⁾ (Fig. III.1) sont sélectionnés en fonction de leur représentativité ou de leur particularité de manière à intégrer tous les cas de figures. Pour chacun d'entre eux leurs paramètres fondamentaux (RhoB, NPhi, DT, GR, Pef...) sont lus directement sur les enregistrements et leurs coefficients fondamentaux (M, N, P) sont calculés :

$$M = ((DT_f - DT) / (RhoB - RhoB_f)) * 0,01$$

$$N = (NPhi_f - NPhi) / (RhoB - RhoB_f)$$

$$P = ((NPhi_f - NPhi) / (DT_f - DT)) * 100$$

avec DT_f , $RhoB_f$ et $NPhi_f$ représentant les caractéristiques de la boue de forage que l'on rapporte généralement à de l'eau douce, d'où :

$$\begin{aligned}DT_f &= 189 \mu s/f, \\RhoB_f &= 1 \text{ g/cm}^3, \\NPhi &= 100\%.\end{aligned}$$

3 - Un électrobanc est un niveau représentant des caractéristiques diagraphiques relativement constantes (Serra, 1979). Son épaisseur minimale est fonction du pouvoir de résolution de l'outil.

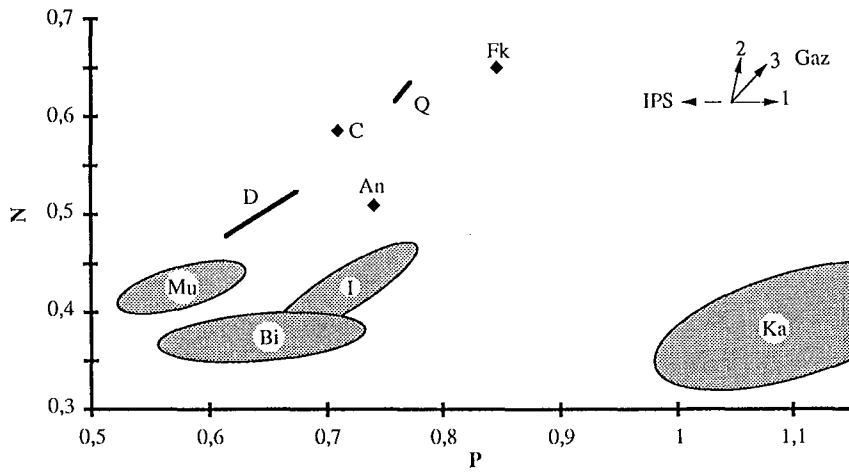
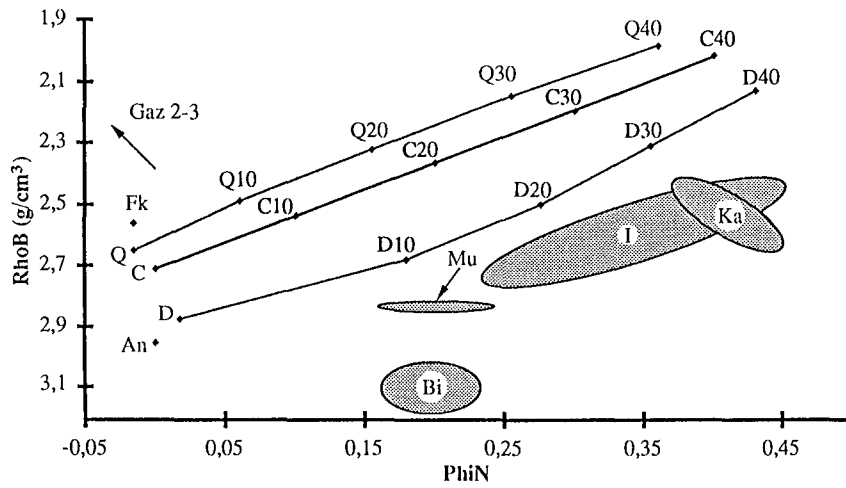
Les valeurs des différents électrobancs sont alors reportées dans des diagrammes lithologiques (pôles lithologiques : calcaire, dolomie...) tels que : $RhoB = f(NPhi)$, $RhoB = f(DT)$... et des diagrammes minéralogiques (pôles minéralogiques : calcite, dolomite...) tels que : $M = f(P)$, $Pef = f(N)$,... (Fig. III.2). Tous les diagrammes utilisés sont itérés entre eux de manière à étudier la répartition des différents pointés par rapport aux pôles minéralogiques et lithologiques, et ainsi à en déduire leur lithologie (Augier, 1979, 1980 ; Fertl, 1981 ; Serra, 1985a). La quantification minéralogique des différents faciès est obtenue par la méthode de triangulation effectuée sur les différents diagrammes utilisés.

Le choix des abaques (Schlumberger, 1989b) est fonction de la complexité de la formation étudiée. Il est cependant impératif d'itérer au minimum sur les trois abaques de base : $RhoB = f(NPhi)$, $RhoB = f(DT)$ et $DT = f(NPhi)$.

Les valeurs des pôles minéralogiques stables (calcaire, dolomite, quartz...) sont issues d'analyses de laboratoire fournies par Schlumberger. Cependant, les valeurs des minéraux instables dont les caractéristiques pétrophysiques peuvent varier rapidement en fonction de transformations ou d'évolutions chimiques, physiques et/ou biochimiques (cas des micas, des feldspaths, de la matière organique, des argiles...), sont difficilement appréhendables. Il faudra par exemple chercher, au sein des formations étudiées, les évolutions des pointés vers un pôle argileux probable.

Certains diagrammes (Schlumberger, 1987a), fonction de la densité matricielle⁽⁴⁾ apparente ($Rho_{(ma)}$) et du facteur photo-électrique volumétrique ($U_{(ma)}$ en barn/cm³), permettent de quantifier les trois éléments les plus communs (quartz, calcaire, dolomite) présents dans l'électrobanc (Fig. III.3), en s'affranchissant des phénomènes d'IPS (Index de Porosité Secondaire, cf. par. III.2.3.2) dus à la présence de niveaux hétérogènes ou anisotropes (le "Sonic" n'étant pas pris en compte). Les paramètres matriciels sont déterminés par des abaques (Schlumberger, 1989b) ou calculés

4 - Le terme de matrice est employé dans le sens diagraphique, caractérisant ainsi l'ensemble des éléments solides figurés (grains ou liant) constituant la roche, à l'exclusion des argiles.



C : calcite, D : dolomite,
 Q : quartz, An : anhydrite,
 Fk : feldspath potassique,
 I : illite, Bi : biotite, Ka :
 kaolinite, Mu : muscovite,
 Q10, Q20, Q30, Q40 : grès à
 10, 20, 30 et 40 % de porosité,
 C10, C20, C30 et C40 : cal-
 caire à 10, 20, 30 et 40 %
 de porosité, D10, D20, D30 et
 D40 : dolomie à 10, 20, 30 et
 40 % de porosité.
 IPS : index de porosité
 secondaire, Gaz 1, 2, 3 : effet
 gaz de type 1, 2 ou 3.

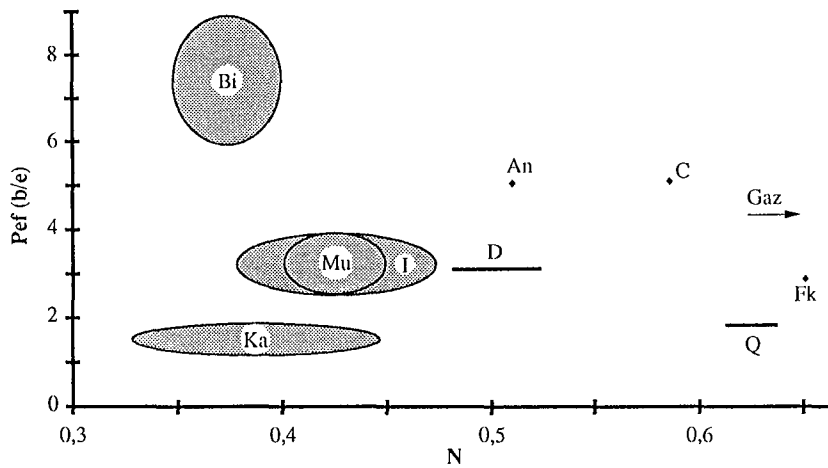


Figure III.2 : Exemple de diagrammes lithologiques (PhiN, RhoB) et minéralogiques (P, N) et (N, Pef) utilisés pour l'analyse faciologique.

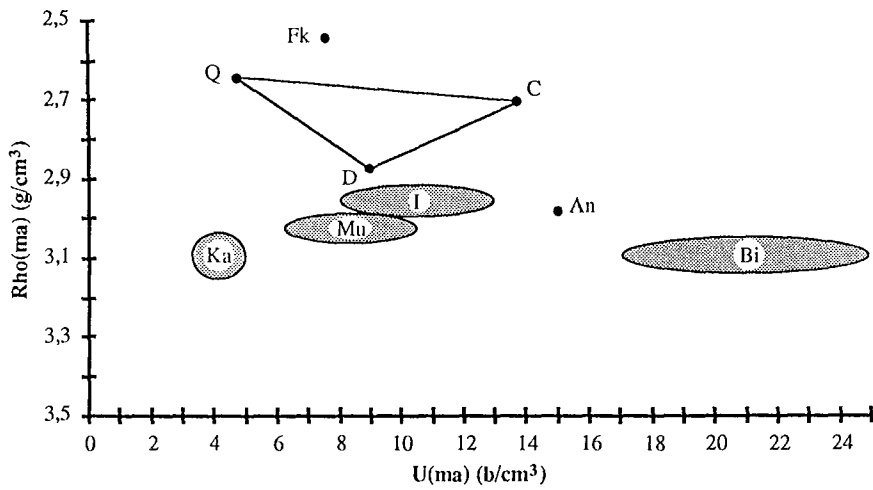
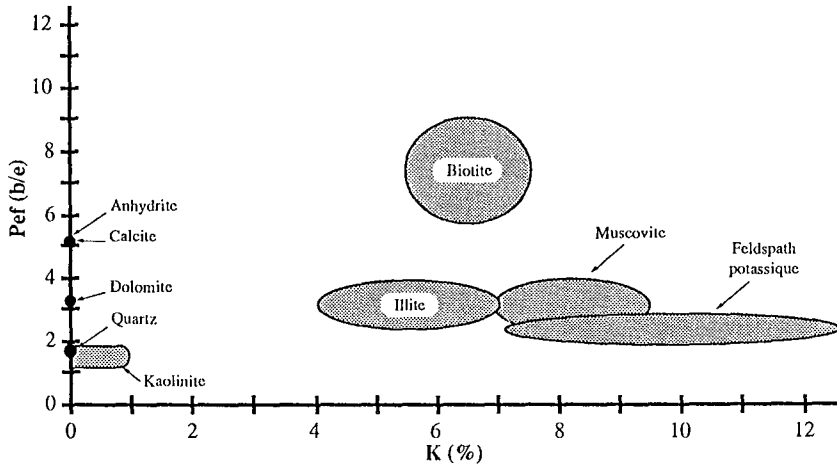
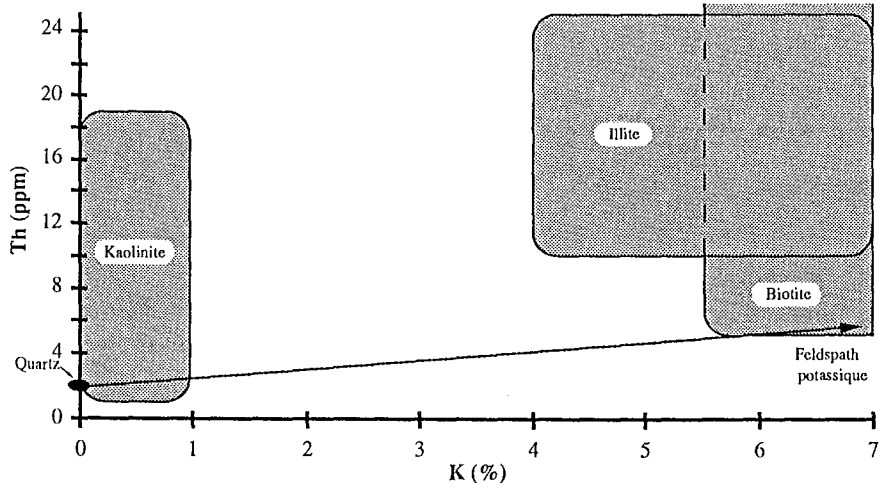


Figure III.3 : Exemple de diagrammes géochimiques (K, Th) et (K, Pef) et diagramme (Rho(ma), U(ma)) utilisés pour l'analyse faciologique.

de la façon suivante :

$$\text{Rho}_{(ma)} = ((\text{RhoB} - (\text{Phi}_{(ta)} * \text{Rho}_f)) / (1 - \text{Phi}_{(ta)}))$$

$$\text{U}_{(ma)} = ((\text{Pe} * \text{Rho}_e) - (\text{Phi}_{(ta)} * \text{U}_f)) / (1 - \text{Phi}_{(ta)})$$

$$\text{avec : } \text{Phi}_{(ta)} * \text{U}_f \approx 0$$

où :

- $\text{Phi}_{(ta)}$ est la porosité apparente totale, déterminée grâce aux diagrammes lithologiques $\text{RhoB} = f(\text{NPhi})$ ou $\text{DT} = f(\text{NPhi})$ (Fig. III.2),
- Rho_f et U_f sont respectivement la densité et le Pef volumétrique du fluide présent dans la formation,
- Rho_e est la densité électronique soit :

$$\text{Rho}_e = (\text{RhoB} + 0,1883) / 1,0704$$

Les diagrammes utilisant les données des outils géochimiques tels que $\text{Th} = f(\text{K})$, $\text{Pef} = f(\text{K})$ ou $\text{Pef} = f(\text{Th}/\text{K})$, (Fig. III.3)) permettent de confirmer ou de préciser certaines minéralogies (nature des argiles, présence de feldspaths, de minéraux radioactifs....).

III.2.3.2 - Analyse

L'analyse faciologique permet de déterminer qualitativement et quantitativement les différentes lithologies. Il est ainsi possible d'appréhender des composantes :

- **minéralogiques**, par la détermination d'un maximum de trois influences minérales,
- **dues aux fluides**, la présence de gaz influençant l'enregistrement diagraphique selon trois effets (Fig. III.2) :
 - effet gaz de type 1 affectant l'outil sonique,
 - effet gaz type 2 affectant les outils porosité neutron et densité,

- effet gaz type 3 affectant les trois outils,

ce qui se traduit, sur les diagrammes, par une déviation des différents pointés.

- **texturales**, par la détermination de niveaux hétérogènes ou anisotropes par l'effet d'IPS (Index de Porosité Secondaire) :

$$IPS = \Phi_{DN} - \Phi_S$$

avec Φ_{DN} porosité obtenue par les diagraphies Densité-Neutron qui détectent toute la porosité, connectée ou non, et Φ_S porosité déterminée à partir de l'outil sonique. Cet outil enregistrant l'onde sonique la plus rapide, ne lit que la porosité interconnectée (Serra, 1985a).

La détermination de l'effet d'IPS est donc caractérisée sur les diagrammes par une diminution de DT (Fig. III.2) : pour une lithologie donnée, le temps de trajet du son est plus rapide en présence d'hétérogénéités que lorsque celle-ci est compacte.

- **dues à la fissuration** : une appréciation qualitative peut être faite grâce à l'examen des résistivités, des baisses brutales de microrésistivité se marquant au droit des zones fissurées si celles-ci sont envahies par la boue de forage (dans le cas de boue à eau) ou contiennent des minéraux conducteurs.

III.2.4 - Analyse faciologique semi-automatique

Il s'agit de créer un modèle lithologique à partir des diagraphies par une interprétation en matrice complexe.

III.2.4.1 - FACILOG

L'utilisation des modules FACILOG et IND de DIALOG 9000 (Elf Aquitaine), a permis de mettre au point un modèle lithologique. Les diagraphies sont utilisées sous leurs formes numériques directement lues sur bandes magnétiques. La figure III.4 résume la démarche utilisée par FACILOG.

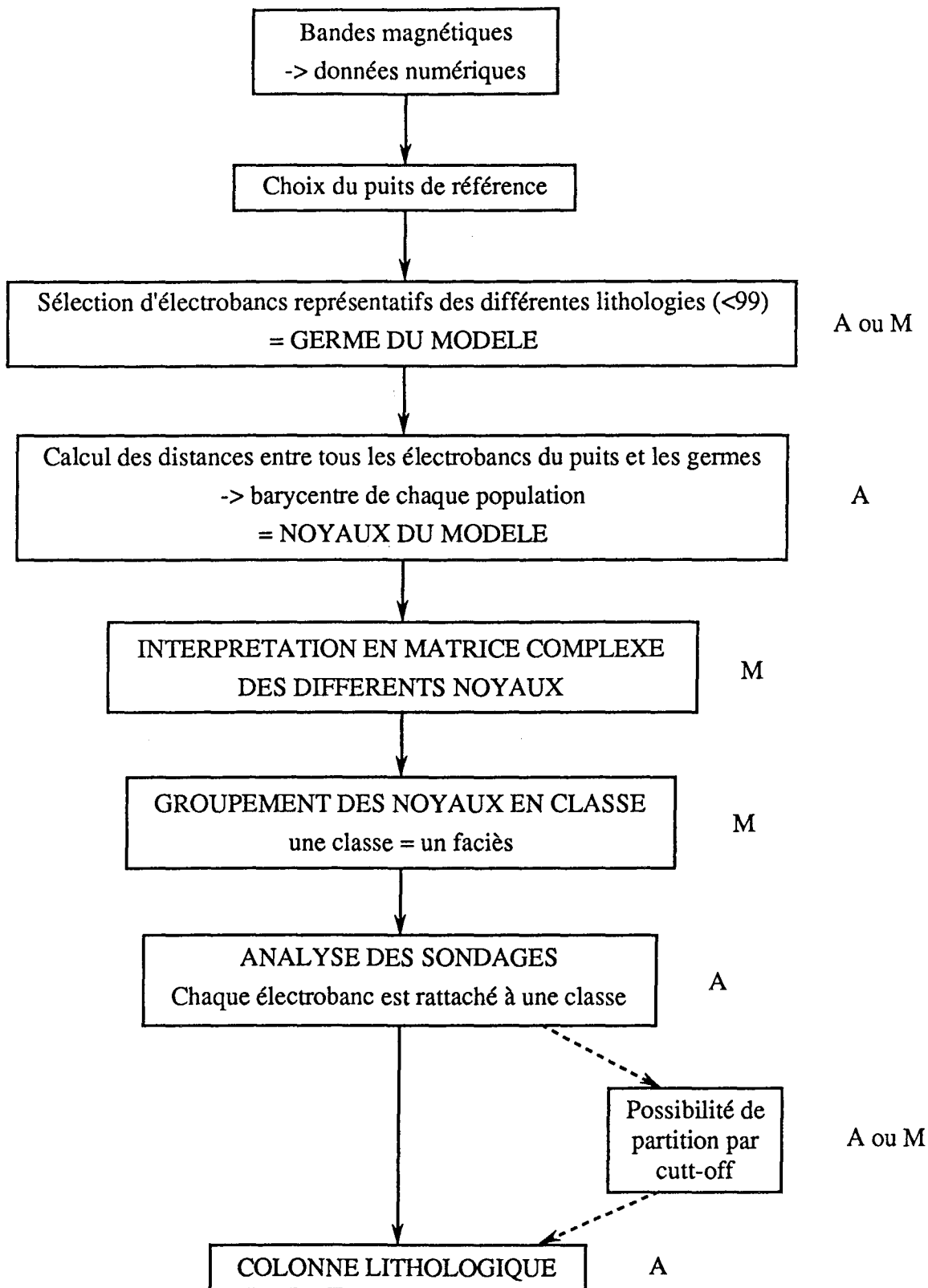


Figure III.4 : Démarche résumée de FACILOG, procédure automatique (A), procédure manuelle (M)

A) Construction du modèle

Le modèle lithologique doit être mis au point à partir d'un puits de référence, c'est-à-dire un sondage qui traverse le maximum de faciès représentatifs de la zone étudiée.

Dans une première étape, une fois le sondage de référence retenu, l'élaboration de la trame du modèle se fait par sélection d'un certain nombre d'électrobancs caractéristiques (nombre maximum de 99), de façon à couvrir tout le champ de possibilités des diverses lithologies. Ces électrobancs, individualisés dans le programme par leurs cotes profondeur, correspondent aux germes du modèle caractérisés par leurs coordonnées diagraphiques (RhoB, NPhi, DT, Pef, GR...) dans l'espace à n dimensions des diagraphies choisies. Les diagraphies de référence dépendent de la complexité des lithologies rencontrées ainsi que des enregistrements disponibles pour chaque sondage ; au minimum le modèle est établi à partir des trois diagraphies "de base" : RhoB, NPhi et DT.

Dans une seconde étape, le programme calcule les distances entre chaque point représentatif des électrobancs de la zone étudiée et les différents germes. Le barycentre de chacune des populations ainsi définies est calculé puis le processus est itéré plusieurs fois (au choix de l'utilisateur), afin de s'assurer de la bonne représentativité de chacun des barycentres. Ceux-ci correspondent donc aux "noyaux" de base du programme, chacun étant affecté d'un certain poids statistique, fonction du nombre de points ayant participé à son calcul.

B) Détermination des faciès

Il faut alors s'assurer de la représentativité du modèle. Un certain nombre d'abaques sont étudiés afin d'effectuer une interprétation en terme de matrice complexe (cf. par. III.2.3.1). Ainsi, les différents noyaux du modèle sont reportés au sein de divers diagrammes afin d'itérer ces derniers entre eux. Au minimum, l'itération se fera sur les trois abaques de base : $RhoB = f(NPhi)$, $RhoB = f(DT)$ et $DT = f(NPhi)$. Il peut être utile de prendre en compte la polarité et l'écartement entre les courbes RhoB et NPhi, avec :

$$(Ecart (RhoB-NPhi)) = ((RhoB - 1,95) / 0,5) - ((0,45 - NPhi) / 0,3)$$

Ecart étant intégré au modèle au même titre qu'une autre diagraphie.

Chaque noyau est ensuite réparti dans des classes identifiées par un numéro arbitraire de 0 à 999 (chacune représentera alors un faciès) ; la classe 0 n'est pas prise en compte dans les calculs.

La probabilité d'appartenance d'un noyau à l'une de celles-ci est la somme des influences de chacun des noyaux la constituant. La logique veut que l'électrofaciès soit rattaché à la classe à laquelle il a la plus forte probabilité d'appartenir. Cependant, il est possible qu'un noyau n'ait pas vraiment d'affinité pour l'une ou l'autre des classes : c'est le cas des lithologies complexes à deux ou trois constituants où ceux-ci se présentent en proportions quasi-équivalentes. FACILOG fournit alors un tableau donnant pour chaque noyau les densités de probabilité d'appartenir à telle ou telle classe : celles-ci seront élevées dans le cas de faciès bien individualisés, et faibles pour les faciès de transition.

Dans la seconde étape, quand le modèle est mis à jour, une "analyse de sondage" est effectuée, c'est-à-dire une étude complète de tous les électrobancs du puits (le pas d'échantillonnage étant fixé à 15 cm). Il s'agit alors d'une comparaison entre chacun des points sélectionnés et chaque noyau pour définir ainsi leur rattachement à la classe la plus probable, donc au faciès défini par le modèle.

Classiquement les enregistrements diagraphiques sont soit représentés en parallèle avec une colonne lithologique en créneau, après que les faciès aient été classés dans un ordre séquentiel logique, soit en représentation lithologique entre les courbes diagraphiques (entre RhoB-NPhi par exemple).

La validité du modèle est vérifiée après comparaison entre la colonne lithologique automatique, la colonne lithologique manuelle et les analyses de carottes.

Remarque : certains électrofaciès définis par FACILOG peuvent être le résultat d'effets d'éponte. Ces derniers résultent du fait que lors de l'échantillonnage tous les 15 cm, des prélèvements peuvent se situer entre deux électrobancs. Le modèle déterminera ainsi une lithologie n'ayant aucune réalité géologique. L'utilisateur doit donc s'assurer de la validité des différentes lithologies définies par FACILOG.

C) Regroupement des faciès

Certains faciès peuvent être regroupés grâce au module IND de DIALOG 9000 qui permet de programmer des algorithmes en BASIC. Il est ainsi possible de regrouper, par exemple, deux faciès à lithologie identique mais à porosité différente ou d'effectuer une partition par cut-off : c'est-à-dire possibilité de scinder en deux une classe donnée afin de différencier deux faciès différents ayant été regroupés dans la même classes suite à un manque d'électrobancs représentatifs de toutes les lithologies dans le puits de référence (cf. par. IV.3).

III.2.4.2 - Méthode d'analyse par cut-off

Ce programme a été mis au point au laboratoire de Géologie des Ensembles Sédimentaires de l'Université de Nancy I. Sa conception informatique a été réalisée par J. F. Pautex (Juin, 1990). Il nécessite la transformation des données brutes sur papier en données numériques par l'intermédiaire d'une table à digitaliser. La figure III.5 résume la logique de ce programme d'analyse diagraphique.

L'utilisateur, après avoir effectué une analyse faciologique en matrice complexe, crée une banque de données contenant tous les paramètres diagraphiques qu'il juge discriminants (RhoB, NPhi, DT, Pef, GR...). Des classes caractéristiques d'une lithologie particulière sont ainsi définies ; leur nombre doit être élevé dans le cas de lithologies complexes afin d'éviter les problèmes suivants :

- un électrobanc peut appartenir à plusieurs classes si celles-ci ne sont pas assez disjointes,
- un électrobanc peut n'appartenir à aucune classes si celles-ci sont trop éloignées.

Une fois la banque de données préparée et les données diagraphiques digitalisées, le programme attribue à tous les électrobancs une classe lithologique (le pas d'échantillonnage étant défini par l'utilisateur). Le document final représentera une colonne lithologique en parallèle aux enregistrements diagraphiques.

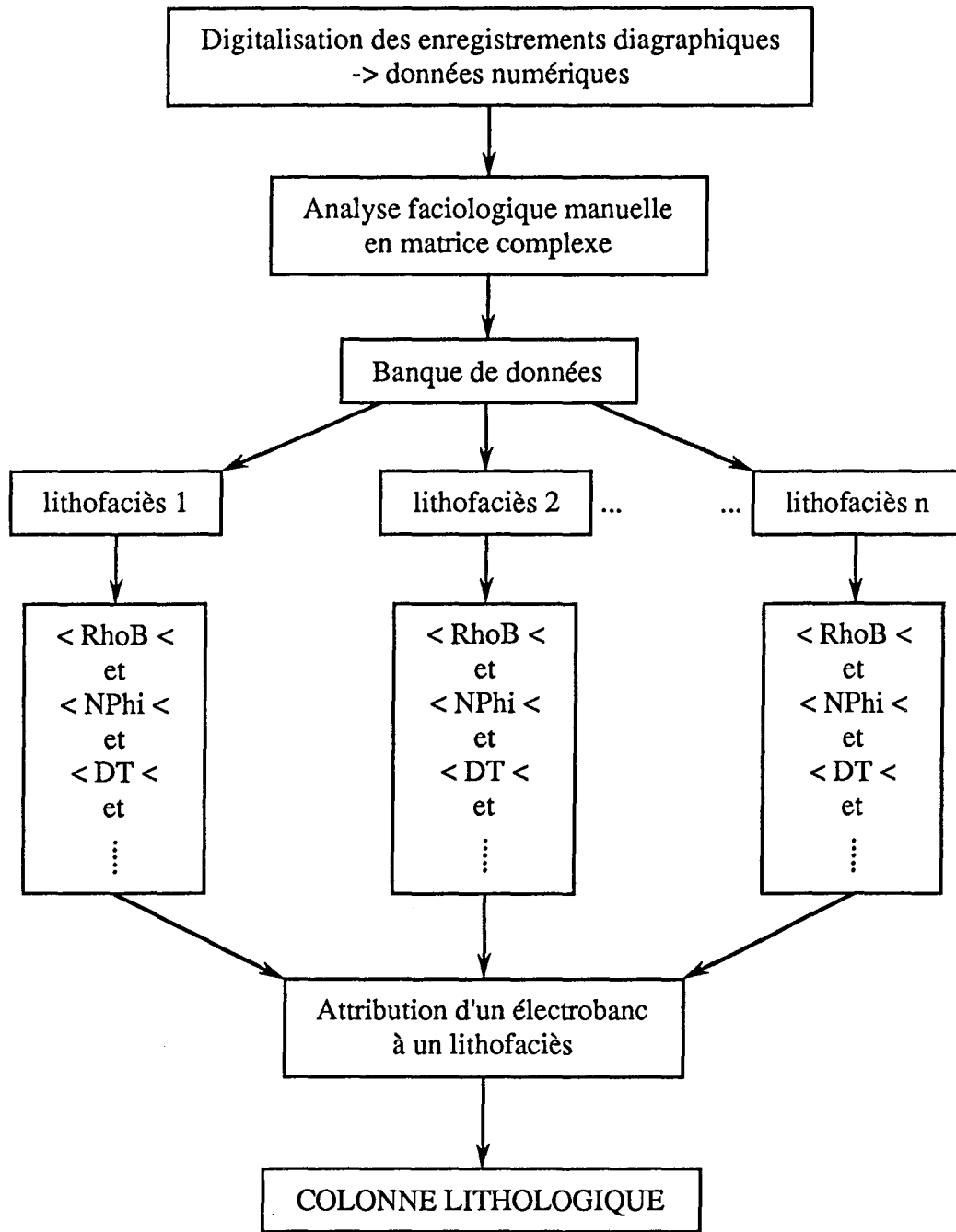


Figure III.5 : Démarche résumée du programme d'analyse par cut-off.

Avec le programme FACILOG les bornes des classes ne sont pas figées permettant ainsi une plus grande souplesse d'utilisation. Dans le cas des formations étudiées, formations à lithologies complexes, le nombre de classes nécessaire pour le programme d'analyse par cut-off doit être extrêmement élevé (environ 45) et tous les logs traités doivent être digitalisés. Ainsi, le choix du programme de traitement semi-automatique des données a été orienté vers FACILOG. De plus, ce modèle a pour objectif d'être utilisé par Elf Aquitaine afin de traiter d'autres sondages que ceux étudiés et éventuellement de l'étendre à des lithologies non présentes dans la zone d'étude (cas des évaporites par exemple). Ce programme posant, cependant, un problème : nécessité de créer le modèle à partir d'un puits de référence.

III.2.5 - Apport des diagraphies "haute résolution"

Les analyses faciologiques manuelles ou semi-automatiques précédemment décrites, effectuées à partir des diagraphies "de base" ou "géochimiques", peuvent entraîner de par leur faible pouvoir de résolution verticale (30 à 50 cm) l'intégration de plusieurs faciès au sein d'un électrobande. En effet, il se peut que les diagraphies indiquent, par exemple, la présence d'un grès argileux et qu'il s'agisse en fait d'une alternance de lamines argileuses et gréseuses. Seules les diagraphies "haute résolution" possédant un pouvoir de résolution verticale de 1 cm à quelques cm, permettront de lever cette indétermination et de préciser la texture et la structure des électrobandes.

Chaque électrofaciès est identifié au niveau des outils "haute résolution". Il est ainsi possible de mettre en évidence la présence de nodules, de conglomérats, de fines passées, de fissures, de fractures, de ciments... Le FMS* fournissant une image comparable à celle des carottes (Beaudoin *et al.*, 1986 ; Frisinger et Gyllensten, 1986 ; Berger et Roestenburg, 1988 ; Büscher, 1989 ; Serra, 1989) est l'outil le mieux adapté pour compléter finement cette restitution faciologique (Fig. III.6).

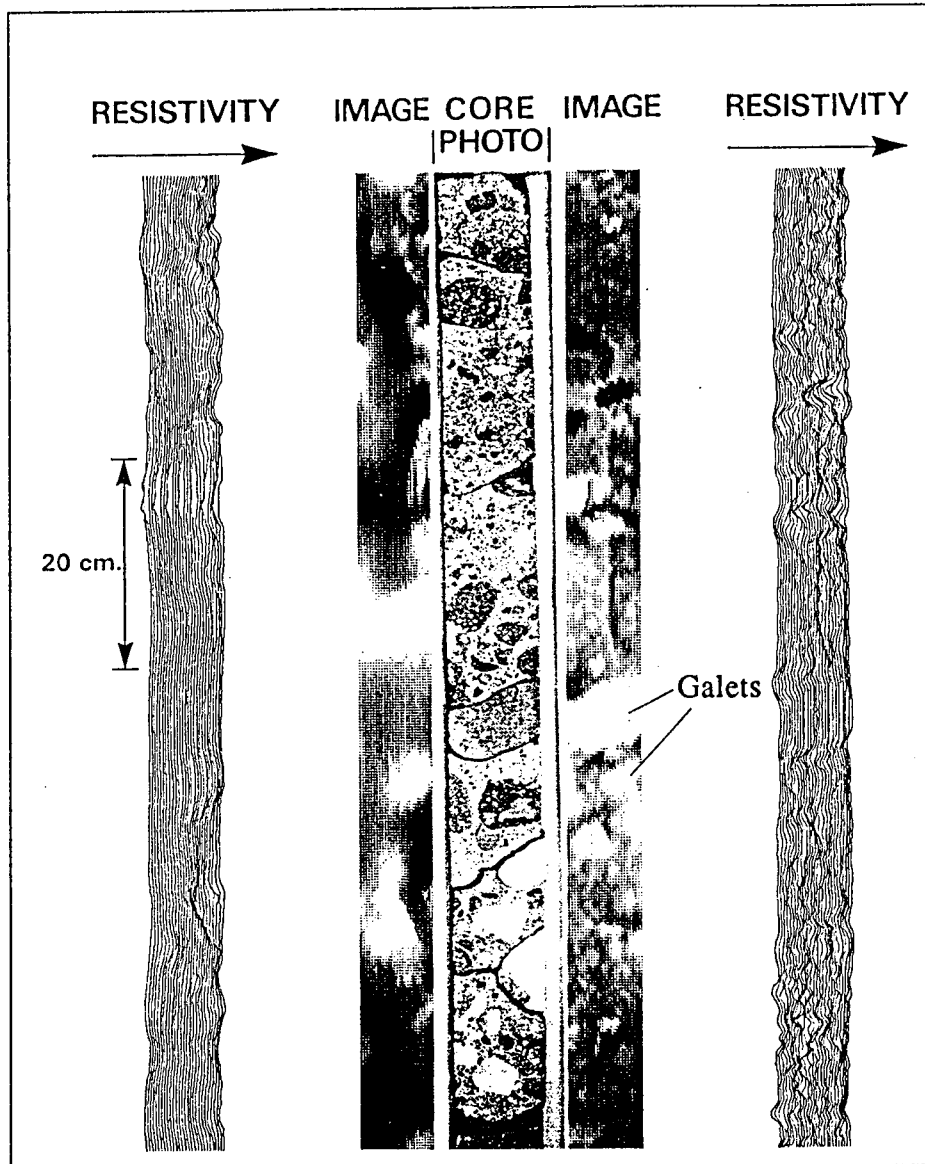


Figure III.6 : Image microscanner montrant des niveaux conglomératiques (d'après Serra, 1989).

III.3 - ANALYSE SEQUENTIELLE

III.3.1 - Méthodologie

Une fois l'analyse faciologique effectuée dans le but de déterminer les faciès le plus précisément possible, et après comparaison des résultats obtenus avec les analyses de carottes et les logs chantiers, il est nécessaire de définir l'agencement séquentiel de ceux-ci en caractérisant leur structure, la nature des contacts, les ruptures, les pendages.... Ceci repose sur la notion d'électroséquence : *intervalle de profondeur, supérieur à la résolution verticale du dispositif, présentant une variation progressive et continue entre deux valeurs extrêmes du paramètre mesuré, dessinant une rampe (Serra, 1985a).*

Ainsi, les outils "haute résolution" permettent de visualiser les électroséquences les plus fines de l'ordre de quelques centimètres alors que les outils "de base" ou "géochimiques" montrent uniquement des électroséquences au minimum de l'ordre du mètre. Les différentes électroséquences rencontrées en fonction du type d'outil à partir duquel elles apparaissent peuvent être classées en électroséquences de degré I (visibles au niveau des outils "haute résolution" et parfois au niveau des outils "de base" ou géochimiques" si elles sont métriques), électroséquence de degré II (rampes se dessinant mais caractérisant en fait un groupement d'électroséquences de degré I)...

Ces électroséquences peuvent se regrouper en séquences d'ordre supérieur qui, par comparaison avec les termes géologiques, sont qualifiées d'électromésoséquence, d'électromégaséquence...

L'analyse séquentielle ainsi effectuée au sein de chaque sondage permet de réaliser des corrélations entre les différents puits et de repérer les différents marqueurs géologiques (Serra, 1985b, 1986, 1987 ; Curial, 1987 ; Mathis *et al.*, 1988, 1989 ; Bourquin, 1988 ; Bourquin, *et al.* 1990). Dans un second temps, il est alors possible de déterminer les environnements de dépôt des formations étudiées, de préciser la géométrie des corps sédimentaires, la présence éventuelle de failles ou discordances...

III.3.2 - Analyse à partir des outils "haute résolution"

L'apport des outils "haute résolution" est ici extrêmement important car ceux-ci permettent de caractériser avec précision les électrobancs en montrant :

- leur organisation interne,
- la nature des contacts,
- la présence éventuelle de figures sédimentaires,
- les évolutions séquentielles fines,
- les valeurs des différents pendages...

Les pendages ne peuvent être calculés qu'avec ce type d'outil. Ainsi, après traitement informatique permettant des corrélations entre les courbes de microrésistivité (pour les outils de pendagemétrie) et de conductivité (pour l'outil microscanner) il est possible de chiffrer les angles et les azimuts des différents pendages.

Les outils de pendagemétrie montrent des évolutions séquentielles fines, de l'ordre de quelques centimètres (Etchecopar et Bonnetain, 1989 ; Höcker *et al.*, 1990 ; Tessier, 1990), qui se matérialisent sur les enregistrements par des gradients diagraphiques (Fig. III.7).

Pour ces outils, les programmes GEODIP* (Vincent *et al.*, 1977 ; Delhomme *et al.*, 1988) pour le HDT* et LOCDIP* pour le SHDT* sont les plus fiables car ils calculent les pendages mesurés aux limites des événements reconnus, c'est à dire au niveau des lignes de corrélation, alors que les programmes CLUSTER* ou MSD* effectuent un échantillonnage systématique à pas constant (Schlumberger, 1985).

D'autres programmes, tel SYNDIP* (Delfiner *et al.*, 1984 ; Delhomme et Serra, 1984 ; Serra, 1985a), permettent, après analyse des données de GEODIP* ou LOCDIP*, de reconnaître trois faciès structuraux principaux (homogène, hétérogène et laminé). Il est ensuite possible, grâce au programme CLIFF*(5), de reconstituer des colonnes faciologiques automatiques où les faciès sont exprimés en termes lithologiques, texturaux et structuraux (Mathis, 1988).

Des programmes informatiques permettent également le calcul des pendages à partir de l'outil FMS* (Gauer, 1989 ; Serra, 1989) avec une précision supérieure aux

5 - Programme prenant en compte les données de SYNDIP* et LITHO* (logiciel de détermination de la lithologie, Serra *et al.*, 1985, Anxionnaz *et al.*, 1990).

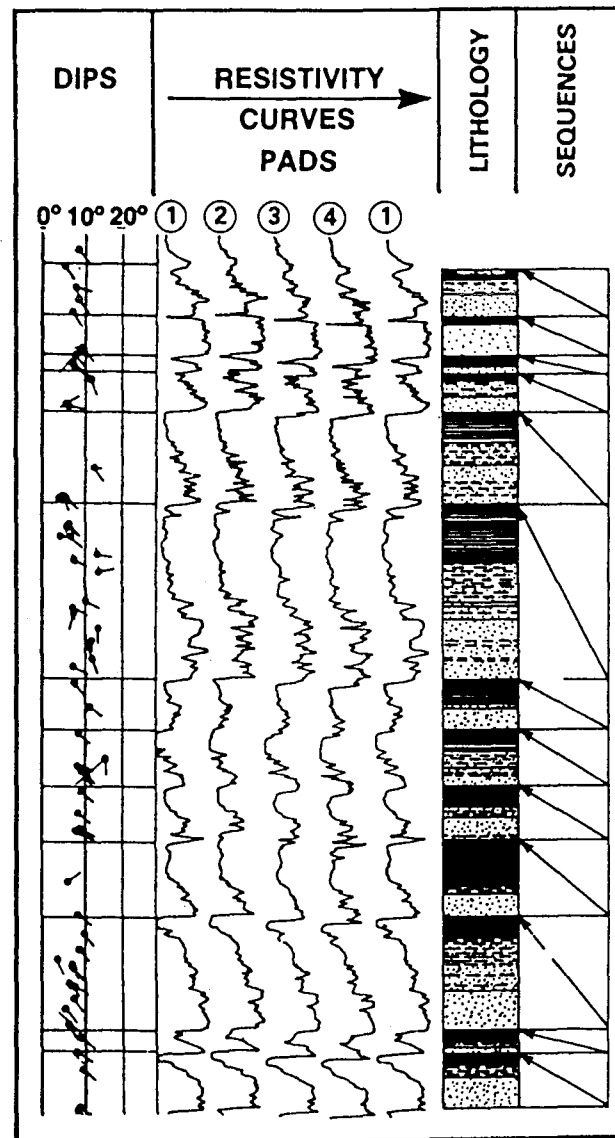


Figure III.7 : Exemple de séquences granoclassées mises en évidence à partir de l'outil SHDT* (d'après Serra, 1985a).

traitements précédents. En effet, il est possible de calculer des pendages pour des figures sédimentaires de l'ordre du centimètre. De plus, l'utilisateur peut agir sur le logiciel pour ne prendre en compte que les pendages qu'il juge nécessaire. Cet outil permet donc de reconnaître parfaitement les structures et les figures sédimentaires (Fig. III.8).

III.3.3 - Analyse à partir des outils "de base" et "géochimiques"

Du fait de leur pouvoir de résolution de l'ordre de 30 cm à 50 cm, les outils "de base" ou "géochimiques" présentent l'inconvénient d'intégrer plusieurs faciès et donc plusieurs séquences élémentaires.

Les séquences de degré supérieur sont visibles et se matérialisent sur les enregistrements par des gradients diagraphiques ou rampes. Deux rampes sont séparées par des ruptures (électroruptures). Ces électroséquences sont visibles simultanément sur plusieurs enregistrements diagraphiques ; elles sont caractérisées par des évolutions progressives des courbes de GR, RhoB, Th, Pef...(Fig. III.9).

Cependant, toutes les séquences ne se matérialisent pas par des rampes et tous les gradients reconnus sur les diagraphies n'ont pas obligatoirement une signification séquentielle. Ce sera par exemple le cas des rampes dues à un effet cave important, à la présence de fluide, à la tension du câble... Il est donc nécessaire de parfaitement caractériser les électroséquences observées en les répertoriant en fonction de leurs caractéristiques diagraphiques.

Des programmes informatiques permettent d'effectuer une analyse séquentielle automatique à partir d'une classification des différentes rampes observées (Piret, 1987 ; Gross, 1988).

III.4 - CONCLUSION

En prenant en compte le maximum d'outils diagraphiques et après une étude détaillée des différents électrobancs, l'analyse faciologique permet de déterminer précisément les différents faciès rencontrés. Grâce à l'outil microscanner, il est possible d'obtenir une image de la formation comparable à celle des carottes et ainsi de caractériser les différents faciès en termes de texture et de structure avec une très grande précision. A ce stade de l'étude, il est possible de reconstituer des colonnes faciologiques en continu pour les divers sondages étudiés.

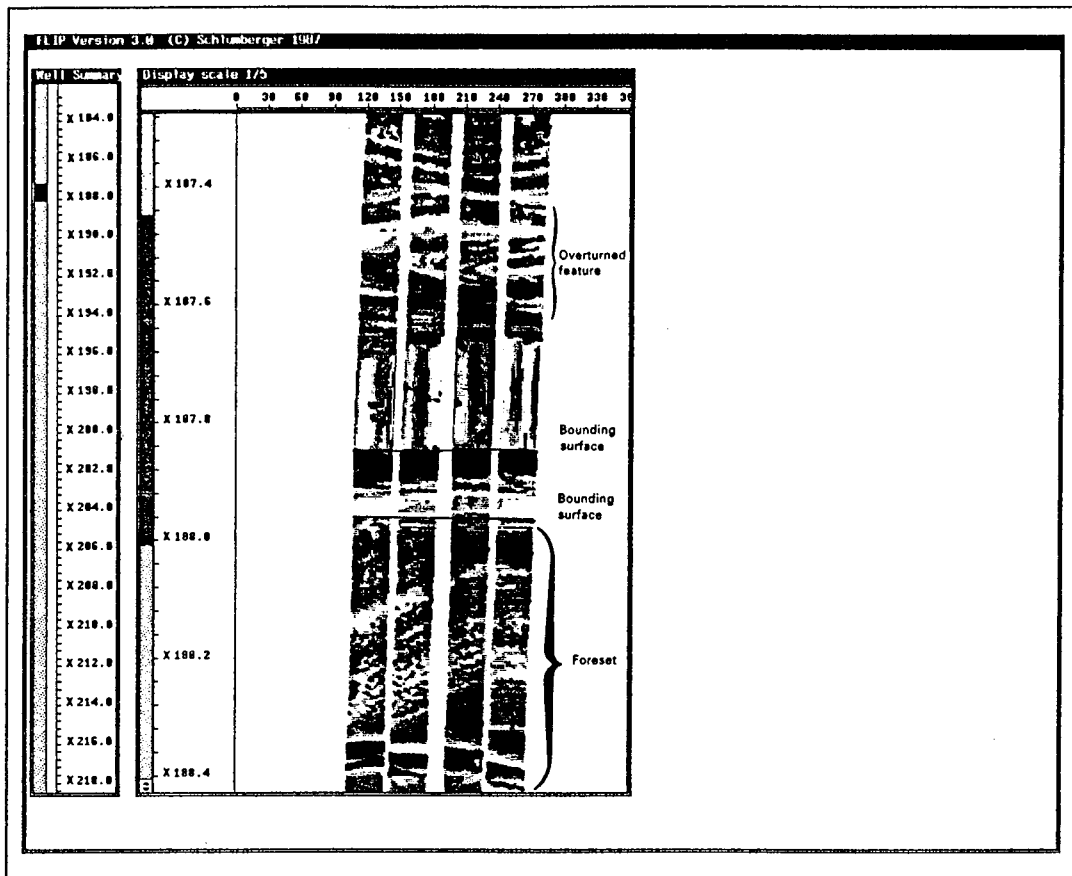


Figure III.8 : Structures observées à partir de l'outil FMS* (d'après Serra, 1989).

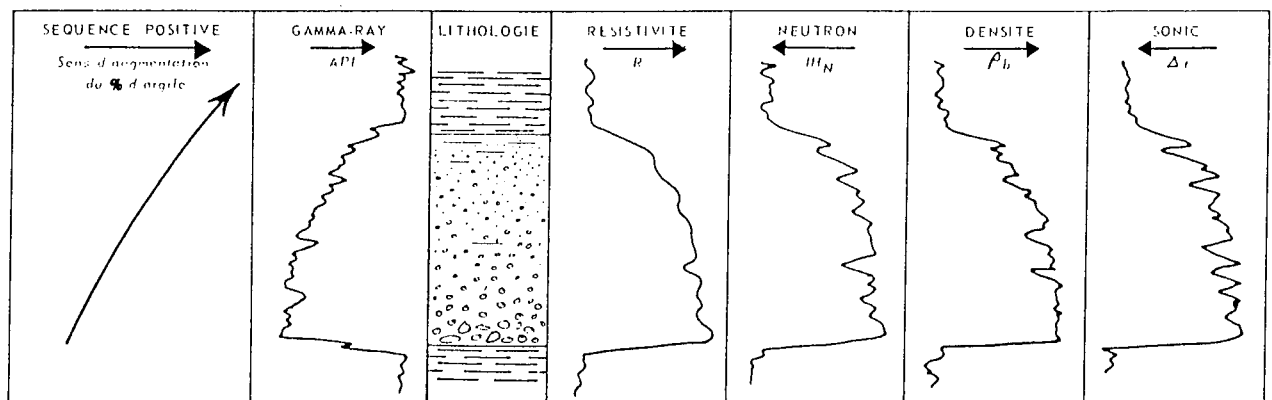


Figure III.9 : Exemples de rampes observées à partir des outils "de base" (Augier, 1981).

Après l'analyse faciologique, l'étude détaillée des gradients diagraphiques, caractérisant effectivement l'agencement vertical des faciès, permet de définir l'évolution séquentielle des dépôts. La détermination des différents pendages est réalisée grâce aux outils "haute résolution" et ce avec une très grande fiabilité, notamment pour l'outil FMS*.

Il est enfin possible d'effectuer des corrélations entre les différents sondages et les affleurements éventuels afin de déterminer la géométrie des corps sédimentaires et la nature des environnements de dépôt.

Ainsi, grâce à des données en continu, l'analyse facio-séquentielle par diagraphies (Fig. III.10) constitue un élément essentiel pour l'étude des bassins et des formations non affleurantes. Cependant, afin de mener à bien une telle étude sédimentologique, il est nécessaire d'avoir un maximum de données diagraphiques, en particulier au niveau des outils "haute résolution", et un bon recalage avec les échantillons.

DONNÉES DISCONTINUES

DONNÉES CONTINUES

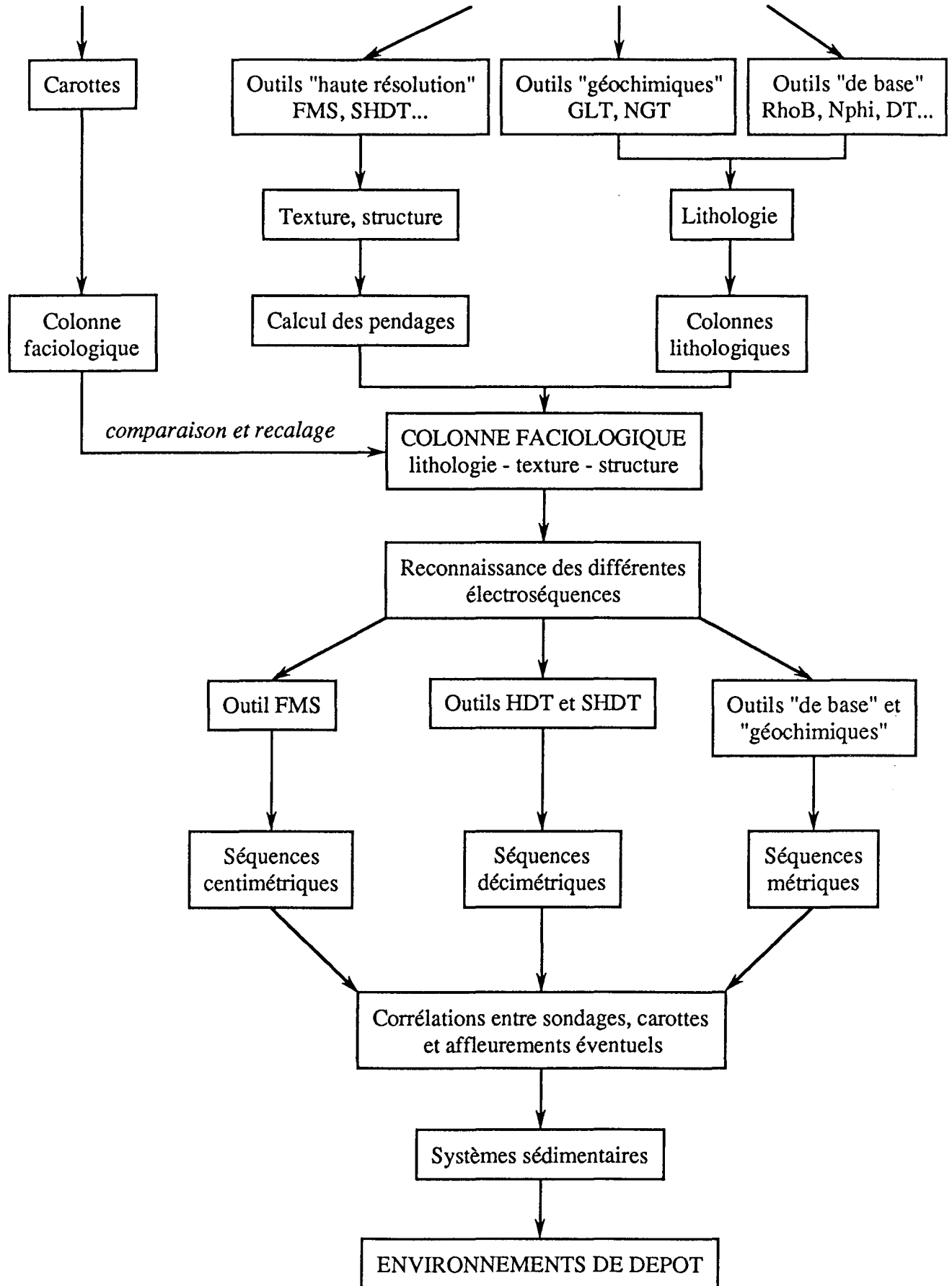


Figure III.10 : Récapitulatif de la démarche d'analyse depuis l'identification des faciès jusqu'à leur interprétation en terme de paléoenvironnement.

CHAPITRE IV

ANALYSE FACIOLOGIQUE PAR DIAGRAPHIES

DU TRIAS DU CENTRE-OUEST

DU BASSIN DE PARIS

IV.1 - INTRODUCTION

Une analyse faciologique manuelle par diagraphies, du Trias du centre-ouest du Bassin de Paris, menée sur six sondages (dont les puits A, B, C, D, Fig. IV.1) a permis, dans une première étape, de définir douze lithologies (étude d'environ 500 électrobancs répartis en 200 diagrammes). Dans une seconde étape, après mise au point d'un modèle sur un puits grâce à FACILOG, et l'avoir vérifié sur d'autres sondages, un traitement semi-automatique des données a été effectué sur treize forages (Fig. IV.1). Puis, pour mener à bien les corrélations diagraphiques et définir le plus précisément possible les environnements de dépôt de ces formations (*cf.* Chap. V), l'étude a été élargie à cinq autres puits (J, K, L, M, N, O, Fig. IV.1).

Dans ce chapitre, après avoir présenté le modèle d'analyse semi-automatique et décrit globalement les différents faciès rencontrés tant du point de vue lithologique, textural que structural, une analyse faciologique détaillée des différentes formations rencontrées sera développée.

IV.2 - CONTROLE DE L'INFORMATION

Les diagraphies "de base" ont été enregistrées pour tous les sondages étudiés excepté pour le puits K qui ne possède pas l'outil sonique. Le tableau IV.1 précise la nature de la boue des différents forages et les puits où les mesures de Pef, de spectrométrie du rayonnement gamma naturel (teneur en uranium, thorium et potassium) et de pendagemétrie ont été effectuées. Le FMS* a été enregistré pour deux sondages (dont le puits confidentiel 1) et l'outil GLT* n'a jamais été utilisé.

Dans les forages à boue au KCl (teneurs variant entre 32 et 50 g/l), il existe un fond de radioactivité parasite d'environ 20 unités API (entre 16 et 25 API, sachant que la radioactivité de KCl est d'environ 500 API); les mesures de spectrométrie du rayonnement gamma naturel (outil NGS*) sont également perturbées. La présence d'huile pourra rendre difficile l'interprétation des courbes de pendagemétrie (mesures de résistivité faussées par effet de la boue).

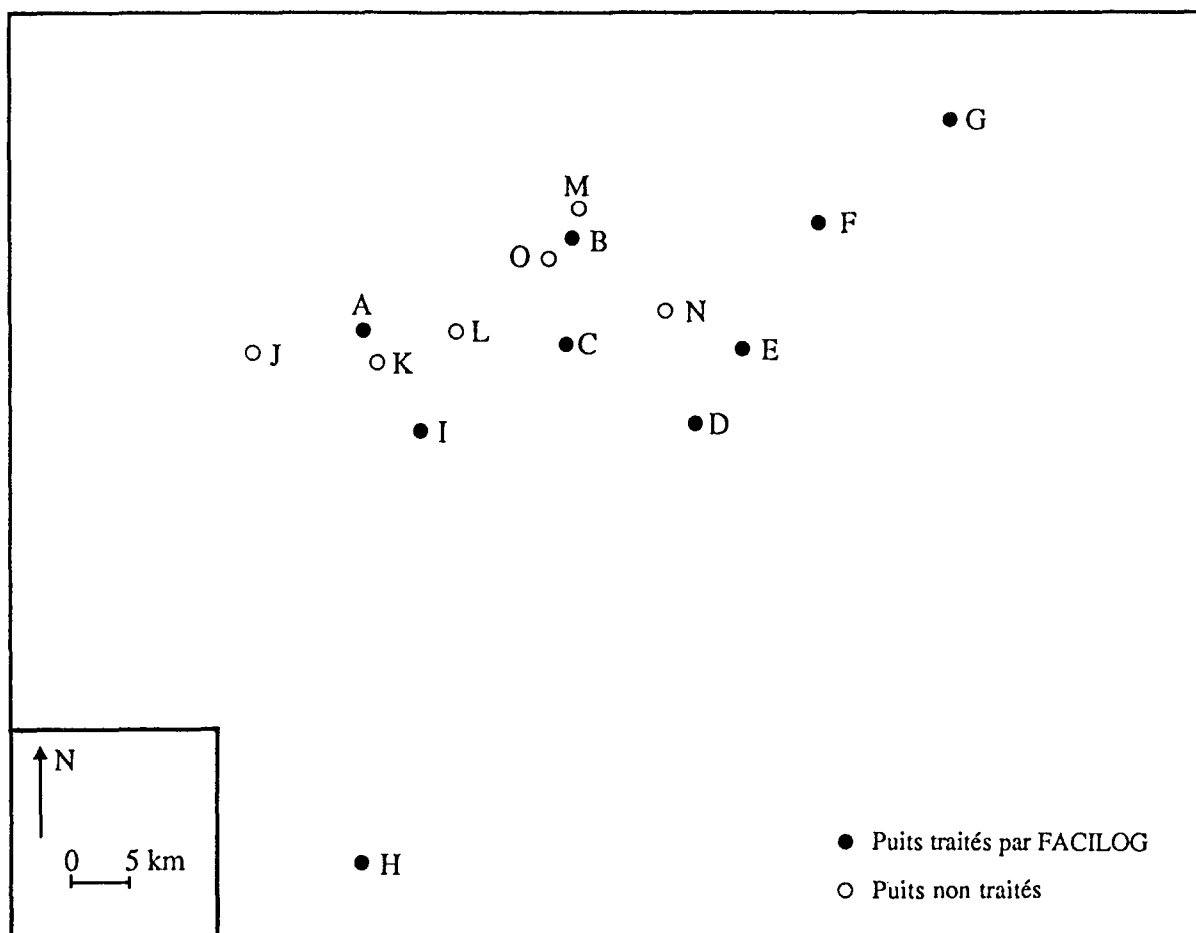


Figure IV.1 : Répartition des différents sondages traités par FACILOG.

SONDAGES	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
		D	D								D	D		D	
Nature de la boue	KCl	KCl	KCl	Nor	Huil	Nor	Huil	Nor	KCl	Lign	KCl	Nor	KCl	Huil	KCl
Mesures de Pef	oui	oui	oui	oui	oui	-	oui	oui	oui	oui	oui	-	oui	oui	-
Mesures U, Th et K	oui	oui	oui	oui	-	-	-	oui	oui	oui	oui	oui	-	-	oui
Mesures de pendagemétrie	-	oui	oui	oui	*	-	-	oui	oui	oui	oui	oui	*	oui	oui
Microscanner	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*	-	-

Tableau IV.1 : Nature de la boue et différents enregistrements diagraphiques réalisés pour les sondages étudiés (tous les outils "de base" étant enregistrés) :

D : puits dévié,

- : mesures non effectuées,

* : mesures se limitant à la base des Grès de Donnemarie,

Nor : boue normale n'affectant pas les mesures,

Lign : boue contenant du lignite,

Huil : Boue à huile.

Au sommet de la zone d'étude apparaît dans les sondages à boue normale ou au KCl une zone cavée plus ou moins importante et non dans ceux forés avec une boue à huile (les caractéristiques de cette dernière permettant une meilleure tenue du trou).

IV.3 - TRAITEMENT SEMI-AUTOMATIQUE - FACILOG

Après avoir réalisé l'analyse faciologique manuelle (cf. par. III.2.3) et constaté la fiabilité de celle-ci par comparaison avec les études de carottes un traitement semi-automatique des données avec FACILOG a été entrepris.

La mise au point du modèle lithologique grâce à FACILOG (cf. par. III.2.4.1) nécessite le choix d'un puits de référence (sondage traversant le maximum de faciès représentatifs de la zone étudiée). Dans une première étape, l'étude d'un certain nombre d'abaques, afin d'effectuer une interprétation manuelle en matrice complexe, permet d'élaborer la trame du modèle. A partir du puits de référence, il a donc, tout d'abord, été

nécessaire, après avoir sélectionné tous les électrobancs caractéristiques des différentes lithologies rencontrées, de les reporter au sein de divers diagrammes (diagrammes fonction de la complexité de la lithologie et des outils diagraphiques disponibles pour les différents sondages). Une fois ce modèle déterminé et la colonne lithologique automatique effectuée pour le sondage de référence, il faut vérifier sa validité sur un ou plusieurs autres puits par un contrôle détaillé des colonnes lithologiques obtenues (comparaison avec les colonnes lithologiques effectuées manuellement ou issues des analyses de carottes éventuelles). Il est ensuite appliqué sur d'autres puits. Ainsi, après plusieurs essais de modèles sur différents sondages, avec pour chaque puits : sélection des électrobancs représentatifs, interprétation manuelle à partir de diagrammes et comparaison sur deux ou trois autres sondages, le choix du puits de référence a été orienté vers le sondage B (puits contenant les trois formations étudiées). Ce modèle semi-automatique des traitements des données doit être considéré comme une aide à l'interprétation des lithologies.

La conception de ce modèle à partir du sondage B pose cependant quelques problèmes. Le premier problème rencontré est lié aux outils. En effet, pour la mise au point de ce modèle, seuls les trois outils "de base" -densité, porosité neutron et sonique- ont été utilisés car :

- l'outil NGS*, n'étant pas présent dans tous les sondages (Tab. IV.1), n'a pas pu être pris en compte,
- le GR n'est pas discriminant d'une lithologie particulière (il n'est pas lié à l'argilosité, *cf.* par. IV.6),
- l'outil Pef n'est pas enregistré dans tous les forages (Tab. IV.1). De plus, dans certains sondages, des faciès dolomitiques ou gréseux possèdent de très fortes valeurs de Pef attestant ainsi la présence de minéralisations particulières. Etant donné que le modèle est basé sur un puits type, il n'a pas été possible de trouver un sondage représentatif de toutes les minéralisations rencontrées.

Cependant, un quatrième facteur a été utilisé : il s'agit de l'écartement entre les courbes de densité et de porosité neutron (*cf.* par. III.2.4.1 B).

Le second problème est lié au référentiel. En effet, le modèle mis au point sur le sondage B comportant 18 lithologies (Tab. IV.2 et Fig. IV.2), a rapidement trouvé sa

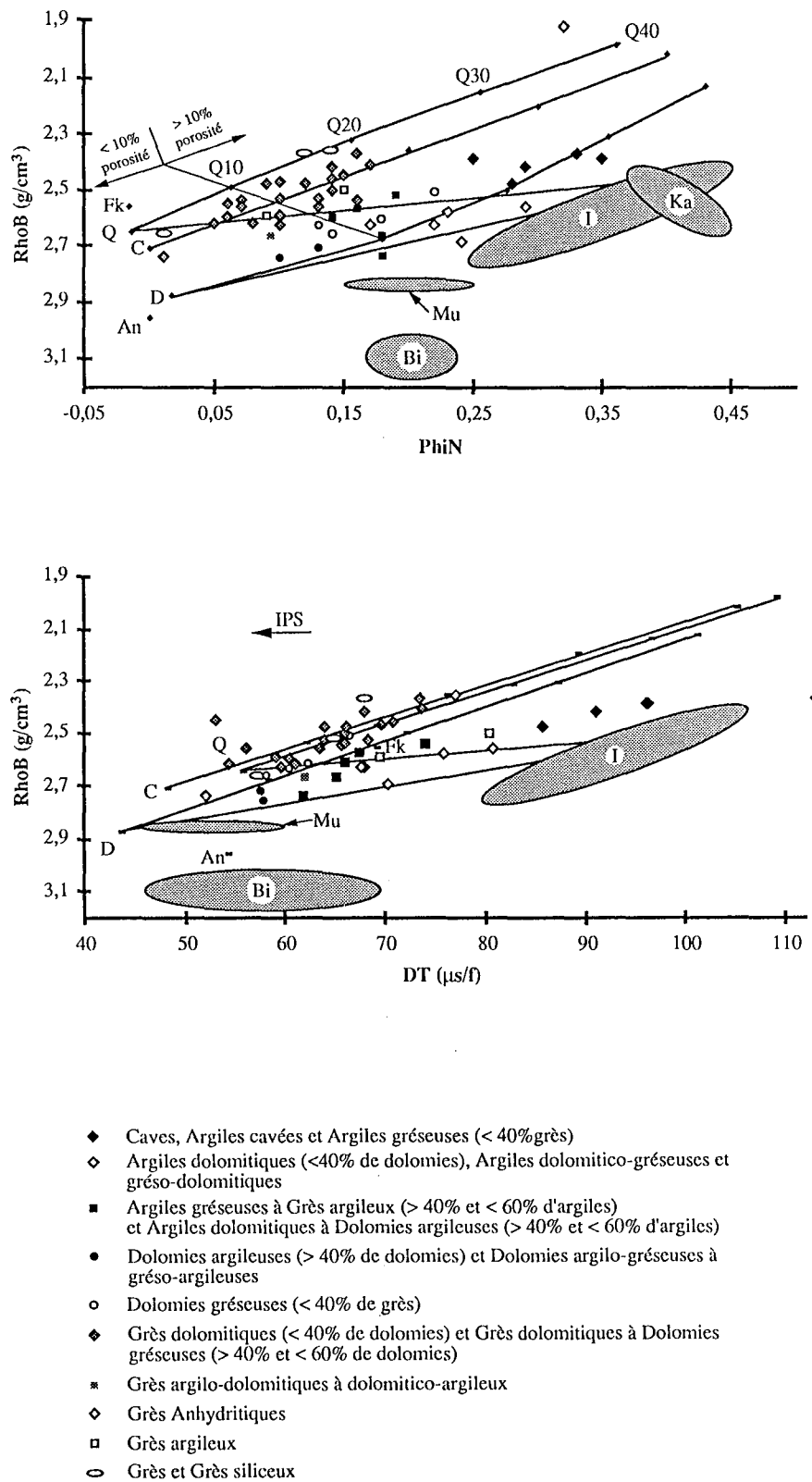


Figure IV.2 : Position des différents noyaux du modèle dans les diagrammes (PhiN, RhoB) et (DT, RhoB).

limite. Quand il a été testé sur d'autres puits, certains sondages contenaient de nouvelles lithologies non définies par le modèle, et d'autres disparaissaient : aucun puits ne comportait toutes les lithologies.

N°	LITHOLOGIES
	CAVES
	ARGILES CAVEES
1	ARGILES GRESEUSES < 40 % de grès
2	ARGILES GRESEUSES à GRES ARGILEUX > 40% et < 60% d'argiles
3	ARGILES DOLOMITTIQUES < 40% de dolomies
4	ARGILES DOLOMITTIQUES à DOLOMIES ARGILEUSES > 40% et < 60% d'argiles
5	ARGILES GRESO-DOLOMITTIQUES et DOLOMITICO-GRESEUSES
6	GRES ARGILO-DOLOMITTIQUES et GRES DOLOMITICO-ARGILEUX
7	GRES ARGILEUX < 40% d'argiles
8	GRES ARGILEUX POREUX < 40% d'argiles
9	GRES DOLOMITTIQUES < 40% de dolomies et < 10% NPhi
10	< 40% de dolomies et > 10% NPhi
11	GRES DOLOMITTIQUES à DOLOMIES GRESEUSES > 40% et < 60% de dolomies et < 10% NPhi
12	> 40% et < 60% de dolomies et > 10% NPhi
13	GRES < 10% NPhi
14	> 10% NPhi
15	DOLOMIES GRESEUSES < 40% de grès et < 10% NPhi
16	< 40% de grès et > 10% NPhi
17	DOLOMIES ARGILO-GRESEUSES et DOLOMIES GRESO-ARGILEUSES
18	DOLOMIES ARGILEUSES < 40% d'argiles

Tableau IV.2 : Liste des 18 lithologies initiales du modèle.

Le modèle initial a donc été élargi de 18 à 22 lithologies, en créant tout d'abord des germes fictifs. Pour ce faire, les valeurs de certains noyaux situés dans les zones cavées ont été modifiées et remplacées par les "coordonnées diagraphiques" des nouvelles lithologies rencontrées : cas des grès siliceux et grès anhydritiques (Fig. IV.2).

La création de germes fictifs étant limitée, il a été nécessaire d'effectuer, sous le module IND, deux types de cut-off pour préciser des lithologies particulières :

- cut-off de radioactivité (< 65 API) pour individualiser les dolomies dont la porosité est supérieure à 20% ; ces faciès non définis étaient rattachés au barycentre le plus proche, en l'occurrence aux faciès argilo-dolomitiques plus ou moins gréseux ;
- un cut-off de densité pour faire apparaître les électrobanes contenant de l'anhydrites qui étaient rattachés aux dolomies argileuses plus ou moins gréseuses : cut-off pour une densité supérieure à $2,78 \text{ g/cm}^3$.
Cependant, le modèle ne prenant pas en compte le Pef, il n'a pas été possible de différencier les argiles anhydritiques des argiles dolomitiques (cf. par. IV.6.3) ; l'utilisateur devra donc vérifier la valeur du Pef afin de différencier ces deux lithologies.

Par soucis de concision et en vue de l'analyse séquentielle ultérieure, ces 22 lithologies ont été regroupées en 15 classes lithologiques (Tab. IV.3).

Le document final représente une colonne lithologique en escalier (Fig. IV.3) où chaque pallier correspond à une lithologie (numérotée de 1 à 15) caractérisé par une couleur (le logiciel étant limité à sept couleurs, une couleur est attribuée pour plusieurs lithologies) ; le Tableau IV.4 donne la correspondance entre les lithologies et les couleurs. A droite du document figure une colonne (Fig. IV.3) représentant les faciès réservoirs en traits hachurés (au delà de 10% de porosité neutron pour les grès francs et grès dolomitiques, les dolomies pures et dolomies gréseuses).

Pour établir ces colonnes lithologiques, le pas d'échantillonnage est fixe (cf. par. III.2.4.1.B). Il se peut donc que certaines lithologies ne soient en fait que des artefacts dus à des effets d'éponte (pointés prélevés entre deux électrobanes).

De plus, les lithologies à trois constituants dont l'un d'entre eux intervient pour moins de 15 % ne seront pas décelables. Seul l'étude des outils "haute résolution" permettra de lever cette indétermination.

N°	REGROUPEMENT DES LITHOLOGIES	N°	LITHOLOGIES
0	CAVES		CAVES
1	ARGILES CAVEES		ARGILES CAVEES
2	ARGILES GRESEUSES	1 2	ARGILES GRESEUSES < 40 % de grès et ARGILES GRESEUSES à GRES ARGILEUX > 40% et < 60% d'argiles
3	ARGILES DOLOMITIQUES	3 4 5	ARGILES DOLOMITIQUES < 40% de dolomies ARGILES DOLOMITIQUES à DOLOMIES ARGILEUSES > 40% et < 60% d'argiles ARGILES GRESO-DOLOMITIQUES ET DOLOMITICO-GRESEUSES
4	GRES ARGILO-DOLOMITIQUES	6	GRES ARGILO-DOLOMITIQUES et GRES DOLOMITICO-ARGILEUX
5	GRES ARGILEUX	7 8	GRES ARGILEUX < 40% d'argiles GRES ARGILEUX POREUX < 40% d'argiles
6	GRES ANHYDRITIQUES	19	GRES ANHYDRITIQUES
7	GRES SILICEUX	20	GRES SILICEUX
8	GRES DOLOMITIQUES	9 10	GRES DOLOMITIQUES < 40% de dolomies et < 10% NPhi < 40% de dolomies et > 10% NPhi
9	GRES DOLOMITIQUES à DOLOMIES GRESEUSES	11 12	GRES DOLOMITIQUES à DOLOMIES GRESEUSES > 40% et < 60% de dolomies et < 10% NPhi > 40% et < 60% de dolomies et > 10% NPhi
10	GRES	13 14	GRES < 10% NPhi > 10% NPhi
11	DOLOMIES POREUSES	21	DOLOMIES
12	DOLOMIES GRESEUSES	15 16	DOLOMIES GRESEUSES < 40% de grès et < 10% NPhi < 40% de grès et > 10% NPhi
13	DOLOMIES ARGILO-GRESEUSES	17	DOLOMIES ARGILO-GRESEUSES et DOLOMIES GRESO-ARGILEUSES
14	DOLOMIES ARGILEUSES	18	DOLOMIES ARGILEUSES < 40% d'argiles
15	ANHYDRITES	22	ANHYDRITES

Tableau IV.3 : Liste des 15 classes lithologiques regroupant les 22 lithologies composant le modèle.



ELF AQUITAINE
LITHO FACILOG PUIITS B

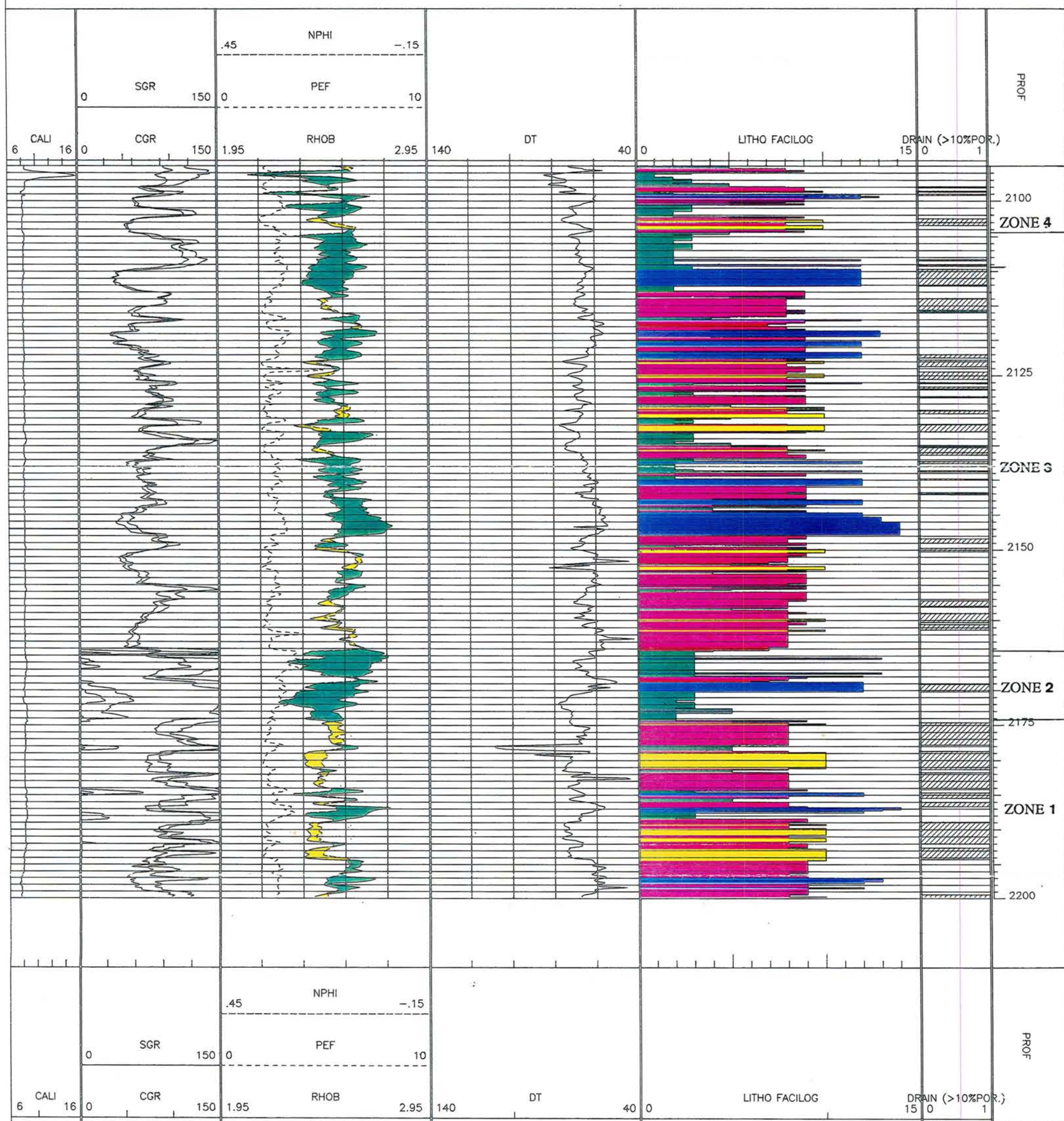


Figure IV.3 : Colonne lithologique automatique du sondage B.

N°	COULEUR	LITHOLOGIES
0		Caves
1	Vert	Argiles cavées
2	Vert	Argiles gréseuses
3	Vert	Argiles dolomitiques
4	Gris	Grès argilo-dolomitiques
5	Gris	Grès argileux
6	Rouge	Grès anhydritiques
7	Rouge	Grès siliceux
8	Magenta	Grès dolomitiques
9	Magenta	Grès dolomitiques à Dolomies gréseuses
10	Jaune	Grès
11	Bleu	Dolomies poreuses
12	Bleu	Dolomies gréseuses
13	Violet	Dolomies argilo-gréseuses
14	Violet	Dolomies argileuses
15	Noir	Anhydrites

Tableau IV.4 : Légende des figurés employés par FACILOG.

IV.4 - DESCRIPTION DES DIFFERENTS FACIES

IV.4.1 - Les faciès gréseux

Tous les faciès gréseux possèdent une radioactivité élevée, supérieure à 25 API.

Les grès sont caractérisés par des électrofaciès à polarité négative (courbe RhoB évoluant à gauche de la courbe NPhi, cf. par. III.2.2.2) et des pointés situés sur la droite des grès dans les diagrammes lithologiques (position variant en fonction de leur porosité, Fig. IV.4), ainsi que sur le pôle quartz dans les diagrammes minéralogiques. Ils peuvent posséder des proportions non négligeables de feldspaths potassiques (pointés situés entre les pôles quartz et feldspath potassique). Dans le cas de faciès très poreux et aquifères, la résistivité des grès est faible à très faible.

Les **grès siliceux** ont une polarité négative avec un écartement des courbes RhoB-NPhi moyen, de fortes densités et résistivités, et de faibles porosités neutrons. Ils se situent très près du pôle quartz dans les différents diagrammes (Fig. IV.4).

Les **grès dolomitiques** ont une polarité négative ou positive (courbe RhoB évoluant à droite de la courbe NPhi, cf. par. III.2.2.2) et un faible écartement des courbes RhoB-NPhi. Ils sont déviés (Fig. IV.4) de la droite des grès (ou du pôle quartz) en direction de la droite de la dolomie (ou du pôle dolomite).

Les **grès anhydritiques**, à polarité positive et faible écartement des courbes RhoB-NPhi, ont une porosité neutron faible et sont déviés en direction du pôle anhydrite (Fig. IV.4).

Les **grès argileux**, à polarité positive et écartement faible à moyen des courbes RhoB-NPhi, sont caractérisés en général par une radioactivité supérieure aux grès et sont déviés vers un pôle argile proche du pôle illite théorique (Fig. IV.4).

Les **grès argilo-dolomitiques** et **dolomitico-argileux**, à polarité positive et écartement moyen des courbes RhoB-NPhi, sont situés dans une triangulation grès-argile-dolomie (Fig. IV.4).

IV.4.2 - Les faciès dolomitiques

Les **dolomies**, à polarité positive, sont positionnées sur la droite des dolomies et sur le pôle dolomitique suivant les diagrammes (Fig. IV.5). Leur radioactivité est inférieure à 40 API.

Les **dolomies gréseuses**, à polarité positive, ont des pointés déviés en direction du pôle quartz ou de la droite des grès (Fig. IV.5) et une radioactivité naturelle pouvant être élevée : jusqu'à 150 API.

Les **dolomies argileuses**, à radioactivité élevée, peuvent cependant avoir un GR inférieur à celui des dolomies gréseuses et sont représentées par des électrofaciès à polarité positive avec un grand écartement des courbes RhoB-NPhi. Leurs pointés sont déviés vers le pôle argile (Fig. IV.5).

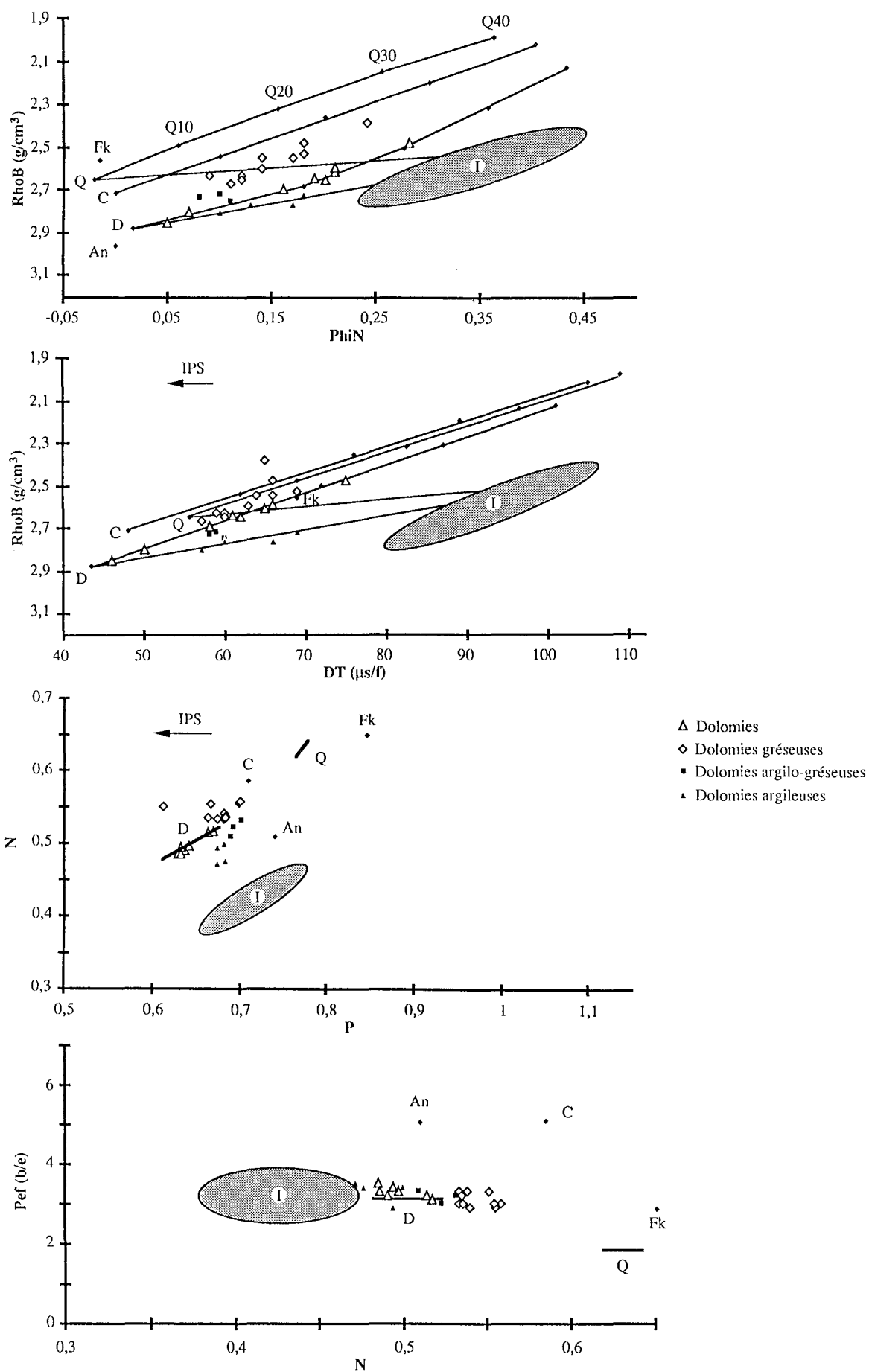


Figure IV.5 : Répartition des faciès dolomitiques dans les différents diagrammes.

Les **dolomies argilo-gréseuses à grés-argileuses** ont une polarité positive et un écartement des courbes RhoB-NPhi moyen à fort. Elles se situent dans une triangulation dolomie-argile-grès (Fig. IV.5).

IV.4.3 - Les faciès argileux

Ils sont caractérisés par des radioactivités élevées (supérieures à 90 API), des électrofaciès à polarité positive et un grand écartement des courbes RhoB-NPhi.

Les **argiles gréseuses** ou **dolomitiques** sont caractérisées par des pointés déviés du pôle argile vers les pôles grès ou dolomie (Fig. IV.6).

Les **argiles anhydritiques** sont difficiles à différencier des argiles dolomitiques du fait de la proximité des pôles dolomite et anhydrite et de très fréquents effets d'IPS (Fig. IV.6). Cependant, une distinction est possible au niveau de leur Pef (Pef anhydrite = 5 b/e) plus élevé que celui de la dolomite (3 b/e) et des résistivités très élevées qui caractérisent l'anhydrite.

Les **argiles grés-dolomitiques** ou **dolomitico-gréseuses** se positionnent dans une triangulation argile-grès-dolomie (Fig. IV.6).

IV.4.4 - Les faciès anhydritiques

Ils sont caractérisés par des électrofaciès à polarité positive, des résistivités très fortes et des valeurs de Pef élevées.

Les anhydrites pures ne sont jamais présentes. Il s'agit d'**anhydrites argileuses** ou **gréseuses** caractérisées par des densités élevées, des porosités neutrons faibles, et des pointés déviés du pôle anhydritique en direction des pôles argiles ou grès (Fig. IV.6).

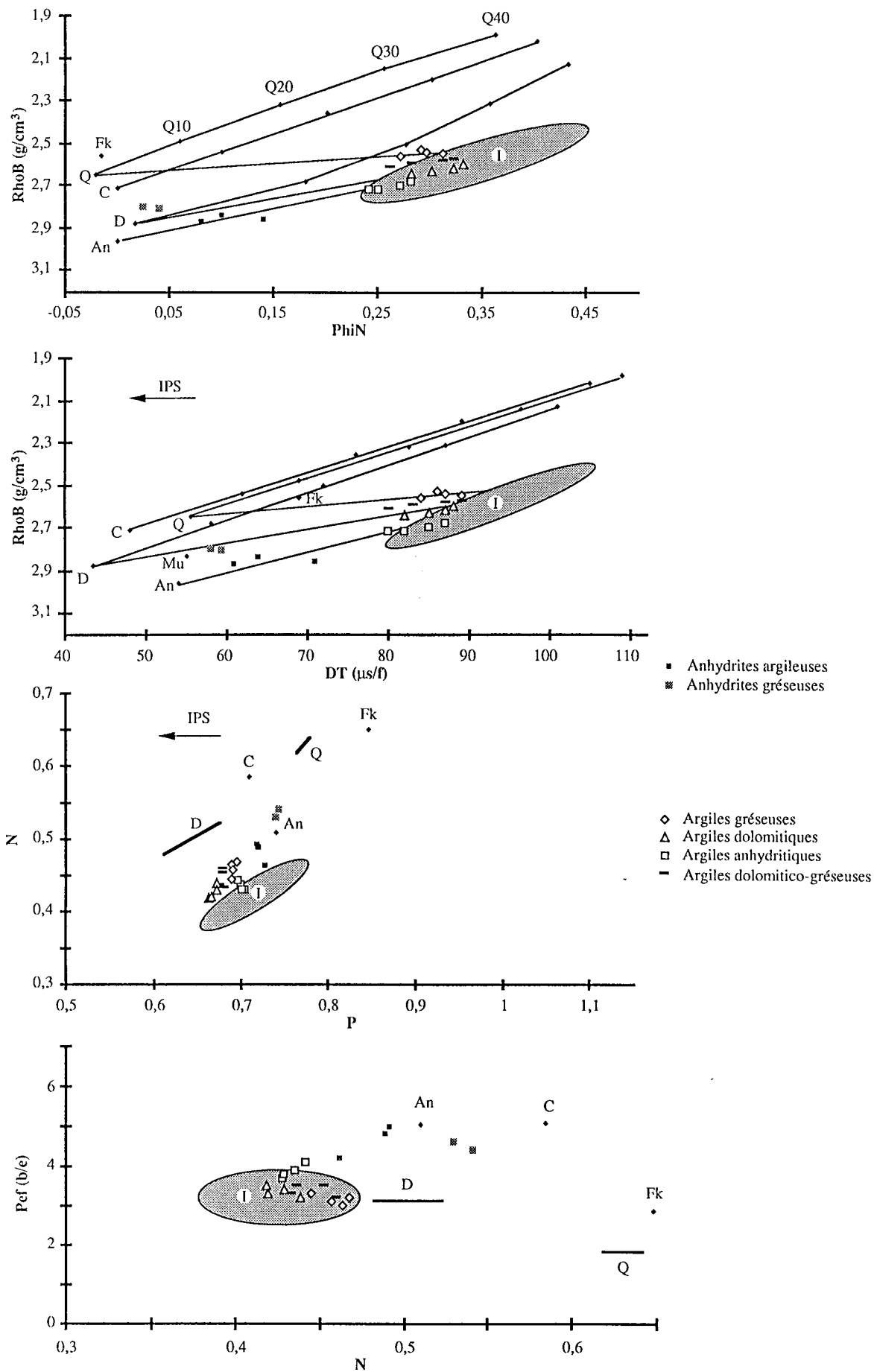


Figure IV.6 : Répartition des faciès anhydritiques et des faciès argileux dans les différents diagrammes.

IV.4.5 - Conclusion

Nous sommes en présence de lithologies complexes variant entre trois pôles minéralogiques principaux : grès, argiles, dolomites, auxquels s'ajoute parfois l'anhydrite. La difficulté de déterminer les différents électrofaciès provient principalement de trois facteurs :

- beaucoup d'électrofaciès sont perturbés par des effets d'IPS (Fig. IV.4, IV.5 et IV.6) rendant ainsi difficile leur différenciation,
- présence d'une radioactivité naturelle totale très élevée qui n'est pas uniquement liée à l'argilosité (*cf.* par. IV.6.4) ; de fortes valeurs de GR sont observées pour des lithologies faiblement ou non argileuses (60 à 130 API pour les dolomies gréseuses et jusqu'à 170 API pour les grès) ;
- beaucoup de lithologies intermédiaires sont présentes (grès, argiles et dolomies en proportions quasi équivalentes)

De plus, des minéralisations particulières peuvent être reconnues, principalement pour les Grès de Chaunoy (*cf.* par. IV.6.4).

IV.5 - ANALYSE DES FACIES A PARTIR DES OUTILS "HAUTE RESOLUTION"

Les différents électrobancs rencontrés étant traduits en terme de lithologie (avec un pouvoir de résolution vertical des outils de 30 à 50 cm), il est alors nécessaire de les caractériser au niveau de leurs texture et structure grâce aux outils "haute résolution" (*cf.* par. III.2.5). N'ayant pu bénéficier d'aucune assistance automatique afin d'effectuer les corrélations entre les courbes de microrésistivité pour mettre en évidence les niveaux laminés, la présence de nodules, de galets..., cette étude a été effectuée entièrement manuellement.

Après avoir recalé les courbes de pendagemétrie par rapport aux autres enregistrements diagraphiques, la réponse d'un électrobanc donné au niveau des outils

"haute résolution" peut être analysée. Certains bancs sont homogènes, d'autres laminés et plus fréquemment hétérogènes.

Grâce à deux sondages possédant l'outil FMS* (Tab. IV.1), les courbes de microrésistivité ont été traduites en images microscanners et un "étalonnage" des différents faciès rencontrés a été effectué. Cependant, ces enregistrements FMS* sont limités aux Grès de Chaunoy, ce qui restreint les interprétations au niveau des autres formations.

Les outils de pendagemétrie permettent ainsi de distinguer (Fig. IV.7) :

- pour les faciès gréseux :
 - des grès caractérisés par des niveaux quasi homogènes, la cimentation ayant pour effet d'augmenter les résistivités,
 - des conglomérats caractérisés par des réponses de microrésistivités hétérogènes montrant des pics plus résistants et généralement non corrélables entre toutes les courbes à une même profondeur ; ils possèdent en général de plus fortes densités et de plus faibles porosités neutron que les grès,
- pour les faciès dolomitiques :
 - des dolomies massives caractérisées par des niveaux quasi homogènes ; ce faciès est rarement présent ;
 - des dolomies montrant des réponses hétérogènes, marquées par des pics non corrélables entre toutes les courbes de microrésistivité ; il peut s'agir soit de nodules soit de poches, résistants (gréseux ou dolomitique) ou moins résistants (argileux) ;
 - des dolomies présentant des laminations argileuses caractérisées au sein de l'électrobanc par de fins bancs moins résistants corrélables entre toutes les courbes ;
- pour les faciès argileux : des réponses homogènes ou hétérogènes (présence de nodules ou de galets), avec parfois présence de lamines plus résistantes ; leur résistivité est, en général, élevée.

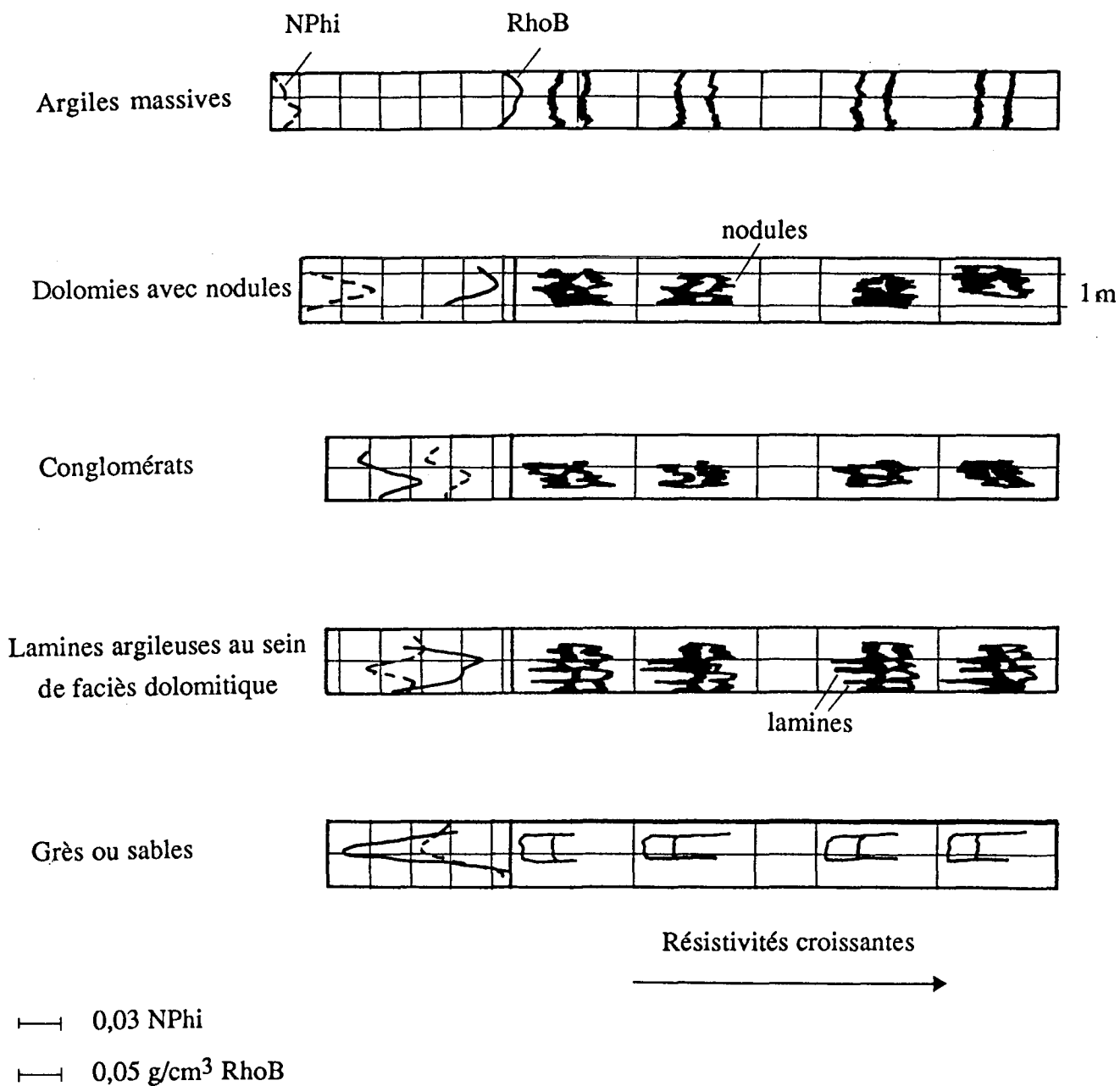


Figure IV.7 : Images de pendagemétrie correspondant à différents faciès.

Les faciès dolomitiques peuvent être parfois fissurés, ce qui se traduit par des chutes brutales des valeurs de la résistivité sur une ou plusieurs courbes, et par des effets d'IPS.

IV.6 - ANALYSE FACIOLOGIQUE DES DIFFERENTES FORMATIONS

IV.6.1 - Caractéristiques diagraphiques

De la base au sommet des sondages, il est possible de distinguer au maximum quatre zones d'électrofaciès (Fig. IV.8), ayant les caractéristiques diagraphiques suivantes :

- **zone 1** : constituée par une alternance de faciès à polarités positive et négative. Cette zone correspond au **Corps gréseux inférieur** ou **Grès de Donnemarie**.
- **zone 2** : à faciès à polarité positive, mais pouvant contenir dans certains sondages des faciès à polarité négative. Il s'agit des **Argiles intermédiaires**.
- **zone 3** : montrant des alternances de faciès à polarités positive et négative, cette zone représente le **Corps gréseux supérieur** ou **Grès de Chaunoy**.
- **zone 4** : comportant essentiellement des faciès à polarité positive, avec localement des niveaux à polarité négative, cette zone se cave fréquemment et sera appelée **Argiles sommitales**.

Les différents sondages étudiés sont classés en cinq catégories en fonction des zones qui y sont présentes (Fig. IV.9) :

- **groupe 1** : sondages contenant les 4 formations (B, D, E, F, G, H, N),
- **groupe 2** : sondages où les Argiles intermédiaires reposent sur le socle (C),

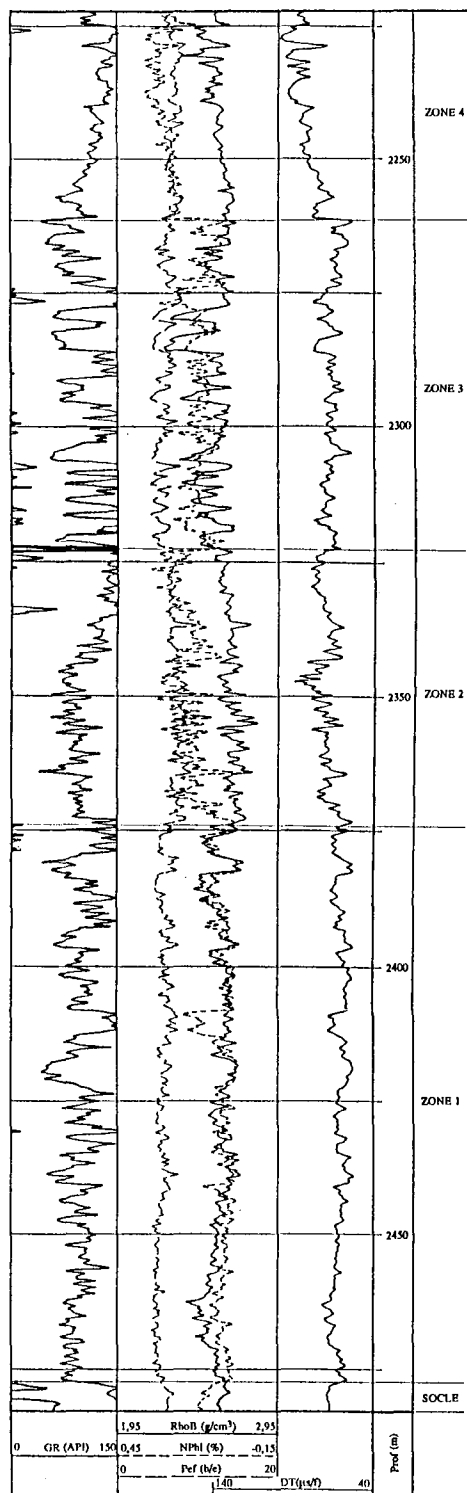


Figure IV.8 : Puits E montrant les quatre zones d'électrofaciès.

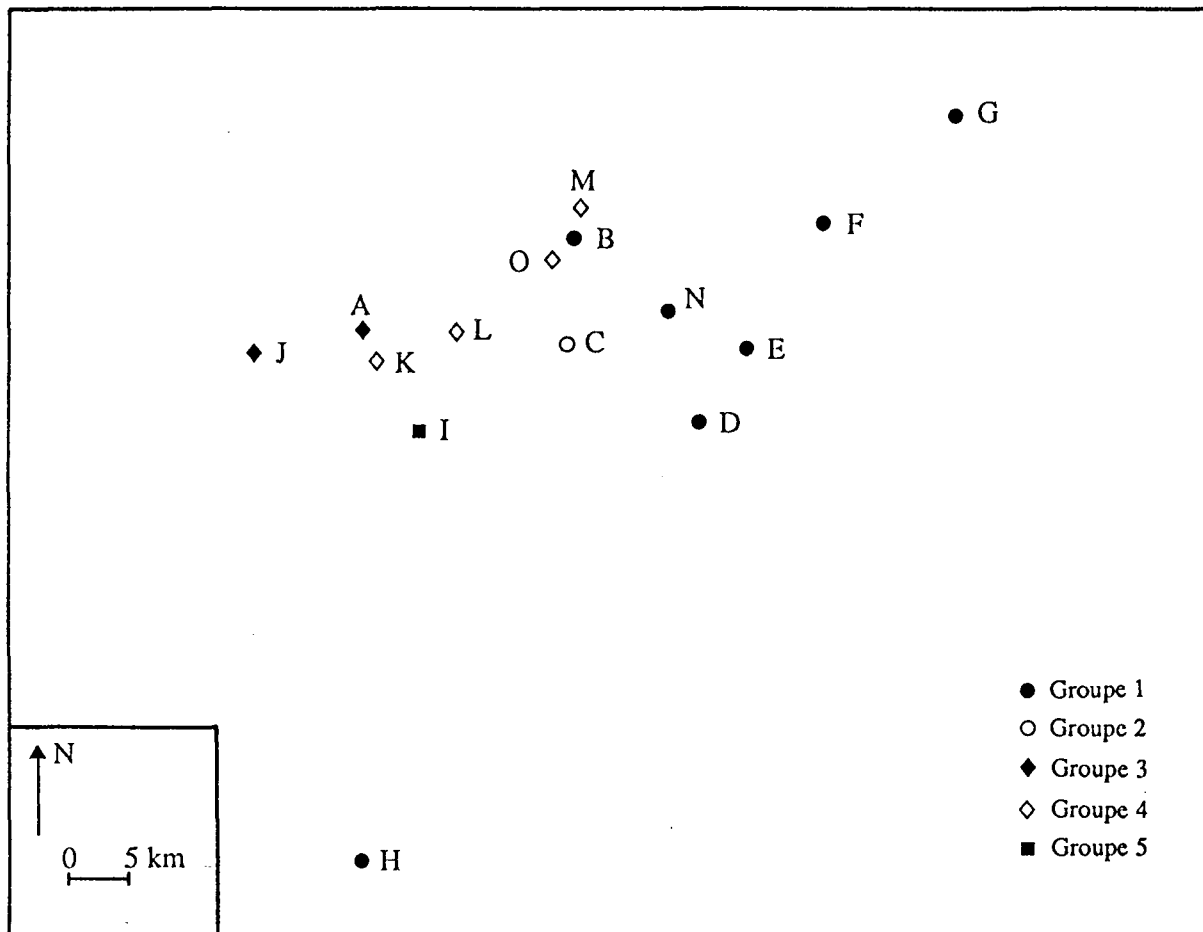


Figure IV.9 : Position des différents sondages répartis entre les cinq groupes.

- **groupe 3** : sondages où le Corps gréseux supérieur repose sur le socle (A, J),
- **groupe 4** : sondages où le Corps gréseux supérieur semble reposer sur le Corps gréseux inférieur (K, L, M, O),
- **groupe 5** : sondages dont la base n'est pas connu (I).

Le socle atteint dans douze sondages (dont les puits A, C, E, F, J, K, L, M et O) est caractérisé par des densités élevées, des porosités neutron généralement faibles et des radioactivités extrêmement fortes de 90 à 215 API. Ces radioactivités importantes sont à mettre en relation avec des teneurs élevées en thorium (de 8 à 20 ppm) et en potassium (de 3 à plus de 5 %) tandis que l'uranium varie de 1 à 8 ppm.

IV.6.2 - Le Corps gréseux inférieur

Cette formation est présente dans les sondages des groupes 1 et 4. Elle peut être subdivisée en deux sous-zones.

La première sous-zone (sous-zone a) est présente à la base de trois sondages (E, F, et N) sur une épaisseur de 15 m à 34 m. Elle est constituée d'électrobancs à polarité négative représentant des grès, des grès dolomitiques et très rarement des grès légèrement argileux (Fig. IV.10 et Annexe A1.1). Ce matériel gréseux est extrêmement radioactif (GR variant de 52 à 135 API) ; l'outil NGS* n'ayant pas été mis en œuvre, l'origine de la radioactivité ne peut être précisée. Cependant, les diagrammes lithologiques indiquent la présence de feldspaths (Fig. IV.11) et l'outil SHDT* disponible pour le sondage N précise qu'il s'agit en fait de matériel conglomératique (conglomérat basal, Annexe A1.1). Ainsi, la forte radioactivité de ce matériel gréseux est probablement due à la présence de feldspaths potassiques et de galets issus du socle très radioactif.

La seconde sous-zone (sous-zone b) est constituée par une alternance d'électrofaciès à polarité positive et négative (Fig. IV.10 et Annexe A1.1). Dans les autres puits, le Corps gréseux inférieur est seulement représenté par cette sous-zone.

Les électrofaciès à polarité négative sont des grès, des grès dolomitiques, des grès siliceux et des grès anhydritiques, ces derniers étant uniquement présents dans les sondages D, E, F et G. Ces faciès gréseux ont une radioactivité qui varie de 35 à



ELF AQUITAINE
LITHO FACILOG PUIITS E

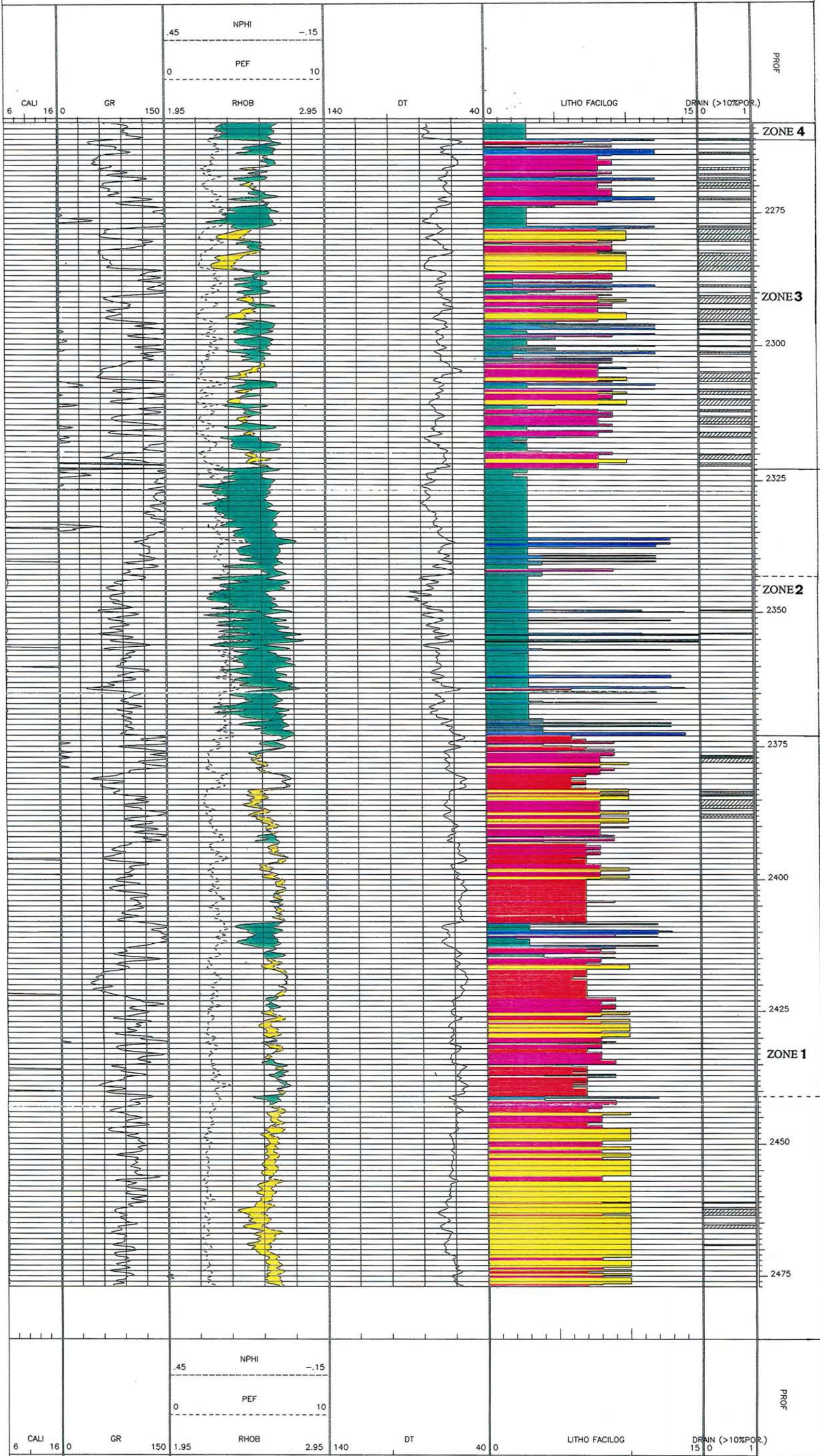


Figure IV.10 : Colonne lithologique automatique du sondage E.

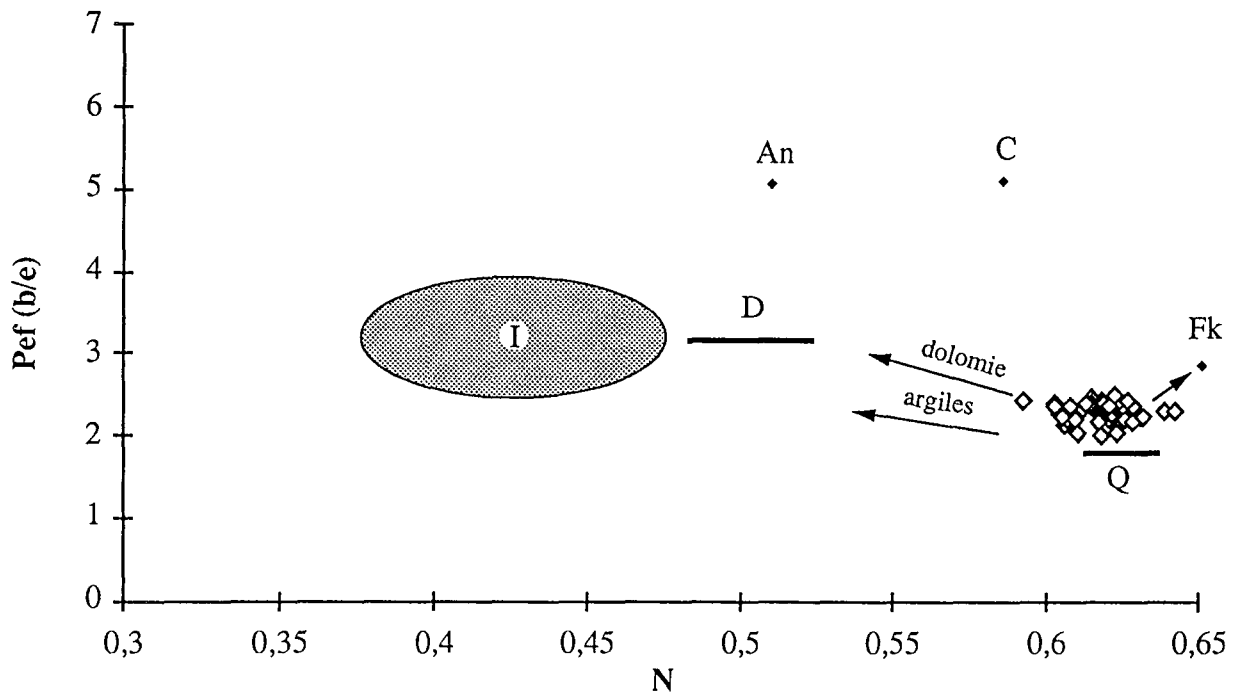
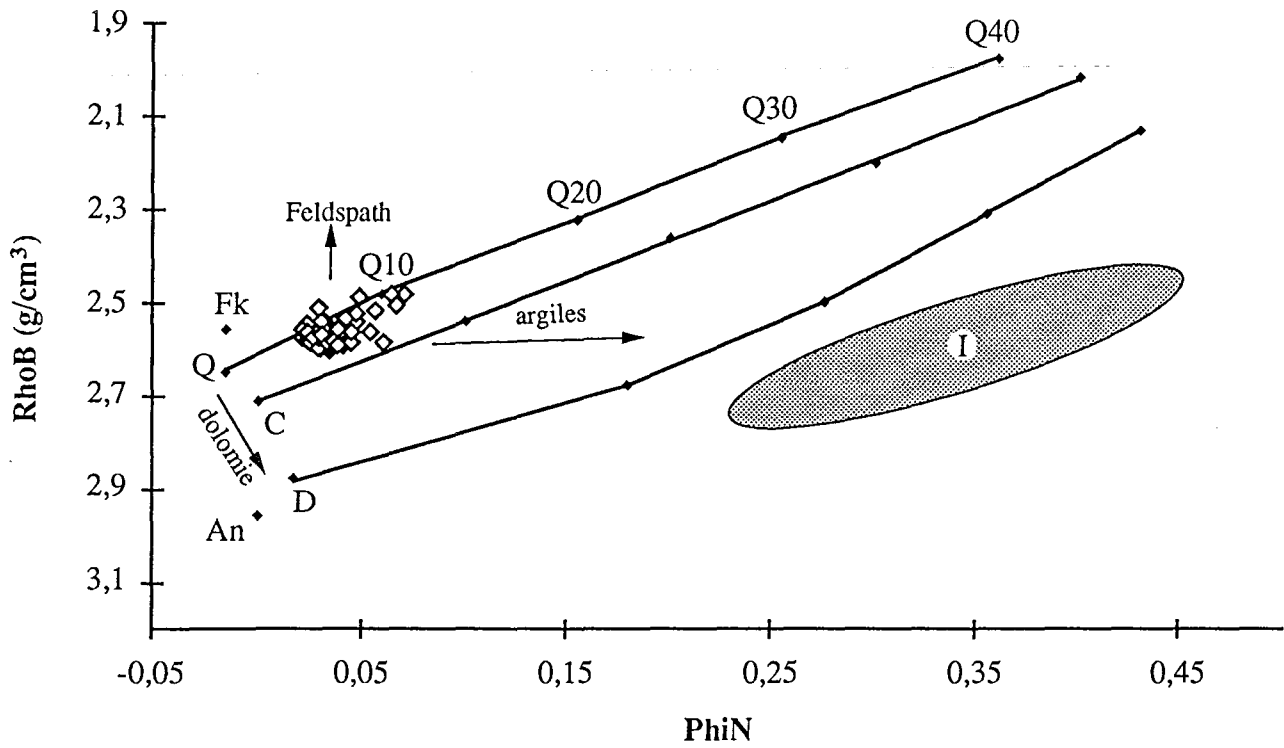


Figure IV.11 : Caractérisation diagraphique de la sous-zone a des Grès de Donnemarie du sondage N.

170 API ; l'outil NGS*, enregistré pour certains sondages (Tab. IV.1), permet de montrer que celle-ci est liée au thorium (de 2 à 8 ppm), au potassium (de 1 à 5 %) et à l'uranium⁽¹⁾ (de 0,5 à 5 ppm) due en particulier à la présence de feldspaths potassiques (Fig. IV.12). Les fortes radioactivités (> 90 API) sont principalement dues à des augmentations de teneurs en uranium (jusqu'à 19 ppm), plus rarement associées à des teneurs élevées en thorium (jusqu'à 19 ppm pour le sondage H), sans doute liées à la présence de minéraux lourds uranifères ou thorifères.

Les électrofaciès à polarité positive sont soit des argiles dolomitiques plus ou moins gréseuses, soit des grès argileux ou argilo-dolomitiques, et plus rarement des dolomies gréseuses ou argileuses. Tous ces faciès sont extrêmement radioactifs (Fig. IV.12) :

- de 100 à 290 API pour les faciès argileux avec une radioactivité liée principalement au thorium (de 11 à 25 ppm) et au potassium (de 3,5 à 7 %), l'uranium variant de 2,5 à 7 ppm. Les différents diagrammes géochimiques que nous pouvons effectuer montrent que les argiles sont de nature illitique.
- de 75 à 250 API pour les faciès grésos-argileux plus ou moins dolomitiques, avec des teneurs en thorium intermédiaires entre celles des faciès gréseux et des faciès argileux, montrant ainsi une nature illitique des argiles (les teneurs en thorium variant de 7 à 12 ppm, en potassium de 2 à 5,5 % et en uranium de 2 à 4 ppm).
- de 60 à 130 API pour les faciès dolomitico-gréseux (thorium variant de 2 à 8 ppm, potassium de 2,5 à 3,5 % et uranium de 2 à 4 ppm). Pour les fortes valeurs de GR, la radioactivité est liée à l'uranium (4 à 10 ppm d'uranium). La radioactivité anormalement élevée de ce matériel dolomitique est due aux minéraux présents dans les grès.

Dans le sondage K (Annexe A1.2), des électrobancs à forts Pef sont observés, ceux-ci sont à mettre en relation avec des minéralisations particulières dues probablement à la présence de sulfures de fer (Fig. IV.13). De plus, il faut noter la présence d'anhydrites, notamment en partie sommitale.

Les mesures de pendagemétrie effectuées sur certains sondages (Tab. IV.1) montrent que les faciès gréseux ont soit un aspect hétérogène (conglomérats), soit un

1 - Les abaques de Schlumberger donnent pour le quartz des teneurs en thorium de 2 ppm, en potassium de 0 % et en uranium de 0,7 ppm.

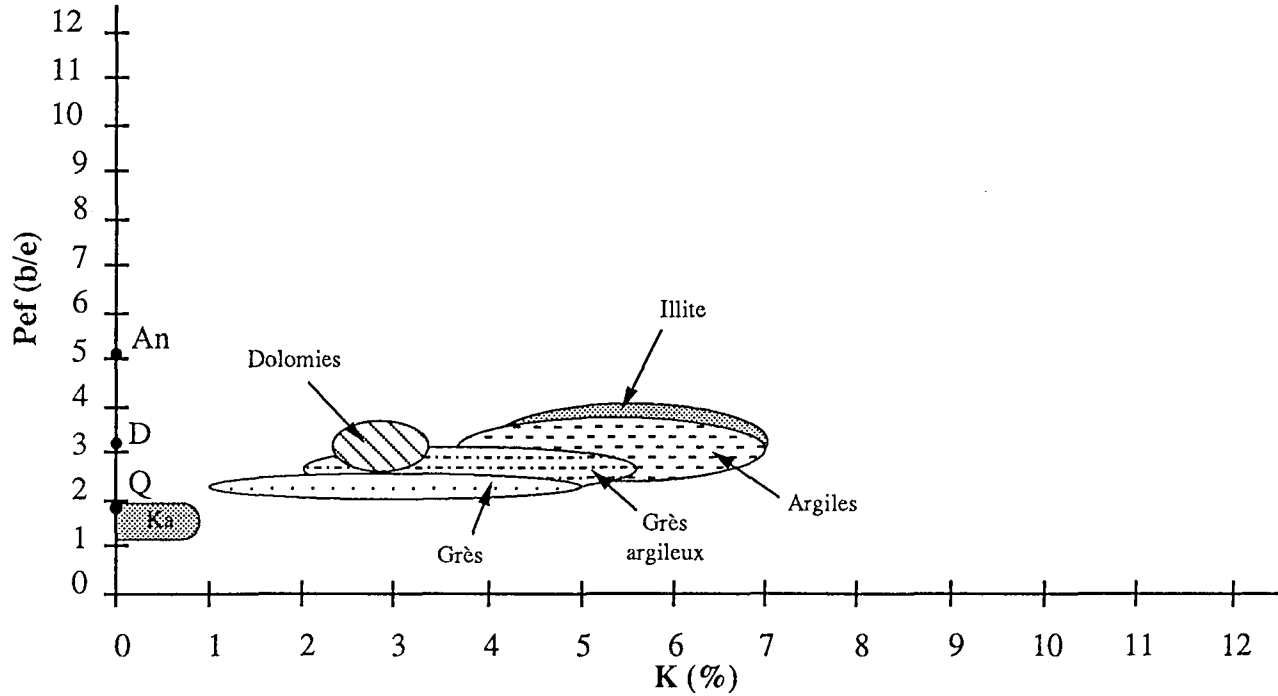
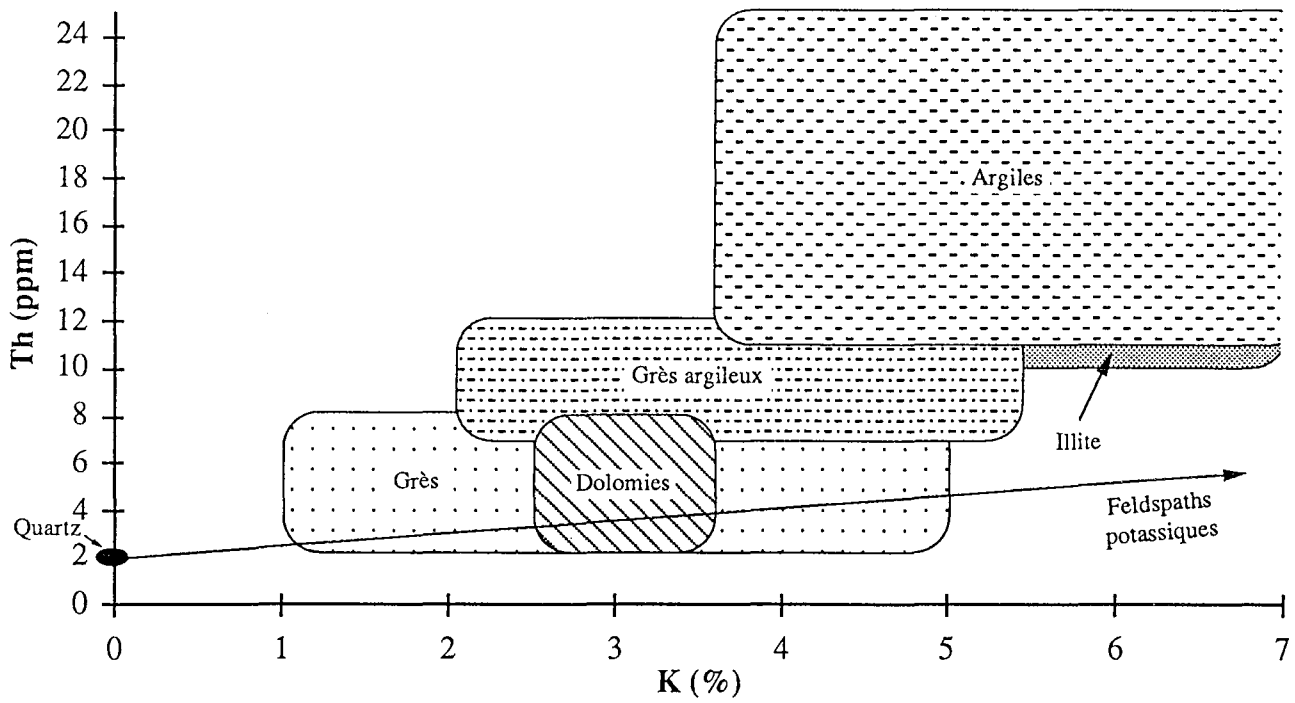


Figure IV.12 : Caractérisation géochimique des différents électrofaciès des Grès de Donnemarie.

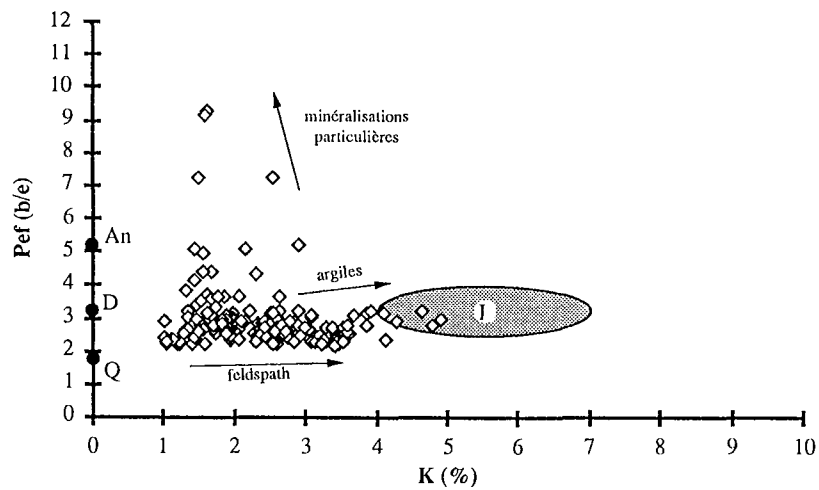
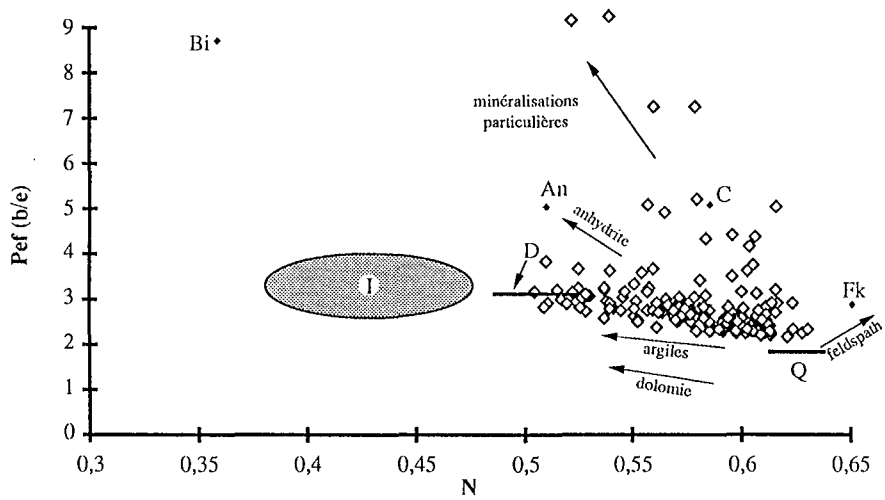
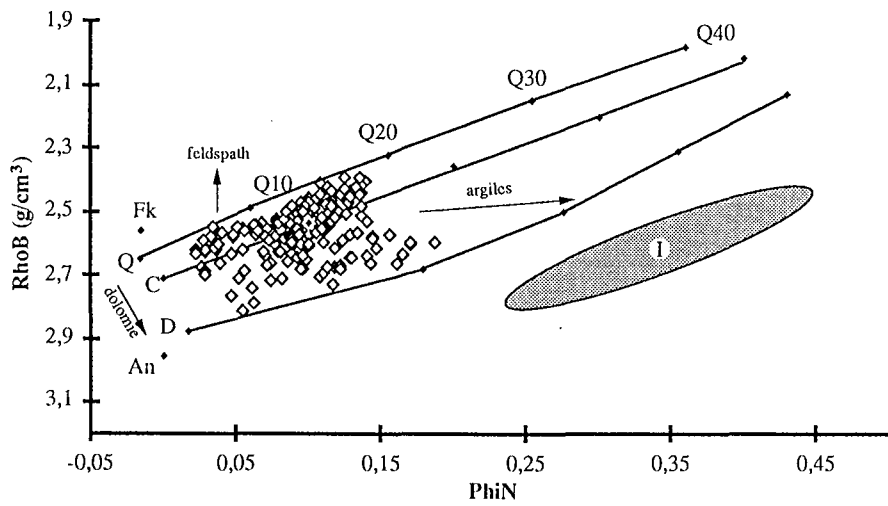


Figure IV.13 : Caractérisation diagraphique des Grès de Donnemarie du puits K, montrant des minéralisations particulières.

aspect homogène (grès) ; les conglomérats possédant par ailleurs de très fortes valeurs de gamma-ray. Les faciès argileux sont homogènes ou laminés.

Il faut noter que, pour les sondages du groupe 4, le toit de cette formation est marqué par un niveau argileux fortement radioactif (de 150 à plus de 300 API) à concentrations importantes en uranium (de 6 à plus de 10 ppm).

IV.6.3 - Les Argiles intermédiaires

Cette formation est présente dans les sondages du groupe 1 et 2. Elle est marquée au sommet par un niveau fortement radioactif (de 190 à à plus 300 API) lié à la présence d'uranium (Annexe A1.3). Ces teneurs en uranium sont supérieures à 10 ppm et peuvent atteindre 60 ppm pour le puits D.

Dans les sondages D, E, F, G et N, les Argiles intermédiaires sont constituées de deux sous-zones bien distinctes au niveau des enregistrements diagraphiques (Fig. IV.10, Fig. IV.14 et Annexe A1.4 et A1.5).

La première est composée principalement d'argiles anhydritiques et d'anhydrites (Fig. IV.15 et IV.16) caractérisées par des GR relativement faibles de 40 à 140 API (moyenne de 100 API) et des valeurs de Pef supérieures à 3,5 b/e. L'analyse des outils de pendagemétrie permet de mettre en évidence la présence de bancs d'anhydrites ou de nodules anhydritiques. Ainsi, il s'agit d'alternance de bancs d'anhydrites et d'argiles de quelques centimètres d'épaisseur, et la reconnaissance au niveau des outils "de base" d'anhydrites gréseuses ou argileuses, par exemple, est un artefact dû au pouvoir de résolution verticale de ces outils (l'épaisseur de ces bancs étant inférieure au pouvoir de résolution verticale de ces outils). Les argiles peuvent être parfois gréseuses ou dolomitiques, mais il est impossible de savoir s'il s'agit de bancs plus dolomitiques ou plus gréseux (limite du pouvoir de résolution des outils de pendagemétrie), seul l'outil FMS permettrait de lever cette indétermination.

La seconde sous-zone est constituée principalement d'argiles dolomitiques plus ou moins gréseuses (Fig. IV.15 et IV.16) possédant des radioactivités de 100 à 290 API (moyenne de 150 API). Les réponses au niveau des outils de pendagemétrie de ces argiles sont quasi-homogènes (Annexe A1.5).

LITHO FACILOG PUIITS D

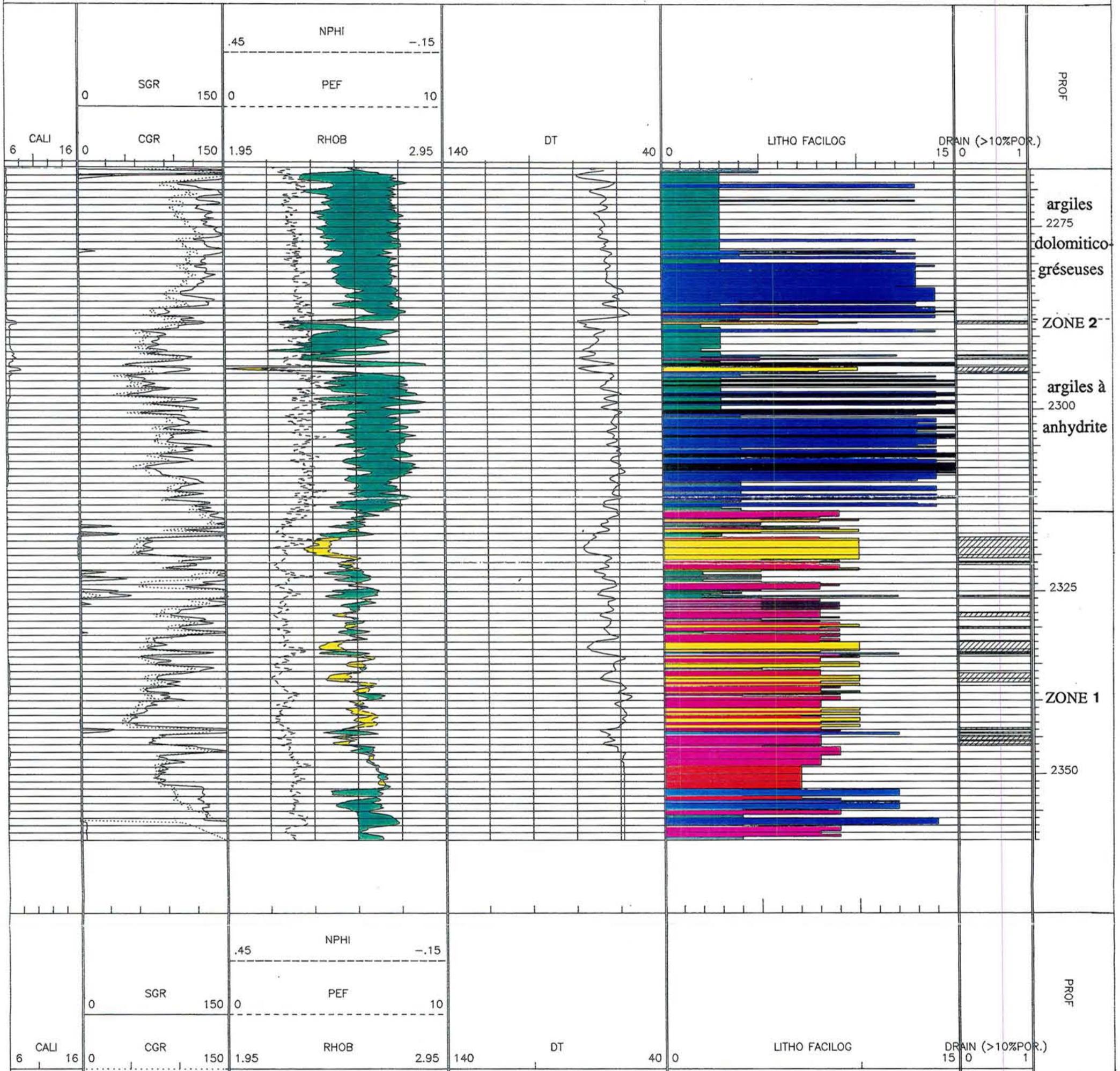


Figure IV.14 : Colonne lithologique automatique des Grès de Donnemarie et des Argiles intermédiaires du puits D.

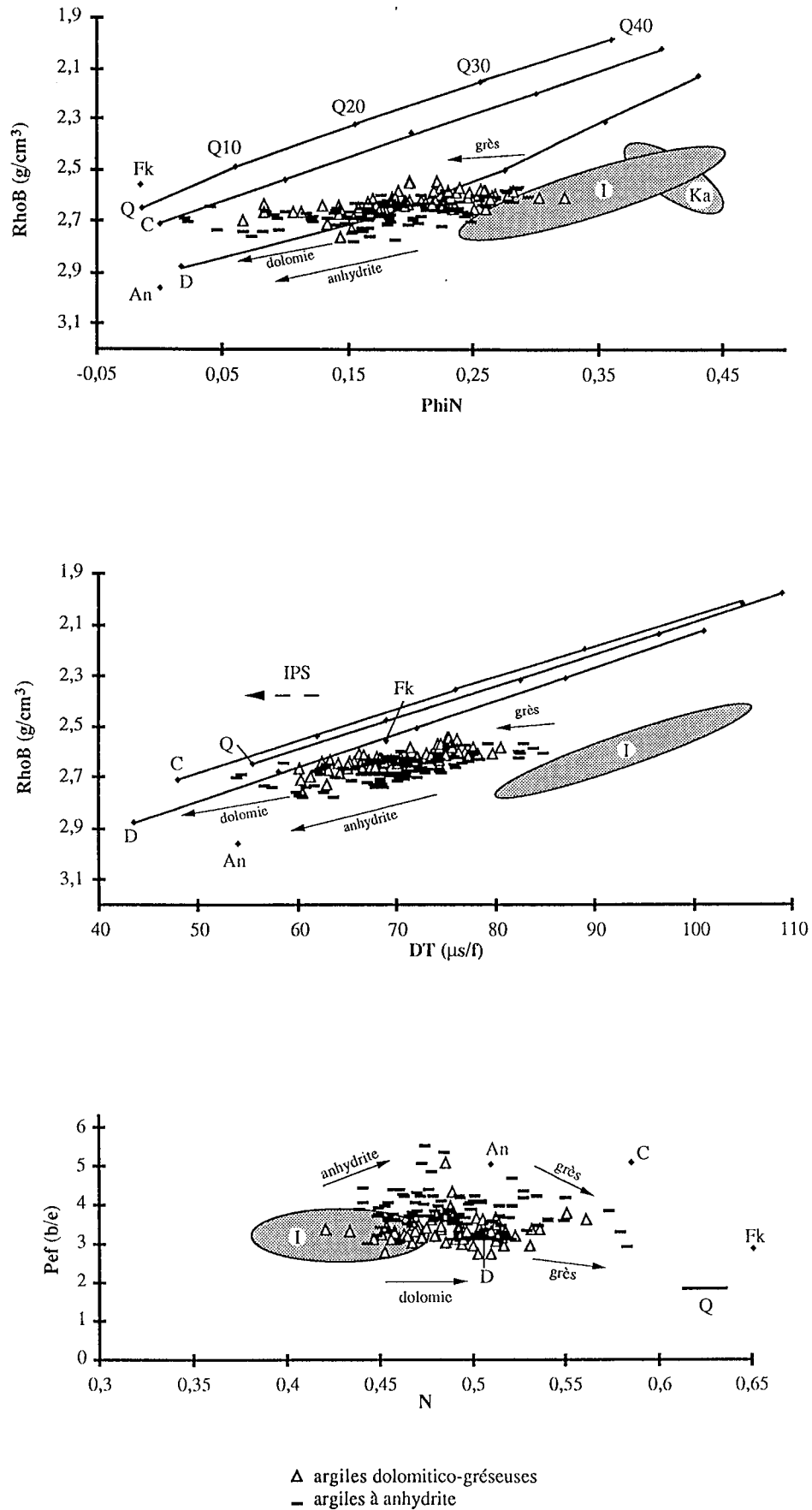
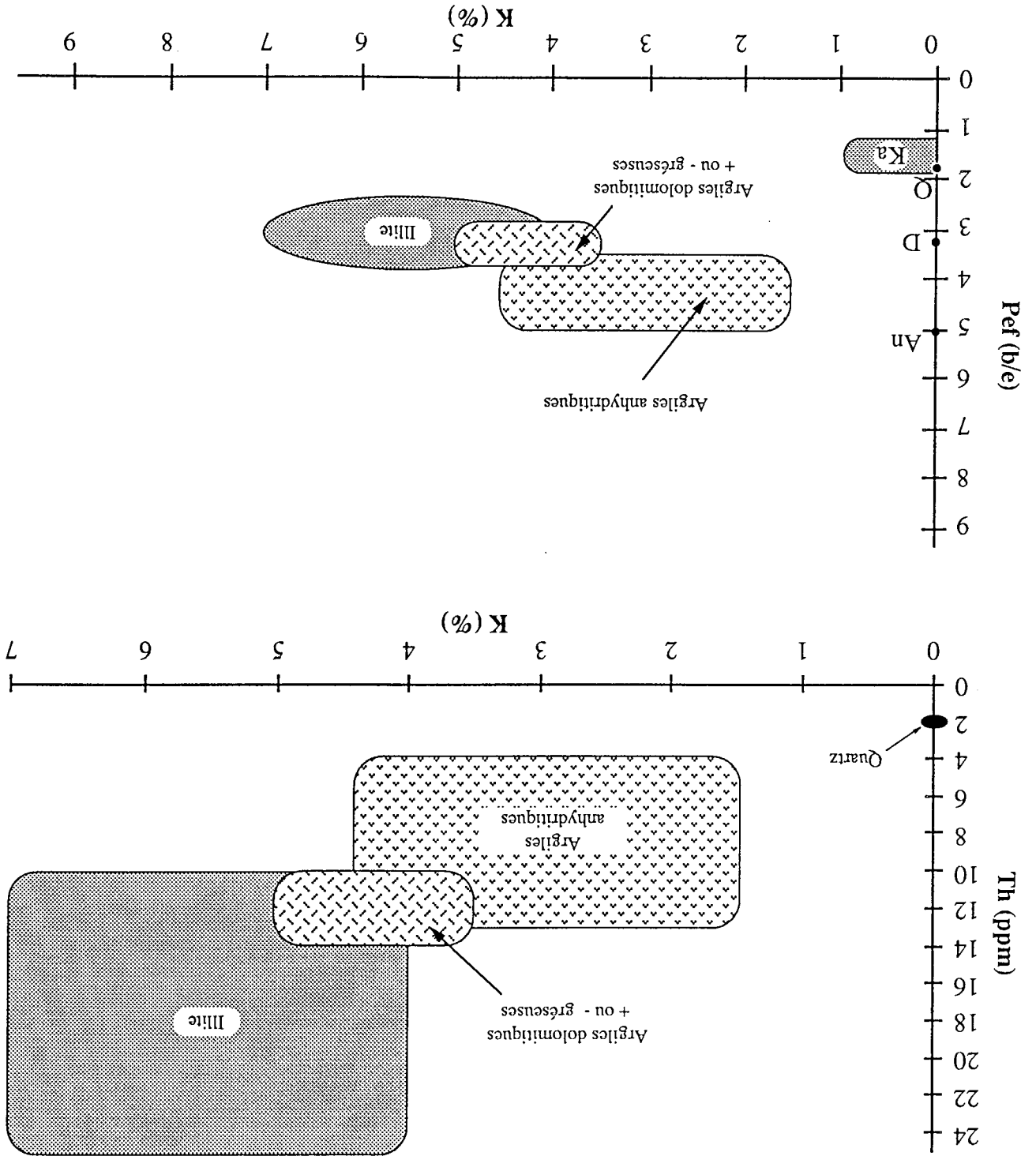


Figure IV.15 : Caractérisation diagraphique des Argiles intermédiaires.

Figure IV.16 : Caractérisation géochimique des Argiles intermédiaires.



Les argiles à anhydrite n'ont pu être différenciées des argiles dolomitico-gréseuses par FACILOG, le modèle ne prenant pas en compte la valeur de Pef (cet outil n'étant pas enregistré pour tous les sondages, cf. par. IV.3 et Fig. IV.10 et IV.14).

La partie sommitale des Argiles intermédiaires du sondage N, est constituée par une alternance de faciès gréseux et argilo-dolomitiques (Annexe A1.1).

Dans le sondage H (Fig. IV.17), cette formation est caractérisée à la base par des argiles à anhydrite et au sommet par une alternance de faciès argilo-dolomitiques et de faciès gréseux (principalement dolomitiques). La présence d'anhydrite est à signaler en partie sommitale. Le sondage B (Fig. IV.3 et Annexe A1.3) est constitué d'argiles dolomitiques séparées par un niveau gréseux, et le sondage C uniquement d'argiles dolomitiques (Annexe A1.6). Pour ces trois forages, les teneurs en uranium, thorium et potassium des différents faciès gréseux sont équivalentes à celles rencontrées dans les Grès de Donnemarie.

IV.6.4 - Les Grès de Chaunoy

Les Grès de Chaunoy sont présents dans tous les sondages étudiés. Ils reposent directement sur le socle pour les sondages situés le plus à l'Ouest de la zone d'étude. Leur limite inférieure est marquée pour les autres puits par un banc très radioactif dû à un enrichissement en uranium, et leur limite supérieure est bien visible au niveau des courbes de pendagemétrie (Annexe A1.3 et Annexe A1.5).

Cette formation (Fig. IV.3) est constituée de grès (grès, grès dolomitiques, argileux ou argilo-dolomitiques et rarement siliceux) alternant avec des dolomies (dolomies gréseuses, argileuses ou argilo-gréseuses) et/ou des argiles (argiles dolomitiques, gréseuses ou argilo-gréseuses).

Le tableau IV.5 montre que la radioactivité de ces différents faciès est élevée. Elle est due principalement à la présence de feldspaths potassiques pour les faciès gréseux (Fig. IV.18). Les argiles sont de nature illitique. Les très fortes valeurs de GR des grès et des dolomies gréseuses sont dues à la présence de minéraux uranifères et thorifères, en plus de celle de feldspaths potassiques.



ELF AQUITAINE
LITHO FACILOG PUITIS H

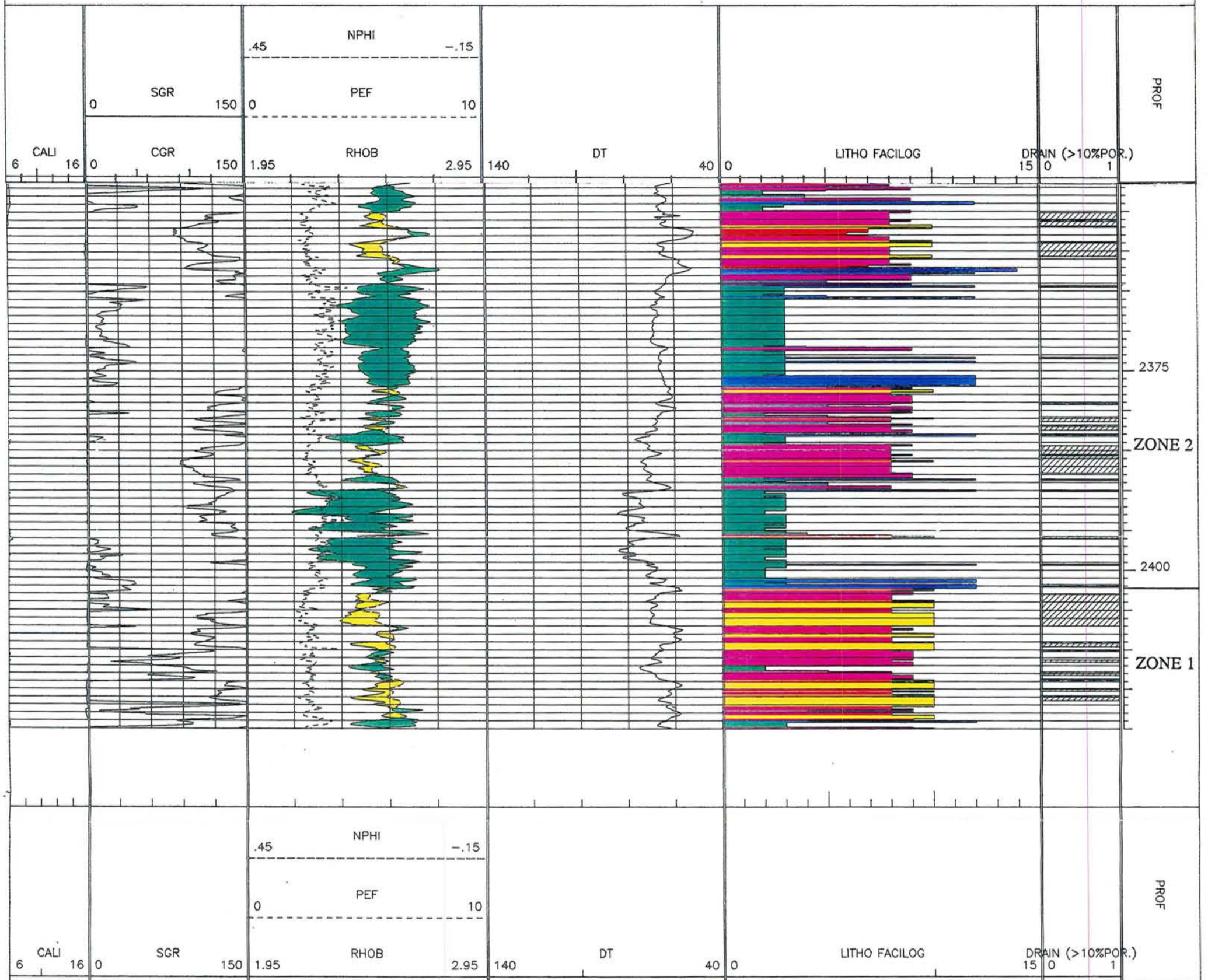


Figure IV.17 : Colonne lithologique automatique des Grès de Donnemarie et des Argiles intermédiaires du puits H.

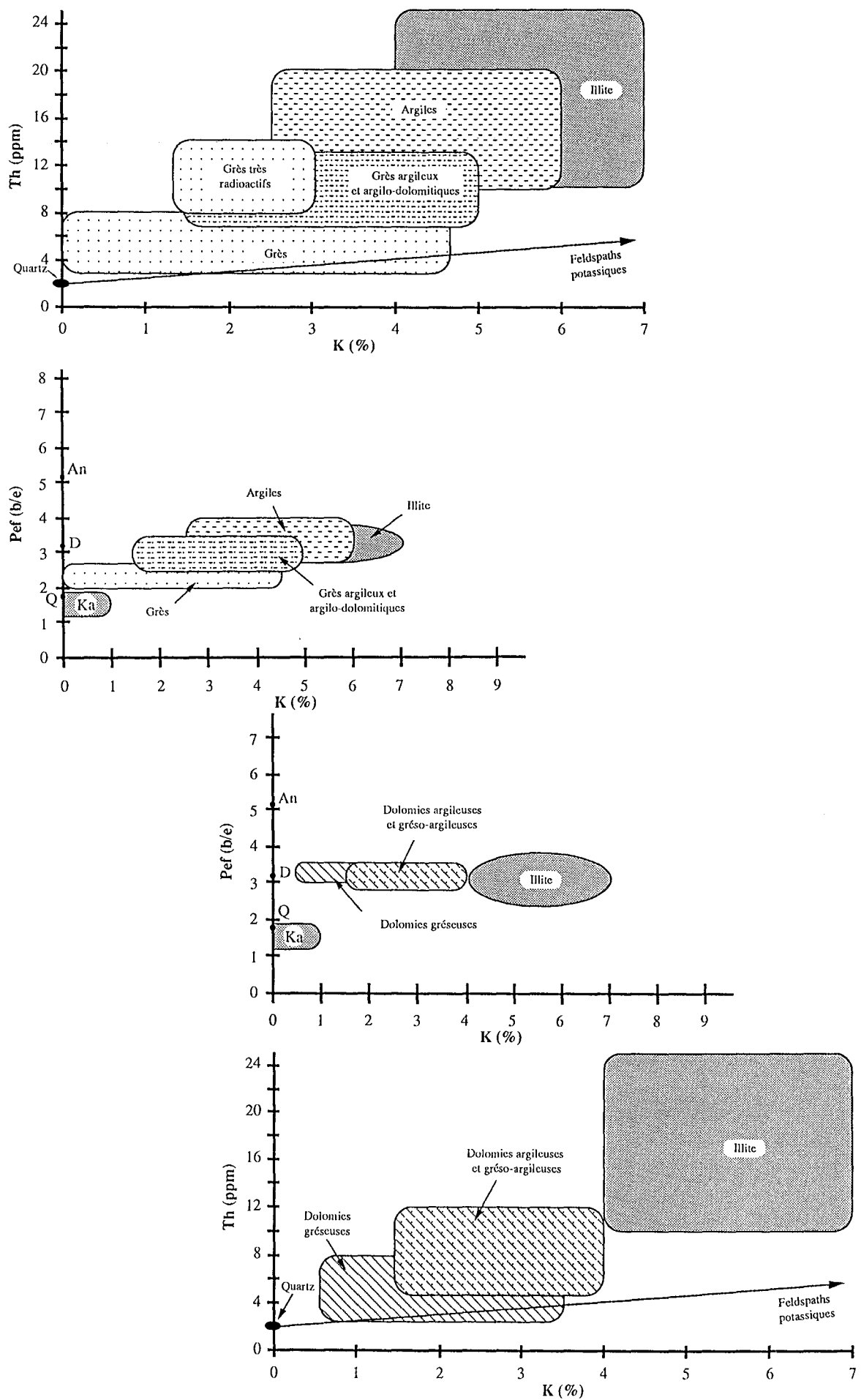


Figure IV.18 : Caractérisation géochimique des différents lithofaciés des Grès de Chaunoy.

FACIES	GR (API)	U (ppm)	Th (ppm)	K (%)
Grès	45-100	0-5	2-8	0-4,5
	100-120	4-6	8-14	1,5-3
Dolomies gréseuses	25-90	0-6	2-8	0,5-3,5
Dolomies argileuses et argilo-gréseuses	65-120	1-5	4-12	1,5-4,0
Argiles dolomitiques, gréseuses et grésido-dolomitiques	75-180	1-6	10-20	2,5-8
Grès argilleux	85-140	0-7	6-13	1,5-5
Dolomies sommitales				
Dolomies gréseuses	25-55	0-6	1-6	0-1,8
Dolomies argileuses et argilo-gréseuses	45-90	1-6	4-10	0,5-2,0

Tableau IV.5 : Radioactivité des différents faciès des Grès de Chaunoy pour les sondages où l'outil NGS* a été enregistré.

Dans dix sondages (dont les puits A, B, C, J, L, M, N et O), au sommet de cette formation, des dolomies gréseuses plus rarement des dolomies franches sont à remarquer. Ces électrobanes dolomitiques ("dolomies sommitales") ont une épaisseur de 3 à 21 m (Fig. IV.19) et sont caractérisés par des valeurs de gamma-ray relativement faibles (< 45 API). Ces diminutions de GR sont dues à des teneurs plus faibles en thorium et potassium (Fig IV.20 et Annexe A1.7). Sur trois puits (dont A), ces dolomies sommitales peuvent posséder des Pef très élevés (jusqu'à 11 b/e) du fait de la présence de minéralisations particulières telles la pyrite, la blende, la célestine et/ou la baryte (Fig. IV.21). Localement, des faciès plus argilleux (augmentation du GR) et plus gréseux apparaissent au sein de ces dolomies. Des électrobanes dolomitiques peuvent également être très développés (3 à 6 m) au sein de la Formation de Chaunoy (puits B, C, K, L, M et O).

L'analyse des outils "haute résolution" montre :

- la présence de conglomérats et de grès,
- pour tous les faciès dolomitiques rencontrés, qu'ils soient très développés ou non, un aspect hétérogène des courbes de microrésistivité. L'outil FMS* enregistré pour deux sondages (Tab. IV.1) précise que ces faciès

ELF AQUITAINE
LITHO FACILOG PUIITS A

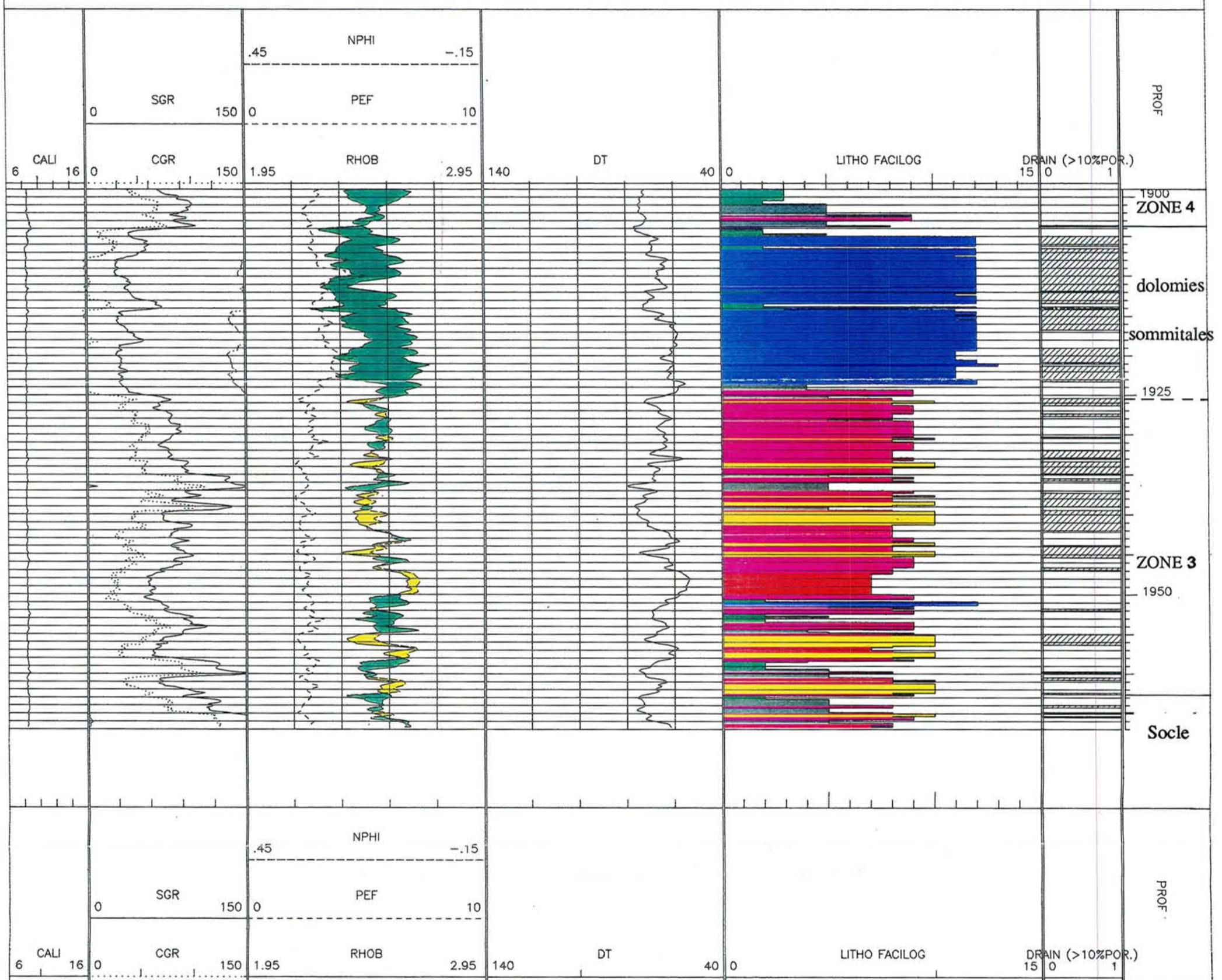


Figure IV.19 : Colonne lithologique automatique du puits A.

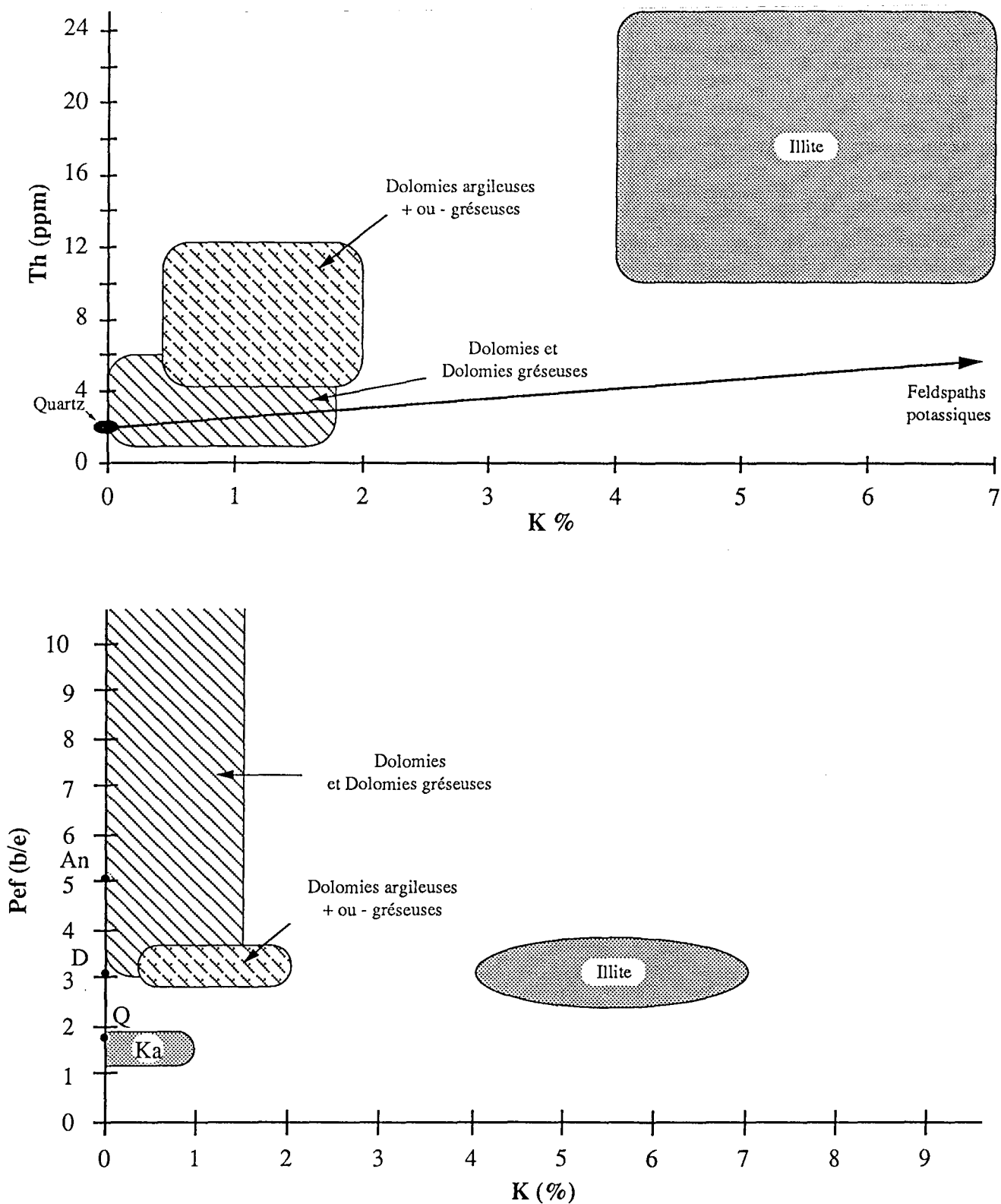


Figure IV.20 : Caractérisation géochimique des dolomies sommitales.

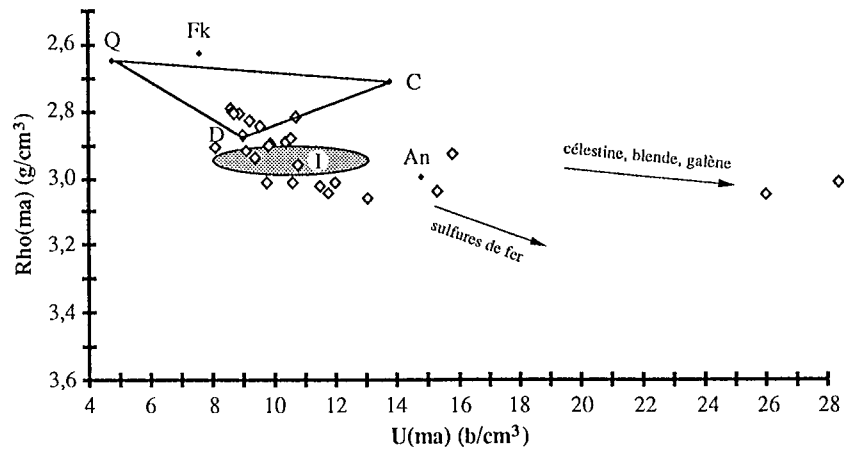
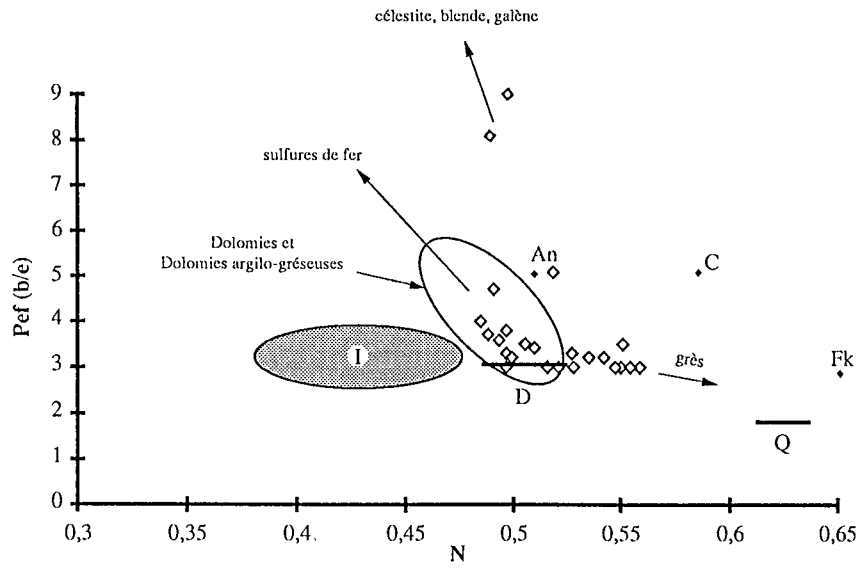
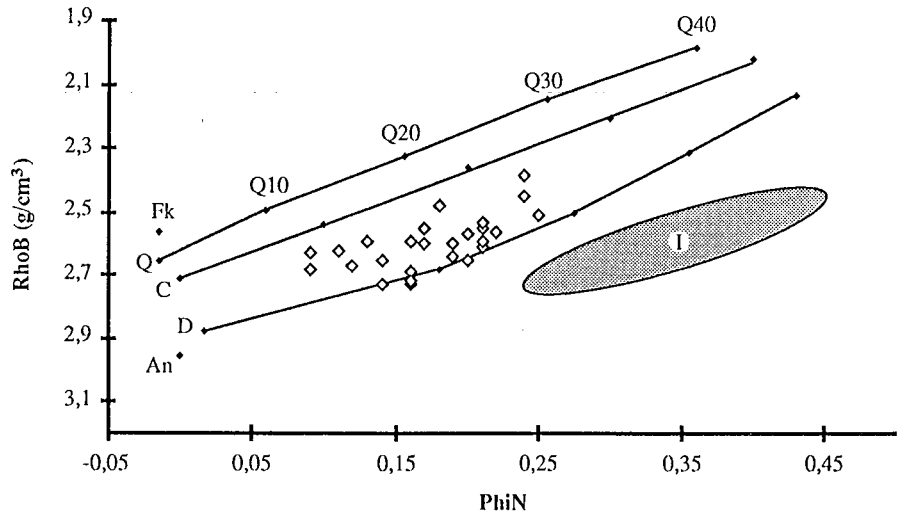


Figure IV.21 : Diagrammes mettant en évidence différentes minéralisations dans les dolomies sommitales.

sont bréchoïdes (Fig. IV.22) : ils peuvent être constitués de nodules dolomitiques réunis par une matrice argileuse ou gréseuse, présenter des microfissures qui sont à l'origine des effets d'IPS sur les différents diagrammes, et/ou contenir des fissures ou des poches remplies d'argiles ou de grès ; ils présentent parfois des intercalations gréseuses ou des lamines plus argileuses. Dans le cas où les faciès dolomitiques sont très développés, des niveaux de dolomies massives ne sont observés que sur des épaisseurs inférieures ou égales à 1,5 m.

- la présence de nodules dolomitiques dans les faciès argileux qui sont le plus fréquemment des argiles dolomitico-gréseuses. Ces faciès peuvent être parfois laminés et sont rarement homogènes.

Les outils "haute résolution" permettent de mettre en évidence l'existence de nodules argileux, plus rarement de lamines argileuses au sein de faciès ayant été définis comme dolomitico-gréseux. En effet, quand la présence d'argiles n'excède pas 15 %, ces faciès sont difficilement repérables (*cf.* par. IV.3). L'analyse du NGS* montre que les dolomies gréseuses possédant de fortes valeurs de GR (> 90 API), dues à des augmentations de teneurs en thorium (de 8 à 12 ppm) et potassium (de 2,5 à 5 %), sont en fait des dolomies gréso-argileuses (< 15 % d'argiles). Cependant, l'outil NGS*, seul capable de lever ce type d'indétermination, n'a pas été enregistré sur tous les sondages et n'a donc pu être intégré dans le modèle de FACILOG.

Les faciès intermédiaires "grès dolomitiques à dolomies gréseuses" compris entre 40 et 60 % de grès sont en fait à rapprocher des faciès dolomitiques : ils possèdent, en effet, la même réponse au niveau des outils "haute résolution".

En conclusion, pour la Formation de Chaunoy, il convient de noter pour les puits situés à l'Ouest que :

- les grès sont globalement plus radioactifs et plus conglomératiques,
- les faciès dolomitiques sont prédominants et globalement plus importants en allant vers le sommet de la formation.

A l'Est, dans les puits D, E, F, G et H, il s'agit essentiellement de faciès argileux (Fig. IV.10). Cependant, pour ces cinq sondages, le sommet de la formation comporte toujours un ou plusieurs bancs dolomitico-gréseux (de 1 à 2 m d'épaisseur).

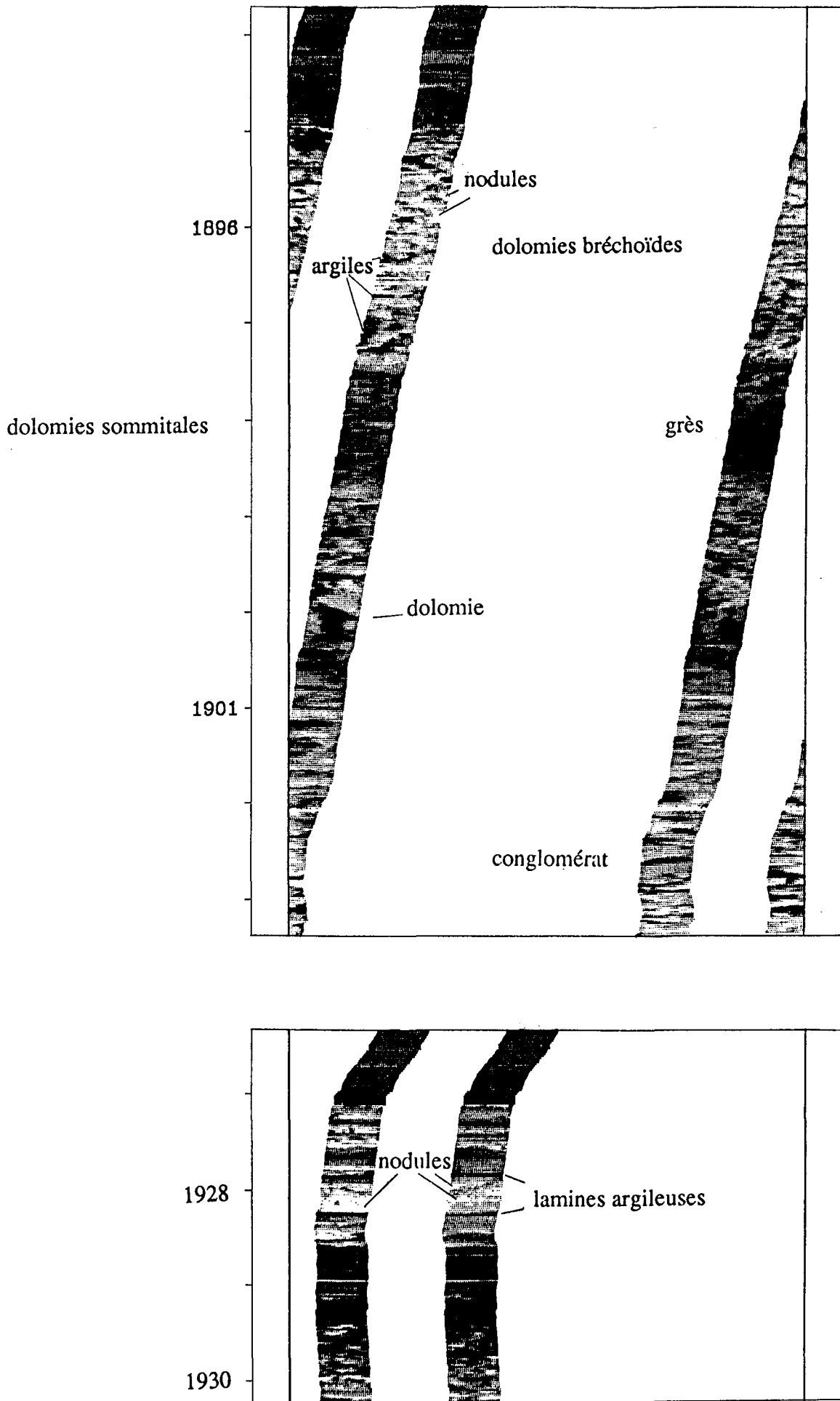


Figure IV.22 : Caractérisation des faciès dolomitiques par l'outil FMS.

IV.6.5 - Les Argiles sommitales

Dans cette partie du Bassin de Paris, le Trias se termine par une série argileuse contenant parfois quelques passées gréseuses.

Cette zone se cave fréquemment (sauf dans les sondages en boue à huile), mais le toit du Trias est parfaitement visible au niveau des outils de pendagemétrie. En effet, le Lias montre des alternances de bancs résistants et moins résistants (Annexe A1.2, A1.8 et A1.9). De plus, quand l'effet cave est peu important, la limite Trias-Jurassique est caractérisé par des valeurs de Pef plus forts. Le Lias étant marneux le Pef est compris globalement entre 4 et 5 b/e, alors que pour les argiles sommitales il est inférieur à 3 b/e.

Pour les sondages A, N et D, les outils densité et porosité neutron ne sont pas enregistrés jusqu'au sommet du Lias, cependant les courbes de pendagemétrie permettent de préciser le toit du Trias.

Dans les sondages situés à l'Ouest (D, E, F), les Argiles sommitales sont constituées d'argiles dolomitiques parfois gréseuses (Annexe A1.5 et A1.9).

Pour d'autres sondages (puits A, B, H, I, J, K, M et O), des grès ou des grès dolomitiques ou argileux, parfois conglomératiques, alternant avec des argiles dolomitiques, peuvent reposer directement sur la formation de Chaunoy (Annexe A1.2, A1.3 et A1.7). La distinction entre ces faciès et ceux des Grès de Chaunoy est bien mise en évidence grâce à l'aspect des courbes de microrésistivité : réponses quasi-homogènes pour la formation des Argiles sommitales à l'opposé d'une réponse hétérogène pour celle des Grès de Chaunoy. Une zone cavée vient ensuite perturber la lecture des différents outils mais, au sein de celle-ci, l'effet cave peut parfois s'estomper (Annexe A1.10) et révéler ainsi la présence de grès ou de grès argileux non conglomératiques (puits A, G, H, I, J, L).

IV.7 - CONCLUSION

L'analyse faciologique manuelle et semi-automatique du Trias du centre-ouest du Bassin de Paris permet de déterminer les différents faciès présents dans la zone d'étude.

L'utilisation de FACILOG a permis de créer un modèle lithologique fiable sur tous les sondages étudiés. La comparaison des résultats obtenus avec les analyses de carottes

et des cuttings (les Grès de Donnemarie étant carottés sur très peu de forages et les Argiles intermédiaires ne l'étant jamais) a fait l'objet d'un rapport interne Elf-Aquitaine (Bourquin, 1990), qui a permis de montrer le parfait accord des différentes lithologies identifiées par diagraphie avec celles reconnues sur carottes. Dans une seconde étape, l'approche texturale des différents faciès, grâce aux outils "haute résolution" (en particulier le FMS*), a abouti à des résultats tout à fait comparables à ceux obtenus à partir des carottes.

Actuellement, le modèle est testé sur d'autres forages dans le but de définir son extension possible à un domaine plus vaste afin de pouvoir y intégrer les nouvelles lithologies qui apparaissent (évaporites, par exemple) à l'Est du Bassin de Paris. L'idéal recherché sera de pouvoir définir semi-automatiquement toutes les lithologies existantes dans le Bassin de Paris au Trias.

Cette analyse faciologique par diagraphie a permis de distinguer deux sous-zones au niveau des Grès de Donnemarie, la première étant très conglomératique (conglomérat basal) et la seconde étant constituée de faciès gréseux alternant avec des faciès argileux (gréseux et/ou dolomitiques) et plus rarement avec des faciès dolomitiques. Le matériel terrigène est très radioactif, suite à la présence de feldspaths potassiques mise en évidence au sein des différents diagrammes, de minéraux lourds thorifères et uranifères visibles grâce à l'outil géochimique NGS* (outil non enregistré pour le conglomérat basal), et de galets de socle très radioactifs. La radioactivité peut être supérieure à celle des faciès argileux.

Deux sous-zones ont également été mises en évidence au sein des Argiles intermédiaires : les argiles à anhydrite et les argiles dolomitico-gréseuses, ainsi qu'un niveau enrichi en uranium au toit de cette formation.

Dans les sondages du groupe 4, situés à l'Est, où les Grès de Chaunoy semblent reposer directement sur les Grès de Donnemarie, le toit de ces derniers est également marqué par un niveau enrichi en uranium.

La limite supérieure des Grès de Chaunoy a été parfaitement caractérisée au niveau des outils de pendagemétrie. De plus, il a été mis en évidence, au sein de cette formation, des alternances de bancs gréseux et argileux ou dolomitiques. Les faciès dolomitiques ont des aspects très hétérogènes au niveau des courbes de microrésistivité, cette hétérogénéité étant due à la présence de nodules dolomitiques, de fissures et/ou de poches remplies d'argiles ou de grès. Les dolomies peuvent être extrêmement développées en partie sommitale de certains puits situés à l'Ouest (jusqu'à 21 m d'épaisseur) ; des niveaux de dolomies massives n'y sont parfois observés que sur des épaisseurs inférieures ou égales à 1,5 m. Les faciès argileux sont le plus fréquemment représentés par des argiles dolomitico-gréseuses, où les dolomies se présentent sous forme de nodules. D'une

manière générale, à l'Ouest de la zone d'étude, les grès sont globalement plus radioactifs (présence de feldspaths potassiques, de minéraux lourds thorifères et uranifères, et de niveaux conglomératiques à galets de socle) et plus conglomératiques (radioactivité pouvant être supérieure à celle des argiles). De plus, à l'Ouest, les faciès dolomitiques sont prédominants, alors qu'à l'Est, il s'agit principalement de faciès argileux devenant cependant dolomitiques vers le sommet.

La présence de caves parfois extrêmement importantes dans les Argiles sommitales ne permet que très peu d'analyses au niveau de cette zone. Cependant, le toit du Trias a pu être parfaitement repéré grâce aux valeurs de Pef (Pef étant de 3 b/e au Trias et de 4 ou 5 b/e au Lias) et aux courbes de pendagemétrie (alternances de bancs plus ou moins résistants à partir du Lias).

Ainsi, cette analyse faciologique menée avec un maximum d'enregistrements diagraphiques a permis d'obtenir des résultats d'une très grande précision. Cependant, ceux-ci auraient pu être améliorés si les outils "haute résolution" avaient été systématiquement enregistrés. Grâce à des données en continu, les diagraphies permettent donc une très bonne approche de l'agencement vertical des faciès.

CHAPITRE V

ANALYSE SEQUENTIELLE, CORRELATIONS

ET ENVIRONNEMENTS DE DEPOT

V.1 - INTRODUCTION

Une analyse séquentielle par diagraphie est d'autant plus précise qu'elle est effectuée à partir des outils "haute résolution", la précision pouvant être comparable à celle des carottes dans le cas d'analyses issues de l'outil microscanner.

La formation des Grès de Chaunoy étant l'objectif premier de ce travail, les sondages étudiés possèdent en majorité des enregistrements "haute résolution" et, pour deux puits, des images microscanner. L'analyse de tous ces enregistrements permettra de définir la séquence virtuelle et de caractériser l'environnement de dépôt.

Les Grès de Donnemarie et les Argiles intermédiaires n'existent pas dans tous les sondages étudiés. De plus certains forages ou certains enregistrements se terminent avant d'atteindre la base du Trias. Peu de forages ayant traversés ces deux formations possèdent des enregistrements de pendagemétrie et aucun de microscanner. La nature des environnements de dépôt de ces deux formations ne pourra donc pas être abordée aussi précisément que pour les Grès de Chaunoy.

Aucun traitement informatique fiable permettant le calcul des pendages à partir des outils "haute résolution" n'a été entrepris ; seuls des traitements MSD ou CLUSTER ont été réalisés, mais du fait de leur mode de calcul (*cf.* par.III.3.2), ils ne peuvent être utilisés qu'avec prudence dans un environnement aussi complexe.

V.2 - LES GRES DE DONNEMARIE ET LES ARGILES INTERMEDIAIRES⁽¹⁾

Ces deux formations sont étudiées en prenant comme niveau repère le toit des Argiles intermédiaires. Celui-ci est, en effet, très bien marqué par un électrobanco fortement radioactif lié à des quantités importantes d'uranium (*cf.* par. IV.6.3).

A partir des sondages atteignant le socle, il est possible d'effectuer une paléotopographie de celui-ci (Fig. V.1) montrant ainsi son abaissement à l'Est, avec une dénivelée d'environ 160 m due probablement à la présence d'une faille orientée SSE-NNW.

1 - Les légendes des figurés employés pour les différentes corrélations diagraphiques et colonnes lithologiques sont données en annexe à la fin de ce chapitre.

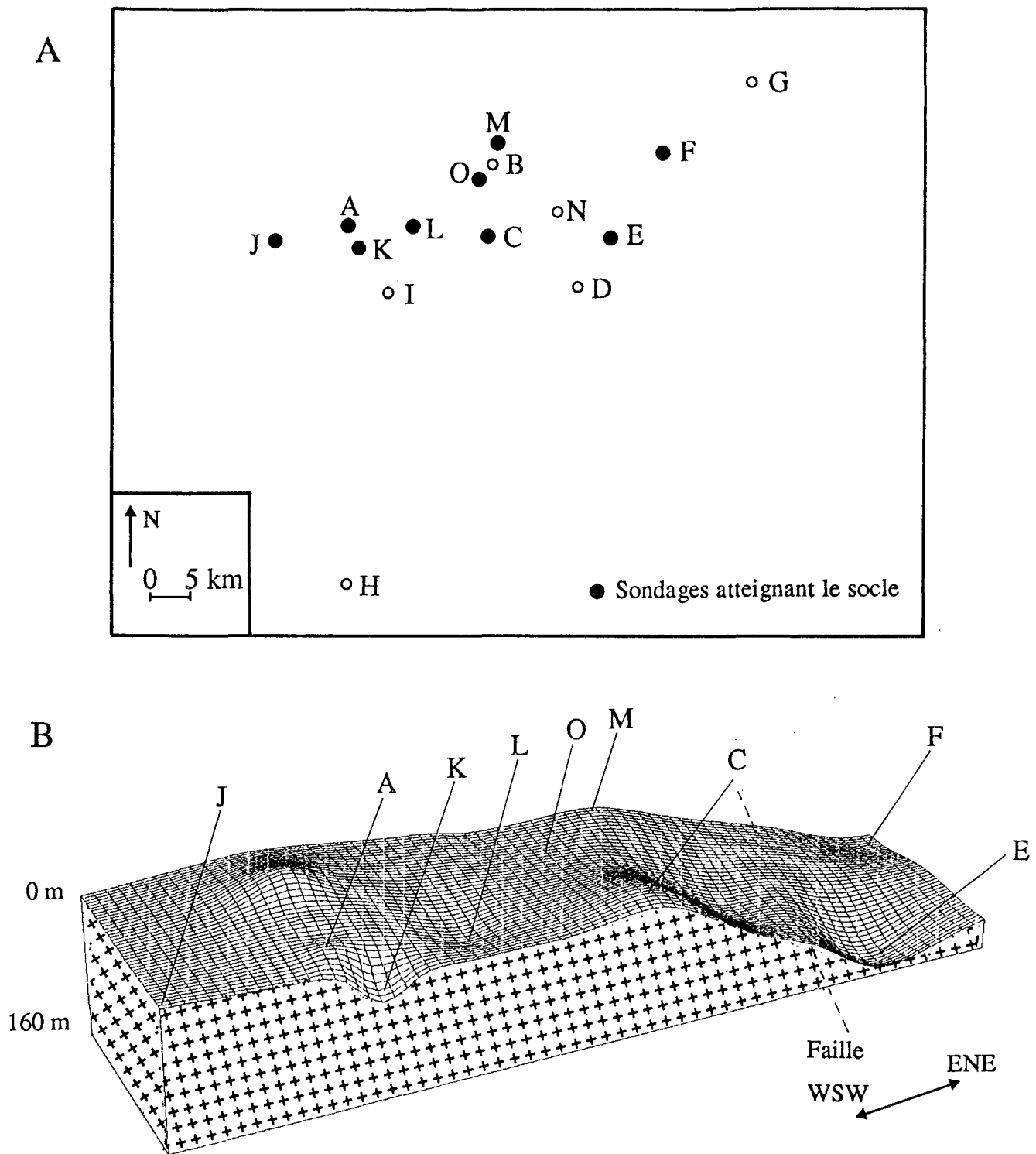


Figure V.1 : A - Localisation des sondages atteignant le socle.

B - Paléotopographie du socle.

V.2.1 - Analyse séquentielle et corrélation entre les différents puits

V.2.1.1 - Sondages du groupe 1

Dans les sondages du groupe 1 (puits D, E, F, G, H et N, possédant les quatre formations), il a été possible de diviser les Grès de Donnemarie et les Argiles intermédiaires en deux sous-zones (*cf.* par. IV.6.2 et IV.6.3) :

- pour les Grès de Donnemarie, la première est très conglomératique (conglomérat basal) et la seconde est constituée de faciès gréseux alternant avec des faciès argileux (gréseux et/ou dolomitiques),
- pour les Argiles intermédiaires, il s'agit des argiles à anhydrite puis des argiles dolomitico-gréseuses.

L'agencement vertical des faciès ainsi que les corrélations ont alors permis de mettre en évidence, du socle au toit des Argiles intermédiaires, trois sous-ensembles : les deux premiers appartenant entièrement au Grès de Donnemarie et le troisième allant des faciès gréseux du sommet la Formation de Donnemarie au toit des Argiles intermédiaires (Fig. V.2 et V.3).

A la base des sondages E, F et N, le **premier sous-ensemble (I)** est bien repérable par ses caractères diagraphiques particuliers : il est constitué uniquement d'électrofaciès à polarité négative (*cf.* par. IV.6.2). Il s'agit d'un lithosome conglomératique (conglomérat basal) au sein duquel aucune électroséquence n'est visible. Il repose directement sur le socle. Sa partie sommitale est marquée par des grès argileux plus ou moins dolomitiques de 0,80 à 2,5 m d'épaisseur. Sa limite supérieure est donc soulignée par des électrobancs à polarité positive accompagnés d'une augmentation de radioactivité, et par une électrorupture visible au niveau des outils de pendagemétrie et de gamma-ray (Annexe A1.1). La puissance totale du Conglomérat basal est de 16 à 35,5 m.

Le **second sous-ensemble (II)** est présent dans les trois forages précédents et est également atteint à la base du sondage G (Annexe A1.4) et peut être du puits D. Il est

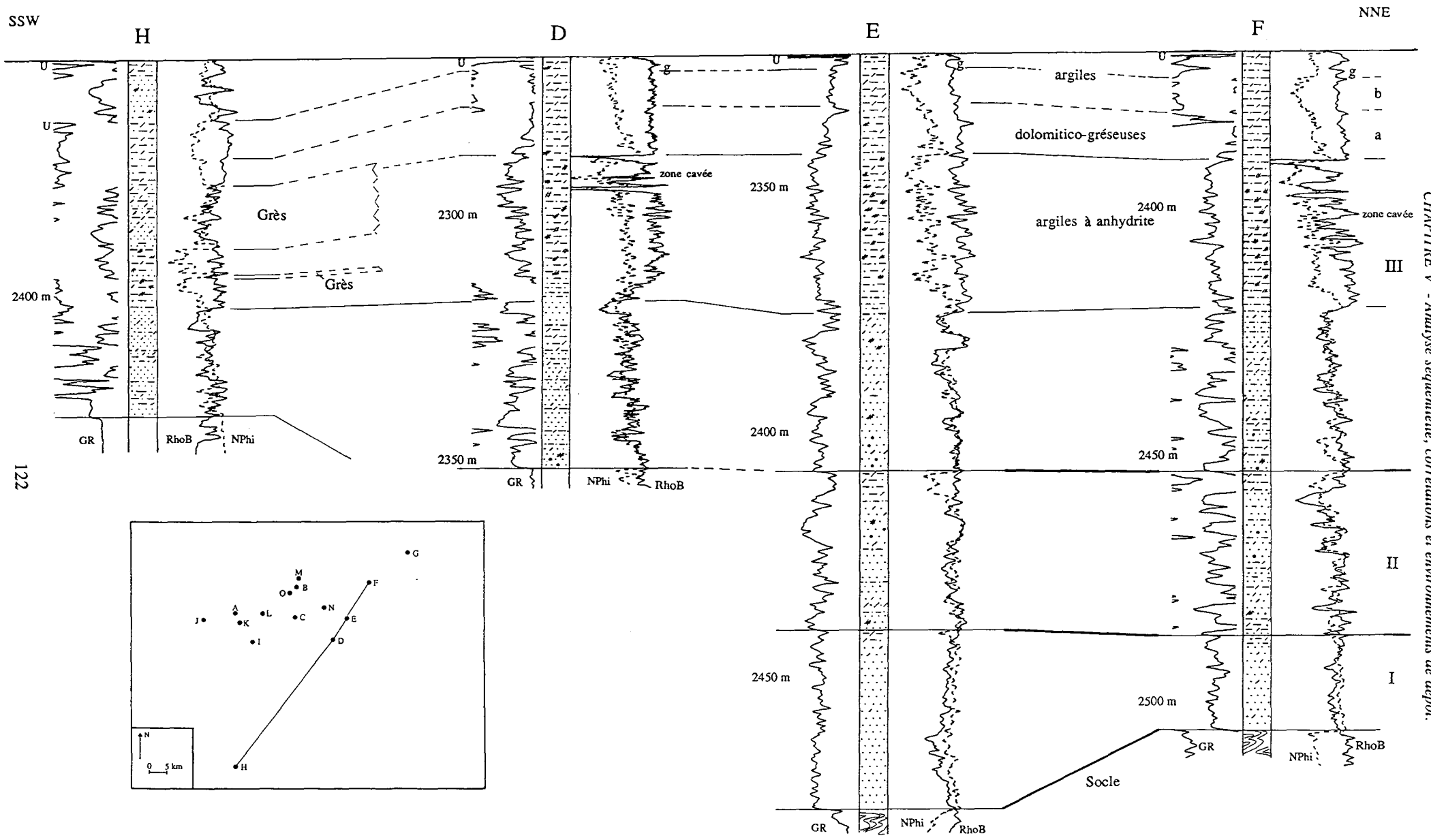


Figure V.2 : Corrélations diagraphiques SSW-NNE des Grès de Donnemarie.

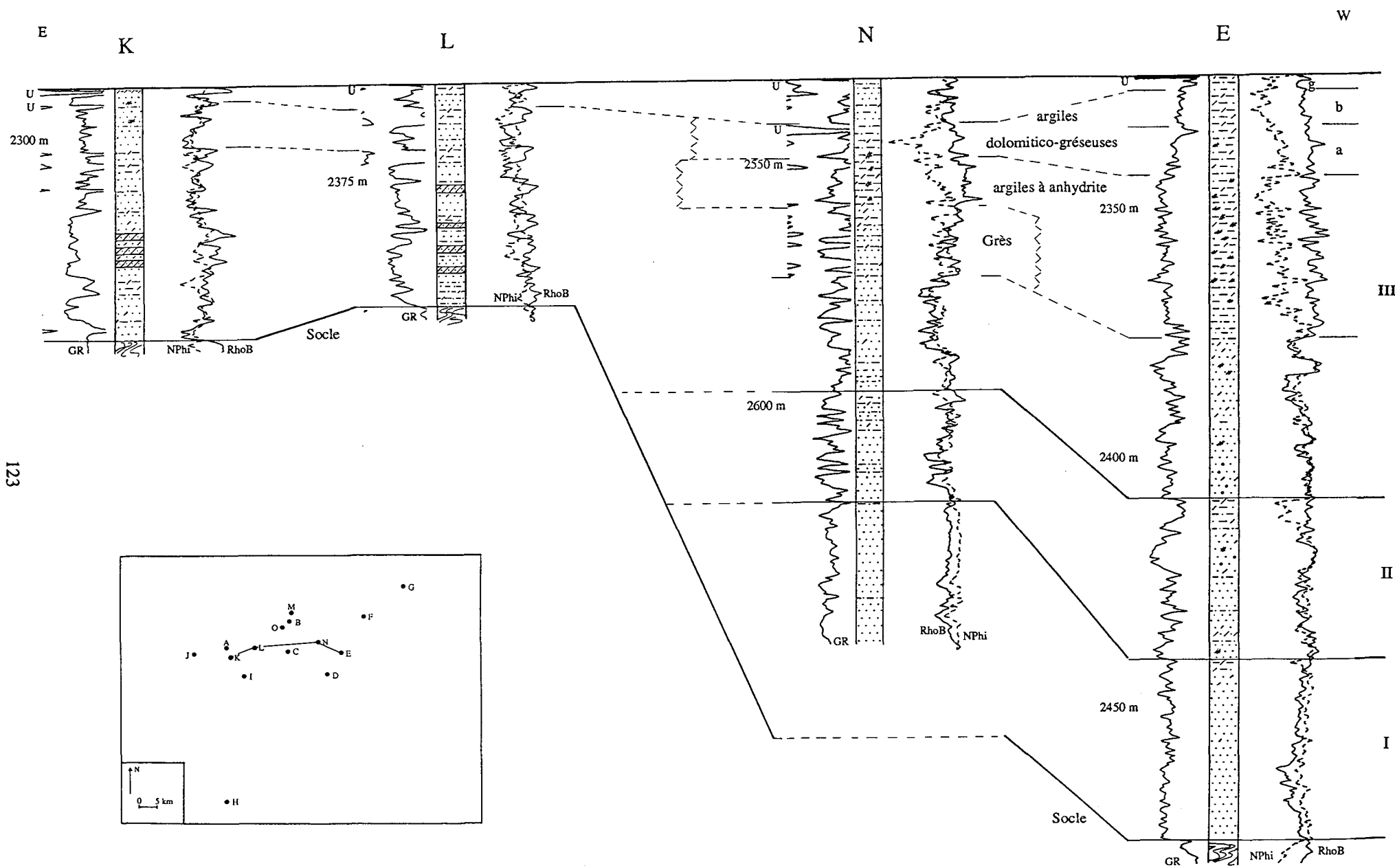


Figure V.3 : Corrélations diagraphiques E-W des Grès de Donnemarie.

caractérisé par des faciès gréseux (grès, grès à ciment dolomitique ou siliceux) alternant avec des faciès gréso-argileux plus ou moins dolomitiques. La présence de grès anhydritiques est à signaler dans les puits E et F (notamment à la base).

Les faciès gréseux sont majoritaires : 64 % dans F, 76 % dans E et 87 % dans N (valeur non déterminée dans G, la base du sous-ensemble n'y étant pas atteinte). Le seul sondage possédant des enregistrements de pendagemétrie (puits N) est foré en boue à huile, ce qui perturbe les réponses de microrésistivité. Cependant les courbes de SHDT* montrent que les fortes valeurs de gamma-ray en relation avec des grès sont liées à la présence de galets, mettant ainsi en évidence des passées conglomératiques à galets de socle très radioactifs. Des électroséquences granodécroissantes sont parfois visibles (Fig. V.4). Les électrobancs gréseux ont une épaisseur variant de 0,50 à 5 m et peuvent être composés d'une ou plusieurs séquences granodécroissantes.

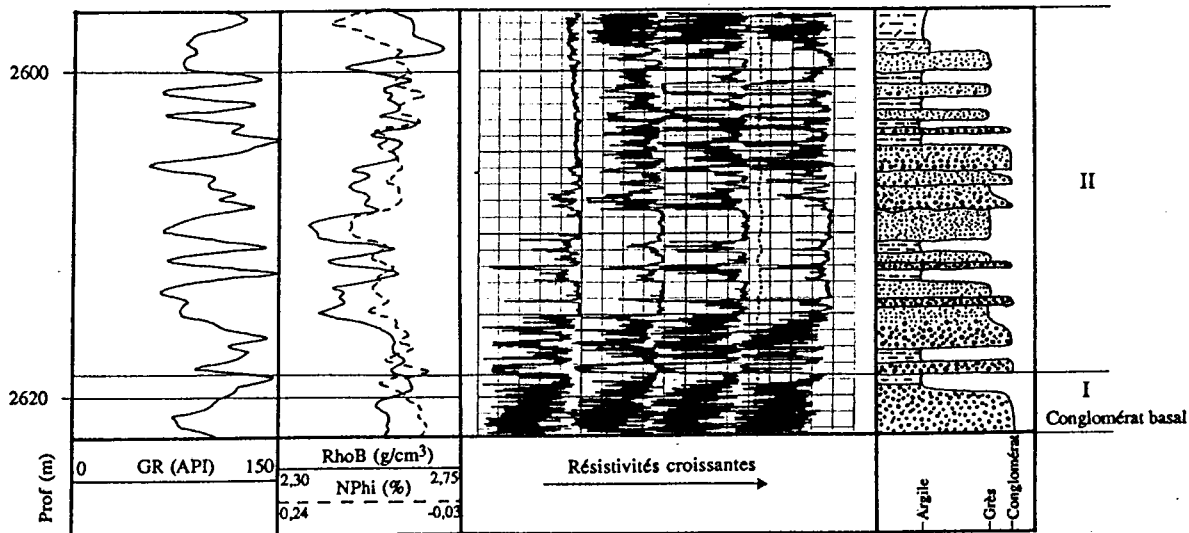


Figure V.4 : Colonne faciologique effectuée à partir du SHDT pour le sous-ensemble II des Grès de Donnemarie du sondage N.

Les bancs argileux ou dolomitiques (de 0,5 à 2 m d'épaisseur) alternent avec les bancs gréseux sans montrer d'évolution de l'un à l'autre : les ruptures sont brutales à la base et au sommet de chaque électrobanc gréseux (Fig. V.4). Il serait cependant nécessaire de confirmer cette information sur d'autres forages possédant des enregistrements de pendagemétrie pour cette zone.

Au sein de ce second sous-ensemble, aucune corrélation entre les électrobancs des différents sondages n'est possible ; seuls sa base et son toit sont corrélés. Les faciès

deviennent argileux en partie sommitale où sont observés des grès argileux et des argiles dolomitico-gréseuses. La puissance totale de ce sous-ensemble II est de 29 à 33 m.

Le troisième sous-ensemble (III) est présent dans les six sondages. Il est caractérisé à la base par des faciès gréseux (grès, grès à ciment dolomitique ou siliceux) alternant avec des faciès argileux et/ou dolomitiques (de 0,5 à 2 m d'épaisseur). Les grès sont parfois anhydritiques dans les puits D, E, F et G.

Les trois forages possédant des enregistrements de pendagemétrie permettent d'observer un passage brutal entre les électrobancs gréseux et argileux : électroruptures à la base et au sommet des électrobancs. Les électrobancs argileux peuvent être épais de quelques centimètres. Les électrobancs gréseux ont une épaisseur variant de 0,5 à 7 m. Il s'agit le plus souvent de grès fins, parfois conglomératiques, et quelques séquences granodécroissantes sont observées (2 à 4 m d'épaisseur) ; les électrobancs gréseux les plus épais résultent de la superposition de plusieurs séquences granodécroissantes ou de plusieurs bancs de grès ou de conglomérats (Fig. V.5).

Le passage de la partie basale essentiellement gréseuse vers les argiles à anhydrite formant la base des Argiles intermédiaires est progressif. Il est marqué par des faciès gréso-argileux (Fig. V.2).

L'étude du SHDT* a mis en évidence, au sein des argiles à anhydrite, des alternances de bancs argileux et anhydritiques (cf. par. IV.6.3), ainsi que des électroséquences de degré I argile-anhydrite (électroséquences visibles uniquement au niveau des outils "haute résolution") caractérisées par des augmentations de résistivité (Fig. V.6). Ces électroséquences sont peu épaisses (< 50 cm) et au niveau des outils "de base", aucune rampe ne se dessine précisément, seuls des électrobancs plus anhydritiques apparaissent. Les argiles ne sont jamais franches ; il s'agit d'argiles gréseuses ou dolomitiques. Cette zone n'étant carottée dans aucun sondage, seules des images microscanner permettraient de montrer s'il existe des bancs plus gréseux ou plus dolomitiques ainsi que leur agencement éventuel au sein des électroséquences.

Dans les sondages D, E, F et G les argiles à anhydrite ont une épaisseur qui varie de 24 à 36 m (Fig. V.2). Puis les faciès deviennent de moins en moins anhydritiques (zone a, Fig. V.2) et passent à des argiles dolomitico-gréseuses massives (réponses quasi homogènes des courbes de microrésistivité, Annexe A1.5) présentes sur des épaisseurs de 8 à 9 m (zone b, Fig. V.2). En partie sommitale des Argiles intermédiaires, les sondages D, E et F montrent (3,5 ou 5 m du toit de cette formation) des bancs plus gréseux (gréso-argileux de 1,5 à 2 m d'épaisseur : g, Fig. V.2). Latéralement, dans le forage G (3,5 m du toit des Argiles intermédiaires, Annexe A1.4), un banc d'anhydrite (environ 90 cm d'épaisseur) surmontant un niveau plus gréseux, est très bien marqué

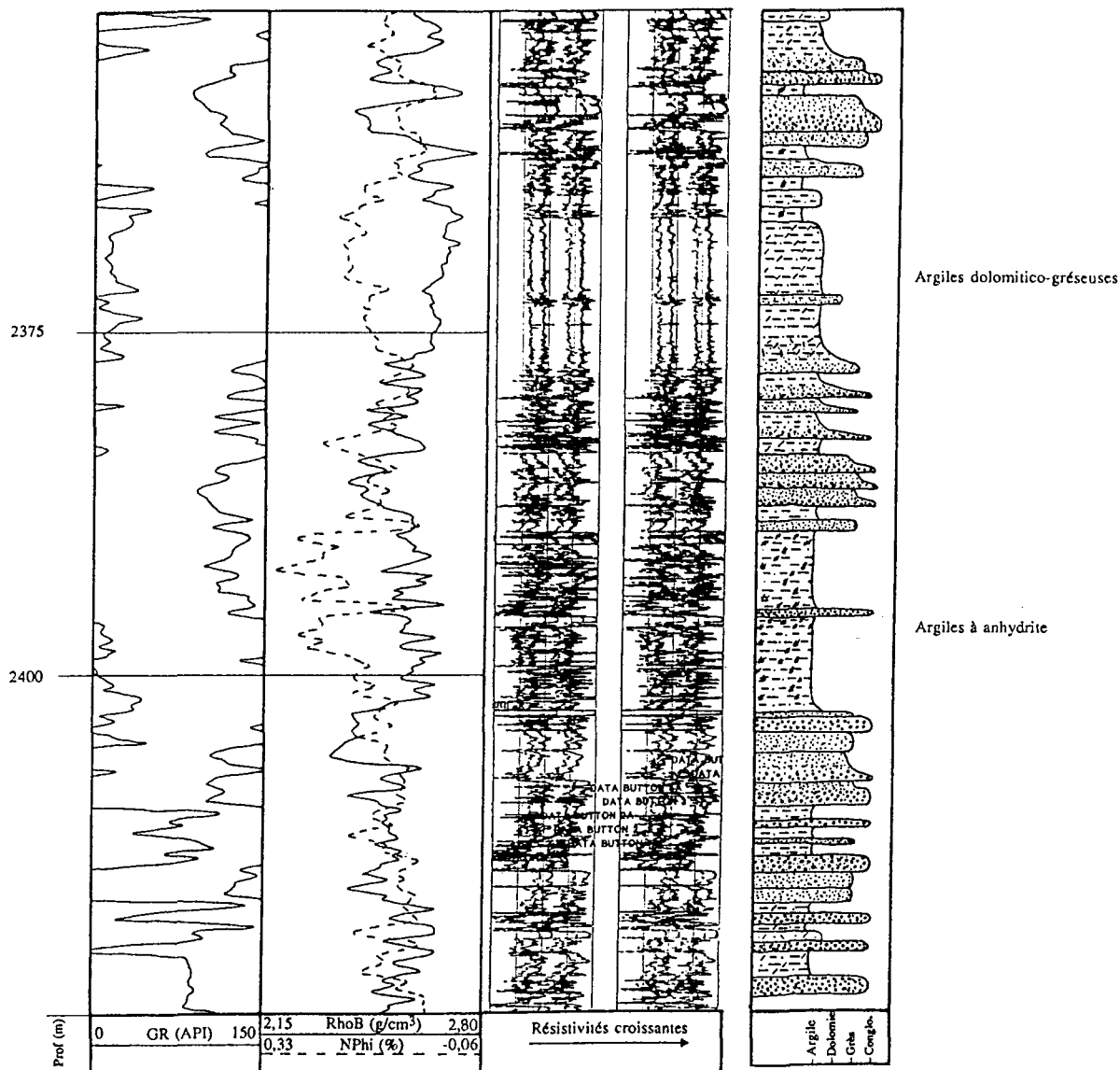


Figure V.5 : Colonne faciologique effectuée à partir du SHDT pour le sous-ensemble III des Grès de Donnemarie du sondage H.

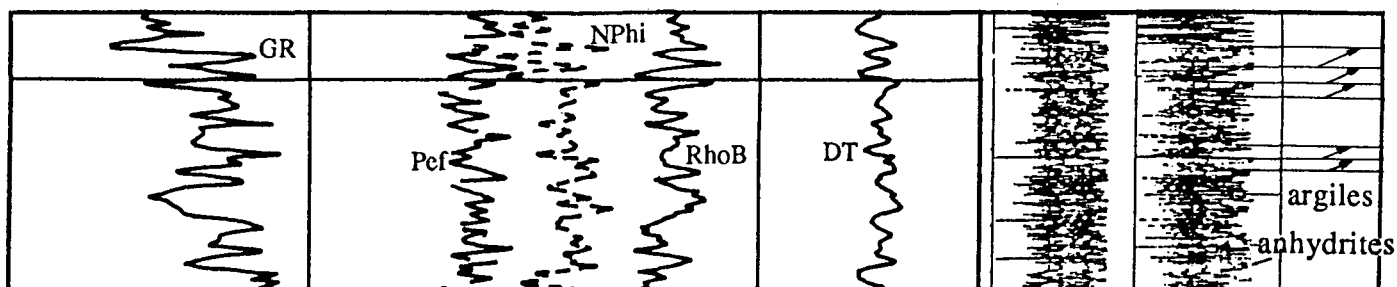


Figure V.6 : Electroséquences de confinement argiles-anhydrites observées à partir du SHDT pour les argiles à anhydrite du sondage D.

au niveau des outils "de base" (densité de 2,95 g/cm³, Pef de 5 b/e et porosité neutron de 1 %).

Le toit du sous-ensemble III est toujours marqué, dans ces quatre forages, par un électrobanc argilo-dolomitique d'environ 1 m d'épaisseur caractérisé par de très forts gamma-ray dus à des concentrations élevées en uranium.

Le sondage H (Fig. V.2 et Fig. V.5) comporte un électrobanc gréseux au sein des argiles à anhydrite (12 m d'épaisseur), où les bancs d'anhydrite sont moins fréquents que dans les autres sondages : Pef moins élevé, pics de densité et de résistivité moins nombreux. Puis, surmontant ces faciès argileux, des grès alternant avec des faciès argileux sont observés. Les grès, à ciment dolomitique, présentent des séquences granodécroissantes ; les contacts entre les faciès gréseux et argileux sont brutaux. Ces grès évoluent progressivement vers les argiles dolomitico-gréseuses (pouvant contenir quelques niveaux anhydritiques en partie sommitale) et montrent alors des électroséquences positives grès-argiles (Fig. V.5). Ces argiles sont surmontées par deux électrobancs gréseux (épais de 2 et 3 m), peu conglomératiques, alternant avec des électrobancs contenant de l'anhydrite. Au sommet, une électroséquence positive grès-argiles est également observée.

Le sondage N (Fig. V.3) présente une épaisseur réduite des argiles (10 m d'argiles à anhydrite et 4 m d'argiles dolomitico-gréseuses) avec un développement plus important des grès sous-jacents. Des grès alternant avec des bancs argileux existent également au sommet du sous-ensemble III sur une épaisseur de 8 m.

Au niveau de ces deux puits (N et H), les bancs gréseux parfois anhydritiques, présents au sommet du sous-ensemble, sont à corrélérer avec les bancs gréseux ou anhydritiques rencontrés au sommet des sondages D, E, F et G (Fig. V.2 et V.3). L'électrobanc enrichi en uranium est un grès argilo-dolomitique et des niveaux très radioactifs, liés à la présence d'uranium, sont également visibles au sommet des argiles dolomitico-gréseuses précédant les faciès gréseux (Fig. V.2 et V.3).

Dans tous ces puits, la partie sommitale de ce sous-ensemble est très enrichie en uranium et la teneur en uranium sera d'autant plus faible que la tendance gréseuse des faciès sera prononcée.

Au sondage B, le sous-ensemble est constitué d'électrobancs gréseux alternant avec des électrobancs argileux ou dolomitiques (de 0,50 à 1 m d'épaisseur). Il s'agit de grès très poreux (13 à 15 %), localement à ciment dolomitique, dont les épaisseurs varient de 1 à 3,5 m. Ils sont peu conglomératiques et présentent quelques séquences

granodécroissantes. La base des bancs gréseux est érosive. Les faciès argileux ont des réponses de microrésistivité quasi homogènes (Fig. V.7).

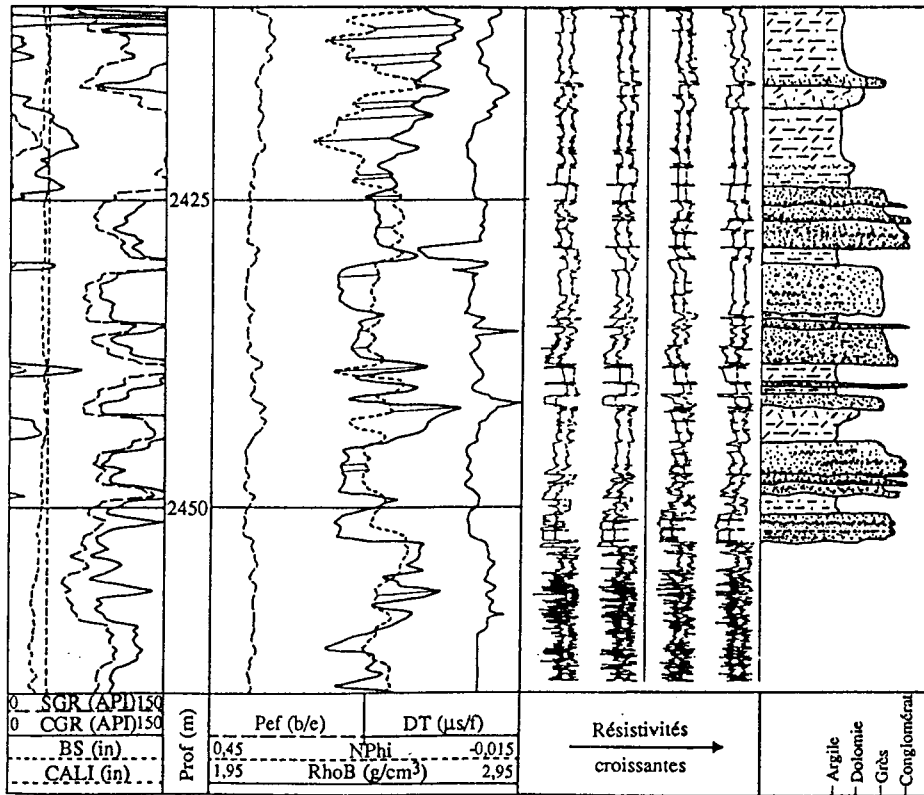


Figure V.7 : Colonne faciologique effectuée à partir du SHDT pour le sous-ensemble III des Grès de Donnemarie du sondage B.

Pour ce sondage, la partie sommitale du sous-ensemble III est constituée d'électrobancs argileux présents sur une épaisseur de 12 m, montrant tout d'abord une évolution argiles gréseuses-argiles dolomitiques, surmontée par un banc dolomitique, puis une électroséquence positive grès-argiles dolomitiques (Fig. V.7). Cette passée gréseuse est à corrélérer avec les niveaux plus gréseux rencontrés au sommet de ce sous-ensemble dans les sondages précédemment décrits (Fig. V.8). Le toit est marqué par un banc argileux très dolomitique enrichi en uranium (Annexe A1.3).

V.2.1.2 - Sondages des groupes 2 et 4

En ce qui concerne les sondages du groupe 4 (où les Grès de Chaunoy semblent reposer directement sur les Grès de Donnemarie), il est possible d'établir une corrélation

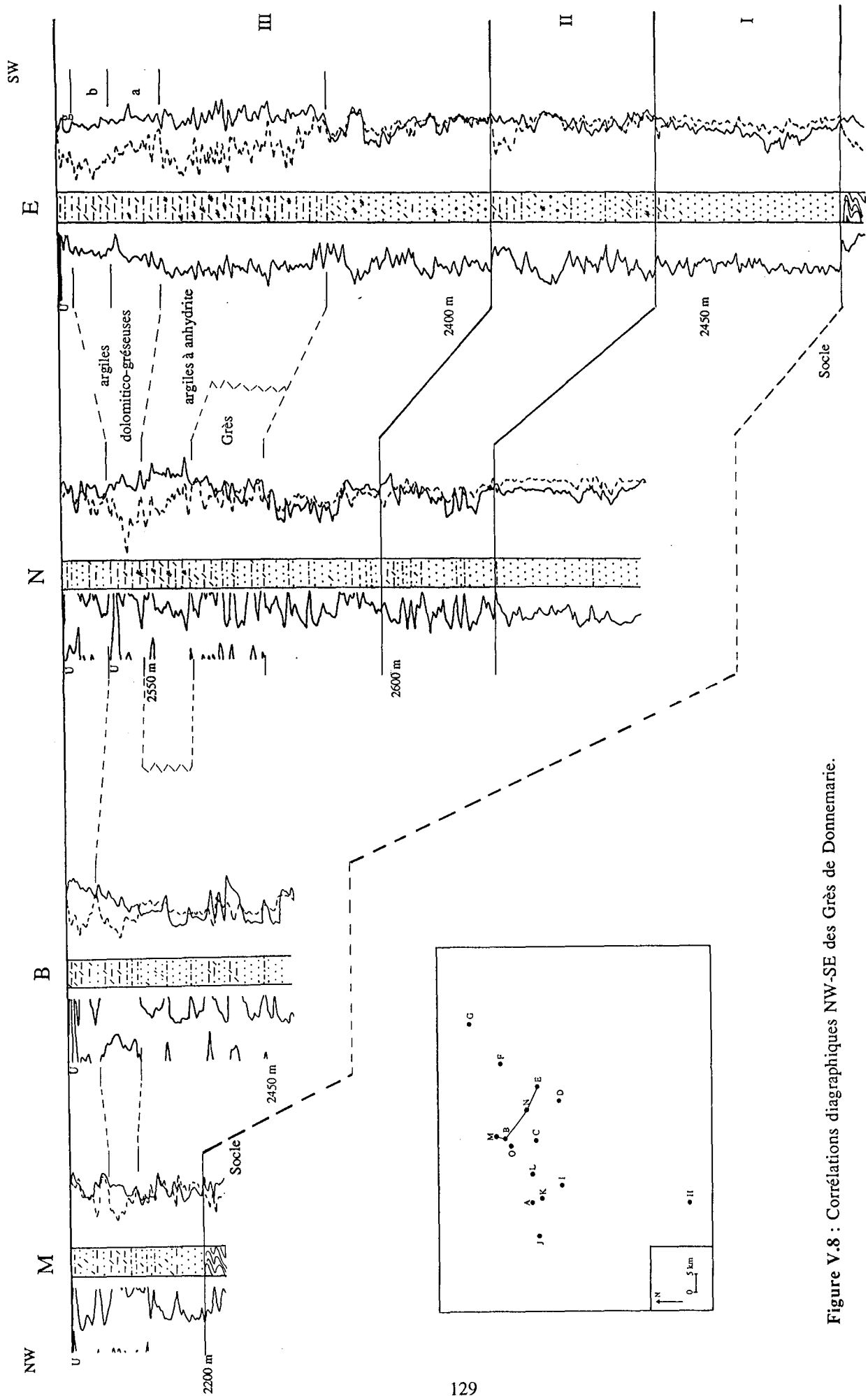


Figure V.8 : Corrélations diagraphiques NW-SE des Grès de Donnemarie.

avec les puits précédemment étudiés. En effet, les Grès de Donnemarie sont marqués en partie sommitale par un électrobanc contenant des quantités importantes d'uranium, électrobanc tout à fait comparable à celui de la partie sommitale des Argiles intermédiaires (Annexe A1.2 et A1.8). Cet enrichissement en uranium est d'autant plus important que les faciès sont moins gréseux.

Les courbes diagraphiques des sondages M et O peuvent être corrélées avec celles du puits B (Fig. V.8) ; ces deux puits présentent cependant des faciès moins argileux en partie sommitale et possèdent des faciès gréseux plus cimentés. Les Grès de Donnemarie reposent directement sur le socle, et l'épaisseur entre le socle et le banc enrichi en uranium (grès argilo-dolomitiques dans M et argiles très dolomitiques dans O) est de 26 m dans le puits M et 20 m dans O.

Les sondages K et L ne montrent aucun développement d'électrobancs argileux sur de très grandes épaisseurs (Fig. V.3). Les Grès de Donnemarie y sont constitués de grès (en bancs de 0,5 à 3 m) alternant avec des électrobancs argileux ou dolomitiques (de 2 à 4 m d'épaisseur). Les grès peuvent être anhydritiques (sondage K), ils sont peu conglomératiques et présentent parfois des séquences granodécroissantes ; la base des faciès gréseux est parfois érosive. Les faciès dolomitiques sont présents à la base des forages, et des évolutions grès-argiles ou grès-dolomies sont observées au niveau des outils de pendagemétrie, montrant ainsi des électroséquences positives (Fig. V.9).

Ainsi ces faciès, rencontrés sur 47 m au sondage K et 36 m au sondage L, sont en fait des équivalents latéraux des argiles dolomitico-gréseuses et des argiles à anhydrite (Fig. V.3). Il semblerait que les faciès gréseux sommitaux (Fig. V.3) soient à corrélérer avec ceux rencontrés dans les autres sondages au toit du sous-ensemble III. Cependant aucun autre niveau repère n'est visible.

Dans le sondage C (groupe 2), des argiles dolomitiques de 5 m d'épaisseur, dont le sommet est enrichi en uranium, reposent directement sur le socle. Aucun développement de faciès gréseux n'y est observé (Annexe A1.6).

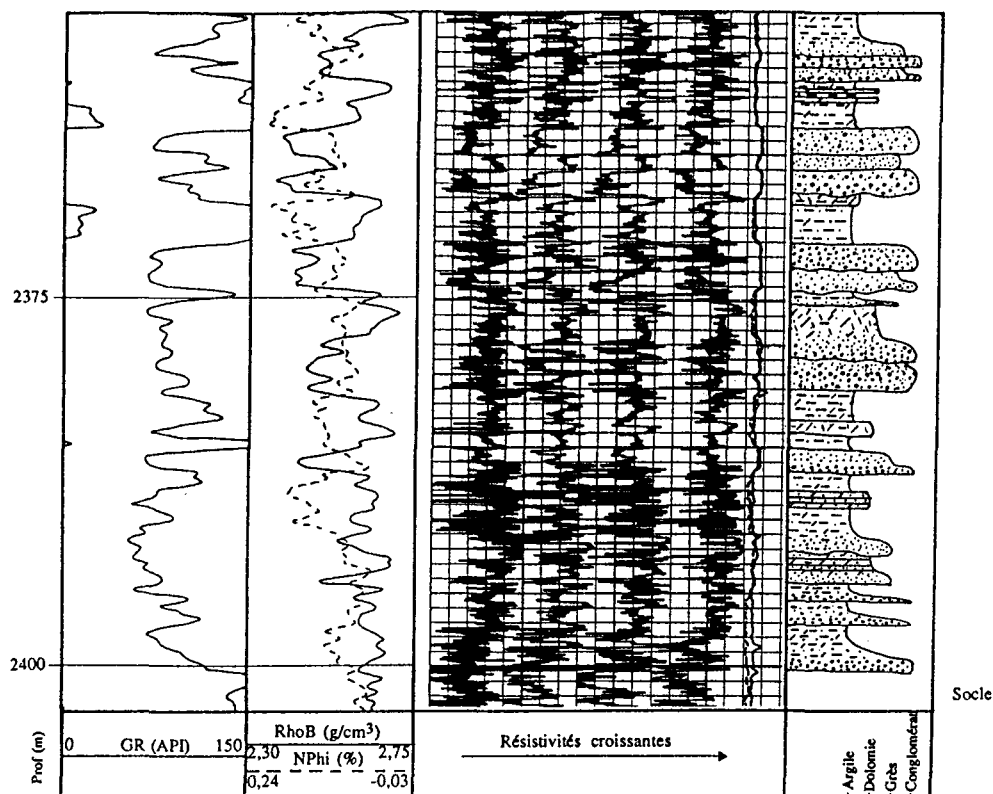


Figure V.9 : Colonne faciologique effectuée à partir du SHDT pour le sous-ensemble III des Grès de Donnemarie du sondage L.

V.2.2 - Interprétation

L'évolution générale depuis le conglomérat basal jusqu'au toit des Argiles intermédiaires se traduit par la disparition progressive du caractère conglomératique et par un développement de plus en plus important des faciès argileux formant la partie sommitale de chaque sous-ensemble.

Les deux premiers sous-ensembles (I et II) sont caractérisés par l'évolution de faciès gréseux vers des faciès argileux caractérisant ainsi deux électromésoséquences positives.

Le troisième sous-ensemble (III) est marqué, dans les puits situés à l'Est de la zone d'étude (D, E, F et G), par l'évolution de faciès gréseux vers des faciès argilo-anhydritiques puis argilo-dolomitico-gréseux. Plus à l'Ouest, les faciès argileux sont moins développés et passent latéralement à des faciès gréseux. Ainsi, dans les

sondages N et H, l'épaisseur des argiles à anhydrite est réduite, les faciès gréseux étant plus développés à leur base (puits N) ou à leur sommet (puits H) ; les argiles dolomitico-gréseuses sont surmontées par des faciès gréseux et/ou des faciès anhydritiques, à corrélérer avec ceux rencontrés en partie sommitale des puits D, E, F et G. Dans les sondages B, M et O, les argiles à anhydrite sont remplacées par une alternance de faciès gréseux et de faciès argileux ; au sommet, les faciès sont plus argileux mais contiennent toujours des faciès gréseux pouvant être corrélés avec ceux rencontrés dans tous les sondages précédents. Ainsi, la partie sommitale de ce sous-ensemble est caractérisée, dans tous ces sondages, par une reprise de la sédimentation terrigène et/ou anhydritique.

Les faciès argileux (argiles à anhydrite ou argiles dolomitico-gréseuses) ne sont pas visibles dans les puits situés le plus à l'Ouest (K et L) ; seules des alternances de faciès gréseux et argileux ou dolomitiques sont observées en équivalents latéraux.

Dans les sondages situés le plus à l'Ouest de la zone d'étude (puits A et J), les Grès de Chaunoy reposent directement sur le socle. Ainsi, la zone d'étude se situe à l'extrême Ouest des dépôts des Grès de Donnemarie et des Argiles intermédiaires. Les faciès gréseux proviennent probablement de la partie occidentale (Massif Armoricain) du Bassin de Paris qui était alors émergée au Trias.

Les argiles à anhydrite caractérisent un milieu de dépôt très confiné : séquences de confinement argiles-anhydrites. Les sulfates se développent pendant les phases de diminution d'arrivée de sédiments terrigènes en relation avec des périodes de concentration sous un climat relativement aride. Ainsi, lorsque les argiles à anhydrite ne sont pas présentes dans cette partie centre-ouest du bassin, les faciès gréseux sont alors développés. Les séquences observées (argiles-anhydrites) peuvent être mise en relation avec des arrivées périodiques d'eau du bassin (dépôts d'argiles) en alternance avec des périodes de concentration (formation de sulfates). L'extension des argiles à anhydrite vers l'Ouest est mise en évidence grâce aux figures V.3 et V.8 et des arrivées terrigènes interrompant leur dépôt sont observées dans le forage situé le plus au Sud (puits H, Fig. V.2).

Les argiles dolomitico-gréseuses (8 à 9 m d'épaisseur) traduisent un environnement de dépôt différent. En effet, aucune électroséquence n'est visible. Dans la partie sommitale de ce sous-ensemble, des passées plus gréseuses et plus anhydritiques sont présentes, et précèdent le niveau enrichi en uranium.

Ainsi, du conglomérat basal au toit des argiles dolomitico-gréseuses, le comblement progressif des paléotopographies du socle par des dépôts terrigènes et l'ennoyage de ces dépôts par des argiles provenant du bassin sont bien marqués (Fig. V.10). Les faciès gréseux deviennent de moins en moins conglomératiques et l'extension des argiles

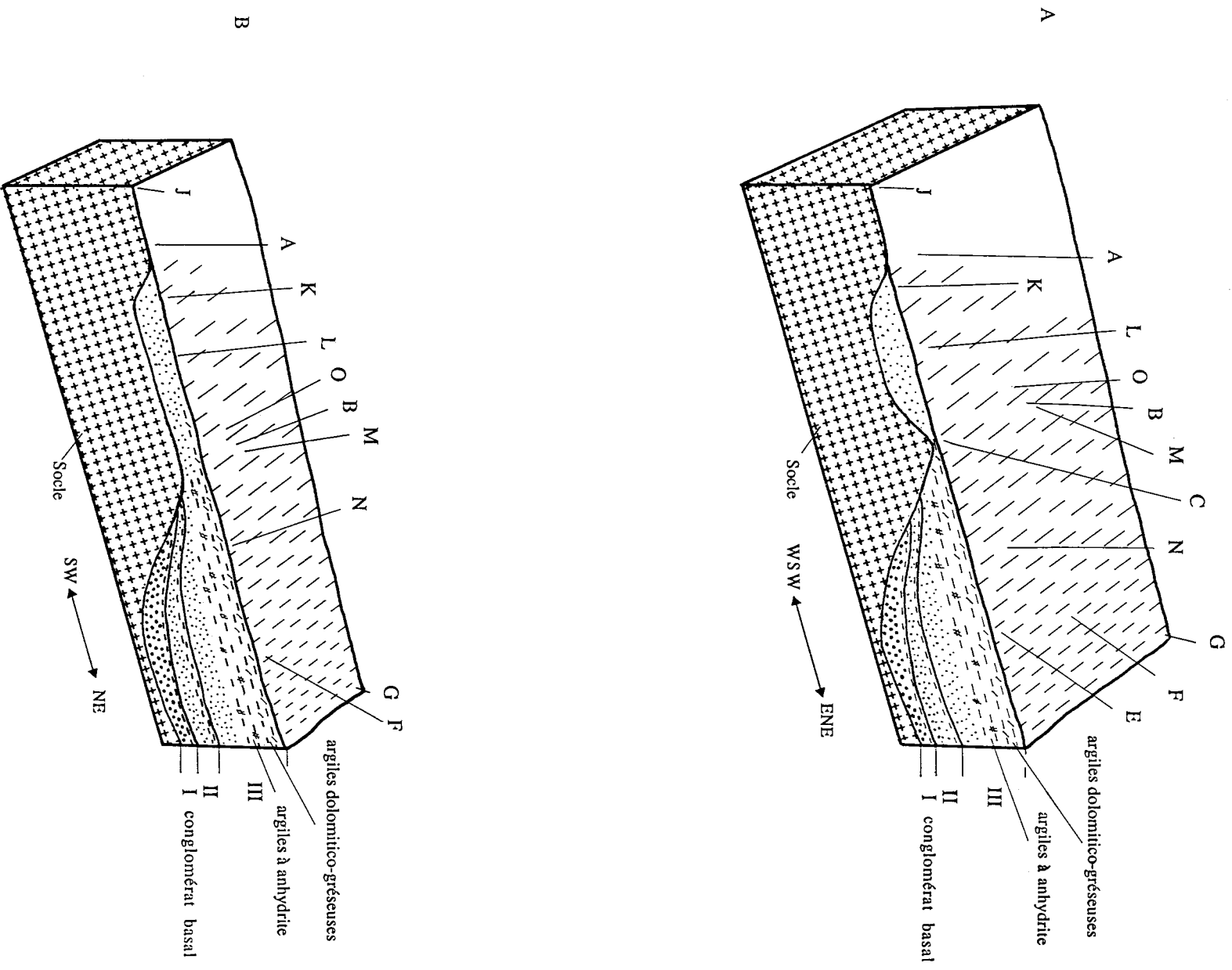


Figure V.10 : Blocs diagrammes montrant l'envoyage progressif des paléotopographies du socle :

A : orientation WSW-ENE

B : orientation SW-NE

(argiles à anhydrite et argiles dolomitico-gréseuses) vers le continent est observée, sans cependant, atteindre la zone la plus occidentale (les dépôts restant gréseux).

Alors qu'aucune électroséquence autre que granodécroissante n'est observée dans les deux premières électromésoséquences et dans les grès de la base du troisième sous-ensemble, les grès rencontrés en équivalents latéraux des argiles à anhydrites ou des argiles dolomitico-gréseuses présentent des électroséquences positives grès-argiles (puits B, H, L et N) et montrent parfois le développement de faciès dolomitiques (puits K et L). Ces observations sont à mettre en relation avec un changement de milieu de dépôt. Mais le faible nombre de sondages ayant traversé ces différents faciès et le manque d'informations précises (absence d'images microscanner, peu d'enregistrements de pendagemétrie et très peu de carottes) ne permettent pas d'émettre d'interprétations quant à l'environnement de dépôt. De plus, la nature continentale ou marine des faciès argileux alternant avec les faciès gréseux ne peut être précisée.

Quels que soient les faciès sous-jacents, le toit du sous-ensemble III est toujours bien représenté par un banc riche en uranium, la quantité d'uranium étant inversement proportionnelle à la quantité de grès.

Les enrichissements en uranium peuvent caractériser des intervalles condensés où la matière organique, parfois présente en quantité importante, piège l'uranium.

Les intervalles condensés sont caractérisés par un très faible taux de sédimentation résultant d'une vitesse maximale de montée du niveau marin et d'une transgression régionale maximale de la ligne de rivage (Loutit *et al.*, 1988).

Les intervalles condensés sont couramment associés à des hiatus sous-marins apparents et se manifestent souvent par de minces surfaces continues bioturbées, de fins niveaux lithifiés et des surfaces durcies marines. Ils peuvent également être caractérisés par des assemblages de microfossiles planctoniques et benthiques, par des minéraux authigènes (glauconite, phosphorite et sidérite), par de la matière organique, et peuvent posséder des concentrations importantes en éléments de la mine du platine tel l'iridium (Loutit *et al.*, 1988). Ils sont repérables par analyse des diagraphies, des sections sismiques et des affleurements.

Les intervalles condensés jouent un rôle fondamental dans les corrélations stratigraphiques et permettent, grâce à la présence des faunes, d'effectuer des datations et des corrélations entre les dépôts de bordure continentale et les dépôts du bassin. Les intervalles condensés (Fig. V.11) sont présents pendant le cortège transgressif et dans la partie distale du cortège de haut niveau (Van Wagoner *et al.*, 1988, 1990).

Le toit du sous-ensemble III peut donc correspondre à un intervalle condensé traduisant ainsi une transgression régionale maximale de la ligne de rivage. Des niveaux enrichis en uranium sont également observés un peu plus bas dans les puits N et H (au toit des argiles dolomitico-gréseuses précédant les faciès gréseux sommitaux) ainsi que dans le puits K, pouvant ainsi montrer une succession de plusieurs intervalles condensés bien individualisés en bordure du continent (Fig. V.11).

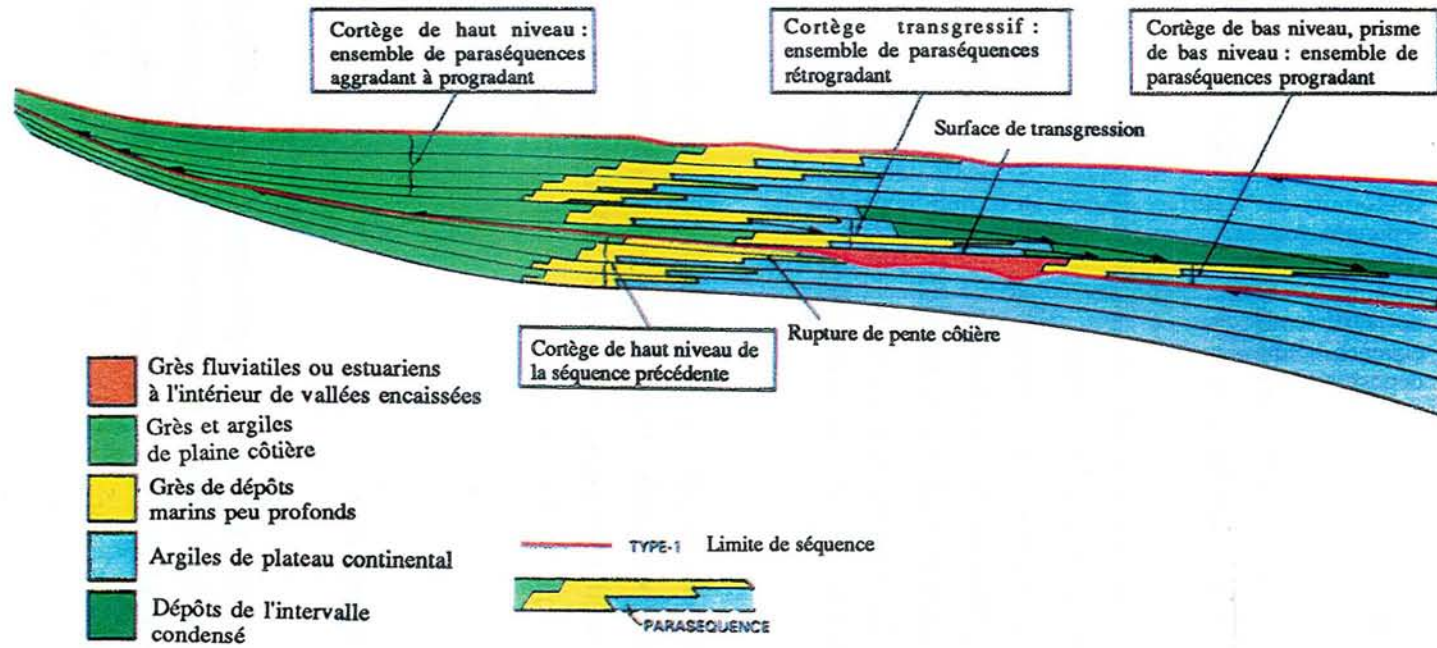


Figure V.11: Géométrie d'un corps sédimentaire dans une séquence de dépôts de type I en bordure de plateau continental (d'après Van Wagoner *et al.*, 1988)

V.3 - LES GRES DE CHAUNOY⁽²⁾

V.3.1 - Introduction

Les coupes ont été effectuées en prenant comme niveau repère le toit du Trias, très bien marqué au niveau des courbes de pendagemétrie et de Pef (*cf.* par. IV.6.5).

Les deux sondages possédant les outils FMS* et SHDT* ont permis de définir précisément l'agencement séquentiel des différents faciès et d'effectuer une correspondance entre les réponses d'imagerie et de pendagemétrie. Il a été ainsi possible de réaliser, sur tous les sondages possédant les enregistrements de pendagemétrie, des colonnes faciologiques prenant en compte l'évolution séquentielle.

Cette étude n'a pu bénéficier d'aucune assistance automatique et toutes les colonnes faciologiques issues de l'analyse des courbes de pendagemétrie ont été effectuées manuellement.

La formation des Grès de Chaunoy est constituée de faciès gréseux feldspathiques (grès, grès dolomitique, parfois siliceux et jamais anhydritique) alternant avec des faciès dolomitiques (dolomies gréseuses, argileuses ou grés-argileuses, très rarement dolomies franches) et/ou des faciès argileux, qui sont soit dolomitiques, soit gréseux et le plus fréquemment grés-dolomitiques.

V.3.2 - Analyse séquentielle

Des images microscanner et des enregistrements de pendagemétrie ont été réalisés sur deux sondages (dont le puits M) situés à l'Ouest de la zone d'étude et donc présentant une majorité de faciès contenant de la dolomie, les faciès argileux (grès argileux ou argiles gréseuses) étant rarement présents (*cf.* par. IV.6.4). A partir de l'analyse détaillée

2 - Les légendes des figurés employés pour les différentes corrélations diagaphiques et colonnes lithologiques sont données en annexe à la fin de ce chapitre.

de ces données, il a été ainsi possible de mettre en évidence des électroséquences de degré 1 (Fig. V.12, V.13 et V.14) :

- des séquences positives purement détritiques conglomérat-grès,
- des séquences positives conglomérat-grès-faciès dolomitiques ou argileux,
- des séquences positives conglomérat-faciès dolomitiques ou argileux,
- des séquences positives grès-faciès dolomitiques ou argileux.

Les séquences positives purement détritiques ont des épaisseurs variant de 30 cm à 2 m, mais le plus souvent supérieures au mètre. Cependant, de fines passées conglomératiques (< 20 cm) sont parfois observées au sein de bancs de grès fins. Les autres séquences ont une épaisseur variable (de 1,5 m à 22 m) en fonction de celle du terme dolomitique supérieur. La base des bancs gréseux est soit érosive, soit marquée par un diastème non ravinant.

Ces enregistrements permettent de mettre en évidence des séquences positives grès-dolomies, au sein des dolomies sommitales (Fig. V.14).

Au niveau des courbes de pendagemétrie les séquences les plus fines (< 40 cm) ne sont pas décelables (Fig. V.13 et V.14). Dans ce cas, seules des électroséquences de degré 2 sont observées.

Les outils "de base" et "géochimiques", ne permettent pas de déterminer les séquences granodécroissantes. Cependant, les conglomérats sont en général marqués par de fortes densités et de faibles porosités neutron, mais il est nécessaire de confirmer cette observation au niveau des outils "haute résolution", les grès très cimentés ayant la même réponse. De plus, les niveaux conglomératiques se marquent fréquemment par des valeurs de Pef légèrement supérieures à celles des faciès gréseux. Seules les électroséquences de degré 1, positives, d'épaisseur supérieure à 1 m et à base non conglomératique, sont décelables (Fig. V.14). Dans la majorité des cas, sont visibles uniquement des électroséquences de degré supérieur : séquences de degré 2 ou 3 selon que toutes les séquences visibles au niveau des outils de pendagemétrie sont observées ou non. Ainsi, les sondages ne possédant pas d'enregistrement FMS* ou SHDT* ne permettront pas de déterminer si les séquences observées à partir des outils "de base" sont de degré 1, 2 ou 3.

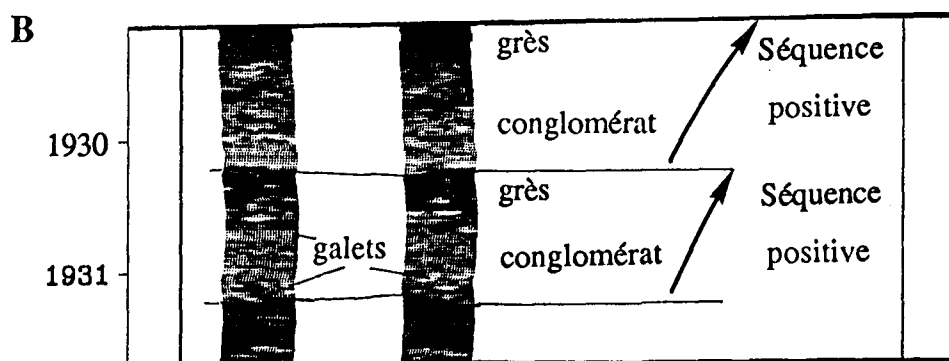
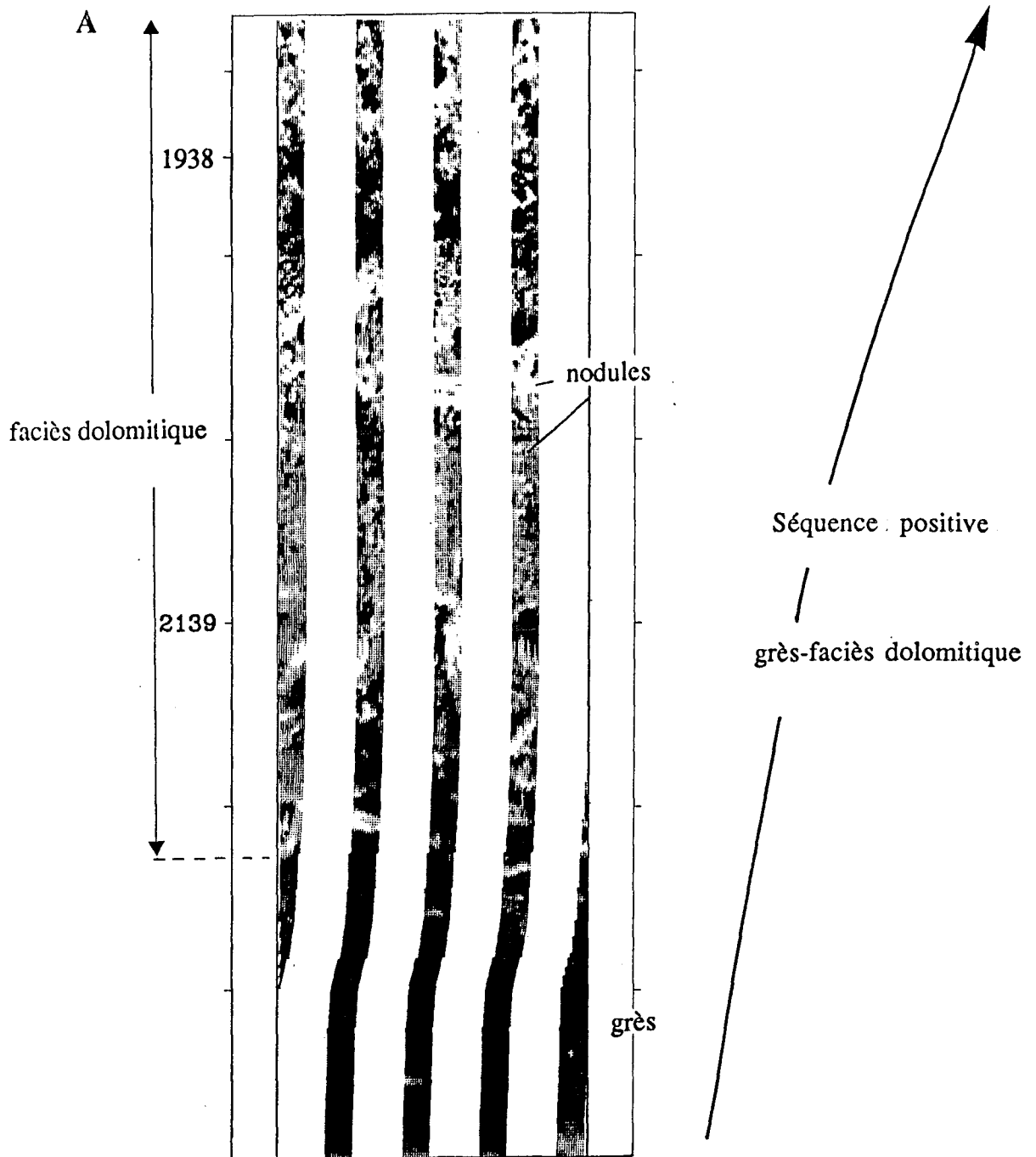


Figure V.12 : Séquences positives observées à partir de l'outil FMS.

A : Séquence positive

B : Séquences positives purement détritiques

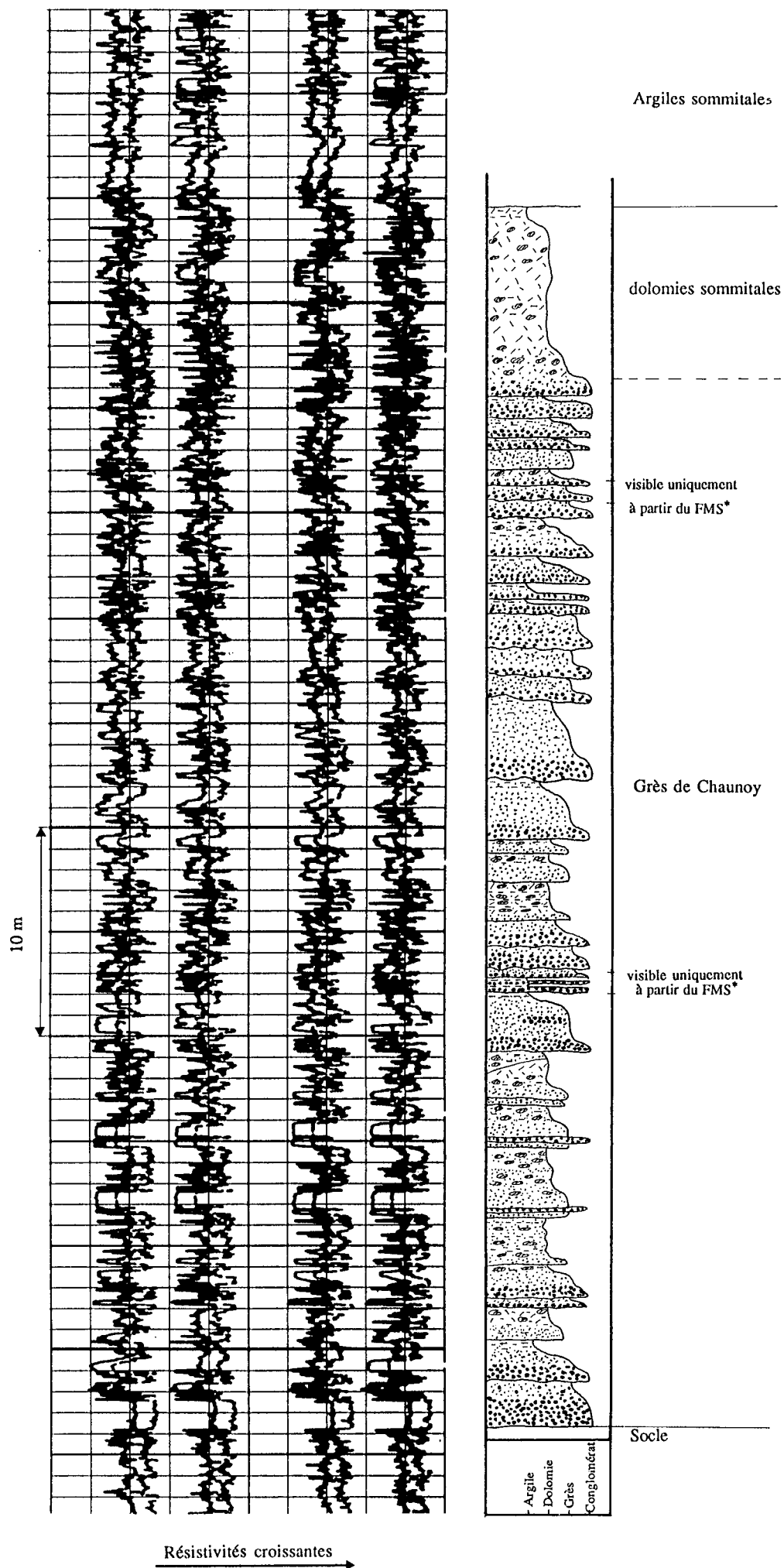


Figure V.13 : Colonne faciologique effectuée à partir du SHDT pour les Grès de Chaunoy du sondage 1 (puits confidentiel).

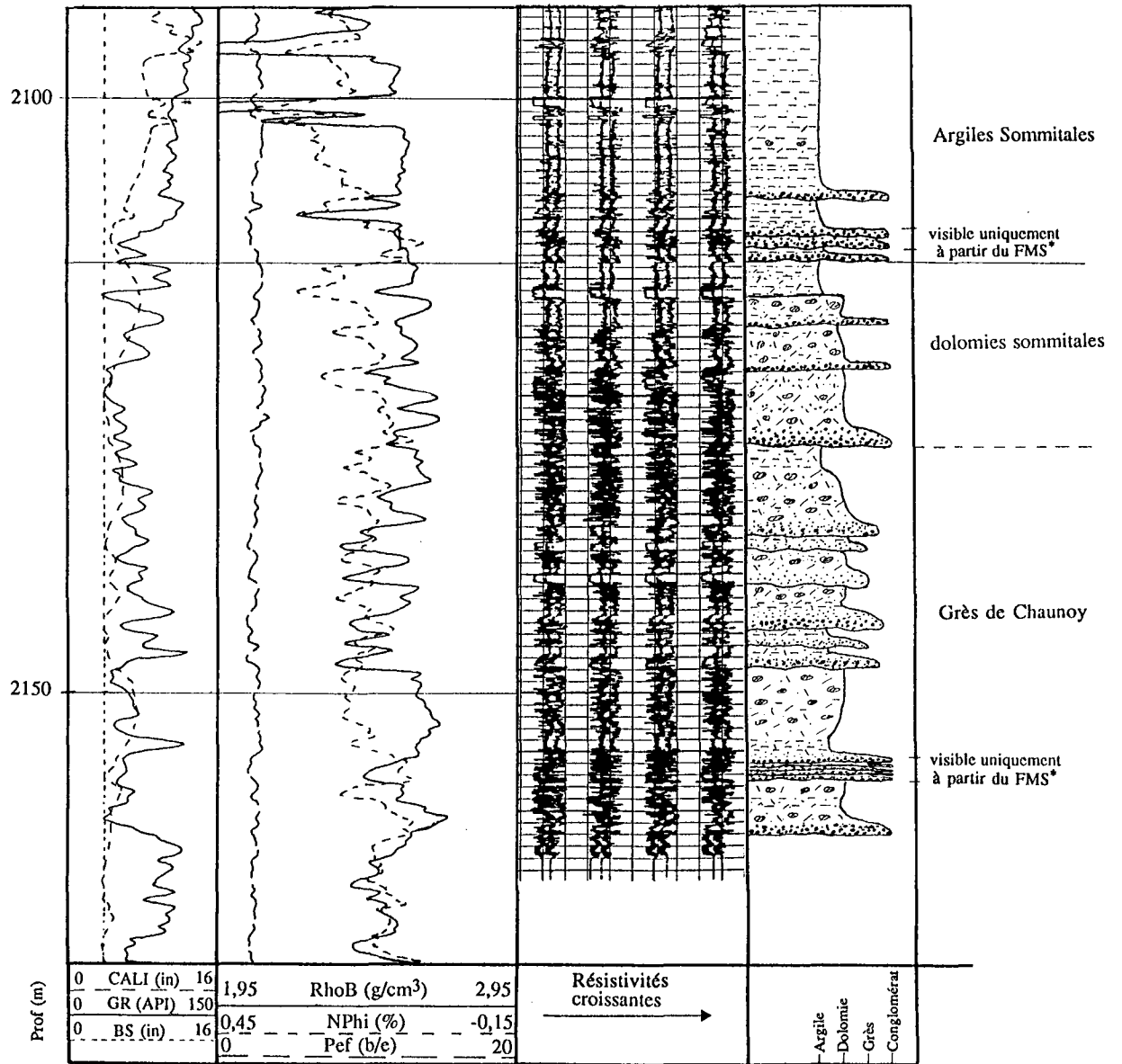


Figure V.14 : Colonne faciologique effectuée à partir du SHDT pour les Grès de Chaunoy du sondage M.

Les outils "de base" et "géochimiques" mettent donc en évidence des électroséquences possédant les caractéristiques suivantes :

- rampes de densité et de porosité neutron traduisant le passage de faciès à polarité négative vers des faciès à polarité positive, et caractérisant ainsi l'évolution de faciès gréseux vers des faciès dolomitiques ou argileux,
- rampes de Pef : passage de faciès gréseux dont le Pef est de 2-2,3 b/e à des faciès argileux ou dolomitiques dont le Pef est supérieur à 2,5 b/e (Fig. V.14),
- dans le cas de faciès argileux, rampes caractérisant des augmentations de gamma-ray dues à des augmentations de teneur en thorium et potassium,
- dans le cas de faciès dolomitiques non argileux, rampes traduisant des diminutions de gamma-ray et caractérisant ainsi des diminutions de teneur en thorium et potassium (dans le cas où les grès présents dans ces faciès dolomitiques ne sont pas enrichis en thorium et potassium, cf. par. IV.6.4).

Ces électroséquences peuvent être considérées comme des séquences "virtuelles" de dépôts. La combinaison de toutes les informations issues des différents enregistrements diagraphiques permet de caractériser précisément la séquence "virtuelle", représentée au niveau des outils "de base" ou "géochimiques" par une évolution de faciès à polarité négative vers des faciès à polarité positive (Fig. V.15) :

- à sa base, présence de plusieurs séquences positives purement détritiques (généralement supérieures à 1 m), seulement repérables au niveau des outils "haute résolution" ; au niveau des outils "de base" seuls des électrobancs à polarité négative sont observés sur des épaisseurs variant de 1 m à 8 m,
- puis présence de séquences positives complètes conglomérat-grès-faciès dolomitiques ou argileux, présentant tout d'abord un développement peu important des faciès argileux ou dolomitiques, puis ensuite un développement peu important des faciès gréseux. Ces séquences ne sont

pas visibles au niveau des outils "de base", seuls sont observés des électrobancs à polarité positive.

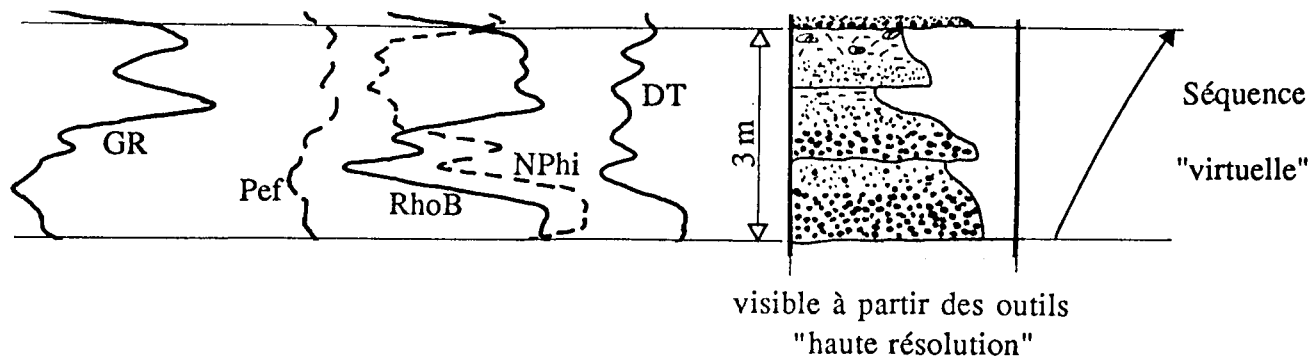


Figure V.15 : Caractéristiques diagraphiques de la séquence "virtuelle" de dépôt.

Les épaisseurs de cette séquence virtuelle varient de 2 m à 22 m : les séquences les plus épaisses étant dues au développement important des dolomies.

A la base de la Formation de Chaunoy, dans les sondages situés le plus à l'Est (D, E, F, G), très peu de faciès dolomitiques existent : les électroséquences sont du type grès-argiles (Fig. V.16). De plus, les électrobancs gréseux sont moins conglomératiques et leur épaisseur est plus faible : 0,5 à 4 m (notamment dans le puits D), alors que celle-ci peut atteindre 8 m à l'Ouest. La séquence "virtuelle" est fréquemment atténuée (terme basal absent) ou condensée (terme médian absent).

En partie plus sommitale des Grès de Chaunoy, les faciès dolomitiques prennent de plus en plus d'importance, tout d'abord sous forme de nodules au sein de faciès argileux, puis sous forme de dolomies.

En allant vers l'Est de la zone d'étude, les grès sont plus fins et les faciès sont plus argileux. Les faciès dolomitiques sont développés principalement à l'Ouest, et sont plus importants au toit de la formation, dans tous les sondages.

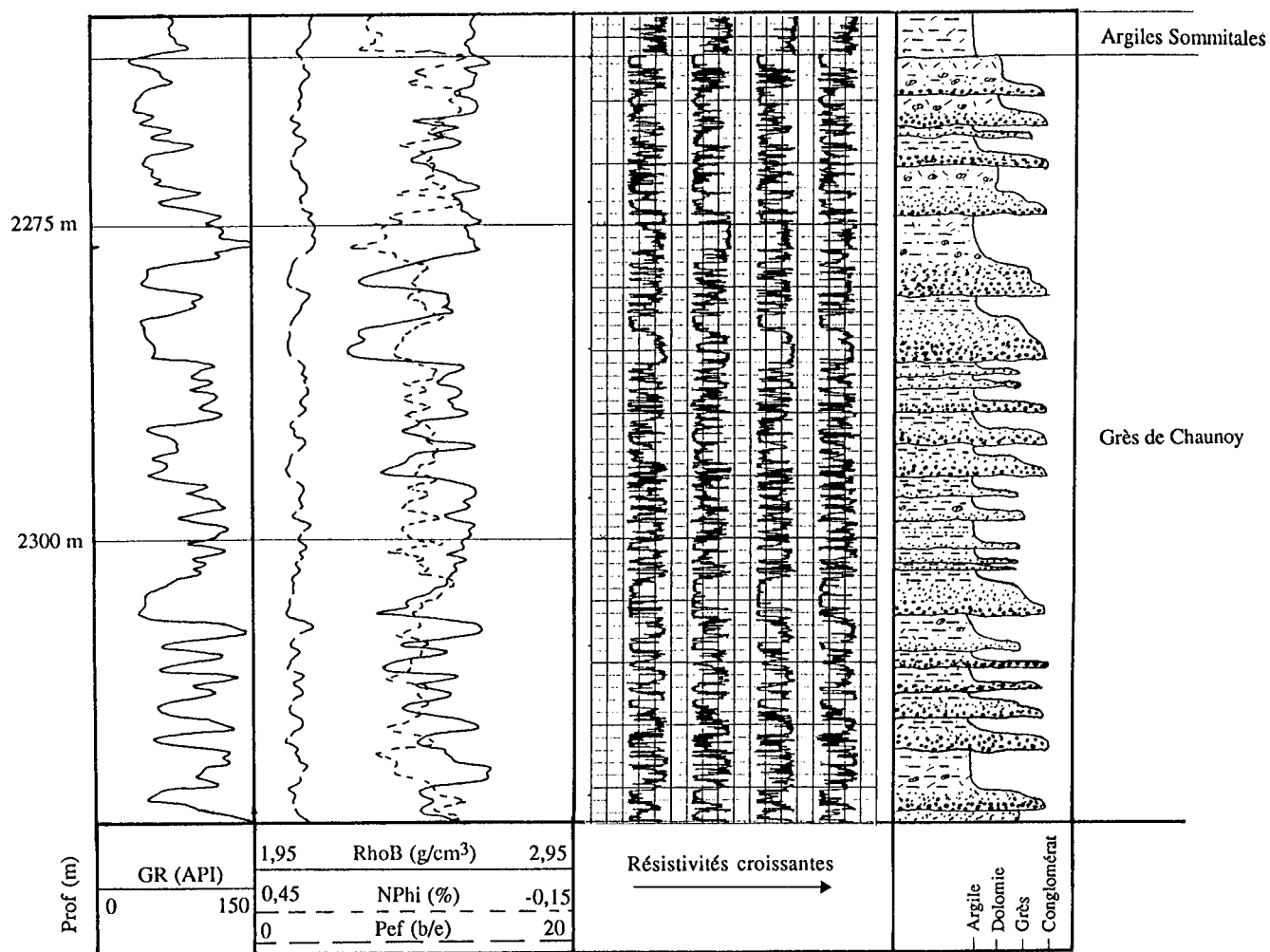


Figure V.16 : Colonne faciologique effectuée à partir du SHDT pour les Grès de Chaunoy du sondage E.

V.3.3 - Corrélations

A l'Ouest, les Grès de Chaunoy reposent directement sur le socle (puits A et J), alors qu'à l'Est, dans tous les autres sondages, ils surmontent les Argiles intermédiaires ou leurs équivalents latéraux gréseux. Ils sont alors présents directement au-dessus du banc enrichi en uranium.

Afin de mener à bien les corrélations, tous les sondages ont été pris en compte dans la confection des coupes, mais dans ce chapitre, seules les cinq coupes les plus caractéristiques vont être présentées (Fig. V.17). Dans les forages ne possédant pas d'enregistrements d'outils "de base" jusqu'au toit du Trias, les corrélations ont cependant été possible grâce aux outils de pendagemétrie (puits A, D, N).

Dans le cas de sondages déviés, les coupes lithostratigraphiques ont été réalisées à partir des cotes verticalisées, alors que les corrélations diagraphiques ont été réalisées à partir des enregistrements déviés, les enregistrements verticalisés n'étant pas disponibles.

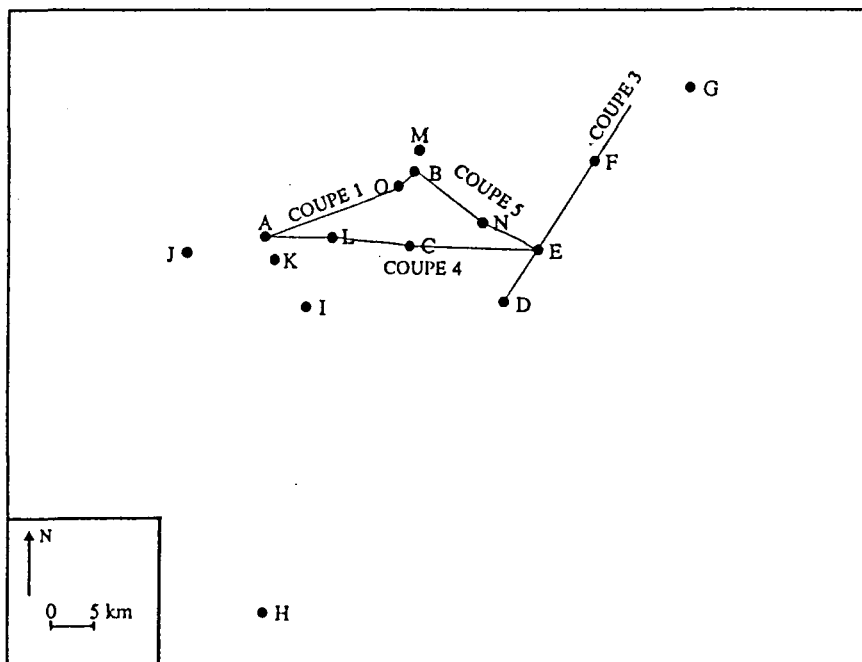


Figure V.17 : Carte localisant les différentes coupes effectuées dans les Grès de Chaunoy.

V.3.3.1 - Coupe 1 : WSW-ENE

La première coupe étudiée est orientée WSW-ENE et passe par les sondages A, O et B (Fig. V.18 et Annexe A2.1). Les différentes corrélations effectuées permettent de mettre en évidence deux ensembles.

Le premier ensemble, situé sous le marqueur 2, permet des corrélations à l'échelle des électroséquences visibles sur les outils "de base". Il est ainsi possible d'individualiser sept électroséquences notées de a à g, avec des épaisseurs variant de 2 à 9 m.

Les faciès dolomitiques sont présents au niveau des électroséquences c, d et e dans le puits A, et d et e dans les deux autres sondages, les autres électroséquences ne montrant que l'existence d'argiles gréséo-dolomitiques. Il s'agit de dolomies gréseuses, présentes sur des épaisseurs de 1 à 2 m dans A, et de dolomies gréseuses ou argileuses, développées sur 4 à 8 m d'épaisseur dans les sondages O et B. Ces deux puits, possédant des enregistrements de pendagemétrie, montrent que de fines passées plus gréseuses sont présentes au sein des faciès dolomitiques.

Aucune corrélation d'ordre inférieur, entre les sondages, n'est possible au sein de l'électroséquence, ceci même pour les puits possédant des enregistrements "haute résolution".

Le marqueur 2 et le toit de l'électroséquence f sont très caractéristiques car ils se situent au-dessus d'un banc très radioactif dû à un enrichissement en thorium et potassium, formant ainsi un doublet visible au niveau du gamma-ray (doublet de GR, Annexe A2.1), bien marqué dans cette partie occidentale de la zone d'étude. La présence de ce très fort enrichissement en thorium et potassium est lié au matériel gréseux, en particulier pour les faciès existant au toit de f. Il s'agit, en effet, d'argiles gréseuses (puits A) ou de dolomies gréseuses très faiblement argileuses.

Les pourcentages de grès sont plus importants dans le sondage A : 62 % contre 41 % dans les puits O et B.

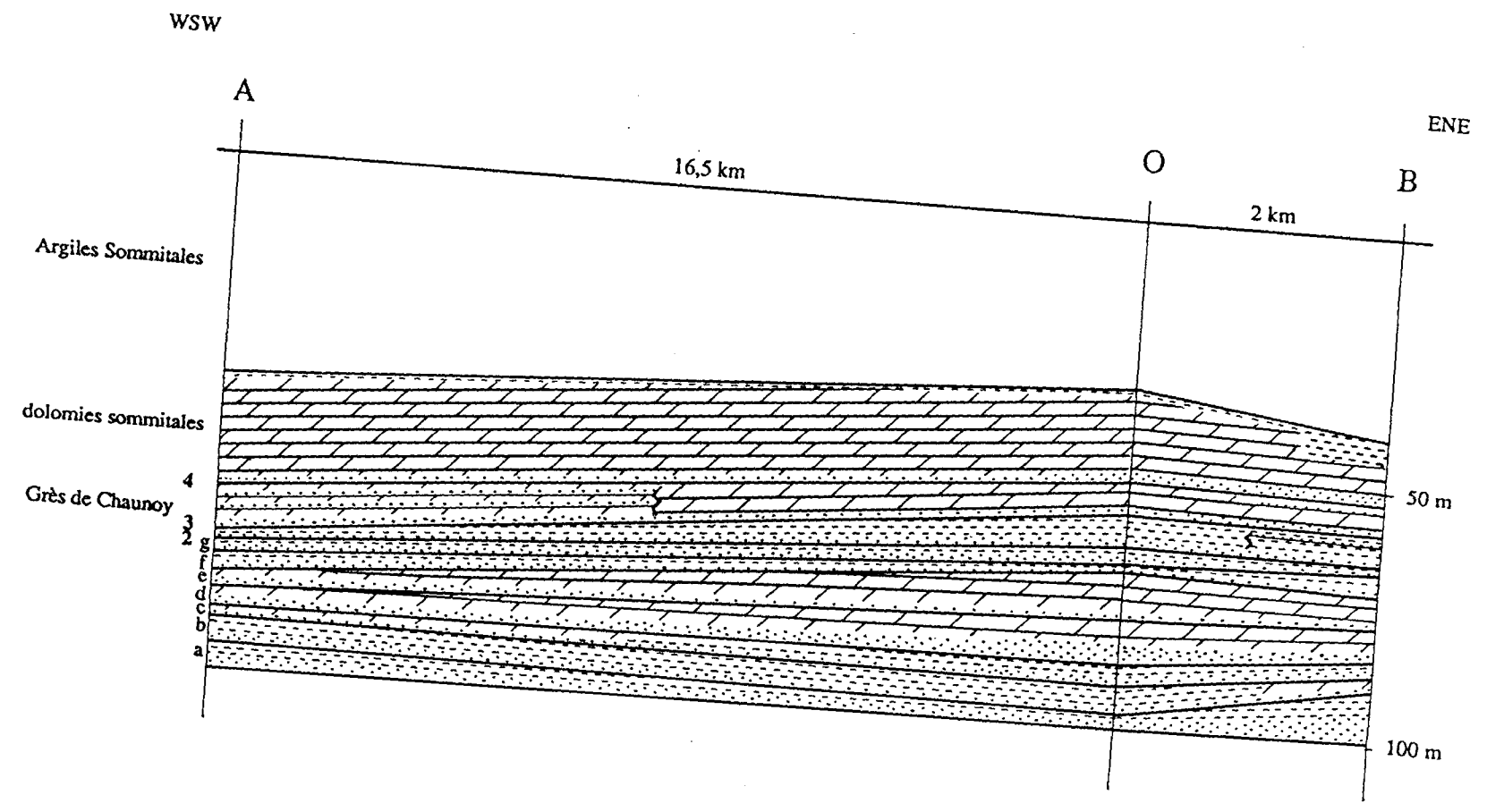


Figure V.18 : Coupe lithostratigraphique 1 : WSW-ENE.

Le second ensemble, situé au-dessus du marqueur 2, permet de mettre en évidence deux marqueurs (3 et 4), situés comme le précédent à la base d'un banc gréseux plus important. Il n'est pas possible d'y effectuer des corrélations à l'échelle de l'électroséquence (Fig. V.18). Ainsi :

- entre les marqueurs 2 et 3 d'une part, puis et 3 et 4 d'autre part, apparaissent tantôt une seule, tantôt plusieurs électroséquences de 1 à 6 m d'épaisseur,
- entre le marqueur 4 et le toit de la Formation de Chaunoy, les dolomies sommitales sont présentes, et une seule électroséquence (de 22 m d'épaisseur) est observée dans le puits A, alors que deux électroséquences (épaisses de 3 à 12 m) sont visibles dans B et O. La seconde est marquée par un banc gréseux très peu épais mais avec un développement important des dolomies (Annexe A2.1).

Dans le sondage A, où les dolomies sommitales sont très développées, des niveaux gréseux et argileux apparaissent au sein de cet ensemble (Annexe A1.7).

Les faciès deviennent très dolomitiques à partir du marqueur 3 (Fig. V.18 et Annexe A2.1). Ils sont très développés au-dessus du marqueur 4 dans les trois sondages (dolomies sommitales de 5 à 21 m d'épaisseur), alors qu'en dessous, ils le sont uniquement dans les puits O et B (4 à 6 m d'épaisseur), le forage A montrant trois électroséquences grès-faciès dolomitiques.

Des faciès plus argileux (argilo-dolomitiques), marqués par un pic de gamma-ray et toujours caractérisés par des réponses hétérogènes au niveau des courbes de pendagemétrie, sont présents au sommet de la formation (toit des dolomies sommitales) sur une épaisseur de 1 m dans les puits A et O, et de 4 m dans B.

V.3.3.2 - Coupe 2 : N-S

La coupe 2 prend en compte le sondage A et des forages confidentiels (puits 1, 2 et 3).

Cette coupe, globalement N-S, permet d'observer les paléotopographies du socle et met en évidence un paléorelief, au Nord, où la partie basale des Grès de Chaunoy est absente (Fig. V.19).

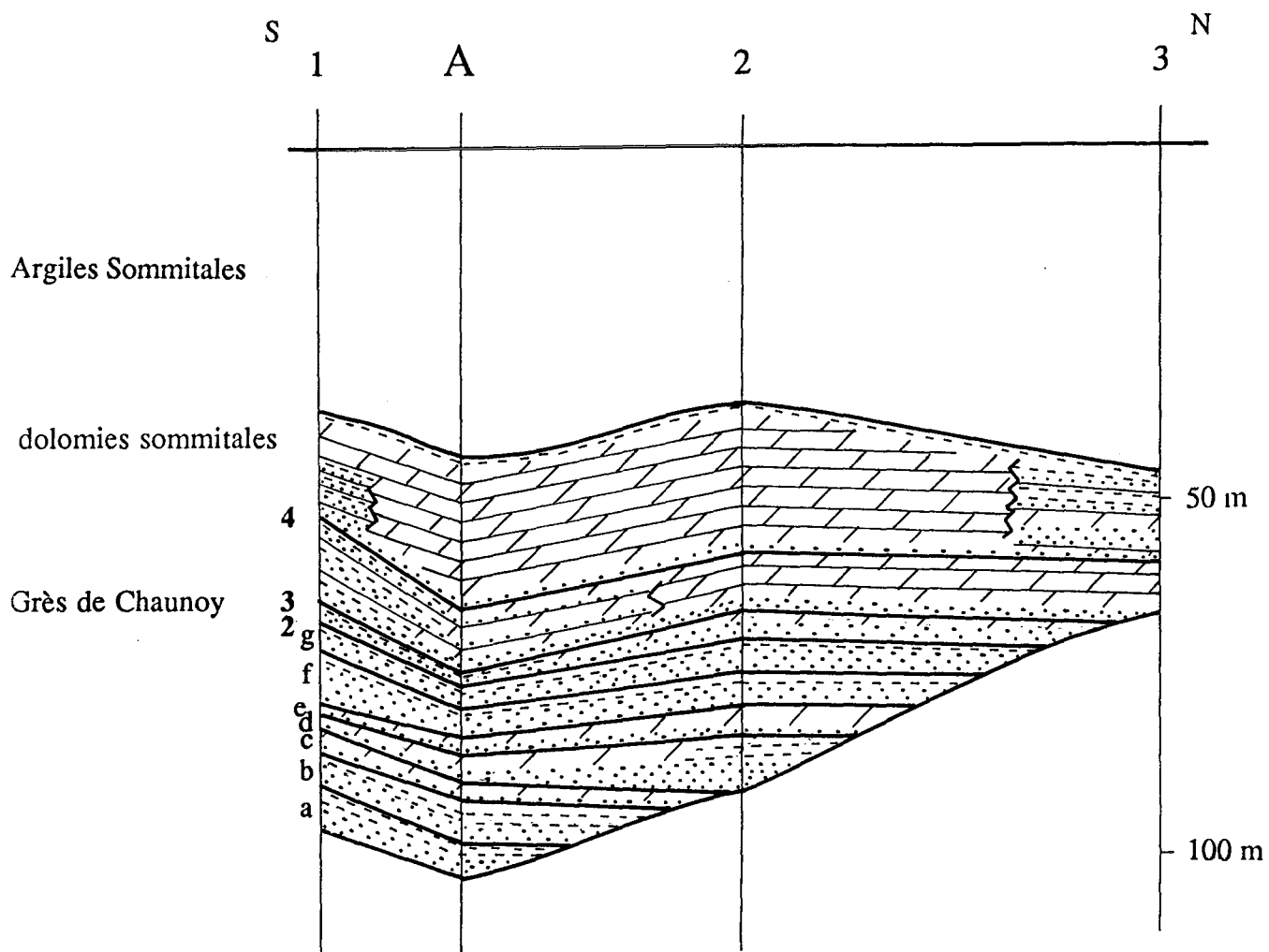


Figure V.19 : Coupe lithostratigraphique 2 : N-S.

Les corrélations avec les électroséquences a à g du puits A sont possibles dans le sondage 1, alors que le puits 2 présente des dépôts ne s'effectuant qu'à partir de l'électroséquence d reposant directement sur le socle. L'épaisseur de ces électroséquences varie de 2 à 8 m.

Au-dessus des marqueurs 3 et 4, les faciès dolomitiques sont toujours très développés. Des minéralisations particulières : blende, célestine, galène, pyrite (cf. par. IV.6.4) sont observées, principalement à la base des dolomies sommitales. Dans le sondage 3, les dolomies sommitales passent latéralement à trois électroséquences, et des faciès dolomitiques à minéralisations particulières, reposant directement sur le socle, existent sous le marqueur 4 (Fig. V.19).

V.3.3.3 - Corrélation des coupes 1 et 2 avec les puits J et M

Les sondages J et M, situés au Nord-Ouest de la coupe 1, permettent de mettre en évidence les trois marqueurs 2, 3 et 4. Les corrélations au niveau de toutes les électroséquences a à g, présentes en dessous du marqueur 2, ne sont cependant plus possibles. Des groupements d'électroséquences sont alors observés (Fig. V.20 et Annexe A2.2) et trois niveaux se corrèlent entre tous ces sondages : les toits de c, de e et de f. Les faciès dolomitiques sont moins développés dans le sondage J.

V.3.3.4 - Coupe 3 : SSW-NNE

La troisième coupe étudiée passe par les sondages D, E et F (Fig. V.21 et Annexe A2.3).

Cinq marqueurs sont alors présents : 0, 1, 2, 3 et 4. Chacun de ces marqueurs correspond à la base d'un banc gréseux particulièrement épais et caractérise ainsi une arrivée plus importante de terrigène.

Ces sondages, situés à l'Est de la zone d'étude, possèdent des faciès très argileux, le sondage D étant le plus argileux. De la base au sommet de la formation, les faciès deviennent de plus en plus dolomitiques. Ainsi, les dolomies gréseuses ou argileuses, qui sont parfois présentes entre les marqueurs 3 et 4, le sont systématiquement au-dessus du marqueur 4.

Des corrélations peuvent être effectuées dans les puits E et F en dessous du marqueur 0. De plus, en dessous du marqueur 4 et du toit de la Formation de Chaunoy un

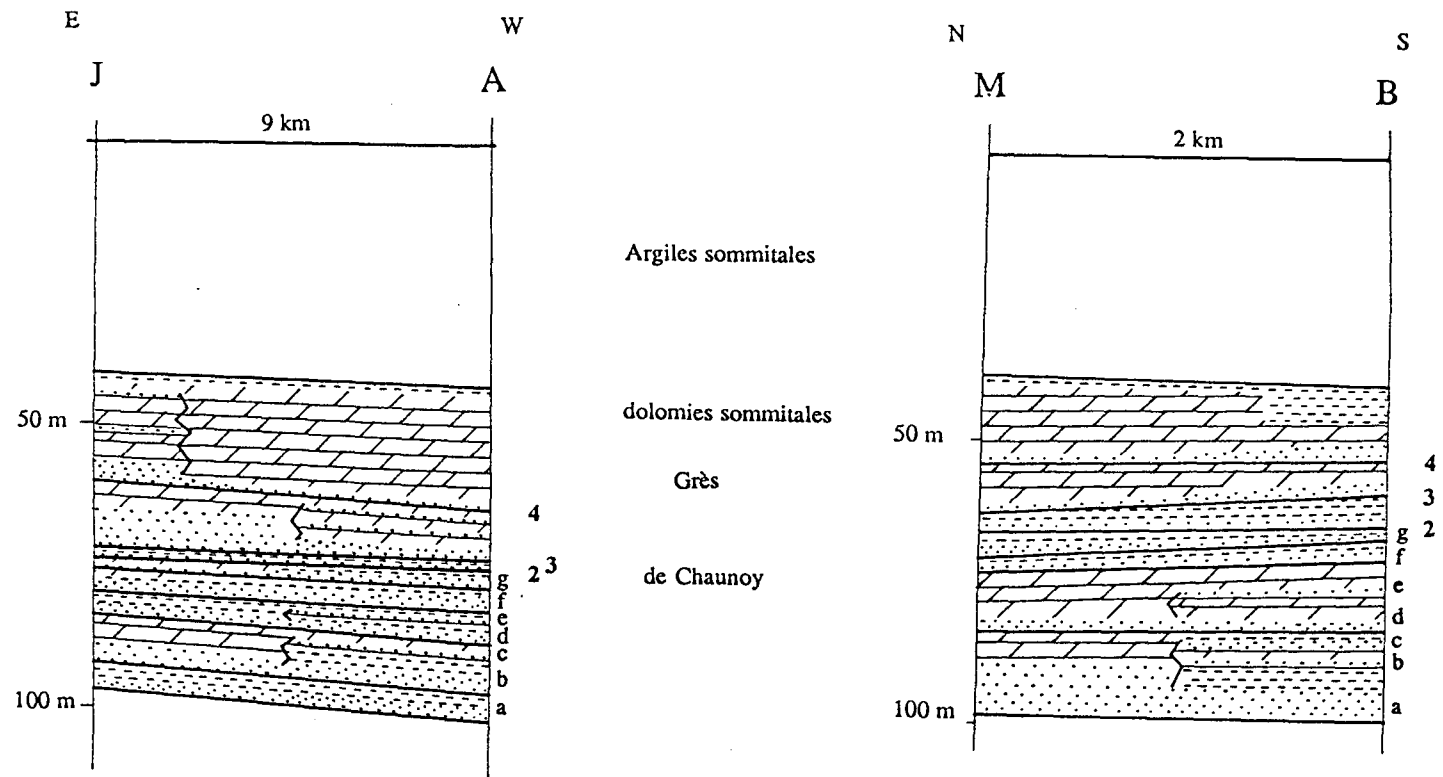


Figure V.20 : Coupe lithostratigraphique entre les sondages A-J et M-B.

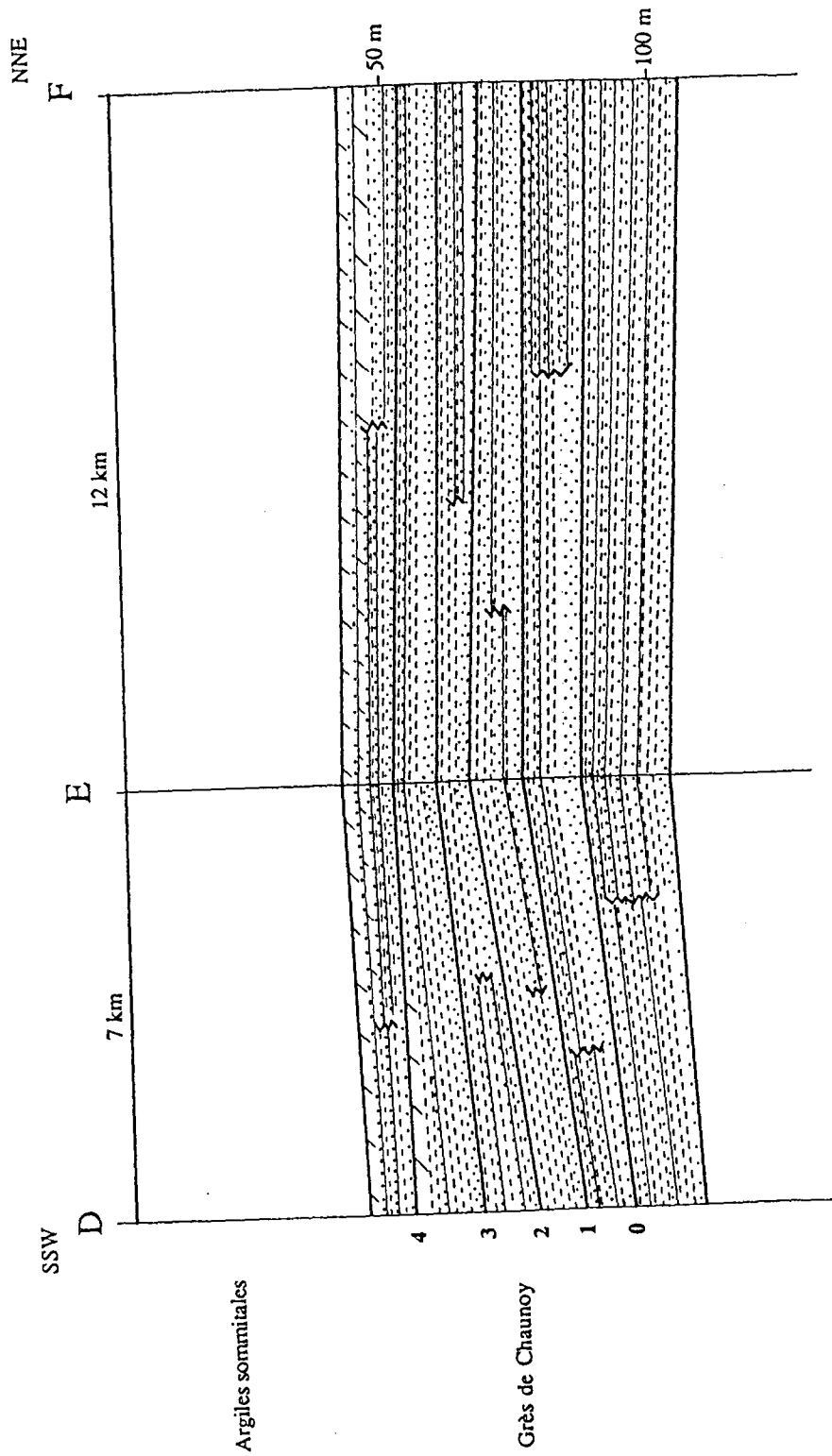


Figure V.21 : Coupe lithostratigraphique 3 : SSW-NNE.

niveau gréseux plus fin peut être corrélé entre les trois sondages. Les outils de pendagemétrie montrent des électroséquences positives ayant des épaisseurs variant de 1 m à 5,5 m.

V.3.3.5 - Coupe 4 : E-W et coupe 5 : NW-SE

Les sondages L, C et N permettent de corrélérer les coupes 1 et 2 avec la coupe 3. Ainsi, les marqueurs 2, 3 et 4 sont repérables d'une coupe à l'autre.

Dans ces trois forages, sous le marqueur 2, il est impossible de retrouver les électroséquences a à g observées dans les coupes 1 et 2. Cependant, le sondage L (puits le plus proche de la coupe 1) permet d'observer un regroupement des électroséquences a, b et c en une seule électroséquence grès-faciès dolomitiques (Fig. V.22 et Annexe A2.4), les grès étant très développés (l'outil SHDT montre plusieurs séquences granodécroissantes).

Le sondage C permet d'effectuer des corrélations avec la coupe 3 et ainsi de mettre en évidence les 5 marqueurs 0, 1, 2, 3 et 4 (Fig. V.22 et Annexe A2.4). Les faciès sont argileux sous le marqueur 2, alors qu'au-dessus, les faciès dolomitiques sont très développés, ce qui est tout à fait comparable à la situation rencontrée dans les sondages des coupes 1 et 2. Cependant, alors que dans les autres puits contenant les dolomies sommitales, celles-ci sont très poreuses (pouvant atteindre 20 % de porosité), dans ce sondage C, elles sont très faiblement poreuses, voire pas du tout, et sont cimentées par de la silice.

Le sondage N permet d'effectuer des corrélations entre les puits B et E (Annexe A2.5).

Le problème posé est de faire le lien entre les électroséquences a à g et les marqueurs 0 et 1. Les deux observations qui peuvent être faites sont les suivantes :

- les toits de c, de e et de f sont toujours bien représentés dans les sondages situés à l'Est de la coupe 1 (L et N) et ceux pouvant être corrélés avec les coupes 1 et 2 (puits J et M),
- les électroséquences situées immédiatement au-dessus des électroséquences c et e sont marquées par un banc gréseux plus important, notamment au niveau des sondages de la coupe 2, de M et de J.

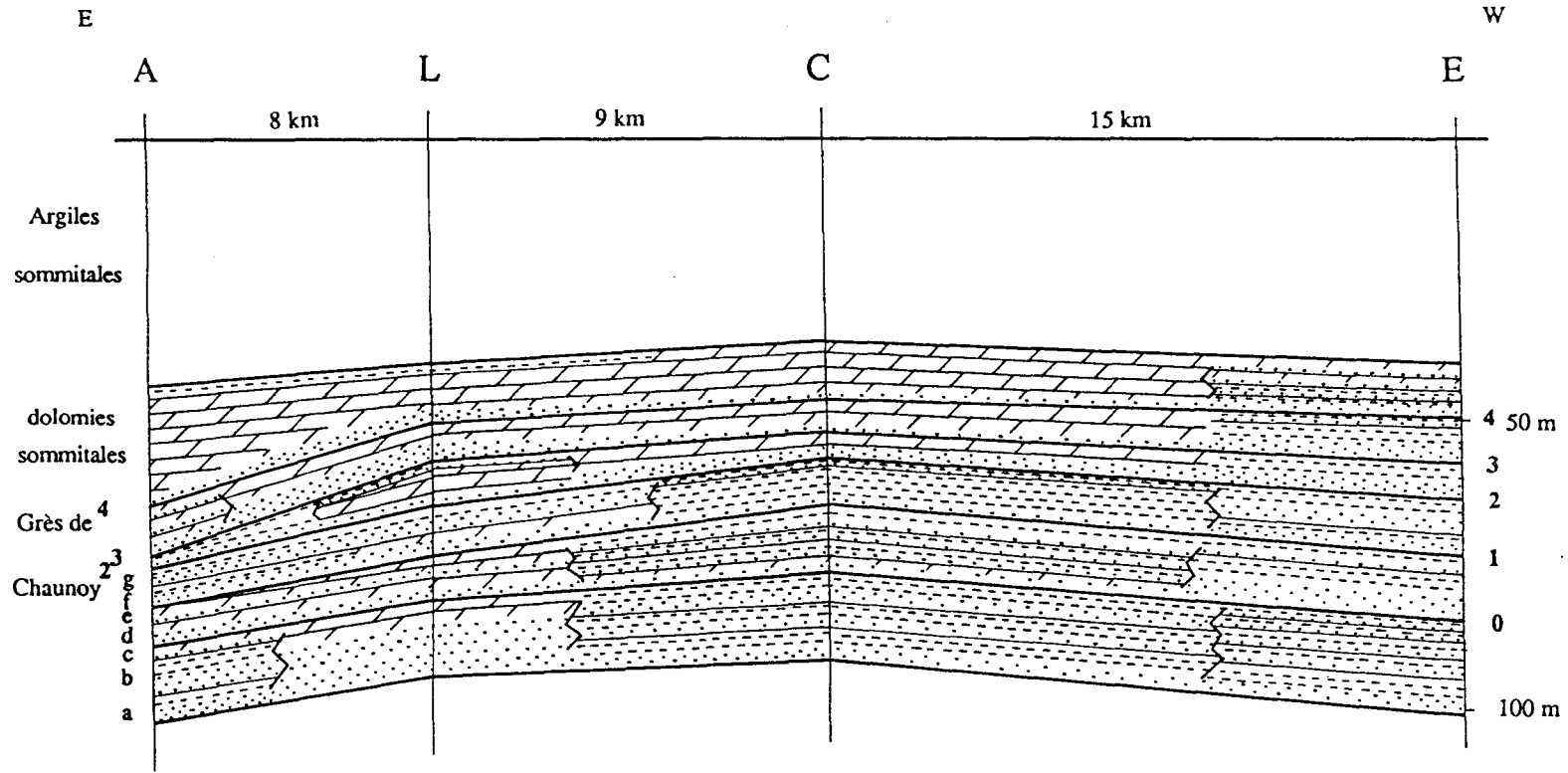


Figure V.22 : Coupe lithostratigraphique 4 : E-W.

Il est alors possible d'effectuer des corrélations montrant ainsi que le toit de c correspond au marqueur 0 et le toit de e correspond au marqueur 1.

Le sondage K (Annexe A1.2) pose un problème. En effet, la Formation de Chaunoy est ici très réduite en épaisseur alors qu'elle ne repose pas sur le socle. Les faciès observés sont très dolomitiques et les corrélations permettent de mettre en évidence les marqueurs 3 et 4. Ainsi, il est nécessaire de faire appel à l'existence d'une faille et deux hypothèses peuvent être émises :

- la faille traverse le sondage,
- présence de failles de part et d'autre du forage ayant joué après le dépôt du niveau enrichi en uranium mais avant le dépôt des Grès de Chaunoy.

Le sondage I ayant à peine dépassé le marqueur 3, il est impossible de décrire la Formation de Chaunoy dans ce puits.

Le sondage G, situé le plus au Nord-Est de la zone d'étude, présente des dépôts plus épais, où les marqueurs 0, 1, 2, 3 et 4 sont toujours observés (Annexe A1.11).

Le puits H est très gréseux et présente des pourcentages de grès, en dessous du marqueur 2, proches de ceux rencontrés dans les sondages A et 1. Seuls les marqueurs 1, 2, 3 et 4 sont visibles (Annexe A1.10).

V.3.4 - Interprétation

Le tableau V.1 récapitule la disposition des marqueurs rencontrés dans les différents sondages étudiés.

La continuité des corrélations observée à l'échelle de séquences positives (électroséquences visibles au niveau des outils "de base"), sous le marqueur 2, suivant un axe privilégié de 20 km orienté WSW-ENE (puits A, O et B), est tout à fait remarquable. Au-delà de cet axe, les corrélations ne sont plus possibles à l'échelle des séquences positives, seuls quelques marqueurs apparaissent, et ce même dans le cas de sondages comme M distant de moins de 5 km de B.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O			
4																4		
3																3		
2									?		Grès de Donnemarie					2		
g																		g
f																		f
1																		1
e																		e
d																d		
0																0		
c																c		
b																b		
a																a		

Tableau V.1 : Différents marqueurs rencontrés dans les sondages.

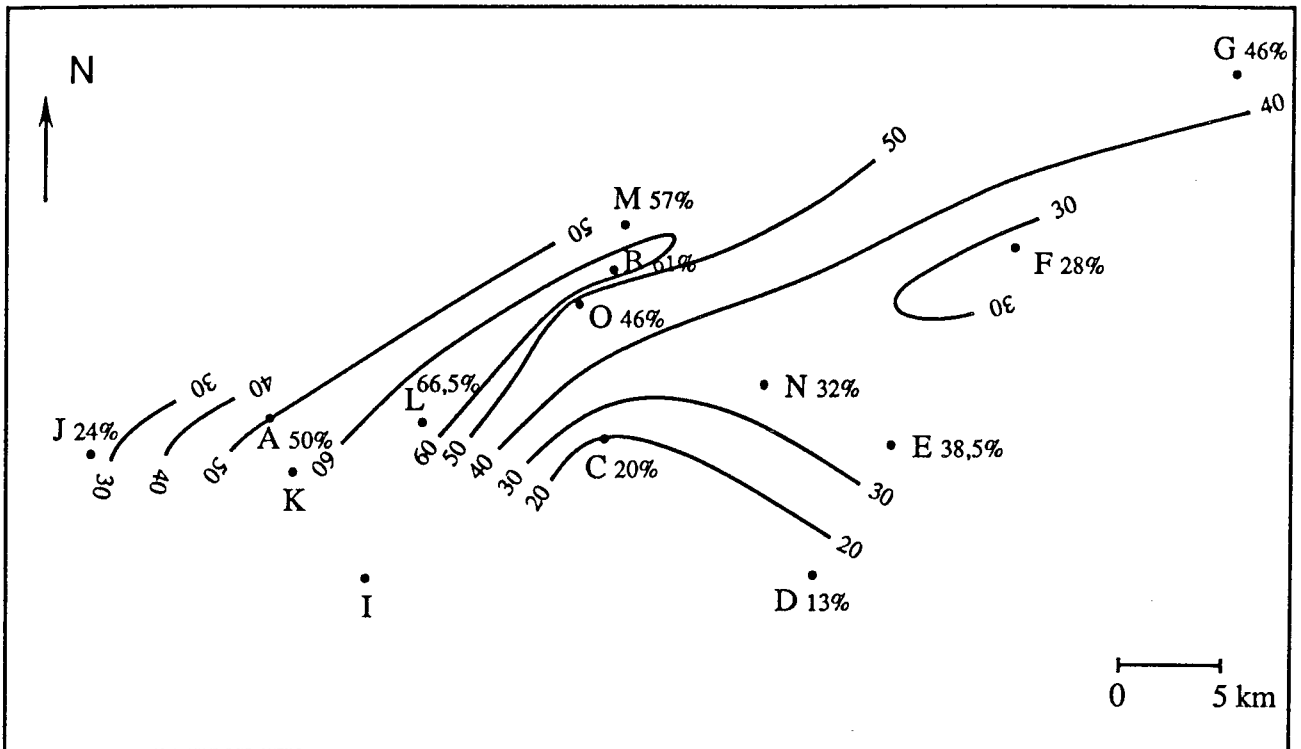
Après calcul des pourcentages et des épaisseurs cumulés de grès entre marqueurs successifs, des cartes en isopourcents et en isopaques ont été effectuées. Ces cartes montrent également la position des faciès dolomitiques. Ainsi, celles réalisées entre la base de la Formation de Chaunoy et les marqueurs 0, 1 et 2 (Fig. V.23 à V.25) permettent de mettre en évidence des pourcentages et des épaisseurs de grès décroissants de part et d'autre d'un axe A, L et O, B, M globalement orienté WSW-ENE. Entre les marqueurs 2-3 (Fig. V.26), les faciès gréseux sont très développés au niveau du puits E, pouvant ainsi indiquer un changement de direction d'apport du matériel terrigène. Les cartes isopourcents effectuées entre les marqueurs 3 et 4 (Fig. V.26) indiquent un maximum de grès situé suivant un axe globalement E-W. Entre le marqueur 4 et le toit des Grès de Chaunoy (Fig. V.27), les pourcentages de grès sont plus importants à l'Est de la zone d'étude, les faciès dolomitiques (dolomies sommitales) étant très développés à l'Ouest au détriment des faciès gréseux.

V.3.4.1 - Interprétation des faciès dolomitiques

L'aspect hétérogène des faciès dolomitiques ainsi que la présence de nodules dolomitiques au sein de faciès gréseux ou argileux (*cf.* par. IV.6.4) évoquent fortement des encroûtements de type pédologiques. Dans l'hypothèse d'une mise en place sous aquatique de ces dolomies (lacustre, palustre ou marine), on devrait observer leur développement sur des épaisseurs beaucoup plus grandes (ici, les dolomies massives n'excèdent pas 1,5 m), et leur extension latérale devrait être plus importante. Or, les faciès dolomitiques étudiés sont très localisés et se situent dans les sondages les plus occidentaux.

Des travaux récents (Spötl, 1991), à partir d'analyses géochimiques d'échantillons de dolomies prélevés au sein de carottes, ont montré une origine primaire et continentale pour les différents faciès dolomitiques (dolomies massives ou sous formes de nodules). Toutes ces dolomies possèdent les mêmes caractéristiques géochimiques et se sont formées à partir d'eau météoritique chargée en magnésium, sans influence marine.

A



B

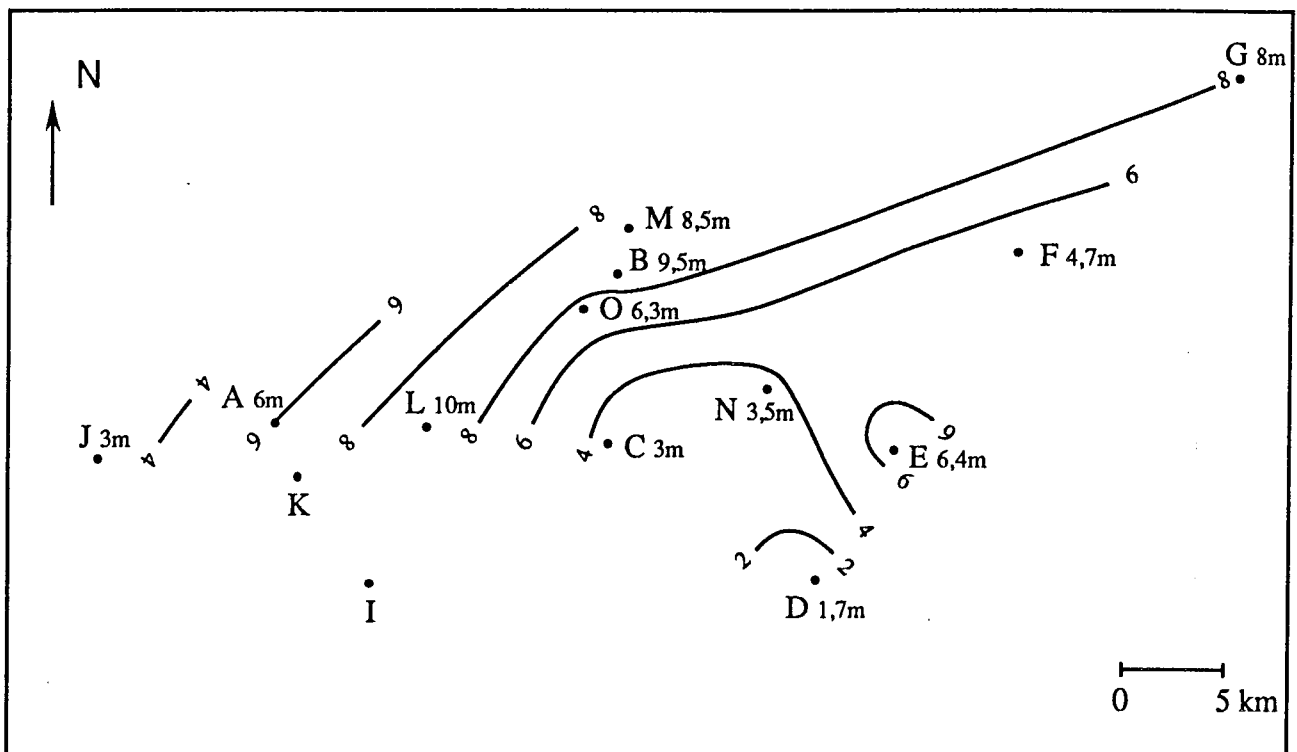
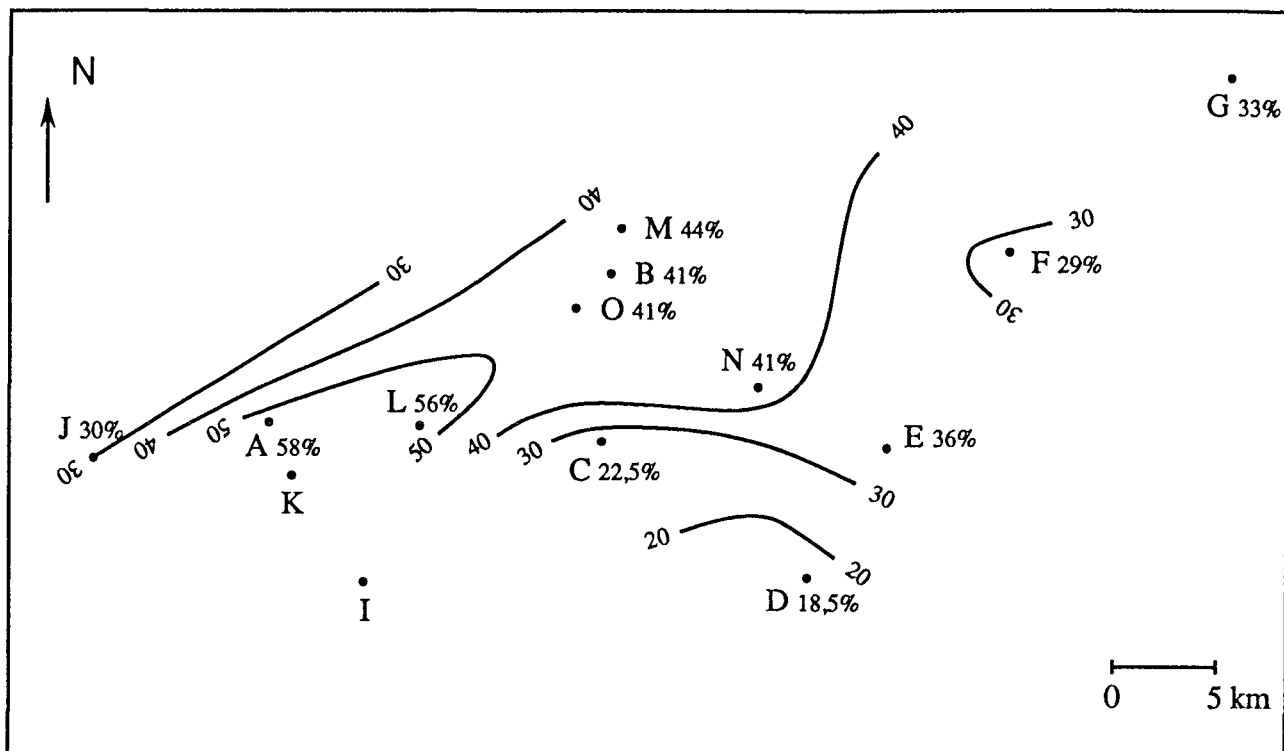


Figure V.23 : Cartes en isopourcents (A) et en isopaches (B) des faciès gréseux entre le socle et le marqueur 0.

A



B

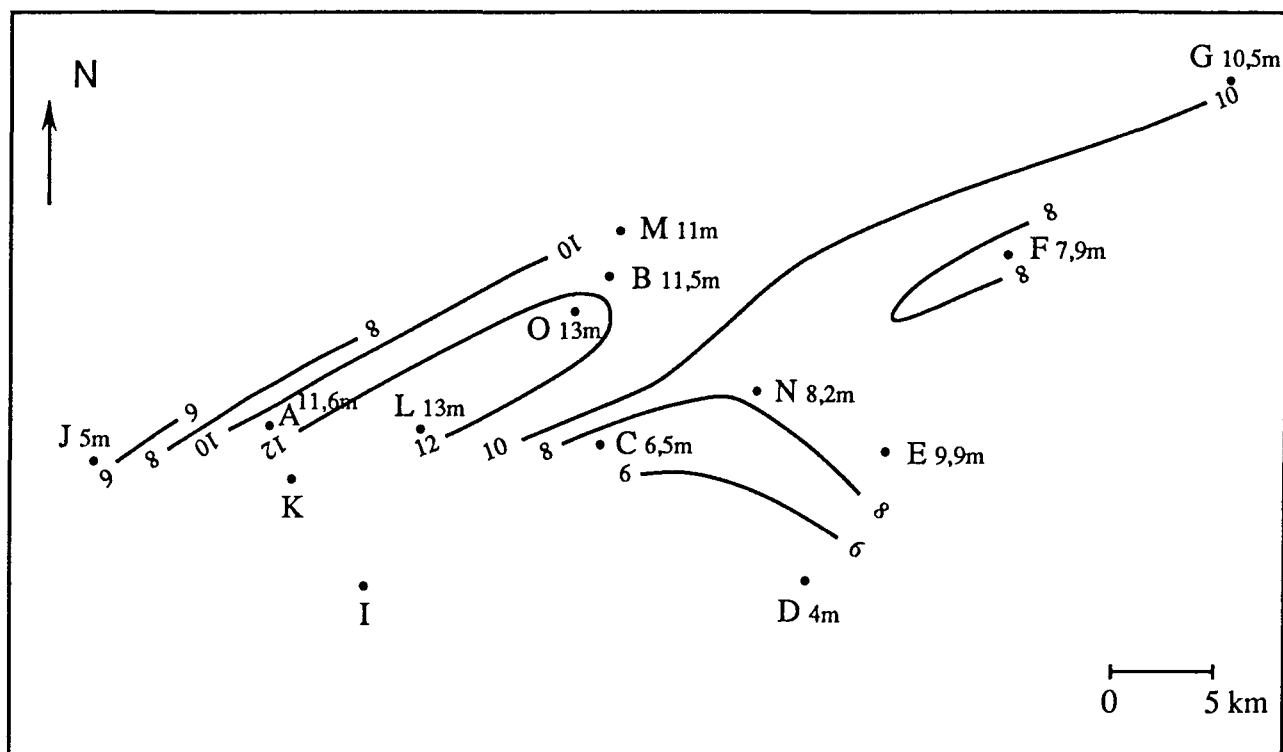
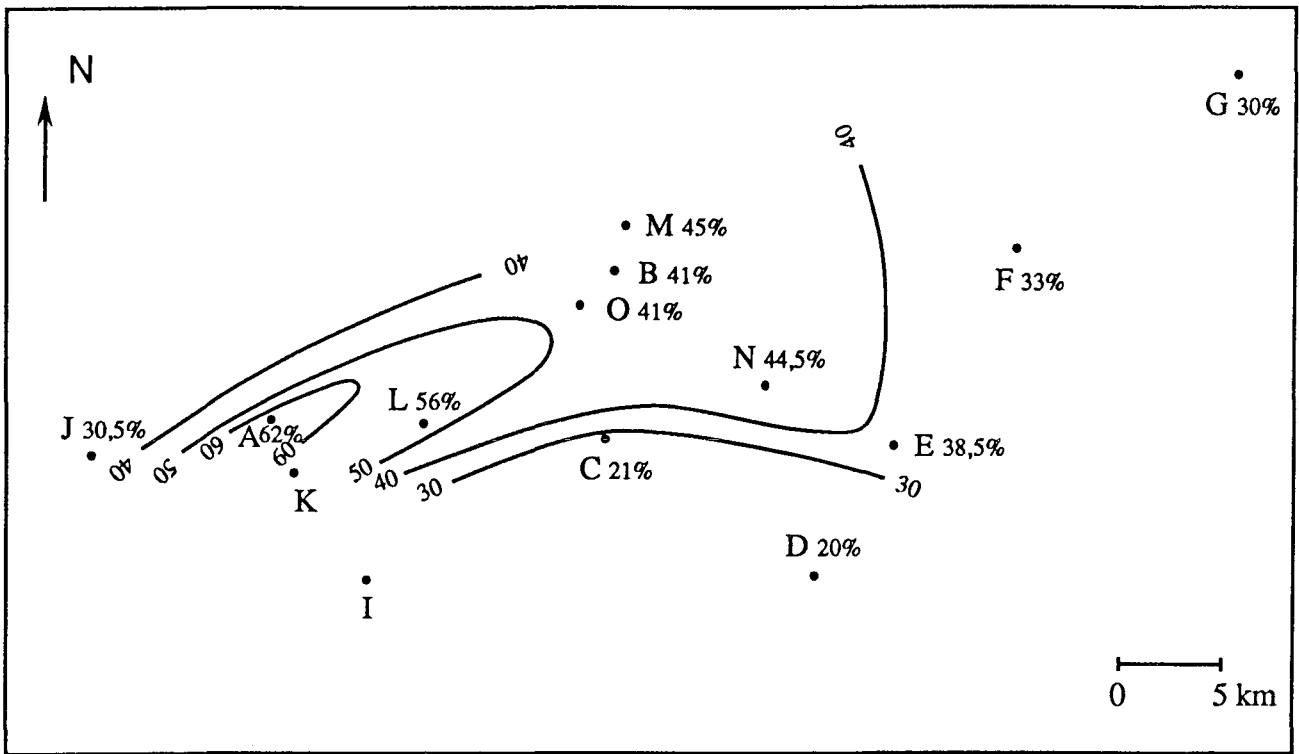


Figure V.24 : Cartes en isopourcents (A) et en isopaches (B) des faciès gréseux entre le socle et le marqueur 1.

A



B

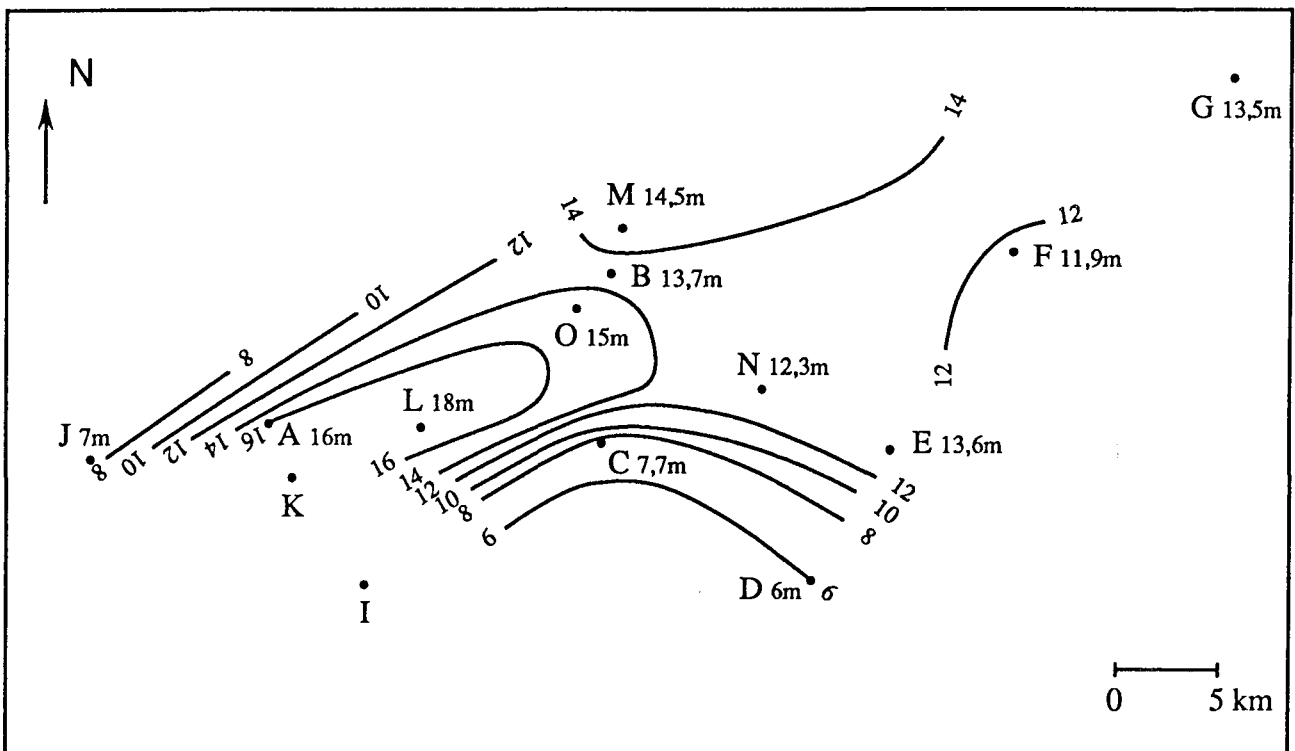
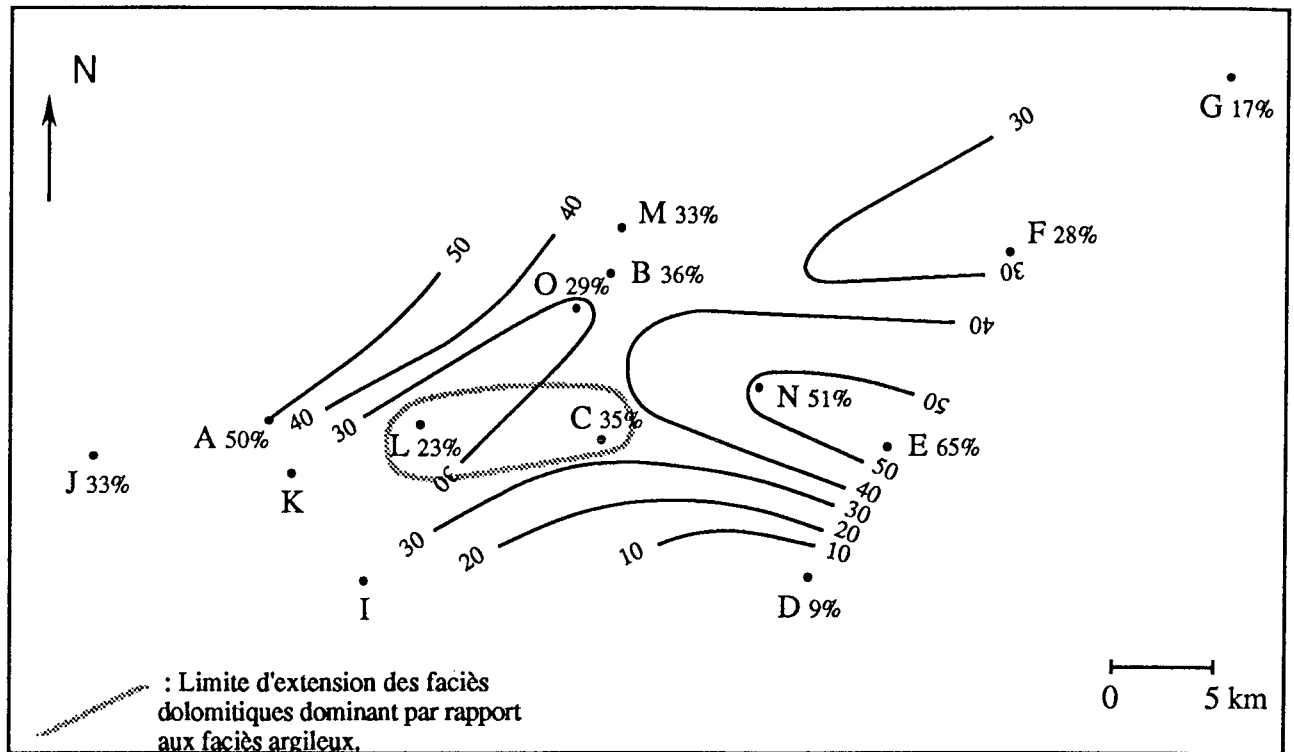


Figure V.25 : Cartes en isopourcents (A) et en isopaques (B) des faciès gréseux entre le socle et le marqueur 2.

A



B

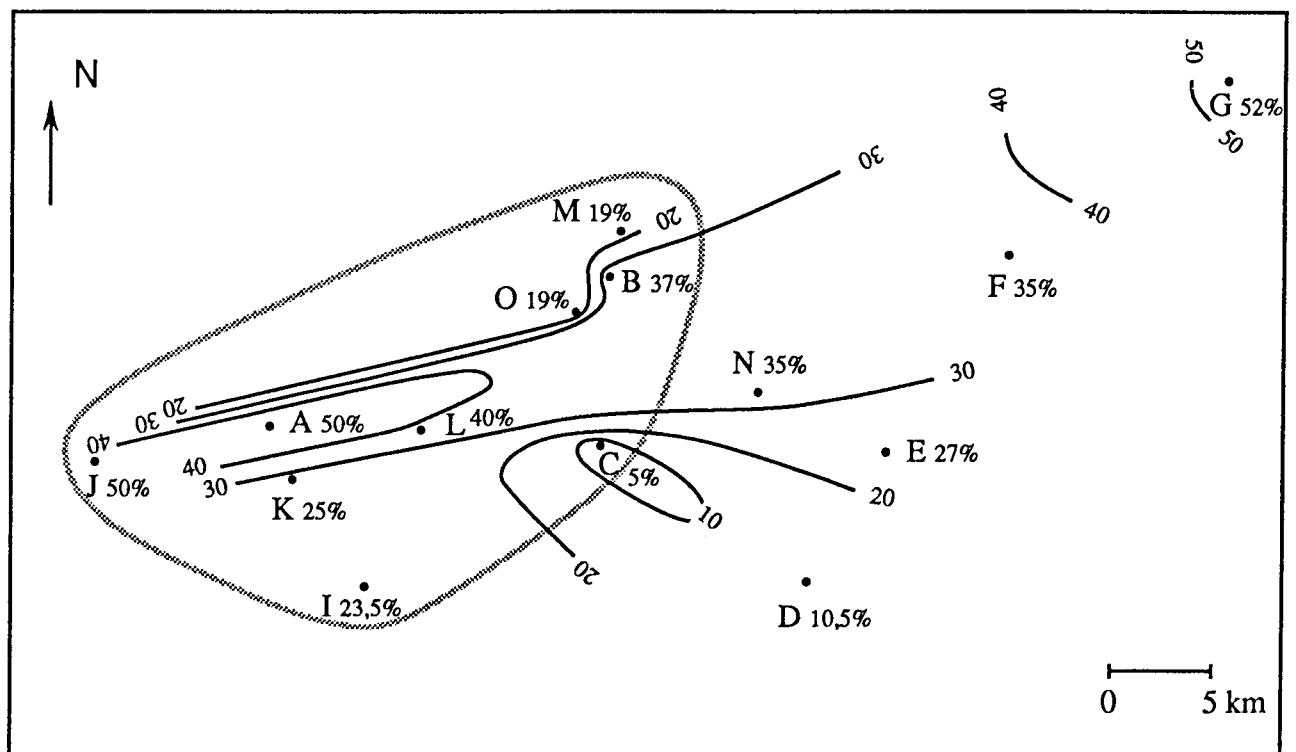


Figure V.26 : Cartes en isopourcents des facies gréseux entre les marqueurs 2-3 (A) et 3-4 (B).

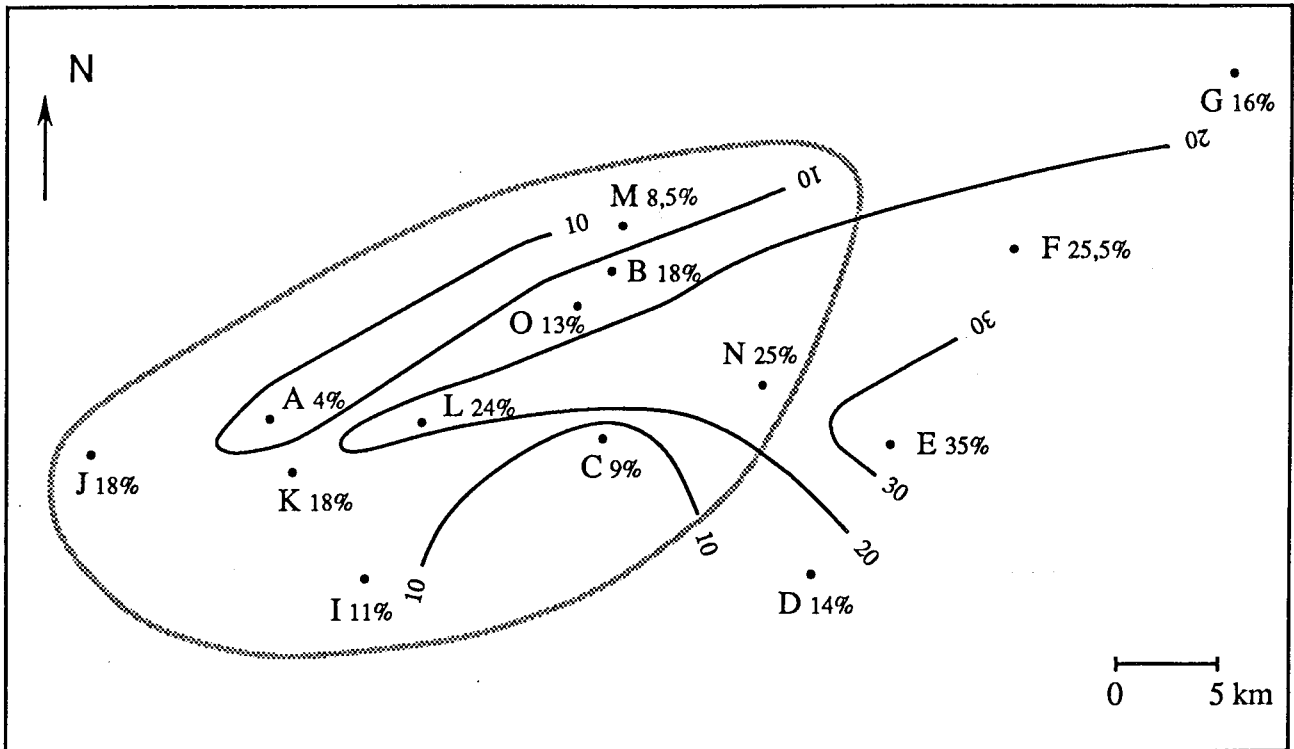


Figure V.27 : Cartes en isopourcents des faciès gréseux entre le marqueur 4 et le toit des Grès de Chaunoy.

De plus, aucun indice géochimique de dépôts lacustres n'y est relevé. Cet auteur distingue cependant deux types de dolomie au sein de la Formation de Chaunoy :

- les dolomies de paléosols, contenant de rares indices biologiques,
- les dolomies sommitales interprétées comme des dolocrètes dont la formation serait due à des circulations d'eau de nappe phréatique peu profonde, en bordure de chenaux fluviaux abandonnés. Cette interprétation serait justifiée par l'épaisseur de ces dépôts, l'absence de structures biologiques et la présence de conglomérats à ciment dolomitique en base de séquence, caractérisant ainsi des dépôts de chenaux.

Les faciès dolomitiques, essentiellement présents à l'Ouest où leur épaisseur peut atteindre 21 m, passent latéralement à l'Est à des dépôts plus argileux pouvant ne pas contenir de dolomie. Les faciès gréseux sont alors moins développés en épaisseur et moins conglomératiques.

Les différentes coupes étudiées montrent très bien les passages latéraux de faciès au niveau des dolomies sommitales. Il est ainsi possible de mettre en évidence, latéralement à ces dépôts très épais de dolomies, des équivalents gréseux s'inscrivant dans des séquences grès - faciès dolomitiques ou argileux. De plus, les zones d'électrofaciès correspondant aux dolomies sommitales ne se montrent pas homogènes de par leur réponse diagrapique. Elles présentent soit des pics de gamma-ray dus à la présence d'argiles, soit des diminutions de l'écartement des courbes RhoB, NPhi dues à la présence de grès. Les réponses de pendagemétrie sont hétérogènes (présence de nodules, de fissures...). Il est également possible, pour les sondages possédant des outils "haute résolution", de mettre en évidence des séquences positives grès-dolomies au sein de ces dolomies sommitales (puits M).

Les dolomies sommitales s'inscrivant dans une séquence positive grès-dolomies, les passages latéraux de faciès, ainsi que la présence d'intercalations argileuses et gréseuses sont autant d'arguments pour considérer ces dolomies comme génétiquement identiques à celles, généralement moins épaisses, présentes plus bas dans la formation. Il faut par ailleurs remarquer que ces dernières peuvent prendre localement, sous les marqueurs 2 et 4 notamment, un développement presque aussi important, et avec les mêmes caractéristiques physiques. De plus, si les dolocrètes en question relevaient de deux types distincts (dolomies de nappe et dolomies de paléosol), une distinction

isotopique serait possible (Fontes *et al.*, 1980), ce qui n'est pas le cas. Ainsi, l'hypothèse retenue est celle d'une formation pédologique de ces dolomies continentales.

Lorsque ces dolocrètes sont présents sur des épaisseurs importantes (jusqu'à 21 m), ils peuvent être interprétés comme le résultat de l'amalgamation de plusieurs paléosols successifs (Meyer, 1987). Les intercalations gréseuses ou argileuses qu'on y observe confirment cette hypothèse (Fig. V.28). D'autre part, le développement de sols sur des faciès conglomératiques, formant ainsi des cimentations carbonatées, n'a rien d'exceptionnel (Durand *et al.*, 1988). Quant à l'absence de traces biologiques au sein des dolomies sommitales, elle constitue un argument insuffisant pour conclure qu'il ne s'agit pas de paléosol. Les traces de ce type, déjà très peu nombreuses dans les paléosols sous-jacents, tendent toujours à s'effacer dans les croûtes bien évoluées, et des phases d'érosion ont pu les détruire ; de plus, les caractères pédologiques s'estompent progressivement sous l'effet de l'enfouissement (Meyer, 1987).

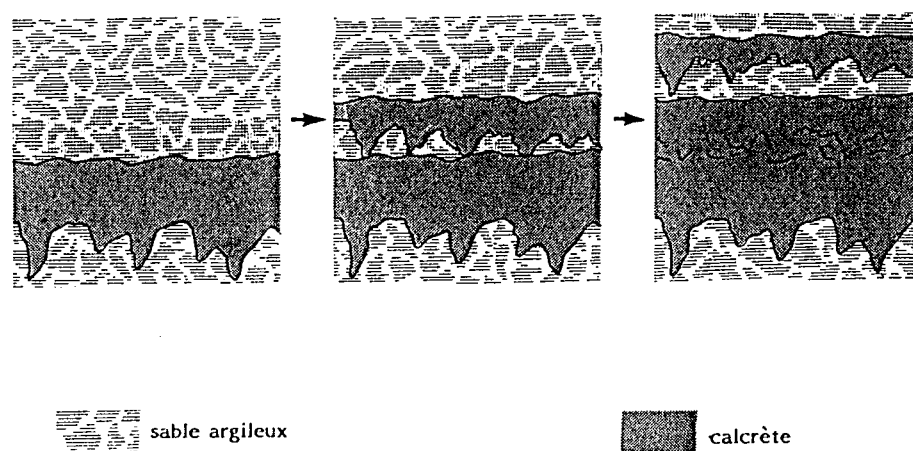


Figure V.28 : Encroûtements pédologiques : petites arrivées détritiques conduisant à un encroûtement dont l'épaisseur peut être considérable (d'après Meyer, 1987).

La présence de paléosols dolomitiques dus à des dolomitisations directes du matériel détritique sans stade calcaire préalable a déjà été mise en évidence au Trias, dans le Bassin germanique (Durand et Meyer, 1982 ; Leitz *et al.*, 1983)) ou sur la bordure ardéchoise (Spy-Anderson, 1980/1981). De plus des accumulations de dolocrètes, ou de calcrètes,

sur plusieurs mètres d'épaisseur, résultant de la superposition de plusieurs paléosols, sont connues (Pareyn et Aubry, 1980 ; Aubry, 1982 ; Allen, 1974). La signification géochimique de la fréquence de ces dépôts dolomitiques primaires à l'époque triasique reste problématique.

Dans la partie occidentale de la zone d'étude, les dolomies sommitales sont parfois très poreuses (puits A et sondages de la coupe 2) et possèdent alors des minéralisations particulières (blende, célestine, galène, pyrite). Ces paléosols auraient été karstifiés (Spötl, 1991), et ces minéralisations seraient dues à des circulations d'eaux sulfatées, postérieurement à la karstification. Dans les sondages situés plus à l'Est, ces faciès dolomitiques également karstifiés sont cimentés et ne possèdent pas de minéralisations particulières.

V.3.4.2 - Environnement de dépôt des Grès de Chaunoy

L'origine continentale des faciès dolomitiques conduit à envisager un environnement également continental pour le dépôt des matériaux terrigènes. La succession de séquences conglomérat-grès-dolocrites, de 2 à 9 m d'épaisseur, corrélables suivant un axe privilégié de 20 km de longueur, et la présence de marqueurs soulignant des arrivées détritiques plus importantes sur l'ensemble de la zone d'étude, s'accordent mal avec un modèle de dépôts fluviaux en tresse, anastomosés ou méandriques. L'environnement de dépôt le plus probable semble du type cône alluvial (Nilsen, 1982 ; Collinson, 1978). La nature peu conglomératique des faciès gréseux ainsi que la présence de séquences granodécroissantes indiqueraient des dépôts situés en partie médiane d'un cône alluvial.

Dans le cas d'un cône alluvial, les meilleures corrélations possibles s'effectuent suivant son axe, les faciès étant plus fins et les séquences moins épaisses latéralement (Fig. V.29). Dans l'axe du cône, une succession de plusieurs séquences granodécroissantes se traduit par des électrofaciès gréseux très épais. Latéralement, seules certaines arrivées gréseuses plus importantes sont marquées, et elles alternent avec des faciès argileux, voire des paléosols si la période d'émersion est suffisante. L'axe du cône envisagé ici serait ainsi orienté WSW-ENE. La quantité de grès plus importante à l'Ouest, ainsi que la présence de faciès gréseux plus conglomératiques et plus radioactifs (présence de minéraux lourds) montrent que les apports devaient provenir de l'WSW. Les périodes plus calmes de sédimentation en rapport avec un climat semi-aride, permettent le développement d'encroûtements carbonatés (Steel, 1974 ; Allen, 1974 ; Leeder, 1975), les faciès gréseux se développant en périodes plus humides. Les cinq marqueurs corrélables sur la partie Nord soulignent une arrivée de terrigène plus importante, marquée

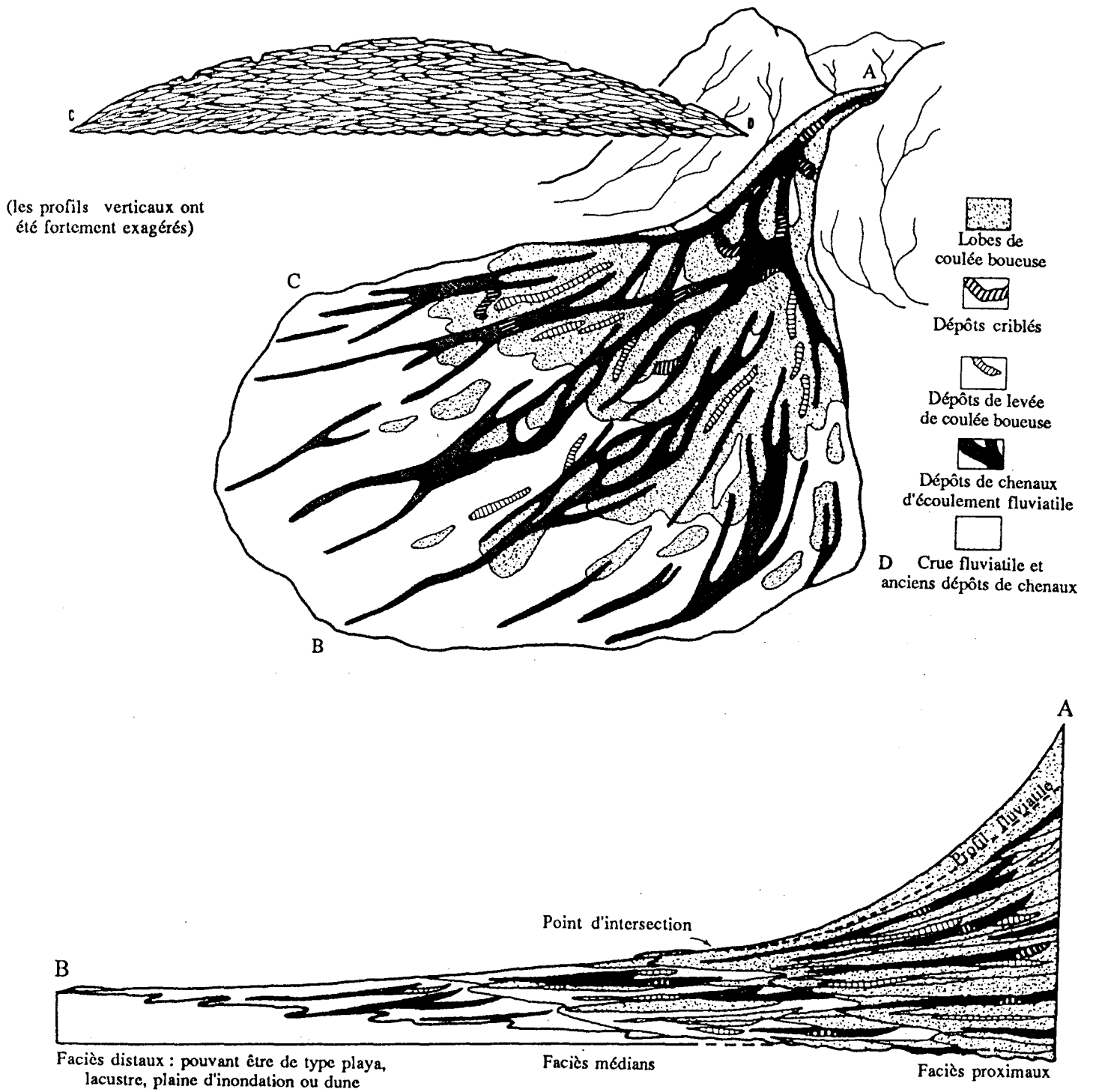


Figure V.29 : Géométrie des dépôts d'un cône alluvial (d'après Nilsen, 1982, modifiée).

sur l'ensemble de la zone d'étude. Au-dessus du marqueur 2, les corrélations au niveau des électroséquences ne sont plus visibles, ce qui indique probablement un changement de direction de l'axe du cône alluvial.

La direction d'apport dominante n'est certainement pas due au hasard : en effet, dans la partie occidentale du Bassin de Paris, les principaux accidents hercyniens du massif armoricain sont orientés globalement suivant deux directions, l'une WSW-ENE et l'autre NW-SE. La direction WSW-ENE se retrouve par ailleurs parfaitement dans l'orientation des grands cours d'eau actuels : la Loire, le Loir, la Seine, la Marne... (Fig. I.1 et I.2).

Le sondage H, très distant des autres vers le Sud, ne permet de retrouver que les quatre marqueurs principaux. Il n'est possible que de formuler des hypothèses quant à sa situation paléogéographique : il peut s'agir soit d'une expansion latérale du cône alluvial précédemment envisagé, soit d'un second cône alluvial ; les arrivées terrigènes plus importantes, correspondant aux marqueurs, peuvent être dues à des phénomènes climatiques généralisés sur une région.

Le sommet de la Formation de Chaunoy est caractérisé, dans tous les sondages étudiés, par un développement plus ou moins important de faciès dolomitiques attribués à des encroûtements d'origine pédologique, les unités épaisses résultant de l'amalgamation de plusieurs profils successifs. Cette évolution traduit un appauvrissement en matériel terrigène en relation avec un climat semi-aride permettant le développement des dolocrètes. Sur l'ensemble de la formation, les pourcentages de grès diminuent globalement de la base au sommet caractérisant ainsi une mégaséquence positive grès-paléosols.

V.4 - LES ARGILES SOMMITALES

Les corrélations sont très difficiles au sein de cette formation du fait de la présence de caves dans la plupart des sondages. De plus, tous les enregistrements diagraphiques n'atteignent pas le toit du Trias. Il est, cependant, possible d'effectuer une distinction entre deux ensembles (*cf.* par. IV.6.5). Le premier, reposant directement sur la formation des Grès de Chaunoy, est constitué de faciès gréseux présentant parfois des séquences grès-argiles dolomitiques (puits A, B, H, I, J, K, M, O, 1, 2, 3). Le second est parfois présent au sein de la zone cavée et est composé de faciès gréseux, pouvant avoir de fortes

porosités et montrant parfois des séquences grès-argiles (puits A, G, H, I, J, L, 1, 2, 3). Les argiles pouvant être observées dans les puits non cavés sont de nature dolomitico-gréseuse.

V.5 - ESSAIS DE CORRELATION AVEC L'EST DU BASSIN

Dans cette partie centre-ouest du Bassin de Paris, deux épisodes séparés par un niveau riche en uranium peuvent être distingués : le premier est constitué par les formations des Grès de Donnemarie et des Argiles intermédiaires et le second par la formation des Grès de Chaunoy. Ce niveau riche en uranium peut caractériser un intervalle condensé (*cf.* par.V.2.2) et devrait alors être un marqueur présent dans d'autres parties du bassin.

Le niveau enrichi en uranium devrait exister également à l'Est. En effet, le Bassin de Paris étant au Trias une vaste plate-forme sur laquelle la tranche d'eau "marine" était très peu épaisse, la surface de condensation devrait donc être marquée dans une grande partie du bassin. Des travaux en cours tentent de retrouver éventuellement ce niveau enrichi en uranium. Ainsi, plus à l'Est, dans l'axe d'arrivée de la transgression marine, sur deux sondages où la Dolomie de Beaumont est représentée, un niveau à très fort gamma-ray est observé à environ 15 m au-dessus de la Dolomie de Beaumont : il pourrait s'agir du niveau enrichi en uranium ; ces sondages étant anciens l'outil NGS* n'a pas été enregistré. Les faciès gréseux ou anhydritiques rencontrés sous le niveau enrichi en uranium, pourraient alors être les équivalents des argiles rouges à intercalation d'anhydrite ou de gypse, existant en Lorraine et en Champagne, à la base des Marnes irisées supérieures (Tab. Fig. I.3). La Dolomie de Beaumont pourrait être corrélée au faciès argilo-dolomitico-gréseux des Argiles intermédiaires, dont l'épaisseur est comparable : de 8 à 10 m.

Dans la partie orientale du Bassin germanique, un niveau carbonaté à faune marine de 30 cm ("Lehrberg Bänke") est présent au toit du Gipskeuper (Leitz, 1983). Ce niveau peut ainsi correspondre à un intervalle condensé. Il se situe au-dessus d'argiles rouges à anhydrite ou à gypse, pouvant être dolomitiques, et à environ 15 m du toit des Grès à roseaux qui est l'unité stratigraphique la mieux caractérisée du Bassin germanique. Dans cette partie orientale du bassin, la Dolomie de Beaumont n'est pas présente, mais ses équivalents latéraux se situent entre les "Lehrberg Bänke" et les Grès à roseaux. Plus à l'Est, tous ces dépôts passent progressivement à des faciès gréseux (Fig. V.30).

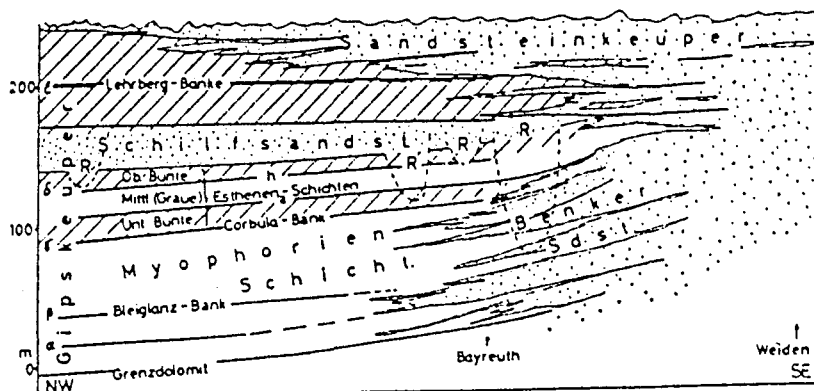


Figure V.30 : Profil du Keuper moyen dans la partie orientale de Bassin germanique (d'après Leitz et Schröder, 1985).

Ainsi, le niveau enrichi en uranium repéré dans la partie centre-ouest du Bassin de Paris, pourrait être corrélé avec les "Lehrberg Bänke", traduisant ainsi une transgression maximale de la ligne de rivage.

Le puits H, situé au Sud de la zone d'étude, montre le développement de faciès gréseux présentant parfois des séquences positives grès-argiles, en équivalent latéral des Argiles intermédiaires, juste en dessous des argiles dolomitico-gréseuses : il pourrait s'agir des Grès à roseaux.

Tous les faciès argileux (argiles à anhydrite ou argiles dolomitico-gréseuses) passent à l'Ouest à des faciès gréseux, ce qui semble assez comparable à la situation observée sur les bordures orientales du Bassin germanique où plus aucune distinction entre les différentes formations ne semble possible.

Les Grès de Chaunoy, interprétés comme des dépôts de type cône alluvial, montrent une évolution générale depuis des faciès gréseux vers des faciès dolomitiques. Sur l'ensemble de la zone d'étude quatre marqueurs peuvent être individualisés au sein de ces dépôts. Il serait maintenant nécessaire de poursuivre cette étude, afin de mettre en évidence l'extension de ces dépôts gréseux vers l'Est où ils passent à des faciès argileux (cf. par. I.2.3). Afin de réaliser des corrélations avec l'Est du bassin, il est nécessaire de

repérer les marqueurs existant sur l'ensemble du bassin. Dans le cadre d'un environnement uniquement continental, il est en effet impossible de reconnaître, pour l'instant, si ces marqueurs caractérisent uniquement la région étudiée ou ont une signification plus générale.

Actuellement, il est très difficile de relier les environnements continentaux aux fluctuations eustatiques. Certains auteurs considèrent que les dépôts fluviatiles se mettent en place en période de chute du niveau marin, pendant le cortège de haut niveau (Posamentier *et al.*, 1988 ; Posamentier et Vail, 1988, Vail *et al.*, à paraître), et d'autres comme mis en place en remontée du niveau marin, pendant le cortège transgressif (Van Wagoner *et al.*, 1990), la seconde hypothèse semblant plus reconnue actuellement par les sédimentologues (Miall, 1991). Les Grès de Chaunoy interprétés comme des dépôts de type cône alluvial se situent encore plus à l'amont des dépôts fluviatiles.

Au sein des Argiles sommitales, des arrivées terrigènes sont présentes uniquement à l'Ouest de la zone d'étude, mais il est impossible de caractériser ces dépôts ni d'effectuer des corrélations du fait de la présence de zones extrêmement cavées. Cependant deux ensembles gréseux (un à la base et l'autre au sein de la formation) séparés par un épisode argileux (zone cavée) peuvent être individualisés. Le second, limité à certains sondages à l'Ouest de la zone d'étude, est surmonté par des faciès argileux (zone cavée). Il peut s'agir de dépôts équivalents aux Grès rhétiens rencontrés dans la partie orientale du Bassin de Paris.

V.6 - CONCLUSION

L'analyse séquentielle et les corrélations effectuées à partir des diagraphies ont permis de mettre en évidence :

- la présence de trois sous-ensembles caractérisant une évolution générale de la base des Grès de Donnemarie au toit des Argiles intermédiaires, montrant le comblement progressif des paléotopographies du socle par des dépôts terrigènes et l'envoyage de ces dépôts par des argiles provenant du bassin (argiles à anhydrite caractérisées par des séquences de confinement argiles-anhydrites, puis argiles dolomitico-gréseuses), les dépôts situés à l'Ouest (dépôts les plus proches du continent) restant toujours gréseux,

- un environnement de dépôt semblant être de type cône alluvial pour les Grès de Chaunoy, montrant des développements de paléosols dolomitiques.

Ainsi, il a été possible de caractériser les environnements de dépôt des Grès de Chaunoy et de mettre en évidence des paléosols dolomitiques non signalés dans les travaux antérieurs (*cf. par. I.2.3*). De plus, les dolomies sommitales, déjà reconnues dans cette partie du Bassin de Paris (Courel *et al.*, 1980 ; Matray *et al.*, 1990), étaient jusqu'alors considérées comme des dépôts fondamentalement différents des Grès de Chaunoy. Cette étude a permis de montrer qu'elles appartenaient, par leur genèse, à la formation de Chaunoy.

Les environnements de dépôt de la formation des Grès de Donnemarie et de celle des Grès de Chaunoy sont différents. En effet, alors que des corrélations à l'échelle de l'électroséquence visible au niveau des outils "de base" ont pu être effectuées pour les Grès de Chaunoy, aucune corrélation entre les différents sondages n'est possible au sein des trois sous-ensembles reconnus dans les Grès de Donnemarie et les Argiles intermédiaires. Mais, parmi les sondages étudiés, le peu de forages contenant ces deux dernières formations et le manque d'informations précises (absence d'images microscanner, peu d'enregistrements de pendagemétrie et très peu de carottes) ne permettent pas d'émettre d'interprétations quant à leur environnement de dépôt.

Un niveau repère riche en uranium est présent au sommet des Argiles intermédiaires ou de leurs équivalents gréseux (puits situés à l'Ouest de la zone d'étude). Ce niveau riche en uranium peut correspondre à un intervalle condensé et ainsi être représentatif d'une transgression régionale maximale de la ligne de rivage. Il pourrait être équivalent au niveau à très fort gamma-ray, rencontré à environ 15 m au-dessus de la Dolomie de Beaumont, dans deux sondages situés plus à l'Est. Dans cette hypothèse, les argiles dolomitico-gréseuses pourraient être les équivalents latéraux de la Dolomie de Beaumont. Dans la partie orientale du Bassin germanique, les "Lehrberg Bänke" correspondraient peut-être à un intervalle condensé et pourraient être équivalents au dit niveau enrichi en uranium.

Dans les sondages situés les plus à l'Ouest (bordure occidentale du Bassin de Paris à cette époque triasique), seuls des faciès gréseux sont visibles et aucune distinction entre des argiles à anhydrite et des argiles dolomitico-gréseuses n'est possible.











Dans le puits situé le plus au Sud, les faciès gréseux observés en équivalent latéral des argiles à anhydrite, juste en dessous des argiles dolomitico-gréseuses, pourraient correspondre au Grès à roseaux.

Dans les travaux antérieurs (*cf.* par. I.2.3), le toit des Argiles intermédiaires était assimilé au toit de la Dolomie de Beaumont, les Grès de Chaunoy étaient attribués exclusivement aux Marnes irisées supérieures et les Argiles sommitales au Rhétien.












Actuellement, il est difficile de faire le lien entre les environnements de dépôt fluviatile et les variations eustatiques. Les Grès de Chaunoy étant interprétés comme des dépôts de type cône alluvial, il est nécessaire d'effectuer des corrélations avec l'Est du Bassin de Paris afin de reconnaître si les différents marqueurs reconnus caractérisent uniquement la région étudiée ou ont une signification plus générale.

Les grès rencontrés en partie sommitale des Argiles sommitales pourraient correspondre aux Grès rhétiens.

A

	Conglomerats
	Grès
	Dolomies
	Nodules dolomitiques
	Argiles dolomitiques
	Argiles gréseuses
	Argiles grésido-dolomitiques
	Grès argileux
	Grès argilo-dolomitiques
	Anhydrites

B

	Grès
	Grès dolomitiques
	Grès siliceux
	Grès anhydritiques
	Grès argileux
	Dolomies
	Dolomies gréseuses
	Argiles gréseuses
	Argiles dolomitiques
	Argiles dolomitico-gréseuses
	Argiles à anhydrite

Annexe : Légende des différents figurés employés pour les colonnes faciologiques (A) et les différentes corrélations diagraphiques (B).

CONCLUSION

L'analyse facio-séquentielle en matrice complexe, effectuée sur quinze sondages de la partie centre-ouest du Bassin de Paris, a permis de préciser les différents faciès rencontrés ainsi que leur agencement séquentiel, afin de contribuer à la reconstitution des environnements de dépôt triasique des trois formations étudiées (Grès de Donnemarie, Argiles intermédiaires et Grès de Chaunoy).

Cette méthodologie d'analyse, effectuée dans un premier temps manuellement sur six sondages, a conduit à définir douze lithologies variant entre trois pôles minéralogiques principaux : grès, argiles, dolomie, auxquels s'ajoute parfois l'anhydrite. La radioactivité du matériel gréseux est très élevée et est même parfois supérieure à celle de faciès argileux. Cette radioactivité est due à la présence de feldspaths potassiques, bien mise en évidence au sein des différents diagrammes étudiés, de minéraux lourds thorifères et uranifères, visibles à partir de l'outil géochimique NGS*, et de niveaux conglomératiques contenant des galets de socle très radioactif. Etant donné la fiabilité des résultats, révélée par comparaison avec les analyses de carottes, un traitement semi-automatique des données avec FACILOG (logiciel Elf Aquitaine) a été réalisé sur treize sondages afin de constituer des colonnes lithologiques automatiques. Vingt deux lithologies ont ainsi été déterminées. La validité de ce modèle a été établie après confrontation avec les colonnes lithologiques issues de l'analyse des carottes.

Les différentes lithologies ont d'abord été définies à partir des outils ayant des pouvoirs de résolution verticale de 30 à 50 cm (outils de mesures de la densité, de la porosité neutron, de la radioactivité naturelle totale...). En vue d'une analyse séquentielle, elles ont ensuite été affinées en termes de texture et de structure grâce aux outils "haute résolution". Il a été alors possible de reconstituer des colonnes faciologiques prenant en compte la texture et la structure des différents faciès.

Dans une seconde étape, l'agencement séquentiel des faciès a été défini au niveau de chaque puits, permettant de visualiser des électroséquences de l'ordre de quelques centimètres. Les corrélations ainsi effectuées entre les différents sondages, ont permis de repérer les différents marqueurs présents au sein de chaque formation. Ainsi, après avoir caractérisé les différents faciès tant du point de vue lithologique que textural et structural, déterminé l'agencement séquentiel de ceux-ci et après avoir réalisé les corrélations entre les différents sondages, les environnements de dépôt ont pu être caractérisés.

Cette analyse facio-séquentielle par diagraphie a permis de mettre en évidence :

- la présence de trois sous-ensembles, montrant une évolution générale de la base des **Grès de Donnemarie** au toit des **Argiles intermédiaires**,
- un environnement de dépôt de type cône alluvial pour les **Grès de Chaunoy**.

La limite supérieure des Grès de Chaunoy a été déterminée grâce aux courbes de pendagemétrie. Le toit du Trias a pu être mis parfaitement en évidence grâce au Pef (Pef étant de 3 b/e au Trias et de 4 ou 5 b/e au Lias) et aux courbes de pendagemétrie (alternances de bancs plus ou moins résistants à partir du Lias).

Du conglomérat basal présent à base des **Grès de Donnemarie** au toit des **Argiles intermédiaires**, l'évolution générale se traduit par la disparition progressive du caractère conglomératique et par un développement de plus en plus important des faciès argileux formant la partie sommitale de chaque sous-ensemble. L'une ou l'autre de ces formations repose directement sur le socle et marque le début de la sédimentation triasique dans cette partie centre-ouest du Bassin de Paris. Ainsi, le comblement progressif des paléotopographies du socle par les dépôts gréseux et l'ennoyage progressif de ces dépôts par des argiles provenant du bassin sont observés.

Les deux premiers sous-ensembles caractérisent deux mésoséquences positives grès-argiles, la première étant très conglomératique (conglomérat basal) et reposant directement sur le socle. Dans le troisième sous-ensemble, un développement très important des faciès argileux en partie sommitale est observé (Argiles intermédiaires). Ces argiles peuvent être divisées en deux sous-zones. Une première sous-zone constituée d'argiles à anhydrite montre des séquences de confinement argiles-anhydrites, et évolue vers une seconde sous-zone constituée d'argiles dolomitico-gréseuses. Latéralement à l'Ouest, ces dépôts argileux font place à des dépôts gréseux, et aucune distinction n'a été alors possible entre des faciès argilo-anhydritiques et argilo-dolomitiques.

Une distinction peut être faite au niveau de l'agencement séquentiel observé dans les différents sous-ensembles. Ainsi, alors qu'aucune électroséquence positive autre que granodécroissante n'a été observée dans les deux premières mésoséquences et dans la zone gréseuse de la base du troisième sous-ensemble, les faciès gréseux en équivalents latéraux des Argiles intermédiaires peuvent présenter des séquences grès-argiles et montrent parfois le développement de faciès dolomitiques. Ces observations sont à mettre en relation avec un changement de milieu de dépôt. Mais, le faible nombre de sondages ayant traversé ces différents faciès et le manque d'informations précises (absence

d'images microscanner, peu d'enregistrements de pendagemétrie et très peu de carottes), ne permettent pas d'émettre d'interprétations quant à l'environnement de dépôt.

Le toit du troisième sous-ensemble est toujours marqué par un niveau enrichi en uranium très bien visible par diagraphies. Ce niveau pourrait caractériser un intervalle condensé et ainsi être représentatif d'une transgression régionale maximale de la ligne de rivage. Le Bassin de Paris étant au Trias une vaste plate-forme, cet intervalle condensé devrait alors également être marqué plus à l'Est. Des travaux en cours ont permis d'observer sur deux sondages situés plus à l'Est, dans l'axe d'arrivée de la transgression marine, un niveau à très fort gamma-ray au-dessus de la Dolomie de Beaumont. Dans l'hypothèse où ce pic de radioactivité est à corrélérer avec le niveau enrichi en uranium, les argiles dolomitico-gréseuses seraient les équivalents latéraux de la Dolomie de Beaumont. De plus, dans la partie orientale du Bassin germanique les "Lehrberg Bänke" pourraient correspondre à un intervalle condensé et pourraient être équivalent au niveau enrichi en uranium.

Dans le puits situé le plus au Sud, les faciès gréseux observés en équivalent latéral des argiles à anhydrite, juste en dessous des argiles dolomitico-gréseuses, pourraient correspondre au Grès à roseaux.

Cependant, au sein des deux premiers sous-ensembles, aucun niveau repère n'a été reconnu afin d'effectuer d'éventuelles corrélations avec l'Est du Bassin de Paris. Ils sont actuellement attribués entièrement au Keuper.

Les **Grès de Chaunoy** sont caractérisés par des séquences conglomérat-grès-faciès dolomitiques ou argileux. Les faciès dolomitiques, essentiellement présents à l'Ouest de la zone d'étude, passent latéralement à l'Est à des dépôts plus argileux pouvant ne pas contenir de dolomie. A l'Ouest, au sommet de la formation, ils peuvent être très développés, atteignant parfois 21 m (dolomies sommitales). L'outil FMS* mis en œuvre pour deux sondages précise que tous les faciès dolomitiques, qu'ils soient très développés ou non, sont bréchoïdes : ils peuvent être constitués de nodules dolomitiques réunis par une matrice argileuse ou gréseuse, présenter des microfissures, et/ou contenir des fissures ou des poches remplies d'argiles ou de grès ; ils présentent parfois des intercalations gréseuses ou des lamines plus argileuses. Dans le cas où les faciès dolomitiques sont très développés, des niveaux de dolomies massives ne sont observés que sur des épaisseurs inférieures ou égales à 1,5 m. Les faciès argileux contiennent très fréquemment des nodules dolomitiques.

Tous ces faciès dolomitiques ont été interprétés comme des encroûtements de type pédologique. Lorsque ces dolocrètes sont présents sur des épaisseurs importantes, ils résulteraient de l'amalgamation de plusieurs paléosols successifs. Les intercalations gréseuses ou argileuses qu'on y observe confirment cette hypothèse.

Il a été possible de mettre en évidence au sein de la Formation de Chaunoy cinq marqueurs (notés de 0 à 4) correspondant à la base d'un banc gréseux particulièrement épais, caractérisant ainsi une arrivée de terrigène plus importante. Cependant, à l'Ouest de la zone d'étude, sous le marqueur 2, il est possible d'observer sept séquences conglomérat-grès-dolocrètes, de 2 à 9 m d'épaisseur, corrélables suivant un axe privilégié d'environ 20 km orienté WSW-ENE. Pour le sondage situé le plus au Sud, uniquement quatre marqueurs (1 à 4) sont repérables.

L'origine continentale des faciès dolomitiques conduit à envisager un environnement également continental pour le dépôt des matériaux terrigènes. L'environnement de dépôt le plus probable du fait des corrélations possibles, semble du type cône alluvial. L'axe du cône envisagé serait ainsi orienté WSW-ENE. La quantité de grès plus importante à l'Ouest, ainsi que la présence de faciès gréseux plus conglomératiques et plus radioactifs (présence de minéraux lourds) montrent que les apports devaient provenir de l'WSW. Sur l'ensemble de la formation de Chaunoy, les pourcentages de grès diminuent globalement de la base au sommet de la formation et les paléosols dolomitiques sont plus développés, traduisant ainsi une mégaséquence positive grès-paléosols.

Les corrélations sont très difficiles au sein des Argiles sommitales du fait de la présence de caves dans la plupart des sondages. Cependant deux ensembles gréseux (un à la base et l'autre au sein de la formation) séparés par un épisode argileux (zone cavée) peuvent être individualisés. Le second, limité à certains sondages à l'Ouest de la zone d'étude, est surmonté par des faciès argileux (zone cavée). Il peut s'agir de dépôts équivalents aux Grès rhétiens rencontrés dans la partie orientale du Bassin de Paris.

Il serait maintenant intéressant de développer cette étude, afin de mettre en évidence la géométrie des corps gréseux de la Formation de Chaunoy, et leur extension vers l'Est où ils passent à des faciès argileux. Afin de réaliser des corrélations avec l'Est et tenter de relier ces environnements de dépôt purement continentaux aux fluctuations eustatiques, il est nécessaire de repérer les marqueurs existant sur l'ensemble du bassin. Les objectifs futurs de ce travail sont également d'effectuer des corrélations avec l'Est du Bassin de Paris afin de confirmer les hypothèses faites quant au niveau enrichi en uranium situé au toit des Argiles intermédiaires.

BIBLIOGRAPHIE

- ALLEN J. R. L. (1974) - Studies in fluvial sedimentation : implications of pedogenic carbonate units, Lower Old Red Sandstone, Anglo-Welsh outcrop. *Geol. J.*, **9**, 2, pp. 181-208.
- ANXIONNAZ H., DELFINER P. and DELHOMME J. P. (1990) - Computer generated corelike descriptions from open hole logs. *Bull. A.A.P.G.*, **74**, 4, pp. 375-393, 15 fig., 4 tab.
- AUBRY J. (1982) - Formations permienes et triasiques du Bassin de Carentan : quelques aspects de la distinction entre les deux formations. Doctorat 3^{ème} cycle, Université de Caen.
- AUGIER C. (1979) - Diagraphies et matrices complexes. Première partie : analyses faciologiques. Rapport Interne Elf Aquitaine.
- AUGIER C. (1980) - Diagraphies et matrices complexes. *Bull. Centres Rech. Explor.-Prod. Elf-Aquitaine*, **4**, 1, pp. 143-177.
- AUGIER C. (1981) - Diagraphies et matrices complexes. Deuxième partie : analyses séquentielles, corrélations, synthèses diagraphiques. Rapport Interne Elf Aquitaine.
- AUTRAN A., DEBEGLIA N., DONSIMONI M., FEYS R. et GREBER C. (1980) - Socle du Bassin. In : MEGNIEN C., Synthèse géologique du Bassin de Paris. *Mém. B.R.G.M.*, 101, 102 et 103, pp. 17-36.
- BEAUDOIN B., PURSER B. et SERRA O. (1986) - Comparaison des images MEST avec les carottes sur le sondage de Crouy-sur-Ourcq CP-26 GDF-3. Schlumberger, 96 p.
- BERGER P. and ROESTENBURG J. (1989) - High resolution in situ geochemical and image analysis applied to a well in the south China Sea. *S.P.W.L.A., 12th International Formation Evaluation Symposium*, Paris, 24-27 octobre, pap. N, 16 p., 7 fig.
- BOURQUIN S. (1988) - Diagraphies et sédimentologie : analyse facio-séquentielle du message diagraphique dans les formations du Trias et du Jurassique du Sud-Est du bassin de Paris. D.E.A "Sédimentologie et Paléontologie", Université de Bourgogne, Dijon et Université de Nancy, 33 p., 21 fig.(inédit).
- BOURQUIN S. (1991) - Analyse lithologique par diagraphie des faciès du Trias de l'Ouest du Bassin de Paris. Rapport interne Elf Aquitaine.
- BOURQUIN S., MATHIS B., CLERMONTTE J., DIDELOT B., DURAND M., GHANEM-ALKHADDOUR G. et LE ROUX J. (1990) - Diagraphies et analyse facio-séquentielle : approche méthodologique et exemples d'applications dans le Bassin parisien et le Fossé rhénan. *Bull. Soc. Géol. France*, **8**, VI, n° 4, pp. 693-707, 13 fig.

- BÜSCHER M. (1989) - Formation MicroScanner : a direct comparison of 2-pad vs 4-pad tool. *S.P.W.L.A., 12th International Formation Evaluation Symposium*, Paris, 24-27 octobre, pap. O, 10 p., 6 fig.
- COLLINSON J. D. (1978) - Alluvial sediments. *In* : READING H. G., *Sedimentary environments and faciès*. Blackwell Scientific Publications, pp. 15-60, 54 fig.
- COLOMBANI P. (1988) - Application de la spectrométrie nucléaire à l'évaluation géochimique des formations. *Pétrole et Technique*, n° 344, 20 p., 19 fig.
- COUREL L., DURAND M., MAGET P., MAIAUX C., MENILLET F. et PAREYN C. (1980) - Trias. *In* : MEGNIEN C., *Synthèse géologique du Bassin de Paris. Mém. B.R.G.M.*, 101, 102 et 103, pp. 37-74.
- COUREL L., ADLOFF M. C., DOUBINGER J. et LACOMBE P. (1990) - La transgression triasique en France centrale : témoin d'un haut niveau marin ladinien ; données nouvelles du sondage de Sancerre-Couy (Cher - France). *Bull. Soc. Géol. France*, 8, VI, n° 5, pp. 723-729, 3 fig.
- CURIAL A. (1987) - La sédimentation salifère et suprasalifère du paléogène Bressan (France) : comparaison entre les données diagraphiques et lithologiques - Etude diagraphique du champ d'Etrez et synthèse du bassin. Thèse Univ. Cl. Bernard, Lyon I, 251 p.
- DEBELMAS J. (1986) - L'héritage Hercynien à l'origine des grands bassins sédimentaires Français. *Bull. Centres Rech. Explor.-Prod. Elf-Aquitaine*, 10, 1, pp. 151-161, 6 fig.
- DELFINER P. C., PEYRET O. and SERRA O. (1984) - Automatic determination of lithology from well logs. *SPE of AIME, 59th Annual Technical Conference and Exhibition*, Houston, pap. SPE 13290, 8 p.
- DELHOMME J. P. and SERRA O. (1984) - Dipmeter-derived logs from sedimentological analysis. *S.P.W.L.A., 9th Colloque International de Diagraphies*, communication n° 50, Paris, octobre, 15 p.
- DELHOMME J. P., PILENKO T., CHERUVIER E. and CULL R. (1988) - Reservoir applications of dipmeter logs. *J. Petroleum Technology*, février, pp. 180-186, 7 fig.
- DUBOIS P. et UMBACH P. (1974) - A propos du Trias de deux bassins sédimentaires français : le Bassin de Paris et le Bassin du Sud-Est. *Bull. Soc. Géol. France*, 7, XVI, n° 6, pp. 796-707, 7 fig.
- DURAND M. (1978) - Paléocourants et reconstitution paléogéographique. L'exemple du Buntsandstein des Vosges méridionales (Trias inférieur et moyen continental). Thèse 3^{ème} cycle, Univ. Nancy I, 88 p., 49 fig., 2 tab.
- DURAND M. et MEYER R. (1982) - Silicifications (silcrètes) et évaporites dans la Zone-limite violette du Trias inférieur de Lorraine. Comparaison avec le Buntsandstein de Provence. *C.R. Acad. Sci.*, Paris, 306, 2, pp. 557-560.

- DURAND M, MEYER R. et AVRIL G. (1988) - Le Trias détritique de provenance du dôme de Barrot et du Mercantour, Excursion de 15-16-17 juin, Pub. Association des Sédimentologues Français, n° 6, 135 p., 78 fig.
- DURANDEAU A. and KONING A. (1985) - Contribution à la connaissance de l'origine du Bassin de Paris à partir d'un graben initial. Intérêts économiques. *C. R. Acad. Sc. Paris*, t. 301, Série II, n° 10, pp. 737-742, 1 fig.
- ETCHECOPAR A. and BONNETAIN J. L. (1989) - Cross-section construction from dipmeter data. *S.P.W.L.A., 12th International Formation Evaluation Symposium*, Paris, 24-27 octobre, pap. BB, 12 p., 7 fig.
- FERTL W. H. (1981) - Openhole crossplot concepts. A powerful technique in well-log analysis. *J. Petroleum Technology*, mars, pp. 535-549.
- FONTES, J. C., GAUDANT J. et TRUC G. (1980) - Données paléocéologiques, teneurs en isotopes lourds et paléohydrologie du bassin gypsifère oligocène d'Aix-en-Provence. *Bull. Soc. Géol. France*, 7, XXII, n° 3, pp. 491-500, 4 fig.
- FRISINGER M. R. and GYLLENSTEN A. (1986) - Fracture detection in North Sea reservoirs. *Tenth European Formation Evaluation Symposium*, Septembre, pap. Q, 18 p., 19 fig.
- GALL J. C., HAGUENAUER B., HILLY J. et PERRIAUX J. (1975) - Environnements continentaux et marins du Trias et du Jurassique de l'Est du Bassin de Paris : Excursion 8. *IX^e Congrès International de Sédimentologie*, Nice, 56 p.
- GALL J. C., DURAND M. et MULLER E. (1977) - Le Trias de part et d'autre du Rhin. Corrélations entre les marges et le centre du bassin germanique. *Bull. B.R.G.M.* (deuxième série), Section IV, n° 3, pp. 193-204, 2 fig., 1 tab.
- GAUER P. (1989) - Diamage station d'aide à l'interprétation des images et diagraphies à haute résolution. *S.P.W.L.A., 12th International Formation Evaluation Symposium*, Paris, 24-27 octobre, pap. P, 12 p., 6 fig.
- GROSS E. (1988) - Contribution to automatic sequential analysis of wireline logs, used to define the environment of deposit of sedimentary formations. Diplôme E.N.S.P.M.-CES Géologie, 22 p., 32 fig.
- HAGUENAUER B. et HILLY J. (1987) - Naissance et déclin du Bassin Parisien dans ses marches orientales. In : CAVELIER G. et LORENZ J. : Aspect et évolution géologiques du Bassin Parisien. *Bull. Inf. Géol. Bass. Paris*, mém. h.-s., n° 6, pp. 106-115, 6 fig.
- HENDRIKS F. (1982) - Ein Modell der Rätsedimentation am Ostrand des Pariser Beckens. Dissert. R.-W.T.H. Aachen, 294 p., 54 fig., 22 tab.
- HÖCKER C., EASTWOOD K. M., HERWEIJER J. C. and ADAMS J. T. (1990) - Use of dipmeter data in clastic sedimentological studies. *Bull. A.A.P.G.*, 74, 2, pp. 105-118, 11 fig., 2 tab.

- LEEDER M. R. (1975) - Carbonate paleosols and arid-zone basin analysis, with an example from the Devonian of Scotland. *IX International Congress of Sedimentology*, Nice, thème 5, pp. 265-269, 2 fig.
- LEITZ F, MOSES H. J. und SCHRÖDER B. (1983) - L'excursion franco-allemande Trias. Groupe Français du Trias, 27-28 septembre, 28 p.
- LEITZ F. und SCHRÖDER B. (1985) - Die Randfazies der Trias und Bruchschollenland südöstlich Bayreuth (Exkursion C am 11. und 12. April 1985). In : Geologische Exkursionen in der weiteren Umgebung von Bayreuth, *Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver.*, N. F. 67, pp. 51-63, 7 fig.
- LE ROUX J. (1980) - La tectonique de l'aurole orientale du Bassin de Paris. Ses relations avec la sédimentation. *Bull. Soc. Géol. France*, 7, t. XXII, n° 4, pp. 655-662.
- LOUTIT T. S., HARDENBOL J. and VAIL P. R. (1988) - Condensed sections : the key to age determination and correlation of continental margin sequences. In : Sea level changes : an intergrated approach. Society of Economic Paleontologists and mineralogists, Special Publication n° 42, pp. 183-213, 32 fig.
- MATHIS B. (1988) - Diagraphies et sédimentologie : traduction du message diagraphique et reconnaissance des systèmes sédimentaires. Exemple des faciès hypersiliceux paléogènes et crétacés de l'offshore gabonais. Thèse de l'Université de Nancy I, 206 p., 150 fig.
- MATHIS B., AUGIER C., SERRA O., CLERMONTÉ J. et LANAU M. (1988) - Les faciès hypersiliceux de l'offshore gabonais : analyse du message diagraphique en vue de la reconnaissance des systèmes sédimentaires. *Bull. Centres Rech. Explor.-Prod. Elf-Aquitaine*, Pau, 12, 2, pp. 533-567, 36 fig.
- MATHIS B., BOURQUIN S., DIDELOT B., ALKHADDOUR G. and CLERMONTÉ J. (1989) - Lithologic identification and sequential organization in the Paris Basin and in the Rhine Graben (France). *S.P.W.L.A., 12th International Formation Evaluation Symposium*, Paris, 24-27 octobre, pap. DD, 12 p., 8 fig.
- MATRAY J. M., MEUNIER A., THOMAS M. et FONTES J.C. (1989) - Les eaux de formation du Trias et du Dogger du Bassin parisien : histoire et effets diagénétiques sur les réservoirs. *Bull. Centres Rech. Explor.-Prod. Elf-Aquitaine*, 13, 2, pp. 483-504.
- MEGNIEN C. (1980) - Tectogenèse du Bassin de Paris : étapes de l'évolution du bassin. *Bull. Soc. Géol. France*, 7, t. XXII, n° 4, pp. 669-680, 8 fig.
- MEYER R. (1987) - Paléaltérites et paléosols. L'empreinte du continent dans les séries sédimentaires. *B.R.G.M., Manuels et Méthodes*, n° 13, 164 p., 74 fig.
- MIALL A. D. (1991) - Stratigraphic sequences and their chronostratigraphic correlation. *J. Sed. Petrol*, n° 61, pp. 497-505.
- NILSEN T. H. (1982) - Alluvial fan deposits. In : SCHOLLE P. A. AND SPEARING D., Sandstone depositional environments. A.A.P.G., Mém. 31, pp. 49-86, 52 fig.

- PAREYN C. et AUBRY J. (1980) - Le Trias en basse Normandie. Groupe Français du Trias, Journées d'études en Normandie, 25-26 Avril, 26 p.
- PIRET B. (1987) - An approach to automatic sequential analysis of logs. The program ZONE. Diplôme E.N.S.P.M.-CES Géologie, 37 p., 24 fig.
- POSAMENTIER H. W., JERVEY M. T. and VAIL P. R. (1988) - Eustatic controls on clastic deposition I-Conceptual framework. *In* : Sea level changes : an intergrated approach. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Special Publication n° 42, pp. 109-124, 19 fig.
- POSAMENTIER H. W. and VAIL P. R. (1988) - Eustatic controls on clastic deposition II-Sequence and systems tract models. *In* : Sea level changes : an intergrated approach. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Special Publication n° 42, pp. 125-154, 36 fig.
- PROCEEDING OF THE OCEAN DRILLING PROGRAM (1990) - Initial reports, Japan sea, site 797. *National Science Foundation*, Vol. 127, 19 Juin-19 Août, pp. 323-421.
- SCHLUMBERGER (1983a) - Gamma Ray Spectrometry Tool. Schlumberger, 40 p.
- SCHLUMBERGER (1983b) - Stratigraphic High Resolution Dipmeter Tool. Schlumberger, 23 p.
- SCHLUMBERGER (1985) - Pendagemétrie : interprétation. Schlumberger, 76 p.
- SCHLUMBERGER (1986) - Formation MicroScanner Service. Schlumberger, 37 p.
- SCHLUMBERGER (1987a) - Log interpretation, principles / applications. Schlumberger, 198 p.
- SCHLUMBERGER (1987b) - Cyber Service Unit*. Wellsite products, calibrations guide and mnemonics. Schlumberger, 89 p.
- SCHLUMBERGER (1989a) - Cased hole log interpretation, principles / applications. Schlumberger, 188 p.
- SCHLUMBERGER (1989b) - Log interpretation charts. Schlumberger, 151 p.
- SERRA O. (1979) - Diagraphies différées, bases de l'interprétation. Tome 1, acquisition des données diagraphiques. *Bull. Centres Rech. Explor.-Prod. Elf-Aquitaine*, Pau, Mém. 1, 328 p.
- SERRA O. (1985a) - Diagraphies différées, bases de l'interprétation. Tome 2, interprétation des données diagraphiques. *Bull. Centres Rech. Explor.-Prod. Elf-Aquitaine*, Pau, Mém. 7, 631 p.
- SERRA O. (1985b) - Sedimentary environments from wireline logs. Schlumberger, 211 p.
- SERRA O. (1986) - Les diagraphies différées : leur emploi en géologie sédimentaire. *Bull. Centres Rech. Explor.-Prod. Elf-Aquitaine*, Pau, 10, 2, pp. 205-227, 5 fig.

- SERRA O. (1987) - Les diagraphies : outil géologique. *Bull. Soc. Géol. France.*, 8, III, n° 7, pp. 1323-1341, 14 fig.
- SERRA O. (1988) - Récents progrès en diagraphies. *Géochronique*, Paris, 28, pp. 11-12.
- SERRA O. (1989) - Formation MicroScanner image interpretation. Schlumberger, 117 p.
- SERRA O. (1990) - Diagraphies (géophysique). *Encyclopædia Universalis*, pp. 348-357.
- SERRA O., DELFINER P. and LEVERT J. C. (1985) - Lithology determination from well-logs : case studies. *S.P.W.L.A, 26th Annual Logging Symposium*, Dallas, 17-20 juin, pap. WW, 18 p.
- SPÖTL C. (1991) - Diagenesis and pore water evolution of the Keuper sediments in the subsurface of the Paris Basin (France). Inaug. Diss. Phyl.-Naturw., Falk. Univ. Bern.
- SPY-ANDERSON F. L. (1980/1981) - Dolocrites et nodules dolomitiques. Résultats de la dolomitisation directe, en milieu continental, de sédiments terrigènes de la "formation bariolée supérieure" (Keuper) de la région des Vans (Ardèche, sud-est de la France. *Bull. B.R.G.M.* (deuxième partie), Section I, n°3, pp. 195-205, 5 fig., 1 pl. photo.
- STEEL R. J. (1974) - Cornstone (fossil caliche) - Its origin, stratigraphic and sedimentological importance in the New Red Sandstone western Scotland. *Journal of Geology*, 82, n°3, pp. 351-369, 13 fig.
- TESSIER B. (1990) - Critères de reconnaissance des cycles tidaux en forage (carottes et pendagemétrie simulée). *Bull. Centres Rech. Explor.-Prod. Elf-Aquitaine*, 14, 2, pp. 511-520, 10 fig.
- VAIL P. R., AUDEMARD F., BOWMAN S. A., EISNER P. N. and PEREZ-CRUZ G. (à paraître) - The stratigraphic signatures of tectonics, eustasy and sedimentation. An overview.
- VAN WAGONER J. C., POSAMENTIER H. W., MITCHUM R. M., VAIL P. R., SARG J. F., LOUITIT T.S. and HARDENBOL J. (1988) - An overview of the fundamentals of sequence stratigraphy and key definitions. *In : Sea level changes : an intergrated approach*. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Special Publication n° 42, pp. 39-45, 4 fig.
- VAN WAGONER J. C., MITCHUM R.M., CAMPION K. M. and RAHMANIAN (1990) - Siliciclastic sequence. Stratigraphy in well logs, cores and outcrops : concepts for high-resolution correlation of time and facies. *A.A.P.G. Method in Exploration Series*, n° 7, 55 p., 40 fig.
- VINCENT Ph., GARTNER J. E. and ATTALI G. (1977) - GEODIP* an approach to detailed dip determination using correlation by pattern recognition. *SPE of AIME, 52nd Annual Full Technical Conference and Exhibition*, pap. SPE 6823, 18 p.

LISTE DES FIGURES ET TABLEAUX

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Localisation des différents sondages étudiés, centre-ouest du Bassin de Paris.

Figure I.1 : Structures hercyniennes profondes du Bassin de Paris (d'après Mégnien, 1980, modifiée).

Figure I.2 : Limites d'extension des principaux faciès du Trias (d'après Courel *et al.*, 1980, modifiée).

Figure I.3 : Coupe lithostratigraphique Ouest-Est du Bassin de Paris (d'après Courel *et al.*, 1980 modifiée en fonction de Matray *et al.*, 1989).

Figure II.1 : Diagraphies de mesures de radioactivité naturelle totale (GR), de "sonic" (DT), de densité (RhoB), de porosité neutron (NPhi), de facteur photo-électrique (Pef).

Figure II.2 : Diagraphie de mesures spectrométriques du rayonnement gamma naturel : courbes d'uranium (URAN), de potassium (POTA) et de thorium (THOR), avec $SGR = GR$ et $CGR = GR - URAN$.

Figure II.3 : Diagraphie de mesures de spectrométrie du rayonnement gamma induit (d'après Proceeding of the Ocean Drilling Program, 1990).

Figure II.4 : Diagraphies de pendagemétrie SHDT* (d'après Serra, 1985a).

Figure II.5 : Diagraphies microscanner (outil FMS*) : courbes de conductivité et leur conversion en images (intensités de gris), (d'après Serra, 1989).

Figure II.6 : Pouvoir de résolution comparé entre les différents outils (d'après Mathis, 1988).

Figure III.1 : Diagraphies montrant les premières démarches de l'analyse faciologique.

Figure III.2 : Exemple de diagrammes lithologiques (PhiN, RhoB) et minéralogiques (P, N) et (N, Pef) utilisés pour l'analyse faciologique.

Figure III.3 : Exemple de diagrammes géochimiques (K, Th) et (K, Pef) et diagramme (Rho_(ma), U_(ma)) utilisés pour l'analyse faciologique.

Figure III.4 : Démarche résumée de FACILOG.

Figure III.5 : Démarche résumée du programme d'analyse par cut-off.

- Figure III.6 :** Image microscanner montrant des niveaux conglomératiques (d'après Serra, 1989).
- Figure III.7 :** Exemple de séquences granoclassées mise en évidence à partir de l'outil SHDT* (d'après Serra, 1985a).
- Figure III.8 :** Structures observées à partir de l'outil FMS* (d'après Serra, 1989).
- Figure III.9 :** Exemples de rampes observées à partir des outils "de base" (Augier, 1981).
- Figure III.10 :** Récapitulatif de la démarche d'analyse depuis l'identification des faciès jusqu'à leur interprétation en terme de paléoenvironnement.
-
- Figure IV.1 :** Répartition des différents sondages traités par FACILOG.
- Figure IV.2 :** Position des différents noyaux du modèle dans les diagrammes (PhiN, RhoB) et (DT, RhoB).
- Figure IV.3 :** Colonne lithologique automatique du sondage B.
- Figure IV.4 :** Répartition des faciès gréseux dans les différents diagrammes.
- Figure IV.5 :** Répartition des faciès dolomitiques dans les différents diagrammes.
- Figure IV.6 :** Répartition des faciès anhydritiques et des faciès argileux dans les différents diagrammes.
- Figure IV.7 :** Images de pendagemétrie correspondant à différents faciès.
- Figure IV.8 :** Puits E montrant les quatre zones d'électrofaciès.
- Figure IV.9 :** Position des différents sondages répartis entre les cinq groupes.
- Figure IV.10 :** Colonne lithologique automatique du sondage E.
- Figure IV.11 :** Caractérisation diagraphique de la sous-zone a des Grès de Donnemarie du sondage N.
- Figure IV.12 :** Caractérisation géochimique des différents électrofaciès des Grès de Donnemarie.
- Figure IV.13 :** Caractérisation diagraphique des Grès de Donnemarie du puits K, montrant des minéralisations particulières.
- Figure IV.14 :** Colonne lithologique automatique des Grès de Donnemarie et des Argiles intermédiaires du puits D.
- Figure IV.15 :** Caractérisation diagraphique des Argiles intermédiaires.
- Figure IV.16 :** Caractérisation géochimique des Argiles intermédiaires.
- Figure IV.17 :** Colonne lithologique automatique des Grès de Donnemarie et des Argiles intermédiaires du puits H.
- Figure IV.18 :** Caractérisation géochimique des différents lithofaciès des Grès de Chaunoy.
- Figure IV.19 :** Colonne lithologique automatique du puits A.
- Figure IV.20 :** Caractérisation géochimique des dolomies sommitales.

Figure IV.21 : Diagrammes mettant en évidence différentes minéralisations dans les dolomies sommitales.

Figure IV.22 : Caractérisation des faciès dolomitiques par l'outil FMS.

Figure V.1 : A - Localisation des sondages atteignant le socle.

B - Paléotopographie du socle.

Figure V.2 : Corrélations diagraphiques SSW-NNE des Grès de Donnemarie.

Figure V.3 : Corrélations diagraphiques E-W des Grès de Donnemarie.

Figure V.4 : Colonne faciologique effectuée à partir du SHDT pour le sous-ensemble II des Grès de Donnemarie du sondage N.

Figure V.5 : Colonne faciologique effectuée à partir du SHDT pour le sous-ensemble III des Grès de Donnemarie du sondage H.

Figure V.6 : Electroséquences de confinement argiles-anhydrites observées à partir du SHDT pour les argiles à anhydrite du sondage D.

Figure V.7 : Colonne faciologique effectuée à partir du SHDT pour le sous-ensemble III des Grès de Donnemarie du sondage B.

Figure V.8 : Corrélations diagraphiques NW-SE des Grès de Donnemarie.

Figure V.9 : Colonne faciologique effectuée à partir du SHDT pour le sous-ensemble III des Grès de Donnemarie du sondage L.

Figure V.10 : Blocs diagrammes montrant l'ennoyage progressif des paléotopographies du socle :

A : orientation WSW-ENE

B : orientation SW-NE.

Figure V.11 : Géométrie d'un corps sédimentaire dans une séquence de dépôts de type I en bordure de plateau continental (d'après Van Wagoner *et al.*, 1988).

Figure V.12 : Séquences positives observées à partir de l'outil FMS.

A : Séquence positive

B : Séquences positives purement détritiques

Figure V.13 : Colonne faciologique effectuée à partir du SHDT pour les Grès de Chaunoy du sondage 1 (puits confidentiel).

Figure V.14 : Colonne faciologique effectuée à partir du SHDT pour les Grès de Chaunoy du sondage M.

Figure V.15 : Caractéristiques diagraphiques de la séquence "virtuelle" de dépôt.

Figure V.16 : Colonne faciologique effectuée à partir du SHDT pour les Grès de Chaunoy du sondage E.

Figure V.17 : Carte localisant les différentes coupes effectuées dans les Grès de Chaunoy.

- Figure V.18** : Coupe lithostratigraphique 1 : WSW-ENE.
- Figure V.19** : Coupe lithostratigraphique 2 : N-S.
- Figure V.20** : Coupe lithostratigraphique entre les sondages A-J et M-B.
- Figure V.21** : Coupe lithostratigraphique 3 : SSW-NNE.
- Figure V.22** : Coupe lithostratigraphique 4 : E-W.
- Figure V.23** : Cartes en isopourcents (A) et en isopaques (B) des faciès gréseux entre le socle et le marqueur 0.
- Figure V.24** : Cartes en isopourcents (A) et en isopaques (B) des faciès gréseux entre le socle et le marqueur 1.
- Figure V.25** : Cartes en isopourcents (A) et en isopaques (B) des faciès gréseux entre le socle et le marqueur 2.
- Figure V.26** : Cartes en isopourcents des faciès gréseux entre les marqueurs 2-3 (A) et 3-4 (B).
- Figure V.27** : Carte en isopourcents des faciès gréseux entre le marqueur 4 et le toit des Grès de Chaunoy.
- Figure V.28** : Encroûtements pédologiques : petites arrivées détritiques conduisant à un encroûtement dont l'épaisseur peut être considérable (d'après Meyer, 1987).
- Figure V.29** : Géométrie des dépôts d'un cône alluvial (d'après Nilsen, 1982, modifiée).
- Figure V.30** : Profil du Keuper moyen dans la partie orientale de Bassin germanique (d'après Leitz et Schröder, 1985).

LISTE DES TABLEAUX

Tableau IV.1 : Nature de la boue et différents enregistrements diagraphiques réalisés pour les sondages étudiés (tous les outils "de base" étant enregistrés).

Tableau IV.2 : Liste des 18 lithologies initiales du modèle.

Tableau IV.3 : Liste des 15 classes lithologiques regroupant les 22 lithologies composant le modèle.

Tableau IV.4 : Légende des figurés employés par FACILOG.

Tableau IV.5 : Radioactivité des différents faciès des Grès de Chaunoy pour les sondages où l'outil NGS* a été enregistré.

Tableau V.1 : Différents marqueurs rencontrés dans les sondages.

ANNEXE 1 - ENREGISTREMENTS

DIAGRAPHIQUES



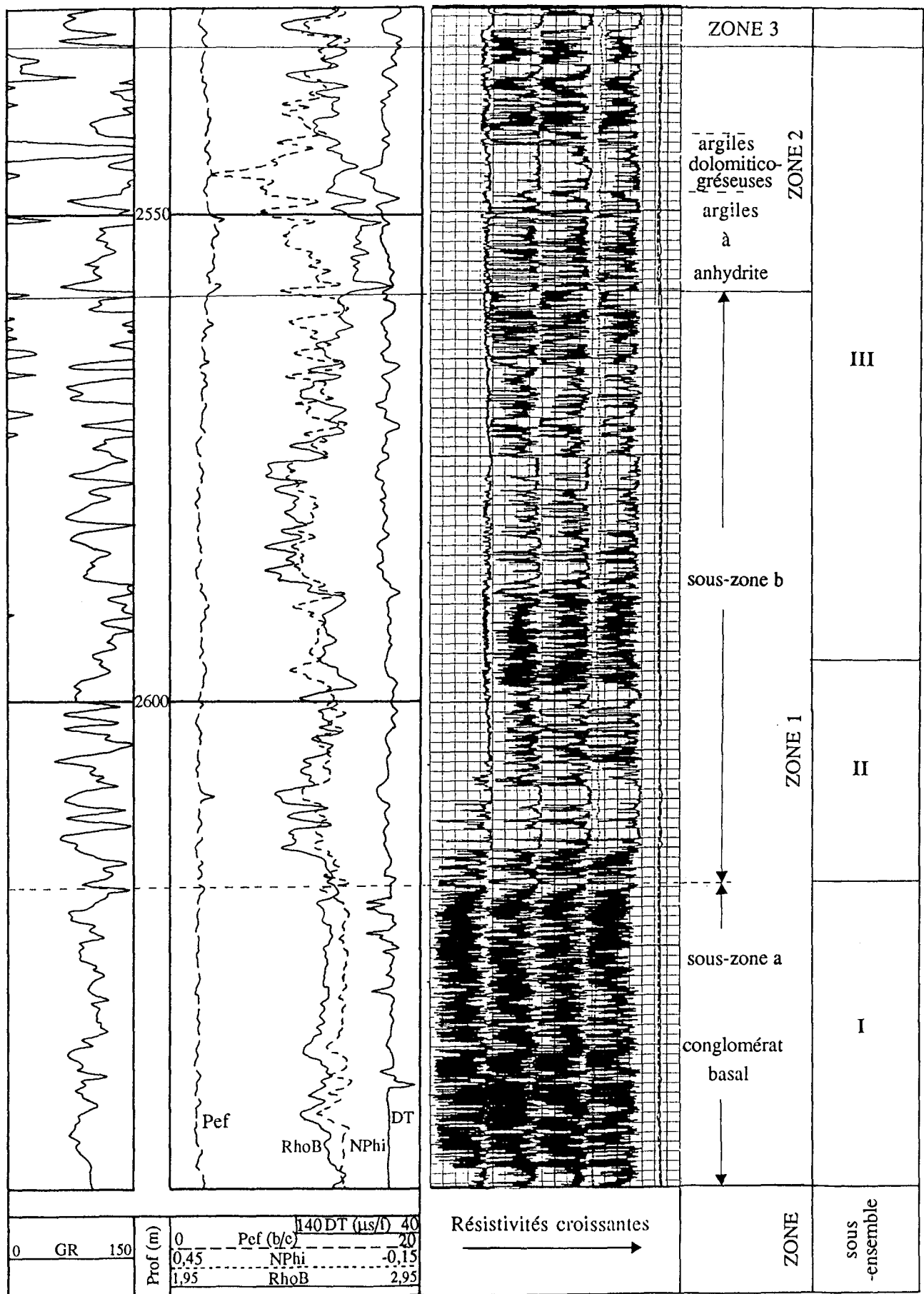
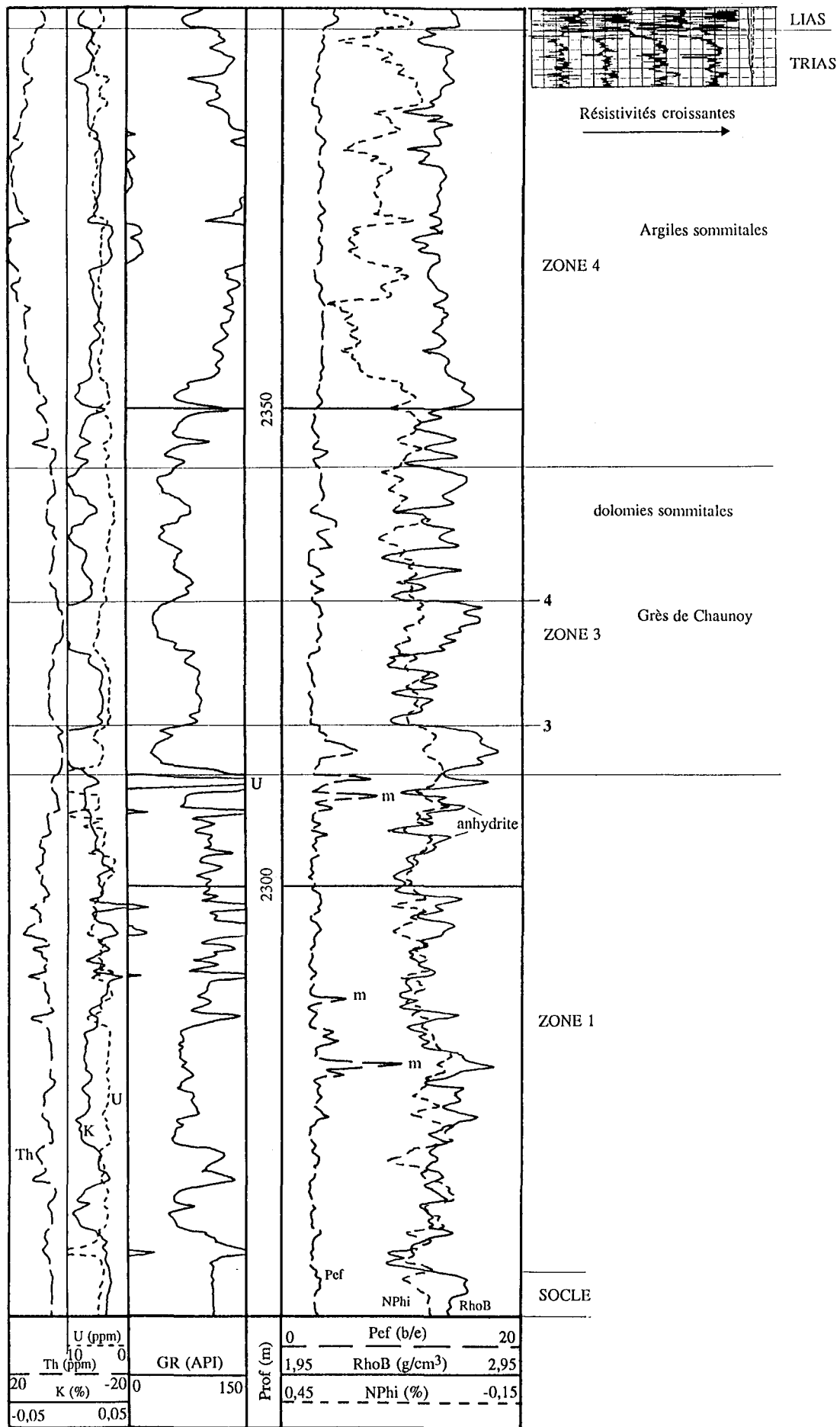


Figure A1.1 : Enregistrements diagaphiques du sondage N : Grès de Donnemarie et Argiles intermédiaires.



m : minéralisations particulières

Figure A1.2 : Enregistrements diagaphiques du sondage K.

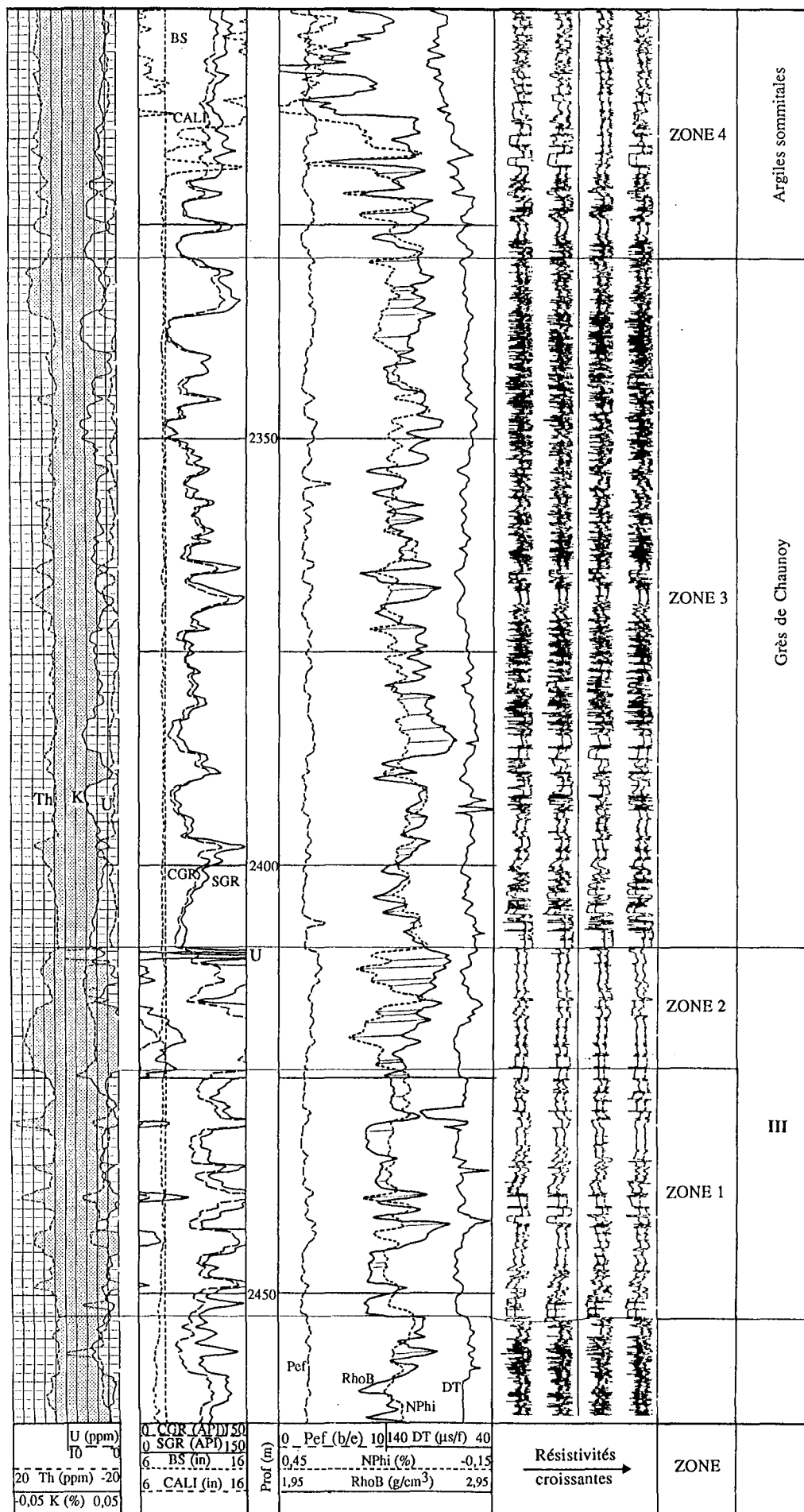


Figure A1.3 : Enregistrements diagraphiques du sondage B.

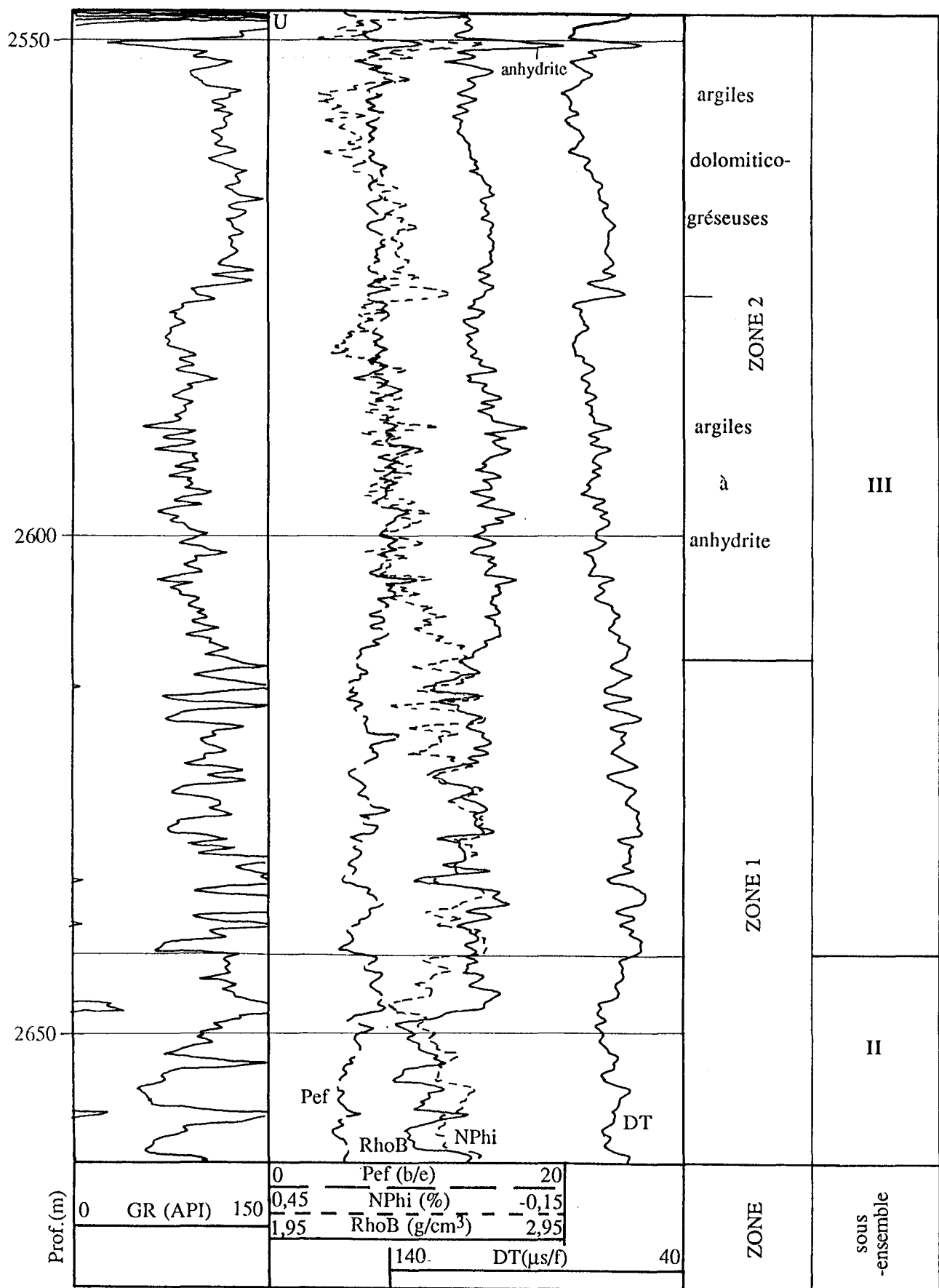


Figure A1.4 : Enregistrements diagraphiques du sondage G : Grès de Donnemarie et Argiles intermédiaires.

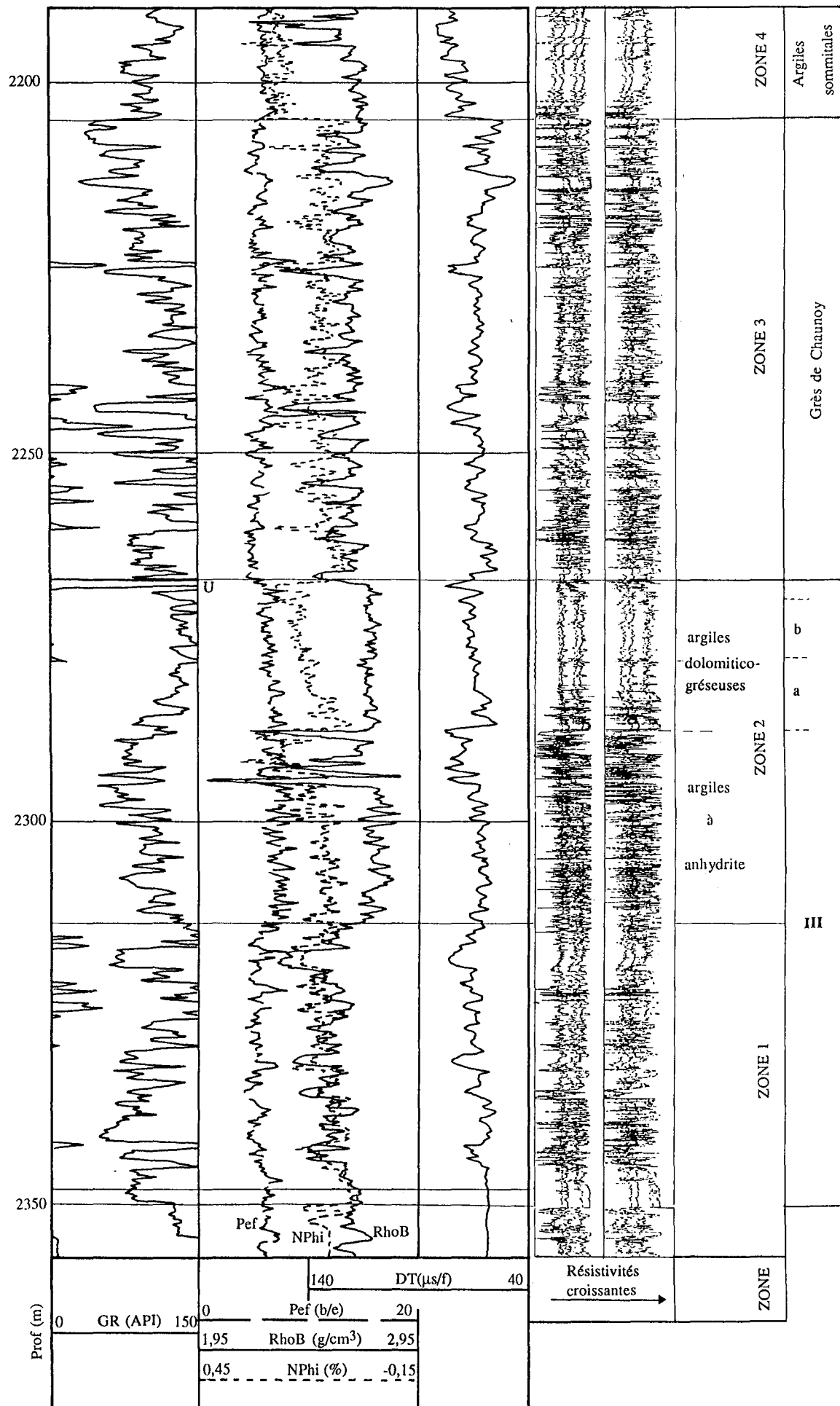


Figure A1.5 : Enregistrements diagraphiques du sondage D.

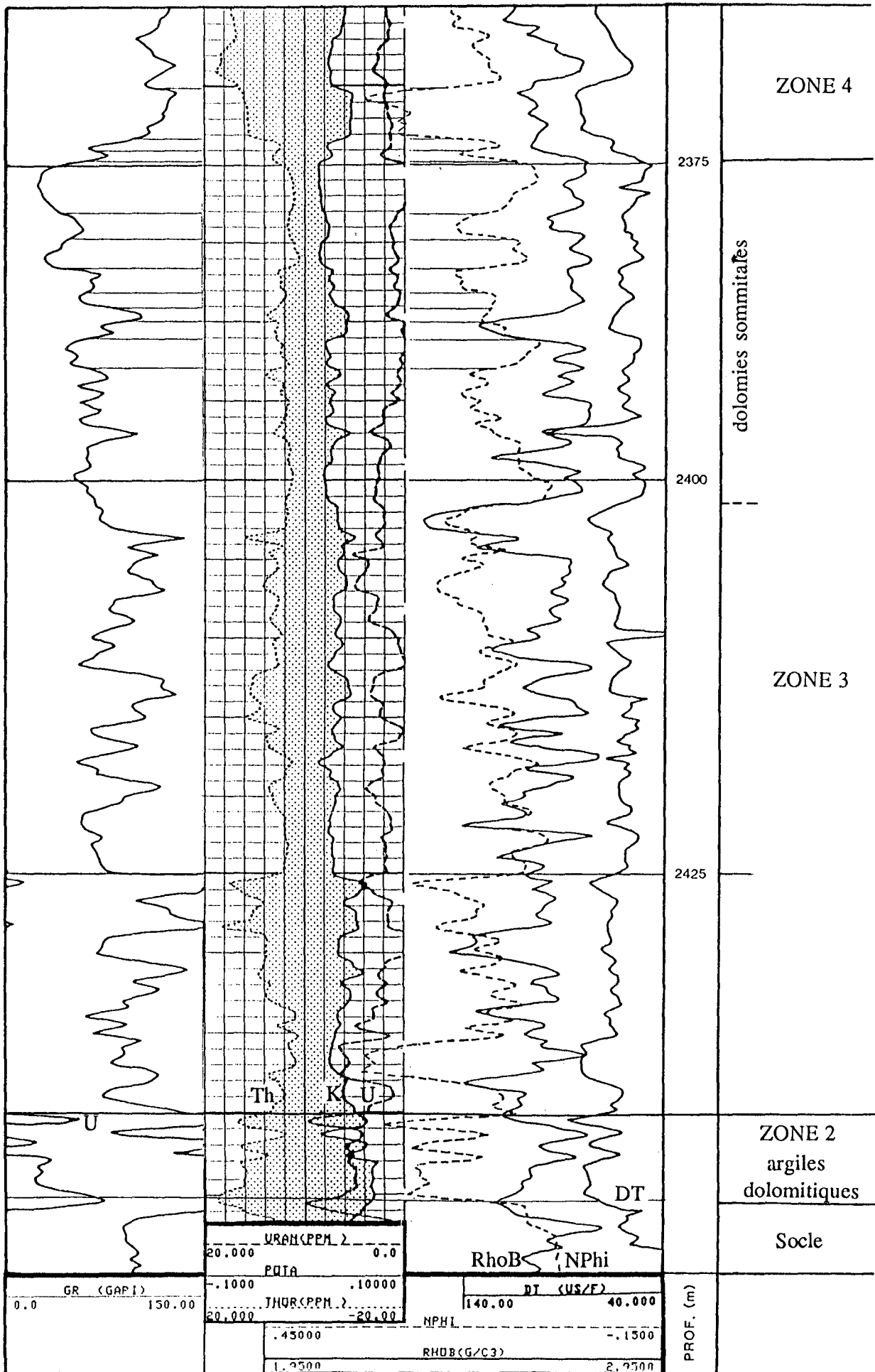


Figure A1.6 : Enregistrements diagaphiques du sondage C.

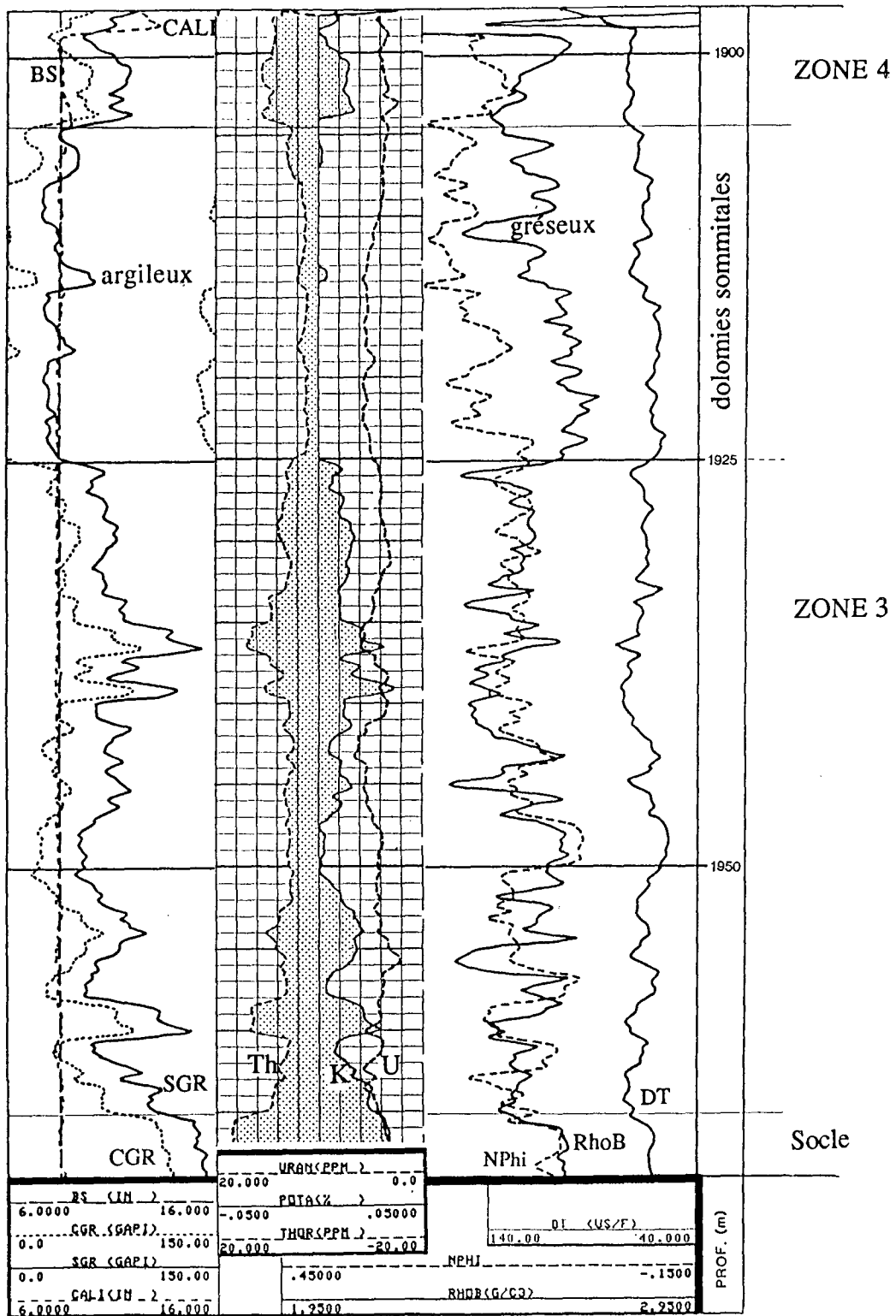


Figure A1.7 : Enregistrements diagraphiques du sondage A.

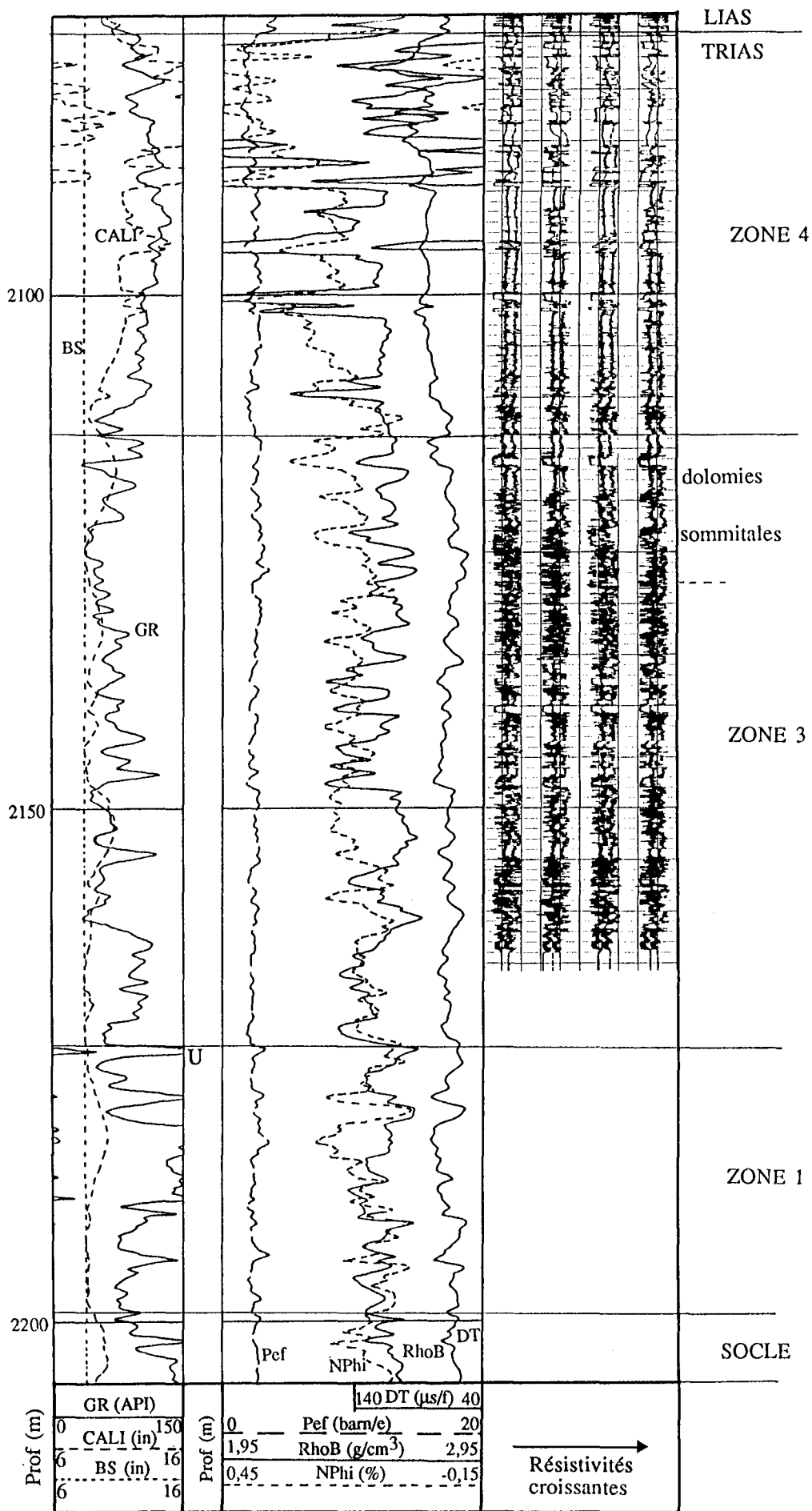


Figure A1.8 : Enregistrements diagraphiques du sondage M.

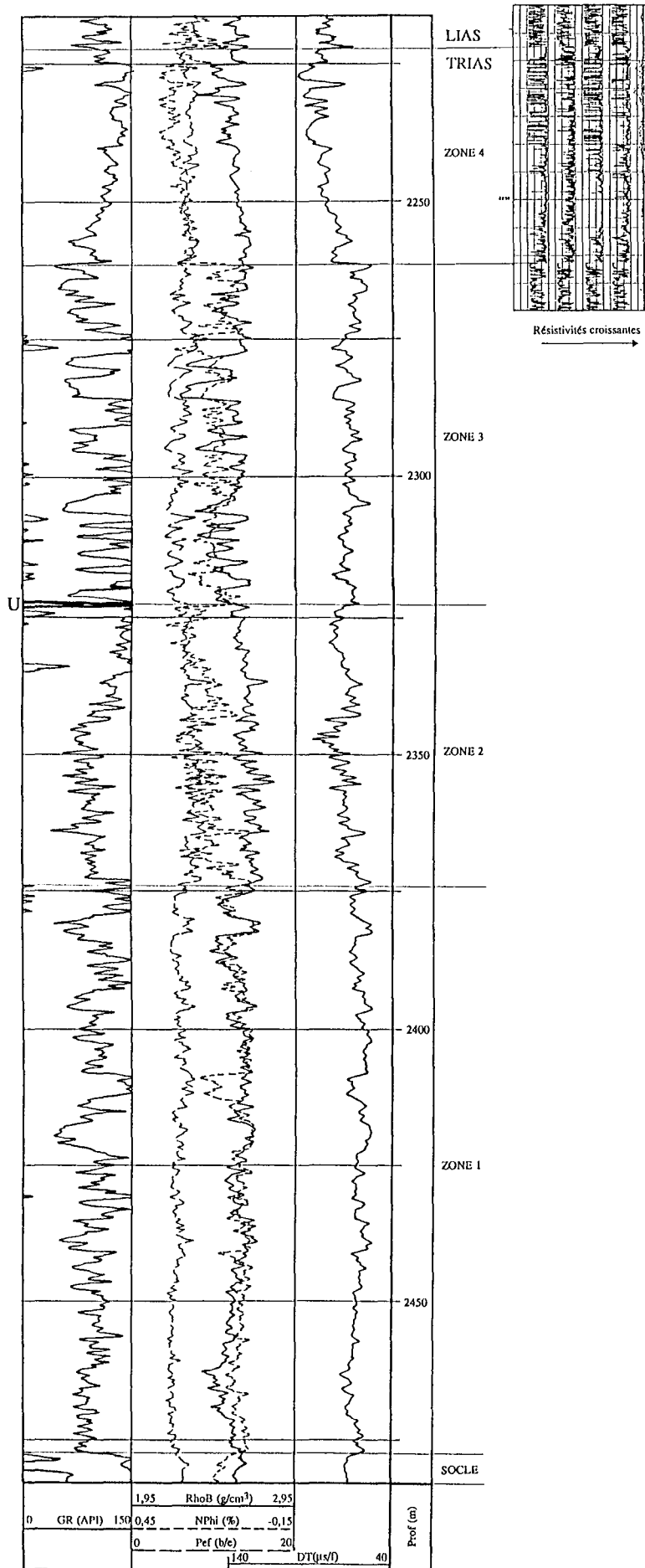


Figure A1.9 : Enregistrements diagaphiques du sondage E.

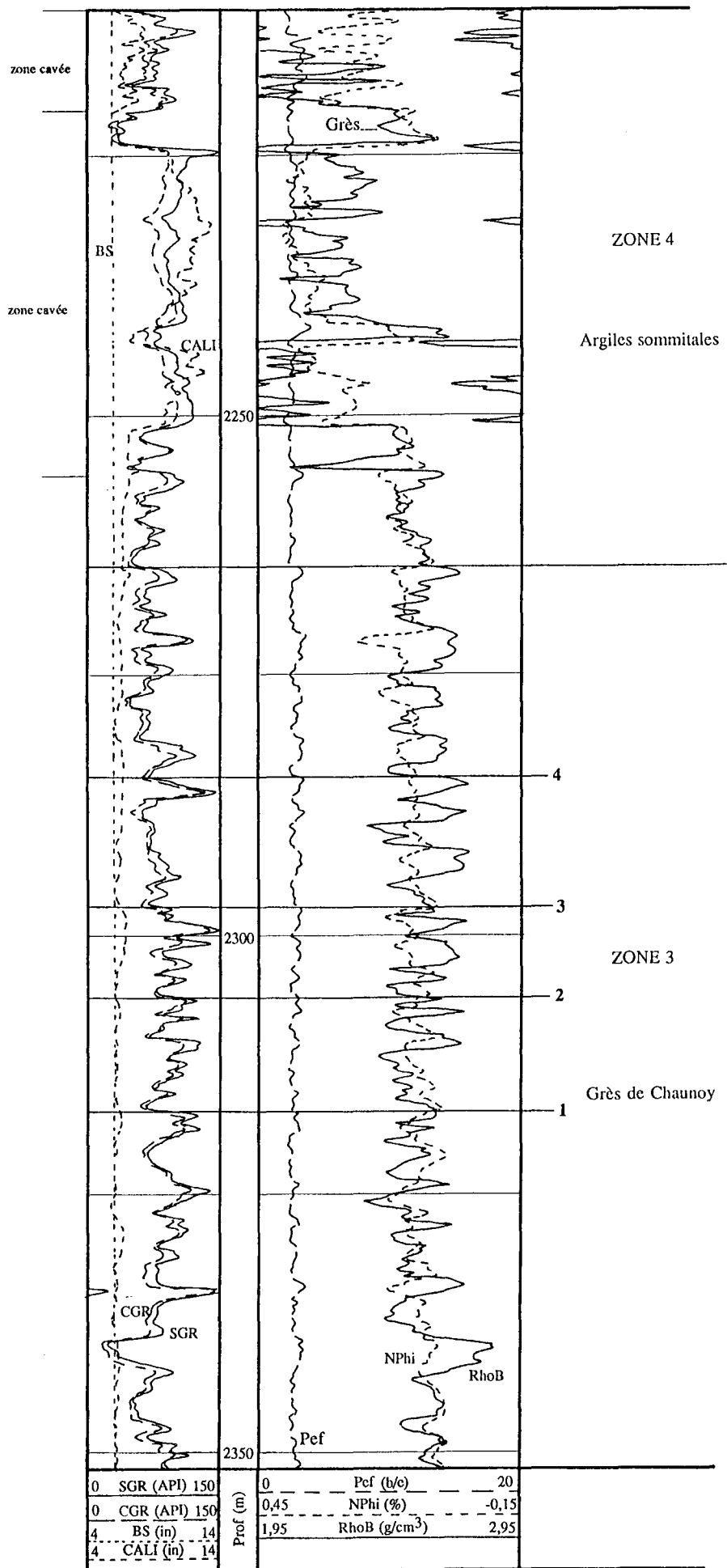


Figure A1.10 : Enregistrements diagaphiques du sondage H.

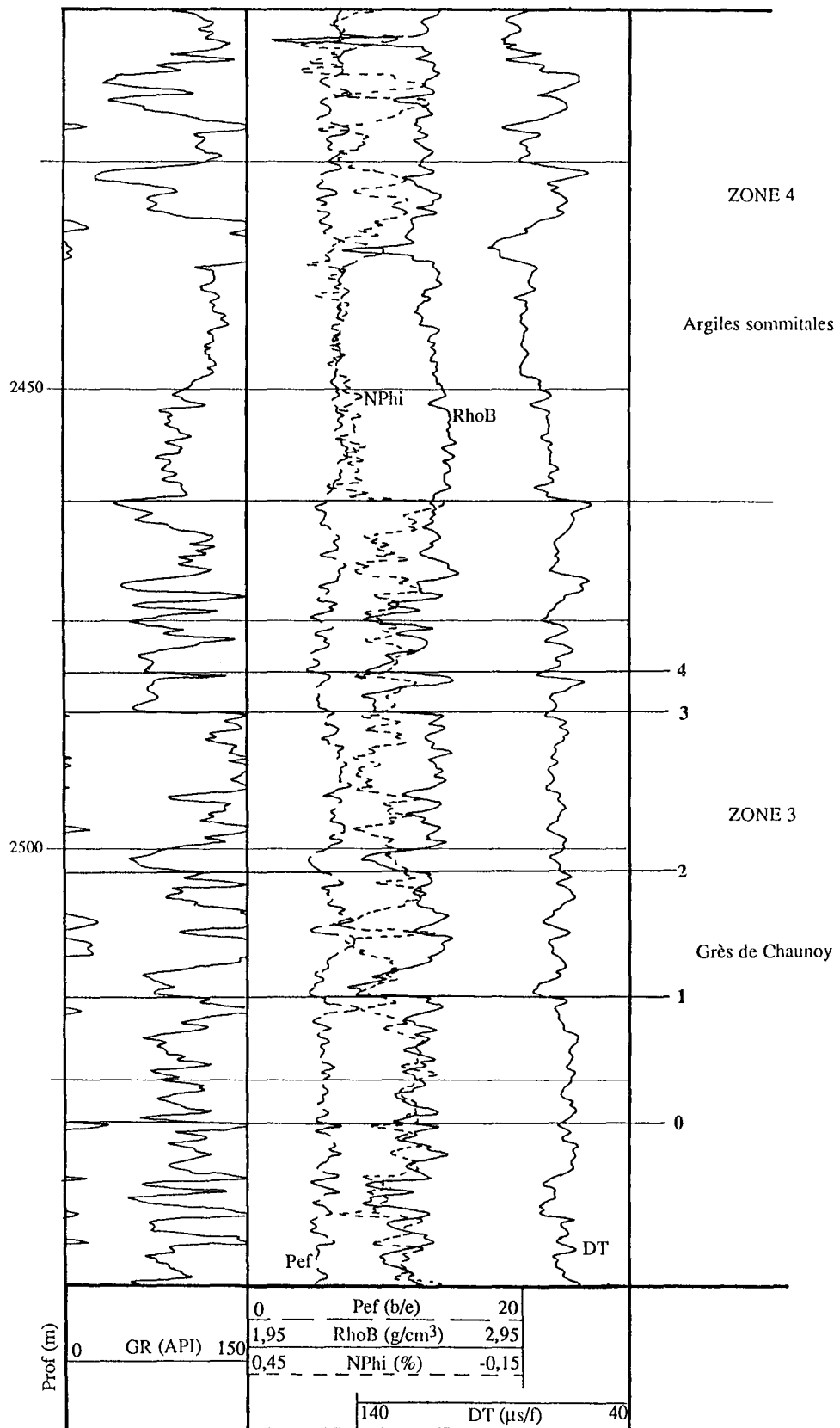


Figure A1.11 : Enregistrements diagraphiques du sondage G : Grès de Chaunoy.

ANNEXE 2 - CORRELATIONS

DIAGRAPHIQUES

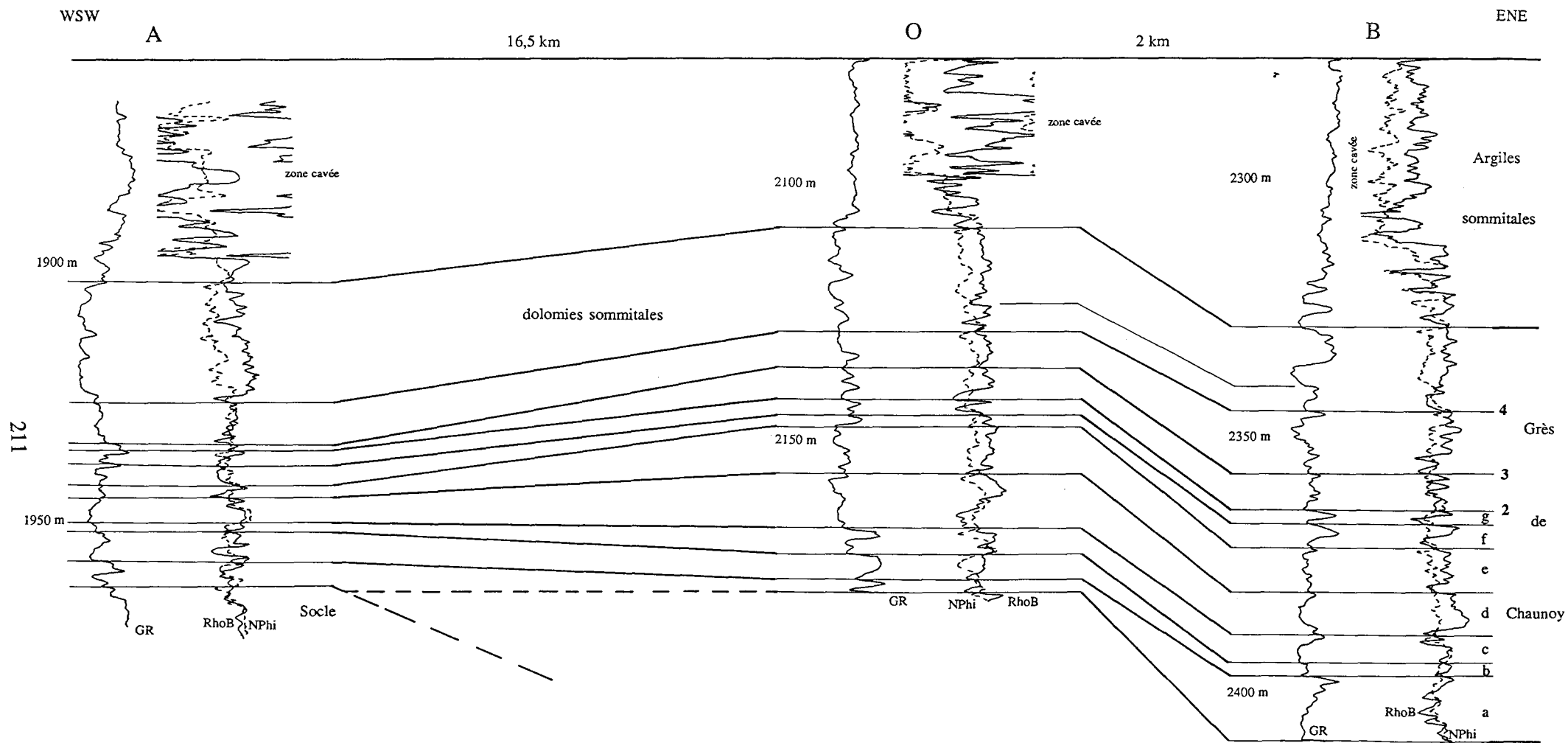


Figure A2.1 : Corrélations diagaphiques des Grès de Chaunoy,
Coupe 1 : WSW-ENE

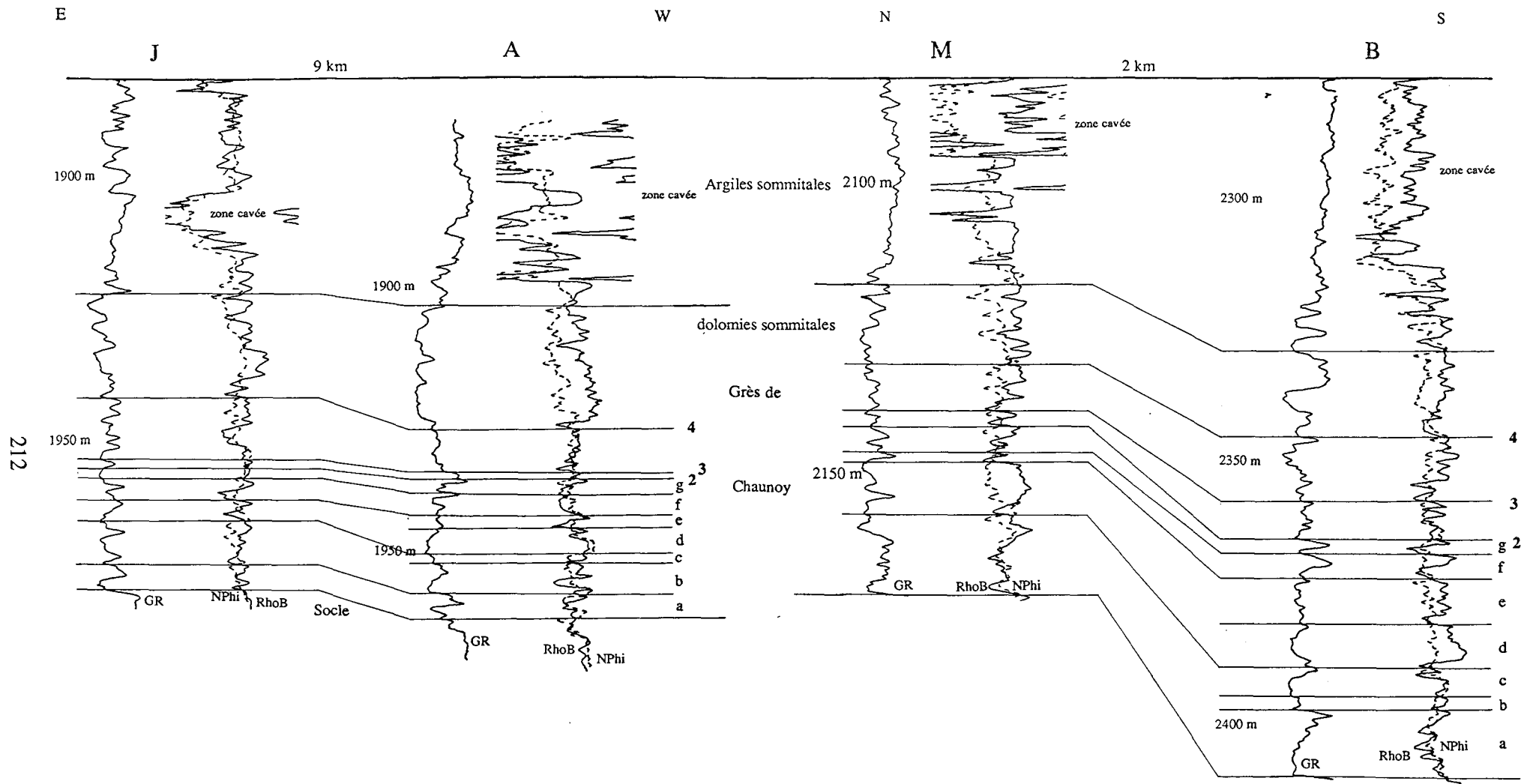


Figure A2.2 : Corrélations diagraphiques des Grès de Chaunoy entre les sondages J-A et M-B.

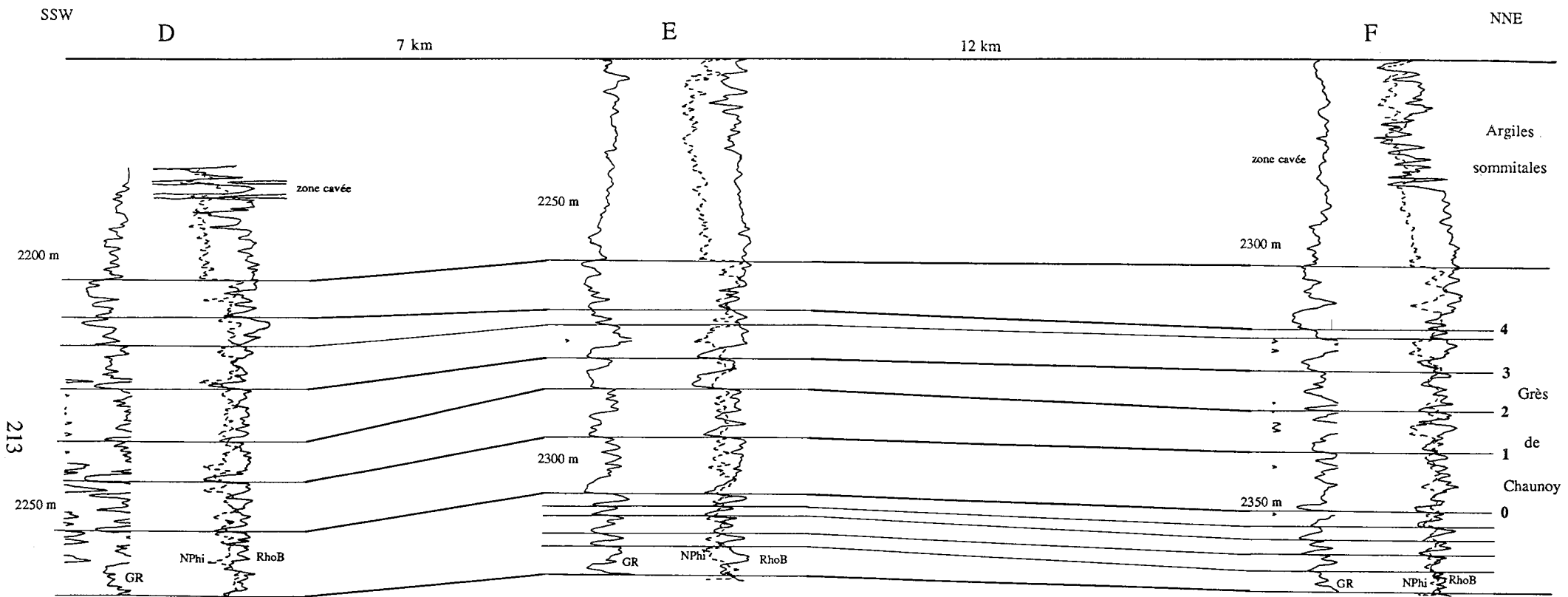


Figure A2.3 : Corrélations diagraphiques des Grès de Chaunoy,
Coupe 3 : SSW-NNE

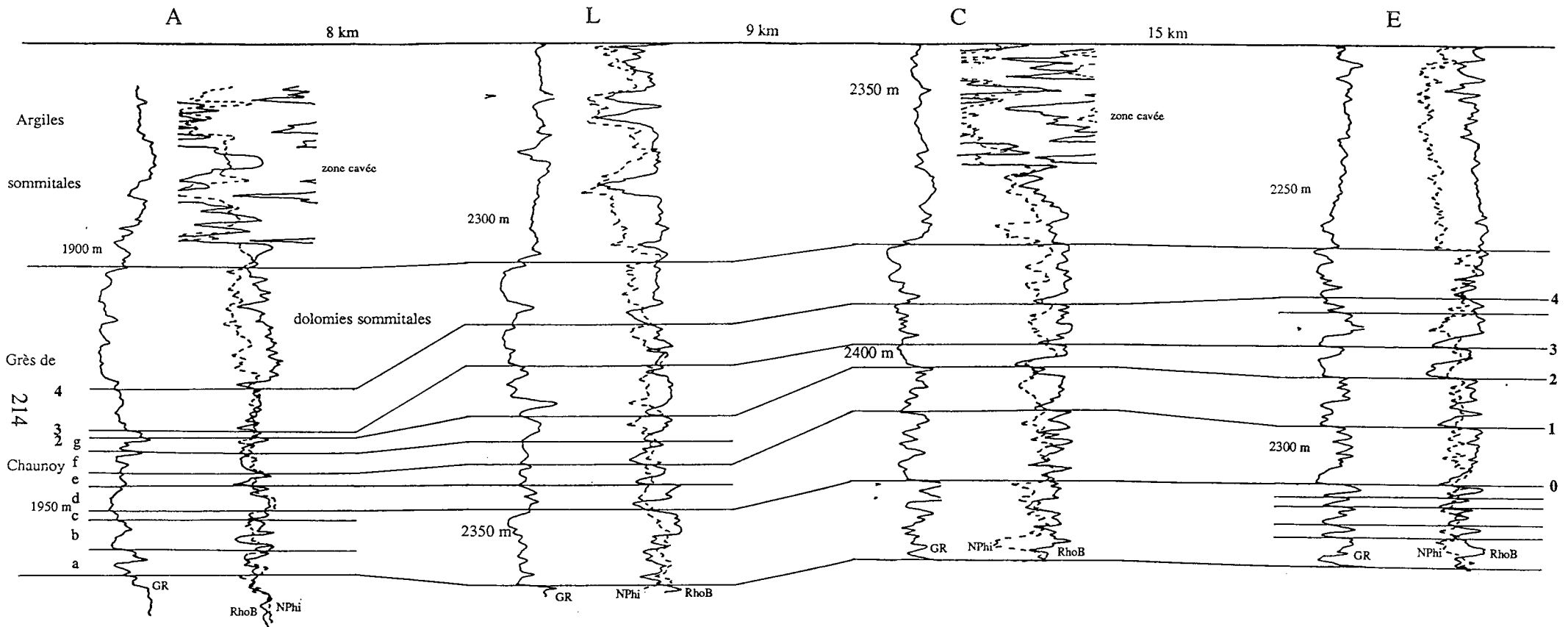


Figure A2.4 : Corrélations diagaphiques des Grès de Chaunoy, Coupe 4 : E-W.

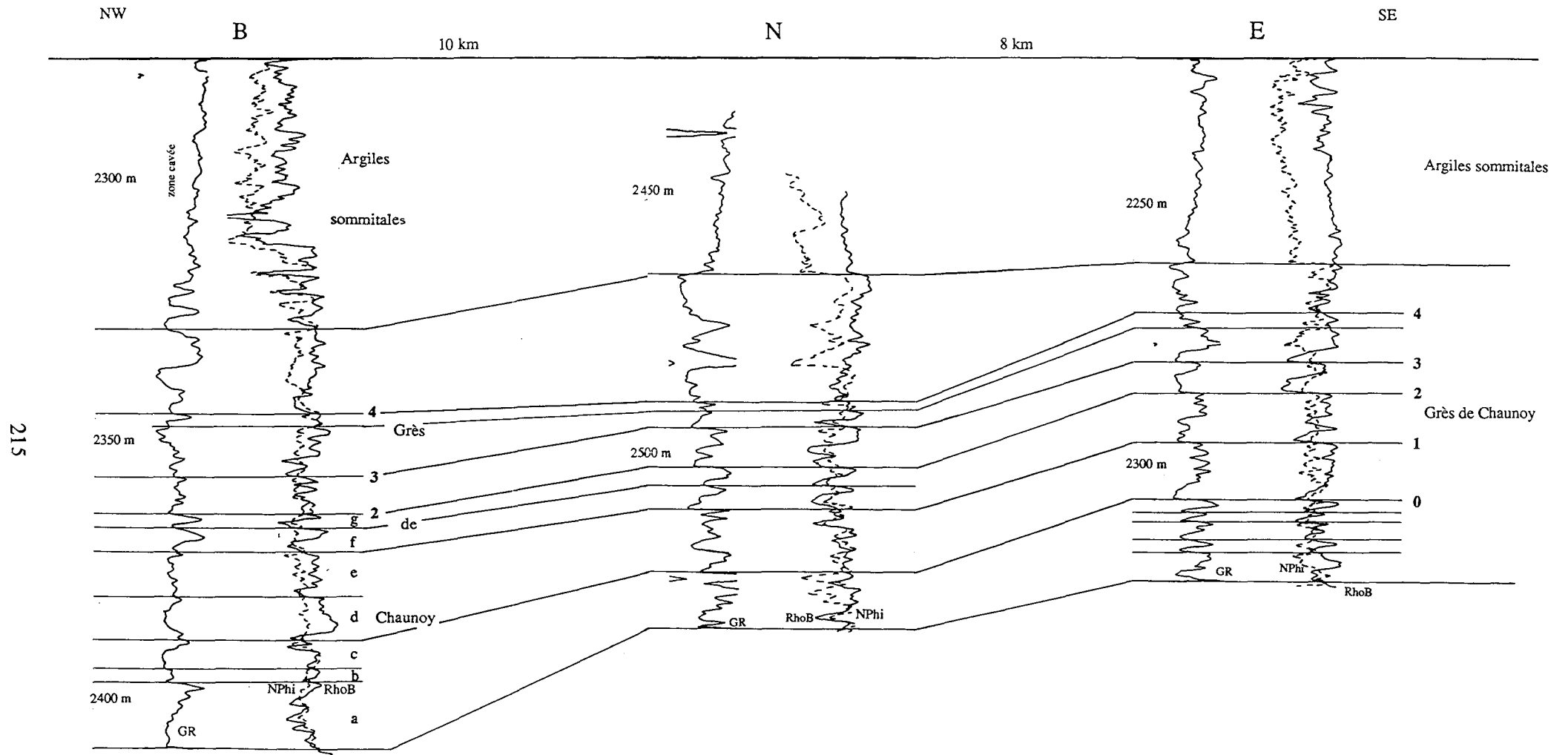


Figure A2.5 : Corrélation diagraphique des Grès de Chaunoy, Coupe 5 : NW-SE.

UNIVERSITE DE NANCY I

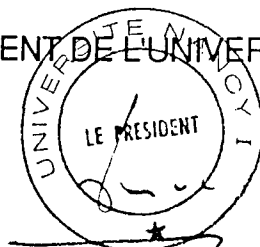
NOM DE L'ETUDIANT : BOURQUIN Sylvie

NATURE DE LA THESE : Doctorat de l'Université de NANCY I
en GEOLOGIE SEDIMENTAIRE

VU, APPROUVE ET PERMIS D'IMPRIMER

NANCY, le 13 SEP. 1991 n° 384

LE PRESIDENT DE L'UNIVERSITE DE NANCY I



M. BOULANGÉ

RESUME

Cette étude diagraphique concernant le Trias du centre-ouest du Bassin de Paris (Grès de Donnemarie, Argiles intermédiaires et Grès de Chaunoy), a été effectuée sur quinze sondages. La caractérisation lithologique, texturale et structurale des faciès, et la reconnaissance de leur évolution séquentielle ont permis de contribuer à la reconstitution des environnements de dépôt de ces formations.

Les **Grès de Donnemarie** et les **Argiles intermédiaires**, s'inscrivent dans une évolution générale depuis des faciès gréseux à la base vers des faciès argileux au sommet. L'une ou l'autre de ces formations repose directement sur le socle et marque le début de la sédimentation triasique dans cette partie centre-ouest du Bassin de Paris. Le comblement progressif des paléotopographies du socle par les faciès gréseux et l'envoyage progressif de ces dépôts par des argiles provenant du Bassin germanique sont mis en évidence (argiles à anhydrite présentant des séquences de confinement argile-anhydrite, puis argiles dolomitico-gréseuses). Un niveau enrichi en uranium, pouvant caractériser un intervalle condensé, marque le toit des Argiles intermédiaires (à l'Est) ou de leurs équivalents latéraux gréseux (à l'Ouest); il pourrait être corrélé avec un niveau très radioactif reconnu au-dessus de la Dolomie de Beaumont dans la partie orientale du Bassin de Paris, et avec les "Lehrberg Bänke" à l'Est du Bassin germanique. La Dolomie de Beaumont aurait alors pour équivalent latéral les argiles dolomitico-gréseuses et les faciès gréseux passant latéralement aux argiles à anhydrite pourraient correspondre au Grès à roseaux.

Les **Grès de Chaunoy** caractérisent un environnement de dépôt mis en place en milieu continental, les faciès dolomitiques identifiés étant attribués à des encroûtements d'origine pédologique. Cette formation semble pouvoir être rapportée à une sédimentation de type cône alluvial, orientée WSW-ENE. Les apports terrigènes, dont la source serait vers l'WSW, deviennent de moins en moins importants vers le sommet de la formation tandis que le développement de paléosols dolomitiques se généralise et peut atteindre localement de très grandes épaisseurs (21 m), traduisant ainsi une mégaséquence positive grès-paléosol.

La présence de zones cavées au sein des Argiles sommitales rend difficile les corrélations. Cependant, le second ensemble gréseux reconnu au sein de la formation (Ouest de la zone d'étude) pourrait correspondre à des dépôts équivalents aux Grès rhétiens rencontrés dans la partie orientale du Bassin de Paris.

ABSTRACT

The well logging analysis of the Triassic of the west-center part of the Paris Basin (Donnemarie Sandstones, Intermediate Clays and Chaunoy Sandstones) was carried out for fifteen wells. The lithologic, textural and structural characterization of the facies conjointly to the recognition of their sequential evolution have enabled the reconstitution of the depositional environments of these formations.

The **Donnemarie Sandstones** and the **Intermediate Clays** exhibit a general evolution from sandstone-like facies at the bottom to clayey facies at the top. One or the other of these formations lays directly onto the basement and marks the beginning of the Triassic sedimentation in the study area. The filling up of the basement paleotopographies by sandstone-like facies and the progressive onlap of these deposits by clays originated from Germanic Basin are pointed out (anhydritic clays, showing confinement sequence of shale-anhydrite type, overlaid by sandstone-dolomitic clays). An uranium enriched level characteristic of a condensed section marks the top of the Intermediate Clays or their sandstone-like equivalents. This level can be correlated with the radioactive level recognized above the Beaumont Dolomite in the eastern part of the Paris Basin and with the "Lehrberg Bänke" of the eastern Germanic Basin. Then, the sandstone-dolomitic clays is supposed to be the lateral equivalent of the Beaumont Dolomite. The sandstone-like facies laterally evolve into the anhydritic clays which probably correspond to the "Grès à roseaux".

The **Chaunoy Sandstones** characterize a continental depositional environment. The dolomitic facies are attributed to a pedologic duricrust. This formation is referred to an alluvial fan sedimentation, with WSW-ENE striking axis. The terrigenous deposits are WSW originated and become less important at the top of the formation, whereas the dolomitic paleosols are generalized and display locally a very important thickness (21 m). This observations show evidence of a positive megasequence of sandstone-paleosol type.

In the Sommital Clays, correlations are difficult because of the enlarged boreholes. However, the sandstone second unit recognized in this formation (western part of the studied zone) would be an equivalent of the Rhaetian Sandstones of the eastern part of the Paris Basin.

Mots Clés : Trias, centre-ouest Bassin de Paris, Faciès différenciés, Anhydrite, Séquence séquentielle, Corrélations diagraphiques, Dolocroûte, Cône alluvial, Intervalle condensé.