

Bulletin de la Société belge de Géologie	T. 97	fasc. 1	pp. 9 - 24	Bruxelles 1988
Bulletin van de Belgische Vereniging voor Geologie	V. 97	deel 1	blz. 9 - 24	Brussel 1988

## LE GISEMENT DE CRAIE PHOSPHATÉE DE CIPLY : DONNEES NOUVELLES

par Francis ROBASYNSKI (\*), Jean-Pierre POELS (\*)

& Marc MARTIN (\*)

- Summary** - The Late Cretaceous of the Mons Basin contains a phosphate formation known since the end of the 19th century. The data assembled during the exploitation period of one part of the deposit are recalled and completed thanks to the information brought by a recent boring campaign. The detailed study of the cores emphasizes the important thickness attained by the Cibly Phosphatic Chalk and brings the maximum thickness known to 75.50 m. The description of the S2 boring indicates the presence of three phosphatic levels of different grades. The lateral extension of these levels is recognized by other borings but some local thickness variations are observed in the meridional and oriental areas of the deposit border. A structural model, realized from the comparison of the field and boring data is proposed. It accounts for the repartition of the phosphatic levels at the southern border of the deposit and allows the calculation of the still available reserves in the favourable zones. The first valorization experiments, taking into account the characteristics of the different phosphate grains enabled to obtain a 28 %  $P_2O_5$  concentrate using gravity and thermal embrittlement techniques.
- Résumé** - Le Crétacé supérieur du bassin de Mons contient une formation phosphatée connue depuis la fin du 19<sup>ème</sup> siècle. Les données acquises durant la période d'exploitation d'une partie du gisement sont rappelées et complétées grâce aux informations fournies par une récente campagne de sondages d'exploration. L'étude détaillée de ceux-ci souligne l'importance de l'épaisseur de la Craie Phosphatée de Cibly et prolonge à 75.50 m la puissance maximale antérieurement connue. La description du sondage S2 met en évidence l'existence de trois niveaux phosphatés de teneur différente. L'extension latérale de ces trois niveaux est reconnue par d'autres sondages mais des réductions locales d'épaisseur sont observées dans les aires méridionales et orientales de la bordure du gisement. Un modèle structural, élaboré à partir de la confrontation des données d'affleurements et de sondages est avancé. Il rend compte de la répartition des niveaux phosphatés de la bordure Sud du gisement et permet le calcul des réserves encore disponibles dans les zones favorables. La réalisation d'essais préliminaires de valorisation, tenant compte des caractéristiques des différents types de grains phosphatés, a permis l'obtention de concentrés titrant 28 %  $P_2O_5$  par les techniques gravimétriques et de fragilisation thermique.
- Key-words** - Cretaceous - Phosphate - Chalk - Phosphatic grains - Borings - Reserves - Valorization.
- Mots-clés** - Crétacé - Phosphate - Craie - Grains phosphatés - Sondages - Réserves - Valorisation.

(\*) Faculté Polytechnique de Mons, Département de Mines-Géologie - Rue de Houdain 9  
B-7000 MONS (Belgique).

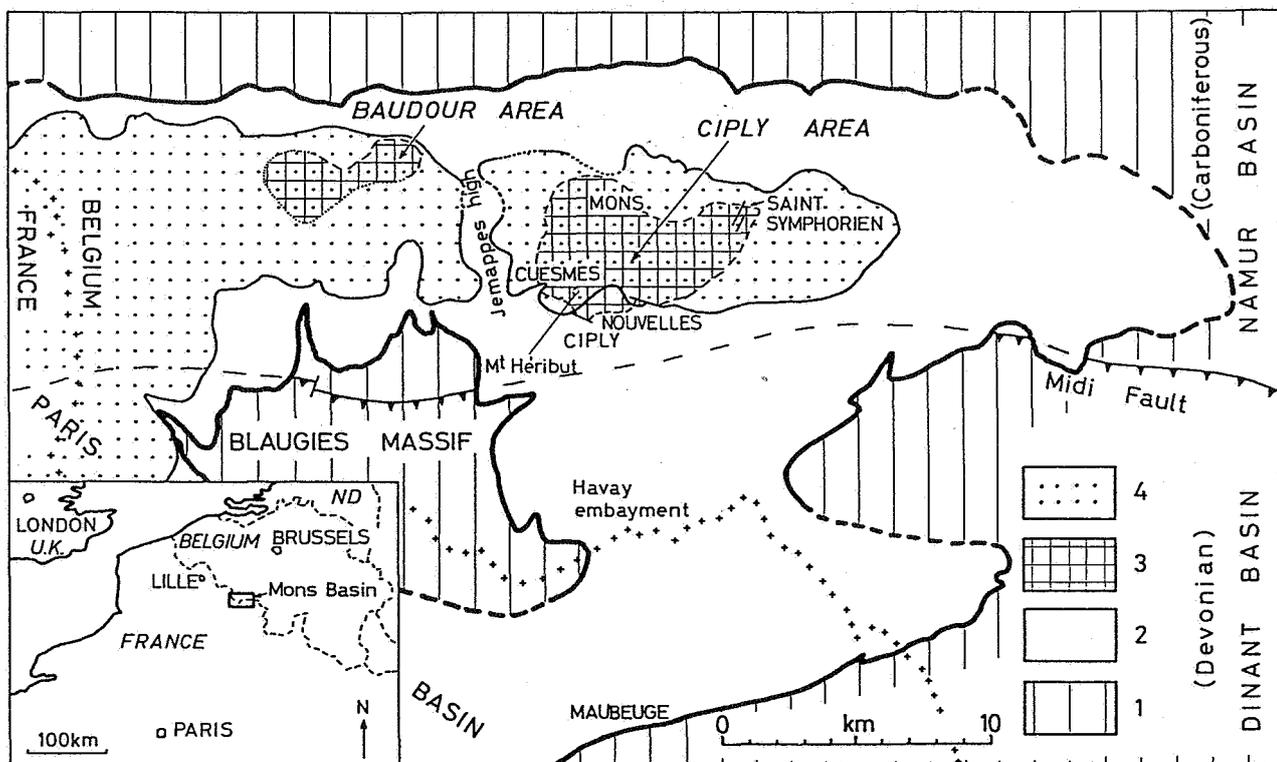


Figure 1. Situation géographique de l'aire phosphatée de Ciplly dans le Bassin de Mons (selon Robaszynski, à paraître).

1. Paléozoïque - 2. Crétacé supérieur (marnes et craies) - 3. Craie Phosphatée de Ciplly (Maastrichtien) - 4. Tertiaire.

## INTRODUCTION

Découverte et exploitée dès la fin du 19<sup>ème</sup> siècle, la "Craie de Ciplly" fut, pour la Belgique, une source non négligeable de phosphate jusqu'après la deuxième guerre mondiale. La concurrence économique des phosphates d'Afrique du Nord réduisit progressivement la production qui s'arrêta dans les années 1950 (MARLIERE, 1947).

Dans un premier temps, les niveaux les plus riches furent exploités : il s'agissait essentiellement des graviers et galets phosphatés du Plateau de la Malogne ainsi que des "sables phosphatés" de la région de Mesvin. Ces derniers correspondaient à un enrichissement naturel de la Craie de Ciplly par dissolution météorique de la gangue carbonatée et pouvaient titrer jusqu'à 30-35 %  $P_2O_5$ .

Par la suite, la Craie Phosphatée de Ciplly proprement dite, titrant de 8 à 12 %  $P_2O_5$ , fut activement exploitée en carrières et en galeries souterraines par la méthode des chambres et piliers dans la région de Ciplly (LECLERCQ & BOUKO, 1985), et en carrières à ciel ouvert dans la région de Saint-Symphorien (fig. 1).

Au total, plus de 3 millions de tonnes de craie phosphatée ont été extraits dans le Bassin de Mons entre 1880 et 1945.

A partir des années 1980, en réaction à la crise économique née avec le premier choc pétrolier de 1973, des intérêts nouveaux se sont manifestés à

propos des phosphates du Hainaut, le premier d'entre-eux se rapportant à la définition des potentialités réelles du bassin phosphaté de Ciplly. C'est dans ce sens que le financement d'un programme de recherche nous a été accordé conjointement par la Commission des Communautés Européennes et les Services de la Programmation de la Politique Scientifique. Le Service géologique de Belgique a, pour sa part, pris en charge toute la partie du programme relative à l'exécution des sondages carottés.

Dans ce qui suit, après un très bref rappel des connaissances acquises jusqu'aux environs de 1950, on s'attachera à exposer les principales données quantitatives obtenues, grâce aux sondages et aux essais de laboratoire pratiqués dans le cours du programme.

## 1. DONNEES ANCIENNES

### 1. GEOMETRIE

Reposant sur les craies blanches et surmontée par le Tuffeau de Saint-Symphorien et une couverture tertiaire, la Craie Phosphatée de Ciplly constitue un gisement phosphaté typiquement stratiforme (fig. 2). Les couches y adoptent la disposition synforme du Bassin de Mons ; elles viennent près de la surface ou même en affleurement par leur bordure méridionale entre Cuesmes et Saint-Symphorien et plongent lentement vers l'axe du bassin avec un pendage d'environ 5° (MARLIERE, 1947).

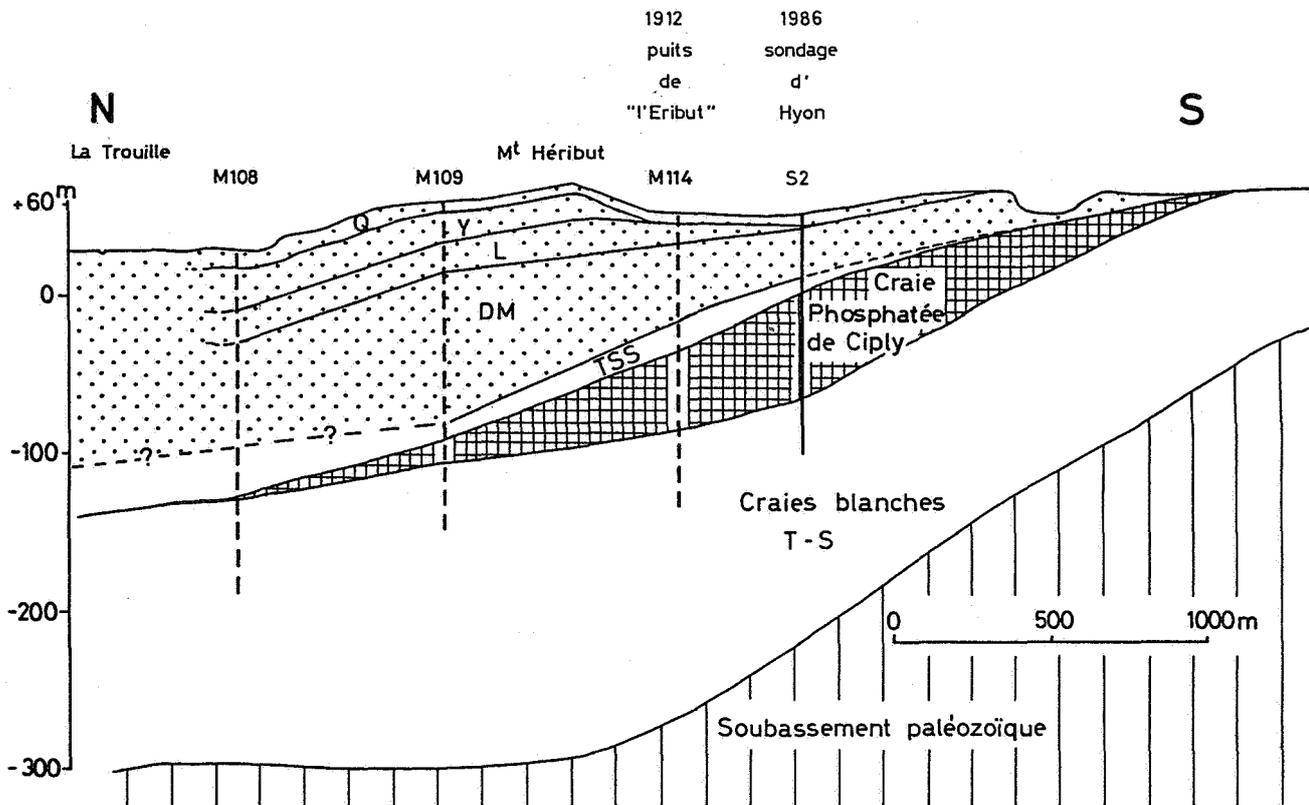


Figure 2. Coupe géologique Nord-Sud dans la partie méridionale du Bassin de Mons avec situation du gisement phosphaté. T.S. : Turonien-Sénonien - T.S.S. : Tuffeau de Saint-Symphorien - D.M. : Dano-Montien - L.Y. : Landénien-Yprésien - Q. : Quaternaire. M108 : sondage de Bertaimont (CORNET, 1907) - M109 : deuxième sondage de l'Eribut (CORNET, 1908) - M114 : puits n° 1 du siège de l'Eribut de la Société du Levant du Flénu (CORNET, 1912). Le gisement phosphaté de Ciplly, en forme de lentille, repose sur le flanc Sud de la structure synforme du Bassin de Mons.

L'épaisseur la plus importante a été reconnue près du Mont Héribut (57 m au sondage M107, près du puits M114) mais semble être donnée sous toute réserve car le sondage fut réalisé au trépan avec injection d'eau (CORNET, 1905). Par l'emploi de cette technique, les matériaux remontés à la surface sont presque toujours très finement broyés et rendent les descriptions et la localisation des différents contacts particulièrement difficiles. Les seuls fragments de roche examinables proviennent souvent de l'éboulement du trou de sonde et sont ramenés sans avoir subi l'action du trépan.

## 2. LITHOLOGIE

Du point de vue de la lithologie, les auteurs divisent la bordure du gisement en deux secteurs : le premier, méridional et le second, oriental.

Dans le secteur méridional, celui de Cuesmes-Mesvin-Ciplly, le faciès de la Craie Phosphatée brune de Ciplly évolue sur de très courtes distances mais CORNET (1927) distingue trois niveaux :

- un niveau supérieur, généralement sans silex, présentant à sa partie supérieure une craie peu phosphatée sur quelques mètres et à sa partie inférieure une

- craie riche et homogène traversée par trois bancs de silex ;
  - un niveau moyen, à silex, riche en phosphate à sa partie supérieure et pauvre à sa partie inférieure ;
  - un niveau inférieur, à silex, pauvre en phosphate.
- Vers le bas, le passage à la Craie de Spiennes (craie blanche) est progressif et rarement net, mais un contact par "racines" est souvent décrit en bordure du bassin. Seules les anciennes phosphatières de la Malogne ont permis l'observation d'un conglomérat de base (Poudingue de Cuesmes).

Les trois niveaux signalés ci-dessus n'ont jamais été observés simultanément sur une même coupe et la plus grande épaisseur observée sur cette bordure méridionale ne dépasse pas 20 m (selon CORNET, 1927).

Dans le secteur oriental, celui de Saint-Symphorien-Havré (CORNET, 1905), la Craie Phosphatée passe latéralement de la couleur brune à la couleur grise (cette dernière semblant être sa teinte originelle). Elle est connue sur une épaisseur de 20 m (BEUGNIES, 1947). Dans ce secteur oriental, la Craie Phosphatée exploitée se subdivise en trois niveaux :

- un niveau supérieur de 8 m d'épaisseur, riche en phosphate (12 à 16 %  $P_2O_5$ ) et pauvre en silex ;
  - un niveau moyen de 4 m d'épaisseur, titrant de 11 à 14 %  $P_2O_5$  et comprenant trois horizons de silex gris ;
  - un niveau inférieur de 6 m d'épaisseur ne contenant plus que 5 à 7 %  $P_2O_5$  et riche en gros silex noirs.
- Là aussi, la Craie Phosphatée semble passer progressivement vers le bas à la Craie de Spiennes. Par ailleurs, le Tuffeau de Saint-Symphorien ne se distingue de la Craie de Cibly que par une quantité moindre de grains de phosphate et de grains de quartz (BEUGNIES, 1947).

Il semble que les deux secteurs n'aient pas été corrélés lithologiquement. Ils se trouvent en effet de part et d'autre d'un troisième secteur, celui de Nouvelles-Spiennes pour lequel très peu de données étaient disponibles.

L'augmentation du nombre de grains phosphatés du bas vers le haut de la formation constituerait aussi, selon BEUGNIES (1947), la caractéristique typique de la partie centrale du bassin phosphaté.

### 3. LES GRAINS PHOSPHATES

Les études de RENARD & CORNET (1891) menées sur les granules phosphatés du gisement de Cibly livrent les conclusions suivantes :

- la Craie brune de Cibly se partage par lévigation en une partie crayeuse formant 75 % de la masse et en un résidu phosphaté plus dense. La partie crayeuse possède toutes les caractéristiques d'une craie typique ;
- les éléments phosphatés de 0,1 mm environ de diamètre sont formés de granules de teinte brunâtre, à éclat résinoïde et légèrement mamelonnés à la surface. Ces granules pourraient être attribués à des moules internes de foraminifères. Des fragments osseux ainsi que des dents leur sont généralement mêlés et des concrétions microscopiques de phosphate à centre noir ou brunâtre et à bord zonaire hyalin assez large sont souvent présentes.

BEUGNIES (1947), dans son étude des éléments figurés du Tuffeau de Saint-Symphorien, distingue quatre types de grains phosphatés :

- des fragments de tissus osseux, esquilleux, jaune ambré ;
- des fragments plus pâles ;
- des grains (0,1 à 0,15 mm) de phosphate de chaux amorphe ("colophanite terreuse"), brun clair et luisants ;
- quelques oolithes de phosphate concrétionné à structure concentrique autour d'un fragment de tissu osseux. Le phosphate hyalin des oolithes paraît être constitué de "colophanite résineuse".

## 4. ENRICHISSEMENT

D'après DEMARET-FRESON (1921), l'installation de concentration la plus performante était localisée à Saint-Symphorien. Elle permettait, grâce à une technique gravimétrique par voie humide, de produire 200 tonnes de phosphate enrichi à des teneurs variant de 18 à 24 %  $P_2O_5$  à partir de 600 tonnes de craie brute titrant 10 %  $P_2O_5$ .

## II. DONNEES NOUVELLES SUR LE BASSIN PHOSPHATE DE CIPLY

### 1. RECHERCHES ENGAGEES DEPUIS LES ANNEES 1980

A l'occasion de travaux entrepris pour déterminer la teneur en éléments radioactifs des phosphates du bassin de Mons, plusieurs coupes détaillées ont été levées dans les anciennes carrières à ciel ouvert et dans les galeries souterraines de la Malogne. Des examens lithologiques et des analyses minéralogiques ont en outre été effectués sur un certain nombre de sections à la bordure du bassin phosphaté à la faveur de plusieurs travaux de fin d'études d'élèves-ingénieurs de la Faculté Polytechnique.

Depuis 1983, grâce à une campagne de sondages exécutée dans le bassin de Cibly par le Service géologique de Belgique pour le programme de recherche C.C.E.-S.P.P.S., de nouvelles informations ont été acquises sur la lithologie, la composition chimique de la formation phosphatée et la nature des grains. Ces informations sont résumées ci-après.

### 2. LITHOLOGIE

#### a. Le sondage S 2 (fig. 3 et 4)

L'examen des carottes prélevées au cours de l'exécution du sondage S 2 à Hyon (coordonnées Lambert : x = 119,6 ; y = 124,1 ; z = 42,2) a conduit à une description lithologique détaillée des formations reconnues au flanc Sud du bassin de Mons. La succession des terrains traversés par la sonde est la suivante, du haut vers le bas.

#### LA COUVERTURE STERILE (51 m)

- LIMONS (Quaternaire) : 6 m
- 0-6 m : Argile sableuse brune.
- SABLE GLAUCONIFERE (Landénien L1) : 3 m
- 6-9 m : Sable argileux et glauconifère.
- TUFFEAU DE CIPLY (Danien Mn1a) : 32,70 m
- 9-27 m : Calcarénite gris beige, poreuse. Les fossiles, principalement de petits mollusques lamellibranches, des tubules de scaphopodes, des bryozaires lamellaires et branchus ainsi que quelques brachio-

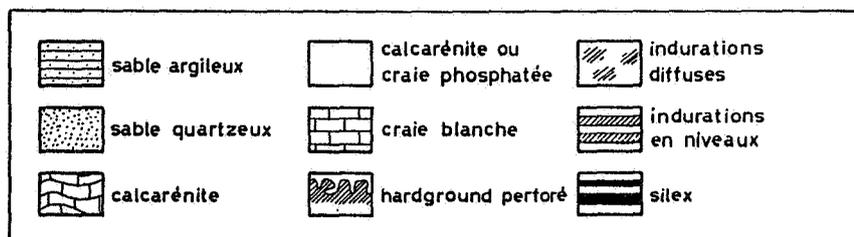
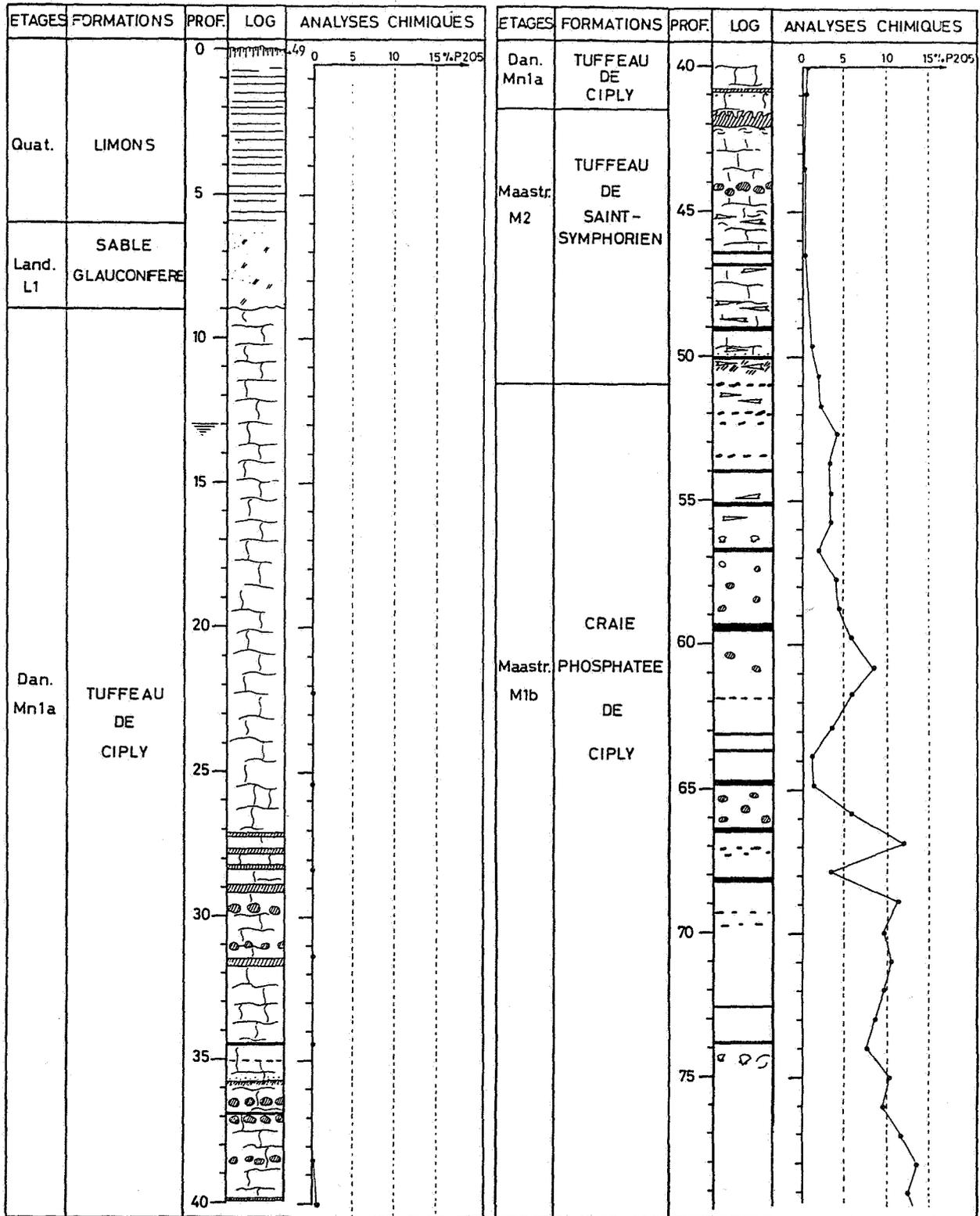


Figure 3. Le sondage S2 (première partie).

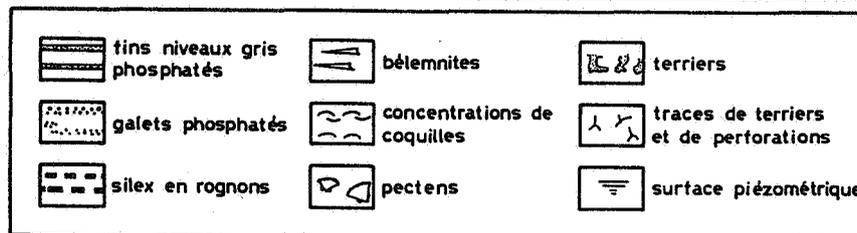
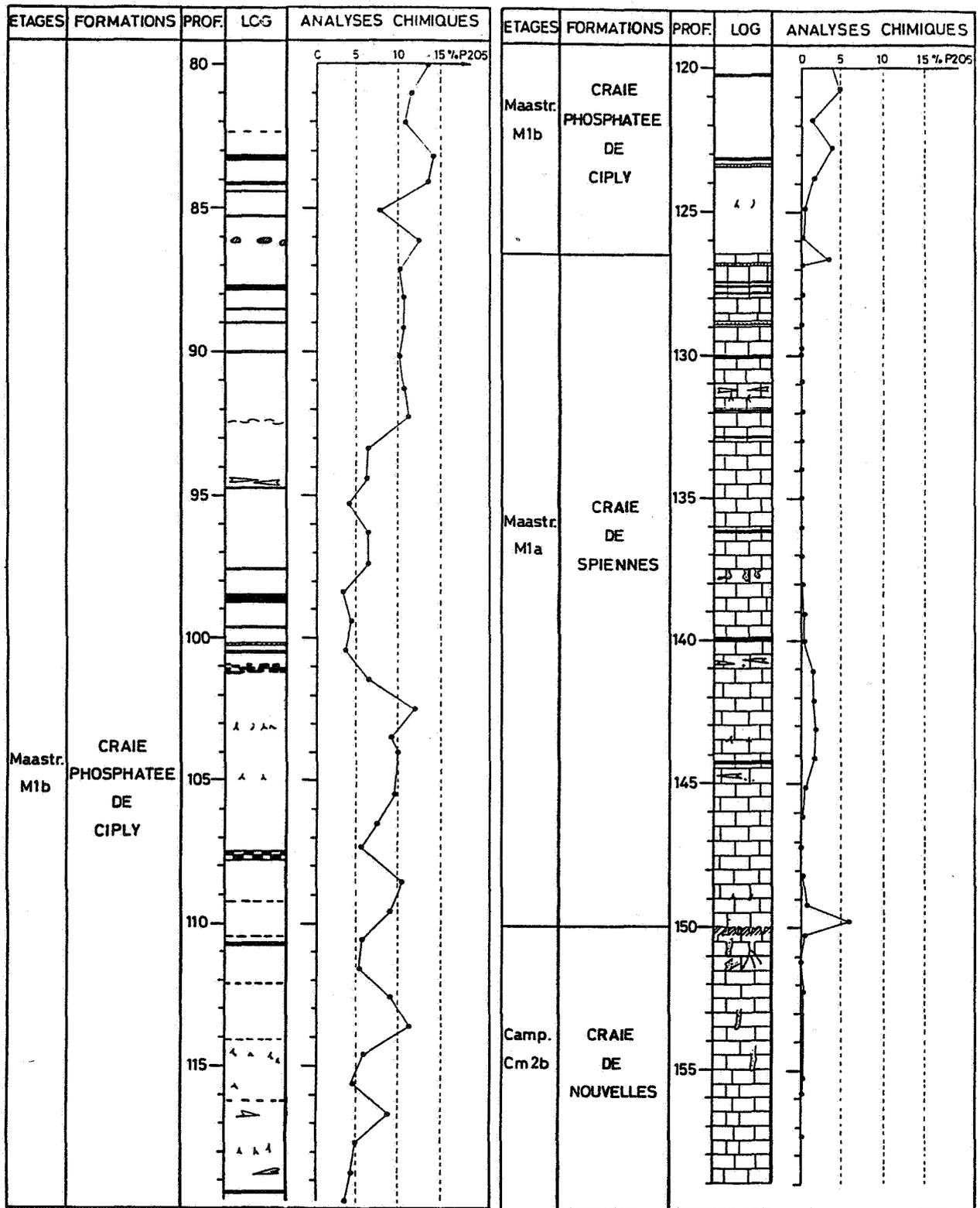


Figure 4. Le sondage S2 (suite et fin). Remarque : la Craie de Spiennes, notée Maastrichtien inférieur sur la carte géologique, contient en fait des bélemnites et des foraminifères du Campanien supérieur ; une révision est en cours.

podés et piquants d'oursin, apparaissent disséminés dans la masse ou concentrés en de minces niveaux ou de petites lentilles de 3-5 cm d'épaisseur.

27 - 33 m : Calcarénite gris beige, indurée à de nombreux niveaux. Les coquilles sont friables. L'assemblage faunistique reste le même et s'enrichit de la présence de petites dents de requin et de mollusques gastéropodes à partir de 29 m.

33-41,70 m : Calcarénite gris beige, poreuse, avec apparition des premiers bancs de silex décimétriques. Quelques niveaux particulièrement riches en organismes s'observent au niveau de petites indurations vers 37 m.

- TUFFEAU DE SAINT-SYMPHORIEN (Maastrichtien M2) : 9,30 m

41,70-42,10 m : Hardground perforé, présentant de nombreux moules externes de coquilles, vides.

42,10-51 m : Calcarénite jaunâtre très fossilifère. Accumulation d'organismes en de véritables lumachelles à 42,20 m, 43,60 m et 45,20 m ; présence de très nombreux *Thecidea papillata*, *Trigonosemus pectiniformis*, huîtres et bélemnites (à partir de 45 m).

LA CRAIE PHOSPHATÉE DE CIPLY (Maastrichtien M1b) :  
75,50 m

- NIVEAU SUPERIEUR DE LA CRAIE PHOSPHATÉE : 43 m

51-65 m : Au sommet, fragments de craie phosphatée durcie et de galets phosphatés. Il est possible que ces éléments soient le témoin d'un hardground peu épais qui coifferait la formation phosphatée. Pourtant l'état très fragmentaire du carottage à ce niveau ne permet pas de confirmer totalement ce point de vue. Au dessous : calcarénite grisâtre à brunâtre, phosphatée, légèrement bioturbée et silicifiée en de petites taches décimétriques. Niveaux de bélemnites et apparition des premiers *Pecten* sp. à partir de 56,50 m en association avec de nombreuses huîtres. Les grains phosphatés apparaissent disséminés dans la roche ou concentrés en de fines lamines aux alentours des zones silicifiées.

65-76,50 m : Craie phosphatée brunâtre, bioturbée, à bancs et rognons de silex. Les bioturbations prennent la forme de volutes irrégulières riches en grains phosphatés. Ces structures sont particulièrement denses à partir de 69 m en association avec de nombreux pectens et fragments de coquilles d'inocérames. Plusieurs niveaux riches en coquilles d'huître sont reconnus ainsi que quelques terriers silicifiés.

76,50-78 m : Faciès particulier de la craie phosphatée : les grains phosphatés apparaissent concentrés en de fines lamines horizontales irrégulières, très serrées. Ces lamines se découpent parfaitement sur le fond de craie pâle qui les enrobe et confèrent ainsi un aspect zébré à la roche.

78-94 m : Craie phosphatée brunâtre, bioturbée, à niveaux de silex décimétriques.

Assemblage faunistique constitué pour l'essentiel d'huîtres, de pectens et de petits scaphopodes ("*Pyrgopolon mosae*").

- NIVEAU INTERMEDIAIRE DE LA CRAIE PHOSPHATÉE : 7 m

94-101 m : Craie blanchâtre à grisâtre, légèrement bioturbée. Accumulation de bélemnites entre 94 et 95 m.

- NIVEAU INFERIEUR DE LA CRAIE PHOSPHATÉE : 25,50 m

101-120 m : Craie phosphatée grisâtre, bioturbée, à silicification diffuse, avec bancs de silex incomplètement silicifiés. Présence de terriers indurés et de quelques niveaux de bélemnites.

120-126,50 m : Craie blanchâtre légèrement bioturbée avec silex incomplètement silicifiés.

LE SUBSTRATUM DE LA CRAIE PHOSPHATÉE

- CRAIE DE SPIENNES ('Maastrichtien' M1a - Campanien sup.) : 23,50 m

126,50 - 150 m : Craie blanchâtre à petits bancs et rognons de silex. Présence de terriers remplis de matériel phosphaté et de quelques fins niveaux gris phosphatés vers le sommet (126,70 m et 128 m). Fragments d'inocérames et de bélemnites concentrés dans des passées grisâtres au sein de la craie blanche.

- CRAIE DE NOUVELLES (Campanien Cm2b) : traversée sur 9 m

150-150,20 m : Hardground perforé, de teinte grise.

150,20-159 m : Craie blanche fine sans silex. Quelques volutes grises, irrégulières, de matériel plus grossier dans la craie blanche fine sont visibles par place.

b. *Extension latérale des trois niveaux phosphatés*

La présence d'une épaisseur de plus de 75 mètres de craie phosphatée conduit à envisager d'une manière nouvelle le gisement de Cibly tout en confirmant les chiffres émis avec réserves par CORNET en 1905 au sondage de "l'Eribut" (M107).

L'étude lithologique détaillée du récent sondage S2, couplée à des analyses chimiques, permet de subdiviser la Craie de Cibly en trois niveaux :

- un niveau inférieur, à la base de la craie phosphatée, à plus de 5 %  $P_2O_5$  ;
- un niveau intermédiaire, peu phosphaté (7 mètres de craie à une teneur inférieure à 5 % de  $P_2O_5$ ) ;
- un niveau supérieur, titrant plus de 5 % de  $P_2O_5$ .

Ces trois niveaux se caractérisent aussi, outre leur contenu en phosphate, par la présence d'horizons à bélemnites

qui se sont révélés constituer d'excellents repères faciostratigraphiques. Il est en effet possible de reconnaître au sein des carottes d'autres sondages entrepris sur la même bordure, jusqu'à 2 km à l'Ouest de S2, les équivalents latéraux des horizons à bélemnites et des trois niveaux phosphatés. (La présentation détaillée des corrélations stratigraphiques des sondages fera l'objet d'une publication ultérieure).

c. Les aires phosphatées du bassin de Cibly-Saint-Symphorien.

Quelques variantes existent dans la succession des trois niveaux et ont été dévoilées par les différents sondages. Trois aires peuvent ainsi être définies :

- une aire occidentale (région de Cuesmes-Cibly-Hyon) pour laquelle les sondages présentent l'ensemble de la succession des trois niveaux définis précédemment ;
- une aire méridionale (région de Nouvelles) où manque le niveau supérieur (non dépôt ou érosion) ;
- une aire orientale (région de Spiennes à Saint-Symphorien) où seules les zones intermédiaire et supérieure sont représentées.

La délimitation de la bordure du bassin phosphaté en trois aires conduira à une meilleure compréhension des phénomènes ayant affecté la sédimentation et à la proposition d'un modèle

structural simple.

3. STRUCTURE

Une étude de terrain a été réalisée parallèlement à la campagne de sondages de manière à définir au mieux les principaux traits structuraux de la bordure Sud du bassin phosphaté. Ce travail a comporté des levés géologiques accompagnés de mesures de pendage et de direction des plans de faille. Des données, antérieures au comblement des anciennes exploitations, ont pu être extraites des carnets des professeurs CORNET et MARLIÈRE et sont venues compléter nos propres observations.

a. Les affleurements

Les principaux affleurements étudiés sont les suivants (fig. 5) :

A. CARRIÈRE VAN DAMME (anciennement carrière CAILLAUX)

Le Tuffeau de Cibly (8 m) débute par un poudingue et surmonte 5 à 6 mètres de Craie Phosphatée de Cibly se terminant par un épais hardground perforé. Direction : N 70° E ; pendage : 5° NO.

Une faille orientée à N 115° E place la Craie Phosphatée en contact avec la Craie de Spiennes, le compartiment abaissé est situé au Nord de la faille. D'autres failles, de même

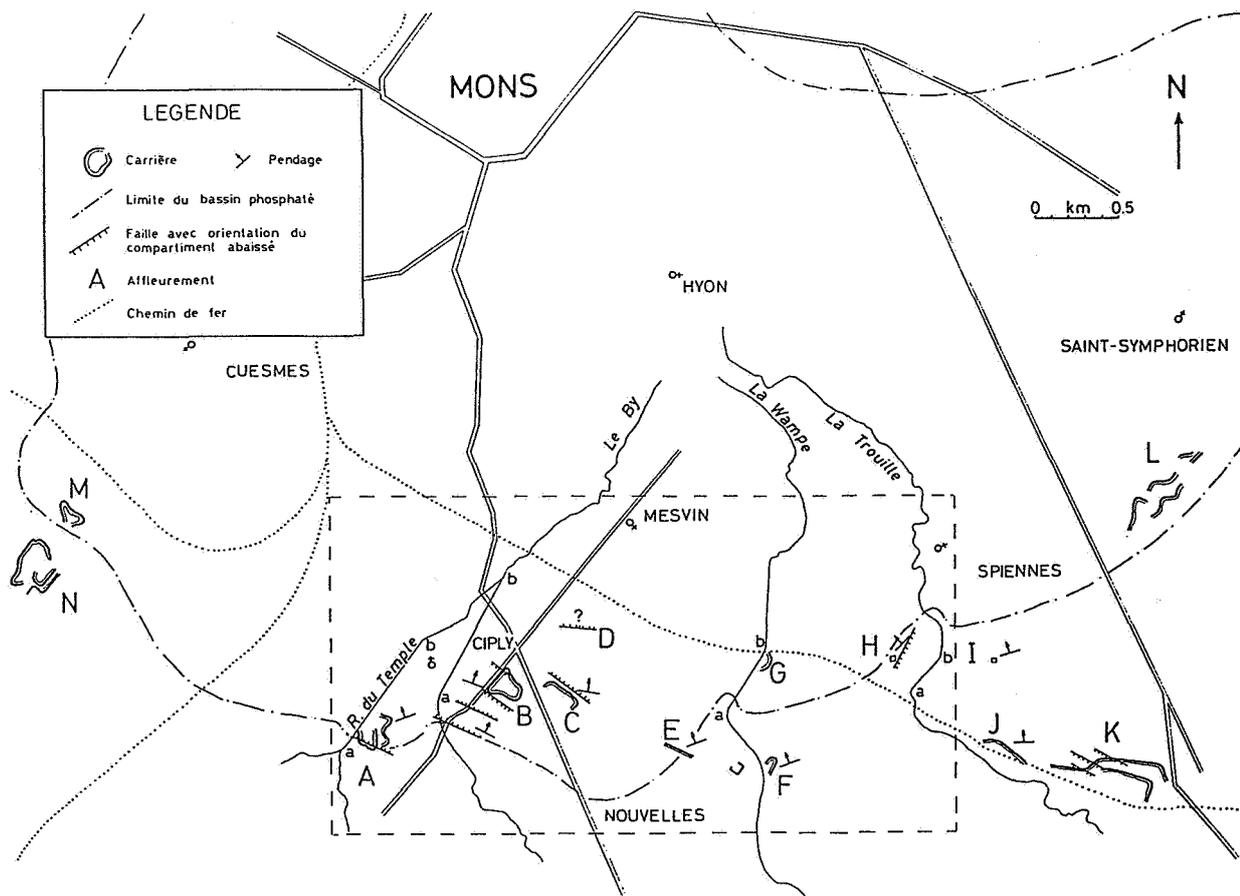


Figure 5. Situation des affleurements à la bordure Sud du gisement avec indication des failles et pendages.

direction, ont été signalées au Nord-Est de l'ancienne voie ferrée, actuellement chemin menant à la maison Van Damme (CORNET, 1924).

#### B. CARRIERE VIENNE (anciennement carrière LIENART)

Le Tuffeau de Cibly (3,50 m) surmonte 26 mètres de Craie phosphatée (13,50 mètres visibles) par l'intermédiaire d'un horizon à galets phosphatés et d'un hardground perforé. Cette ancienne exploitation, autrefois étendue tout au long de la chaussée Brunehaut, permettait l'observation de plusieurs failles. Les informations ci-après sont tirées de notes manuscrites que nous a confiées Monsieur le Professeur émer. R. MARLIÈRE, notes relatives à des observations qu'il a personnellement effectuées sur le terrain.

Du Sud au Nord, les failles ont les caractères suivants :

- une faille normale, subverticale, appelée "faille limite" (f1 de la fig. 6) en raison du contact provoqué entre la Craie de Spiennes au Sud et la Craie de Cibly au Nord. Direction N 115° E. Les lèvres de la faille sont remplies de silex. A ce niveau, la Craie de Cibly présente une direction N 118° E et un pendage 5° NE (calcul d'après les notes de R. MARLIÈRE) ;
- la faille du Bureau (f2), normale, dirigée N 115° E, rejet vertical de 4 à 5 mètres s'accroissant vers le Sud-Est ;
- la faille Ronveaux (f3), de direction N 125° E, soulevant de 2 à 3 mètres le compartiment Nord ;
- la faille de Vienne (f4), encore visible actuellement (septembre 1986), soulevant de 0,40 m le compartiment Nord. Ce rejet s'atténue vers le Nord-Ouest. Direction N 125° E.

Dans la carrière souterraine Vienne la direction de la Craie Phosphatée est N 113° E et son pendage 5° E. De grandes diaclases orientées N 30° E sont également visibles dans les galeries utilisées actuellement comme champignonnières.

#### C. BOUVEAU DE MESVIN

Ancienne exploitation présentant une coupe de 8,50 mètres de Craie Phosphatée à gros bancs de silex. Direction des couches N 97° E, pendage 5° NW. Une faille y est visible, avec plan de faille silicifié (f5). Direction N 125° E, inclinaison 65° NE, stries verticales. Le compartiment abaissé est au Nord, rejet calculé : une dizaine de mètres.

#### D. ANCIENNES EXPLOITATIONS DU BELIAN, aujourd'hui comblées.

Une faille y aurait été observée (f6), décalant le compartiment Nord vers le bas, d'une dizaine de mètres.

Dans les notes de R. MARLIÈRE est joint un dessin de géomètre où il apparaît qu'une galerie aurait suivi cette faille (partiellement ou continuellement ?) dont la direction semblerait s'orienter à N 95° E,

si l'on en croit le dessin. Cependant, il faut remarquer que cette faille serait la seule de la bordure Sud à adopter une direction semblable, direction qui n'a pas été retrouvée sur le terrain, ni dans le bassin phosphaté, ni dans les craies. Les couches auraient également présenté un pendage de quelques degrés vers le Nord-Ouest.

#### E. CHEMIN CREUX DU CIMETIERE DE NOUVELLES

Contact entre la Craie de Cibly et la Craie de Spiennes. Direction des couches N 65° E, pendage 5° NW ; les mesures ont été réalisées sur les bancs de silex. Cet affleurement fait partie de l'aire méridionale de la bordure du gisement.

#### F. CARRIERE DE LA FERME DU HARAS A NOUVELLES

Contact entre la Craie de Cibly et la Craie de Nouvelles, par l'intermédiaire d'un hardground perforé au sommet de la Craie de Nouvelles. Direction N 70° E, pendage 10° NW.

#### G. AFFLEUREMENT DU PONT DU PRINCE

Craie phosphatée à bancs de silex identiques à ceux du Bouveau de Mesvin. Les mauvaises conditions d'affleurement ont empêché de pratiquer des mesures de direction et de pendage.

#### H. PUITTS NEOLITHIQUE DE PETIT-SPIENNES

Craie de Spiennes à nombreux niveaux de silex. Direction N 44° E, pendage 7° NW. Une faille de direction N 30° E, inclinaison 50° SE, y est observable. Stries verticales, compartiment abaissé au Sud-Est.

#### I. PUITTS NEOLITHIQUE DU CAMP-A-CAYAUX

Craie de Spiennes sur 12,50 m, à gros niveaux de silex. Direction N 77° E, pendage 8° NW.

#### J. CARRIERE DU CHEMIN DE FER

Contact entre la Craie de Spiennes et la Craie de Nouvelles par l'intermédiaire d'un hardground perforé au sommet de la Craie de Nouvelles. Direction N 85° E, pendage 8° N.

#### K. CARRIERES C.C.C. D'HARMIGNIES

Le contact entre la Craie de Spiennes et la Craie de Nouvelles est bien exposé tandis que le contact entre la Craie d'Obourg et la Craie de Trivières n'est visible qu'en deux points de la carrière. Le front Ouest de la carrière, où le premier contact est bien exprimé présente trois failles orientées N 120° E, d'inclinaison 70 à 80° S.

#### L. ANCIENNES CARRIERES HOUZEAU DE LEHAIE (actuellement propriété POURBAIX) A SAINT-SYMPHORIEN

Affleurement mal préservé de Tuffeau de Saint-Symphorien reposant sur la Craie Phosphatée autrefois exploitée en galeries.

#### M. ANCIENNE CARRIERE MORTIAU

Selon MARLIÈRE (1936) la carrière exposait un contact par faille verticale (N 165° E) entre la Craie Phosphatée et la Craie de Nouvelles, faille antérieure au dépôt du Tuffeau de Cibly en position sub-horizontale sur les deux formations.

La Société Craibel exploite des craies blanches sans silex (partie S).

b. Modèle structural (fig. 6)

L'ensemble des informations de terrain a pu être placé en relation avec l'altitude des contacts reconnus en sondage et notamment avec l'altitude de la base de la Craie Phosphatée. La confrontation des différentes données et le tracé des isohypses a conduit à la définition d'une série de blocs au sein desquels la valeur du pendage est constante. Ces blocs ont été animés de mouvements relatifs les uns vis-à-vis des autres. Comme l'indique la coupe de la figure 6, il s'agit essentiellement d'effondrements progressifs de la surface de base de la couche phosphatée vers le centre du bassin avec adoption d'une structure en escalier.

Les différents affaissements ont été produits principalement par le jeu de failles normales d'orientation N 115° E.

L'extension latérale des marches de cet escalier n'est pas illimitée. Il est en effet caractéristique de constater l'existence de brusques modifications de la valeur du pendage de part et d'autre

des différentes vallées recoupant la bordure Sud du gisement. Ces variations brusques pourraient s'expliquer par la présence de surfaces de discontinuité orientées parallèlement à la faille observée dans la minière de Petit-Spiennes et aux directions des grandes diaclases de la carrière Vienne, c'est-à-dire N 30° E.

Les rapides changements de direction des cours de la Trouille, de la Wampe, du By et du ruisseau du Temple au contact du bassin phosphaté (entre a et b sur la figure 5) témoigneraient également de failles assez récentes orientées N 30° E.

Le modèle de blocs proposé à la figure 6, bien que fort simple dans son principe, permet d'avancer une explication de l'absence du niveau supérieur de la craie phosphatée dans les sondages de l'aire méridionale de Nouvelles. Cette aire se trouve, en effet, en position haute par rapport aux blocs voisins. De ce fait, l'érosion ultérieure aura probablement fait disparaître les niveaux élevés de la Craie Phosphatée reconnus ailleurs, tant vers l'Est que vers l'Ouest.

c. Ressources et réserves

La compilation de l'ensemble des données d'affleurement et de sondage a

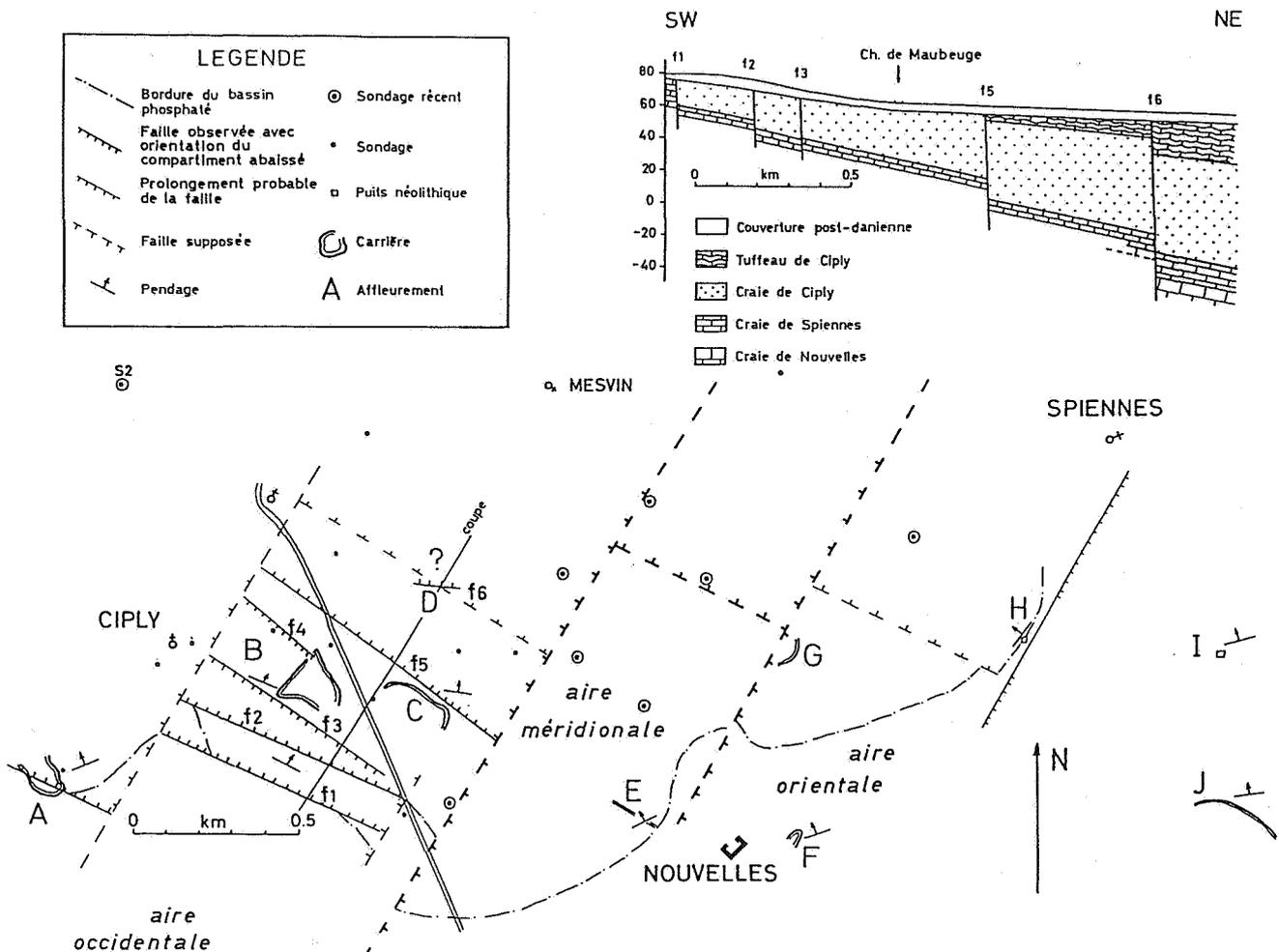


Figure 6. Modèle structural de la bordure Sud du gisement. Le gisement des craies phosphatées est composé d'une mosaïque de blocs tectoniques délimités par deux systèmes de failles : N 30° et N 115°. La coupe illustre l'affaissement progressif des blocs vers le centre du bassin.

abouti au tracé des isophyses du mur et du toit du gisement phosphaté de Ciply. La carte des isopaques, déduite de la superposition des isophyses a permis d'évaluer les ressources à 800 millions de tonnes de craie phosphatée.

Les réserves situées en bordure de gisement, en dehors des zones d'habitation définies par le plan de secteur, et au-dessus du niveau de la nappe aquifère, ont été évaluées à 45 millions de tonnes.

#### 4. LES GRAINS PHOSPHATÉS ET LEUR CONCENTRATION

##### a. Constitution des grains phosphatés

L'approche de la valorisation du phosphate contenu dans la craie passe obligatoirement par l'étude du mode d'engagement et des caractéristiques géochimiques de celui-ci. En effet, les liens qui unissent le phosphate à son exogangue et à son endogangue devront être brisés mécaniquement lors du traitement minéralurgique. L'exogangue désigne la matrice crayeuse enrobant les grains tandis que l'endogangue est constituée par les particules stériles (carbonatées) contenues dans les grains.

La Craie Phosphatée de Ciply n'est pas vraiment une craie mais plutôt une calcarénite phosphatée fine titrant en moyenne 10 %  $P_2O_5$ . On y distingue deux classes granulométriques principales :

- une première (55 % du poids total), de 0,063 mm à 0,177 mm, titrant plus de 15 %  $P_2O_5$  où se retrouvent la plupart des éléments phosphatés, des débris de microfossiles, des bioclastes, des intraclastes et de petits cristaux de calcite ;
- une seconde (25 % du poids total), inférieure à 0,037 mm, titrant de 2 à 3 %  $P_2O_5$ , constituée de très fines particules carbonatées comme des intraclastes, des bioclastes et des coccolithes.

Parmi les particules phosphatées, quatre classes de grains ont pu être distinguées et étudiées aux microscopes photonique et électronique à balayage.

Les principales caractéristiques de chaque classe sont résumées ci-après :

- Les grains brunâtres (42 % de particules phosphatées). Anisotropes et faiblement poreux, les grains brunâtres sont pauvres en endogangue carbonatée. Certains d'entre-eux présentent un fin cortex de phosphate limpide à structure cérébroïde bien développée (planche 1, photos 1 et 2).
- Les grains blanchâtres (52 % des particules phosphatées). Grains anisotropes, poreux et riches en endogangue carbonatée. Le cortex de phosphate limpide qui les enrobe parfois est généralement plus fin que celui des grains bruns (planche 1, photos 3 et 4).
- Les grains ambrés (5 % des particules phosphatées). Ces grains présentent une structure homogène et non poreuse. Il s'agit généralement de débris osseux phos-

phatisés anguleux, anisotropes en plaque mince (planche 1, photo 5).

- Les grains sphériques (1 % des particules phosphatées). Assez rares, ces grains possèdent un cortex épais et limpide dont la structure, formée d'enveloppes concentriques, se rapproche de celle des oolithes (planche 1, photo 6).

La présence d'une forte proportion de grains phosphatés blanchâtres, riches en endogangue carbonatée, constituera une contrainte importante lors des essais de concentration du minerai.

Des analyses aux rayons X sont venues compléter les observations des grains et ont permis le calcul des paramètres cristallographiques "a" et "c" de l'apatite qui les constitue. Ces paramètres, dont les valeurs respectives sont de 9,3211 Å et 6,969 Å, montrent que le phosphate fait partie de la famille des carbonate-fluorapatites ou francolite avec une teneur en  $CO_2$  apatitique de 5,17 %. Un tel contenu en  $CO_2$  apatitique est indicatif d'une bonne solubilité dans les acides.

##### b. Concentration des grains phosphatés (cf. Fig. 7)

Quelques essais de concentration en laboratoire ont été réalisés sur base des propriétés physico-chimiques. Deux phases se sont succédées : une phase de préconcentration et une phase de concentration.

- La préconcentration consiste en un léger concassage libérant les granules phosphatés de la gangue crayeuse et suivi d'une classification granulométrique. A ce stade, les particules inférieures à 0,037 mm et supérieures à 0,300 mm sont considérées comme stériles et peuvent être utilisées comme amendement carbonaté, légèrement phosphaté. Un marché existe déjà pour un tel type de produit. Les particules dont les dimensions sont comprises entre 0,050 mm et 0,300 mm sont, quant à elles, dirigées vers des appareils de séparation gravimétrique (tables ou spirales) qui donnent un mixte titrant 11 à 13 %  $P_2O_5$  et un préconcentré titrant 20 à 24 %  $P_2O_5$  avec une récupération de 60 à 65 %.
- La concentration à des teneurs supérieures à 25 %  $P_2O_5$  est une opération qui sépare les grains blancs des autres classes de particules phosphatées. Des essais qualitatifs de fragilisation thermique ont permis d'atteindre des teneurs voisines de 28 %  $P_2O_5$  (cf. CHAMPETIER *et al.*, 1984). La fragilisation thermique consiste en une calcination flash à une température inférieure à la température de décarbonatation. Cette brusque élévation de température provoque des contraintes différentielles sur l'endogangue et fragilise les grains les plus pauvres en phosphate. Cette phase thermique est ensuite suivie d'une attrition se déroulant à des températures ne modifiant pas le paramètre cristallographique "a" de l'apatite et donc sa réactivité.

Etant donné la présence d'endogangue carbonatée au sein des particules phos-

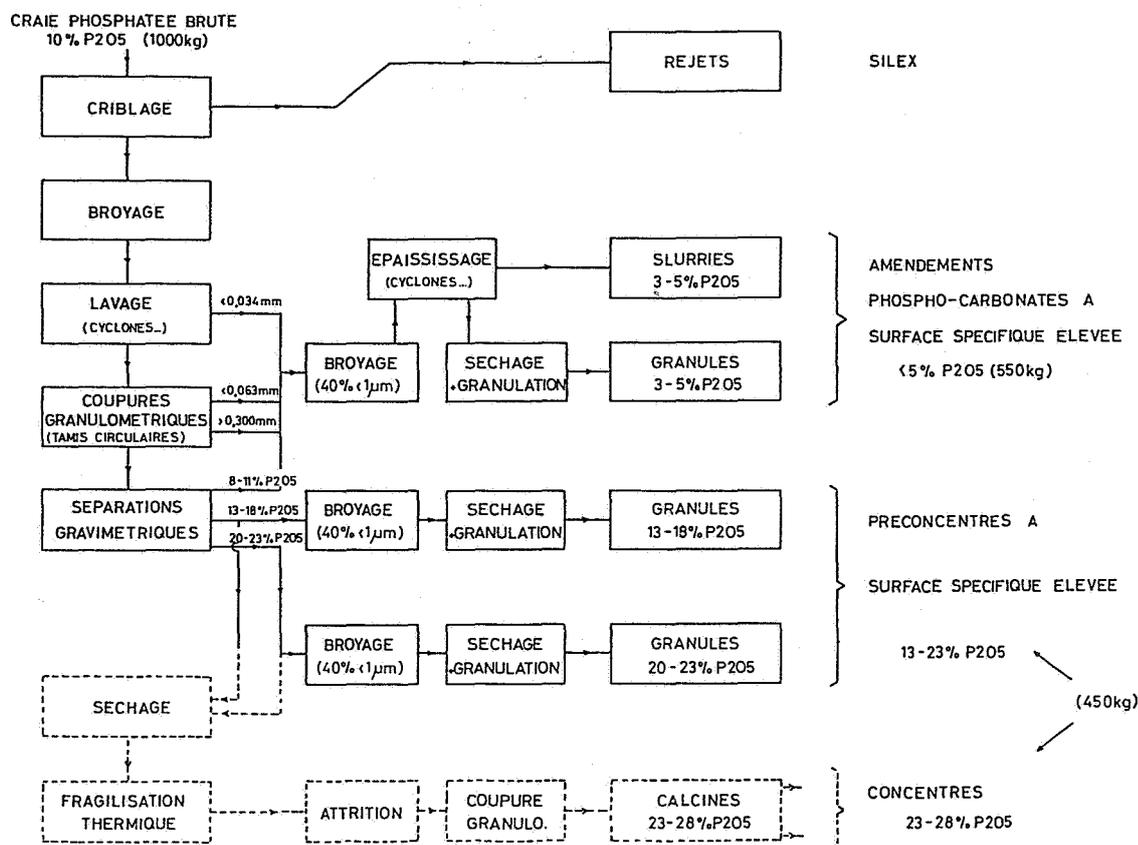


Figure 7. Esquisse d'un "flow-sheet" en vue de la concentration par voies granulométrique et gravimétrique des phosphates du gisement de Ciplly.

phatées, il ne peut être envisagé de dépasser une teneur de 30 %  $P_2O_5$  par des moyens mécaniques.

Il est à noter que la réactivité chimique de l'amendement phospho-carbonaté, du préconcentré et du concentré peut être augmentée par une réduction granulométrique poussée, telle que le permettent les techniques actuelles. Ainsi, une réduction du diamètre des particules de 100  $\mu m$  à 1  $\mu m$ , conduit à augmenter de 100 fois la valeur de la surface spécifique et donc la réactivité du produit.

L'existence de débouchés nouveaux pour les engrais "naturels" tels que les phosphates de Ciplly ("naturels" par opposition aux engrais issus de la chimie de l'acide phosphorique) pourrait ainsi intéresser à nouveau certains producteurs belges.

## CONCLUSIONS

Pendant toute la période d'exploitation de la Craie Phosphatée de Ciplly, diverses informations ont été publiées à propos de la constitution des grains phosphatés ou de certaines particularités stratigraphiques ou tectoniques du bassin phosphaté. Les données concernant les parties moyennement profondes du bassin restaient cependant fort claires et essentiellement qualitatives.

Aujourd'hui, au terme d'un programme conjoint de recherche C.C.E.-S.P.P.S.-S.G.B., de nouvelles données sont venues

au jour ; certaines inattendues, toutes à caractère quantitatif.

L'étude détaillée d'une série de sondages carottés, localisés à quelque distance des limites méridionale et orientale du gisement, prolonge à 75,50 m la puissance maximale antérieurement connue et révèle l'existence de trois niveaux phosphatés de teneur différente et superposés.

La confrontation des données de terrain et de sondage permet de considérer le gisement comme constitué d'une mosaïque de blocs et d'évaluer les ressources de craie phosphatée à plus de 800 millions de tonnes. Les réserves situées dans les zones favorables sont estimées à près de 45 millions de tonnes.

L'étude préliminaire des grains phosphatés a orienté plusieurs types d'essais de valorisation. Les résultats obtenus laissent entrevoir des possibilités de concentration jusqu'à 28 %  $P_2O_5$  à partir d'un matériel titrant 8 à 10 %  $P_2O_5$  en moyenne.

L'étude sédimentologique détaillée des carottes est en cours et devrait pouvoir fournir de nouveaux éléments d'information quant à l'évolution du bassin et de nouveaux indices quant aux mécanismes de la phosphatogenèse.

## REMERCIEMENTS

Nous remercions les services de la C.C.E. et le S.P.P.S. (Commission des Communautés Européennes, Service de la Programmation de la Politique Scientifique du gouvernement belge) de nous avoir accordé l'autorisation de publier quelques-uns des résultats obtenus dans le cours du programme de recherche MSM-079 B, ainsi que le Service Géologique de Belgique qui a été le maître d'oeuvre des sondages.

## BIBLIOGRAPHIE

- BEUGNIES, A. (1947) - Le gisement de craie phosphatée de Saint-Symphorien. *Bull. Soc. belge Géol., Paléontol., Hydrol.*, 58, 1, 95-197, 5 fig.
- CHAMPETIER, Y., GABALLAH, I. & HENIN, J.P. (1984) - Fragilisation thermique : un nouveau procédé de valorisation des faciès phosphato-carbonatés indurés. *Ind. Min. France*, 150-156, 10 fig.
- CORNET, J. (1905) - Sur le faciès de la craie phosphatée de Ciply. *Ann. Soc. géol. Belg.*, 32, mém., 137-146, 1 fig.
- CORNET, J. (1905) - Le sondage de l'Eribut à Cuesmes. *Ann. Soc. géol. Belg.*, 33, mém., 3-7, 1 fig.
- CORNET, J. (1907) - Le sondage de Bertaimont, à Mons. *Ann. Soc. géol. Belg.*, 34, M 141-147.
- CORNET, J. (1908) - Le deuxième sondage de l'Eribut, à Cuesmes. *Ann. Soc. géol. Belg.*, 35, B 317-322.
- CORNET, J. (1912) - Le puits n° 1 du siège de l'Eribut de la Société du Levant du Flénu. Manuscrit B, 71.
- CORNET, J. (1913) - Le sondage d'Hyon avec coupe est-ouest de Cuesmes à Saint-Symphorien. *Ann. Soc. géol. Belg.*, 40, 91-97, 1 fig.
- CORNET, J. (1924) - Les failles de la carrière Caillaux à Ciply. *Ann. Soc. géol. Belg.*, 47, B 204-211, 1 coupe.
- CORNET, J. (1927) - Leçons de géologie. 674 p., 110 fig., Lamertin, Bruxelles.
- DEMARET-FRESON, J. (1921) - Préparation mécanique des minerais, 94 p. avec figures. Autographie, Faculté Polytechnique de Mons.
- LECLERCQ, F. & BOUKO, P. (1985) - La Malogne. Guide de l'exposition "La Malogne. Centenaire de la découverte du Hainosaure" (1885 - 1985), 63 p.
- MARLIÈRE, R. (1936) - Compte-rendu de la Session extraordinaire de la Société géologique de Belgique et de la Société belge de Géologie tenue à Mons les 18, 19, 20 et 21 septembre 1936. *Ann. Soc. géol. Belg.*, 60, 45-105, 24 fig.
- MARLIÈRE, R. (1947) - Le passé, le présent, l'avenir de l'industrie extractive des phosphates dans le Hainaut. *Bull. Soc. Nat. Mons, Borinage*, 24-25, 42-50, 2 fig.
- MARLIÈRE, R. (1947) - Phosphates du Hainaut. *Centenaire Ass. Ing. Liège, Congrès*, 330-334, fig. 3-4 ; 377, fig. 22.
- POELS, J.P. & ROBASZYNSKI, F. (sous presse) - Les grains phosphatés de la Craie de Ciply. *Ann. Soc. géol. Belg.*
- RENARD, A.F. & CORNET, J. (1891) - Recherches micrographiques sur la nature et l'origine des roches phosphatées. *Bull. Acad. roy. Belg.*, 3<sup>es</sup>, 21, 126-160, 19 fig.
- ROBASZYNSKI, F. (à paraître) - The phosphatic chalk of the Mons basin. In : SHELDON, R.P. & NOTHOLT, A. edit. "World phosphate Rock Resources".
- ROBASZYNSKI, F. & MARTIN, M. (à paraître) - Late Cretaceous phosphate stratiform deposits of the Mons basin (Belgium). In : BOISSONNAS, J. & OMENETTO, P., S.G.A. special publ. n° 5, Springer Verlag.

Manuscrit déposé le 13 mai 1987.

## PLANCHE 1

*Photo 1* - Grain brunâtre à cortex cérébroïde bien marqué  
(barre = 50  $\mu\text{m}$ ).

*Photo 2* - Section polie d'un grain brunâtre sans cortex. Le  
coeur du grain est faiblement poreux (barre = 50  $\mu\text{m}$ )

*Photo 3* - Grain blanchâtre à cortex (barre = 50  $\mu\text{m}$ ).

*Photo 4* - Section polie d'un grain blanchâtre à cortex (c).  
La présence d'endogangue carbonatée et de nombreux pores  
caractérisent ce type de grain (barre = 50  $\mu\text{m}$ ).

*Photo 5* - Grain ambré osseux à canal central (barre = 50  $\mu\text{m}$ ).

*Photo 6* - Grain sphérique à cortex épais, formé d'enveloppes  
concentriques (barre = 50  $\mu\text{m}$ ).  
Nota : des illustrations des structures externes et in-  
ternes des divers types de grains sera présentée *in*  
POELS & ROBASYNSKI (sous presse).

