

**BUREAU DE RECHERCHES
GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES**

**SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL
Département carte géologique
et géologie générale**

**DÉLÉGATION GÉNÉRALE
A LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE**

SYNTHÈSE GÉOLOGIQUE DES BASSINS PERMIENS FRANÇAIS

BASSIN DE L'AUMANCE

BASSIN D'AUTUN

BASSIN DE CARENTAN

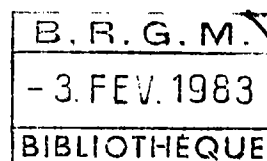
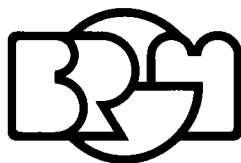
Responsable scientifique : J.J. CHATEAUNEUF

Auteurs :

Bassin de l'Aumance : P. MARTEAU
Bassin d'Autun : J.R. DISNAR et P. MARTEAU
Bassin de Carentan : A. L'HOMER et Cl. PAREYN

avec la collaboration de

M. BOURRAT, G. FARJANEL et R. FEYS



Compte rendu de fin d'études
d'une recherche financée
par la
Délégation générale à la recherche
scientifique et technique

*ACTION CONCERTÉE : Valorisation des ressources
du sous-sol*

Rapport du B.R.G.M.

82 SGN 994 GEO

Thème : *Guides de prospection*
Contrat programme 1980

INTRODUCTION

Dans le cadre du contrat de Programme signé en 1980 entre le B.R.G.M et la D.G.R.S.T. sur le thème: Valorisation des Ressources du Sous-Sol, le sous-thème Guides de Prospection comprenait plusieurs sujets de recherche dont l'étude des bassins permien faisait partie. A la suite d'une première phase de travaux essentiellement consacrée à l'étude du Permien du Sud du Massif Central français, le programme du présent contrat de programme se proposait d'aborder la bordure septentrionale du Massif Central et les bassins épicontinentaux permien appartenant à des domaines paléogéographiques différents, en particulier celui du Cotentin. C'est dans ce cadre qu'ont été menées les études des bassins de l'Aumance (Allier), d'Autun (Saône et Loire) et de Carentan (ou bassin du Plessis) (Cotentin).

La géologie du bassin de l'Aumance, qui avait été décrite dans le précédent rapport, a été complétée par l'étude de la géochimie organique en relation avec les minéralisations uranifères. Pour ce qui est du bassin d'Autun un exposé complet des résultats des recherches est fourni sur la géologie et la géochimie des principaux indices découverts. Il en est de même pour le bassin de Carentan, dont les résultats exposés ici sont tout à fait nouveaux et constituent la première synthèse du Permien dans cette région.

Ce programme a été mené avec la collaboration de l'Université de Caen et l'Université de Nancy. Il fait largement appel par ailleurs aux résultats des recherches en prospection menées sur les schistes bitumineux de France avec l'aide de la D.G.R.S.T.

RESUME

L'étude du bassin permien de l'Aumance comporte deux parties:

- La première concerne l'analyse détaillée du contenu et des variations d'un niveau carboné caractéristique, puisqu'il s'agit du faisceau des schistes bitumineux situé dans la partie supérieure de l'Autunien gris, au Centre et au Sud du bassin.

- La seconde partie a été tirée des travaux très complets de G. CAPUS sur les liaisons matière organique - uranium, avec comme exemple l'analyse fine, pétrographique et géochimique, des niveaux argilo-carbonés porteurs des minéralisations. Ces niveaux sont localisés dans un secteur particulier du bassin, la zone de Cérilly, constituant un " golfe " marécageux à sédimentation assez grossière, alors que dans le reste du bassin, le milieu lacustre, même confiné, a un rôle diluant sur le stock uranifère.

En ce qui concerne le bassin d'Autun, les sédiments étudiés ont été replacés dans leur contexte géologique, variant selon la position dans le bassin et la situation dans la série autunienne.

L'analyse des échantillons de ce bassin a porté sur leur contenu organique et minéral: la matière organique extraite des niveaux bitumineux appartient aux lignées d'origine algo-sapropélique lacustre, libéro-ligneuse continentale, et mixte, sporo-pollinique; elle a été analysée par chromatographie et pyrolyse. Par ailleurs, les extraits kérogène ont été dosés du point de vue géochimique et les résultats comparés à ceux de la géochimie sur roche non traitée.

.../...

Une étude pétrographique préalable des échantillons permet, conjointement à l'examen des palynofaciès, de mieux cerner l'environnement sédimentaire et ses variations dans le contexte continental détritique du bassin, ainsi que l'influence des organismes qui y vivaient et d'expliquer ainsi en partie les concentrations ou les différences de teneurs remarquées dans les dosages des éléments traces.

Enfin l'étude Permo-carbonifère du Bassin de Carentan (Cotentin) nous amène à entreprendre l'analyse des séries permienes de la bordure orientale du Massif Armoricaïn, rompant ainsi avec les études précédentes qui concernaient essentiellement les bassins limniques ou épicontinentaux liés au socle du Massif Central français. Les affleurements très médiocres de cette région, la structure très complexe de ce bassin et la rareté des informations sur la géologie profonde nous ont amené à procéder à une cartographie détaillée, et à une analyse et une réinterprétation très poussée des documents et sondages anciens. Ainsi, une succession lithostratigraphique comprenant cinq unités a pu être dégagée, qui est attribué à un ensemble Autunien gris et Autunien rouge. Le volcanisme bien marqué au Carbonifère, persiste au Permien sous forme de basaltes, de tufs et cinérites. Les limites d'extension du bassin permien et une esquisse paléogéographique des principales séries définies ont été établies à partir de la cartographie, des données de sondage et du schéma structural dynamique. La biostratigraphie, essentiellement abordée sous l'angle de l'analyse palynologique n'a fourni que peu de résultats permettant des corrélations à longue distance avec les bassins permien du Massif Central et avec le Permien de Grande-Bretagne. Elle confirme l'âge Autunien des cinq unités lithostratigraphiques définies.

S O M M A I R E

A - BASSIN DE L'AUMANCE

1 - PRESENTATION DU BASSIN

- a) - Cadre géologique
- b) - Stratigraphie et structure du bassin

2 - LE FAISCEAU DES SCHISTES BITUMINEUX

- a) - Lithologie et corrélations
- b) - Echantillonnage et analyses

3 - SYNTHESE DES DONNEES CONCERNANT L'EPAISSEUR ET L'EXTENSION DU FAISCEAU BITUMINEUX

- a) - Epaisseur du faisceau bitumineux
- b) - Extension du faisceau bitumineux

4 - L'URANIUM DANS LA SERIE DE L'AUMANCE

- a) - Indications sur la fertilité du socle
- b) - Aspects de la relation U - matière organique dans les sédiments fins: exemple de sédiments de Cérilly
- c) - Position des anomalies

5 - PRINCIPAUX RESULTATS DE L'ETUDE GEOLOGIQUE, GEOCHIMIQUE ET MINERALOGIQUE DES SEDIMENTS URANIFERES DE L'AUMANCE

- a) - Données géologiques
- b) - Echantillonnage et analyses: répartition de U dans les sédiments
- c) - Géochimie des sédiments de L'Aumance

6 - CONCLUSIONS SUR LES RELATIONS SEDIMENTOLOGIQUES MATIERE ORGANIQUE - URANIUM DANS LE BASSIN DE L'AUMANCE

LISTE DES PLANCHES, DES FIGURES ET DES TABLEAUX

- Fig. 1 - Situation géologique et géographique des bassins permocarbonifères du Nord du Massif Central
- Fig. 2 - Coupe synthétique de la série autuno-stéphanienne de l'Aumance
- Fig. 3 - Isohypses du lien blanc et isopaque 1m de la couche du toit
- Fig. 4 - Coupe schématique Nord-Sud
- Fig. 5 - Relation U total et U indépendant de la matière organique
- Fig. 6 - Corrélations entre sondages dans le Nord du bassin
- Fig. 7 - Position lithostratigraphique des passées minéralisées des sondages de Cérilly
- Fig. 8 - Taux de subsidence relatifs et minéralisations dans le bassin de Cérilly
- Fig. 9 - Distribution de l'uranium dans les sédiments du bassin de l'Aumance
- Fig. 10 & 11 - Sédiments de Cérilly et de Bourbon dans un diagramme $K_2O - Na_2O - MgO$
- Fig. 12 - Evolution des teneurs en Na et du rapport K/Na dans la série de l'Aumance
- Fig. 13 - Distribution de U et Ca dans la série de l'Aumance
- Fig. 14 - Uranium, matière organiques et sédimentation
- Tab. 1 - Dosages des hydrocarbures
- Tab. 2 - L'uranium dans quelques roches du socle de l'Aumance
- Tab. 3 - Répartition de l'uranium par lithofaciès
- Tab. 4 - Répartition de l'uranium par lithofaciès selon les zones
- Tab. 5 - Comparaison des teneurs en U de Cérilly et de Bourbon
- Tab. 6 & 7 - L'uranium dans la série de Cérilly et de Bourbon; teneurs en ppm

Planches hors texte

- Carte géologique à 1/ 50000°
- Evolution du faisceau bitumineux du Sud au Nord: relations lithologie - teneurs en hydrocarbures

.../...

B - BASSIN D'AUTUN

1 - CADRE GEOLOGIQUE DE L'ETUDE

- a) - Cartographie détaillée
- b) - Contribution à la stratigraphie du bassin

2 - SEDIMENTOLOGIE

- a) - Etude d'une séquence type
- b) - Manifestations du volcanisme

3 - LOCALISATION DES ECHANTILLONS DANS LEUR CONTEXTE GEOLOGIQUE

- a) - Echantillons de sondage
- b) - Echantillons de terrain

4 - ETUDES ET ANALYSES DES ECHANTILLONS

- a) - Examens microscopiques (pétrographie et réflectométrie)
- b) - Analyses géochimiques

5 - CONCLUSIONS SUR LE BASSIN D'AUTUN

LISTE DES FIGURES ET PLANCHES

- Fig. 1 - Stratigraphie du Permo-Carbonifère du Bassin d'Autun
- Fig. 2 - Zones palynologiques du bassin d'Autun
- Fig. 3 - Bassin d'Autun: séquence 212 - 206 m (sondage VAR.1)
- Fig. 4 - Composition chimique des échantillons du bassin d'Autun
- Fig. 5 - Caractérisation des échantillons étudiés par la méthode Rock-Eval
- Fig. 6 - Diagramme IH-IO pour les échantillons analysés
- Fig. 7 - Composés organiques extraits par le chloroforme
- Fig. 8 - Caractéristiques principales des chromatogrammes des fractions hydrocarbures saturés

.../...

- Fig. 9 - Teneurs de composés extractibles par le chloroforme en fonction de l'index de production
- Fig.10 - Comparaison des rapports Pr/Ph et des index d'hydrogène
- Fig.11 - Eléments métalliques extraits par décarbonatation
- Fig.12 - Résultats de l'analyse élémentaire des extraits Kérogène
- Fig.13 - Teneurs en éléments traces dans les extraits Kérogène
- Fig.14 - Carte des teneurs en uranium mobile

Planche hors texte

- Carte géologique du bassin à 1/50000°

C - BASSIN DE CARENTAN

- I - PRESENTATION DU BASSIN
- II - SUCCESSION LITHOSTRATIGRAPHIQUE DE L'AUTUNIEN DU BASSIN DE CARENTAN
- III - LE VOLCANISME PERMIEN
- IV - LES LIMITES D'EXTENSION DU BASSIN PERMIEN
- V - ESQUISSE PALEOGEOGRAPHIQUE
- VI - SCHEMA STRUCTURAL
- VII - CONCLUSIONS

LISTE DES ANNEXES

- Annexe 1 Historique des travaux de reconnaissance
- Annexe 2 Bassin permien de Carentan
- Annexe 3 Etude pétrographique d'échantillons permien
- Annexe 4 Informations concernant les sondages

Planches hors texte

1. Carte géologique du Bassin de Carentan 1/ 100 000^e
2. Coupe lithostratigraphique du sondage de Port-Ribet à 1/ 200^e
3. Carte des différentes séries permienes affleurantes à 1/ 100 000^e
4. Coupe récapitulative des sondages Li (Campagne CFMU)
5. Carte structurale

BASSIN DE ... L'AUMANCE

Auteur: P. MARTEAU (1)

*Données de G. CAPUS tirées de sa thèse d'Ingénieur - Docteur
pour la Géochimie organique (2ème partie).*

(1) B.R.G.M. - SGN/GEO.

A - BASSIN DE L'AUMANCE

1 - Présentation du bassin

a - Cadre géologique (fig. 1)

Le bassin de l'AUMANCE ne correspond qu'à l'extrémité, actuellement à l'affleurement, d'un vaste ensemble sédimentaire paléozoïque situé sur la bordure Nord du Massif Central, et dont la plus grande partie est recouverte par les formations mésozoïques du Bassin Parisien (Carte géologique - Planche hors texte).

A l'Est, la présence d'une ride d'axe Nord-Sud, la ride de GIPCY - BOURBON L'ARCHAMBAULT, a provoqué la séparation, pendant le Stéphaniens et l'Autunien inférieur, des bassins de l'AUMANCE et de SOUVIGNY, prolongement du sillon houiller.

L'existence de cette ride a contrôlé la sédimentation dans chacun des bassins élémentaires, et on peut considérer qu'elle constitue la limite orientale de l'AUMANCE, au niveau de la formation des schistes bitumineux. A l'Autunien supérieur, la ride a été ennoyée et les deux bassins réunis pour former le bassin de BOURBON-L'ARCHAMBAULT (Carte géologique - annexes A et B).

La bordure Ouest est formée par le horst de l'AUMANCE, avec les granites de CERILLY - TRONCAIS - LOUROUX BOURBONNAIS, et la bordure Sud-Est par les granito-gneiss de MONTMARSAULT - MONTET - TREBAN. Quant à sa limite Nord, elle est actuellement enfouie sous le Bassin Parisien.

Le Stéphaniens affleure au Sud et à l'Ouest du bassin au contact du socle (DENEUILLE - VILLEFRANCHE) tandis que les dépôts autuniens débordent cette aire de sédimentation et reposent directement sur les marges granitiques plus au Nord (pl. hors texte - annexe A).

.../...

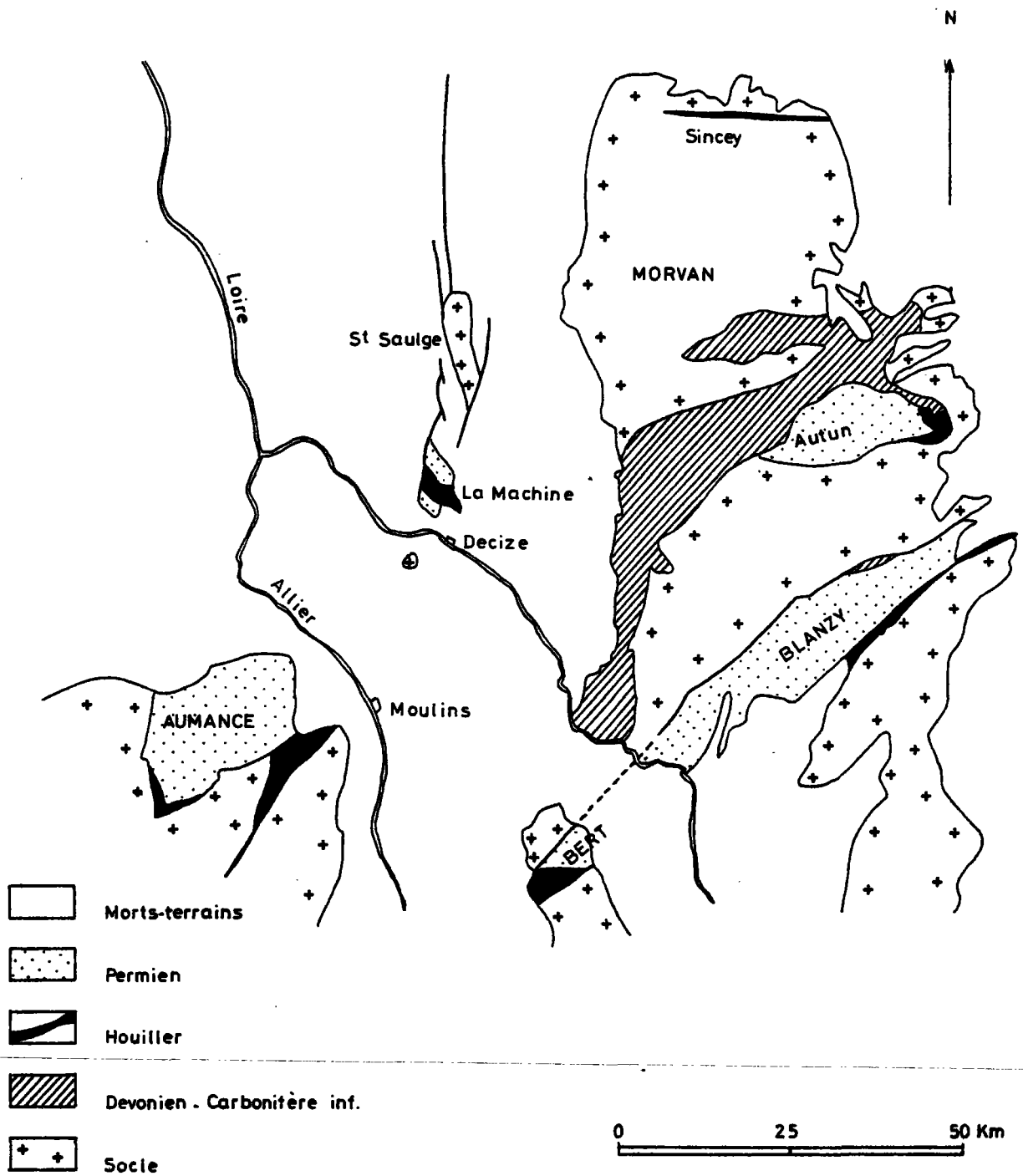


FIGURE 1 : SITUATION GEOLOGIQUE ET GEOGRAPHIQUE DES BASSINS PERMO-CARBONIFERES DU NORD DU MASSIF CENTRAL

b) - Stratigraphie et structure du bassin

- Les grandes formations lithostratigraphiques du Permo-carbonifère, définies par L. BOUGNERES et modifiées par Y. PAQUETTE, se composent des assises suivantes (fig. 2) :

- . Assise inférieure : série grésopélitique contenant de minces filets charbonneux, et assimilée au Stéphanien ayant donné lieu à quelques exploitations de charbon à DENEUILLE, au Sud des affleurements permien. Son épaisseur passe de 140 m dans la zone reconnue par les sondages CdF, à 500 m plus au Nord (sondages COGEMA).
- . Assise de la MOILLERE : débordant sur le Stéphanien, ce sont des terrains gréseux à passées conglomératiques et à minces lits pélitiques contenant une flore "Stéphano-autunienne" ; ces faciès sont développés à l'Ouest du bassin, où ils atteignent 200 m d'épaisseur et diminuent de puissance à l'Est pour disparaître sur la ride de GIPCY (pl. hors texte - annexe A).
- . Assise de BUXIERES : elle est constituée de niveaux grésopélitiques à horizons charbonneux, dont les plus développés forment la "couche du Toit", surmontée par le faisceau des schistes bitumineux, étudié dans ce rapport.
Accompagnant ces niveaux carbonés, s'intercalent des grès plus ou moins conglomératiques à matrice argilo-charbonneuse noire abondante (grès "nougats" ou "demi-deuil" des anciens mineurs).
Cette série se termine par un ensemble de grès arkosiques et d'argilites silteuses verdâtres, contenant deux ou trois bancs dolomitiques, parfois silicifiés, et plus ou moins bitumineux, épais de quelques décimètres à un ou deux mètres (faisceau dolomitique). L'assise de BUXIERES a une épaisseur moyenne de 200 m.
- . Assise de RENIERE : c'est un ensemble de grès arkosiques grossiers à conglomératiques et de pélites grésomicacées bariolées (verdâtres ou lie-de-vin). La partie inférieure, de 200 m de puissance, est baptisée RENIERE A, alors que l'ensemble supérieur, qui contient des horizons dolomitiques et des argilites laminées noires (300 m d'épaisseur) est dénommée RENIERE B dans le Nord du bassin.

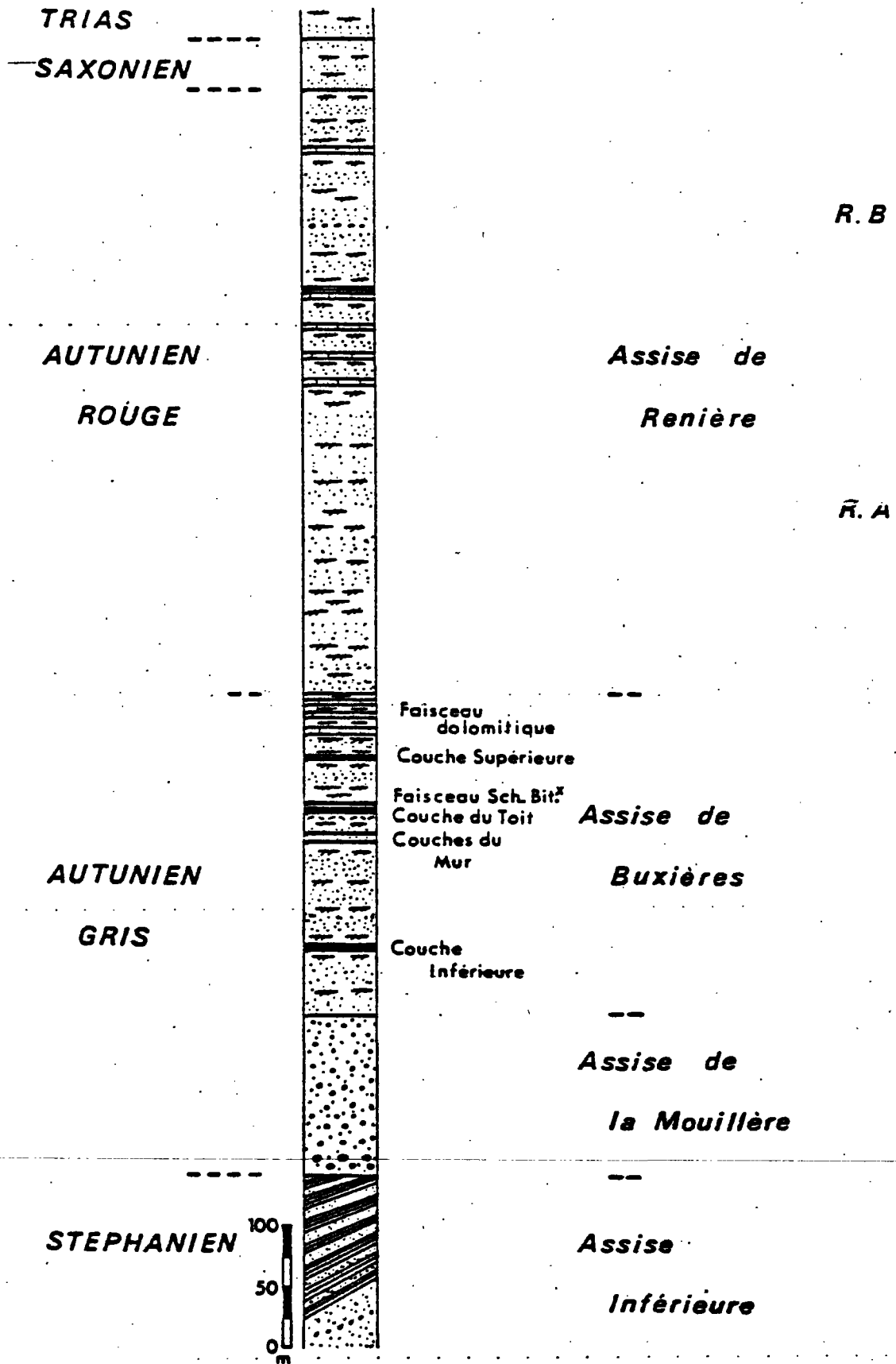


FIGURE 2 : COUPE SYNTHETIQUE DE LA SERIE AUTUNO-STEPHANIENNE DE L'AUMANCE (d'après les sondages H.B.A. et COGEMA).
PRINCIPALES FORMATIONS DE L'ASSISE DE BUXIERES (d'après Y. PAQUETTE, 1980).

Ainsi l'Autunien inférieur gris est constitué des assises de la MOUILLERE et de BUXIERES, tandis que l'Autunien supérieur rouge correspond à l'assise de RENIERE. Cette formation est recouverte au Nord par des grès et pélites du "Saxonien" et par les grès du Trias.

- Le cadre structural

Le bassin de l'AUMANCE - BOURBON L'ARCHAMBAULT est délimité par deux accidents structuraux majeurs : l'accident THENEUILLE - SANCOINS - SANCERRE à l'Ouest, et le Sillon houiller à l'Est. Ces deux tecto-linéaments importants (200 km chacun) ont fonctionné en décrochement sénestre jusqu'au Stéphanien puis ont rejoué en failles normales au Permien, limitant des bassins subsidents, ou des axes volcaniques. Plus localement, c'est un accident subparallèle au Sillon houiller, la faille de MURAT, qui borde le bassin au Sud-Est, dans la région de VILLEFRANCHE (pl. hors texte - annexe A).

La partie méridionale du bassin, actuellement la mieux connue, présente une structure en forme de gouttière synclinale d'axe Nord-Sud, basculée vers le Nord (Y. PAQUETTE 1980 - Fig. 3). Le relèvement des couches à l'Est est dû au prolongement de la faille de MURAT et à la flexuration qu'elle provoque, de même que le relèvement Ouest (faille de THENEUILLE - SANCOINS).

A l'intérieur de la série permienne, de nombreuses failles normales inclinées de 60-70°, de rejet compris entre 10 et 100m, et de direction N 115-125 ou N 50-60, délimitent des panneaux de 250-300 sur 800 à 1000 m en moyenne, qui s'enfoncent ainsi progressivement vers le Nord (fig. 3 - 4).

Dans chaque panneau, les couches de charbon et de schistes sont faiblement inclinées et ondulées, mais s'infléchissent en crochons (20 à 30°) à l'approche des accidents. Ces cassures ont fréquemment une allure en boutonnière, les rejets pouvant s'accroître puis se refermer très rapidement ; leur âge est rapporté au Tertiaire.

2 - Le faisceau des schistes bitumineux (planche hors texte)

a - Lithologie et corrélations

Les niveaux bitumineux ont été observés, pour la partie Sud du

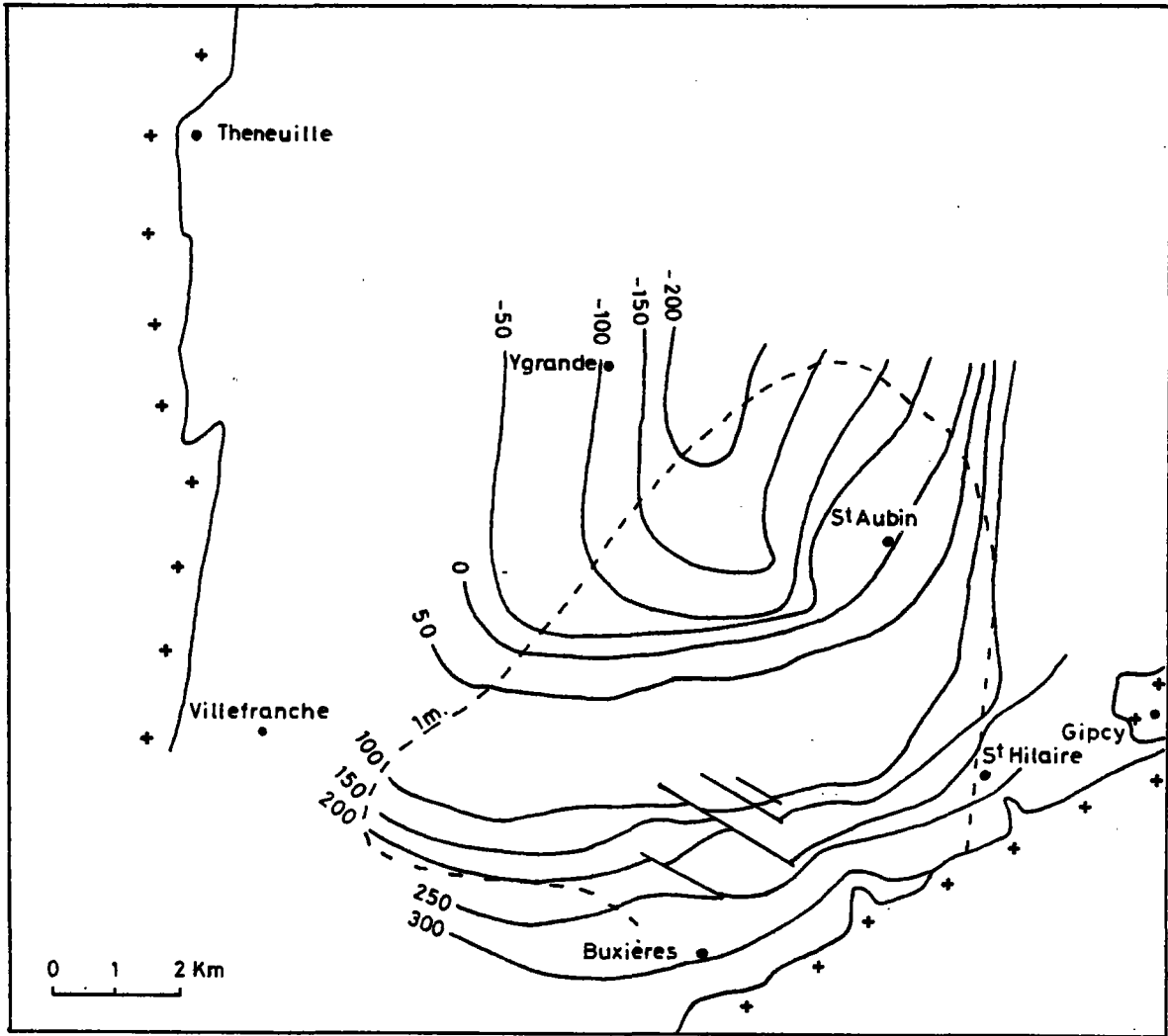


FIGURE 3 : ISOHYPSES DU LIEN BLANC ET ISOPAQUE 1 m. DE LA COUCHE DU TOIT (d'après Y. PAQUETTE)

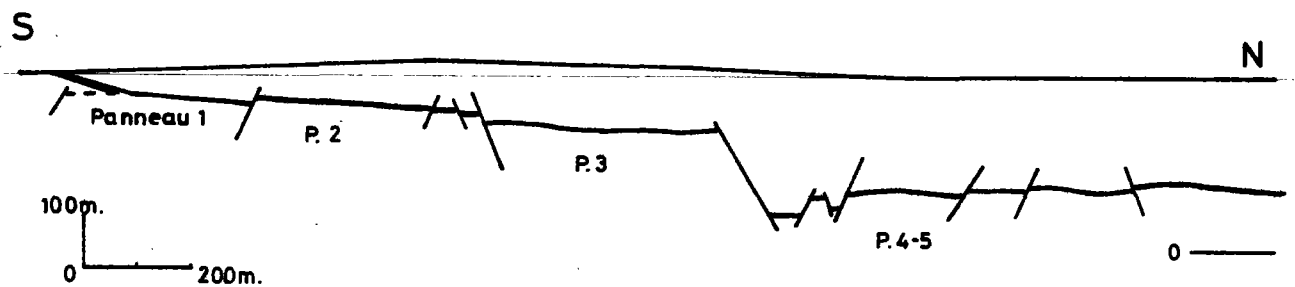


FIGURE 4 : COUPE SCHEMATIQUE ILLUSTRANT L'EFFONDREMENT PROGRESSIF DES PANNEAUX VERS LE NORD (d'après Y. PAQUETTE - documents HBA)

bassin, dans les sondages H.B.A. : ST HILAIRE 11 et 12 (STH 11 - STH 12), ST AUBIN 12 et 14 (STA 12 - STA 14), FONT-PESEE 3 et 7 (FP 3 - FP 7), RENIERE 3 et 4 (RE 3 - RE 4) PIERRIBAUT 2 (PI 2) et GOUERONS 6 (GO 6), ainsi qu'à l'affleurement (découverte des CREUSES) et en mine (Galerie 9 Sud et Recoupe 35). En ce qui concerne la partie Nord du bassin, ce sont les sondages COGEMA (AUM 6 - 10 - 11 - 12 et 13) qui ont été étudiés. La position de ces sondages et de la découverte est reportée sur la carte géologique (planche hors texte).

Dans l'assise de BUXIERES, le faisceau bitumineux est séparé de la couche de charbon sous-jacente (couche du toit) par un niveau d'argilite blanc-beige (lien blanc), et limitée à son sommet par le lien vert : ces deux niveaux épais de un à plusieurs décimètres correspondent à des cinérites ou cendres volcaniques ("gores") déposées uniformément dans le bassin après transport par voie aérienne (Y. PAQUETTE 1980).

Le faisceau comprend généralement les termes ou les ensembles suivants, de la base au sommet :

- . le lien blanc
- . un niveau d'argilite grise à filets charbonneux et présence épisodique de grès grossiers arkosiques, à matrice argilo-carbonée noire ("grès nougats") ; puissance de l'ensemble ≤ 1 m
- . une première couche de "schistes bitumineux" caractéristiques, composée d'argilites noires très riches en matière organique, à écailles et débris de poissons à la base, alternant avec des bancs d'argilite moins carbonée et parfois de fines passées gréseuses. Puissance comprise entre 2 et 3 m
- . une succession plus confuse d'argilites fréquemment carbonatées, plus ou moins riches en matière organique, avec parfois une intercalation de grès nougats atteignant 80 cm d'épaisseur. Cette série de 2 à 4 m de puissance est couronnée par le lien vert, qui n'est pas toujours présent

.../...

- . enfin au-dessus du lien vert, on observe une épaisse série argileuse, parfois encore riche en matière organique à sa base.

Les coupes lithologiques les plus représentatives des sondages étudiés sont figurés sur la planche hors texte, suivant un profil Sud-Nord. Elles permettent de détailler les ensembles qui viennent d'être décrits et de suivre les variations de leurs positions respectives. On remarque plus spécialement que le mur des schistes bitumineux s.s. est généralement constitué par les argilites grises, rarement par des grès nougats, alors que son sommet est moins net (alternance de niveaux plus ou moins carbonés et intercalation de grès nougats).

b - Echantillonnage et analyses

L'échantillonnage des diverses couches constituant le faisceau bitumineux a été réalisé sur tous les sondages étudiés, afin d'observer les différences de teneurs en hydrocarbures en fonction de la nature lithologique et de la position dans le bassin (variations verticales et latérales).

Les dosages effectués sont :

- dosage du carbone organique (105 échantillons)
- dosage des hydrocarbures au Rock-Eval sur 68 échantillons c'est-à-dire ceux dont les teneurs en carbone organique sont supérieures à 5 % et qui contiennent potentiellement le plus d'hydrocarbures. Les échantillons des sondages RE.3 - RE.4 - FP.7 et GO.6 n'ont pas été dosés
- dosage des carbonates (calcite, dolomite) sur 15 échantillons.

Les résultats sont rassemblés dans le tableau ci-après par ordre de profondeur, en commençant par l'affleurement (sens Sud-Nord).

.../...

Origine	Hc libres kg/t	Hc Kérogène kg/t	Hc totaux kg/t	% C.O.	T°c pyrolyse	Index production Hc l/ Hc t	I.H. mg Hc/g.C.O.	I.O. mg Co ₂ /g	% Calcite Dolomite
LES CREUSES (découverte - côte à partir du lien blanc)									
CRA . 1,10 m s.b.	7,8	59,9	67,7	23,27	425	0,11	257	2,1	
CRA . 1,50 m s.b.	7,2	69,2	76,4	24,40	425	0,09	283	3,5	0%ca. 2%do
CRB . 2,00 m s.b.	3,3	83,8	87,1	15,05	429	0,04	557	16,4	
CRC . 2,90 m s.b.	6,2	86,8	93,0	16,57	427	0,07	524	7,0	
CRD . 3,30 m s.b.	8,2	72,5	81,7	18,43	434	0,1	393	2,9	
CRE . 4,00 m s.b.	5,1	84,8	89,9	17,70	427	0,06	479	6,1	
CRF . 5,20 m s.b.	3,3	72,5	75,8	17,96	427	0,04	404	24,4	
CRG . 6,70 m s.b.	3,2	60,7	64,0	23,09	425	0,05	263	39,8	
PIERRIBAUT 2 (sondage)									
131,70 m s.c.	1,1	47,4	48,6	30,32	419	0,02	156	7,4	
130,30 m g.n.	1,4	35,7	37,2	21,88	421	0,04	163	8,2	
129,25 m s.b.	4,4	82,8	87,2	16,01	429	0,05	517	7,4	1%ca. 16%do
128,55 m s.b.	5,6	106,7	112,4	19,60	427	0,05	544	7,6	0%ca. 1%do
127,35 m s.b.	6,3	101,6	107,9	20,57	433	0,06	495	6,4	
125,85 m s.b.	8,5	58,4	66,9	28,57	425	0,13	204	4,0	
124,95 m s.b.	4,3	52,7	56,9	17,41	419	0,08	302	6,4	
FONT PESEE 3 (sondage)									
185,20 m g.n.	4,5	30,5	35,0	18,19	427	0,13	168	4,0	
184,80 m s.b.	8,7	59,6	68,3	19,18	427	0,13	311	3,1	
183,25 m s.b.	7,1	87,3	94,4	15,16	434	0,08	576	4,2	
182,40 m s.b.	6,1	58,0	64,1	11,63	435	0,04	498	4,9	
180,95 m s.b.	2,9	39,3	42,1	6,73	437	0,07	583	5,3	
179,90 m s.b.	8,7	44,8	53,5	21,08	421	0,16	213	2,1	
ST HILAIRE 12 (sondage)									
287,45 m s.b.	4,7	62,6	67,3	16,56	442	0,07	378	2,7	0%ca. 0%do
286,95 m s.b.	5,0	100,0	105,0	14,95	434	0,05	669	4,7	0%ca. 3%do
286,55 m s.b.	2,4	55,3	57,7	12,50	444	0,04	442	4,0	
298,15 m s.b.	2,5	88,4	90,9	13,97	442	0,03	633	4,6	
285,60 m s.b.	2,4	51,7	54,1	11,59	439	0,04	446	4,0	
284,90 m s.b.	2,0	46,9	48,9	10,98	438	0,04	427	3,8	
284,15 m g.n.	3,9	28,9	32,8	9,81	433	0,12	295	2,7	
283,50 m s.b.	1,5	32,9	34,4	8,18	435	0,04	403	3,8	
282,00 m s.b.	3,1	104,1	107,2	13,93	442	0,03	747	4,8	
281,15 m s.b.				3,70					
ST HILAIRE 11 (sondage)									
328,00 m s.b.	2,4	47,3	49,7	9,73	440	0,05	486	3,7	
327,45 m s.b.	3,5	62,7	66,3	11,50	444	0,05	546	3,7	
326,90 m s.b.	3,7	71,7	75,5	13,73	440	0,05	523	4,2	
326,25 m s.c.	6,0	18,8	24,8	8,46	429	0,2	222	2,2	
325,90 m s.b.	4,1	74,4	78,5	15,05	436	0,05	495	5,9	
325,05 m s.b.	2,2	50,5	52,7	9,77	437	0,04	517	5,0	
324,50 m s.b.	2,8	28,3	31,1	6,85	435	0,09	413	2,8	
323,50 m s.b.				4,30					
322,60 m s.c.	4,7	62,6	67,3	16,56	442	0,07	378	2,7	
ST HILAIRE 14 (sondage)									
413,40 m s.b.	3,6	34,8	38,4	10,14	431	0,09	432	4,0	
411,95 m s.b.	12,0	91,6	103,6	18,73	440	0,12	489	3,6	
411,25 m s.b.	5,3	62,9	68,2	13,72	439	0,08	452	4,4	
410,55 m a.c.				3,09					25% . 12%
410,00 m a.c.				3,26					
409,40 m a.c.	3,1	15,5	18,6	5,65	439	0,16	274	5,3	
409,05 m s.b.	5,3	62,0	67,3	15,18	439	0,08	408	4,1	
408,55 m s.b.	10,5	127,7	138,2	25,09	440	0,08	509	3,6	
408,00 m s.b.				4,75					0%ca. 3%do
406,50 m s.b.	5,5	52,0	57,5	12,02	434	0,1	432	4,0	
ST AUBIN 12 (sondage)									
444,60 m s.b.	5,0	55,3	60,3	16,32	433	0,08	339	6,8	
443,55 m s.c.	18,1	42,3	60,4	46,89	423	0,30	90	2,9	
443,05 m s.b.	7,2	62,3	69,5	13,05	436	0,10	477	4,3	
441,95 m s.b.	8,1	62,5	73,3	19,74	429	0,11	330	6,3	0% . 0%
441,55 m s.b.	5,4	71,1	76,5	13,23	429	0,07	537	5,0	0% . 0%
439,30 m s.b.	1,9	18,1	20,0	5,21	435	0,08	458	4,4	
AUM. 11 (sondage)									
A 561,50 m s.b.	5,9	73,9	79,8	11,26	435	0,07	656	10,7	
B 561,10 m s.b.	11,3	71,2	82,5	19,92	435	0,14	357	5,3	
C 560,50 m s.b.	8,13	43,24	51,4	11,62	429	0,16	372,2	6,0	
D 560,60 m s.b.	10,5	83,06	93,6	11,72	435	0,11	709	7,9	
E 559,90 m a.c.				3,60					1% . 55%
F 558,30 m s.b.	4,7	52,4	57,1	7,53	435	0,08	760	4,8	
G 557,15 m s.b.	8,8	106,1	115,0	17,8	438	0,08	596	5,5	
H 508,30 m s.c.				5,28					
J 695,60 m s.c.	0,9	7,4	8,3	13,71	431	0,11	54,2	4,7	
AUTRES RESULTATS									
GALERIE 9 (mine) (Sous lien vert)									
- 3,90 m s.b.	3,2	104,6	107,8	19,88	439	0,03	526	4,7	
- 3,10 m s.b.	3,9	80,3	84,2	21,50	435	0,05	373	3,0	
- 2,70 m s.b.	2,0	21,2	23,2	8,72	439	0,08	244	4,5	
- 2,40 m s.b.	3,4	62,5	65,9	21,47	435	0,05	291	4,1	
- 1,85 m a.c.				4,79					0% . 7,5%
- 1,15 m a.c.				2,67					0% . 35%
- 0,60 m s.b.	2,5	49,8	52,3	14,45	439	0,05	345	3,7	
- 0,45 m s.b.	6,2	95,3	101,5	26,38	438	0,06	361	2,7	
RECOUPE 35 (mine) base du faisceau									
	8,4	109,7	118,0	22,93	438	0,07	478	7,2	
	9,6	148,8	158,4	26,27	441	0,06	566	5,5	
AUM. 13 (sondage)									
A 429,85				1,24					
B 431,60				1,02					
AUM. 6 (sondage)									
A 292,30 m s.c.	0,5	4,7	5,3	14,60	402	0,102	32	6,3	
AUM. 12 (sondage)									
A 492,70 m s.c.	0,3	5,9	6,2	19,97	423	0,05	29	7,3	
AUM. 10 (sondage)									
A 459,60 m s.c.	0,4	11,2	11,6	19,03	420	0,03	59	7,1	
B 458,80 m s.c.	1,3	21,2	22,6	23,77	423	0,06	89	8,0	

s.b. : schistes bitumineux

g.n. : grès nougats

s.c. : schistes carbonneux

a.c. : argilite carbonatée

L'examen de ces résultats met en évidence plusieurs caractéristiques :

- 1) une teneur souvent élevée en carbone organique ;
- 2) des rendements en hydrocarbures libres et en hydrocarbures craqués variables :
 - pour les hydrocarbures libres des valeurs de 5 à 10 kg/t sont fréquemment atteintes
 - les hydrocarbures craqués sont produits en quantités très inégales par rapport aux teneurs en carbone organique.

Ceci implique que l'index de production (hydrocarbures libres/hydrocarbures totaux) peut atteindre des valeurs importantes (0,1 à 0,3), alors que l'index d'hydrogène (rendement en hydrocarbures craqués par g de carbone organique) n'est pas constant, variant de 30 à 750, avec un regroupement vers 500.

On remarque, dans les cas où I.H. est particulièrement faible, qu'il s'agit souvent d'échantillons charbonneux, provenant de la base du faisceau bitumineux, ou encore de niveaux stratigraphiquement différents (AUM 6 - 10 - 11 et 12) : il apparaît donc nettement que la nature de la matière organique, libéro-ligneuse (I.H. faibles) ou algo-sapropélique (I.H. élevés), détermine le potentiel en hydrocarbures. Il est à noter que les niveaux de "grès nougats" à matrice argilo-carbonée, sont également capables de libérer des hydrocarbures (30 à 40 kg Hc/t) ;

3) les températures du maximum de dégagement d'hydrocarbures craqués évoluent légèrement : inférieures à 435° dans les sondages PI2 - FP3 et pour la découverte de CREUSES, elles sont comprises entre 435 et 445°C pour les sondages suivants (sauf dans les échantillons charbonneux de AUM.6 - 10 et 12, ou $400^\circ < t < 425^\circ\text{C}$).

Ceci indique une évolution légèrement plus poussée pour les niveaux se trouvant actuellement à plus de 250 m de profondeur ; cette maturation plus importante de la matière organique est également attestée par une augmentation légère des index de production.

4) les index d'oxygène sont faibles (< 10) excepté pour les deux échantillons les plus superficiels de la découverte des CREUSES, qui ont subi une altération météorique et une légère oxydation de leur contenu organique ;

5) enfin, on constate que les échantillons les plus carbonatés sont dans l'ensemble moins riches en matière organique.

En résumé, la matière organique est assez abondante dans les échantillons analysés ; elle est de nature mixte, libéro-ligneuse et algosapropélique, ce qui se traduit par un rendement variable en hydrocarbures selon les proportions respectives des deux types de constituants.

Cette capacité de formation d'hydrocarbures est également le résultat d'une maturation et d'une évolution du stade fin de catagénèse (au sens pétrolier), légèrement plus poussée pour les niveaux ayant subis l'enfouissement le plus important.

3 - Synthèse des données concernant l'épaisseur et l'extension du faisceau bitumineux - Estimation des réserves

a - Epaisseur du faisceau bitumineux

Le faisceau bitumineux est constitué d'une alternance d'argilites plus ou moins carbonées et d'intercalations de gores et de grès "nougats", ceux-ci n'étant pas stériles et pouvant produire des hydrocarbures. Si l'on considère comme bitumineuse une roche dont la teneur en hydrocarbures est au minimum de 40 à 50 kg/t, on remarque sur les coupes lithologiques que ces valeurs sont atteintes sur des épaisseurs de 4 à 7 m.

Compte-tenu de la présence des niveaux d'argilites grises moins carbonées, ou noires et plus riches en hydrocarbures, ainsi que des intercalations stériles (gores ou carbonates), on peut estimer qu'une teneur moyenne de 50 kg/t est obtenue sur l'épaisseur totale, soit sur 6 m en moyenne pour les niveaux étudiés. Si on fixe maintenant à 70-80 kg/t une limite d'exploitabilité, les couches de schistes les plus riches en hydrocarbure se restreignent à la base du faisceau et leur épaisseur se réduit à 3 m en moyenne (de 1 m pour AUM.11 à 4 m pour STA.14).

L'épaisseur des schistes bitumineux n'est donc pas, comme pour le charbon, liée à la lithologie des couches mais à la limite arbitraire qui est fixée par les teneurs en hydrocarbures. Il est donc délicat de tracer des isopaques du faisceau bitumineux car :

.../...

- 1) les teneurs en hydrocarbures ne sont connues que pour un petit nombre de sondages et elles sont ponctuelles, alors qu'il faudrait doser la totalité de la couche ;
- 2) la limite inférieure des teneurs globales à prendre en compte n'est pas fixée.

Néanmoins, une carte d'isopaque a été réalisée dans le rapport G.E.R.B. mais elle est basée uniquement sur des descriptions lithologiques.

b - Extension du faisceau bitumineux (Carte géologique hors texte)

L'extension du faisceau bitumineux est relativement bien connue. Les sondages étudiés montrent son évolution Nord-Sud : en partant de l'affleurement, il n'y a pas de variations notables jusqu'au sondage STA.12 puis on observe un changement de faciès assez rapide en 1 km, entre STA.12 et AUM.11, avec l'apparition de niveaux dolomitiques appauvris en matière organique, et qui réduisent pratiquement la couche à un mètre, dans la partie inférieure du faisceau, malgré quelques enrichissements, au-dessus de grès nougats.

Les autres sondages, AUM.10 et AUM.12 au Nord, AUM.6 - 8 et 13 à l'Ouest, sont éloignés de AUM.11 (6 km pour AUM.10 et 12, 2 à 6 km pour AUM. 6 - 8 et 13) ; on ne retrouve dans aucun d'entre eux l'équivalent du faisceau bitumineux, qui se stérilise donc entre AUM.11 et AUM.6 vers le horst de l'Aumance à l'Ouest, et qui devient probablement dolomitique puis stérile vers le Nord.

La limite d'extension du faisceau vers l'Ouest est peu précise par manque de sondages ; celui-ci est cependant signalé dans les sondages YGR.1 et AUM.2 (entre 153 et 160 m, dans une zone tectonisée) et il se stérilise pratiquement au niveau de AUM.4.

Au Sud, la formation couche du toit-faisceau bitumineux affleure le long d'une bande Est-Ouest passant par Buxières (exploitation de charbon à ciel ouvert des CREUSES).

Enfin, vers l'Est, le faisceau se stérilise sur la ride de GIPCY (planche hors texte - annexe A) ; une assez grande densité de sondages permet de le resituer au niveau de STA.7 et 3 au Nord, STH.3 et 4 au Sud, puis il disparaît rapidement (STA.4 et STH.2).

.../...

4. - L'uranium dans la série de l'Aumance

Les relations U matière organique dans les sédiments autuniens de l'Aumance (région de Cerilly, au Nord-Ouest du bassin) ont été particulièrement étudiées par G. CAPUS (1979).

Après avoir mis en évidence la position particulière des minéralisations au sein de la série détritique autunienne, il effectue une analyse géochimique fine du matériel uranifère afin de mieux en dégager l'aspect métallogénique.

a) Indications sur la fertilité du socle

Les affleurements du socle étant de mauvaise qualité autour du bassin de l'Aumance, des analyses ont été effectuées sur des échantillons de granite de Cerilly (Carrière des Chenus) et sur des galets de socle non altérés trouvés en sondage situés en bordure du bassin.

L'uranium fixe et l'uranium mobile, facilement lessivé par une solution acide diluée, ont été dosés; dans les échantillons oxydés l'uranium mobile diminue fortement. Les teneurs totales de ces roches indiquent qu'une potentialité uranifère existe dans les roches granitiques du socle de l'Aumance (Tableau 2)

Echantillon	U total ppm	U mobile ppm	U fixe ppm
Granite de Cérilly (Chenus) grain fin faciès	11,1 10,85	6,3	4,7
Granite de Cérilly (Chenus) grain fin faciès rouillé	8,15 7,5	3,2	4,8
Sondage Granite à grain fin type Cérilly	26,6 24,2	- 8,8	- 15,4
Sondage Granite à grain fin type Cérilly faciès rouillé	6,21 6,00	- 1,00	- 5,00
Sondage Granite pegmatique à deux micas	18,0 18,3	- 15,1	- 3,20

TABLEAU 2

L'uranium dans quelques roches du socle de l'Aumance.

b) Aspects de la relation U matière organique dans les sédiments
fins: exemple de sédiments de Cérilly.

Le rôle de la matière organique dans le piègeage de l'uranium lors des phénomènes de réduction a été mis en évidence par de nombreux auteurs (GARRELS R.M. et POMMER A.M., 1959 - KOCHENOV A.V. et al., 1977): cependant, ce n'est pas la quantité de matière organique disponible qui déterminera la fixation d'uranium dans une roche, mais la teneur d'uranium en solution - (0,1% de c. organique peuvent réduire 1% d'u.met).

Ajoutés aux effets d'absorption sur les substrats chimiques, la réduction des uranyles aura pour effet de stabiliser l'uranium dans la roche. En effet, il apparaît que dans les sédiments carbonés récents (tourbe) la capacité d'absorption de l'uranium sous forme d'uranyle est importante car la fixation se fait sur les acides humiques; pendant la diagenèse cette faculté de fixation disparaît avec la dégradation des acides humiques.

Exemple de fixation expérimentale de l'uranium en fonction du rang des charbons (MARTIN - CALVO M., 1974):

	% d'uranium retenu de façon stable
Tourbes	24 %
Lignite (faible rang)	12 %
Lignite (rang moyen)	5 %
Lignite (haut rang)	0,4 %
Houilles (faible rang)	0,1 %

Dans le cas des sédiments argilo-carbonés de Cérilly, la distribution de l'uranium est très hétérogène:

- . uranium lié à la matrice phylliteuse de la roche (qui semble également contenir de la matière organique).
- . uranium lié aux sulfures (pyrite).

. uranium lié aux débris organiques, d'une part dans la matière organique, d'autre part dans des vides cellulaires à remplissage de phyllite et de silice.

Ces différents sites sont d'importances inégales; en outre, plus la teneur en uranium est élevée plus la quantité d'uranium indépendant de la matière organique est grande. (Fig.5, après séparation densimétrique).

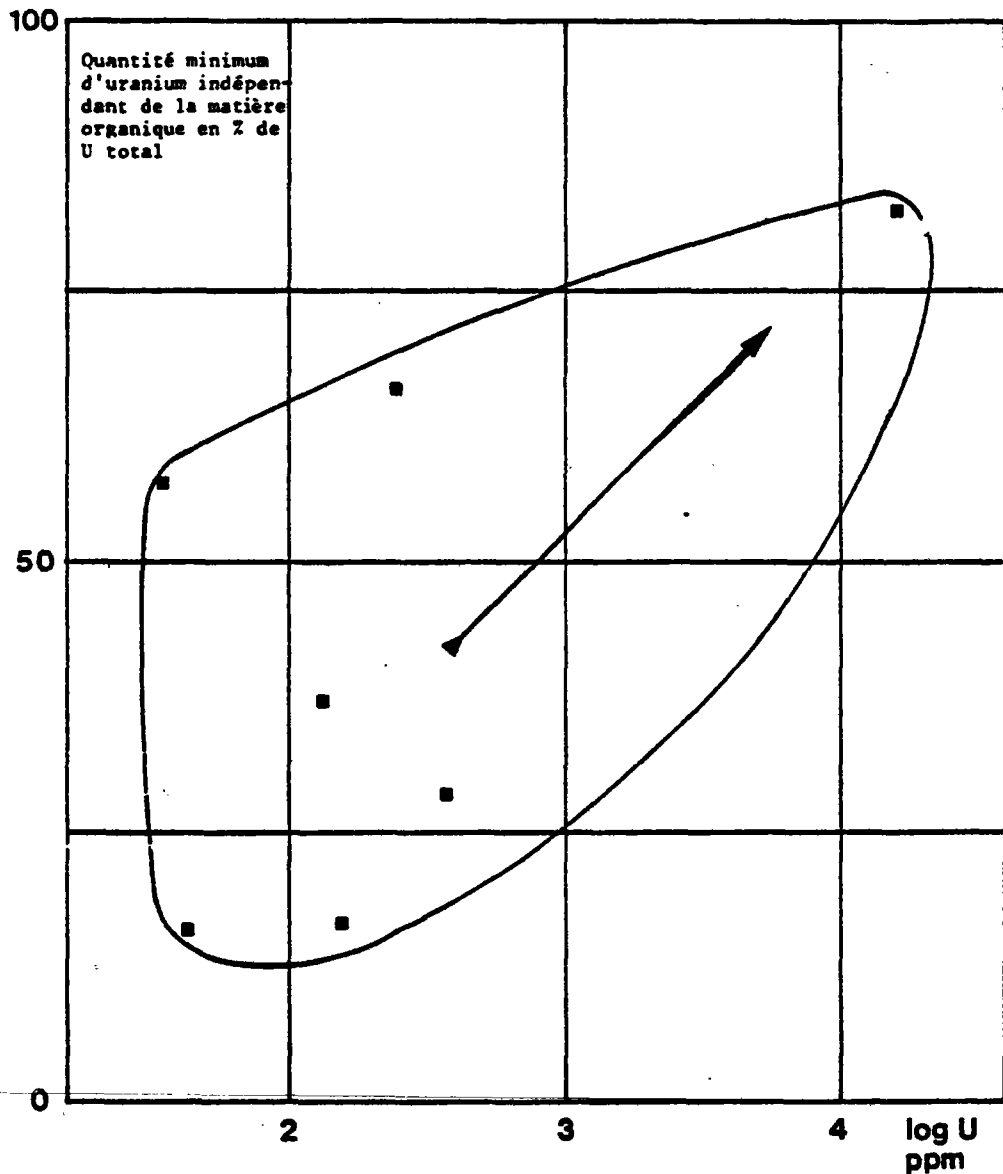


Fig.5 - Relation entre uranium total et quantité minimum d'uranium indépendant de la matière organique pour quelques sédiments de Cérilly.

G. CAPUS, 1979.

Dans ce cas, l'uranium est précipité avec les sulfures ou absorbé jusqu'à saturation dans les sites matriciels de la roche; ces processus sont précoces (dépôt) ou plus tardifs (remobilisations).

c) Position des anomalies

Deux sondages effectués l'un dans le secteur de Cérilly (CRL - 90-S) l'autre plus au centre dans le Bassin de l'Aumance (AUM-6), contiennent des niveaux à matière organique abondante, correspondant aux minéralisations principales.

La figure 6 montre les différents faciès caractéristiques de chaque sondage, avec le pourcentage de rudites (conglomérats et grès grossiers), ainsi que les corrélations établies d'après les séquences positives et la position des niveaux carbonés à U :

- dans le sondage CRL 90 S, au-dessus du Stéphanien essentiellement conglomératique, on trouve une formation intermédiaire qui contient les niveaux carbonés minéralisés en U, avec à son mur un passage conglomératique très net, puis une petite reprise conglomératique.
- dans le sondage AUM-6 on distingue, au-dessus d'un puissant épisode conglomératique (série de la Mouillère) une série plus fine avec un conglomérat au milieu (série inférieure de Buxières) puis la formation des schistes carbonés de Buxières, qui contiennent les minéralisations.

La relation stratigraphique entre les deux anomalies uranifères principales, situées au sommet des mégaséquences positives, fournit une " forte présomption en faveur d'un événement contemporain de la sédimentation de ces niveaux uranifères ". (G. CAPUS, 1979).

5. - Principaux résultats de l'étude géologique, géochimique et minéralogique des sédiments uranifères de l'Aumance.

a) Données géologiques

Les gisements actuellement répertoriés sont situés dans la zone de Cérilly, tandis que dans le reste du bassin les indices sont plus rares et localisés à la bordure ouest le long de la faille de Theneuille, dans des faciès voisins de ceux de Cérilly.

Le trait commun aux indices de l'ensemble du bassin est leur liaison avec des niveaux fins de pelites riches en matière organique; à Cérilly les fortes teneurs s'observent dans des faciès gréseux à minéralisations de sulfures et présence fréquente de matière organique (trous silicifiés ou pyritisés).

G. CAPUS signale également des minéralisations oxydées à phosphates (autunite, sabuggalite) et sulfurées réduites à la limite de fronts d'oxydo-réduction.

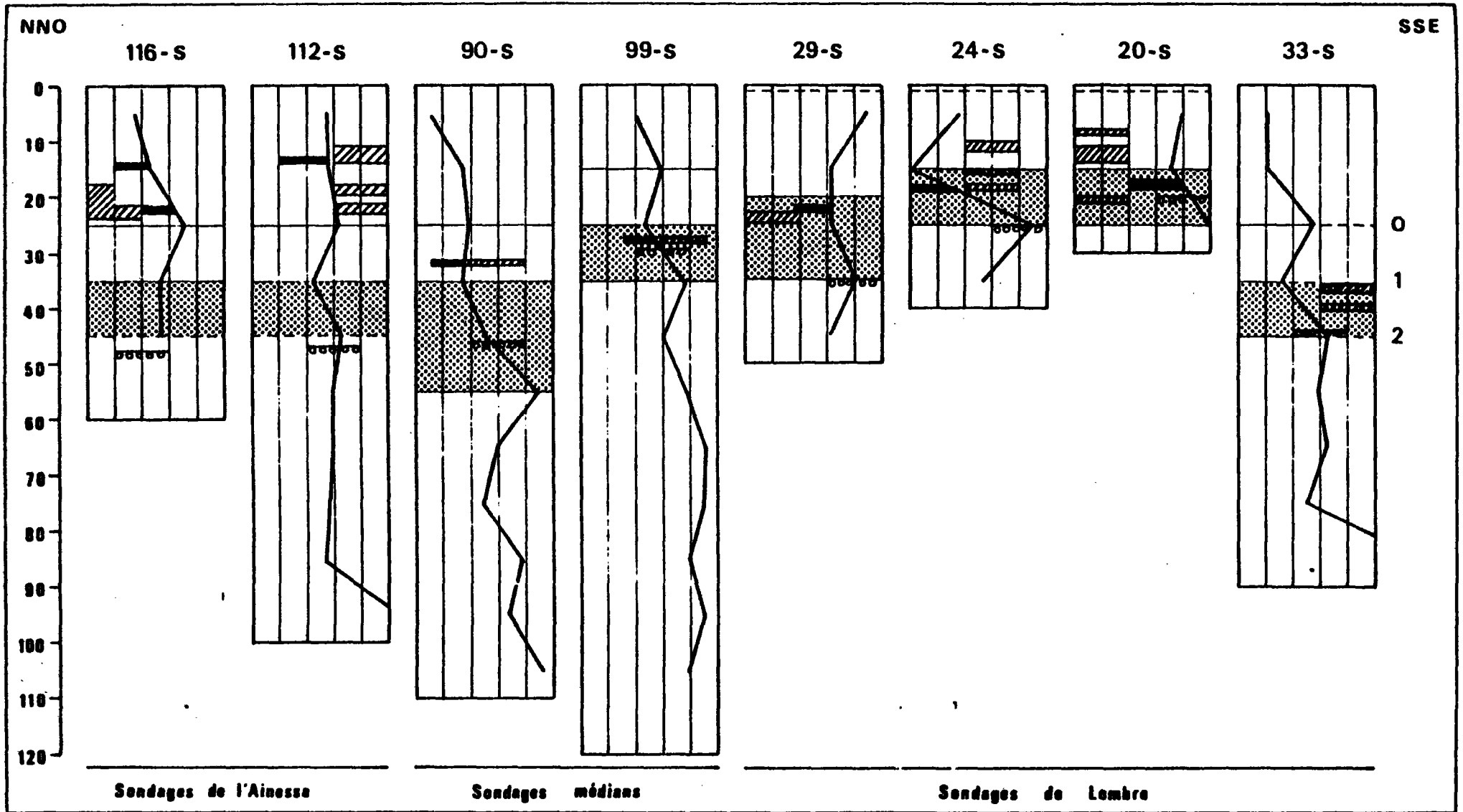
- Dans le détail, la distribution des teneurs semble guidée par la lithologie, d'où le rôle important des structures sédimentaires alors que les structures tectoniques contrôlent les minéralisations à l'échelle du gisement; il existe également des phénomènes tectoniques synsédimentaires contrôlant les structures sédimentaires.

- Les sondages réalisés dans le Bassin de Cérilly ont pu être correlés d'après leur pourcentage de rudites, qui coïncide en diminuant avec un maximum relatif de faciès fins contenant les principales anomalies en U. Les niveaux porteurs de minéralisations sont au voisinage de couches riches en matière organique; ils forment deux zones situées plus ou moins haut par rapport aux conglomérats (Figure 7), et qui constituent des " nappes de matières organiques " d'après G. CAPUS. Ces nappes sont replacées dans l'évolution des apports détritiques dans le bassin d'après l'analyse séquentielle.

- Les taux de subsidence relatifs calculés entre sondages, par rapport au sondage 90-S, montrent ainsi que dans les séries les plus épaisses les minéralisations sont absentes ou très faibles; reportés dans la figure 8, ces taux de subsidence indiquent l'enfoncement rotationnel d'un panneau faillé (sondages 99-S et 115-S), et la faible subsidence du secteur sud (sondages 24 - 29 - 33 S).

Le bassin de l'Aumance au Sud de Cérilly se comporte comme une zone plus subsidente, et il n'est pas minéralisé comme les petits fossés à Cérilly.

Donc, bien que les accumulations massives de matière organique soient représentées surtout dans le Bassin de Bourbon (charbon) et qu'elles soient disséminées dans les argilites dans les zones les plus subsidentes de Cérilly, c'est dans les séries condensées des zones peu subsidentes que sont cantonnées les minéralisations uranifères; la relation sédimentologique entre minéralisations et matière organique ne dépend alors pas de la quantité globale de cette dernière.






-  Uranium
-  Matière organique très abondante
-  Premier conglomérat massif rencontré par le sondage

Figure 7 - Position lithostratigraphique des passes minéralisées des sondages de Cérilly.

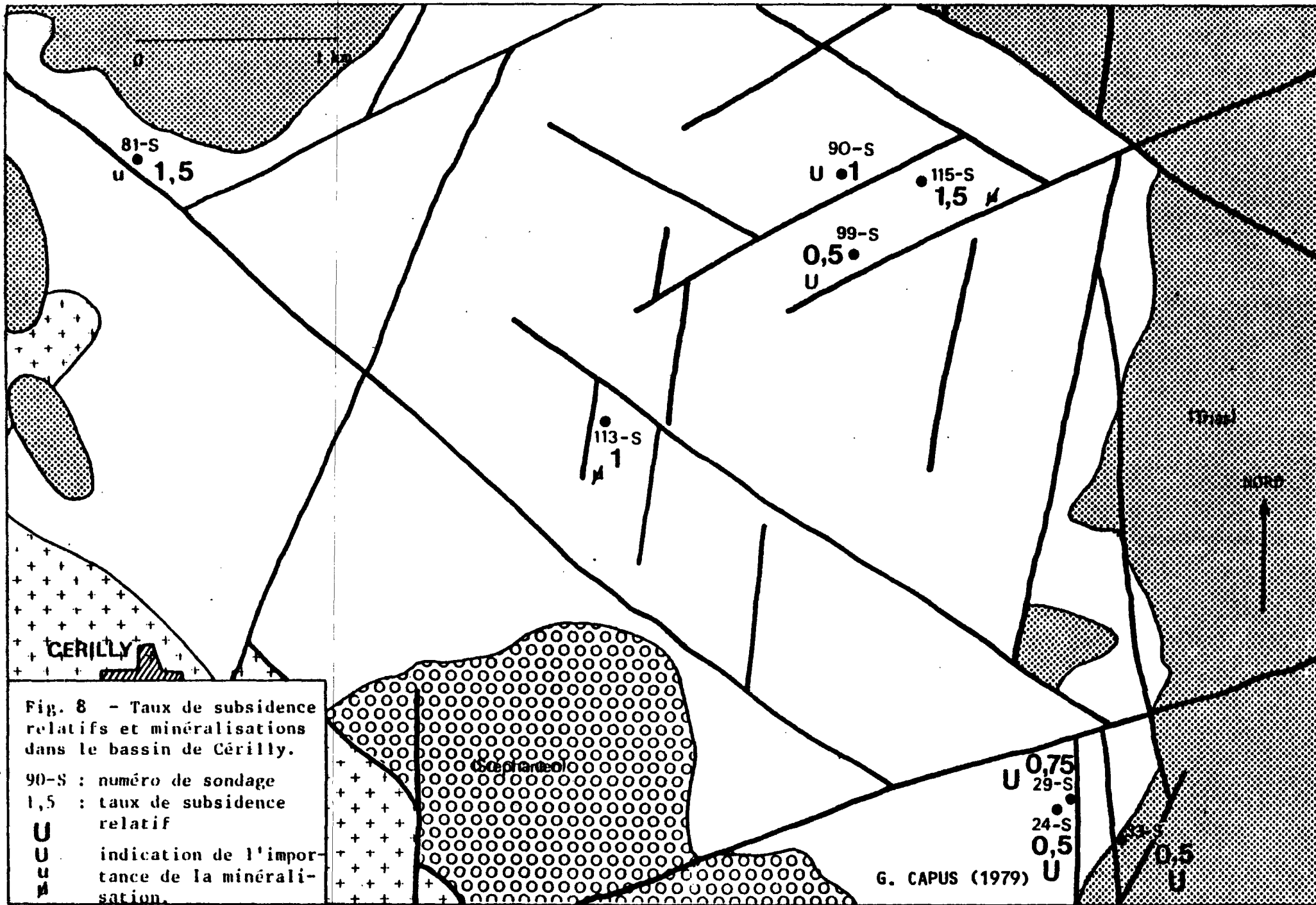


Fig. 8 - Taux de subsidence relatifs et minéralisations dans le bassin de Cérilly.

90-S : numéro de sondage
 1,5 : taux de subsidence relatif

U indication de l'importance de la minéralisation.

b) Echantillonnage et analyses

Les échantillons proviennent des sondages CRL-90-S (103 éch.) pour la zone de Cérilly, et de AUM-6 (76 éch.) pour le bassin de Bourbon l'Archambault.

L'échantillonnage étant resserré autour des principales anomalies radioactives, trois types de faciès ont été distingués:

- Conglomérats et grès grossiers (c.g.)
- Grès et silts (g.s.)
- Silts, pelites, faciès fins divers (s.p.).

En réalité les faciès sont souvent hétérogènes, avec des alternances fines de grès et argilites, mais ce type d'échantillonnage reste identique sur toute la série. De plus, les caractéristiques sédimentologiques des secteurs de Cérilly et de Bourbon sont différentes, ce dont il faut tenir compte dans les résultats.

c) Répartition de l'uranium dans les sédiments

Dans le tableau 3, les valeurs moyennes et médianes des teneurs en U par type de faciès et par zone de bassin montrent un enrichissement très net de ces sédiments par rapport aux teneurs moyennes relevées dans la littérature, et par conséquent révèlent une potentialité uranifère pour ces bassins.

On remarque que les faciès grossiers ont des médianes équivalents à Cérilly et Bourbon (relative homogénéité des apports grossiers) tandis que ces valeurs s'élèvent beaucoup plus dans les faciès arénitiques et argileux de Cérilly que dans ceux de Bourbon.

TABLEAU 3
Répartition de l'uranium par lithofaciès
Sondage CRL-90-S et AUM-SG-6

Lithofaciès		Conglomérats grès	Grès silts	Silts pé-lites	Total indéf-érence
C E R I L L Y	Nombre d'échantillons	32	29	41	102
	Moyenne (ppm)	21,0	25,4	214	99,8
	Médiane (ppm)	6,5	10,4	39	13,2
B O U R B O N	Nombre d'échantillons	17	22	37	76
	Moyenne (ppm)	7,2	11,1	35	21,8
	Médiane (ppm)	6,7	7,6	10,4	8,1

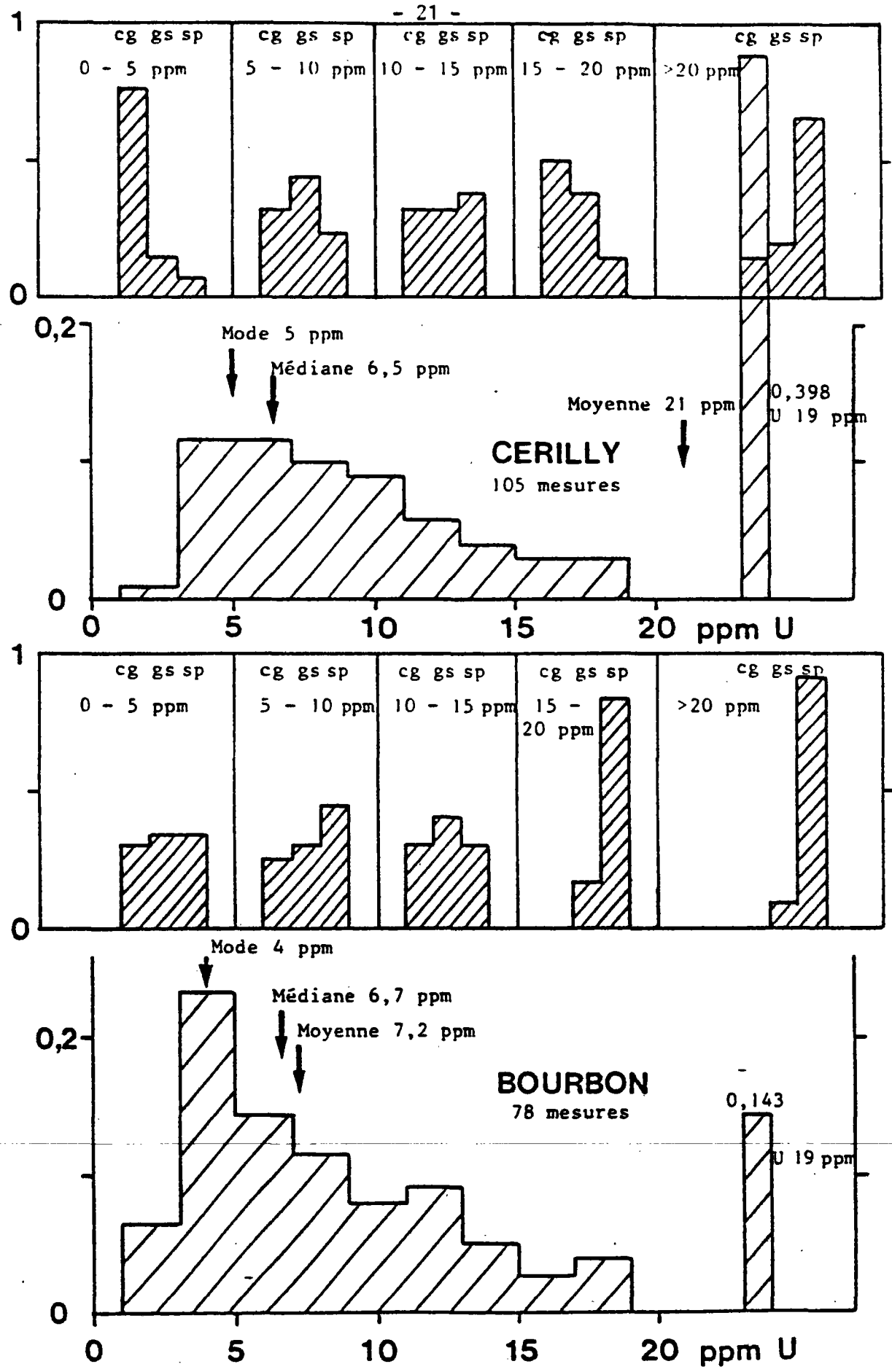


Fig. 9 - Distribution de l'uranium dans les sédiments du bassin de l'Aumance: histogrammes des fréquences relatives, composition lithologique de classes de teneurs. G. CAPUS (1979).

Teneurs moyennes dans l'écorce terrestre.	4,0 ppm (Goldsschmidt, in Routhier, 1963) 2,5 ppm (Pilot, 1974) 1,8 ppm (Poldevaert, 1955)
Teneurs moyennes dans les shales	1,2 ppm (Bowie, 1976) 3,7 ppm (Ahrens, 1965) 4,0 ppm (Wedepohl, 1968)
Teneurs moyennes dans les grès.	1,2 ppm (Bowie, 1976)

- Si on examine la répartition selon les faciès pour cinq gammes de teneurs les mêmes observations sont valables et montrent que le piège lithologique de l'uranium est constitué par les pelites et les silts, et qu'il a mieux fonctionné à Cérilly qu'à Bourbon. (Fig. 9).

TABLEAU 4 A

Répartition de l'uranium par lithofaciès

A - Sans les principales zones anormales

Lithofaciès		Conglomérats grès	Grès silts	Silts pelites	Total indifférencié
C E R I L L Y	Nombre d'échantillons	27	23	19	69
	Moyenne (ppm)	9,5	14,3	25,0	15,3
	Médiane (ppm)	6,0	9,6	12,4	9,6
B O U R B O N	Nombre d'échantillons	15	20	29	64
	Moyenne (ppm)	7,2	11,3	19,6	14,1
	Médiane (ppm)	5,5	7,6	8,0	7,6

- Un échantillonnage hors des zones anormales (Tableau 4 A) donne comme fond géochimique des valeurs voisines pour les sédiments grossiers, et des enrichissements faibles dans les faciès silt-grès fins, plus marqués dans les pelites, surtout à Cérilly.

TABLEAU 4 B

B - Principales zones anomales

Lithofaciès		Conglomérats grès	Grès silts	Silts pélites	Total indifférencié
CÉRILLY	Nombre d'échantillons	6	6	22	34
	Moyenne (ppm)	72,3	67,7	377	268
	Médiane (ppm)	19,0	19,0	132	42,0
BOURBON	Nombre d'échantillons	2	2	8	12
	Moyenne (ppm)	10,9	9,15	90	63,3
	Médiane (ppm)	10,9	10,9	30,6	11,7

Dans les zones anomales, la différence apparaît nettement entre Cérilly et Bourbon (Tableau 4 B), surtout dans les grès fins et les pelites, tandis que dans les faciès grossiers, des teneurs ponctuelles élevées observées à Cérilly, sont attribuées à une contamination à partir des faciès fins.

- La comparaison entre les teneurs obtenues à Cérilly et à Bourbon peut être résumée dans le tableau 5 qui représente les différents rapports des moyennes et des médianes selon les zones et d'après les types de faciès.

TABLEAU 5

Comparaison des teneurs en uranium de Cérilly et de Bourbon

Classe granulométrique		C.G	G.S	S.P
Rapports				
Echantillonnage total	Moyennes	2,9	2,29	6,1
	Médianes	0,97	1,36	3,75
Hors zones anomales	Moyennes	1,3	1,26	1,27
	Médianes	1,1	1,26	1,55
Zones anomales	Moyennes	6,63	7,39	4,19
	Médianes	1,74	1,74	4,31

Il ressort de ce tableau une constance des rapports hors des zones anomales impliquant un apport supplémentaire permanent à Cérilly. Dans les zones anomales le piège lithologique a mieux fonctionné à Cérilly qu'à Bourbon du fait d'une subsidence plus faible et de la proximité des sources d'apport.

- L'évolution verticale des teneurs en uranium est quant à elle marquée par une distribution irrégulière des valeurs, et une localisation nette de l'anomalie principale (Tableaux 6 et 7); il apparaît également que la base de la série est nettement plus pourvu que le sommet, aussi bien à Cérilly qu'à Bourbon.

TABLEAU 6

L'uranium dans la série de Cérilly, teneurs en ppm U.

Lithofaciès	Conglomérats et grès	Grès et silts	Silts et pélites
Intervalle			
5	-	7,2	12,2
15	13,5	7,8	9,5
25	10,0	14,0	17,5
35	72,1 (22,7)*	67,7 (10,2)*	377 (29,1)*
45	9,9	12,1	52,5
55	9,5	6,8	-
65	10,8	20,5	26,7
75	3,57	17,7	-
85	1,87	7,4	-
95	11,7	9,1	6,3
105	5,75	6,8	-
115	3,2	4,9	6,6
125	8,9	50,0	-
135	28,5	-	-
145	6,4	16,0	-

Sommet de la série	35,2 (14,3)*	41,9 (10,7)*	256 (35,1)*
Base de la série	8,9	16,0	11,3
Moyenne	20,9	25,8	214

* valeur excluant la zone anormale

.../...

TABLEAU 7

L'uranium dans la série de Bourbon: teneurs en ppm

Lithofaciès	Conglomérats et grès	Grès et silts	Silts et pélites
Intervalle			
1	4,2	3,7	13,7
2	6,9	5,0	4,6
3	10,9	9,1	90,0
4	10,5	12,9	15,2
5	4,5	9,4	22,1
6	7,6	41,5	57,6
7	3,9	4,5	7,7
Sommet de la série	8,2	8,4	40,0
Base de la série	5,6	13,9	27,3
Moyenne	7,1	11,1	34,8

d) Géochimie des sédiments de l'Aumance

- Dans la zone de Cérilly l'observation pétrographique des sédiments laissait prévoir pour ces derniers une composition chimique proche de celle des roches du socle: en effet, dans un diagramme $\text{Na}_2\text{O} - \text{K}_2\text{O} - \text{MgO}$ les faciès grésoconglomératiques sont assez bien regroupés avec les granitoïdes, surtout en base de série, tandis qu'une différenciation s'amorce avec les faciès fins. (Fig. 10).

- Dans la zone de Bourbon la série est plus évoluée et dans le diagramme $\text{Na}_2\text{O} - \text{K}_2\text{O} - \text{MgO}$ les faciès grossiers de la base sont déjà éloignés du domaine des granites (Fig. 11); ceci peut-être dû également à un apport plus différencié avec participation de matériel non granitique.

.../...

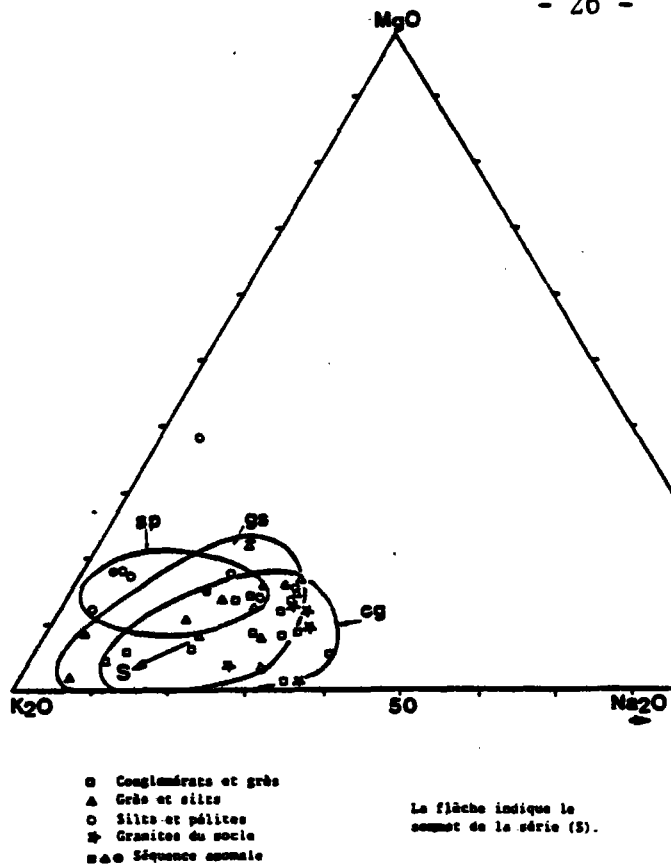


Fig. 10 - Représentation des sédiments de Cérilly (sondage 90-S) dans un diagramme triangulaire K_2O , Na_2O , MgO .

G. CAPUS, 1979.

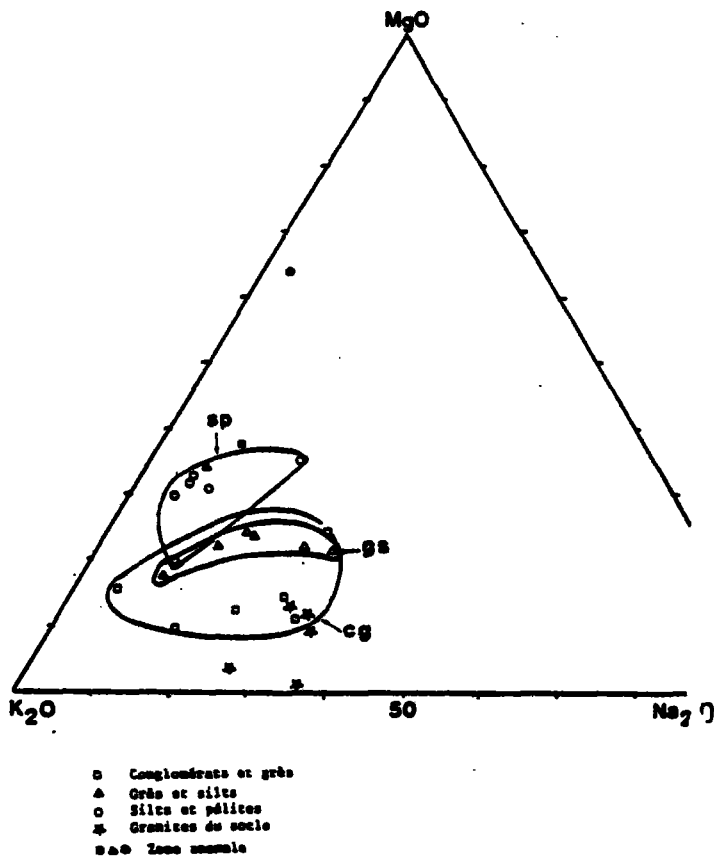


Fig. 11 - Représentation des sédiments de Bourbon (sondage SG-6) dans un diagramme triangulaire K_2O , Na_2O , MgO .

G. CAPUS, 1979.

La zone de Cérilly a donc été soumise à des apports à partir des secteurs d'altération des granites, tandis qu'à Bourbon les apports ont été plus composites; il s'ensuit que dans le premier secteur les sédiments sont essentiellement arkosiques, tandis que dans le second secteur les sédiments plus matures évoluent vers le pôle argileux avec par exemple les schistes bitumineux de Saint-Hilaire.

- L'évolution géochimique de la série de l'Aumance peut être suivie dans les sondages CRL 90-S et AUM-6:

. Les teneurs en Na_2O sont plus élevées dans les faciès détritiques grossiers de la base des séries, et elles le restent dans les silts, alors que dans les faciès argileux les teneurs sont faibles.

Cette évolution verticale en Na_2O est représentative de l'intensité de l'altération avant dépôt puisque, à partir de 65 m dans CRL 90-S et de 290 m dans AUM-6, les teneurs chutent. (Fig. 12).

. K_2O a une teneur proche de celle des granitoïdes du socle à Cérilly, et varie peu dans la série sédimentaire, alors qu'à Bourbon (AUM-6) ces teneurs sont plus variables mais plus faibles qu'à Cérilly. Le rapport $\text{K}_2\text{O} / \text{Na}_2\text{O}$ reste constant à la base de la série, puis augmente rapidement à partir de 35 m dans CRL 90-S et de 275 m dans AUM-6: ceci prouve une altération plus forte dans le sommet de la série, altération contemporaine de la période de dépôt.

. CaO est peu abondant dans la série de Cérilly et a tendance à diminuer vers le sommet; il présente cependant un enrichissement à 35 m (CRL 90-S) dans l'environnement gréso-conglomératique de l'anomalie uranifère. (Fig. 13).

A Bourbon au contraire, CaO est plus abondant, avec de plus fortes teneurs dans les pelites, puis dans les conglomérats et les grès; ici encore un enrichissement se situe au niveau de l'anomalie en U.

1.6. - Conclusions sur les relations sédimentologiques entre matière organique et minéralisations uranifères dans le Bassin de l'Aumance.

Dans le modèle de minéralisation du Bassin de Cérilly - Bourbon l'Archambault, il apparaît que ce n'est pas la nature, libéro-ligneuse, de la matière organique, qui joue un rôle déterminant.

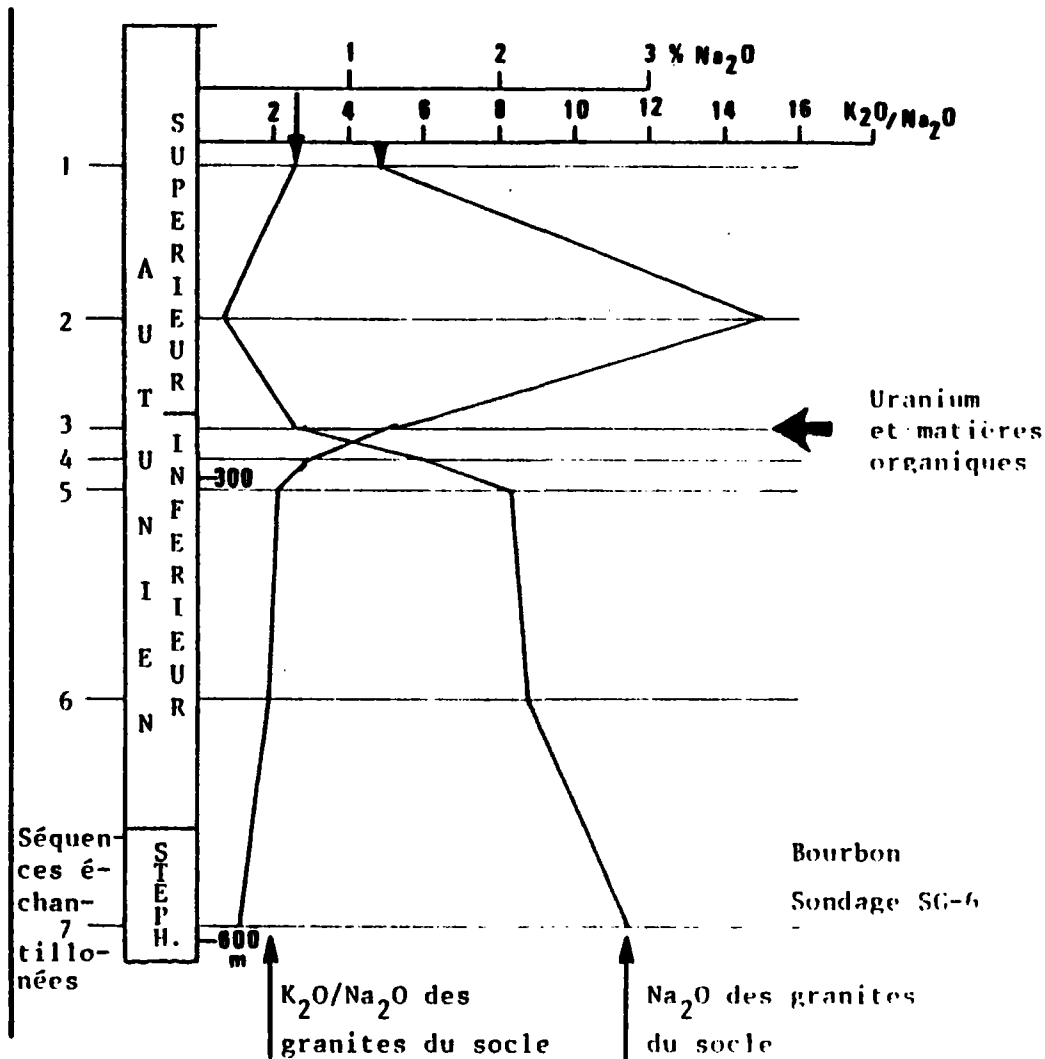
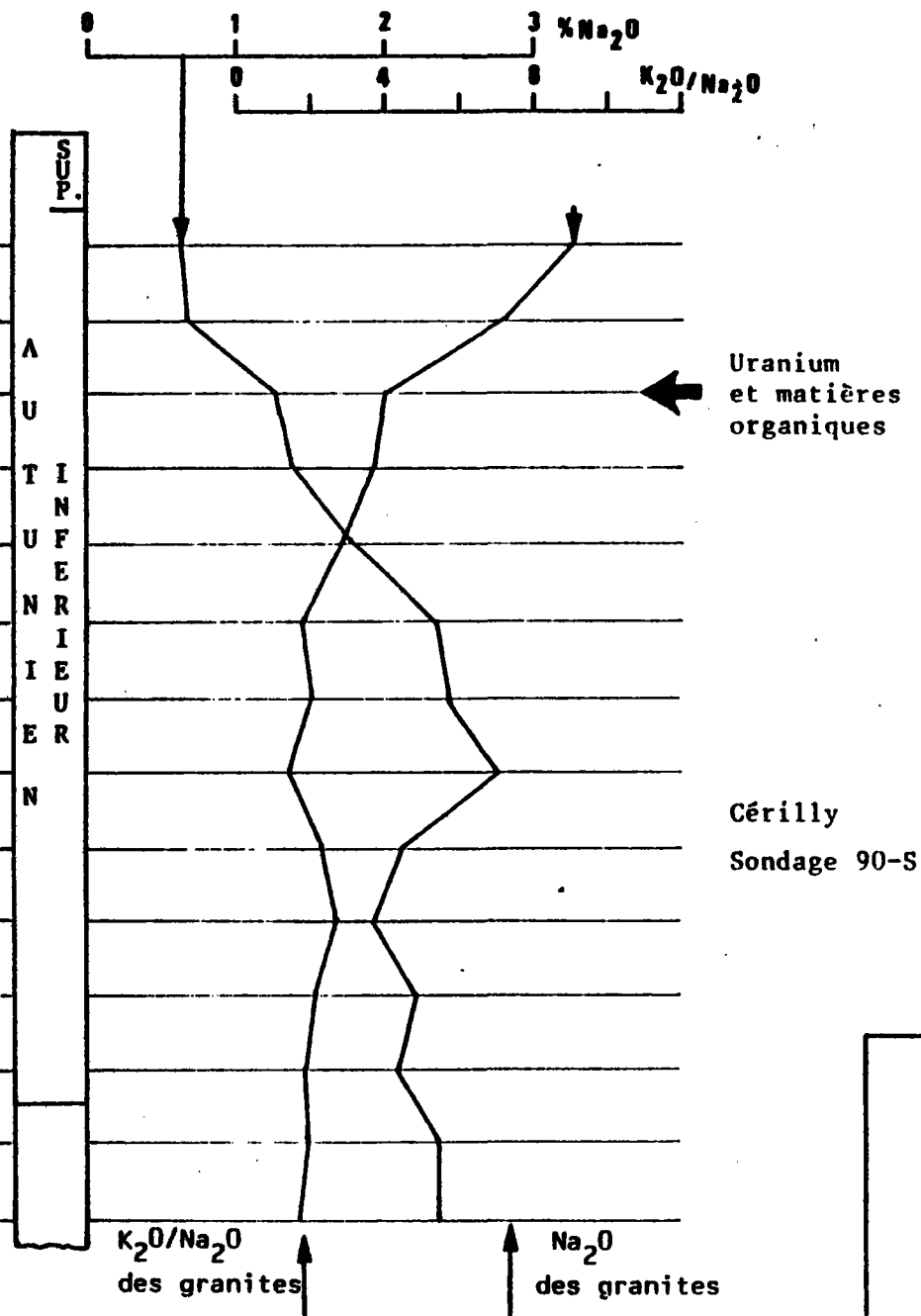


Figure 12 - Evolutions des teneurs en sodium et du rapport K_2O/Na_2O dans les sédiments de la série de l'Aumance : faciès de rudites (sondages 90-S et SG-6)

G. CAPUS (1979)

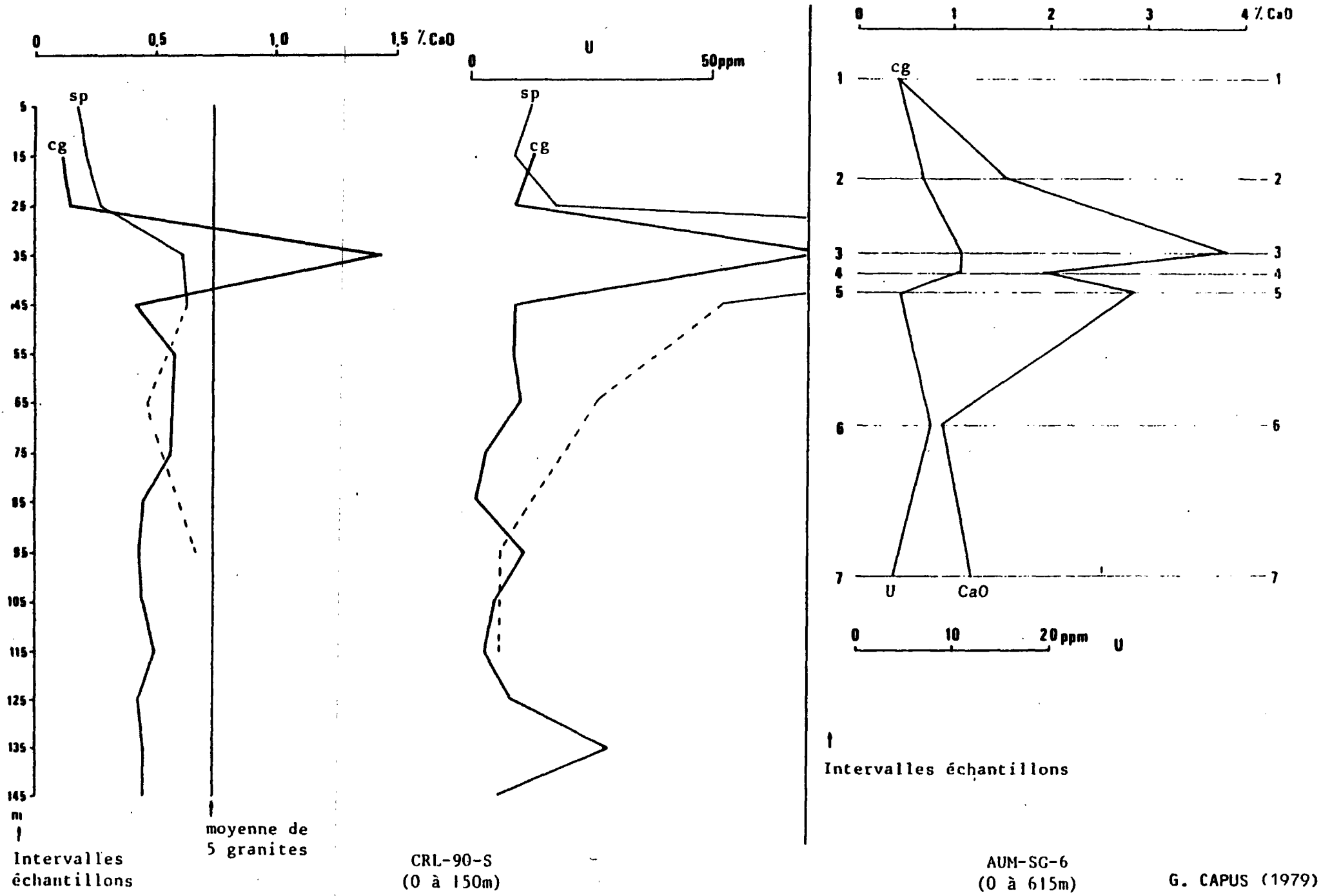


Fig. 13 - Distribution de l'uranium et du calcium dans la série de Cérilly (sondage 90-S) et celle de Bourbon (sondage AUM-SG-6)

G. CAPUS (1979)

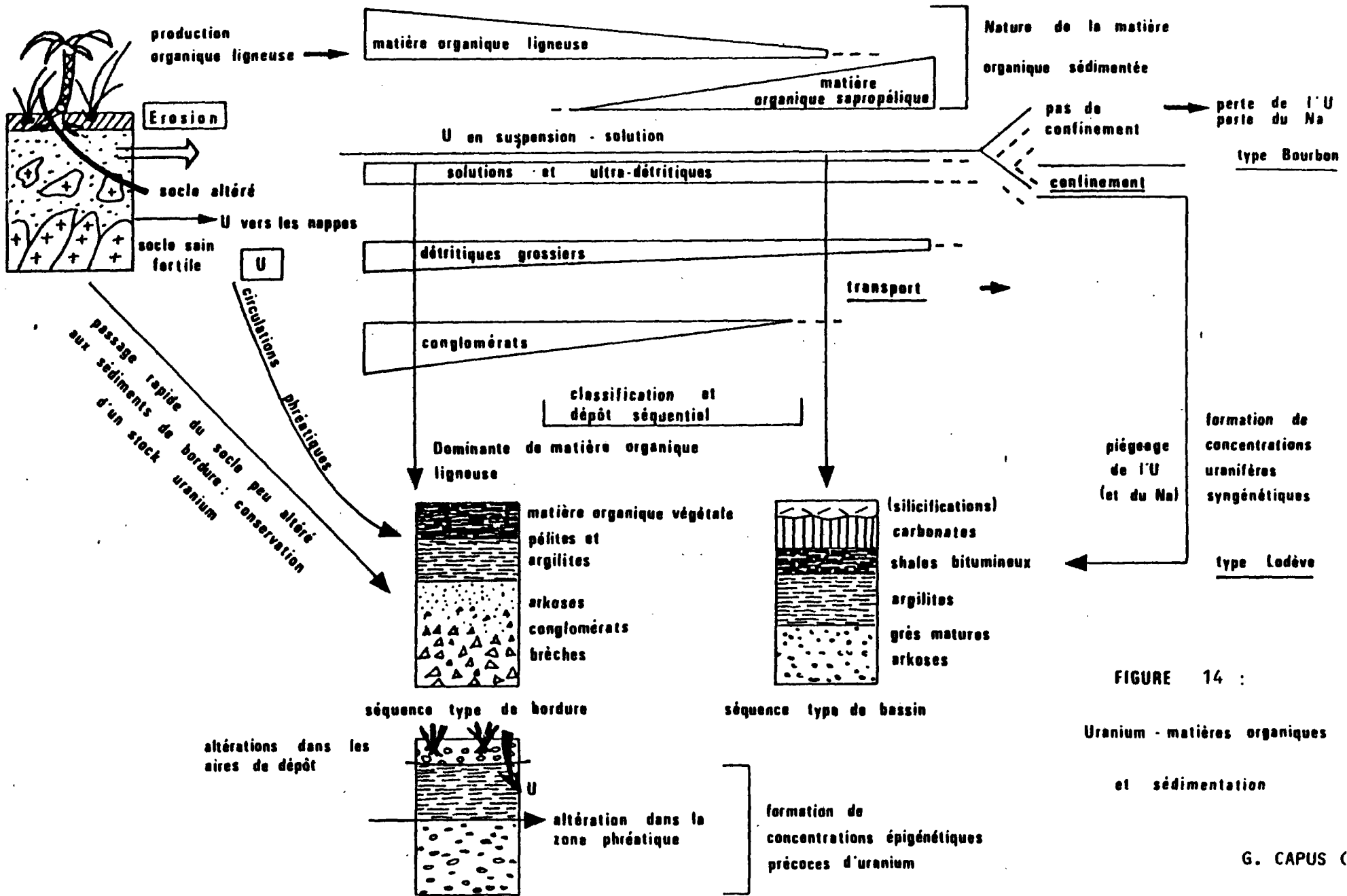


FIGURE 14 :

Uranium - matières organiques
et sédimentation

G. CAPUS (1979)

La formation de concentrations uranifères syngénétiques nécessite des conditions particulières (marécages isolés...)

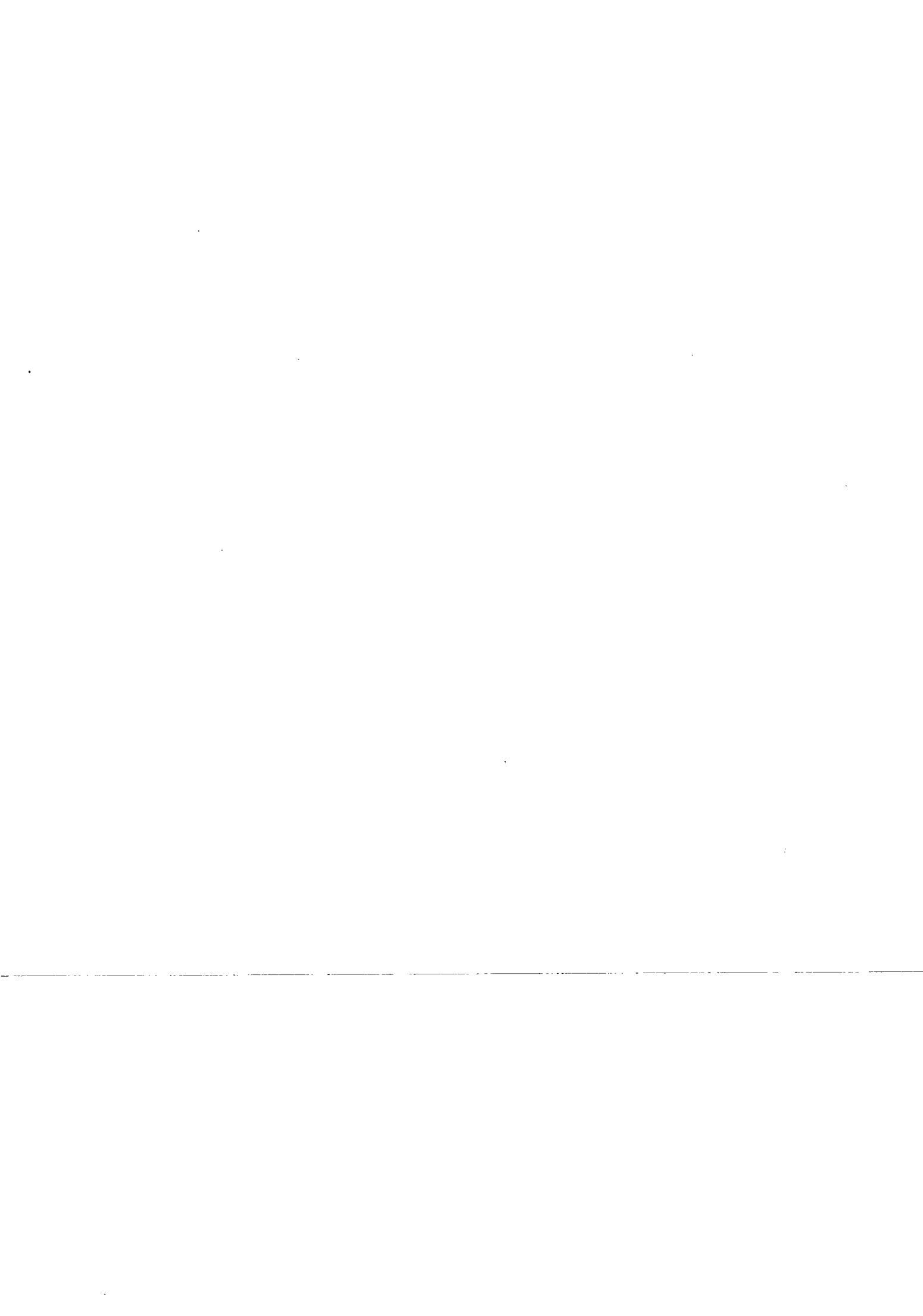
C'est en effet le contexte sédimentologique (sédimentation assez rapide de type épandage torrentiel dans un marécage de bordure (Cérilly) d'un bassin plus vaste (Bourbon - Aumance)) qui a permis le piègeage de l'uranium à partir d'un socle fertile, dans des séquences de bordure, après circulations phréatiques et altération dans la zone phréatique (Fig. 14). Le régime hydrologique est donc prépondérant pour permettre la concentration d'uranium, mais seuls les marécages de bordure de Cérilly ont pu piéger un stock important avec des teneurs élevées, alors que le milieu lacustre de Bourbon s'est révélé diluant, contrairement à celui de Lodève par exemple, et que les formations bitumineuses de la partie sud du bassin n'ont pas concentré l'uranium de façon syngénétique.

BASSIN D'AUTUN

Auteurs: J.R. DISNAR (1) ET P. MARTEAU (2)

(1) C.N.R.S. - DETACHE B.R.G.M. ORLEANS

(2) SGN/GEO - B.R.G.M. ORLEANS.



B - BASSIN D'AUTUN

1. - CADRE GEOLOGIQUE DE L'ETUDE

a) - Cartographie détaillée

La carte géologique à 1/50.000 du bassin d'AUTUN, levée par R. FEYS, fait apparaître les grandes unités stratigraphiques et leur structure (Planche hors texte) :

- à l'Est, le Stéphanien d'Epinaç, constitué de grès, conglomérats et de couches de charbons (entièrement exploitées) ;

- en discordance sur le houiller, l'Autunien inférieur débute, dans la région de Moloy et de Veuvrotte, par des grès conglomératiques à argileux, contenant des niveaux charbonneux de faible extension et des couches de schistes bitumineux. Il s'étend ensuite sur l'ensemble du bassin : au Nord reposant sur les tufs rhyolitiques viséens du socle, il constitue l'assise d'Igornay, série détritique généralement fine, renfermant le faisceau de schistes bitumineux d'Igornay, tandis que les faciès détritiques grossiers, en provenance du socle granitique, prédominent sur la bordure Sud.

La seconde assise de l'Autunien inférieur (assise de Muse), est marquée à sa base par l'apparition d'une seconde couche bitumineuse importante (couche de Lally) séparée de la couche de Muse par des alternances argilo-gréseuses ; son sommet est mal connu, et la puissance cumulée de ces deux assises atteint environ 600 à 700 m.

A l'Autunien supérieur, débutant par la couche (et l'assise) de Surmoulin, l'aire de dépôt des niveaux bitumineux se restreint en se déplaçant vers l'Ouest : c'est ainsi que la grande couche de Surmoulin se stérilise à l'approche de la colline de Curgy ; il en est de même pour le faisceau de Telots qui forme avec la couche du boghead l'assise de Millery, sommet de l'Autunien supérieur.

Dans ce secteur les formations bitumineuses semblent donc passer latéralement aux faciès détritiques arkosiques à rubéfections de Curgy, qui correspondent

probablement à une zone haute, où les apports, en provenance de la bordure granitique Sud, étaient particulièrement importants.

Il est possible de considérer le sommet de la formation arkosique de Curgy comme Autunien "terminal", mais le passage au Trias gréseux ne paraît pas net, alors que le Lias carbonaté qui coiffe la butte est subhorizontal ; le Mésozoïque est également présent sur quelques buttes témoins dans la région de Moloy et recouvre le socle granitique sur la bordure Sud-Est.

Enfin les dépôts alluvionnaires plio-quadernaires, dont l'épaisseur atteint 20 m, masquent le Permien dans la zone Nord, et de larges secteurs au Centre et au Sud-Ouest du bassin.

b) - Contribution à la stratigraphie du bassin

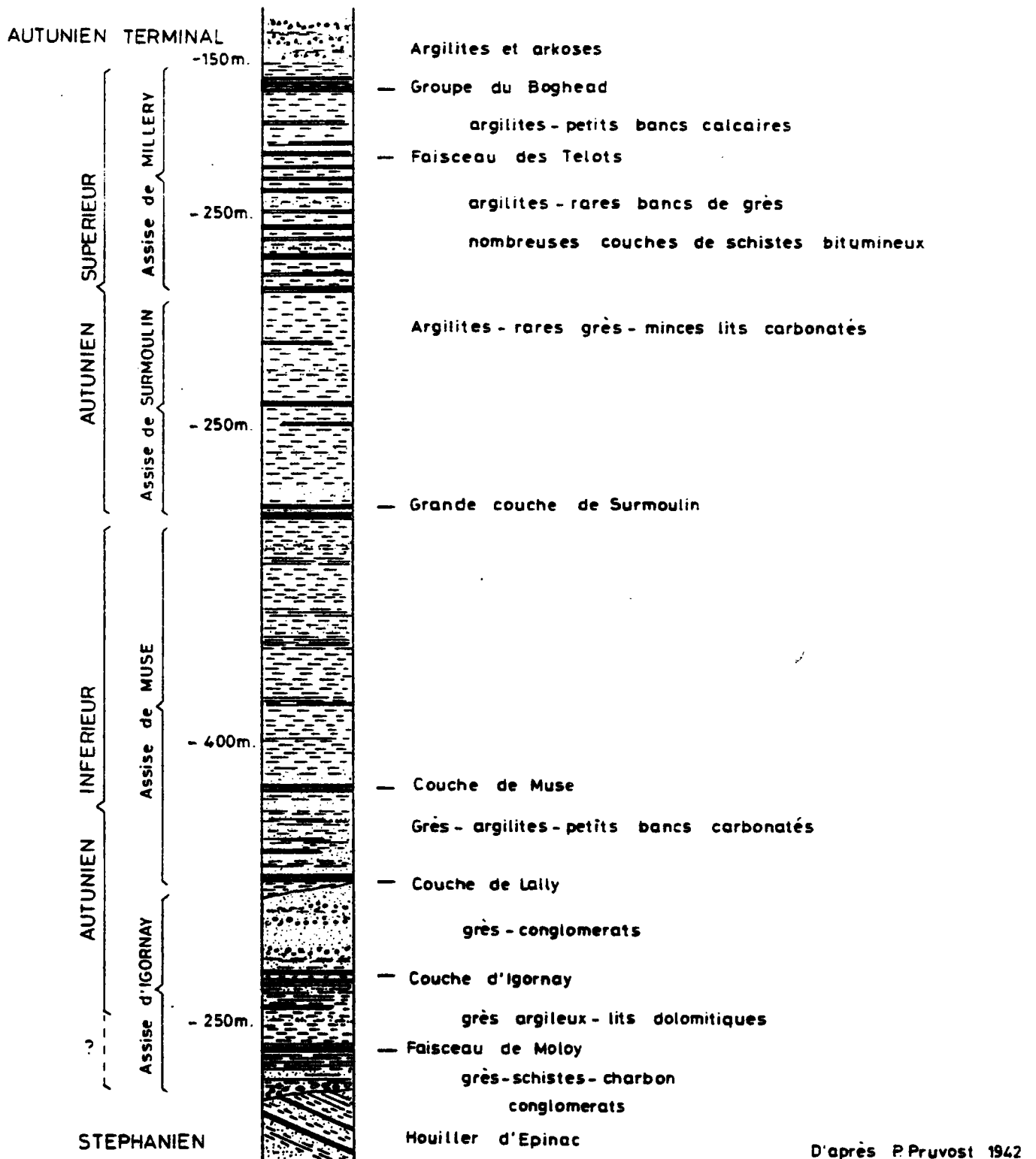
La coupe stratigraphique synthétique de l'Autunien est due à P. PRUVOST (1942) (fig. 1). Elle est basée sur des observations faites dans les exploitations de schistes bitumineux et sur les sondages de reconnaissance dans le Stéphanien d'Épinac et dans les assises exploitées (Surmoulin, Millery).

Si elle a le mérite de définir les grandes unités constituant l'Autunien, elle ne tient pas compte des différences de faciès notées entre les diverses zones du bassin, soumises à des apports d'origines diverses, et à des conditions de dépôts liés à la paléogéographie. Ces passages latéraux sont schématisés en légende de la carte géologique (planche hors texte).

Des éléments nouveaux sont fournis par deux sondages stratigraphiques entrepris par le B.R.G.M., à l'occasion du 26ème C.G.I., à l'Ouest du bassin. Ces sondages carottés VAR. 1 et CHE 1 traversent des séries détritiques à bancs gréseux ou conglomératiques (10 m maximum), des niveaux assez fréquents d'argilites grises ou noires, riches en matière organique (schistes bitumineux), des alternances rythmiques fines du type des varves lacustres, et quelques minces lits cinéritiques ("gores" ou "tonsteins").

Leur position dans la coupe de P. PRUVOST est délicate à déterminer, mais ils appartiennent à l'Autunien inférieur, et la couche de schistes bitumineux rencontrée entre 46 et 51 m par VAR. 1 est l'équivalent de la couche de Lally ou de celle de Muse.

Le contenu palynologique a été déterminé sur un grand nombre d'échantillons (165) provenant des sondages stratigraphiques, des prélèvements de terrains, ou de sondages courts semi-destructifs forés ultérieurement.



**FIG.1. STRATIGRAPHIE DU PERMO-CARBONIFERE
DU BASSIN D'AUTUN**

La série étudiée peut être scindée en 5 zones palynologiques en fonction des pourcentages relatifs des principaux groupes de spores (fig. 2).

De la base au sommet, on observe les zones suivantes :

- Zone 1 : à spores dominantes (80 à 98 %) caractérisant le Stéphanien. Les échantillons étudiés représentent le plus souvent des faciès charbonneux et proviennent de la formation du Mont-Pelé ou de la base de la formation de Moloy.

- Zone 2 : c'est avec elle que débute la série autunienne car elle correspond à l'assise d'Igornay ; cette zone de transition montre des pourcentages encore élevés de spores (jusqu'à 40 %). On assiste cependant à un accroissement spectaculaire des Monosaccates, accompagné des Bisaccates lisses ; les Bisaccates striés et les *Vittatina* sont également présents.

- Zone 3 : elle marque le début de l'assise de Muse. On assiste alors à une régression des pourcentages de spores ; les Monosaccates se maintiennent, les Bisaccates lisses sont en légère augmentation et on note la présence plus constante de *Vittatina*.

- Zone 4 : elle se caractérise par l'augmentation des Bisaccates striés, et corrélativement des *Vittatina*, qui peuvent alors dépasser 20 %.

Les zones 3 et 4 correspondent à l'Assise de Muse.

- Zone 5 : les échantillons sont peu nombreux et présentent le plus souvent une microflore très pauvre, ce qui rend difficile la caractérisation de cette assise (Surmoulin).

Les principaux caractères qui se dégagent de ce diagramme sont donc :

- . une diminution générale des spores ;
- . une augmentation du pourcentage des Bisaccates lisses liée à celle du groupe des *Vittatina* ;
- . une liaison probable entre les pics de spores et le milieu de dépôt lacustre devenant alors plus proximal ou bordier.

2 - SEDIMENTOLOGIE

a) Etude d'une séquence-type

La séquence considérée (sondage VAR.1 212 à 206 m) présente une évolution générale des faciès grossiers vers les dépôts fins, en regroupant les

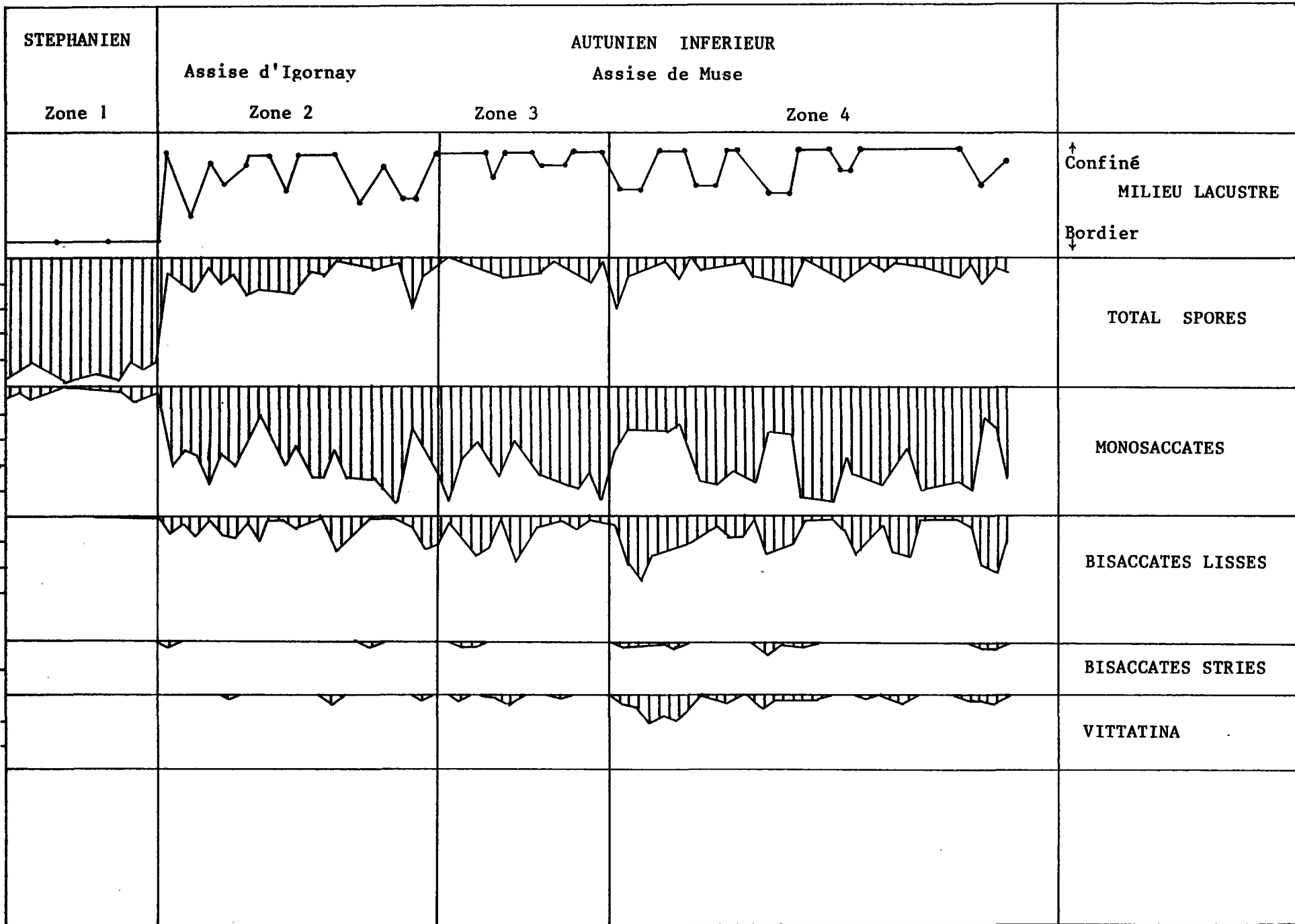


Fig. 2 - Bassin d'Autun - Zones palynologiques

différents sédiments détritiques dans une évolution logique. Il faut noter cependant que cette succession est loin d'être systématique, et que l'on observe le plus souvent des alternances confuses ; il existe également des séquences d'ordre inférieur (exemple des faciès varvés) et à l'échelle du bassin des cycles caractérisant les différentes assises. La séquence-type choisie montre la succession suivante (fig. 3) :

- comme premier terme un conglomérat épais de 3 m à matrice gréseuse et à éléments hétérométriques ($1 < \phi < 10$ cm) subanguleux à subarrondis, constitués de roches diverses, volcaniques ou subvolcaniques, provenant de tufs rhyolitiques du Viséen de la bordure Nord. Le milieu de dépôt est fluviatile, proche des sources d'apport ;

- dans le deuxième terme, on remarque l'établissement d'un régime de transition, correspondant à un milieu de dépôt du type plaine d'épandage, à sédimentation argileuse interrompue par de fines passées grésomicroconglomératiques ;

- le troisième terme est constitué d'argilites grises finement litées ; à sa base quelques lithoclastes argileux remaniés témoignent d'une certaine énergie du milieu de dépôt, tandis qu'une arrivée plus tardive de matériel silteux a provoqué des phénomènes de fluages au sein d'un sédiment hétérogène non consolidé. Le sommet de cet ensemble laguno-lacustre est formé par 50 cm de lamines argilo-carbonatées noires ("schistes bitumineux"), riches en matière organique (6,5 % de carbone organique) et contenant des débris d'origine animale (écailles de poisson, coprolithes).

Ainsi dans ces niveaux fins, ce sont les conditions saisonnières et climatiques qui, dans un milieu confiné et réducteur, semblent influencer la nature des dépôts et la quantité, puis la conservation de la matière organique.

Pour les mêmes échantillons, les palynofaciès et la microflore présentent une assez grande homogénéité :

- les débris ligneux, très abondants, sont en général de petite taille (sauf à la cote 208,80 où ils sont de taille plus importante) ;

- la microflore, très mal conservée, est le plus souvent pyritisée. Elle est représentée principalement par des Monosaccates (70 %) où le groupe des *Potonieisporites* est dominant. On trouve ensuite des Bisaccates lisses (~ 20 %) tandis que les Bisaccates striés et les *Vittatina* sont rares ;

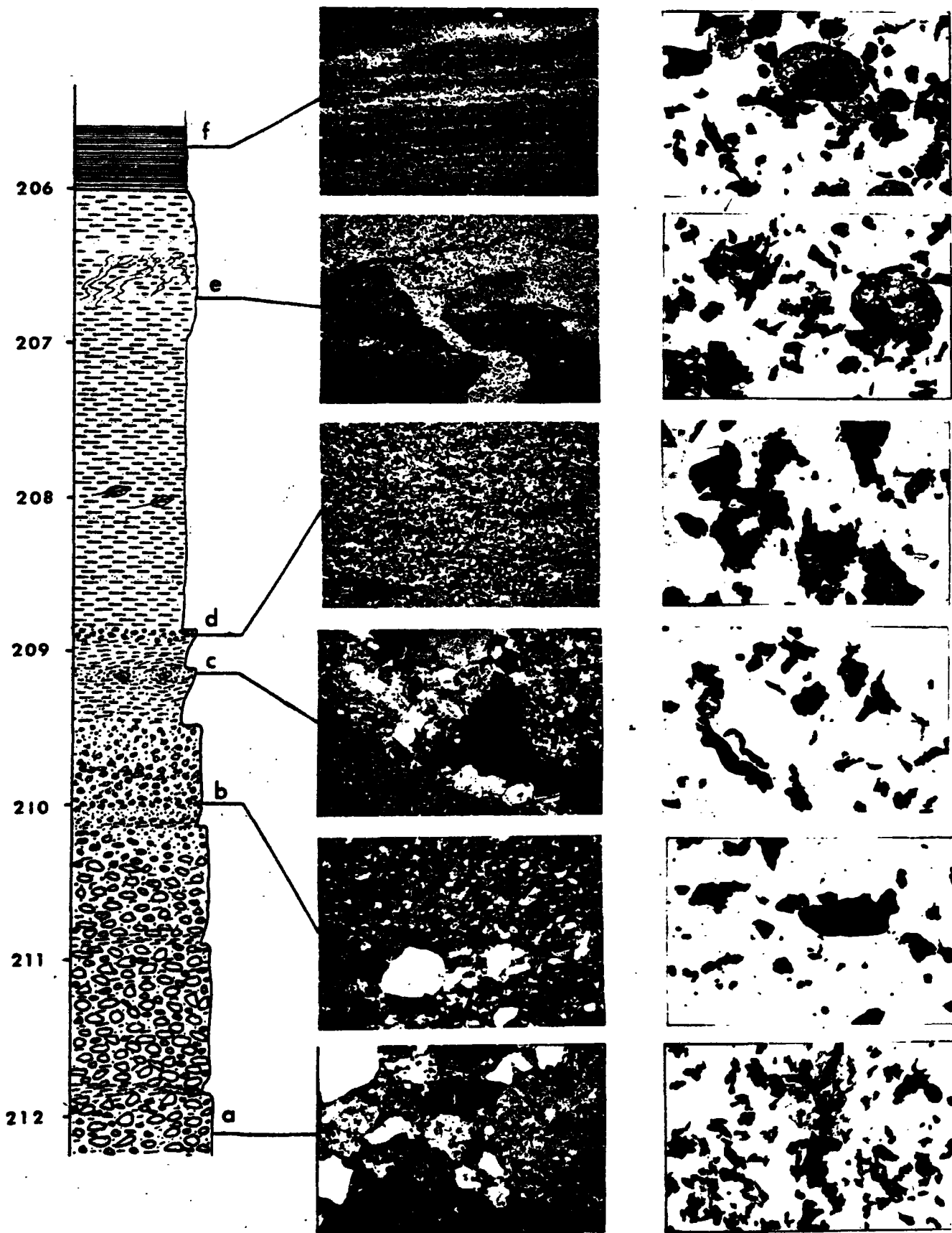
- le niveau à lamines argilo-carbonatées riches en matière organique présente cependant une microflore différente : les Monosaccates (46,5 %) et les

Figure 3

SEQUENCE 1

Microfaciès

Palynofaciès



Bisaccates lisses (21 %) bien que dominants, sont associés à des spores, tandis que les *Vittatina* atteignent 4,7 %.

b) Manifestations du volcanisme

Le contexte géologique général du bassin d'Autun est marqué par la présence, sur sa bordure Nord, des tufs rhyolitiques et des terrains volcano-sédimentaires du Viséen ; leur composition varie entre celle d'une rhyolite calco-alcaline et d'un trachyte potassique. Ce matériel volcanique a fourni une grande partie des dépôts détritiques grossiers, grès et conglomérats, dans les sédiments autuniens (cas de la séquence étudiée. Ainsi les bancs conglomératiques traversés par le sondage VAR. 1 se traduisent par une anomalie négative en γ Ray et n'ont pas été échantillonnés.

Sur la bordure Nord du bassin, au contact du socle, existent également de petits pointements de roches volcaniques de couleur sombre (Morgelles - Les Pelletiers). Il s'agit de laves de composition trachy-andésitique (Morgelles) ou basaltique (Les Pelletiers). Ces coulées de faible extension ne sont pas datées mais pourraient être post-autuniennes.

Par ailleurs l'examen des carottes de sondage a montré la présence, dans les couches de schistes bitumineux, de fins niveaux argileux (milli- à centimétriques) de couleur claire, beige-ocre à verdâtre. Ces passées très régulières déjà connues dans les exploitations, où elles constituaient des repères, correspondent à des cinérites ou cendres volcaniques altérées ("gores" ou "tonsteins") ; de tels niveaux sont connus dans de nombreux bassins permo-carbonifères du Massif Central (Aumance, Blanzay, St Affrique) où ils peuvent atteindre des épaisseurs importantes. Ici cependant leur faible développement n'a pas provoqué de modifications importantes du chimisme des couches encaissantes.

3. - LOCALISATION DES ECHANTILLONS DANS LEUR CONTEXTE GEOLOGIQUE

Les échantillons choisis dans des niveaux à radioactivité élevée du bassin d'Autun proviennent de sondages (3 échantillons) et des affleurements de terrain (4 échantillons) (planche hors texte).

a) Echantillons de sondages

L'enregistrement de diagraphies γ Ray (mesure de la radioactivité naturelle) montre une très bonne corrélation entre les anomalies positives et les niveaux d'argilite les plus riches en matière organique ; les pics sont plus marqués et les valeurs de comptage plus élevées dans les couches peu épaisses (≤ 1 m).

C'est le cas dans le sondage VAR. 1 pour une petite couche située entre 71,95 et 72,25 m (Echantillon VAR. 1 (71,95), 6,5 % carbone organique) et dans le sondage BB 2 entre 20 et 21,10 m (Echantillon BB 2 (21), 5,2 % carbone organique) ; un dernier échantillon a été sélectionné dans la couche de Varolles pour sa teneur élevée en carbone organique (VAR. 1 (49,20), 19,2 % carbone organique).

Sur la planche 1, l'enregistrement γ Ray, digitalisé et réduit à 1/1000°, est mis en parallèle avec la coupe lithologique schématique et les teneurs en carbone organique pour les deux sondages étudiés.

b) Echantillons de terrain

Quatre affleurements, présentant des anomalies radioactives mesurées au scintillomètre SPP2, ont été prélevés au cours d'une tournée de terrain. Dans l'ordre stratigraphique ce sont :

- Carrière de Chagnons (échantillon CHA) : il s'agit d'un niveau d'argilites grises, plus ou moins régulièrement litées, à structure rubannée, et dans lequel se développe de la calcite fibreuse. La teneur en carbone organique est faible (≈ 1 %) et l'activité mesurée atteint 400 c/s ; ce niveau est situé sous une couche d'argilites plus riche en carbone organique (14,5 %) et l'ensemble se rattache au faisceau d'Igornay. On note donc la nature argileuse et légèrement carbonatée de la roche, dans un faciès présentant des tendances évaporitiques.

- Coupe du T.G.V. (échantillon TGV) : une tranchée récemment ouverte pour le tracé du TGV recoupe la butte de Lally, entre la couche de Lally et celle de la Muse. L'échantillon étudié a été pris à la base de la série et appartient à un petit niveau d'argilites grises à concrétions carbonatées nodulaires. Teneur en c.o. : 5,5 % - activité : 500 c/s.

- Surmoulin (échantillon SUR) : la couche de schistes bitumineux de Surmoulin est recoupée par l'Arroux, ce qui offre une coupe assez complète de cet ensemble d'argilites épais. L'échantillon analysé se place dans des niveaux de base constitués d'argilite noire de 2 m de puissance. Teneur en c.o. : 7,40 % - activité : 550 c/s.

- Bois Vauteau (échantillon B.V.) : cette localité se trouve à la pointe Sud-Ouest du bassin ; on y trouve une série détritique arkosique, originaire du socle granitique voisin (silts, pélites, grès ⁺ conglomératiques). La teneur en c.o. est de 7,8 % et l'activité atteint 650 c/s. Il est difficile de classer cette série dans la stratigraphie autunienne car les dépôts sont de nature différente.

Les échantillons ont donc les caractéristiques suivantes :

- trois d'entre eux proviennent de sondages et quatre d'affleurements ;
- deux des affleurements sont récents (CHA - TGV) et l'altération météorologique a été faible, alors que SUR et BV peuvent être oxydés ;
- ils appartiennent en général à l'Autunien inférieur sauf SUR (base de l'Autunien supérieur) et BV non attribué ;
- les trois échantillons de sondages et celui de Surmoulin font partie des faciès "couches" bitumineux :

. CHA et TGV sont des argilites grises peu carbonées mais contenant des carbonates (milieu "pré-évaporitique" probable) ;

. BV est représentatif de faciès détritiques bordiers.

4. - ETUDES ET ANALYSES DES ECHANTILLONS

a) - Examens microscopiques

Etude pétrographique

- VAR. 1 (71,95) : Argilite laminaire carbonée

. structure : à lits très fins, quelques dizaines à 300 μ d'épaisseur, présentant une alternance de phyllites et de niveaux enrichis en matière organique filamenteuse, en petites plages opaques, ou répartie de manière diffuse. On observe le développement de petites accumulations carbonatées déformant la stratification (diagénèse précoce ?)

. milieu de dépôt : lacustre confiné.

- VAR. 1 (49,20) : Argilite silteuse carbonée.

- . structure plus lenticulaire que laminaire, à niveaux phylliteux biseautés.
- . constituants : les petits éléments détritiques sont fréquents, quartz ⁺ esquilleux (diamètre moyen 20 μ), quelques plagioclases et micas fins. La matrice argilo-carbonée contient des amas phylliteux lenticulaires ou globulaires et des concentrations de matière organique opaque, également présente sous forme d'interlits bitumineux rouges foncés.
- . milieu : lacustre confiné.

- BB 2 (21) : Argilite silteuse carbonée.

- . structure : finement litée, à tendance laminaire.
- . constituants : quartz silteux (\emptyset moyen 20 μ) argileux, ou polycristallins atteignant 300 à 750 μ . Rares albites et micas très fins.
La matière organique est diffuse ou filamenteuse, regroupée en petits lits très fins ou en amas stratiformes aux contours flous. On note la présence de débris phosphatés (écailles) atteignant plusieurs millimètres.
La matrice argileuse est en partie épigénisée par des carbonates.
- . milieu : lacustre confiné.

- CHA : Argilite laminaire, carbonée et quartzreuse.

- . structure : laminaire irrégulière, à litage perturbée : les niveaux, d'épaisseur variable, présentent un certain granoclassement.
- . constituants : quartz (peu fréquent) anguleux, taille \leq 50 μ ; phyllites altérées peu fréquentes, feldspaths assez fréquents.
La matière organique est diffuse, filamenteuse, regroupée au sommet des petites séquences granoclassées.
La matrice phylliteuse abondante paraît peu carbonatée.
- . milieu : lacustre, soumis à des apports détritiques fins rythmiques.

- I.G.V. : Argilite carbonée à lits calcitiques.

- . structure : laminaire assez irrégulière, avec alternance de niveaux d'argilites ⁺ carbonés très finement lités et d'intercalations irrégulières de carbonates.
- . constituants : dans les niveaux d'argilites, on observe de rares quartz \leq 20 μ , des phyllites altérées (rares) et de probables petits feldspaths.
La matrice est constituée de phyllites intimement mélangées à la matière organique brune filamenteuse, ou en petits amas avec présence de petits débris ligneux.
Les intercalations dolomitiques sont développées de façon irrégulière (quelques millimètres à plus d'1 cm) ou en petites lentilles déformant les niveaux d'ar-

gilite.

. milieu : laguno-lacustre, avec tendance à un confinement évaporitique.

- SUR : Argilite carbonatée, riche en matière organique.

. structure : laminaire très nette, parfois légèrement oblique.

. constituants : argilites jaunâtres en lits fins, alternant avec des lits chargés en matière organique brune filamenteuse. Celle-ci forme aussi de fins niveaux stratiformes discontinus opaques ; présence d'un débris ligneux phosphaté (?)

Assez fréquents quartz silteux (20 μ de \emptyset) et petits micas, rares plagioclases.

Les carbonates sont développés (de façon précoce) dans des niveaux de décollement parallèles à la stratification (épaisseur 300 μ).

. milieu : laguno-lacustre - tendances au confinement.

- B.V. : Quartzarénite phylliteuse grossière.

. structure : confuse, malgré un vague litage de certains éléments.

. constituants : quartz très fréquents, de taille < 200 μ , anguleux-esquilleux, ou allant jusqu'à 2 mm (en moyenne 750 μ), souvent polycristallins, anguleux. Rares feldspaths (dont plagioclases) de petites tailles, assez fréquentes biotites et muscovites, ainsi que des clastes phylliteux ⁺ recristallisés. La matière organique est accumulée dans la matrice phylliteuse en grains ou petits amas allongés, avec des débris ligneux.

. milieu : fluvio-lacustre.

Les observations micrographiques précisent donc la nature des échantillons en montrant la répartition de la matière organique dans des lits fins ; elle se présente sous un aspect filamenteux, ou en agglomérats plus compacts, rarement en exsudats.

Le milieu de dépôt laguno-lacustre à fluvio-lacustre, avec des phases de confinements à tendances évaporitiques, est confirmé.

Examen réflectométrique

Un examen rapide a permis de préciser la nature de la matière organique de chaque échantillon et de noter la présence des sulfures :

- VAR. 1 (71,95) : . sporinite abondante (mégaspores)
 - . éléments figurés ligneux de taille moyenne
 - . pas d'algues
 - . présence de galène et de pyrite.

- VAR. 1 (49,20) : . nombreuses colonies de botryococcus
 - . sporinite (mégaspores)
 - . fragments de tissus cellulaires de végétaux supérieurs gélifiés (vitrite) et oxydés (fusinite)Une mesure du pouvoir réflecteur sur gel colloïdal donne pour valeur du PR $\sim 0,5$.

- BB 2 (21) : . pas d'algues
 - . exinite - spores fréquents
 - . débris de végétaux supérieurs (vitrite)
 - . nombreuses pyritosphères.

- CHA : . la matière organique est répartie dans les niveaux carbonatés (débris ligneux)
 - . très peu de spores
 - . une colonie de botryococcus
 - . inertinite (débris végétaux)
 - . pyrite.

- I.G.V. : . échantillon carbonaté, pauvre en éléments figurés, la matière organique se répartissant dans les lits argileux
 - . fragments de végétaux supérieurs
 - . présence de spores dans certains niveaux
 - . pyrite fréquente.

- SUR : . nombreux spores et débris ligneux ou matière organique mélangée aux argiles
 - . pas de botryococcus
 - . présence de pyritosphères et de marcassite.

- B.V. : . la matière organique, mêlée à la matrice argileuse, est peu différenciée
 - . débris ligneux fréquents
 - . pas de spores.

b) - Analyses géochimiques

Dosage des éléments majeurs et des traces sur roche totale

Les éléments majeurs ont été dosés par fluorescence X et les éléments traces par absorption atomique (sauf U, dosé par fluorimétrie) : les résultats quantitatifs sont rassemblés dans la fig. 4 :

ECHANTILLONS	VAR. 1 (71,95)	VAR. 1 (49,20)	BB 2 (21)	CHA	TGV	SUR	BV
Constituants %							
Perte au feu 1000°C	18,91	32,15	15,33	23,15	21,22	20,42	21,79
SiO ₂	45,05	39,25	53,60	35,65	46,95	50,90	47,00
Al ₂ O ₃	18,20	17,70	16,55	14,80	13,25	12,15	21,60
Fe ₂ O ₃	4,90	4,35	5,80	2,70	3,15	3,50	2,00
Fe O	0,29	0,29	0,22	0,72	0,22	0,29	0,22
TiO ₂	0,52	0,48	0,58	0,44	0,44	0,42	0,50
MnO	0,08	0,06	0,03	0,27	0,14	0,09	<0,01
CaO	2,90	0,40	1,15	19,00	5,10	3,65	0,06
MgO	2,00	0,85	2,20	0,85	5,00	4,40	0,68
Na ₂ O	0,80	0,75	0,55	<0,05	0,10	0,58	<0,05
K ₂ O	4,10	2,15	3,30	2,40	3,05	2,55	5,30
P ₂ O ₅	0,65	0,15	0,54	0,24	0,55	0,40	0,08
S (total)	0,95	1,10	0,31	0,18	0,12	0,08	0,12
C.organique	6,45	19,20	5,20	1,00	5,50	7,40	7,80
CO ₂	2,17	0,95	0,61	15,00	6,75	4,88	0,98
Li ₂ O (ppm)	660	840	490	350	450	770	190
Traces (ppm)							
B	152	n.d.	n.d.	54	132	n.d.	112
Pb	450	65	82,5	68	22,5	70	225
Zn	130	198	142,5	115	65	102,5	108
Cu	47	44,5	47	15,5	38	61,5	58
Ni	38,5	50	49	23	40,5	39,5	12,5
Sr	37,5	21	24,5	78	35	40	8
Co	18	16,5	16,5	11	12,5	11	5,5
Cr	58	66	70,5	42,5	55,5	46	44
Mo	15	≤ 5	≤ 5	≤ 5	15	15	≤ 5
V	130	110	125	90	100	115	60
Be	8	9	7	4,5	5,5	5	26
Ag	≤0,5	≤0,5	≤0,5	≤0,5	1	≤0,5	1
Cd	≤0,5	≤0,5	≤0,5	≤0,5	≤0,5	≤0,5	1,5
Sb	≤ 5	≤ 5	≤ 5	≤ 5	≤ 5	≤ 5	≤ 5
U	132	25	53	13	57	35	100
n.d. : non détecté							

Fig. 4 - COMPOSITION CHIMIQUE DES ECHANTILLONS DU BASSIN D'AUTUN

. Les valeurs obtenues en ce qui concerne les éléments majeurs confirment les observations lithologiques et pétrographiques, c'est à dire la nature essentiellement argilo-siliceuse des échantillons. Certains sont également carbonatés (CHA, TGV et dans une moindre mesure SUR et VAR. 1 (71,95). La présence d'éléments feldspathiques altérés explique la valeur relativement élevée de K_2O de l'échantillon BV. Les teneurs en carbone organique sont fortes, 1 à 19 %, surtout dans les faciès bitumineux ou détritiques (VAR. 1 et BV).

. Les éléments traces sont assez bien répartis en fonction des faciès lithologiques :

- les teneurs les plus élevées en Pb, Zn, Cu, Cr, U, et dans une moindre mesure, en Ni, Co et V, apparaissent dans les quatre échantillons à caractère bitumineux VAR. 1 (71,95) et (49,20), SUR et BB 2 (21) ;
- corrélativement les teneurs en Pb, Zn, Cu, Cr et U sont plus faibles dans les deux échantillons les plus carbonatés (CHA et TGV) qui concentrent Sr et Mn ;
- enfin on note des teneurs, fortes en Pb, Cu, Be et U, faibles en Ni, Sn, Co et V dans l'échantillon détritique plus grossier B.V.

Il est intéressant de comparer ces résultats à ceux obtenus par spectrographie sur des échantillons de schistes bitumineux distillés provenant des tènements des Telots (exploitation des Telots, Autunien supérieur) (J.P. BASSOT, 1967). Les teneurs sur trois lots d'échantillons sont élevées en :

Pb : 100 à 230 ppm
Cu : 78 à 153 ppm
Ni : 98 à 172 ppm
Mo : 40 à 63 ppm
V : 225 à 320 ppm.

On note donc un enrichissement par rapport aux échantillons de l'Autunien inférieur, sans toutefois savoir quelle est la précision de la méthode employée.

Une étude ultérieure (J.J. PREDALI et R. COPPENS, 1969) donne, pour une série de 15 échantillons provenant également de plusieurs tènements, une teneur moyenne en U de 30 ppm (20 à 40 ppm) et en Th de 25 ppm (10 à 44 ppm). Les valeurs de Th indiquent que les anomalies radioactives sont dues en partie à cet élément ; les teneurs en U sont ici plus faibles que dans les échantillons analysés dans ce rapport.

Géochimie organique

Les analyses de géochimie organique ont été effectuées d'une part sur roche totale, d'autre part sur des fractions extraites.

Dans le premier cas, il s'agit du dosage du carbone organique par combustion des échantillons préalablement décarbonatés (traitement à l'acide dilué), et de la pyrolyse au Rock-Eval (ESPITALIE et al., 1977) ; dans le deuxième cas, l'étude a porté sur les composés extractibles au chloroforme et sur les kérogènes isolés de la matrice minérale par attaque acide (HCl/HF méthode SAXBY, 1970).

Les divers constituants majeurs des extraits chloroformiques ont été séparés par chromatographie sur couche mince (HUC et al., 1976) et les hydrocarbures saturés par chromatographie en phase gazeuse.

Les résultats sont les suivants :

- Carbone organique : nous rappelons les valeurs obtenues

Echant.	VAR. 1 (71,95)	VAR. 1 (49,20)	BB 2 (21)	CHA	TGV	SUR	BV
Z C.o.	6,45	19,20	5,20	1,00	5,50	7,40	7,80

Mis à part CHA qui ne contient que 1 % de carbone organique, les autres échantillons présentent des teneurs élevées.

- Pyrolyse Rock-Eval : (Pour la signification des sigles, voir ci-après)

Echant.	S1 mg Hc/g.roche*	S2 mg Hc/g.r	S3 mg CO ₂ org/g.r.	I.H. (1)	I.O. (2)	T.m. (3)	I.P. (4)
VAR. 1 (71,95)	0,78	37,2	0,93	576	14,4	431	2,1
VAR. 1 (49,20)	5,14	123,3	1,60	642	8,4	444	4,2
BB2 (21)	1,8	26,46	1,05	509	20,2	432	6,7
CHA	0,07	5,08	2,00	508	200	435	1,9
TGV	1,62	41,3	1,36	751	24,7	426	3,9
SUR	1,80	37,09	2,13	501	28,8	424	4,8
BV	(0,1)	0,1	7,4	1,3	94,9	nd	nd

Fig. 5. - CARACTERISATION DES ECHANTILLONS ETUDIES PAR LA METHODE ROCK-EVAL

* Hc = hydrocarbures

- (1) Index d'hydrogène, en mg d'hydrocarbures craqués (pic S₂) par g. de carbone organique.
- (2) Index d'oxygène en mg de CO₂ (pic S₃) par g. de C.o.
- (3) Température détectée au maximum d'émission d'hydrocarbures produits lors du craquage de la matière organique (pic S₂), en °C.
- (4) Index de production : rapport S₁/S₂ en %.

La pyrolyse des échantillons CHA et BV conduit à des résultats anormaux :

- CHA se distingue par un I.O. très élevé, probablement du à un début de décomposition des carbonates, plus abondants dans cet échantillon (CO₂ = 15 %, cf. fig. 4). La valeur du I.H. semble normale.

- BV possède un I.O. élevé et un I.H. presque nul, ceci indique une matière organique différente, appartenant sans doute à la lignée III libéro-ligneuse.

Les autres échantillons étudiés présentent des I.H. élevés (500 - 750 mg Hc/g C.o.) et des I.O. faibles (10 - 25 mg CO₂/g C.o.), soulignant l'appartenance de leur contenu organique à la lignée I (ou II) algo-sapropélique (fig. 6) ainsi que leur maturité assez faible. Le degré d'évolution peu élevé est également confirmé par les basses valeurs de l'index de production ($2 < IP < 8$ %) et par l'échelonnement des températures du maximum d'émission d'hydrocarbures entre 425 et 445°C ; ceci correspond à des pouvoirs réflecteurs voisins de 0,5 % (HERBIN et DEROO, 1978) et indique que les sédiments étudiés arrivent au terme de la diagénèse (au sens pétrolier du terme), certains d'entre eux ayant atteint apparemment le début de la catagénèse (BB 2 (21), SUR) (TISSOT et WELTE, 1978).

mg HC/g C_{org.}

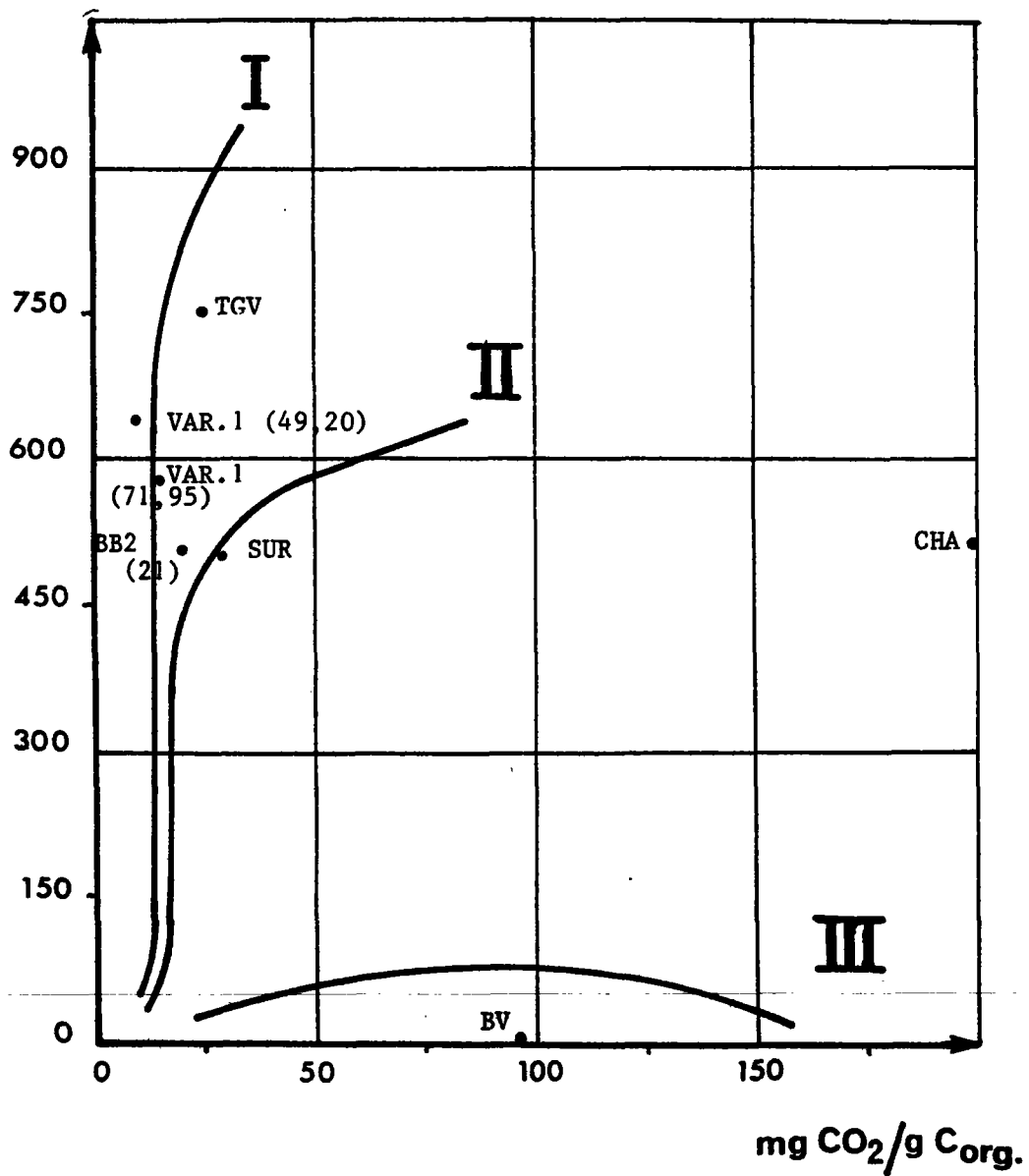


Fig. 6 - Diagramme I.H./I.O. pour les échantillons analysés (pyrolyse Rock-Eval)

- Extraits chloroformiques et analyse C.P.G. de la fraction hydrocarbonée saturée

Les quantités de composés organiques extraites par le chloroforme ainsi que les proportions pondérales des diverses classes de composés constituant ces extraits sont présentées dans le tableau ci-dessous :

Echant.	Quantités extraites		Composition des extraits en %			
	mg/g. roche	mg/g c.o.	Asphaltènes	Résines	Hydrocarbures aromatiques	Hc saturés
VAR. 1 (71,95)	1,87	29,0	5,8	58,6	18,5	17,2
VAR. 1 (49,20)	7,69	40,05	1,0	35,1	16,0	47,8
BB 2 (21)	3,64	70,0	4,7	43,8	35,1	16,3
CHA	0,84	84,0	9,2	46,5	15,3	28,9
TGV	3,33	68,5	2,5	45,5	33,8	18,0
SUR	4,62	62,4	11,4	37,0	27,0	24,5
BV	0,27	3,5	17,3	63,0	11,7	8,0

Fig. 7 - Composés organiques extraits par le chloroforme.

On note tout d'abord une bonne corrélation entre les quantités d'extraits obtenus et les index de production calculés pour les échantillons correspondant après pyrolyse Rock-Eval (cf. fig. 5). Ceci apparaît nettement dans la relation graphique établie entre ces deux grandeurs (fig. 9).

Là encore l'échantillon CHA présente un résultat anormal (forte teneur d'extrait CHCl_3 , faible I.P.) ; ceci peut être dû à la rétention, lors de l'analyse Rock-Eval, des hydrocarbures libérés par la matrice minérale, la teneur en C. organique étant faible (1 %). L'échantillon BV ne donne pas de pic S_2 par pyrolyse et n'est donc pas représenté, la quantité de produits solubles dans le chloroforme étant faible par ailleurs. Les résultats présentés dans le tableau 29 ne mettent pas en évidence de relation simple entre les proportions des divers constituants des extraits (résines, asphaltènes, hydrocarbures aromatiques et saturés) et les autres caractéristiques géochimiques des échantillons.

Par contre l'analyse des hydrocarbures saturés par chromatographie en phase gazeuse apporte des renseignements intéressants, rassemblés dans le tableau suivant :

Echant.	Pr/C ₁₇	Ph/C ₁₈	Pr/ph	$\frac{\text{Pr+Ph}}{\text{C}_{17}+\text{C}_{18}}$	Mode
VAR. 1 (71,95)	0,42	0,18	2,75	0,31	C ₁₆
VAR. 1 (49,20)	0,425	0,17	2,75	0,31	C ₁₆
BB2 (21)	1,80	0,79	2,65	1,33	C ₁₇ - <u>C₁₈</u>
CHA	0,49	0,34	1,49	0,41	<u>C₁₇</u> - C ₁₈
TGV	1,54	0,46	4,1	1,06	C ₁₇ - <u>C₁₈</u>
SUR	2,18	1,05	2,3	1,64	<u>C₁₇</u> - C ₁₈
BV	1,55	0,52	2,78	1,02	C ₁₇ - <u>C₁₈</u>

Pr = pristane

Ph = phytane

C₁₇ = n. heptadecane

C₁₈ = n. octadecane

Fig. 8 - Caractéristiques principales des chromatogrammes des fractions "hydrocarbures saturés"

Les chromatogrammes obtenus montrent pour tous les échantillons étudiés, une distribution régulière des n-alcanes avec un mode en C₁₆ ou en C₁₇ - C₁₈. Le déplacement du mode vers les termes les plus légers est un indice de la maturité croissante des matériaux étudiés. Avec celle-ci diminue, dans le même temps, la proportion d'hydrocarbures ramifiés, isoprénoides (pristane, phytane) par rapport aux composés linéaires.

On constate en effet que deux échantillons, parmi les plus évolués d'après les données sédimentologiques (VAR. 1 (49,20) et (71,95), possèdent les rapports $(\text{Pr} + \text{Ph}) / (\text{C}_{17} + \text{C}_{18})$ les plus faibles de la série (0,31) ainsi qu'une distribution des n. alcanes présentant un mode en C₁₆. Par contre l'analyse Rock-Eval de ces mêmes échantillons ne fournit qu'un I.H. intermédiaire entre ceux obtenus pour TGV d'une part, SUR et BB2 (21) d'autre part. La divergence

Extrait CHCl_3
mg/g c.org.

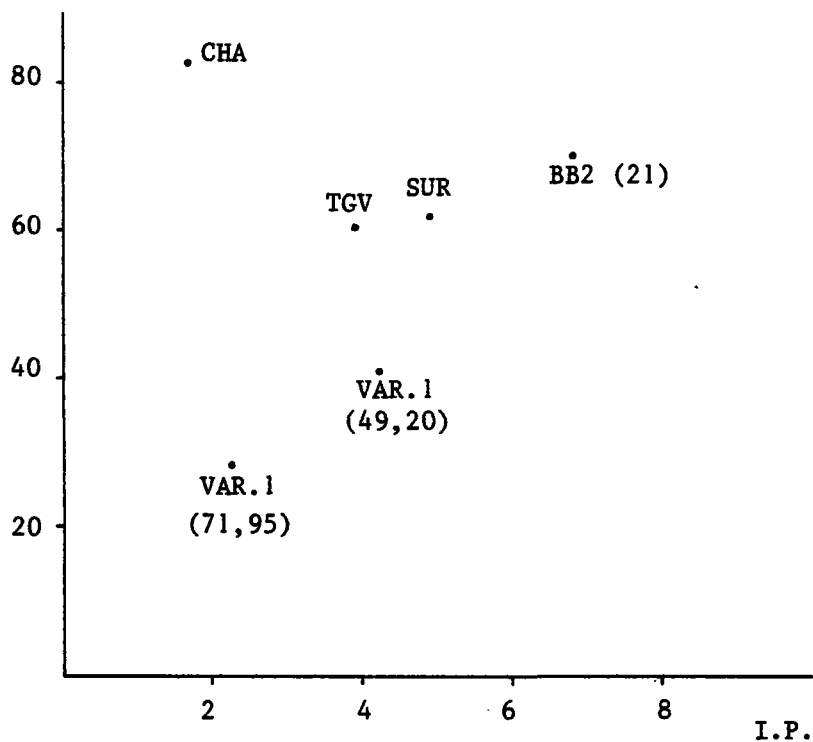


Fig. 9 - Teneurs de composés extractibles par le chloroforme en fonction de l'index de production

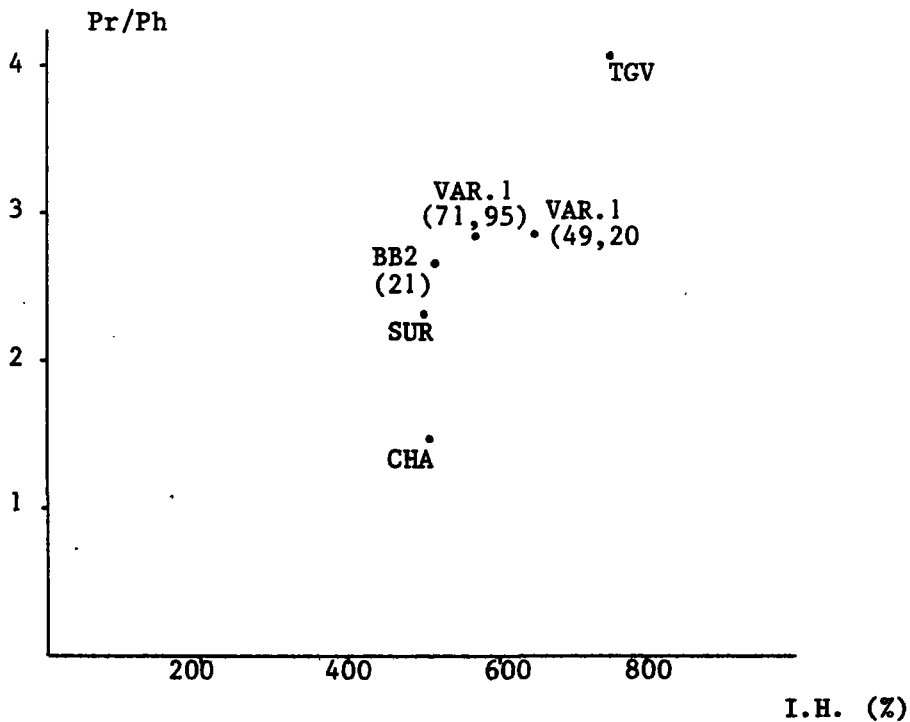


Fig. 10 - Comparaison des rapports Pr/Ph et des index d'hydrogène

qui apparaît ainsi entre les résultats comparés des deux méthodes peut être attribuable à la présence, avec la matière organique d'origine algo-sapropélique, de matériaux détritiques libéro-ligneux (lignée III).

C'est également ce qu'indiquent les rapports Pristane sur Phytane (Pr/Ph), si on admet que les valeurs élevées de ceux-ci caractérisent bien la nature marine ou lacustre du milieu de dépôt, plutôt que son caractère oxydant, les deux hypothèses étant envisagées.

La comparaison des données Rock-Eval et des rapports Pr/Ph est effectuée dans la figure n° 10. L'échantillon TGV, qui a le rapport Pr/Ph le plus élevé (4,1), contient essentiellement une matière organique d'origine algo-sapropélique expliquant son I.H. important.

Les autres échantillons montrent :

- pour VAR. 1 (49,20) et VAR. 1 (71,95), un I.H. plus faible dû en partie à un degré de maturation plus important, mais également à une plus grande quantité de débris libéro-ligneux (Pr/Ph = 2,75). Cette tendance est encore accentuée pour l'échantillon BB2 (21) (qu'un I.O. plus élevé rapproche de la lignée II) et pour l'échantillon SUR, qui semble appartenir à la lignée II et qui a effectivement un rapport Pr/Ph faible (2,3).

- pour CHA, ce rapport descend à 1,49 et lui donne un net caractère ligneux, alors que l'échantillon BV, ne possédant qu'une matière organique libéro-ligneuse, mais sans formation d'hydrocarbures, ne peut être comparé aux autres.

Eléments métalliques associés aux carbonates et à la matière organique (kérogène)

Afin d'étudier la répartition des éléments en traces dans les échantillons, ceux-ci ont été soumis, après l'extraction chloroforme, à deux traitements différents. Le premier consiste en une destruction sélective des phases carbonatées : une décarbonatation douce est effectuée, sans apport d'ions H^+ libres dans le milieu grâce à l'emploi d'une résine échangeuse cationique forte.

Le second traitement consiste en une mise en solution et un dosage des éléments métalliques résiduels liés à la phase organique des échantillons : le kérogène est obtenu par élimination de la matrice minérale du sédiment après attaque acide (HCl/HF), puis détruit par voie humide (HCl/HNO₃ ; HClO₄).

- Éléments liés aux carbonates : les résultats de dosage des éléments, après décarbonatation sont présentés dans le tableau suivant :

	VAR.1 (71,95)		VAR.1 (49,20)		BB2(21)		CHA		TGV		SUR		BV	
Ca mg/g	30,4	> 1*	14,8	> 1*	19,6	> 1*	136	> 1*	45	>1*	37,5	>1*	16	>1*
Mg "	2,36	0,2	1,22	0,2	1,94	0,15	2,90	0,6	17,9	0,6	13,7	0,5	1,38	0,3
Sr mg/g	72	> 1	30	> 1	40	> 1	60	>0,8	40	>1	50	>1	ε	> -
Mn	420	0,65	86	0,2	32	0,15	1360	0,6	800	0,8	536	0,7	16	0,15
Co	10	0,55	6	0,35	6	0,35	4	0,35	4	0,3	4	0,35	ε	-
Cu	8	0,2	14	0,3	16	0,35	6	0,4	10	0,25	18	0,3	12	0,2
Ni	18	0,45	12	0,25	14	0,30	6	0,25	4	0,1	6	0,15	ε	-
Pb	110	0,25	ε	-	60	0,7	24	0,35	ε	-	24	0,35	30	0,15
Zn	22	0,2	24	0,1	68	0,5	28	0,25	14	0,2	32	0,3	20	0,2
Cr	ε	-	ε	-	ε	-	ε	-	ε	-	ε	-	ε	-
V	ε	-	ε	-	ε	-	ε	-	ε	-	ε	-	ε	-
U	non dosé													

* proportion de métal extrait par rapport à la teneur sur roche totale

Fig. 11 - Éléments métalliques extraits par décarbonatation

Quatre groupes d'éléments se différencient :

- Groupe Ca - Mg - Sr - Mn : le magnésium et surtout le calcium, ainsi que le strontium et le manganèse associés sont en général largement extraits ; pour Ca, les teneurs supérieures dans l'extrait par rapport à celles de la roche totale sont dues à l'imprécision de la méthode de dosage par fluorescence X, de même que pour Sr, dosé par absorption atomique.

Les proportions de Mg sont d'autant plus grandes que cet élément est abondant dans l'échantillon, ce qui peut s'expliquer par sa répartition minéralogique entre carbonates (extraction forte) et silicates (extraction faible). Le cas semble analogue pour Mn, qui se trouve en quantités importantes liées aux carbonates : dans les échantillons qui en contiennent peu (où Mn appartient partiellement aux minéraux silicatés), les proportions extraites baissent et sont inférieures à 0,2.

- Groupe Cr - V : ces deux éléments ne sont pas extraits lors de la décarbonatation et sont donc associés aux oxydes et/ou à la phase argileuse (BARBER, 1974) ainsi peut être qu'à la matière organique.

- Groupe Co - Cu - Ni : le comportement de ces trois éléments est assez comparable, du moins dans les échantillons argilo-carbonatés et carbonés, pour lesquels les proportions extraites sont inférieures à 0,55 (en moyenne 0,25 à 0,30) ; en effet les possibilités d'association de Co - Cu et Ni avec des phases minérales sont nombreuses : argiles, oxydes, sulfures (BARBER, 1974 ; SMOLL et FORSTNER, 1979). Cependant ils peuvent aussi être liés à la matière organique, même lorsque les kérogènes ont atteint un degré d'évolution assez élevé (DISNAR, 1980) comme il ressort (surtout pour le Ni), dans les échantillons TGV, SUR et VAR. 1 (49,20).

L'échantillon argilo-gréseux B.V., dont la lithologie et l'environnement sédimentaire sont différents, se distingue des six précédents par :

- . très peu de carbonates ;
- . proportions très faibles ou nulles d'éléments extraits, qui sont également peu abondants sur roche totale (cf. fig. 4).

- Groupe Pb - Zn : le comportement de Pb et Zn est à rapprocher de celui de Co - Cu - Ni, car ils sont extraits en proportion faible ou nulle, sauf pour l'échantillon SUR qui possède une teneur élevée en Fe III ; dans ce cas Pb et Zn pourraient être en partie liés d'une manière labile, ou sous une forme fragile, à des oxydes de Fe.

Les proportions extraites restent par ailleurs comparables quand Pb est concentré dans la roche (VAR. 1 (49,20) et BV) ainsi qu'entre les échantillons carbonatés ou non carbonatés, ce qui montre la faible liaison carbonates-Pb, Zn.

- Analyse élémentaire des extraits kérogène

Les résultats d'analyses élémentaires C - H - N - O - S - Fe des extraits kérogène sont présentés dans le tableau ci-après :

	C % pondéral	S %	Fe %	H/C rapports atomiques	N/C rap. atom.	S/C rap. atom.	O/C rap. atom.
VAR. 1 (71,95)	48,62 (7,5)*	5,57	6,09	1,10	0,015	0,043	0,081
VAR. 1 (49,20)	63,41 (3,3)	3,85	3,36	1,26	0,019	0,023	0,047
BB 2 (21)	29,34 (5,6)	1,50	3,03	1,29	0,022	0,019	0,208
CHA	2,75 (2,75)	1,32	1,06	4,45	0,046	0,180	1,66
TGV	14,73 (2,7)	0,28	0,99	1,98	0,025	0,007	0,145
SUR	17,00 (2,3)	0,59	2,46	1,83	0,021	0,013	0,402
BV	48,61 (6,2)	1,55	0,37	0,46	0,014	0,012	0,245

* (7,5) : coefficient d'enrichissement par rapport à la roche de départ.

Fig. 12 - Résultats de l'analyse élémentaire des extraits kérogènes

Les faibles teneurs de carbone trouvées pour certains échantillons sont dues à une mauvaise élimination de la matrice minérale ; les dosages de H et O sont également faussés et les résultats difficiles à exploiter.

Cependant, ces valeurs utilisées dans un diagramme H/C ; O/C de type VAN KREVELEN fournissant une indication identique à celle déjà obtenue avec la pyrolyse Rock-Eval et le diagramme I.H. - I.O. (fig. 6), ne revêtent pas une importance primordiale pour la suite de cette étude.

Les teneurs en N sont peut-être également faussées par les impuretés minérales, les valeurs les plus élevées de N/C étant trouvées pour les extraits les plus pauvres en carbone organique.

Les teneurs en Fe sont corrélables avec celles de S pour les échantillons VAR. 1 (49,20) ; VAR. 1 (71,95) et CHA dans les proportions de la pyrite, minéral non détruit par l'attaque HCl/HF. Une autre origine doit être recherchée pour le fer (échantillons TGV, SUR et BB 2 (21) et pour le soufre (BV).

- Analyse des éléments en traces présents dans les extraits kérogène

L'attaque HCl/HF, même si elle a été imparfaite, a du permettre l'élimination de la plus grande partie des éléments traces liés aux carbonates et aux phases silicatées. Une attaque acide oxydante (HClO₄ ; HCl/HNO₃) doit détruire les kérogènes et certains minéraux ayant résisté au premier traitement : les résultats du dosage des éléments traces ainsi obtenus sont présentés dans le tableau qui suit :

Elément dosé ppm	VAR. 1 (71,95)	VAR. 1 (49,20)	BB 2 (21)	CHA	TGV	SUR	BV
Pb	320 (450)	45 (65)	90 (82)	125 (68)	50 (22)	110 (70)	365 (225)
Zn	198 (130)	250 (198)	161 (142)	74 (115)	72 (65)	80 (102)	112 (108)
Cu	196 (47)	75 (44)	100 (47)	7 (15)	60 (38)	24 (61)	34 (58)
Mn	690 (645)	175 (525)	260 (230)	1835 (2450)	850 (1025)	740 (770)	60 (105)
Ni	62 (38)	88 (50)	70 (49)	6 (23)	33 (40)	21 (39)	9 (12)
Co	33 (18)	25 (16)	16 (16)	1 (11)	10 (12)	7 (11)	1 (5)
Cr	15 (58)	18 (66)	24 (70)	18 (42)	25 (55)	20 (46)	14 (44)
V	20 (130)	20 (110)	50 (125)	25 (90)	65 (100)	80 (115)	20 (60)
Be	1 (8)	ε (9)	1 (7)	4 (4)	3 (5)	3 (5)	3 (26)
C %	48,62	63,41	29,34	2,75	14,73	17,00	48,61
S %	5,57	3,85	1,50	1,32	0,28	0,59	1,55

Fig. 13 - Teneurs en éléments traces dans les extraits Kérogène

Remarque : les chiffres entre parenthèses correspondent au rappel des teneurs dans la roche totale.

En comparant les teneurs en éléments traces dans l'extrait kérogène à ceux sur roche totale, on constate :

- un appauvrissement en Cr et V (ainsi qu'en Be) qui confirme le fait que ces éléments, liés aux silicates, ont été en grande partie éliminés par les attaques HCl/HF ;

- Cu, Ni et Co ont des comportements comparables : ils sont enrichis dans les échantillons VAR. 1 (71,95), VAR. 1 (49,20) et BB 2 (21), appauvris dans les autres ; ils semblent donc liés à la matière organique (faciès couches bitumineuses). Pour l'échantillon BV, qui contient beaucoup de matière organique, mais d'origine ligneuse, ces trois éléments seraient plutôt en liaison avec le soufre car ils sont appauvris ;

- Zn suit d'assez près le comportement des trois éléments précédents mais il est aussi enrichi dans l'échantillon TGV, tout comme Cu ; ce fait est à rapprocher de la basse teneur en S notée ici ;

- enfin Pb n'est appauvri que dans le cas de VAR. 1 (71,95) (teneur forte en roche totale) et VAR. 1 (49,20) (teneur faible en roche totale).

d) Dosage de l'uranium mobile en alluvions et en sols

Les prélèvements ont été effectués essentiellement sur alluvions de ruisseaux (les prises de sols venant en complément pour une couverture homogène) dans les secteurs d'affleurements autuniens, et sur le socle (Etude B. PRADIER).

L'étude des distributions de teneurs pour ces deux catégories d'échantillons monte une différence, faible entre le Stéphien d'Epinaç et l'Autunien d'une part, plus tranchée entre Autunien de la bordure Sud et de la bordure Nord (fig. n° 14) :

- le Stéphien est caractérisé par une population normale, avec une teneur de fond de 2 ppm (85 %), le reste (15 %) présentant des teneurs anormales : 5 à 10 ppm.

- l'Autunien inférieur du Nord du bassin montre un fond géochimique faible (1 à 1,5 ppm), avec toutefois une sous-population correspondant à une zone anormale (2 ppm et plus) dans la base de l'assise de Muse (colline de Lally, avec la présence des couches bitumineuses de Muse et Lally).

- l'Autunien supérieur (ou terminal) de la région de Curgy se distingue des autres secteurs par son fond élevé, double de celui des zones précédentes ; ici les dépôts provenant du socle granitique voisin sont de type arkosique, avec niveaux argileux, et présence de rubéfections, affectant localement ces formations.

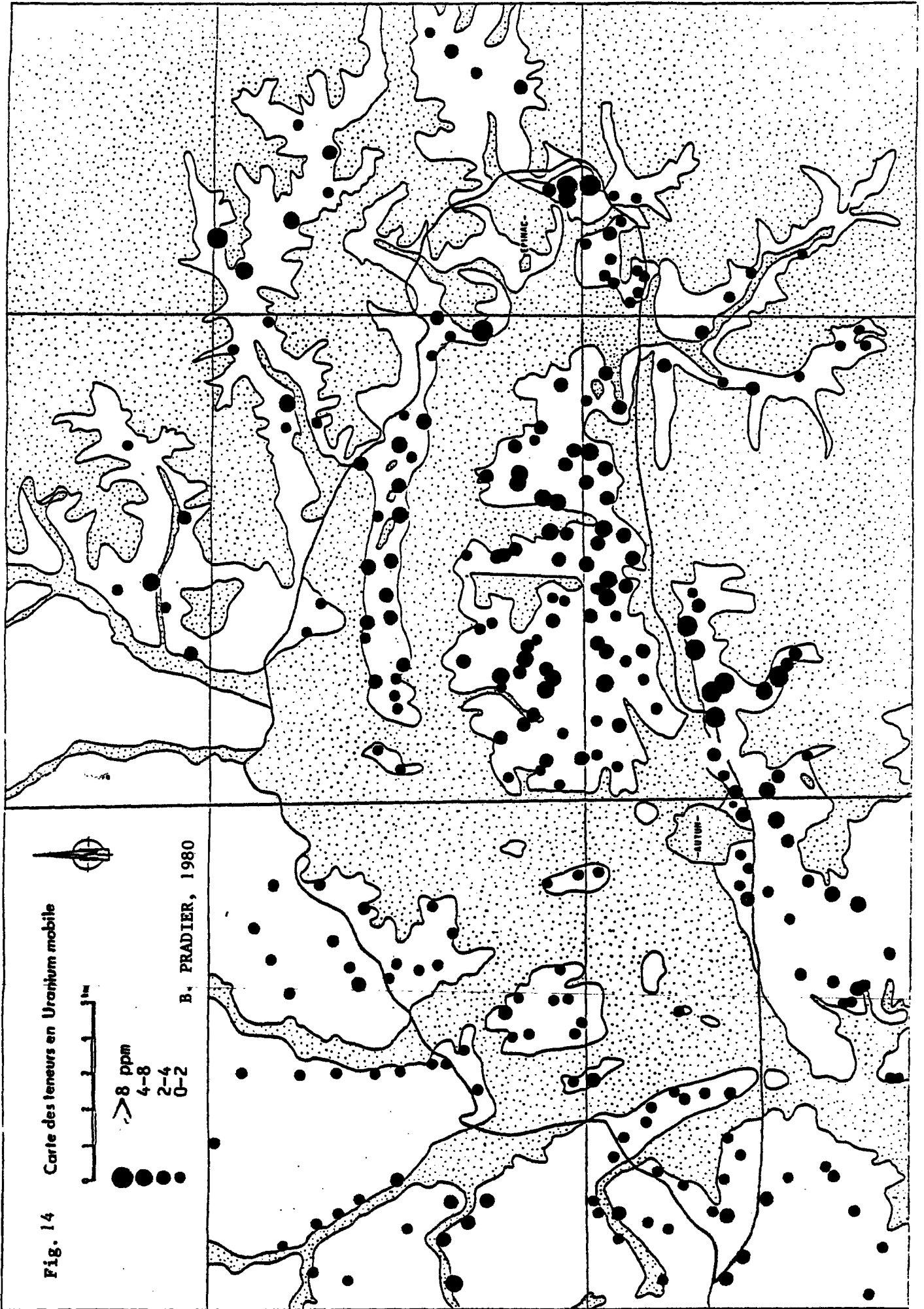


Fig. 14 Carte des teneurs en Uranium mobile

B. PRADIER, 1980

D'autres points répartis le long des bordures cristallines permettent de caractériser un Viséen uniforme et pauvre en U, et des granites à fonds plus élevés et à nombreuses anomalies. Cette répartition se retrouve dans le bassin, avec concentrations au niveau de la colline de Muse-Lally et de celle de Curgy.

Les contrastes géochimiques apparaissent donc liés à la géologie ; une comparaison avec d'autres bassins permien, minéralisés (Aumance, Brive, Lodève) montre une teneur de fond plus élevée dans le cas d'Autun, avec une bordure cristalline riche, à nombreux indices.

Ainsi la présence de niveaux riches en matière organique, représentatifs d'un milieu réducteur, ne suffit pas pour un piégeage important de U, contrairement aux assises à alternances de faciès gris-rouges. Malgré tout la prospection géochimique a montré l'existence d'un potentiel uranifère, jusqu'ici considéré comme nul ou très faible, et a permis une caractérisation des ensembles lithologiques, malgré le comportement capricieux de l'uranium dans les milieux superficiels.

5. - CONCLUSIONS SUR LE BASSIN D'AUTUN

Les sept échantillons du bassin d'Autun étudiés dans ce rapport se répartissent en trois catégories d'après leur lithofaciès, vérifiés en pétrographie ; ils se différencient alors plus ou moins par la nature de la matière organique qu'ils contiennent, son degré d'évolution, ainsi que par les teneurs en éléments traces liés aux différentes fractions, minérales et organiques.

On peut retenir les principaux faits suivants :

- le dosage des éléments-traces montre des enrichissements en Pb - Zn - Cu - Ni - V et U, éléments à comportement organophile ;

- les relations éléments-traces - phase carbonatée sont assez nettes bien que les carbonates soient souvent en faibles quantités. Par contre il a été difficile de mettre en évidence des relations claires entre ces éléments et la matière organique extraite et isolée des phases minérales ;

- la matière organique présente un état de maturation peu avancée (données Rock-Eval indiquant par ailleurs les variations de la nature des apports organiques) ;

- les proportions des différents matériaux organiques essentiellement algaires, sporo-polliniques et ligneux, ainsi que leur rang peu élevé, sont notées en réflectométrie, et soulignées par les rapports Pristane/Phytane.

L'ensemble de ces données conduit à penser que les concentrations ou minéralisations observées sont synsédimentaires ou liées à une diagénèse précoce, et reflètent en grande partie la nature des apports minéraux (cf. dosage U mobile) et des dépôts organiques.

BASSIN DE CARENTAN

Auteurs: C. PAREYN (1) ET A. L'HOMER (2)

(1) UNIVERSITE DE CAEN

(2) SGN/GEO - B.R.G.M. ORLEANS.

I - PRESENTATION DU BASSIN DE CARENTAN

1 - Cadre géologique

Rompant avec les études précédentes concernant des bassins permien dépendants du Massif central français, la présente étude nous permet d'étudier les caractéristiques d'un bassin situé sur la bordure orientale du Massif Armoricaïn.

Les séries permo-carbonifères s'y sont disposées à la faveur d'un fossé tectonique qui s'est constitué à la jonction du vieux socle briovérien situé au Sud (St Lô) et d'une zone d'ancienne plateforme supportant des séries paléozoïques.

Le Bassin, dans les limites des séries permiennes reconnues, atteint 40 km d'Est en Ouest dans sa plus grande longueur, et 20 km du Nord au Sud.

Cette zone faible qui coupe la presque île du Cotentien en deux domaines distincts a rejoué à nouveau en distension au cours du Néogène puisqu'à la faveur de panneaux effondrés le permien y est recouvert localement par plusieurs dizaines de mètres de sédiments pliocènes ou plio-quaternaires.

2 - Les dépôts carbonifères et permo-triasiques : difficultés de leur étude

Ces déformations relativement récentes font que les formations permiennes sont en majeure partie masquées et n'affleurent que sur les pourtours de la dépression de Carentan, en particulier au Sud et au Sud-Est.

Le relief étant relativement plat, les terrains affleurent très mal, si bien qu'aucune coupe géologique n'est suffisamment continue en surface pour permettre une estimation des épaisseurs. Cependant la série est bien connue grâce aux travaux miniers et sondages effectués pour la recherche et l'exploitation des couches de houille qui ont servi de base à une synthèse géologique antérieure (Cl. PAREYN, 1954).

La puissance maximum reconnue jusqu'à présent en sondage est de 683 mètres (sondage de Mesnil-Véneron, Manche). Il est probable qu'au Nord de ce sondage, dans la région de Carentan (ou de Montmartin-en-Graignes), l'épaisseur du Permien est encore plus élevée.

La série permienne de Basse-Normandie se présente comme un complexe de couches rouges, exceptionnellement sombres pour les épisodes carbonatés (calcaires de Saint Martin de Blagny). Cet ensemble repose généralement en continuité sur les terrains houillers stéphaniens et est recouvert en discordance par des dépôts attribués au Keuper. Il est subdivisé dans le présent rapport, de bas en haut en Autunien gris (séries II et III) et Autunien rouge (séries IV, V et VI) (cf. tableau p. 9).

3 - Formations sous-jacentes

Les dépôts Permien reposent généralement en concordance sur des terrains houillers, d'âge stéphanien supérieur. Ces derniers furent exploités dès 1741 dans la concession minière de Littry, partie orientale du Bassin de Carentan. Cette série houillère fut retrouvée dans la même position concordante à la base du sondage de Saint Fromond, lieu-dit Port Ribet, avec une épaisseur de 253 mètres, ainsi qu'à la base du sondage du Mesnil-Véneron, distant de 4 km vers l'W, avec une épaisseur plus réduite de 83 mètres.

Toutefois, à l'extrémité occidentale du bassin de Carentan, dans le petit bassin houiller du Plessis, des faciès assimilables à la partie supérieure de l'Autunien rouge (série VI, pélites de St Jean-de-Daye) reposent en discordance sur des séries houillères plissées datées du Westphalien B-C (Y. LEMOIGNE, 1969). Récemment des examens palynologiques effectués sur des échantillons prélevés en sondage ont confirmé cette attribution stratigraphique (Cl. PAREYN et R. COQUEL, inédit).

4 - Formations sus-jacentes

L'ensemble du Permien du Bassin de Carentan est surmonté en discordance par des formations variables peu épaisses (50 m au maximum, 10 à 20 m en moyenne), et dont l'attribution stratigraphique a varié par le passé (*).

Les terrains surmontant directement les assises permien sont constitués d'argilites et de marnes rouges et grises ; elles ont fourni une faune de Gastéropodes, Lamellibranches, Ostracodes (*Darwinula*), Poissons (*Semionotus*), et une flore à *Chara*, *Classopollis* (pollen de Gymnosperme), permettant d'attribuer ces séries argileuses bariolées au Keuper supérieur (C. PAREYN et C. LARSONNEUR, 1960). Tout récemment cet âge a pu être précisé et rapporté au Norien d'après un riche cortège palynologique (J. TANGOURDEAU et C. PAREYN, déc. 1981, inédit).

A l'Ouest du Bassin (Montmartin-en-Graignes, Saint-Jean-de-Daye), ainsi qu'au centre (Montfréville, Neuilly-la-Forêt), les dépôts du Keuper supérieur reposent en discordance sur le terme le plus élevé de l'Autunien (série VI). Par contre à l'Est, les marnes du Keuper, franchement discordantes reposent sur les termes inférieurs (séries I, II et III).

5 - Aspects structuraux

La phase tectonique post-autunienne a eu pour effet de provoquer le relèvement de la partie Est du bassin permo-carbonifère et l'ennoyage de la partie centrale et occidentale. Le lieu de ce partage correspond à un accident profond, enveloppe de plusieurs tronçons faillés en surface et dont le rejet dans le Permien est de l'ordre de 200 à 300 mètres.

(*) La carte à 1/80.000 de St Lô indique à tord de larges affleurements de Saxo-nien ; il n'existe pas dans la région. Les épandages fluviatiles grossiers d'âge quaternaire qui recouvrent les marnes du Keuper ont été attribués par le passé au TRIAS.

6 - Historique des travaux antérieurs

S'agissant du plus vieux bassin houiller de France (premières exploitations de "charbon de terre" datant de 1741), il va de soi que le bassin permocarbonifère de Carentan a un riche passé minier marqué par des périodes d'abandon et de reprises des recherches.

La connaissance des anciens travaux miniers est d'autant plus précieuse pour la connaissance des assises permienes que celles-ci affleurent très peu en surface. Ce dernier point explique également le peu d'études menées jusqu'à présent sur les séries permienes proprement dites. Le détail de ces travaux de recherche pour le charbon est donné dans l'annexe 1.

Les derniers forages de recherche ont été exécutés par la CFMU. Nous tenons à remercier ici les responsables de cette compagnie de nous avoir autorisé à consulter les logs et les déblais de sondage.

II - SUCCESSION LITHOSTRATIGRAPHIQUE

La nouvelle succession lithostratigraphique proposée ici (cf. tableau p. 9), et basée sur une division en cinq séries, a été établie par confrontations des ensembles lithologiques délimités sur le terrain et de la coupe rénovée du sondage de Saint Fromond, lieu-dit Port-Ribet (1).

1 - Principales caractéristiques lithologiques

- Série inférieure de transition houiller-permien (= S II)

C'est une sédimentation assez hésitante comprenant encore dans la partie inférieure des lits d'argilites se chargeant parfois en sables fins, silts ou micas. Le caractère réducteur bien que très minoritaire apparaît sous forme de lits de grès ou d'argilites gris, gris-noir ou vert. Mais les teintes dominantes vont du rouge au brun-rouge. On remarque au sein des argilites quelques enclaves carbonatées, ainsi que de rares remaniements de schistes houillers.

La partie supérieure montre une plus grande monotonie : argilites rouge-brun avec parfois des teintes vertes. Ce sont des dépôts saisonniers sous faible tranche d'eau et venant temporairement à émerger (traces de gouttes d'eau).

- Série des calcaires gris à laminites de Saint Martin de Blagny (= S III)

Ce sont des dépôts en continuité avec les précédents mais qui présentent, en plus, des variations régulières dans le chimisme des dépôts (teneur en carbonate et en Fer essentiellement).

Les argilites prennent des teintes bigarrées communes aux séries de type "Red beds" allant depuis le gris-verdâtre jusqu'au violet en passant par les teintes lie-de-vin, rouge brun, rouge pourpre et rouge clair. Les processus de lessivage des roches paléozoïques, de contrôles climatiques qui permettent des périodes de concentration ou inversement de dilution des eaux du bassin, régulent ce type de dépôts. Il existe plusieurs types de calcaires : calcaires gris à gris blanchâtre compacts, calcaires d'aspect bréchiq ou microbréchiq, et surtout des calcaires gris à gris-noir à structure laminée. Certains de ces calcaires sont magnésiens.

(1) Coupe mise au point pour la présente étude à partir de documents de chantier, utilisés ici pour la première fois. (documentation de CL. PAREYN).

SUCCESSION LITHOSTRATIGRAPHIQUE DE L'AUTUNIEN DE NORMANDIE

Epaisseurs

AUTUNIEN ROUGE	SERIE VI	Série des Pélites de Saint Jean de Daye	plus de 300 m
	SERIE V	Série des grès rouges et conglomérats de Cartigny l'Epinay	de 25 à 70 m
	SERIE IV	Série intermédiaire des schistes et pélites rouges	de 7 à 77 m
AUTUNIEN GRIS	SERIE III	Série des calcaires gris à laminites de Saint Martin de Blagny	de 90 à 160 m
	SERIE II	Série inférieure de transition Houiller-Permien = Grès et conglomérats et schistes rouges	de 15 à 100 m
SERIE I = HOULLER STEPHANIEN franc			

Tableau établi par Cl. PAREYN et J. AUBRY

Résultats de quelques calcidolomimétries:

	CO ³ Ca	CO ³ Mg
Calc. gris à délit en plaquettes (La montagne)	30 %	30 %
Dol. calcaire finement varvée (près de la Mine de Fumichon)	27 %	47 %
Calc. argileux en plaquettes gris-jaunâtre (près de Mairie de St Martin de Blagny)	25 %	11 %
Calc. jaunâtre du Pont Normand	48 %	0 %
Calc. compact gris-noir finement varvé (Le Val Véron)	95 %	0 %

L'analyse pétrographique révèle que les calcaires à lamines sont constitués d'une alternance de feuillets carbonatés et de lamines plus sombres se chargeant en argile et matière organique à laquelle est associée de fines granulations pyriteuses. Des quartz fins (40 à 80 µm) peuvent être associés à ces lamines. Ces lamines rythmées sont classiquement attribuées à la présence, sur le fond de lagunes à faible tranche d'eau, de feutrages algaires dûs aux cyanophycées (algal mats).

Les autres carbonates sont de texture mudstone (micrite) le plus souvent, acceptant parfois des bioturbations, avec présence de bioclastes ou des remaniements (intraclasts, lithoclasts et quartz).

Bien que la sédimentation de la série III suppose une phase de répit relatif dans l'activité épirogénique, on note la présence de deux lits de tufs volcaniques au sondage de Port-Ribet 424,90 et 425,65 m. On note par ailleurs l'existence de minces lits de basalte à Li 6 (- 10 m) et à Li 7 (- 12 m).

Cependant le sommet de cette série se remarque par une période de remarquable équilibre climato-structural qui permet la production en continu de 6 m de calcaire au sondage de Port-Ribet.

- Avec la série IV ou série intermédiaire des schistes et pélites rouges, on retourne à une série dénuée de carbonates, sauf au sommet, rappelant un peu la série II (d'où l'impossibilité sur le terrain de les différencier cartographiquement).

On note la présence de plusieurs lits métriques de tufs au sondage de Port-Ribet (= reprise de l'activité volcanique annonçant la phase de réajustements structuraux qui va suivre). La présence de quelques intercalations de grès grossiers rouges au sein des argilites va dans le même sens.

- La série V marque un changement important dans la sédimentation. Il y a reprise des processus de glyptogénèse avec production importante de silici-clastiques (grès, argilites gréseuses). La base comporte plusieurs niveaux de conglomérats qui laissent supposer des rajeunissements de reliefs consécutifs à des réajustements structuraux. Au sommet, la sédimentation devient apparemment plus régulière suivant des cycles où alternent grès rouges et argilites rouges.

- La série VI des Pélites de Saint Jean-de-Daye, souvent fortement altérée et incomplète par suite des érosions ultérieures, est assez mal connue.

La partie inférieure de cette série, traversée par le sondage de Mesnil-Véron, montre dans les argilites des critères d'exondation :

- empreintes de gouttes de pluie observées dans les carottes ;
- existence de silcrêtes et de dalles concrétionnées au Mesnil-Eury ;
- cinérites et tonsteins dont la structure implique une absence de remaniement en milieu aquatique. Ces petits bancs seraient des retombées de cendres consolidées sur le sol, recouvertes ensuite par l'épandage de phyllites par voie normale.

Cependant, l'épaisseur de cette série (plus de 300 m) et son extension par transgression des marges qui suppose une accentuation des phénomènes de subsidence, laissent à penser que la sédimentation a dû être assez gréseuse sur les bords et pélitique ou argileuse au centre du bassin.

2 - Autres données analytiques

Les analyses de diffractométrie par RX font apparaître la prédominance de l'illite dans les argiles avec parfois des chlorites et un taux variable d'hématite. Les grès renferment souvent une quantité importante de plagioclases.

A titre d'indication, nous donnons ci-dessous les résultats d'analyse géochimique obtenue sur deux échantillons (majeurs et éléments trace) *.

SiO2	AL2O3	FE2O3	CAO	MGO	K2O	MNO	TiO2	P2O5	LI	RE	P	U	CR	CO	NI	CU	ZN
40.2	9.9	3.6	12.0	7.5	2.9	0.01	0.67	302.	92.	0.	140.	75.	108.	13.	33.	17.	22608.
31.8	9.3	3.1	22.5	4.5	2.2	0.00	0.52	468.	113.	3.	165.	55.	73.	10.	32.	16.	741.
AS	SR	Y	ZR	NB	MO	AG	CD	SN	SB	BA	LA	CC	W	PB	BI		
8383.	90.	22.	205.	-20.	8.	0.3	27.	18.	-2.	116.	38.	56.	13.	1131.	0.		
108.	171.	12.	188.	-30.	2.	-0.2	-2.	-10.	-2.	121.	22.	34.	14.	63.	0.		

Premier échantillon : n° 32345 : argilites grises (Série III, le Pont Normand)

Deuxième échantillon : n° 32355 : calcaire à laminites (Série III, Le Val Véron).

On note des valeurs élevées en Zn et en Pb pour le premier échantillon.

* Analyse effectuée par MGA (BRGM)

3 - Attribution stratigraphique des séries permienes

Quelque soit le faciès sous lequel il se présente à l'affleurement -grès, pélites, siltstones, calcaires-, le Permien s'y est toujours révélé azoïque ; ce n'est qu'en sondages ou en puits de mine qu'il a livré quelques macrofossiles : poissons dans les calcaires de Saint-Martin-de-Blagny (série III), Estheria et Lamellibranches trouvés au toit de ces calcaires à laminites dans les sondages de Saint-Fromond et de Mesnil-Véneron. Tous ces matériels ont disparu dans l'incendie de l'Université de Caen en juillet 1944 (1). Sur les carottes de forages aujourd'hui détruites, n'ont été faites aucunes recherches d'ordre micropaléontologique ; ce travail est amorcé à partir des échantillons des sondages C.F.M.U. forés en 1978.

L'âge des rares fossiles trouvés dans les sondages de Saint Fromond et de Mesnil-Véneron a été établi par P. PRUVOST, à la demande de A. BIGOT qui avait assuré la supervision géologique de leur creusement. Seule la partie médiane de la colonne stratigraphique a pu être ainsi datée de l'Autunien supérieur.

En outre, de nombreux critères d'homogénéité tels que la permanence du faciès de siltstones rouges, la position des termes carbonatés ou la persistance d'un volcanisme atténué -prolongement du volcanisme intense stéphanien- qui se manifeste dans les séries III, V et VI (voir plus loin), autorisent à admettre un âge unique pour l'ensemble de la colonne stratigraphique, soit l'AUTUNIEN.

4 - Résultat des études palynologiques (G. FARJANEL)

Plusieurs tests ont été tentés, soit sur déblais de sondages CFMU (Li 11 et Li 6 en particulier) ainsi que sur des échantillons de silts ou argilites provenant de coupes. Le matériel organique est en général mal conservé. Il contient une microflore remaniée très abondante provenant du Dévonien (essentiellement dans Li 11), et une microflore en place à Disaccites et Cordaitina, qui permet de conforter l'âge autunien qui a été avancé ci-dessus à partir d'arguments lithostratigraphiques.

La matière organique associée à cette flore est très évoluée et son état de destruction partielle nous a amenés à suspendre les analyses plus poussées de géochimie organique qui étaient programmées initialement.

(1) Le seul affleurement connu à l'heure actuelle se rapportant aux couches grises associées au toit de la série des calcaires à laminites se situe au Pont Normand, Cartigny-l'Épinay. Il n'a pas encore livré de cortège palynologique malgré plusieurs tentatives ; un résultat positif permettrait de confirmer ou d'infirmier la datation d'Autunien supérieur donnée par P. PRUVOST (1925).

III - LE VOLCANISME PERMIEN

Volcanisme antérieur (Stéphanien)

Au cours de la sédimentation stéphanienne, un volcanisme puissant s'est manifesté, avec basaltes et andésites, mais aussi avec des laves de type rhyolithique qui furent identifiées dans les galets remaniés d'un conglomérat interstratifié au milieu de la couche de houille de Fumichon. Pierre TERMIER (1918) avait montré que la série houillère était affectée dans les conditions suivantes :

- Sondage de Saint Martin de Blagny

- . Epaisseur du houiller : 90 m
- . Epaisseur des roches sédimentaires : 28 m
- . Epaisseur des roches volcaniques : 62 m

- Sondage de Saonnet - La Poterie

- . Epaisseur du houiller : 105 m
- . Epaisseur des roches sédimentaires : 65 m
- . Epaisseur des roches volcaniques : 40 m

Volcanisme permien

La persistance du volcanisme au cours du permien était une donnée mal établie (1). Elle peut être clairement mise en évidence à présent à partir des 3 arguments suivants :

1 - Présence de minces lits de basaltes et de cinérites, dans la série des calcaires de Saint Martin de Blagny. Cette intercalation observée antérieurement sur le terrain, fut retrouvée dans des carottes de trois sondages de la Campagne CFMU.

2 - Révision de la coupe du sondage de Saint Fromond (foré à Port-Ribet, 1917-1919) : elle montre l'existence de tufs volcaniques aux profondeurs respectives de 345,25 m et 358,65 m dans la série V et également à 424,90 et 425,65 m (série III).

3 - Découverte de quelques bancs de tonsteins à l'affleurement, à Cavigny (série pélitique à position indéterminée) et à Lozon, dans la série VI ou série de St Jean de Daye.

Les bancs de tonsteins ont au maximum 10 cm d'épaisseur. L'examen en plaques minces montre qu'il s'agit de retombées à sec et non de remaniements sédimentaires de cendres volcaniques.

(1) Les datations de matériaux volcaniques dans la région donnaient des âges fin stéphanien supérieur et Autunien (cf. carte 1/80.000 St LO).

Ce volcanisme permien est très réduit et se résume -pour les faits connus tout au moins- à des retombées de projection. Les coulées sont concentrées sous le faisceau houiller et sont sporadiques dans le Permien (séries III et V).

IV - LIMITES D'EXTENSION DU BASSIN PERMIEN

Le Permien reconnu est circonscrit dans l'unité structurale appelée bassin de Carentan. Il a certainement occupé des surfaces plus importantes que le cadre actuel du bassin, mais il a été décapé par l'érosion (1).

Les limites actuelles sont structurales (préservation des formations à la faveur de graben). La délimitation du bassin permien peut être définie comme suit (cf. pl. 5) :

Au Sud comme au Nord : limite tectonique

- au Sud, la grande faille limite qui vient de Lessay et passe au Sud de Périers ; de là, elle remonte vers Pont-Hébert puis Moon (jeu de l'accident N 20), et reprend une orientation WE presque continue, en direction de la Mine de Littry ; elle se perd ensuite sous la couverture jurassique.

- au Nord, la limite d'extension du Permien n'est pas aussi franche et correspond vraisemblablement à la prolongation du grand accident paléozoïque Saint-Germain-sur-Ay - Mont-Castre, qui a rejoué dans la couverture : on la suit de Baupré à Brévands et Osmanville, et même jusqu'à Aignerville.

On sait, par les sondages, que le Permien existe encore sous Mandeville-en-Bessin et sous Vaucelles (banlieue de Bayeux). Plus au Nord, son existence est incertaine. La littérature mentionne en fin de forage, au Château-du-Bosq, à Commes (1913), la rencontre d'un calcaire qui fut rapporté au Permien par G. DOLLFUSS, mais qui peut tout autant être la tête de calcrètes du Keuper supérieur.

Un fait est certain : le Permien n'existe plus sous les plateaux de Sainte-Mère-Eglise où les forages creusés par le BRGM entre Montebourg et Sainte-Mère-Eglise sont entrés directement du Trias dans le Paléozoïque, représenté soit par de l'Ordovivien, soit par du Dévonien.

Toutefois, il reste un fait insolite : dans un sondage creusé à La Brumanerie, commune de Rauville-la-Place, près de Saint-Sauveur-le-Vicomte, Cl. PAREYN a

(1) L'hypothèse sur l'existence d'une couverture permienne débordant sur le Briovérien de Saint Clair-sur-Elle et de Cerisy-la-Forêt tire argument de la rubéfaction intense des schistes précambriens, qui disparaît au Sud des communes citées. Selon Cl. PAREYN, les dépôts permien qui auraient transgressé le substrat briovérien appartiendraient à la série VI ou série de St Jean-de-Daye: Ceci se fonde sur le fait que ce terme supérieur du Permien repose en discordance sur le substrat cambrien et Westphalien du Plessis et de Gorges.

identifié la présence de pélites indurées rouges offrant tous les caractères de l'Autunien.

A l'Ouest comme à l'Est, les limites sont des contacts stratigraphiques de discordance sur le substrat paléozoïque (à l'Ouest) ou précambrien (à l'Est).

La bordure orientale ne s'observe jamais à l'affleurement et la limite ne peut être cernée que par les données de sondages.

Signalons encore que les cartes géologiques mentionnent l'existence de Permien au Nord du bassin de Carentan, dans la région de Montebourg. Aucun argument ne justifie l'attribution de ces couches au Permien : il s'agit d'argiles rouges d'âge Keuper.

Dans l'état actuel des connaissances, le Permien authentique apparaît comme une formation limitée à un graben orienté W-E, encadré par deux accidents paléozoïques qui ont joué en décrochement (génèse du bassin houiller stéphanien), puis ont fonctionné après le Mésozoïque.

Le substrat de l'Autunien se relève tant à l'Ouest qu'à l'Est, et le lieu des épaisseurs maximum paraît correspondre à l'axe de la vallée de la Vire.

V - ESQUISSE PALEOGEOGRAPHIQUE

L'importance de la couverture végétale dans cette région, qui ne permet pratiquement que des observations ponctuelles, mais, surtout, l'ubiquité des faciès péliques rend impossible la présentation d'une carte paléogéographique situant les grands traits de l'organisation sédimentaire à chaque étape de la succession des dépôts. Au mieux peut-on retracer quelques traits du paysage du bassin autunien à la lumière de données sédimentologiques offrant quelque garantie.

Les bordures du bassin et les zones d'alimentation restent énigmatiques. Nous avons vu précédemment que du côté Nord, la limite septentrionale du bassin est entièrement masquée sous la couverture mésozoïque. La bordure méridionale paraît être une limite paléogéographique assez tranchée, car le grand accident de la faille-limite s'impose comme un des traits structuraux générateur de la subsidence du bassin houiller. Il a dû fonctionner comme tel, au moins pendant la première partie de l'Autunien, jusqu'à la fin du dépôt des calcaires à laminites de Saint Martin de Blagny.

Extensions paléogéographiques des manifestations volcaniques

Le volcanisme stéphanien est important dans le secteur du bassin de Littry, essentiellement dans le triangle limité par le clochet de Saonnet au Nord, la butte de Montmirail à l'Ouest, et Saint Martin-de-Blagny à l'Ouest. Les données de subsurface font défaut entre Saint Martin-de-Blagny et Saint Fromond où a été notée l'absence totale de coulées volcaniques dans la série houillère ou dans les séries II et III.

Au cours du Permien le volcanisme persistera surtout sous forme de retombées de cinérites émises par des appareils volcaniques dont la position est totalement inconnue. Ces émissions de cendres persistèrent jusqu'au sommet de la série permienne connue. Ces nuages de cendres peuvent avoir une origine plus lointaine que le strict cadre du bassin de Carentan.

Répartition des dépôts

On possède trop peu d'informations sur la série II. S'agissant d'une série de transition entre les assises houillères du Stéphanien et les dépôts permien, il faut s'attendre à des variations rapides de faciès et d'épaisseur, étroitement contrôlées par le jeu d'accidents locaux.

L'épisode des calcaires à laminites de Saint Martin-de-Blagny (série III) est un évènement de grande extension, car ces calcaires sont connus depuis l'extrémité orientale (bassin de Littry) jusqu'au centre du bassin (sondages de Saint-Fromond et de Mesnil-Véneron), et sans doute plus à l'Ouest.

La faille de direction N 20 qui sépare le bassin de Carentan a fonctionné après l'Autunien, mais vraisemblablement aussi pendant cette période et même peut-être dès le Stéphanien. De part et d'autre de cet accident peuvent être concentrées des unités lithologiques plus intéressantes que ne le furent les petites cuvettes houillères.

On avait constaté qu'à Saint Martin-de-Blagny, qui est situé à l'Est de cet accident, l'activité volcanique s'était exercée au détriment de l'activité sédimentaire du houiller : c'est peut être vers l'Ouest que la différenciation sédimentologique se sera le plus exercée au Stéphanien et à l'Autunien.

La série des calcaires paraît s'être déposée en phase calme d'inondation permanente : il s'agit de faciès lacustres dans lesquels les tapis algaires ont dû jouer un rôle déterminant.

La planche de corrélation entre sondages, reprise des travaux FMU (pl. 5), permet d'apprécier localement le style de la sédimentation pour la série III. Ce qui apparaît en première lecture, c'est la rapidité des changements latéraux de faciès non seulement pour les détritiques, -ce qui est habituel-, mais également pour les carbonates.

Dans la partie orientale de la coupe, entre Li9 et Li7, s'individualise une sorte de plateforme qui présente une relative uniformité et des possibilités de corrélation. Les apports détritiques sont plus marqués, en même temps que plus grossiers à Li8 et Li7 ; deux petites coulées de basalte ont été recoupées à Li6 et Li7. Au delà de Li9, on ne corrèle plus avec les sondages situés plus à l'Ouest (notamment avec Li4 et Lill). Ce dernier sondage présente, excepté pour les 2 premiers mètres indurés, une série grise dénuée de toute couche rouge et contenant même deux intercalations de houille. Il faut donc attribuer la majeure partie de la série traversée à Lill au Stéphanien supérieur (*), apparaissant à la faveur d'un compartiment exhaussé.

Le sondage Li4 fournirait la contrepartie "graben" de Lill se traduisant, à la base, par des épandages basaltiques (type "Trappes" s'écoulant dans les creux du relief), puis par un épaississement et un accroissement de la taille des dépôts détritiques (subsidence entretenue, décharges détritiques plus ou moins fluviatiles).

La série IV, qui n'est individualisée qu'en tant que série intermédiaire, entre la série des calcaires et la série détritique grossière de Cartigny-l'Épinay, n'appelle aucun commentaire.

La série V est la résultante d'épandages torrentiels avec apports de matériaux très peu évolués (= réajustements structuraux). Les éléments remaniés (blocaille émoussée) comportent de nombreux granites dont l'origine n'a pas été encore déterminée : on ne dispose que de quelques notations sans grande signification (assimilation à des roches anglo-normandes ou au granite de Barfleur).

(*) Un autre argument en faveur de la présence, à proximité, d'un accident actif à cette période est la présence de nombreux acritarches et débris ligneux dévoniens remaniés observables sur les cuttings de Lill (cf. étude palynologique de G. FARJANEL).

L'origine des matériaux repris de granites est un sujet conjectural, car on ne peut se référer qu'aux massifs actuellement connus alors que les événements sédimentaires paléozoïques ont été commandés par des répartitions différentes des zones nourricières. A cet égard, il faut rappeler que F. DORE a été contraint d'attribuer la puissante sédimentation des grès feldspathiques du Cambrien inférieur (épaisseur : 800 à 1000 m) à l'érosion d'un massif de granite situé au Nord de Caen c'est à dire sous la Manche. Les affleurements de la série de Cartigny-l'Épinay sont trop discontinus pour qu'on ait pu encore y définir des directions d'apports.

La série monotone des pélites de Saint Jean-de-Daye (Série VI), qui achève la succession autunienne, constitue également l'unité la plus épaisse et vraisemblablement la plus étendue (= subsidence affectant l'ensemble du bassin y compris ses bordures). C'est en effet à cette époque que la marge méridionale fut transgressée permettant aux dépôts pélitiques de s'étaler, en direction du Sud, sur le substrat précambrien du bocage et, en direction de l'Ouest, sur les terrains paléozoïques.

La subsidence a dû s'exercer par "à-coups" car la partie inférieure de la série VI, recoupée par le sondage de Mesnil-Véneron, offre des critères d'exondation (cf. Ch. II).

Le paysage d'ensemble paraît avoir été d'une extrême platitude. Le seul trait paléogéographique original est le horst des calcaires briovériens de La Meauffe, qui a fonctionné en source d'alimentation de galets grossièrement façonnés, observables dans l'Autunien de Cavigny. Leur position dans la succession lithostratigraphique est incertaine : on est tenté de placer ces conglomérats au niveau de ceux de Cartigny-l'Épinay, mais leur composition est très différente et directement influencée par le massif calcaire de La Meauffe.

La présence de tufs volcaniques associés à ce conglomérat, ainsi que le faciès des séries rouges encaissantes, suggère plutôt un épisode inclus dans la série VI ou série de Saint Jean-de-Daye.

Ce point haut sera encore émergé pendant le Keuper supérieur, car des caliches ou calcrètes (*) (les plus fortes épaisseurs reconnues dans le Trias de Normandie) sont accrochés sur les calcaires briovériens.

(*) Signalons, au passage, que c'est dans ces caliches que se trouvent les indices de minéralisation de cuivre, de galène et de stibine qui furent reconnus à la Meauffe et firent l'objet d'une demande de concession en 1854. Seules des mouchetures de malachite ont été retrouvées jusqu'à présent, et ceci dans les caliches du Keuper supérieur.

VI - SCHEMA STRUCTURAL (PL. 5)

Vu le caractère " caché " du bassin permien de Carentan déjà évoqué à plusieurs reprises dans ce rapport, on comprendra toute la difficulté qu'il y aurait à décrire la seule Tectonique permienne. Ce chapitre fait donc la synthèse (CL. PAREYN) de l'ensemble des accidents ayant affecté le bassin au cours de son histoire géologique.

Les failles qui décalent les assises du bassin de Carentan peuvent être groupées et datées d'après les formations qu'elles recoupent. Ces formations sont, respectivement:

- les assises du Trias, avec des calcrètes (ou caliches) consolidés, facilitant la reconnaissance des failles;
- les argiles et calcaires argileux de l'Hettangien et du Sinémurien;
- le Plio-Quaternaire marin, représenté par les argiles du Bosq d'Aubigny (Redonien terminal) et les sables de Saint Vigor (Icénien = Quaternaire ancien).

Dans la partie orientale du bassin, les failles cartographiées sont nombreuses car les affleurements permettent de les suivre en direction; par contre, dans la partie occidentale, les failles cartographiables sont plus rares, sans pour autant être absentes. Mais leur représentation est plus difficile pour les raisons suivantes:

1 - Lorsqu'elles n'affectent que le Permien, le caractère monotone des couches rouges ne permet pas de les tracer.

2 - L'accumulation des formations marines néogènes et quaternaires (Miocène supérieur à Icénien) est traversée par de multiples sondages dont les données mettent en évidence un quadrillage par failles.

Sur le schéma structural du Permien, n'a été porté qu'un petit nombre de ces accidents car l'état d'avancement des recherches sur le Néogène ne permet pas encore d'en donner un schéma structural fiable. La disposition d'ensemble est un quadrillage orthogonal, dans lequel des compartiments de Permien sont exhausés et proches de la surface, comme l'ont révélé quelques sondages qui figurent dans le tableau relatif aux sondages récents ayant atteint le Permien.

Classement chronologique des accidents

1 - Accidents anciens affectant le socle précambrien

Ils ne sont visibles que dans l'angle S.W de la carte. Ils séparent les unités cristallines (diorite de Coutances) et le Briovérien ancien caractérisé par des volcanites.

.../...

2 - Faille-limite Sud du bassin de Carentan

Cet accident est tronçonné par le système très récent des accidents à rejeu quaternaire qui interceptent les sables de Saint Vigor. C'est un accident qui était initialement orienté suivant une direction W.E. : sur les feuilles La Haye-du-Puits et Coutances (1/50.000), son orientation est W.E et son effet est de mettre en contact le Briovérien du pays coutançais, au Sud, et les grès de Les-say au Nord. Cet accident offre une brusque virgation au Sud de Périers, suivant un mécanisme qu'on retrouve plus à l'Est, dans le secteur de Pont-Hébert et de la Meauffe. Ce dernier secteur correspond à la trouée qu'emprunte la rivière la Vire pour passer du pays de Saint-Lô dans le bassin de Carentan et rejoindre la baie des Veys.

Cette trouée est la résultante de trois directions de dislocation: la faille-limite Sud recoupée par la faille de direction N 20 (faille dont le jeu essentiel était acquis après le Permien) et le système conjugué des accidents à rejeu quaternaire.

La faille-limite Sud est un accident qui a joué à plusieurs reprises, depuis le Carbonifère au moins. Elle a été responsable de la subsidence de la dépression houillère et son activité a dû être déterminante dans l'individualisation des cuvettes houillères du bassin de Littry. Elle a joué activement au cours de l'Autunien et, engendré l'accumulation de la puissante série VI (série de Saint Jean-de-Daye). Elle a encore joué après le Redonien (étage régional englobant les pulsations marines du Pliocène et du Quaternaire basal), car les argiles du Boscq d'Aubigny datées du Tiglien (Quaternaire basal de la chronologie nordique) sont accolées par failles contre le Précambrien. Le rejeu quaternaire est au minimum de 100 mètres (démonstration fournie par le sondage de Marchésieux foré en 1977 jusqu'à la profondeur de 79 mètres sans que la base des argiles du Bosq ait été atteinte). A l'affleurement, et à une cote plus élevée de 20 m par rapport à la tête du sondage, le contact faillé entre les argiles du Bosq et le Précambrien a pu être cartographié.

3 - Faille-limite Nord du bloc de La Meauffe

Les calcaires de La Meauffe sont des calcaires précambriens qui ne sont connus que dans ce seul point du massif armoricain. Leur extension est limitée suivant un quadrilatère recoupé en diagonale par le cours de la Vire.

Leur âge est toujours discuté, mais il est certain qu'il est indépendant et plus ancien que l'âge de la série terminale briovérienne du flysch de la Laize; son âge se rapporte au complexe phtanitique du Briovérien moyen, mais des volcanites sont associées aux calcaires.

Ce bloc jouera un rôle de haut fond au moment de la sédimentation du Permien. La faille qui marque sa limite du côté nord est un accident majeur ancien, dont il est impossible de dire s'il est précambrien -se rattachant alors aux accidents N 70 qui recourent la diorite de Coutances- ou s'il est paléozoïque.

Ce qui est certain, c'est qu'il a joué au cours du Permien (sédimentation de conglomérats à galets de calcaires de La Meauffe), et après le Permien (contacts francs entre le Permien au Nord et le Précambrien au Sud). Dans la disposition structurale actuelle, cet accident important, qui est à l'intérieur du bassin de Carentan et recoupe le Permien, vient se placer dans le prolongement de la faille-limite Sud du bassin de Carentan, dans la portion qui accole le bassin houiller de Littry au Précambrien du pays de Balleroy. Malgré l'apparente continuité, la signification de ces deux tronçons d'accidents majeurs n'est pas la même: dans le tiers oriental de son extension, cette faille-limite a le même comportement que dans la partie occidentale du bassin: accolement du Précambrien schisteux et du Permo-houiller.

4 - Faille-limite Nord du bassin de Carentan

Elle se manifeste seulement, à l'affleurement, par une longue faille directionnelle qui décale la couverture mésozoïque (Lias), avec compartiment nord affaissé par rapport au compartiment sud, offrant de larges affleurements de Permien (série VI).

A l'échelle régionale, il s'agit du prolongement sous la couverture d'un grand accident paléozoïque qui est la faille de Saint-Germain-sur-Ay et du Mont-Castre (versant sud). Cet accident est la symétrique de la faille-limite sud: tous deux encadrent le compartiment des grès de Lessay, qui est une unité structurale dont A. BIGOT a établi qu'elle constituait la semelle de la dépression permo-houillère, au moins dans la partie occidentale du bassin de Carentan (sondages de Port-Ribet et du Mesnil-Vénéron).

A Baupte (angle NW du schéma structural) existe une faille W.E qui accole le Permien (soubassement partiel des marais de Baupte) au Sud, et le Sinémurien surmontant l'Hettangien et une épaisse série triasique au Nord.. Le mécanisme est ici identique à celui de la faille WE qui, de Carentan à Isigny, limite l'encoche de la baie des Veys.

A l'Est, un accident important, lié au socle paléozoïque du bassin, fait remonter les grès armoricains à Colombières, dans une position symétrique par rapport au bloc cambro-ordovicien du Mont-Castre. C'est l'argument qui incite à tracer en ce point le prolongement encore hypothétique de cet accident profond que la géophysique devrait pouvoir mieux cerner.

On notera que cet accident W.E est décalé par des failles à rejeu quaternaire (failles recoupant les sables de Saint Vigor), d'une part entre Baupte et Carentan, d'autre part entre Carentan et Isigny. Ce dernier accident, bien que très récent, joue un rôle important dans l'organisation géographique de la Basse-Normandie, car il oriente la direction rectiligne de la côte orientale de la presqu'île du Cotentin. Le jeu dextre est mis en évidence par le décalage entre les séries stratigraphiques des rochers littoraux et leurs équivalents sur la terre ferme.

5 - Accidents post-liasiques

On peut les tracer d'après la position de lanières ou de compartiments de calcaires argileux du Sinémurien qui étaient connus pour les uns, ou ont été découverts récemment pour les autres, dans la partie orientale du bassin de Carentan.

Au centre de celui-ci, le Sinémurien fait place à des séries argileuses à lignites d'âge hettangien ou début Sinémurien. Ces accidents sont donc post-liasiques, sans qu'on puisse en dire plus.

Mais d'autres accidents ayant la même orientation dans l'extrémité orientale du bassin recoupent non seulement le Sinémurien mais aussi les sables de Saint Vigor: on les suit depuis le bourg de la Mine de Littry jusqu'à Crouay, et les exploitations montrent que les gisements de sables sont compartimentés suivant des lanières. Vers le NW, les mêmes sables sont présents dans des compartiments moins allongés. Il s'agit là d'accidents qui ont rejoué après le recouvrement généralisé du Cotentin et du Bassin par les sables quaternaires de Saint Vigor.

A cette famille paraissant se rattacher des accidents obliques dont la direction s'incurve progressivement pour prendre la direction N 150 dans la partie NW du bassin de Carentan (région de Méautis et de Baupte).

Ce changement progressif dans la direction est parallèle au changement d'orientation de la faille-limite Sud, à l'Ouest de la percée de la Vire.

6 - Accidents conjugués, à rejoué quaternaire

Ce système comporte des accidents orientés N 30 et N 150: il est apparemment le dernier stade des fractures à déplacement vertical, conjugué toutefois avec de faibles décrochements.

Ce système recoupe la faille-limite sud et piège des compartiments de sables quaternaires de Saint Vigor à Mesnil-Vigot et à Mesnil-Rouxelin, au S.E. de La Meauffe. Les lanières de sables de Saint Vigor déjà cloisonnées par des accidents longitudinaux sont interceptées par ces accidents transverses, qui engendrent d'autres lanières de sables, d'orientation N 30, ceci dans la partie occidentale du bassin de Carentan.

Une direction paraît être plus continue que l'autre: la direction N 150 qui est celle d'un accident de grande extension qui va de la baie des Veys à Cartigny-l'Épinay; cet accident est responsable du tracé rectiligne de la côte orientale du Cotentin. On peut présumer qu'il est très récent.

Une mention particulière doit être consacrée à un couple d'accidents orientés N 20 lorsqu'il se trouve au Sud de la longue faille transverse Cartigny-Baie des Veys, et N 30 lorsqu'il se trouve au Nord de cet accident.

Cet accident a rejoué au Quaternaire mais il avait surtout fonctionné après le Permien et avant le Trias. Il longe les petits compartiments de calcaires sinémuriens isolés dans le secteur de Vouilly; au Sud de la gare de Lison, il sépare le compartiment de Saint-Fromond à l'Ouest et le compartiment de Moon-Airel à l'Est; puis il passe dans la trouée de la Vire où l'on peut constater le décrochement en deux parties du bloc précambrien de La Meauffe.

.../...

Il a donc joué après le Sinumérien, puis au Quaternaire; mais c'est surtout avant le Trias qu'il a fonctionné, car il divise le bassin de Carentan en deux parties:

- à l'Est, la zone houillère de Littry est un compartiment exhaussé, à relèvement axial vers l'Est,

- à l'Ouest, le compartiment d'Isigny - Lison - Saint-Jean-de-Daye est affaissé: la succession permienne y offre sa plus grande épaisseur.

Le rejet, matérialisé par le décalage entre les affleurements de la série V à Cartigny-Bourg et leur ennoyage à la profondeur de 300 mètres dans le sondage de Saint-Fromond, peut être estimé à 200/250 mètres au droit de l'accident qui scinde le bassin de Carentan en deux parties. Les couches du Trias et du Lias, si elles sont affectées, ne le sont pas et de loin avec la même ampleur.

Cet accident comporte deux fractures subparallèles qui, à Moon-Airel, encadrent le panneau soulevé de Permien compris entre les panneaux de Lias de Saint-Fromond à l'Ouest, de Moon à l'Est. L'analyse stratigraphique de ce secteur a montré que des érosions intraformationnelles se sont manifestées entre Autunien et Keuper, puis entre Keuper et Sinémurien. Ce fut une zone active; elle continue à l'être car la trouée de la Vire paraît bien être en rapport avec cet accident toujours vivace, qui a été des lignes directrices maîtresses de l'activité orogénique de la Basse-Normandie.

VII - CONCLUSIONS SUR LE BASSIN PERMIEN DE CARENTAN

Le Bassin Permien de Carentan se distingue nettement des bassins français prédominamment étudiés. Par sa position géographique, tout d'abord, car situé en marge du Massif Armoricaïn, il constitue un relai intéressant entre les bassins inscrits dans les zones faibles du Massif Central et les bassins permien du Nord de l'Europe, d'Angleterre en particulier. Par sa présentation ensuite, car les séries permien, pour la majeure partie, sont masquées et ce n'est que grâce à l'examen des séries recoupées par sondage que l'étude de ce bassin a été possible. Il faut reconnaître que la mauvaise qualité des affleurements et l'existence de faciès banaux récurrents au sein de diverses unités limitent les possibilités de corrélation et d'interprétation, tant structurales que paléogéographiques. Certains rejeux tectoniques ultérieurs (fini-tertiaires et quaternaires) s'exerçant suivant des systèmes de contraintes très proches de ceux de l'époque permien, révèlent les directions principales en même temps que l'existence d'un réseau potentiel structural permien assez dense.

Des corrélations locales entre sondages (Campagne CFMU) attestent de l'existence d'accidents importants pénécontemporains de la sédimentation. Cette activité tectonique s'accompagne du maintien d'une activité volcanique discrète et d'extension assez limitée susceptible d'apparaître par "à-coups" tout au long de la série. L'alternance de faciès très grossiers (base et sommet principalement) et de faciès carbonatés euxiniques nécessitant la permanence d'un bassin ennoyé (Série III) supposent ici, comme ailleurs, la combinaison de contrôles épirogéniques et climatiques. Ceci illustre bien les grandes difficultés montrées dans l'étude des séries continentales permien et des tentatives de corrélation entre bassins éloignés; en effet, les mouvements épirogéniques ne sauraient avoir été tous à la fois synchronés et de même amplitude entre deux bassins. Quant aux phases d'inondations des bassins (faciès réducteurs) elles dépendent, outre des facteurs climatiques, qui ont certainement une certaine extension géographique, de facteurs locaux (nature lithologique du substrat des bordures, et contexte morpho-tectonique antérieur).

En dépit des points d'interrogation qui subsistent, inhérents à la rareté des informations, la présente synthèse, a cependant le grand mérite de révéler, pour la première fois, à la Communauté Géologique, une image cohérente et argumentée du Bassin de Carentan.

BASSIN PERMO-CARBONIFERE DE CARENTANANNEXE 1HISTORIQUE DES TRAVAUX DE RECONNAISSANCE

par Cl. PAREYN

L'intérêt suscité par la présence de la houille sous les assises permien-
nes a provoqué la réalisation de nombreux sondages de reconnaissance. Un rappel
historique de la progression des connaissances s'impose, afin de situer les éta-
pes de l'investigation et de citer les sources auxquelles on pourra se référer
pour de plus amples précisions.

La documentation utile est concentrée dans les travaux suivants :

Première phase

Les archives des Maîtres-sondeurs consignent les coupes établies pendant
soixante ans (1820 - 1880) dans le cadre des travaux miniers. Elles furent utili-
sées par E.F. VIEILLARD, Ingénieur des Mines à Caen, dans le cadre d'une étude
prospective qui lui avait été commandée par le Conseil Général du Calvados en vue
de relancer l'extraction du charbon normand sur une échelle compétitive, face à
la concurrence des charbons anglais, qui avait débuté en 1864.

L'objectif visait à orienter la prospection vers des faisceaux houillers
plus importants que ceux qui avaient été exploités. Le mémoire de E.F. VIEILLARD
comporte une somme impressionnante de documentation dont le principal mérite est
la diffusion des coupes des Maîtres-sondeurs ; mais l'auteur n'a tenté aucun essai
de corrélation des couches rouges permienues. Les informations dans ce domaine res-
tent assez vagues.

Sur la question du volcanisme, E.F. VIEILLARD épouse les idées de l'époque,
qui avaient eu cours pendant l'âge d'or de l'exploitation du bassin : le dogme des
porphyres de soulèvement, supposés être postérieurs aux dépôts houillers, avait
imposé l'arrêt du creusement dès lors qu'on rencontrait une première fois des roches
endogènes réputées être responsables de la dislocation et du cloisonnement des
couches houillères. Dans cette optique, les roches volcaniques auraient été des
émissions post-houillères donc permienues.

Seconde phase : période 1880 - 1914

La Compagnie des Mines de Litty cessa toute activité en 1880, mais d'autres
financiers se risquèrent dans la prospection en dehors de la concession. Les in-
vestissements se portèrent dans le centre du bassin de Carentan, où une première
tentative avait été faite en 1854 à Saint Jean-de-Daye, lieu-dit Mont Oger : l'a-
bandon à 154 m, sans qu'on soit sorti des pélites rouges (équivalent de la série VI)

mit un terme à la recherche dans ce secteur. Les marges furent explorées sans succès :

- du côté Nord, à Bléhou (1907), commune de Sainteny (profondeur : 700 m ; épaisseur du Permo-Trias : 300 m ; substrat à 690 m : schistes cambriens ou précambriens) ;
- du côté Sud, à Airel (1894-1895) (profondeur : 63,17 m, resté dans le Permien) et à Moon (1894) (profondeur : 58,20 m, resté dans le Permien également).

Presqu'aucun renseignement géologique ne fut diffusé, probablement parce qu'il n'y eut pas de suivi géologique.

Seul le sondage de la gare de Lison (1894-1897), profond de 539,84 m peut fournir quelques lueurs sur la nature de la série à proximité de la vallée de la Vire : le Permien y a été traversé sur une épaisseur de 400 m et le Houiller sur une épaisseur de 139,84 m.

Troisième phase : l'effort de guerre et l'intervention de géologues compétents

L'occupation du bassin houiller du Nord-Pas-de-Calais par l'ennemi suscita un regain d'intérêt pour les gisements non épuisés.

Deux opérations furent menées de conserve :

1) L'une par le Gouvernement (Ministère des Travaux Publics), qui fut axée sur l'exploration des secteurs vierges de la concession de Littry :

- Sondage de Saint-Martin-de-Blagny, creusé en deux mois (Août - Septembre 1917) : profondeur : 226 m
contact Permien-Houiller à la profondeur de 106 m
épaisseur du Houiller : 90 m
substrat : Cambrien, traversé de 200 à 226 m.

- Sondage de Saonnet, hameau de La Poterie, creusé en quatre mois (novembre 1917 à février 1918) :

profondeur : 258,80 m
contact Permien-Houiller à la profondeur de 154 m
épaisseur du Houiller : 105 m
substrat : Cambrien.

Les documents sur la succession stratigraphique du Permien traversée par ces sondages sont très succincts. Il est certain que A. BIGOT, Professeur de Géologie à Caen, a eu connaissance des carottes de ces sondages, mais il ne publia rien sur ce sujet, sans doute parce que Pierre TERNIER, Ingénieur Général des Mines, avait publié séparément et rapidement des résultats qui accordaient plus d'importance à l'analyse des coulées volcaniques existant sous le Permien qu'à la détermination des unités sédimentaires séparées par les coulées. Sur ces deux sondages n'existe donc qu'un seul article, à partir duquel s'est perpétuée la notion d'un volcanisme qui serait confiné dans la série houillère sans que soit évoquée l'hypothèse d'une poursuite du volcanisme dans le Permien, à l'exception de la mention d'une couche de basalte épaisse de 4 m, située juste au-dessus de la limite colorale entre couches rouges et couches noires.

Les recherches récentes ont mis en évidence la persistance d'une activité volcanique, nettement plus modeste, dans les séries III (calcaires), V (grès et conglomérats de Cartigny-l'Épinay) et VI (pélites de Saint-Jean-de-Daye).

2) L'autre opération fut réalisée pour une Société privée ; les travaux durèrent plus longtemps :

- Sondage de Saint-Fromond, Port-Ribet, novembre 1917 à novembre 1919, dont le creusement fut mené avec un soin extrême. Profondeur : 831,55 m.

- Sondage de Mesnil-Véneron : mai 1920 à avril 1921, dont la documentation est nettement moins précise. Profondeur : 792,10 m.

Ces deux sondages furent suivis par A. BIGOT qui en publia les coupes lithostratigraphiques étayées par les déterminations paléontologiques de P. PRUVOST sur les échantillons sélectionnés dans les carottes. De ces matériaux, il ne reste rigoureusement plus rien, si ce n'est une documentation de première main qu'A. BIGOT, peu de temps avant sa mort, m'a léguée. La coupe inédite présentée ici a été reconstituée à partir de ces documents : elle est beaucoup plus précise que celle que A. BIGOT a publiée. (cf. pl. 2).

Quatrième phase

L'exploitation du gisement de Fumichon reprise de 1944 à fin 1949 a permis de dresser les coupes des séries de passage entre les couches noires du Houiller et les couches rouges : le passage est continu, avec alternance de faciès rouges et de faciès noirs (cf. Cl. PAREYN, 1954). Le problème des roches volcaniques contemporaines de la sédimentation a été traité en ce qui concerne le Houiller, mais la persistance de cette activité dans le Permien n'a pas été évoquée, car le bassin de Fumichon renferme peu de manifestations volcaniques. C'est à l'issue de cette quatrième phase qu'une première synthèse des travaux entrepris sur le Bassin de Littry fut réalisée et publiée (Cl. PAREYN, 1954).

Cinquième phase : ultimes recherches

En 1964, la Compagnie Française des Pétroles (Normandie) réalisa un sondage à l'emplacement du sondage Kind creusé en 1854 en marge du marais du Plessis. L'âge westphalien du bassin du Plessis n'avait pas encore été établi.

Le sondage a traversé des couches sablo-argileuses tantôt rouges, tantôt blanches jusqu'à la profondeur de 85 m puis est entré dans le Houiller. Il a été arrêté à la profondeur de 371,50 m, sans avoir atteint la base de la formation houillère.

Il est possible que les couches traversées jusqu'à 85 m soient du Néogène coloré par le lessivage du Permien.

En 1978, la C.F.M.U. prospecta par sondages rotary et carottage partiel les calcaires de Saint-Martin-de-Blagny. Onze sondages furent creusés dans ces calcaires, à l'exception du sondage n° 11 qui a été commencé en-dessous de la base des calcaires et a recoupé la série houillère. Les matériaux sont archivés dans la lithothèque du Département de Géologie de l'Université de Caen.

BASSIN PERMIEN DE CARENTAN

ANNEXE 2

REPARTITION DES AFFLEUREMENTS PERMIENS

(Commentaire des planches 1 et 3)

1 - Rapports entre le Trias et le Permien

Sur certaines cartes les formations permienues et triasiques se trouvent confondues sous le vocable Permo-Trias, qui n'a pas de raison d'être dans la mesure où, comme on l'a vu précédemment, un hiatus et une discordance angulaire séparent le Permien (Autunien) et le Keuper supérieur. Les cartes géologiques (St Lô et Cherbourg 1/80.000, Cherbourg 1/50.000, Cherbourg-Rennes 1/320.000) prennent en compte une distinction erronée, car elle est basée sur une notion simpliste mais commode pour la cartographie, introduite et imposée par A. BIGOT, qui postule :

- Permien = séries rouges (argilites et argiles) ;
- Trias = cailloutis et graviers à matrice argileuse.

La réalité est plus complexe et plus difficile à cerner en présence d'affleurements altérés :

- "Couches rouges" : la majeure partie des formations permienues est indurée ; les roches ne sont pas plastiques, à l'exception des horizons les plus fins qui retournent à un état pâteux par altération.

Les argiles rouges du Trias sont par contre toujours plastiques et constituent un faciès latéral des cailloutis et graviers.

- "Cailloutis et graviers" : cette formation d'âge Keuper est représentée, en place, dans la région de Montebourg et du Nord-Cotentin, ainsi que sous les plateaux liasiques de Sainte Mère Eglise où plusieurs forages les ont atteints.

Leur développement maximum est reconnu à l'Ouest de Carentan, à Baupte et à Auvers (épaisseur = 50 m). On les retrouve avec les mêmes caractères au Sud de Bayeux (Longraye et Arganchy) où ils renferment une puissante nappe aquifère qui est à l'origine de forages de prospection d'eau.

Ce sillon à faciès grossier est limité sur son flanc Ouest par une bande de Keuper supérieur à faciès d'argiles plastiques rouges qui se développe en diagonale, de Trévières au NW et à Noron-la-Poterie au SE, en passant par Saonnet et Manville.

Sous ces deux sillons de Keuper en place, le substrat ne montre jamais de Permien, mais il est constitué par les schistes banaux du Briovérien supérieur (flysch de la Laize). L'attribution au Permien des argiles rouges à poterie, telle qu'elle figure sur les cartes, est à rejeter.

L'espace intermédiaire compris entre les buttes de Montmartin-en-Graignes et de Neuilly, et le Keuper en place de la région de Bayeux offre, sur un substrat autunien, un recouvrement à caractère apparent mais illusoire de Keuper, sous forme de cailloutis géoliffractés remobilisés au Quaternaire avec adjonction de silex crétacés. Par contre, les placages de calcrêtes, c'est-à-dire de conglomérats à ciment calcaire d'origine pédologique et formés au Keuper supérieur sous climat chaud, sont des témoins de la couverture triasique originelle. La distinction entre les cailloutis meubles en place et les cailloutis remaniés au Quaternaire est très délicate.

L'épaisseur de ce recouvrement est de l'ordre d'une dizaine de mètres, sans plus, dans l'espace compris entre Bernesq à l'Est et Carentan à l'Ouest. Mais plus à l'Ouest encore, et au-delà d'un système de failles d'âge quaternaire ayant engendré l'affaissement des plateaux de Sainte Mère Eglise par rapport à l'exhaussement de la dépression de Carentan (1), le Trias prend un brusque développement et s'épaissit jusqu'à dépasser 50 mètres de puissance.

En résumé, la majeure partie du Permien présent dans le bassin de Carentan est masquée sous un mince manteau de cailloutis emballés dans des limons, provenant de cailloutis façonnés au Trias dont il reste quelques lambeaux échappés au remaniement quaternaire. Masquer le Permien sous un recouvrement pseudo-triasique aurait eu pour effet de restreindre, sur la carte figurant dans cette étude, l'extension réelle du Permien. On a donc réuni, avec un même figuré, les secteurs où le Permien affleure directement sous les limons et les secteurs où il est présent sous couverture de cailloutis pseudo-triasiques pour la plupart.

2 - Autres formations cartographiées

Substrat anté-houiller : il correspond au Précambrien (Briovérien) subdivisé en trois parties :

- Diorite de Coutances, en majeure partie arénisée ;
- Briovérien non différencié, mais qui comporte des volcanites métamorphiques dans l'angle sud-ouest de la carte, des schistes polyphasés dans la partie médiane et orientale ;
- Bloc de la Meauffe, caractérisé par des calcaires précambriens associés à des volcanites, ainsi qu'à des schistes appartenant à la série phénacitique briovérienne.

Formations du Houiller : elles n'affleurent que dans la commune du Plessis-Pastelle (il s'agit alors de Westphalien) et, parcimonieusement, dans les environs de Littry-la-Mine où l'urbanisation les masque de plus en plus. Par contre, des affleurements de basaltes ont été consignés, l'un au SW de Tournières, l'autre à l'Est du bourg de la Mine de Littry : leur âge est plus vraisemblablement Stéphaniennien qu'Autunien.

(1) Ce qui est un bel exemple du divorce entre la disposition topographique et la structure géologique.

Formations post-triasiques masquant les assises permienes

Lias : seules ont été représentées deux formations appartenant au Lias :

. L'Hettangien calcaire et argileux : l'Hettangien calcaire affleure à Bauppte, au NW de la dépression de Carentan ; il a été précédé par un faciès continental à influences marines, connu en profondeur à Bauppte et en surface autour de Saint-Fromond, ainsi qu'au Désert à l'Ouest et à Moon-sur-Elle à l'Est.

. Le Sinémurien qui se présente sous le faciès banal de calcaires argileux en petits bancs séparés par des joints d'argile sombre. Il apparaît à la faveur de petits compartiments affaissés par failles et isolés dans le Permien ou entre Permien et Précambrien.

Nul doute que, dans ce pays très couvert, existent d'autres compartiments de Lias, à chercher (cf. le schéma structural) de part et d'autre du grand accident post-permien et pré-triasique de direction N20, qui est l'accident qui cloisonne le bassin de Carentan en deux parties :

NEOGENE

Le Néogène marin occupe des surfaces considérables dans la partie orientale du bassin permien, plus particulièrement dans le quadrilatère centré sur Sainteny - Auxais. Les sondages y ont trouvé le Permien, mais à des profondeurs qui dépassent la cinquantaine de mètres (56 mètres à Sainteny) : pour cette raison, le Permien n'a pas été cartographié dans ce quadrilatère, mais il y existe incontestablement et a été touché à Nay, Saint Georges et Saint André de Bohon et à Sainteny. La couverture de limons de solifluxion post-würmiens ne permet pas de dessiner les failles qui affectent ce complexe néogène, dont n'ont été représentés que deux termes :

- les argiles du Bosq d'Aubigny (commune de Marchésieux) ;
- les sables de Saint Vigor, postérieurs au Tiglien (qui est à la base du Quaternaire dans la chronologie nordique basée sur la palynologie).

La cartographie montre que ces sables offrent plus de continuité à l'Ouest du bassin qu'à l'Est, où ils existent sous forme de lanières ou de compartiments exigus limités par failles, lesquelles ont donc rejoué au Quaternaire à partir d'un système d'accidents plus anciens, dont l'accident N20 qui sépare le bassin en deux parties fournit la meilleure démonstration.

BASSIN PERMO-CARBONIFERE DE CARENTAN

ANNEXE 3

ETUDE PETROGRAPHIQUE D'ECHANTILLONS PERMIENS

PRELEVES SUR AFFLEUREMENTS

PAR

P. LE STRAT.

VIII

PERMIEN DU BASSIN DE CARENTAN

Liste des échantillons étudiés

N° échantillons	Lithologie	Lieu	% CO ₃ Ca	CO ₃ Mg
32 341	Calc. + brêchique (calc. unité IV ?) rouge, à matrice carbonatée - Conglo-permien à éléments de calc. de la Meauffe.	Ht Pignon Cavigny (Anc. Tuileries de Beauvais	73	0
32 342	Argilites finement varviées, rouges, gris-vert (= réduction) sur fissures	Le Beau Chêne St Fromond (Ht)	8 %	0
32 343	Argilites altérées (surface) rouges points jaunes (illite = 8, chlorite = 2)	idem. niveau moyen	-	-
32 344	Argilites silteuses rouges	idem. niveau inf.	-	-
32 345	Débris d'argilites grises	Le Pont Normand (1)	3 %	0
32 346	Grès fin carbonaté jaunâtre à ponctuations	id. (2)	48 %	0
32 347	Grès rouges grossiers, un peu arkosiques, comprenant des petits galets roulés (éléments de congl.) - (illite, trace de chlorite, plagioclases abondants).	Les Hauts Pays. (1)	2 %	0
32 348	Argilites silteuses rouges	id. (2)	-	-
32 349	Calc. rouge; petites inclusions noirâtres amygdaloïdes	Launay (1) Carrefour D201 Chem. Launay	-	-
32 350	Grès fins micacé gris pâle. (plagioclases, illite et peu d'interstratifiés).	Launay (2)	-	-
.../...				

Liste des échantillons étudiés (suite)

IX

N° échantillons	Lithologie	Lieu	% Co ₃ Ca	Co ₃ Mg
32 351 A	Grès fins (pelites argileuses) bicolores: un faciès fin limoneux et un faciès contenant de fins débris épars; quartz, illite (peu).	Launay		
32 351 B	Pelite bicolore = fond rouge, rouge-brun et faciès bioturbé gris beige le pénétrant	Launay (3)		
32 352	Calc. magnésien gris-verdâtre à la patine et gris à la cassure - délit en plaquettes	La Montagne	30 %	30 %
32 353	Dolomie calcaire finement variée	Mine de Fumichon	27 %	47 %
32 354	Calc. argileux en plaquettes, patine grise à jaunâtre et gris verdâtre - gris à jaune à la cassure	St Martin-de- Blagny (sous la Mairie)	22 %	11 %
32 355 A	Calc. finement varvé (bloc dans champ)	Le Vieux Moulin (Le Val Véron)	95 %	
32 355 B	Bloc de Basalte altéré	id.		

BASSIN PERMO - CARBONIFERE DE CARENTAN

ANNEXE 4

Informations concernant les forages ayant atteint les assises permienes

Les deux grands forages du début du siècleSAINT-FROMOND (Manche)

Date d'exécution : 1917-1920

Coordonnées : $x = 350,075$; $y = 1175,675$; Z (EPD) = + 3
profondeur finale atteinte = 576 m

Lieu-dit : Le Port-Ribet

près de l'écluse, en rive gauche du canal de Vire et Taute.

Indice national : 0117 . 4 x . 0020

LE MESNIL-VENERON (Manche) (1)

Date d'exécution : mai 1920 - avril 1921

Coordonnées : $x = 345,575$; $y = 174,925$; Z (EPD) = + 40
profondeur finale atteinte = 693,60 m

Lieu-dit : La Buhoterie

au carrefour de la D 445 et du chemin reliant la Buhoterie et la D. 8.

Indice nationale : 0117 . 8 x . 0005

(1) La coupe de ce sondage, restituée par Cl. PAREYN et ses collaborateurs représentant moins d'intérêt (documents sondeurs moins détaillés) n'a pas été reproduite.

SONDAGE DE PORT-RIBET (PL. 2)

(Commune de Saint-Fromond)

FACIES	EPAISSEUR	%
1/ Schistes rouges, bruns associés à des argiles rouges et marnes rouges	330,43	75,36
2/ Calcaires gris, rouges, noirs et calschistes	41,15	9,4
3/ Schistes et marnes gris, violacés, rubanés, noirs, associés aux calcaires	40,21	9,17
4/ Grès gris, rouges et quartzites gris	5,33	1,26
5/ Poudingue	14,35	3,27
6/ Tufs blancs ou rouges	6,75	1,54
<u>TOTAL.....</u>	438,22	100 %

Les épaisseurs prises en compte sont comprises entre - 118 et 557,00 m

- a) de 0 à 118 m, les fiches mentionnent des produits trop broyés pour être interprétables.
- b) à partir de 557,00 m, on est entré dans des faciès à caractère houiller, bien qu'une couche rouge ait été traversée.

SONDAGE DE MESNIL VENERON

FACIES	EPAISSEUR	Z
Schistes rouges, argiles rouges	334,05	44,88
Calcaires gris, calcaires noirâtres	23,40	3,42
Schistes noirs, schistes gris, Argiles noires, argiles grises	8,80	1,28
Grès rouges, grès gris	252,65	36,97
Conglomérats	2,50	0,36
Roches indéterminées	62,00	9,07
TOTAL....	683,40 m	99,98

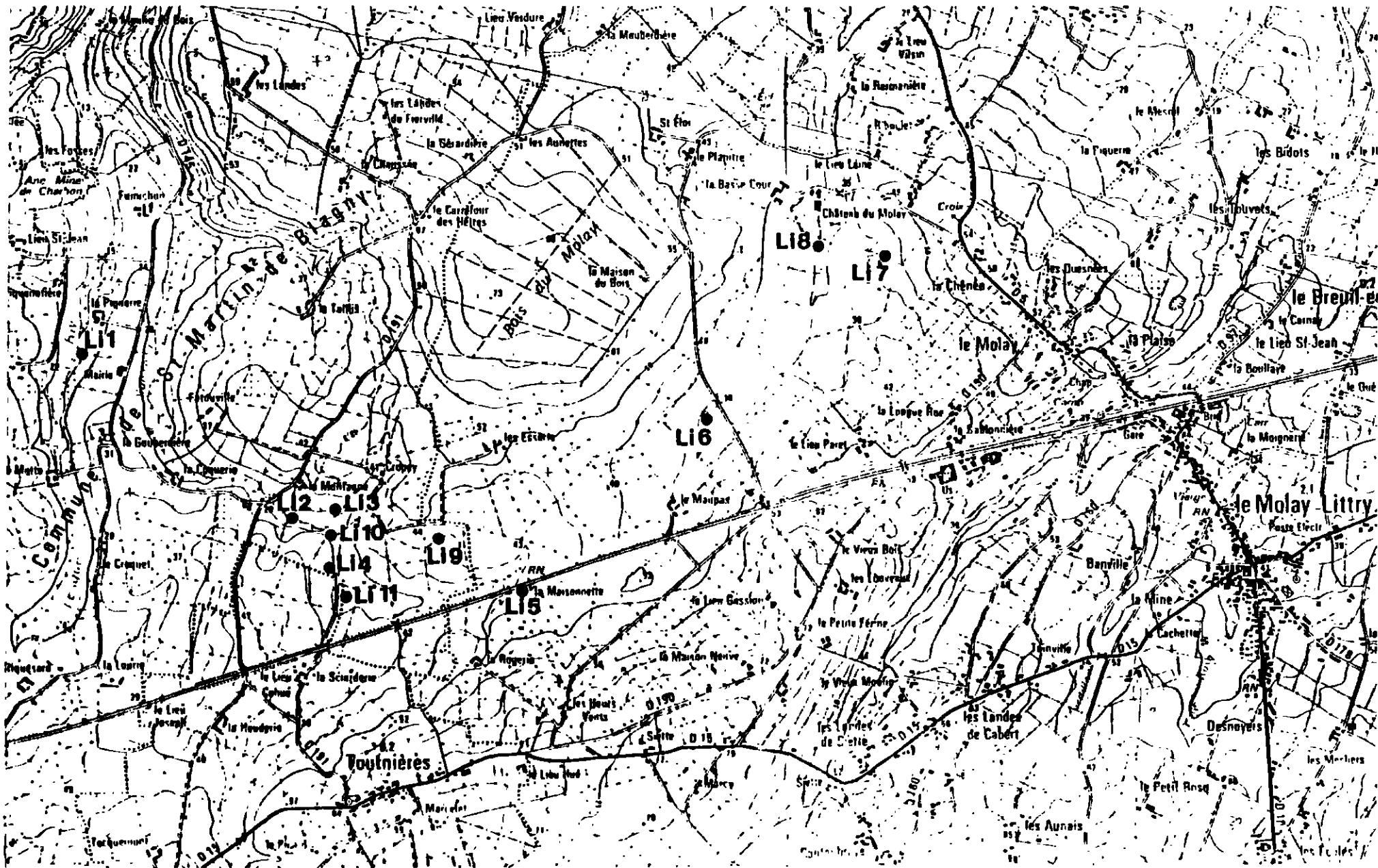
(Pas de fiche correspondant au mètreage indiqué).

Les mesures prises en compte vont de - 10,20 à - 693,60. Les dix premiers mètres sont constitués par des faciès de sables gris et d'argiles noires post-triasiques.

Nota : La précision des fiches de ce 2° forage creusé en 1920 laisse à désirer, par rapport au sondage de Port-Ribet. Par exemple, aucune passée de tuf n'est mentionnée ici.

PERMIEN TOUCHE EN FORAGE

N°	Commune	Lieu-dit	Indice National	Profondeur du toit du Permien (m)	Cote au sol (EPD)	Cote du toit au Permien	Epaisseur traversée (m)	Faciès
1	Gonfreville	La Bauptoiserie	117.5.15	- 3	+ 15	+ 12	3	Argilites
2	Nay	Eglise moderne	117.1.14	- 18	+ 5	- 13	3	Argilites
3	Nay	Eglise ancienne	117.1.16	- 15	+ 10	- 5	1	Concrétionnements calcaires
4	St.M.Aubigny	Quélette	117.6. 2	- 4,40	+ 26	+ 21,60	28,20	Altern. Grès et pélites
5	Auvers	La Pature	117.2.56	- 28	+ 21	- 7	12	Pélites
6	Sainteny	Culot	117.2.55	- 56	+ 21	- 35	11	Argilites
7	Mesnil Vigot	Pont de la Venloue	117.6.31	- 9,60	+ 7,50	- 2,10	3,60	Argilites
8	Carentan	St Julien	117.2.54	- 20	+ 5	- 15	14	Argilites
9	Carentan	La Quenotterie	117.3. 6	- 1,50	+ 3	+ 1,50	13,50	Pélites
10	Rémilly/Lozon	Car.à l'O.de Gd.Moulin	117.7.15	- 6,10	+ 30	+ 23,90	3	Argilites
11	St.A.Bohon	L'Ange	117.3.14	- 56	+ 4	- 52	4	Argilites
12	Tribehou	Calvaire	117.7. 5	- 23,50	+ 10	- 13,5	2	Argilites
13	Carentan	Coopérative Viandes	117.3. 1	- 5	+ 5	0	49	Pélites
14	St.A.Bohon	Femme du Bois	117.3.13	- 1,20	+ 1	- 0,20	13,80	Pélites
15	Le H.d'Arthenay	Bois du Hommet 1	117.7.16	- 9	+ 5	- 4	25	Pélites
16	" " "	Bois du Hommet 2	117.7.17	- 6	+ 5	- 1	9	Pélites
17	Le Mesnil Angot	Le Haut Verney	117.7.12	- 26,60	+ 2	- 24,6	3,40	Pélites
18	Isigny	Pont du Vey	117.4.17	- 32,50	+ 3,63	- 28,87	13,50	Altern. Grès et argilites
19	Isigny	Coopérative	117.4. 2	- 24	+ 7	- 17	6	Argilites
20	Bernesq	S 3	118.2.29	- 30	+ 22	- 8	10	Altern. Grès et pélites
21	Rubercy	F 2	118.3.66	- 22,8	+ 9	- 13,8	5	Altern. Calc.Arkosés/pélites
22	Mandeville-en-Bessin	Sud du Bourq	118.3.72	- 104	+ 6é,50	- 41,50	8	Pélites



BALLEROY 1-2 ; 3-4. 1/25.000

Annexe 4. Fig.1 - PLAN DE SITUATION DES SONDAGES Li (CFMU)

BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

A - BASSIN DE L'AUMANCE

- BOUGNERES L. (1961) - Le bassin de l'Aumance. C.R. Acad. Sc. Paris. Ser. D., t. 252. p. 2901-2903.
- CAPUS G. (1979) - Matières organiques et minéralisations uranifères: exemples des bassins permocarbonifères de l'Aumance (Allier) et de Lodève (Hérault) Thèse Docteur-Ingénieur - Institut National Polytechnique de Lorraine.
- DESCHAMPS M. (1968) - Les formations autuno-stephaniennes et permotriasiques du Nord-Est du Massif Central (Bourbonnais). Rev. Sc. Bourb. Moulins., p. 67-117.
- GARRELS R.M. et POMMER A.M. (1959) - Some quantitative aspects of the oxidation and reduction of the ores. in Geoch. and Mineralogy of the Colorado Plateau uranium ores, pp. 157-164, U.S. Geol. Surv. Prof. Paper, 320.
- GREBER C. et NIAY R. (1974) - Schistes bitumineux de l'Autunien du Nord du Massif Central. Rapport Groupe d'Etude des roches bitumeuses (G.E.R.B.).
- KOCHENOV A.V., KOROLEV K.G., DUBINCHUK V.T., MEDVEDEV Y.L. (1977) - Experimental data on the conditions of precipitation of uranium from aqueous solutions. Geoch. Intern., 14, 6, pp. 82-87.
- MARTIN CALVO M. (1974) - Consideraciones sobre el papel que desempeñan las sustancias orgánicas naturales de carácter humico en la concentración del uranio. in Formation of uranium ore deposits, A.I.E.A. Athènes, pp. 125-137.
- PAQUETTE Y. (1980) - Le bassin autunien de l'Aumance (Allier). Sédimentologie (charbon, cinerites,...). Tectonique syn-diagénétique. Thèse 3ème cycle. Université de Dijon.
- PRICHONNET G. (1967) - Etude sédimentologique et interprétation paléogéographique du permotrias sur la bordure Nord du Massif Central (du Morvan à la Manche). Thèse 3ème cycle. Université de Bordeaux N° 452.224 p.

.../...

B - BASSIN D'AUTUN

- ANGEL J.M. (1980) - Reconnaissance géochimique de quelques bassins permien français (Uranium) - Rapport B.R.G.M. - SGN/GMX N° 641.
- CHATEAUNEUF J.J., FARJANEL G., FEYS R., MARTEAU P. (1980) - Sondages stratigraphiques dans le bassin d'Autun: étude préliminaire - Bull. Soc. Hist. Nat. d'Autun, N°95, pp 61-82.
- DEURER R., FORSTNER U. & SMOLL G. (1978) - Selective chemical extraction of carbonate-association metals from recent lacustrine sediments - Geochim., Geomorphim., Acta, 42, pp. 425-427.
- DISNAR J.R. (1980) - Etude de l'aptitude de la matière organique à fixer les métaux - C.R. de fin d'étude DGRST - Rapport B.R.G.M. 80 SGN 609 MGA.
- DISNAR J.R. (1981) - Etude expérimentale de la fixation des métaux par un matériau sédimentaire actuel d'origine algale II - Fixation " in vitro " de UO_2^{2+} , Cu^{2+} , Ni^{2+} , Zn^{2+} , Pb^{2+} , Co^{2+} , Mn^{2+} , ainsi que VO_3^- , MoO_4^{2-} et GeO_3^{2-} , Geochimica Acta, vol. 45, pp. 363-379.
- DISNAR J.R. & TRICHET J. (1981) - Etude expérimentale de la fixation des métaux par un matériau sédimentaire actuel d'origine algale I - Isolement, purification et caractérisation de la matière organique - Geochimica Acta, vol. 45, pp. 353-362.
- DOUBINGER J. (1956) - Contribution à l'étude des flores autuno-stéphaniennes - Mém. Soc. Géol. de France, N°5, p. 75.
- ELSASS-DAMON F. (1977) - Les " schistes bitumineux " du bassin d'Autun - Pétrographie, Minéralogie, Cristallochimie, Pyrolyse - Thèse de Docteur-Ingénieur, Université Pierre & Marie Curie, Paris VI.
- ESPITALIE J., LAPORTE J.L., MADEC M., MARQUIS F., LEPLAT P., PAULET J. & BOUTEFEU A. (1977) - Méthode rapide de caractérisation des roches mères, de leur potentiel pétrolier et de leur degré d'évolution - Revue Inst. Fr. Pétrole, 32, pp. 23-42.
- FEYS R., GREBER C. (1972) - L'Autunien et le Saxonien en France - In Rotliegend Essays on European Lower Permian. E.J. Brill Edit., Leiden, pp. 1114-1136.
- HUC A.Y., ROUCACHE J., BERNON M., CAILLET G., DA SILVA M. (1976) - Application de la chromatographie sur couche mince à l'étude quantitative et qualitative des extraits de roches et des huiles - Revue de l'I.F.P., 31, pp. 67-98.

PETERSON F., TURNER-PETERSON C.E. (1979) - Lacustrine-humate model: sedimentologic and geochemical model for tabular sandstone uranium deposits in the Morrison formation, Utah, and application to uranium exploration open-file Report 79-1088 - United States Department of the Interior Geological Survey.

PRADIER B. (1980) - Géochimie de l'uranium en alluvions et en sols dans le bassin permohouiller d'Autun et de ses bordures cristallines - Rapport B.R.G.M., GMX-GCA, N°844.

PREDALI J.J., COPPENS R. (1969) - Sur les teneurs en uranium et en vanadium des schistes bitumineux du bassin d'Autun - Bull. Acad., Soc., Lorraine des Sciences, t. VIII, N°2, pp. 57-67.

SCHMIDT-COLLERUS J.J. (1969) - Investigation of the relationship between organic matter and uranium deposits. Part. II, experimental investigations U.S. Atomic Energy Commission Denver Res. Institute, 185 p.

WEBER C. (1973) - Le socle antétriasique sous la partie sud du bassin de Paris d'après les données géologiques - Bull. B.R.G.M., Paris, Sect. 2, N°3, pp. 219-292 & N°4, pp. 293-343.

WOLF M. (1966) - Petrographische Beobachtungen an den Uran und Thorium führenden Boghead-schiefern von Autun (Saône-et-Loire) unter besonderer Berücksichtigung von Ergebnissen der Fluoreszenzmikroskopie - Brennstoffchemie, N°1, Bd. 48, pp. 19-22.

C - BASSIN DE CARENTAN

AUBRY J. (1982) - Formations permiennes et triasiques du bassin de Carentan: quelques aspects de la distinction entre les deux formations. Thèse de 3ème cycle de l'Université de Caen soutenue le 28 Mai 1982.

BIGOT A. (1946) - Le terrain houiller de Basse-Normandie, Bull. Soc. Linn. Norm., 9ème série, 5ème volume, pp. 94-104.

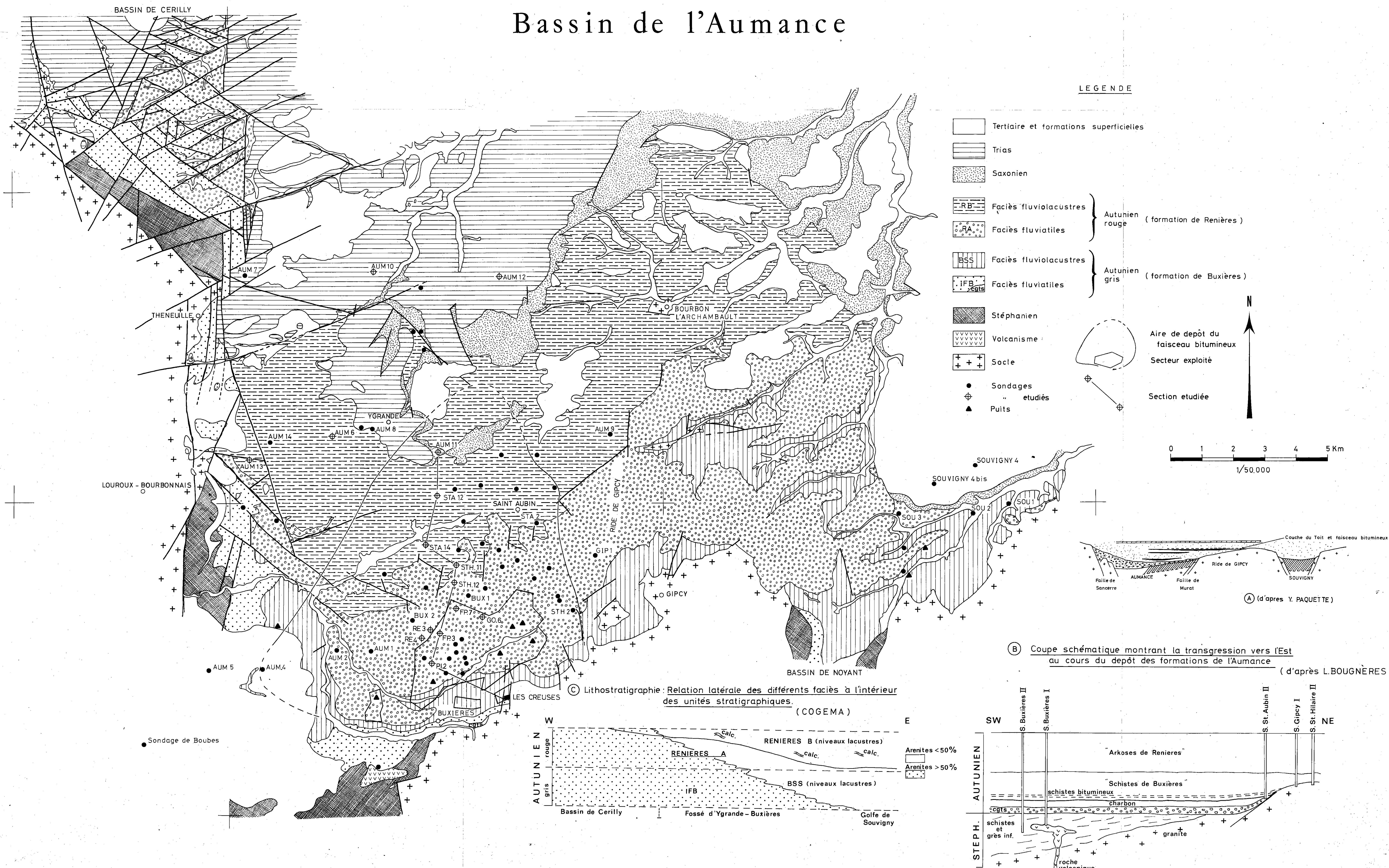
- BIGOT A. & PRUVOST P. (1925) - Contribution à l'étude du Houiller et du Permien du Cotentin, Bull. Soc. Linn. Norm., 7ème série, t. VIII, pp. 25-40.
- C.F.M.U. - Rapport d'études - Campagne de sondages dans le bassin de Littry.
- PAREYN CL. (1954) - Le bassin houiller de Littry - Public. du B.R.G.M., Ministère de l'Industrie et du Commerce, Tome 14, 132 pages.
- TERMIER P. (1918) - Roches éruptives interstratifiées dans le terrain houiller de Littry, C.R. Ac. Sci. Paris, t. 167, p. 107.
- VIEILLARD E.F. (1873) - Le terrain houiller de Basse-Normandie, ses ressources, son avenir, Bull. Soc. Linn. Norm., 2ème série, tome VII, pp. 231-389.

BASSIN DE LAUMANÇE

PLANCHES HORS TEXTE

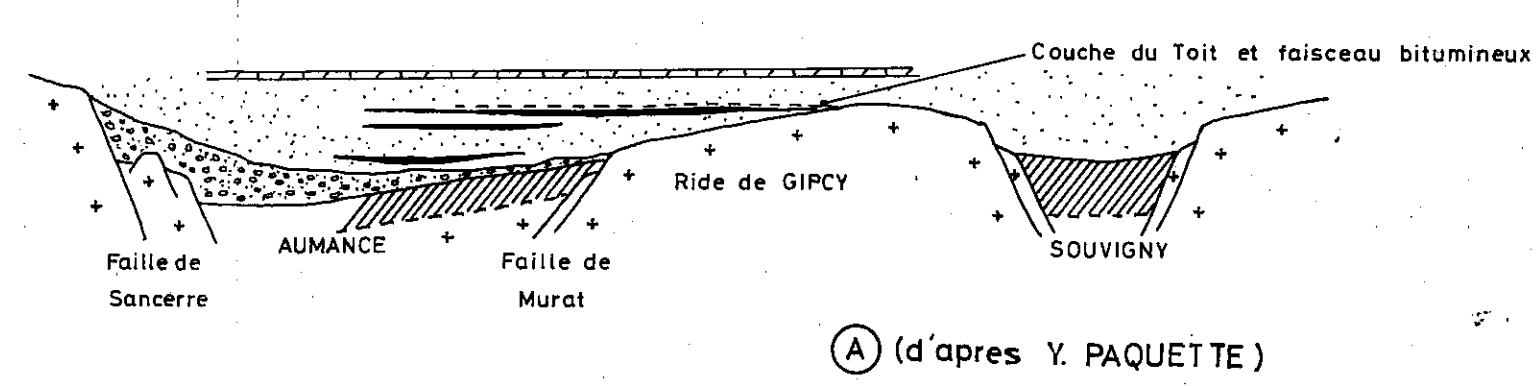
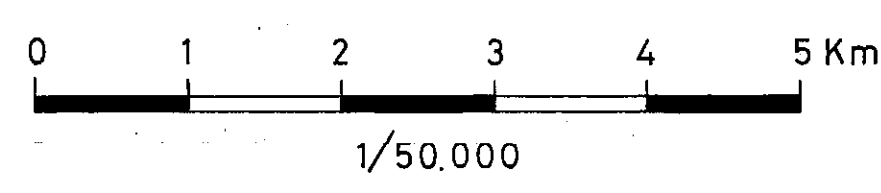
- CARTE GEOLOGIQUE A 1/50000^e
- EVOLUTION DU FAISCEAU BITUMINEUX DU SUD AU NORD:
RELATIONS LITHOLOGIES - TENEURS EN HYDROCARBURES

Bassin de l'Aumance



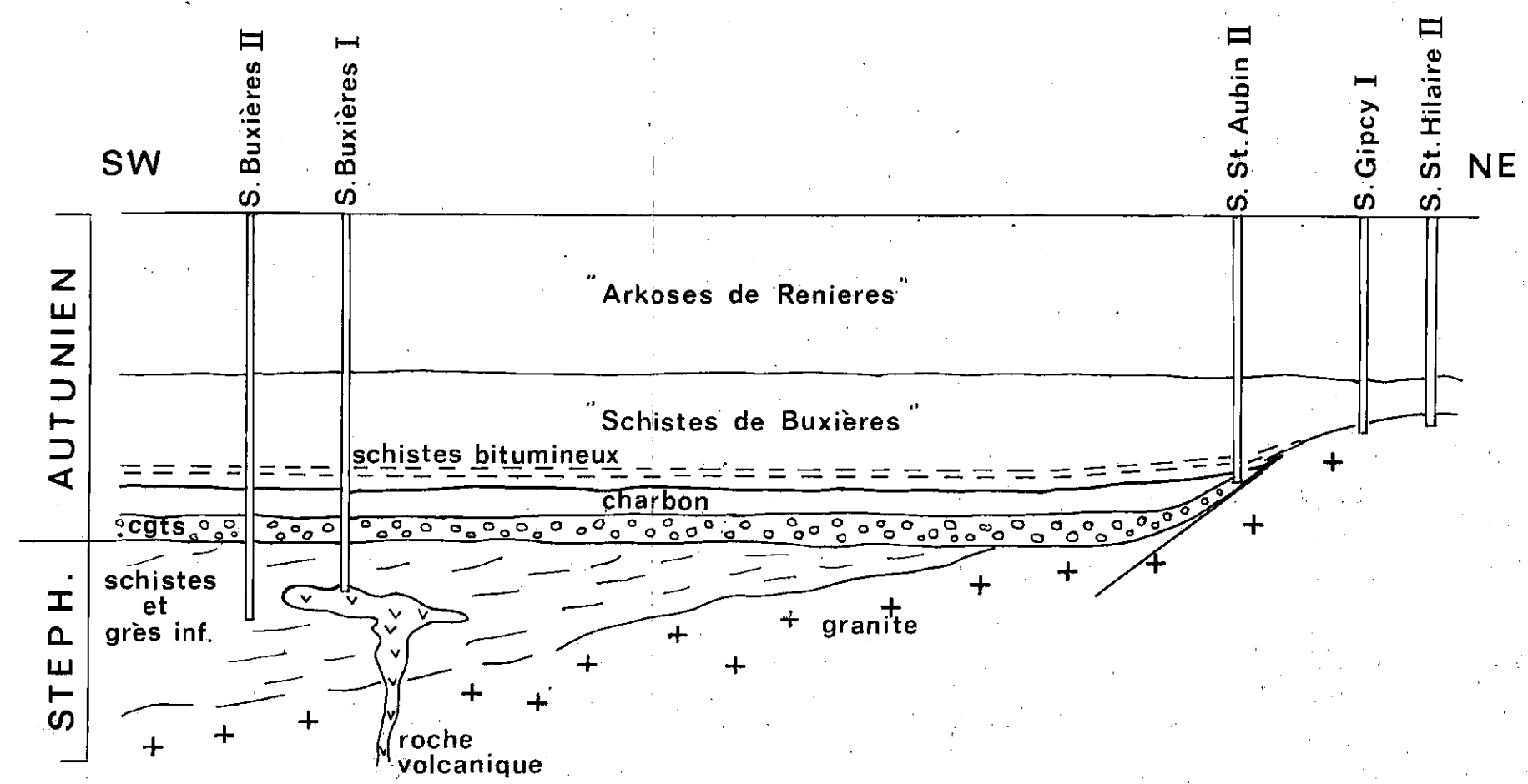
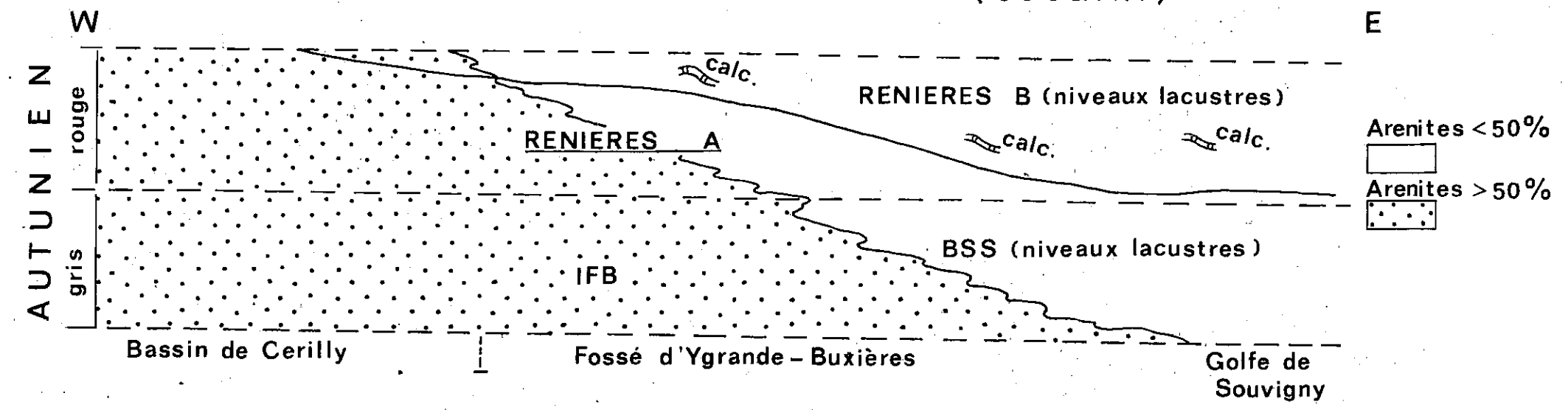
LEGENDE

- Tertiaire et formations superficielles
 - Trias
 - Saxonien
 - Faciès fluviolacustres } Autunien (formation de Renières)
 - Faciès fluviatiles }
 - Faciès fluviolacustres } Autunien (formation de Buxières)
 - Faciès fluviatiles }
 - Stéphaniens
 - Volcanisme
 - Socle
 - Sondages étudiés
 - Puits
- Aire de dépôt du faisceau bitumineux
 Secteur exploité
 Section étudiée



(B) Coupe schématique montrant la transgression vers l'Est au cours du dépôt des formations de l'Aumance *(d'après L. BOUGNÈRES)*

(C) Lithostratigraphie: Relation latérale des différents faciès à l'intérieur des unités stratigraphiques. *(COGEMA)*

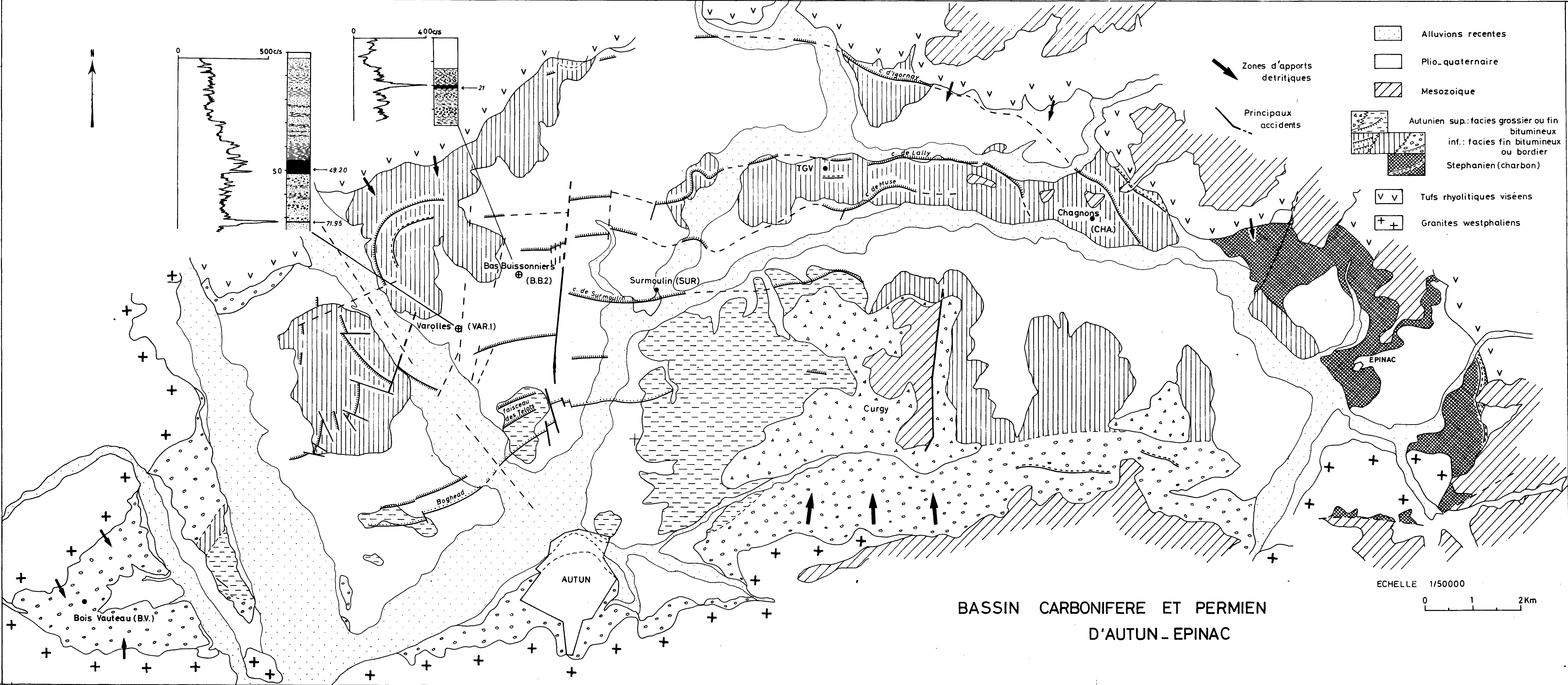


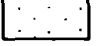

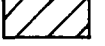


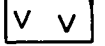
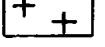
d'après les éléments de COGEMA: M. DEYRIEUX, Chef de mission, MM. J.J. BRULHET, E. NORMAND, E. MORICE (Sillon Houiller).

BASSIN D'AUTUN

PLANCHE HORS TEXTE

. CARTE GEOLOGIQUE DU BASSIN A 1/50000^e



-  Alluvions recentes
-  Plio-quaternaire
-  Mesozoique
-  Autunien sup.: facies grossier ou fin bitumineux
inf.: facies fin bitumineux ou bordier
-  Stephanien (charbon)
-  Tufs rhyolitiques viséens
-  Granites westphaliens

BASSIN CARBONIFERE ET PERMIEN
D'AUTUN - EPINAC

ECHELLE 1/50000
0 1 2 Km














BASSIN DE CARENTAN

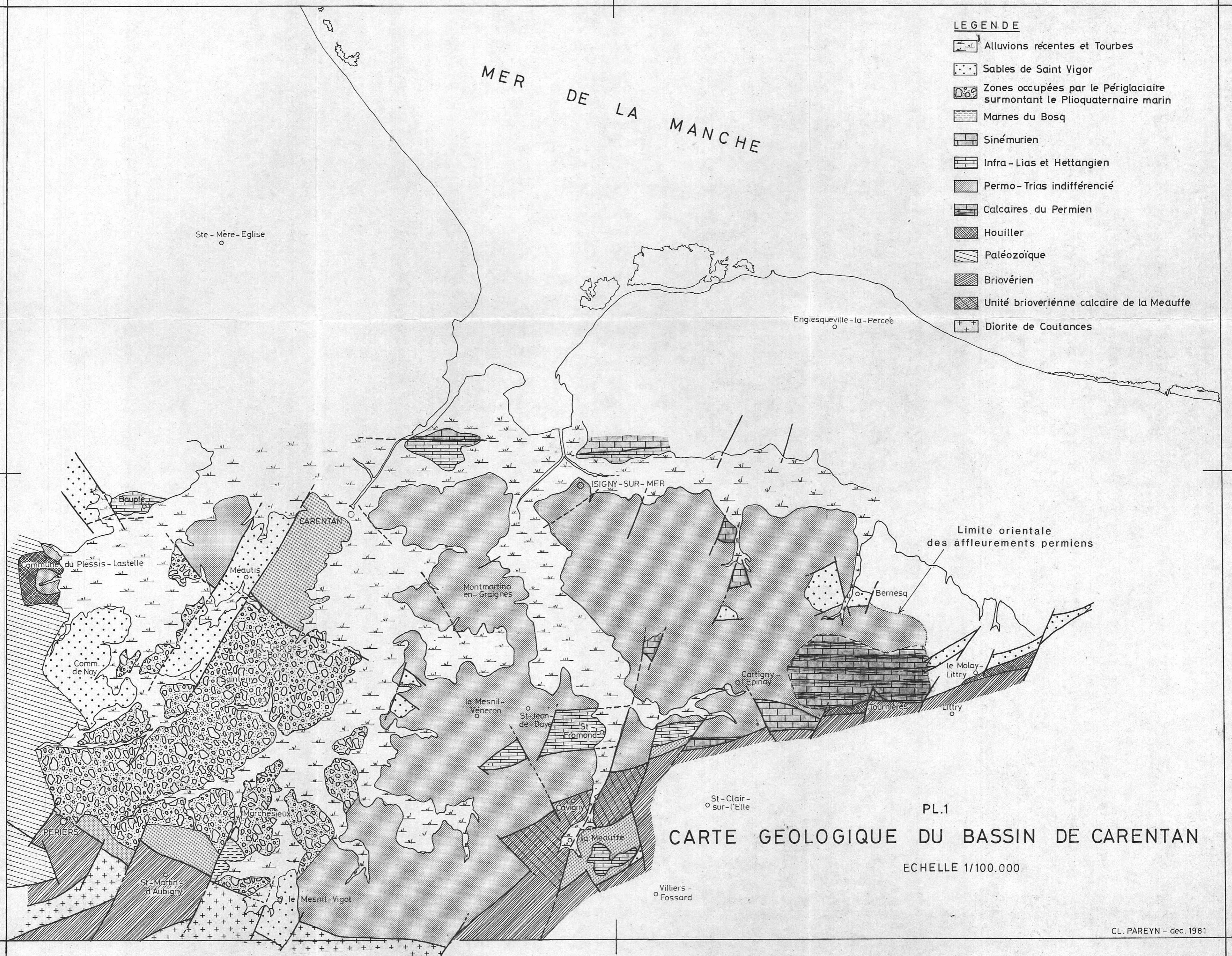
PLANCHES HORS TEXTE

- . CARTE GEOLOGIQUE DU BASSIN DE CARENTAN 1/ 100 000^e
- . COUPE LITHOSTRATIGRAPHIQUE DU SONDAGE DE PORT-RIBET A 1/ 200^e
- . CARTE DES DIFFERENTES SERIES PERMIENNES AFFLEURANTES A 1/ 100 000^e
- . COUPE RECAPITULATIVE DES SONDAGES LI (CAMPAGNE CFMU)
- . CARTE STRUCTURALE

MER DE LA MANCHE

LEGENDE

-  Alluvions récentes et Tourbes
-  Sables de Saint Vigor
-  Zones occupées par le Périglaciaire surmontant le Plioquaternaire marin
-  Marnes du Bosq
-  Sinémurien
-  Infra-Lias et Hettangien
-  Permo-Trias indifférencié
-  Calcaires du Permien
-  Houiller
-  Paléozoïque
-  Briovérien
-  Unité briovérienne calcaire de la Meuffe
-  Diorite de Coutances



PL.1
CARTE GEOLOGIQUE DU BASSIN DE CARENTAN
 ECHELLE 1/100.000

COUPE LITHOSTRATIGRAPHIQUE

Coupe
Sondage : PORT - RIBET (Manche)
(foré de 1917 à 1921)

Echelle: 1/200

Géologue: C.PAREYN

Date: octobre 1981

SITUATION:

(Université de Caen)

Etage concerné:
Commune:
Lieu-dit:

x =
y =
z =

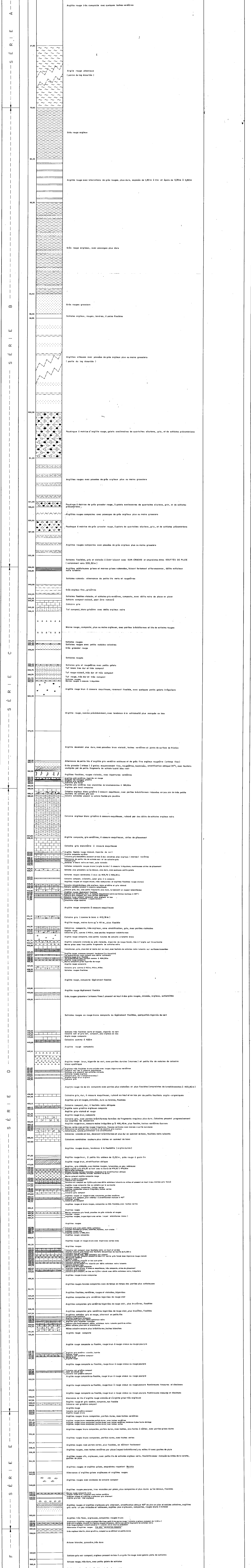
x =
y =
z =

Fond topographique ou de:

Demandeur:

Rapport N°:

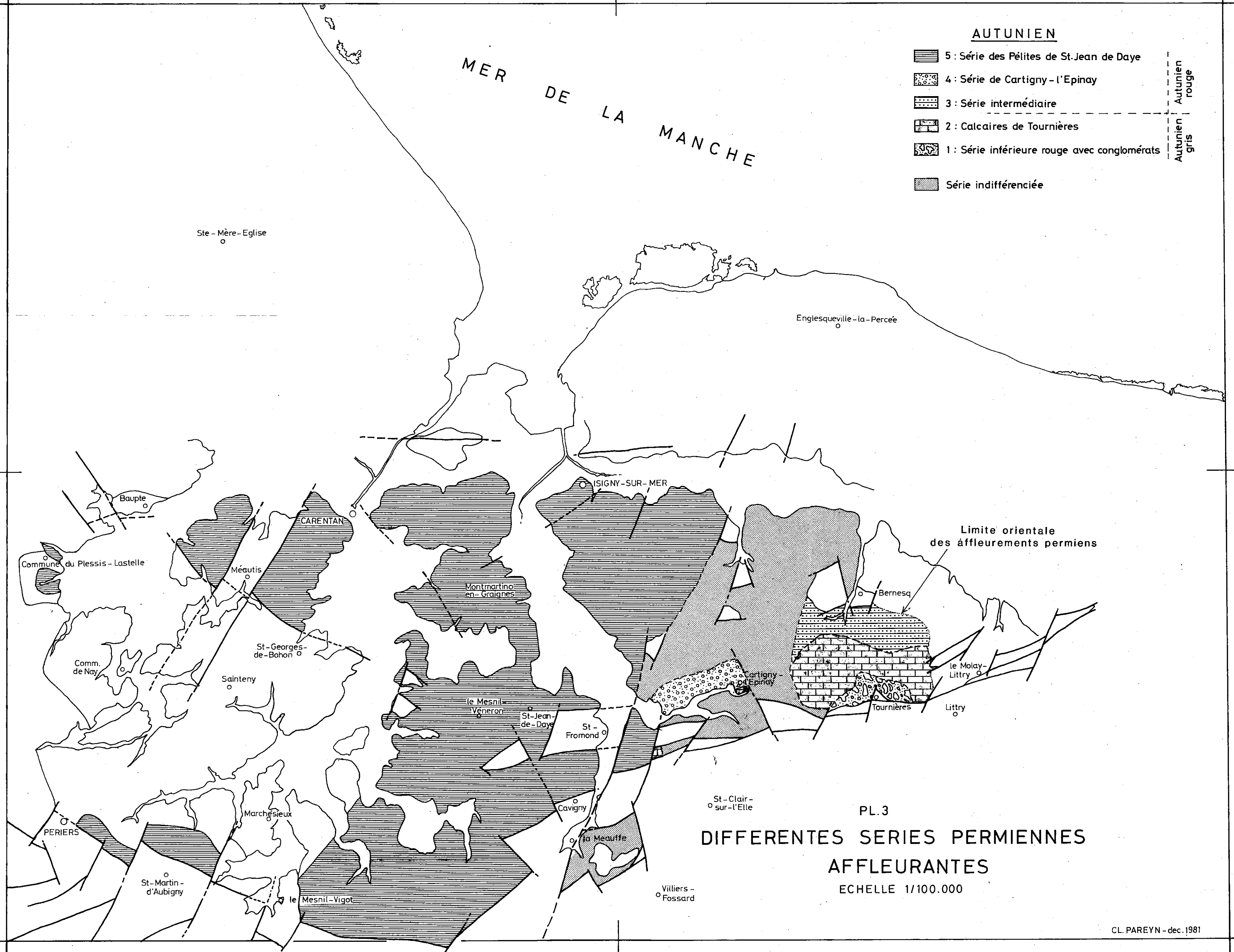
Action concertée "Valorisation des ressources du Sous-Sol"







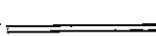

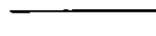
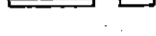

MER DE LA MANCHE

AUTUNNIEN

- 5 : Série des Pérites de St-Jean de Daye
 - 4 : Série de Cartigny - l'Epina y
 - 3 : Série intermédiaire
 - 2 : Calcaires de Tournières
 - 1 : Série inférieure rouge avec conglomérats
 - Série indifférenciée
- Autunien rouge
Autunien gris



PL.3
**DIFFERENTES SERIES PERMIENNES
AFFLEURANTES**
ECHELLE 1/100.000

-  N 70 : Accidents du socle précambrien : accolent la Diorite de Coutances et le Briovérien
-  N115 à l'W : Faille - limite Sud : accole le Briovérien au Sud et le Houiller-Permien-Pliocène au Nord
-  N80 à l'E
-  N 65 : Accident satellite de la faille - limite Sud : délimite, au centre, le bloc briovérien de la Meaffe et à l'W, le granite de Millières
-  W-E : Faille - limite Nord : prolongement dans la couverture de la faille de St. Germain sur Ay
-  W-E : Accidents post - liasiques : délimitent les compartiments affaissés de Lias
-  N 65 et N 120 : Accidents post - liasiques ayant rejoué au Quaternaire : limitent les lanières de Sables de St. Vigor
-  N 30 et N 150 : Accidents conjugués, à rejeu quaternaire
-  N 20 : Accident important post - permien, ayant rejoué avec le système conjugué quaternaire

MER DE LA MANCHE

