

C.CAVELIER

CRAIES ET SABLES PHOSPHATES DU  
DEPARTEMENT DE L'OISE

PARIS, le 12 Janvier 1960

A 1676<sup>2</sup>

BUREAU DE RECHERCHES  
GEOLOGIQUES ET MINIERES

-----  
74, rue de la Fédération

-----  
Tél: SUF.94-00

Département Géologie  
Service Travaux Publics

CRAIES ET SABLES PHOSPHATES DU DEPARTEMENT DE L'OISE

par

C.CAVELIER

PARIS, le 12 Janvier 1960.

## SOMMAIRE

- Introduction
- Généralités : "Craie grise" et "Sables phosphatés".
- Gisements du Département de l'Oise:
  - a) Hardivilliers
  - b) les autres gisements
- Origines des Sables phosphatés
- Origine de la "Craie grise"
- Conclusions
- Bibliographie

Annexe I : Exploitants de Craie phosphatée dans l'Oise en 1935 et 1954.

Annexe II: Carte des Gisements phosphatés du Département de l'Oise.

Annexe III: Photos de la carrière actuelle d'Hardivilliers

## INTRODUCTION

Dans le cadre de l'inventaire des substances utiles, ce rapport est consacré à l'étude des Craies et Sables phosphatés du département de l'Oise.

Les limites de cette étude absolument arbitraires ont été fixées aux frontières administratives du département de l'Oise. Elle comprend donc: l'important gisement d'Hardivilliers, l'un des plus typiques et des mieux étudiés par les anciens auteurs, et quelques petits gisements découverts postérieurement en bordure N-E du Pays de Bray.

La genèse des craies phosphatées a donné lieu à de nombreuses hypothèses. Certaines apparaissent complètement périmées et n'ont pas été confirmées par les faits. La dernière en date, due à L. Cayeux, à son tour soumise à la critique, semble elle aussi en défaut.

Une observation de M. Bertrand (1894) est développée et conduit à énoncer une nouvelle hypothèse.

Les nouvelles possibilités offertes sont résumées dans les conclusions.

GENERALITES

"Craie grise et Sables phosphatés"

R. Abrard (1950) définit la "Craie grise et les Sables phosphatés" de Picardie:

"La craie phosphatée, ou "craie grise de Picardie" doit sa couleur à une multitude de petits grains de phosphate de chaux de 0,1mm à 1mm de diamètre, jaunâtres ou bruns, brillants, qui entrent dans une proportion de 1 à 50% dans la composition de la roche, le titre moyen étant compris entre 20 et 35%. Elle donne par décalcification des Sables phosphatés, d'une teneur souvent très élevée, qui remplissent des poches pouvant traverser la craie grise sur toute sa hauteur, et même entamer le sommet de la craie à Micraster; à la base on trouve généralement une couche mince et dure à 75 à 80% de phosphate".

A. de Grossouvre (1894 - 1901 - 1907) après de minutieuses recherches paléontologiques (en particulier à Hardivilliers) a établi la succession stratigraphique des couches intéressant la craie grise; il a distingué de haut en bas:

	{	(Craie blanche à <u>Actinocamax quadratus</u> , <u>Belemnitella mucronata</u> et <u>Micraster pseudo glyphus</u> .
Campanien inf <sup>r</sup> et moyen	{	Craie grise à <u>Actinocamax quadratus</u> et <u>Belemnitella mucronata</u> .
	{	- - à <u>Actinocamax quadratus</u> et <u>Scaphites hippocrepis</u> .
Santonien sup <sup>r</sup>	{	- - à <u>Actinocamax verus</u> , <u>Actinocamax granulatus</u> et <u>Micraster coranquinum</u>
	{	- blanche à <u>Actinocamax verus</u> et <u>Micraster coranquinum</u>

D'après M. Leriche (in R. Abrard 1950) cette distinction ne peut être établie dans les gisements de la Somme, du Pas-de-Calais et de l'Aisne qui possèdent une faune uniforme attribuable à la zone à Actinocamax quadratus (Campanien inf<sup>r</sup>).

L'échelle stratigraphique donnée plus haut ne s'applique donc qu'au gisement d'Hardivilliers où la Craie grise englobe le sommet de la Craie à Micraster coranquinum (Santonien sup<sup>r</sup>) la Craie à Actinocamax quadratus (Campanien inf<sup>r</sup>) et la "Craie à deux Belemnites zone de passage à la Craie à Belemnitella mucronata seule (Campanien sup<sup>r</sup>).

Des observations de M. Leriche on peut conclure qu'en général la Craie grise représente la zone à Actinocamax quadratus (Campanien inf.) reposant sur la craie blanche à Micraster coranquinum (Santonien sup.) et surmontée de la craie blanche campanienne lorsque cette dernière a été respectée par l'érosion.

Remarquons tout de suite que parallèlement on peut observer la succession suivante:

Craie blanche à	<u>Belemnitella mucronata</u>	
-	-	<u>Actinocamax quadratus</u> et <u>Belemnitella mucronata</u>
		(localement).
-	-	<u>Actinocamax quadratus</u>
-	-	<u>Micraster coranquinum</u>

cette dernière série étant la plus générale dans le bassin de Paris.

La "Craie grise" apparaît donc comme un accident pétrographique affectant localement la zone à Actinocamax quadratus.

L'absence de cet accident pétrographique a fait écrire à A. de Grossouvre (1894) qu'il pouvait y avoir lacune stratigraphique entre la Craie blanche inférieure à Micraster et la Craie blanche supérieure à Belemnitelles. Il n'en est rien, la craie grise passant latéralement à la craie blanche sans changement de faune.

Les "Sables phosphatés" possèdent une faune identique à celle de la "Craie grise"; composés de petits grains phosphatés analogues à ceux de la craie grise, ils remplissent des cavités toujours en relation avec la surface du sol. Un schéma théorique d'une poche de sable phosphaté représentant le cas le plus général a été donné par L. Cayeux (1939) (voir plus loin - paragraphe relatif à l'origine des sables phosphatés). L'origine des sables phosphatés ne semblent plus faire aucun doute: ils dérivent de la craie grise par décalcification.

Il en résulte nécessairement pour les sables phosphatés un âge de formation postérieur à celui des craies grises.

Le contact entre la craie grise et la craie à Micraster coranquinum est toujours net et brusque. Il se fait par l'intermédiaire d'un vernis brun (1) à teneur toujours très élevée en phosphate de chaux. Au contraire le contact avec la craie blanche superposée s'effectue progressivement par diminution des teneurs en phosphates.

---

(1) d'aspect comparable aux phosphorites du Quercy etc...

## GISEMENTS DU DEPARTEMENT DE L'OISE

L'historique de la découverte et de la mise en exploitation des Sables phosphatés puis de la Craie grise a été retracé par L. Cayeux (1939).

En 1849, Buteux découvre à Beauval (Somme) un gisement de sable phosphaté et de "Craie sableuse".

En 1863, N. de Mercey montre l'identité de la craie sableuse de Beauval avec celle d'Hardivilliers (Oise) déjà décrite par L. Graves (1847). L'industrie des craies et sables phosphatés du bassin de Mons font envisager en 1886-87 à N. de Mercey l'exploitation des gisements picards.

Indépendamment en 1886, un ingénieur français, Merle, reconnaît à Beauval dans un sable de mauvaise qualité exploité pour la maçonnerie un sable phosphaté d'une richesse exceptionnelle. Cette redécouverte est le début de recherches et d'exploitations intensives dans les départements de la Somme, de l'Aisne, du Pas-de-Calais, et de l'Oise.

A la veille de 1914, pratiquement tous les gisements importants reconnus étaient épuisés. Cependant, bien que la production actuelle ne puisse pas être comparée avec celle d'avant 1914, l'exploitation de la craie phosphatée s'est maintenue jusqu'à nos jours.

### Hardivilliers

Dès 1847, L. Graves décrivait le gisement d'Hardivilliers dont la richesse en phosphates n'était pas reconnue:

"On rencontre entre Hardivilliers et Breteuil, dans le vallon de St. Pierre, au-dessous du Bois de Plannois, une craie très tendre exploitée depuis plusieurs siècles, parce que la pierre qu'elle fournit, facile à tailler sans accidents ou défauts et non gélive, est d'un grand usage pour les constructions d'appareil; sa texture est granuleuse au point de lui donner l'aspect de certaines variétés de calcaire grossier; elle forme une masse grisâtre de cinq mètres de puissance au-dessous de bancs brisés en fragments comme à l'ordinaire; on n'y voit ni joints ni stratification, ni silex en lits horizontaux, mais comme elle repose sur la craie blanche noduleuse et qu'elle contient les mêmes fossiles que la craie blanche, notamment le Belemnites quadratus en quantité, l'Ostrea vesicularis, des Ananchytes, etc...., elle appartient évidemment au massif supérieur.

"Il y a au-dessous des carrières d'Hardivilliers, presque dans le fond du ravin, et cependant sur le talus, une couche de marne qui par sa couleur et son aspect grenu présente une analogie avec la pierre de grain. Ces dépôts semblent avoir été remaniés, détremés dans l'eau et forment un enduit dont on revêt depuis quelque temps, sous le nom de badigeon, les parois extérieures des édifices dans la ville de Breteuil".

Remarquons, au point de vue historique, l'utilisation de la craie grise ("pierre de grain") comme pierre de taille et celle des sables phosphatés ("marne") comme badigeon ....

En outre, soulignons l'observation excellente sur laquelle nous reviendrons, qui montre la différence de texture de la craie grise qui n'a "ni joints de stratification" avec la craie blanche dont les bancs sont "brisés en fragments comme à l'ordinaire".

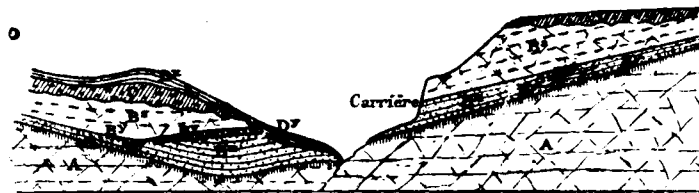
En 1863, N. de Mercey reconnaît "la parfaite identité de la craie sableuse de Beauval avec celle d'Hardivilliers". Il écrit également: "Il (Graves) faisait reposer cette craie grise sur la craie noduleuse (craie à Micraster cortestudinarium). Nous avons constaté que cette craie noduleuse n'était autre que la partie supérieure de la craie à Micraster coranquinum. La surface de cette craie, quelquefois percée par des pholades, est recouverte d'un enduit brun nacré. La craie est durcie et très compacte jusqu'à une profondeur qui paraît atteindre plusieurs mètres; de nombreuses tubulures y pénètrent profondément.

La craie grise et granuleuse à Belemnites (1) passant bientôt dans le haut à une craie blanche avec silex laminiformes et digitiformes, repose en ce point en stratification très discordante sur cette craie à Micraster coranquinum durcie, tubulée et formant le dernier niveau de la craie marneuse...."

Le renvoi (1) signale la présence non seulement de Belemnites quadrata mais aussi celle de Belemnites mucronata qui "commence dès la base du dépôt".

En 1887, N. de Mercey procède à la reconnaissance détaillée du gisement d'Hardivilliers pour sa mise en exploitation éventuelle. Il en donne la coupe ci-après avec les commentaires suivants:

Fig. 2. — Coupe à Hardivillers.



E. 38° N.

Echelle des longueurs :  $\frac{1}{10,000}$  — Echelle des hauteurs :  $\frac{1}{10}$ .

D<sup>1</sup> et 7 Limons et graviers.

C Bief à silex.

B Craie à *Belemnites quadratus* { B<sup>1</sup> blanche à silex.  
B<sup>2</sup> phosphatée arénacée.  
B<sup>3</sup> phosphatée cohérente.

A Craie à *Micraster coranquinum*.

### Coupe à Hardivillers (in N. de Mercey 1887).

"La Craie phosphatée cohérente B<sup>3</sup> ou Craie grise, à titre variant depuis quelques centièmes jusqu'à plus de 30% de phosphate tribasique de chaux remplit à l'état d'amas lenticulaire, une cuvette elliptique dont le plus grand axe dépasse 1 km. et dont un autre coïncide avec une faille.

Par suite de sa disposition lenticulaire, cette masse présente des épaisseurs éminemment variables. Réduite à quelques centimètres sur les bords, elle atteint vers l'intérieur 7 à 8m, dans quelques parties assez limitées plus de 10m et même exceptionnellement 16m.

La Craie phosphatée arénacée B<sup>2</sup> riche en phosphate, et à titre atteignant ou même dépassant 60% de phosphate tribasique de chaux, se montre, vers certains points des bords de la lentille sur plusieurs mètres d'épaisseur, en occupant les joints de la craie phosphatée grise, souvent assez corrodée pour se trouver à l'état de fragments de dimensions diverses et noyés dans la craie arénacée riche.

Dans d'autres points, la Craie phosphatée arénacée existe en lits variant de quelques centimètres à quelques décimètres, sous la Craie phosphatée cohérente, dans sa masse, ou a sa partie supérieure où elle présente des variations extrêmes de quelques centimètres à plus de 1m.

La Craie blanche avec silex B<sup>x</sup>, qui recouvre avec des épaisseurs atteignant 20m, les Craies phosphatées B<sup>y</sup> et B<sup>x</sup> est caractérisée comme celle-ci par la présence de Belemnites quadratus..

L'épanchement des eaux phosphatées à la surface de la craie à Micraster coranquinum, a produit des effets bien marqués. En effet cette craie a été profondément excavée de façon à former un cuvette normalement très tendre et blanche, elle a été endurcie imprégnée de phosphate et tubulée sur une profondeur d'environ 1m en recevant à sa surface un enduit nacré mamelonné, épais seulement de quelques millimètres, composé de phosphate tribasique de chaux presque chimiquement pur et légèrement ferrugineux. Ce même enduit recouvre des rognons ou nodules de craie disséminés à la base des couches phosphatées.

Soulignons que "l'épanchement des eaux phosphatées à la surface de la Craie à Micraster coranquinum" ne relève pas d'une observation mais de l'hypothèse de N. de Mercey qui attribuait à la genèse des Craies et des Sables phosphatés une origine hydrothermale.

Profitant des travaux de recherches effectués par N. de Mercey et d'autres, H. Lasne publie en 1892 une description du gisement d'Hardivilliers dans laquelle il met en évidence des caractères généraux appartenant à tous les gisements de Picardie et des caractères propres au gisement d'Hardivilliers. Il donne une coupe du gisement différente de celle publiée par de Mercey.

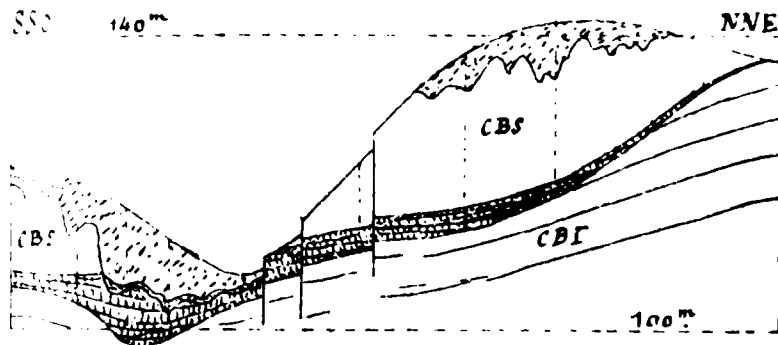


Fig. 3. — Coupe d'Hardivilliers, près Breteuil (Oise). — Légende de la figure 2.

Les lignes pointillées représentent les puits.

Echelle des longueurs  $\frac{1}{2500}$ ; des hauteurs  $\frac{1}{1000}$ .

Coupe à Hardivilliers (in H. Lasne 1892)

Nota: les altitudes données sont erronées.

"J'ai eu l'occasion d'étudier de très près le gisement de Hardivilliers, près Breteuil. Ma tâche s'est trouvée facilitée par des puits creusés par ceux qui m'avaient précédé dans cette localité et notamment par M. de Mercey. Je donne (fig.3) une coupe transversale qui résume ce travail. Nous retrouvons le caractère général d'augmentation de puissance et de richesse vers le thalweg, à tel point qu'au centre du bassin la puissance atteint 16m et la richesse 35 à 40%. Or en ce point, le sommet de la craie grise est enlevé. Sur le flanc du coteau en remontant vers le N.O on rencontre plusieurs rideaux qui ont dénivélé la craie: le titre s'est abaissé à 25% et la puissance à 8m.

La craie supérieure surmonte la craie phosphatée. Plus haut encore, vers le Bois Plantis la craie grise se réduit bientôt à la couche noduleuse qui en constitue la base, et cette couche elle-même affleure sur le flanc opposé. En même temps, sa richesse descend à 5 ou 6%. Il est à remarquer que partout la richesse du banc noduleux de la base diminue en même temps que celle de la craie qu'il supporte.

En dehors de ces faits, analogues à ceux que j'ai signalés ailleurs, nous trouvons ici des particularités qui font de ce gisement un type à part.

Une coupe perpendiculaire à la précédente donnerait des résultats analogues quoique moins nettement marqués: le gisement présente donc la forme d'une cuvette; de plus il semble avoir subi une compression latérale qui a augmenté d'une façon anormale l'épaisseur du centre.

Il y a encore une remarque à faire: la décalcification et la séparation du phosphate, qui ailleurs porte sur les parties élevées, s'est faite ici au contraire dans les parties basses, c'est-à-dire après l'érosion qui a enlevé la craie blanche supérieure au fond de la vallée; mais cette décalcification relativement tardive est très peu avancée et la quantité de phosphate sableux très faible par rapport à ce qu'on trouve à Beauval et Orville".

La description de H. Lasne est très importante; elle met en évidence particulièrement les relations de "caractère général" du gisement de craie phosphatée avec le "thalweg". Le maximum de puissance et, en même temps, le maximum de richesse de la craie phosphatée correspondent toujours à un "thalweg".

H. Lasne écrit également après l'étude généralisée des gisements les plus importants de Picardie:

"La couche de Craie phosphatée présente une grande déclivité au voisinage des vallées et sa base s'abaisse pour ainsi dire proportionnellement à l'importance du thalweg; mais à peu de distance elle disparaît, près du sommet".

Soulignons également le fait mis en évidence que, dans le cas général, en s'éloignant du thalweg la puissance de la couche de craie phosphatée diminue, ainsi que la teneur en phosphates (1). Des variations brutales semblent liées à la présence de "rideaux".

H. Lasne admet que les "thalwegs" dus à des plissements de la craie étaient préexistants et en relation avec des fleuves amenant des eaux phosphatées dans la mer. Le phosphate se serait alors déposé sur le fond et sur les parois des "thalwegs".

En 1894, A. de Grossouvre établit la stratigraphie fine du gisement d'Hardivilliers (voir ante page 4). Il insiste également sur la discordance entre la craie grise et la craie à Micraster coranquinum:

"La Craie grise constitue des amas lenticulaires logés dans la Craie blanche à Micraster coranquinum et Actinocamax verus. La discordance est donc manifeste à la base comme l'a indiqué M. Lasne. A Hardivilliers elle est frappante: dans la tranchée du chemin de la carrière Budin on voit la surface de séparation couper sous un angle de 30° les lits de Craie blanche. On a bien affaire au fond de la cuvette et non à une faille car la craie sous-jacente est durcie et perforée au contact et sa surface supérieure est couverte d'Ostrea semiplana.

Près du chemin d'Hardivilliers, l'exploitation a mis à découvert la base de la craie grise sur une grande étendue et montré qu'elle possède dans cette région une pente de 1m de hauteur pour 3 de base".

M. Bertrand (1894) qui présentait la communication précédente de A. de Grossouvre à la Société Géologique de France fait à la suite de la lecture de cette note une observation importante:

"... les ravinelements et discordances ne sont que des apparences, dues à ce qu'on considère les parties phosphatées comme formant une couche de niveau déterminé. A mes yeux, il n'y a pas de ravinement, mais seulement une distribution irrégulière du faciès phosphaté, due, probablement au moins en partie, à des actions postérieures au dépôt. En particulier, les prétendues surfaces d'émersion, avec enduit phosphaté sur lequel des Huîtres sont fixées, sont certainement dues à un phénomène chimique postérieur, car on trouve l'enduit phosphaté tantôt au-dessous des Huîtres (d'où alors l'apparence signalée par M. de Grossouvre), tantôt les recouvrant, ou encore les enveloppant complètement".

Je reviendrai plus loin sur cette observation.

---

(1) On notera aussi que cet affaiblissement de la teneur en phosphate se manifeste dans les mêmes conditions pour le "verniss brun" de la base des couches phosphatées.

En 1901, dans ses Recherches sur la Craie Supérieure, A. de Grossouvre tente la synthèse des gisements de Craie phosphatée. Il étudie particulièrement le gisement d'Hardivilliers qui présente un exemple frappant de "discordance".

Après avoir rappelé que "la craie grise est logée dans une véritable cuvette" creusée dans la craie blanche il écrit à propos du contact de la Craie à Micraster coranquinum et de la craie grise:

"La séparation des deux roches est très nette; au contact, la craie blanche est durcie et transformée en un calcaire compact dur, ayant presque l'apparence d'un calcaire lithographique: cette modification a lieu sur une épaisseur d'environ 1m. La craie blanche se termine par une surface irrégulière, corrodée et couverte d'un enduit brun brillant et nacré d'environ 1 mm d'épaisseur, qui est formé de phosphate de chaux presque chimiquement pur. Des tubulures plus ou moins profondes pénètrent dans la roche durcie et sont remplies de craie grise.

L'examen au microscope de lames minces prises dans cette zone de contact montre une pénétration intime du calcaire et de la matière phosphatée; sur certains points on observe des Foraminifères à tests de calcite remplis de phosphate amorphe ou d'un mélange de phosphate et de calcite.

Dans la craie elle-même, il y a mélange intime dans un magma amorphe de phosphate, ou bien des brèches dans lesquelles le phosphate joue le rôle de ciment, fait important sur lequel il convient d'attirer l'attention.

En s'éloignant de la surface de contact, le phosphate disparaît et la roche durcie dérive de la craie blanche par une simple modification physique.

Ces faits confirment pleinement la manière de voir de M. Lasne, qui considère la discordance importante existant à la base de la craie grise comme n'étant pas due seulement à une érosion mécanique mais aussi et surtout à une corrosion chimique en même temps que la craie était rongée, elle était durcie et métamorphisée....".

Dans son étude, A. de Grossouvre cite Hardivilliers de nombreuses fois mais la plupart de ses observations feraient double emploi avec celles des auteurs précédemment cités. Notons cependant:

"La partie inférieure (de la craie grise) est excessivement peu fossilifère; j'y ai seulement recueilli à Hardivilliers (Oise), Actinocamax verus, un échantillon de Micraster coranquinum et un autre de Micraster rostratus.... La présence de ces fossiles indique donc l'assise du Micraster coranquinum".

Et aussi deux observations importantes:

"A Hardivilliers, la craie grise se relie intimement à la craie blanche qui la surmonte par disparition progressive des granules de phosphate de chaux..."

J'ai indiqué précédemment qu'il y avait une discordance très nette à la base de la craie grise, celle-ci étant logée dans une dépression creusée au milieu de la masse crayeuse sous-jacente.

D'autre part, la craie blanche qui recouvre la craie grise est est en bancs paraissant bien parallèles à ceux de la craie blanche de la base; il en résulte donc que dans la région voisine au moins, il doit y avoir entre la craie blanche à Micraster coranquinum et celle à Actinocamax quadratus et Belemnitella mucronata une lacune correspondant au dépôt de la craie grise".

En 1907, A. de Grossouvre revient sur Hardivilliers; il précise les niveaux stratigraphiques observables dans la craie grise (voir ante page 4) et abandonne son idée de lacune stratigraphique correspondant à l'absence de la craie grise au voisinage des gisements en montrant que l'apparition de Belemnitella mucronata peut se produire prématurément en certains points (1).

L'hypothèse avancée par A. de Grossouvre tant en 1901 qu'en 1907 pour expliquer la genèse des craies phosphatées est identique à celle de N. de Mercey: elle fait intervenir une origine hydrothermale du phosphate.

Après les études précipitées de A. de Grossouvre sur la craie grise, une longue période s'écoule où rien de neuf n'est écrit sur le sujet. Cette absence subite de littérature sur le problème des craies phosphatées correspond à l'épuisement quasi-total des gisements reconnus et à l'abandon des exploitations. En outre tout semble avoir été dit sur les gisements de craie phosphatée et sur leur genèse; plusieurs hypothèses ont vu le jour et chacun reste sur la sienne. Cependant il faut constater qu'aucune synthèse solide n'a été avancée

Cette lacune est comblée en 1939 par L. Cayeux. Cet auteur qui avait visité les gisements au moment de leur exploitation intensive, avait dès 1897 émis son opinion sur la genèse des craies phosphatées.

---

(1) En réalité A. de Grossouvre admet par analogie que la craie blanche surmontant la Craie à Micraster coranquinum représente la "zone à deux Belemnites". A ma connaissance, jamais A. de Grossouvre ni un autre auteur n'a signalé la présence de Belemnitella mucronata typique dans la craie blanche immédiatement sus-jacente de la craie à Micraster coranquinum. Le problème de la lacune était donc mal posé.

Après avoir constaté que "Le phosphate de chaux amorphe ou cristallisé existe dans toutes les craies" et que "Les niveaux où il se développe de préférence sont: 1° le sommet de l'assise à Micraster breviporus (Nord, Somme, région de Rouen et Yonne).

2° la base de l'assise à Micraster cortestudinarium (Nord).

3° la base de la craie à Belemnitelles (Aisne, Oise, Pas-de-Calais, Somme, et Yonne) il attribue la production du phosphate de chaux de la base de la craie à Belemnitelles à une rupture d'équilibre de la mer crétacée en constatant que "rien n'a été changé dans les rapports de ces points singuliers (où se déposa le phosphate de chaux avec la côte".

En 1939 cependant, il étaye son opinion sur une longue et minutieuse étude micrographique.

Il donne l'analyse d'une craie phosphatée pauvre de Hardivillier.

Si O <sub>2</sub>	0,80	p.100
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,90	
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,12	
CaO	52,30	
MgO	0,21	
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	8,53	
Fl	0,74	
Cl	0,17	
CO <sub>2</sub>	34,95	
H <sub>2</sub> O (perte au feu)	<u>0,55</u>	
	100,27	p.100

soit une teneur en phosphate de chaux de 18,62.

et celle d'un sable phosphaté du même gisement:

SiO <sub>2</sub>	12,30	p.100
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,72	
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,88	
CaO	42,30	
MgO	0,35	
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	24,20	
H <sub>2</sub> O (perte au feu)	6,57	
Fl	0,20	
Cl	1,48	
CO <sub>2</sub>	<u>4,95</u>	
	99,95	p.100

soit une teneur en phosphate de chaux de 52,828.

L'étude de L. Cayeux très synthétique fait appel de nombreuses fois au gisement d'Hardivilliers très typique à bien des égards. Cependant aucun fait nouveau n'est apporté sur ses caractéristiques. Seule l'étude micrographique présente de nouveaux éléments (voir plus loin).

Signalons enfin qu'en 1935 plusieurs exploitations existaient encore à Hardivilliers (in répertoire des carrières):

- d'Augicourt Frères
- Camus et Cie
- Pages

et en 1954 (Annuaire de l'U.N.I.)

- Sté des Etablissements P. Linet.

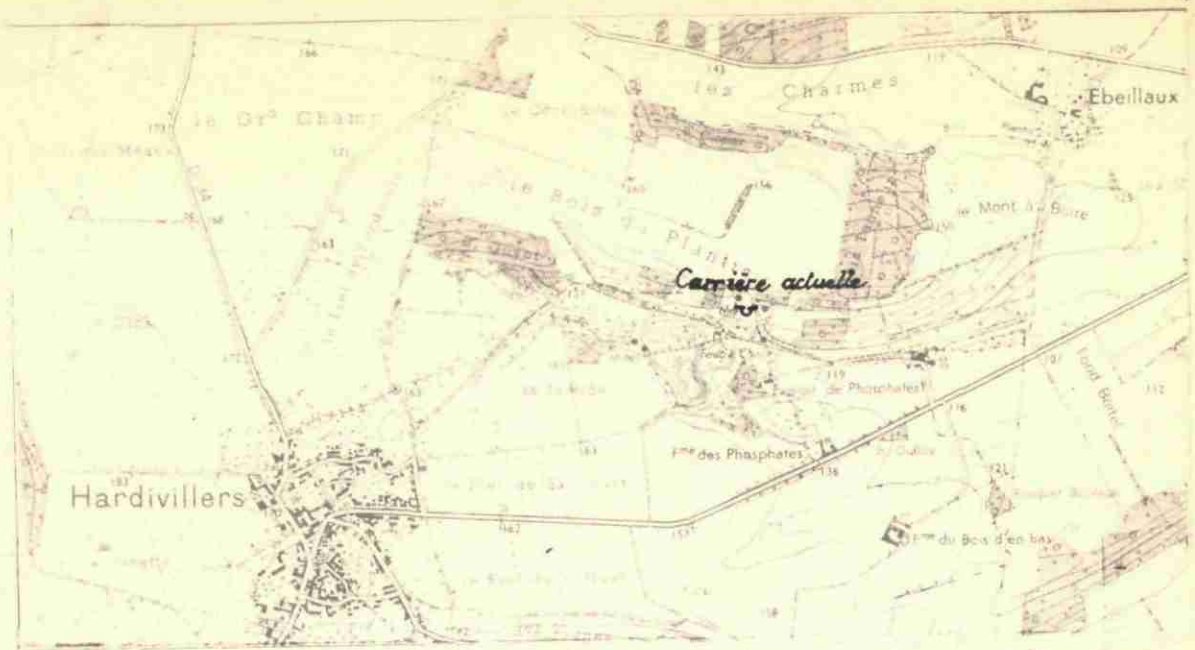
o  
o o

En 1959, j'ai eu l'occasion de visiter l'exploitation de la Sté des Etablissements Linet à Hardivilliers, aux lieux dits "Mt-Aboir", "Fond des Brosses", et "La Justice".

Cette exploitation très importante a produit:

- |        |                                   |
|--------|-----------------------------------|
| - 1953 | 12.927 tonnes de Craie phosphatée |
| - 1958 | 36.600 - - - -                    |

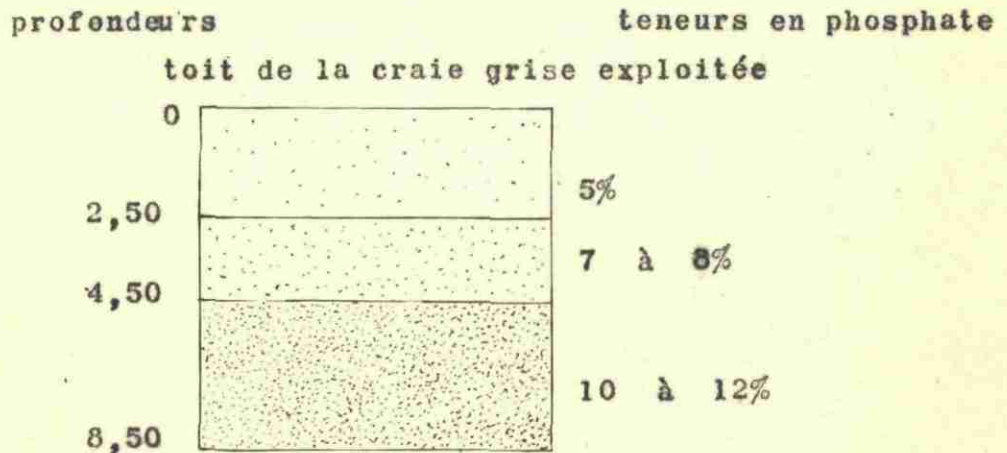
L'exploitation a lieu au moyen d'explosifs; le débitage des gros blocs est fait au pic. La craie grise est chargée sur des wagonnets tirés par locotracteurs. Des lignes à voie étroite relient les front d'exploitation à l'usine située à 150m au N de la RN.30, environ 2 km à l'E d'Hardivilliers.



Extrait de St. Just-en-Chaussée n°1-2 au 1/25.000.

Dans cette usine, la craie grise est concassée, broyée, pulvérisée puis séchée. Divers produits finis (qui ne diffèrent que par le pourcentage en phosphate de chaux et la finesse de grain) sont ensachés et expédiés par camions jusqu'à la gare de Breteuil, distante de 6 km.

La teneur en phosphates de chaux des couches exploitées varie entre 5% et 12% en moyenne (1); on peut établir le schéma suivant (suivant le Directeur de l'exploitation):



mur de la craie grise

Grossièrement nous pouvons admettre que la teneur en phosphate de chaux, diminue progressivement de bas en haut.

Les couches de Craie grise sont généralement très fossilifères; J'y ai récolté:

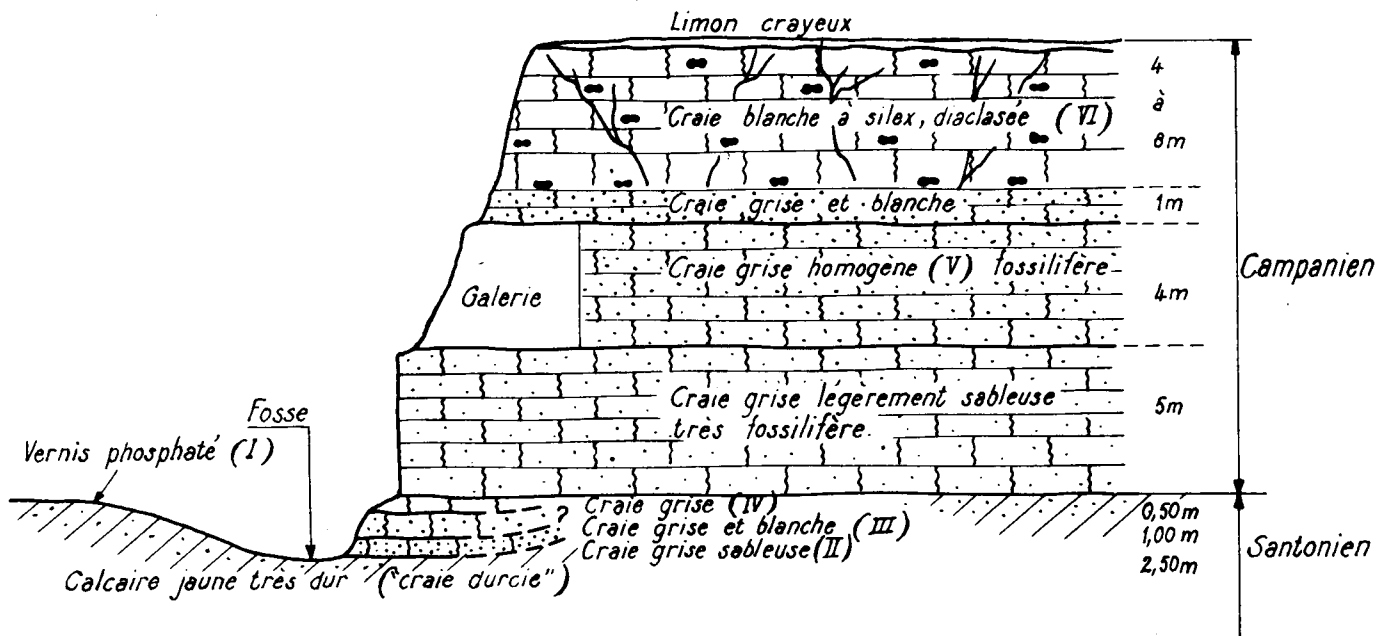
Dents de squales (très abondantes par places).

(1) La carrière actuelle exploite des niveaux abandonnés par les anciens à cause de leur pauvreté en Phosphore, à un niveau bien plus élevé que les anciennes exploitations.

Gros fragments d'os  
Ostrea vesicularis  
Spondylus spinosus  
Belemnitella quadrata (très abondante)  
Ananchites ovata  
Pleurotomaria sp. ind.

A noter les gros fragments d'os et l'abondance des dents de squales qui pourraient indiquer une origine organique des phosphates.

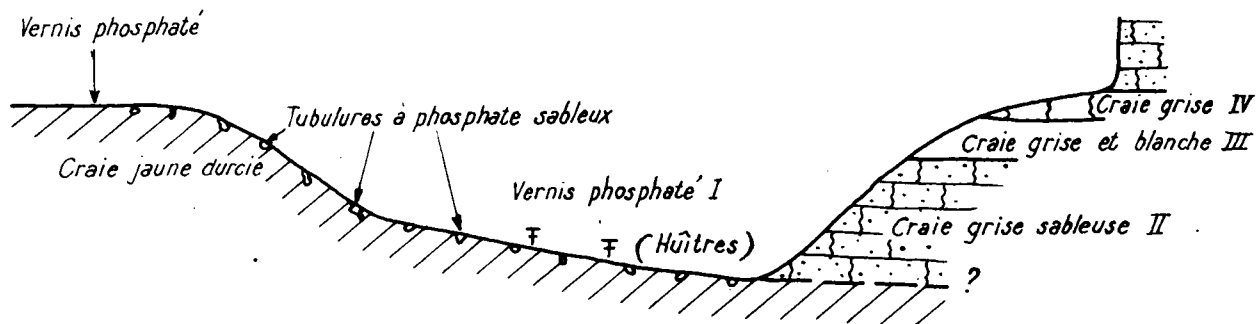
J'ai relevé la coupe suivante:



Nota: les chiffres romains correspondent aux échantillons analysés.

Carrière du Bois Huché à Hardivilliers.

En un point de la carrière, une "fosse" rompt l'harmonie du dépôt. La Craie grise de cette fosse est très peu fossilifère. La couche de "phosphorite" I se relie régulièrement aux dépôts correspondants de part et d'autre, montrant seulement une ondulation locale. Au fond de la fosse, sous ou sur le vernis phosphaté on not la présence d'Ostrea sp. Sous le vernis, à noter, la présence de tubulures remplis de phosphate sableux, dans la craie jaune durcie.



Coupe de la "fosse" d'Hardivilliers.

6 échantillons ont été prélevés à différents niveaux:

- VI Craie blanche supérieure à silex
- V - grise -
- IV - - moyenne (base)
- III - - et blanche
- II - - inférieure
- I Sommet de la "Craie durcie"

Ces 6 échantillons ont été divisés en 3 parties inégales:

- 1° Pour conservation au Service Substances Utiles du B.R.G.M.
- 2° pour analyse au laboratoire de chimie du B.R.G.M. (teneur en P, Ca, Mg).
- 3° Pour étude de la microfaune au laboratoire de Micropaléontologie du B.R.G.M.

Résultats des analyses

N° échon	P %	CaO %	MgO %	Perte au feu
VI	0,06	38,4	0,70	42,61
V	2,77	30,10	0,48	34,85
IV	4,75	23,84	0,14	28,40
III	0,65	35,35	0,24	40,18
II	4,15	24,15	0,48	30,12
I	5,30	19,10	0,52	23,01

Dans le schéma précédent des teneurs (voir p.16) la profondeur de 8,50m correspond sensiblement à 0,50m au-dessus de la base de IV, l'échantillon I venant immédiatement dessous. Les niveaux II et III ne sont visibles qu'en un point (fosse). Leur épaisseur (4m) s'ajoute donc en ce point aux 8,50m de la coupe habituelle.

Remarquons que l'échantillon III a donné une très faible teneur en phosphore; cet horizon correspond habituellement à la partie supérieure de la "craie durcie" qui se trouve ici sous le faciès phosphaté. L'échantillon II a au contraire, une teneur élevée en phosphore.

Résultats de l'étude micropaléontologique

M. P. Marie définit ainsi les échantillons qu'il a étudiés:

- VI Campanien à *Belemnitella quadrata*
- V - - - - -
- IV Zone à *Marsupites* (probable)
- III Sénonien inférieur (très analogue à IV)
- II - - - - -
- I Echantillons impossible à laver

Il apparaît nettement que la Craie grise de la "fosse" et celle-ci seulement appartient au Sénonien infr. L'indication de la Zone à *Marsupites* (Santonien sup<sup>r</sup>. incontestable) à la partie supérieure de la fosse, indique pour la base les niveaux normaux de la Craie grise (0,50m au-dessus) un âge probable de la base de la zone à *Belemnitella quadrata* (1). La "fosse" présente donc un accident phosphaté de la "craie durcie" habituelle, d'âge santonien (voir l'interprétation qu'on peut donner de ce phénomène p.32).

Voici les espèces déterminées par M. P. Marie dans les différents échantillons:

VI - *Arenobulimina ovoidea*, *A. obliqua*, *Stensioina pomerana*, *Gavelinella clementiana*, *G. lorneiana - pertusa*, *Globoretalites micheliniana*, *Bolivinitella eleyei*, (var. large), *Nodosaria hirsuta*, *Eouvigerina cf. americana*, *Rosalinella globigerinoides*, *Anomalina stelligera*.

V - *Gumbelina globulosa*, *Rosalinella linnei*, reste de la faune identique au précédent.

IV - *Flabellina baudouiniana*, *Gavelinella lorneiana*, *Gumbelina globulosa*, *Rosalinella linnei*, *Arenobulimina obliqua*, *Marssonella trochus*, *Verneullina rugosa*, *Globoretalites micheliniana*, *Dorothia gradata*.

III - *Flabellina rugosa*, *Frondicularia archiaciana*.

II - Faune plus pauvre. *Buliminella obtusa*, *Epistomina*.

I - Echantillon impossible à laver.

(1) Je n'ai malheureusement pas prélevé d'échantillon à ce niveau.

## AUTRES GISEMENTS DU DEPARTEMENT DE L'OISE

Les gisements dont il va être question sont peu connus. Ils ont en général été découverts à la fin de "la grande époque" de la craie phosphatée de Picardie, dans la région de Songeons-Hanvoile, c'est-à-dire en bordure N.E du Pays de Bray. Ils n'ont fait l'objet d'aucune étude particulière et ne sont pas même cités dans les ouvrages de synthèse (L. Cayeux 1939, R. Abrard 1950).

En 1891, (carte in N. de Mercey) seul le gisement d'Hardivilliers était connu dans l'Oise.

En 1906, L. Pervinquère, à l'occasion de la révision de la feuille géologique au 1/80.000 Montdidier n° 21, signale dans les Comptes Rendus des Collaborateurs de la Carte Géologique de France :

"Pour le Sénonien le fait le plus intéressant est la découverte récente de poches de sables phosphatés à 1km au N de Glatigny. Une des poches complètement vidée a fourni 25 à 30 000 tonnes de phosphate médiocrement riche. La craie phosphatée a été exploitée en quelques points; elle a une épaisseur de 3m en moyenne; la base est stérile. Le tout est recouvert par 0,50 - 5m d'argile à silex. De nouvelles poches contenant du sable phosphaté ont été reconnues au bord de la route de Crillon à Glatigny et vont entrer en exploitation.

Cette craie phosphatée appartient très probablement à la craie à Micraster (C7); toutefois les fossiles que j'y ai recueillis (Ostrea semiplana, fragments de Micraster) ne permettent pas d'être affirmatif".

La notice explicative de la feuille géologique au 1/80.000 Montdidier 2° édition due à N. de Mercey (1907) indique sous la rubrique C7 Craie à Micraster :

"La craie grise phosphatée a ici (entre Crillon et Hanvoile) 3m d'épaisseur. Dans cette craie étaient creusées des poches ayant en moyenne 5 à 15m de largeur et 7 à 8m de profondeur remplies de sable phosphaté. L'une d'elle profonde de 15m et plus étendue que les autres, a fourni 25 000 à 30 000 tonnes de sable phosphaté. Toutes ces poches sont entièrement vidées actuellement. Il est impossible de dire si leur contenu provenait de la craie à Belemnitelles, mais elles étaient certainement creusées dans la craie à Micraster".

La réimpression de 1938 indique 3 carrières dont une souterraine dans la craie à Belemnitelles C8, dans le coin S.W de la feuille.

La deuxième édition de la feuille géologique Neufchatel-en-Bray n°20 due à P. Lemoine (1912) indique une carrière de craie phosphatée au S du Bois de Caumont, entre Bulcourt et Gerberoy et quatre petites poches entre Hanvoile et Vrocourt, sur la commune d'Hanvoile.

La notice explicative donne les indications suivantes sous la rubrique C8. Sénonien sup<sup>r</sup>.; Craie phosphatée: "on ne connaît la Craie phosphatée qu'en un petit nombre de points des environs d'Hanvoile et de Songeons où elle forme des poches dans la craie blanche ordinaire. Par suite de ce mode de gisement, les exploitations sont très réduites et précaires. On y trouve des dents de squales, Belemnitella quadrata, Ostrea semiplana".

En 1847, L. Graves écrivait déjà: "On rencontre près de Songeons, sur la berge droite de la vallée du Thérain, en suivant l'ancienne route de Gournay qui monte vers le Bois de Caumont, un amas de sable formé en nid ou boyau gisant dans le massif de la craie blanche; cette substance un peu cohérente et stratifiée est de couleur vert jaunâtre, avec quelques filets d'argile terreuse fauve; elle ne contient aucun débris organique".

On ne sait s'il s'agit vraiment là de sable phosphaté, mais les caractères du gisement permettent de le supposer.

La troisième édition de la feuille géologique Beauvais n°32 due à H. Thomas (1914) indique le signe "phosphate" dans le coin N.W de la feuille près du hameau de Détroit. En ce point la craie est indiquée comme coniazienne C7a.

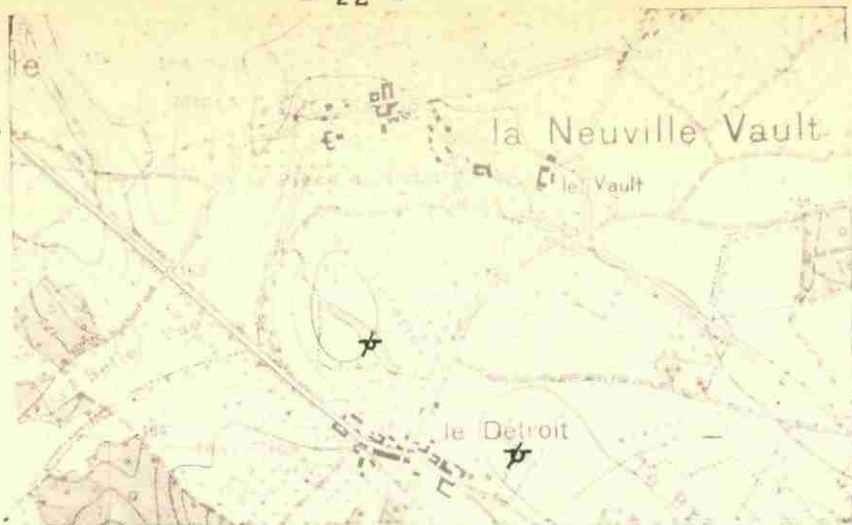
Aucune indication n'est donnée dans la notice explicative.

Signalons enfin qu'en 1935 des exploitations étaient ouvertes (in Répertoire des Carrières) à: Hanvoile (Dior fils), Pierrefitte (Patin) et Milly-sur-Thérain (Patin).

En 1959, au cours d'une tournée rapide, j'ai revu certains gisements:

Le Détroit (route de Neuville-Vault) feuille Beauvais 1-2  
au 1/20.000

A la hauteur de la dernière maison isolée du hameau du Détroit, de part et d'autre de la route menant à Neuville-Vault, on observe encore d'importantes tranchées, étroites, mais pouvant être très profondes (à gauche de la route jusqu'à 15 - 20m). Celles à droite de la route sont oblitérées par la végétation; celles de gauche montrent encore des affleurements de craie blanche et en quelques points de Craie grise.



Extrait de Beauvais 1 - 2 au 1/20.000

L'analyse d'un échantillon de Craie grise (labo. de Chimie B.R.G.M.) a donné:

:	P	:	Ca	:	Mg	:	Perte au feu	:
:	-----							
:	1,15%	:	33,8%	:	0,57%	:	38,24%	:

La teneur en phosphore est relativement faible, mais on doit considérer qu'il s'agit d'un gisement de craie grise dont l'exploitation a été quasi totale et où il ne reste que des résidus.

Une conversation avec le Maire de Neuville-Vault, personne agée, m'a appris que ces exploitations avaient été ouvertes vers 1905. Exploitation intensive jusqu'en 1914, reprise après la guerre jusque vers 1930. L'inventeur des gisements, M. Patin, les exploita jusqu'en 1910. A partir de 1910, les exploitations passent aux mains de M. Dusseut, puis à une date indéterminée reviennent dans celles de M. Patin, dernier exploitant.

Au début, seuls les sables phosphatés très riches furent exploités puis la craie grise. En dernier lieu (M. Patin) la Craie grise était traitée à Milly-sur-Thérain.

Le Maire de Neuville-Vault se souvient avoir été frappé par l'abondance des "dents" (squales) et des "balles" (belemnites). La présence de ces dernières est confirmée (indirectement) par l'étude de la microfaune qui a permis à M. Marie de définir un âge:

Campanien inférieur; zone à Belemnitella quadrata (sommet) (1)

L'indécision concernant l'âge de ces dépôts est donc levée; il s'agit comme à Hardivilliers et en Picardie de Campanien inférieur.

(1) Voici les espèces déterminées par M. P. Marie:

Très nombreux prismes d'Inocerames, Orbignyna cf. laffittei, Ataxogyroidina variabilis, Hagenowella elevata, Eggerellina gibbosa, Globorotalites micheliniana, Gavelinella lorneiana, Gavelinopsis clementiana var. Stensioina pomerana, Gumbelina globulosa, Reussella sp.

Cependant, il faut noter que cette attribution soulève un problème très important d'ordre tectonique, la carte géologique indiquant en ce point un âge coniacien pour la Craie. Cependant, on est sur le flanc N de l'anticlinal du Bray où les couches sont très redressées et où des pendages de l'ordre 20-30° ne sont pas rares. En allant vers le N.E on assiste au contraire, très rapidement à un amortissement des pendages, les couches tendant à redevenir subhorizontales. Je pense que nous avons là l'indication d'une ride synclinale; les observations suivantes viennent à l'appui de cette hypothèse.

Région de Songeons - feuille Crevecoeur le Grand n°5-6  
au 1/25.000.

Si l'on observe les feuilles topographiques de l'I.G.N. Beauvais 1-2 au 1/20.000 et Crevecoeur-le-Grand 5-6 au 1/25.000 on est frappé du nombre d'exploitations (généralement allongées) qui jalonnent le bord de la falaise du Bray, généralement sur les points hauts. Certaines, en particulier sur la feuille Crevecoeur 5-6, ne sont indiquées que par des ruptures de pente, coupant les courbes de niveaux et dans le prolongement les unes des autres.

J'ai visité ces exploitations au S.E d'Hanvoile, sur la butte St.Simon (point coté 187, pratiquement l'un des plus hauts de la falaise crétacée); il faut noter la régularité de ces tranchées d'exploitation qui se suivent, plus ou moins profondes, sur plus d'1 km, parallèlement à la falaise crayeuse N du Bray. Aucune observation n'y est plus possible, les taillis épineux et une végétation abondante remplissant les tranchées.

Un échantillon de craie recueilli au voisinage des anciennes exploitations s'est révélé être du Turonien supérieur (détermination P. Marie); à noter que l'exploitation de craie phosphatée signalée au Bois de Caumont sur la feuille géologique Neufchatel-en-Bray 2° édition s'aligne parfaitement avec les exploitations d'Hanvoile et du Détroit. Comme ces dernières elle paraît située au sommet de la falaise crayeuse du N du Bray. Au Bois de Caumont, en recherchant l'ancienne exploitation signalée, j'ai eu la surprise de constater dans des terriers, la présence de sables jaunâtres quartzeux, à mica blanc probablement thanétiens, à la cote 200.

Je dois ajouter que le Maire de Neuville-Vault et diverses personnes interrogées à Hanvoile ont été unanimes pour déclarer que ces tranchées étaient d'anciennes exploitations de "phosphate".

Je pense qu'en peut interpréter ces faits en supposant que ces anciens travaux jalonnent une ride synclinale, parallèle à l'axe du bray, ayant conservé en des points hauts respectés par l'érosion, des dépôts de craie campanienne et même de sables thanétiens.

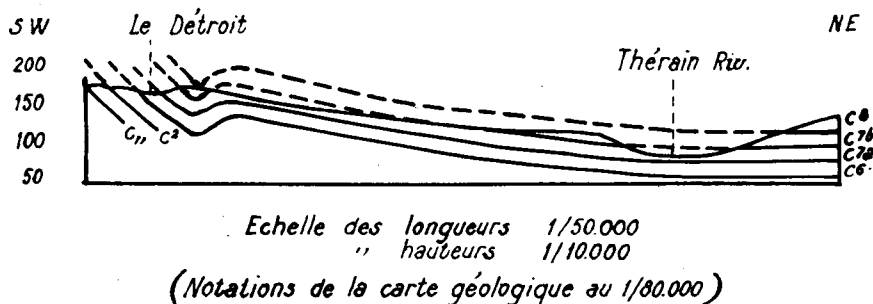


Schéma montrant l'interprétation proposée pour les gisements de craie grise de la bordure N du Bray.

Gisements possibles

En dehors du gisement de Songeons (voir antè p.21) L. Graves (1847) écrit après avoir parlé de la "pierre de grain" d'Hardivilliers (voir ante page 6).

"On retrouve la même variété dans les environs de Paillart; toutefois elle y est plus dure et divisée en bancs épais, au-dessus de la craie à noeuds; les ouvriers distinguent cette roche des autres calcaires crayeux en l'appelant pierre de grain à cause de sa ressemblance avec la vraie pierre de grain, ou calcaire grossier à miliolites qu'on tire des bords de l'Oise. On la voit encore au lieu le Mont-de-Hayette, au-dessus du vallon de Tartigny en allant vers le Mesnil St.Firmin; mais elle est plus légère et d'un tissu plus fin quoique visiblement granuleuse. Elle existe aussi dans le ravin qui sépare le Petit-Froissy de Bois-Gayant".

Une autre observation signale que la craie "est presque grise aux approches de Croissy".

Aucun de ces gisements n'a été signalé dans la littérature très abondante relative aux craies phosphatées. Peut-être la couleur "grise" ou la texture "granuleuse" ont-elles en ces points une autre origine que la présence de phosphates? Ceci demanderait au moins à être vérifié.

## ORIGINE DES SABLES PHOSPHATES

Les conclusions de L. Cayeux (1939) sur la genèse des Sables Phosphatés s'accordent avec celles de la plupart de ses prédécesseurs. Ceux-ci, hormi ceux qui, comme N. de Mercey, attribuaient une origine hydrothermale aux phosphates, ont admis que les Sables Phosphatés dérivait de la craie grise par décalcification d'origine externe (eaux météoriques).

L. Cayeux (1939) fait remarquer que l'emplacement des poches de sables phosphatés est déterminé par les dislocations de la craie et que la puissance du dépôt est liée à l'épaisseur et à la nature de la couverture.

Notons également que cette couverture n'est généralement pas constituée par la craie (voir fig. ) et que dans le cas où le sable phosphaté semble intercalé dans la craie grise il y a toujours possibilité d'admettre une communication avec la surface par des fissures.

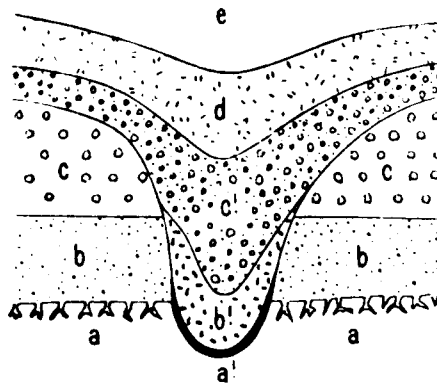


Fig. 9. — Coupe schématique d'une poche de sable phosphate.

- a. Craie blanche à *Micraster coranguinum* perforée à sa partie terminale.
- a'. Enduit noirâtre d'argile chargée de bioxyde de manganèse, résultant de la dissolution d'une petite épaisseur de craie blanche au fond de la poche.
- b. Craie phosphatée.
- b'. Sable phosphate engendré par la décalcification de la craie phosphatée.
- c. Craie blanche à *Belemnitella quadrata* renfermant des silex.
- c'. Argile à silex résultant de la décalcification de la craie c.
- d. Sable landénien.
- e. Quaternaire et dépôts superficiels.

Coupe schématique d'une poche de sable phosphaté (in L. Cayeux 1939).

En examiant les poches de sables phosphatés, L. Cayeux fait deux remarques intéressantes en montrant que les éléments originels de la craie grise devenue sable phosphaté ont subi un enrichissement important par épigenisation, alors que les parois crayeuses (craie à Micraster lorsqu'elle a été atteinte) ne subissaient qu'une très faible épigenisation, celle-ci étant remplacée par une altération aboutissant à un enduit noirâtre chargé de bioxyde de manganèse qui devenant rapidement imperméable empêchait la poche de se développer.

Les conclusions de L. Cayeux (1939) sont les suivantes:

"L'élaboration des sables se résout en un triple phénomène: élimination de carbonate de chaux, mise en solution d'une proportion notable de phosphate de chaux, et fixation de ce phosphate lui-même, et pour une très faible fraction dans les parois crayeuses des poches, lorsque la dissolution a gagné la craie à Micraster coranquinum".

J'ajouterai qu'il faut interpréter essentiellement cette élaboration à partir d'une craie grise déjà existante.

## ORIGINE DES CRAIES PHOSPHATES

Plusieurs hypothèses ont été formulées par les géologues qui avaient étudié les craies phosphatées de Picardie antérieurement à L. Cayeux, quant à leur genèse.

A.F. Renard et J. Cornet admettent que les matières phosphatées proviennent de la décomposition des squelettes de reptiles et des poissons qui auraient péri près des côtes où se déposait un limon crayeux. Ces phosphates se seraient accumulés dans les coquilles de foraminifères et, plus tard, les courants, les marées, les vagues auraient entraîné le tout vers la haute mer.

H. Lasne fait venir le phosphate des roches cristallines du Plateau Central par l'intermédiaire d'un grand fleuve roulant des eaux phosphatées et prolongé sur le fond de la mer crétacée par des thalwegs où se serait déposé le phosphate.

Pour Munier-Chalmas le phosphate vient de Scandinavie par l'intermédiaire de courants marins.

N. de Mercey et A. de Grossouvre admettent l'existence de sources hydrothermales phosphatées ce qui expliquerait la localisation des gisements et la présence de sable phosphaté.

M. Bertrand fait intervenir des actions postérieures au dépôt qui entraînent une distribution irrégulière du faciès phosphaté (voir antè page 11). Signalons qu'à ma connaissance M. Bertrand n'a jamais développé cette hypothèse sur laquelle je reviendrai.

L. Cayeux (en 1897 et surtout en 1939) considère les phosphates de la craie grise comme un résidu minéral, d'origine organique, résultant d'une intense activité bactérienne due à une rupture d'équilibre au fond des mers. Il écrit (1939) :

"La craie phosphatée est un sédiment franchement détritique par ses éléments et pélagique par sa gangue. C'est en d'autres termes, un dépôt détritique engendré en milieu pélagique... Coûte que coûte, il faut trouver une explication qui satisfasse à cette condition. La formule que j'ai arrêtée, en 1897, y satisfait en tous points. Elle implique l'existence au large d'aires momentanément placées dans des conditions de profondeur, se rapprochant de celles qui sont réalisées normalement près des rivages".

Ayant admis l'existence de ces "aires" la seule explication possible est l'hypothèse proposée par L. Cayeux de mouvements tectoniques sous-marins correspondant à la grande transgression campanienne. Le phosphate aurait été élaboré sur les dômes puis les courants l'auraient accumulé dans les cuvettes.

### Critique des hypothèses précédentes.

Une critique des hypothèses des premiers auteurs a été présentée par L. Cayeux (1897, puis 1939). Cet auteur a montré qu'elles ne s'accordaient pas avec la majorité des faits constatés, n'en faisant intervenir que quelques uns, et que par conséquent elles devaient être rejetées. L'hypothèse de M. Bertrand (voir p.11) ne semble pas avoir été examinée, mais les conclusions partielles de L. Cayeux sur les ravinements, les mouvements sous-marins.... la condamnent également.

### Critique de l'hypothèse formulée par L. Cayeux.

R. Abrard (1950) admet que l'explication de L. Cayeux est plus satisfaisante que les précédentes mais il montre qu'elle comporte des points qui demanderaient à être éclairci, en particulier:

"Les bactéries ont-elles réellement été susceptibles de produire et de concentrer de l'acide phosphorique aux dépens des phosphates dissouts ?"

Il constate également que "la craie blanche qui forme le mur de la craie phosphatée ne montre guère d'indice de diminution de profondeur de la mer ... et que:"à un autre point de vue on peut considérer que les brèches et conglomérats de la base de la craie phosphatée sont des résidus de l'attaque sur place de la craie blanche par l'acide phosphorique et qu'ils ne correspondent pas au début d'une assise transgressive".

A ces critiques j'ajouterai:

Si l'on admet l'hypothèse des mouvements sous-marins avec élaboration des phosphates sur les hauts fonds puis entraînement dans les cuvettes sous l'action des courants, on devrait constater dans les dépôts de craie grise:

1) Non pas un unique "conglomérat" basal mais une formation irrégulièrement "conglomératique" alors que la craie grise est essentiellement homogène.

2) Les traces du ravinement intense auquel aurait été soumis le sommet des couches à Micraster coraninum soulevées devraient

être apparentes alors qu'il n'en est rien.

3) On devrait constater en dehors des gisements de craie grise des lacunes de sédimentation importante (ou au moins des réductions) correspondant aux dépôts des couches de base de la craie à Belemnites et en particulier la zone à Actinocamax quadratus devrait manquer fréquemment. Il n'en est rien.

4) La coïncidence des mouvements de soulèvement avec la transgression de la mer campanienne devrait entraîner un âge identique pour tous les gisements. Apparemment il n'en est rien, certains dépôts de craie grise dont celui d'Hardivilliers ont leur base datée du sommet de la craie à Micraster coranquinum (C.F. de Grossouvre 1901 et ante p.19).

5) Constatons également que la fréquence des fossiles dans les gisements de craie grise n'est pas générale. Elle n'affecte jamais la base lorsque celle-ci correspond à la craie à Micraster coranquinum (A. de Grossouvre 1901 après quinze ans de recherche n'a trouvé que 3 ou 4 fossiles dans cette zone de la craie grise) (1). Au contraire dans cette région où la craie blanche à Actinocamax quadratus est bien fossilifère, en certains points (environs de Beauvais) il n'est pas tellement étonnant qu'une faune abondante ait pu être rencontrée dans des gisements dont le rythme d'exploitation était très rapide. Cependant, l'abondance de la faune à ce niveau tendrait à prouver une rupture de l'équilibre biologique au moment de la transgression de la mer du Campanien inférieur.

6) Et soulignons surtout que si l'on admet la formation de rides anticlinales au début de la période campanienne il devrait exister des discordances angulaires prononcées entre la craie blanche du Santonien sup<sup>r</sup>. et la craie blanche du Campanien moyen. Or rien de pareil n'a jamais été signalé (2). En 1901, A. de Grossouvre écrivait à propos d'Hardivilliers: "D'autre part la craie blanche qui recouvre la craie grise est en banc paraissant bien parallèles à ceux de la craie blanche de la base" il en concluait qu'il devait exister une lacune de la craie grise en certains points, hypothèse qu'il abandonnait dans ses travaux postérieurs (1907). On ne connaît nulle part de phase de plissement entre le Santonien et le Campanien inf<sup>r</sup>.; il y a continuité générale des dépôts crayeux dans la craie blanche du Bassin de Paris. Ce fait peut être admis d'une façon générale.

Nous arrivons à la conclusion suivante: les plissements ayant affecté les craies de Picardie sont postérieurs au dépôt de ces craies, en conséquence les discordances et les "conglomérats" de base visibles dans les gisements de craie grise ne sont que des apparences.

---

(1) J'ai également constaté ce fait dans la "fosse" d'Hardivilliers.

(2) Toutes les "discordances" signalées par les anciens auteurs ou même encore visibles ("Fosse" d'Hardivilliers) sont notées au contact "Craie grise" et "Craie durcie".

Ceci nous amène tout directement à l'hypothèse, évoquée par M. Bertrand en 1894 (voir antè page 11). Nous devons alors considérer le point de vue émis par R. Abrard (1950) que j'ai cité plus haut :

"Brèches et conglomérats de base de la craie phosphatée sont des résidus de l'attaque sur place de la craie blanche par l'acide phosphorique".

### Nouvelle hypothèse sur la genèse des craies phosphatées.

Les faits suivants ont été mis en évidence (voir antè) :

1°) Tous les auteurs qui ont étudié les gisements de craie grise ont admis que ces derniers étaient formés avec leur ordonnancement actuel avant les dépôts de craie blanche sus-jacente, ce qui entraînait pour eux la nécessité d'un phénomène brutal (épanchements hydrothermaux, thalwegs préexistants, aires de rupture etc...). La non existence de ce phénomène semblant démontrée et cependant les dépôts de craie grise étant incontestablement liés à l'existence de "cuvettes" ou de "thalwegs", il me paraît logique de faire débiter la constitution des gisements de craies "grises" avec "la période de fabrication" de ces "cuvettes".

Dès 1901, A. de Grossouvre constatait que les lambeaux de craie à Belemnitelles étaient conservés en Picardie à la faveur de plis synclinaux. Bien antérieurement E. Hebert, N. de Mercey et d'autres avaient montré que les plissements affectant la Craie du N.O du Bassin de Paris se composaient suivant deux directions principales "les directions de la Somme et de l'Oise". Grossièrement on peut dire que cela est toujours vrai.

Les alignements constatés, en particulier pour les gisements de la Somme, (cartes in N. de Mercey 1891) sont particulièrement remarquables. Ils s'accordent avec "la direction de la Somme" d'une part et avec "celle de l'Oise" d'autre part; en effet les dépôts de craie phosphatée sont généralement conservés sur les flancs de thalwegs parallèles à "la direction de l'Oise". Les gisements s'alignant sur des lignes parallèles à "la direction de la Somme". On peut donc admettre que les "cuvettes" du type Hardivilliers sont en première approximation au croisement de deux synclinaux de directions différentes

2°) Toutes les craies du bassin de Paris contiennent du phosphate de chaux amorphe ou cristallisé. Ce fait a été mis en évidence par L. Cayeux (1897); en particulier dans l'assise à Actinocamax quadratus

---

(1) Pour les gisements de la région de Songeons - Hanvoile au N du Bray, il n'y aurait qu'un "sillon" synclinal. Ce sont les très gros gisements (Hardivilliers) qui sont dans les cuvettes.

3°) Par ailleurs la porosité, sinon la fissuration est différente dans les différentes assises de la craie blanche. Il est significatif que les anciens auteurs appelait la craie à Micraster (C7) "craie marneuse" et "craie blanche" la craie à Belemnitelles; (plus tard ce terme de "craie marneuse" a été restreint à une assise du Turonien).

4°) Le sommet de la craie à Micraster est rarement transformé en craie grise et, dans ce cas (Hardivilliers) la teneur en phosphate de chaux est plus faible que pour l'assise à Actinocamax quadratus, également transformée sus-jacente. En général on a affaire à des "brèches" ou conglomérats" (1).

Cependant lorsque la phosphatisation atteint la craie à Micraster, la base de la craie grise du Santonien sup<sup>r</sup> est toujours marquée par un dépôt de phosphate "vernissé" qui se relie régulièrement à celui de la base normale de la craie grise du Campanien infr.: on a alors si on considère la craie grise et son mur des discordances angulaires importantes (apparentes).

5°) Lorsque l'assise à Actinocamax quadratus est transformée en craie grise, on observe un maximum de la teneur en phosphate de chaux dans les zones les plus basses des cuvettes avec une diminution progressive de la teneur en s'élevant dans la série (la craie grise passant progressivement vers le haut à la craie blanche par diminution des teneurs en phosphate de chaux) et en s'éloignant du thalweg (jusqu'à la disparition complète de la craie grise).

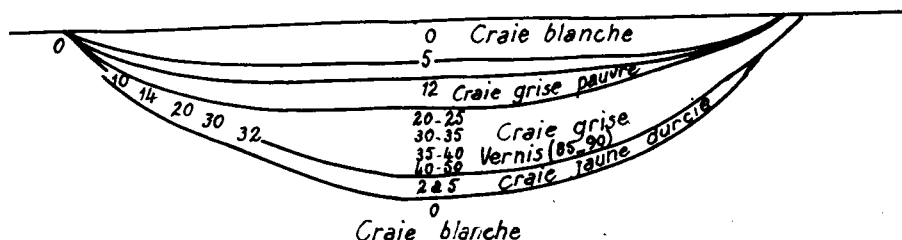


Schéma indiquant les teneurs moyennes en % de phosphate de chaux (les chiffres sont indiqués d'après J.Gosselet 1900).

6°) Que, dans le cas précédent la réduction de teneur s'accompagne toujours d'une réduction d'épaisseur.

7°) Que, dans le cas où la craie grise n'était pas directement protégée des eaux météoriques (par une couverture de craie blanche par exemple), il y a eu édification d'un sable phosphaté par remise en solution de l'acide phosphorique, lequel s'est comporté différemment vis à vis de la craie grise (épigénisation importante

---

(1) Cet aspect est celui de la "craie grise et blanche - échantillon III" de la fosse d'Hardivilliers, qui est du Santonien et ne titre que 0,65% de phosphore.

de la craie grise et élimination du carbonate de chaux) et de la craie blanche à Micraster (épigénéisation faible et production rapide d'un résidu de décalcification argileux entraînant l'arrêt du développement de la poche).

8°) Que l'enduit phosphaté qui recouvre la craie blanche durcie à la base des craies grises est assimilable à un dépôt de phosphorite dont l'origine continentale (à partir d'un phosphate de chaux d'origine marine) est bien connue après les travaux de B. Gèze. La teneur en phosphore de ce dépôt est fonction de l'épaisseur des craies grises qui le surmontent. Elle est maximum lorsque l'épaisseur est maximum.

9°) Que l'origine des craies jaunes durcies situées à la base des craies grises, qui voient leur teneur en phosphate (toujours faible) diminuer de haut en bas jusqu'à disparaître presque complètement semble bien liée à un début d'épigénéisation d'une craie argileuse par l'acide phosphorique comme l'a souligné L. Cayeux (1939).

A partir des constatations précédentes, je suis amené à proposer une hypothèse nouvelle concernant la genèse des craies phosphatées de Picardie en tenant compte de l'histoire géologique de la Picardie qui peut se schématiser comme suit :

- 1er stade : Dépôt de la craie blanche à Micraster coranquinum légèrement argileuse et très peu phosphatée (Santonien)
- 2° - : Dépôt, en concordance de la craie blanche à Actinocamax quadratus, très peu argileuse et présentant une teneur relativement élevée en phosphate de chaux (Campanien inf.).
- 3° - : Dépôt en concordance de la craie blanche d'abord "à deux belemnites" puis à Belemnitella mucronata seule, très peu argileuse et à teneur faible en phosphate. (Campanien moyen et supérieur).
- 4° - : 1ère émergence (Maestrichtien, Danien, Montien) Plissements probables localement. Formation des premiers dépôts d'argile à silex.
- 5° - : Transgression thanétienne, puis dépôt en concordance des couches de l'Eocène inférieur et moyen alternativement régressive et transgressive. Possibilités de dépôts de l'Eocène supérieur et de l'Oligocène.
- 6° - : 2° émergence (Aquitainien ?)
- 7° - : Erosion lente, plissements, érosion rapide. Le Tertiaire est pratiquement complètement exondé, puis la craie à Belemnitelles. Pour cette dernière et les assises sous-jacentes l'exondation s'accompagne d'une décalcification (Argile à silex) (Miocène, Pliocène, Quaternaire ancien ?).

8° stade : Enfoncement du réseau hydrographique dans les zones synclinales. Pénéplanisation générale - Fossilisation du réseau hydrographique (vallées sèches) (Quaternaire ancien et récent - actuel).

Hypothèse:

La formation des dépôts phosphatés de Picardie serait effectuée en 4 temps (voirschémas page 35).

- 1° - Dépôt de la craie blanche à Actinocamax quadratus légèrement phosphatée (Campanien inférieur).
- 2° - Au Maestrichtien puis Danien et Montien, première émergence. Formation d'argile à silex sous l'action des eaux météoriques. Ces dernières s'infiltrèrent perpendiculairement (1) aux assises de craie à Belemnites. Mise en mouvement de l'acide phosphorique et premier enrichissement (faible) de la base de la craie à Actinocamax quadratus; la "craie marneuse" à Micraster coranguinum joue le rôle d'écran imperméable.
- 3° - A la fin de l'Oligocène (?), deuxième émergence - Plissements. La craie blanche mise à nue subit une décalcification intense (deuxième argile à silex). Les eaux météoriques s'infiltrèrent tangentiellement aux assises de la craie et dans certains cas (rideaux), perpendiculairement.

Seconde mise en mouvement de l'acide phosphorique qui amène un enrichissement de la craie à Belemnites au fond des cuvettes. Cet enrichissement variable est conditionné par la porosité des différents types de craie. La craie à Actinocamax quadratus est la plus enrichie. Possibilités d'enrichissement partiel du sommet de la craie à Micraster coranguinum (2). (fausses "brèches") et de la "craie à deux belemnites" située en contrebas de la craie à Actinocamax quadratus relevée.

---

(1) Il est possible que la Craie ait été plissée dès cette période.

(2) On peut voir un exemple d'enrichissement en phosphates du Santonien daté, dans la "fosse" de l'exploitation actuelle d'Hardivilliers.

- Il se produit une forte épigénisation des tests en calcite. Le ciment crayeux est remplacé par un ciment phosphaté. Une croûte de phosphate de chaux presque pur ("phosphorite") se dépose à la base de la craie grise. Formation par infiltration lente d'un banc de craie durcie faiblement phosphaté au sommet de la craie à Micraster coranquinum sous la couche de "phosphorite". Des zones d'infiltration plus importante, perpendiculaires à la surface, correspondant au pied des "rideaux" jouent un rôle important: augmentation de la puissance et du titre, de la craie phosphatée en contrebas. (quelquefois: sable phosphaté) (1).

4° - Au Quaternaire ancien, formation des thalwegs et vallées actuelles par enfoncement du réseau hydrographique dans les zones synclinales. L'action directe (sans écran protecteur) des eaux météoriques sur la craie grise entraîne une décalcification intense et la formation de sables phosphatés à forte teneur. La genèse de ces sables est conditionnée par les rapports avec la surface (diaclasses importantes, flancs de vallée, gouffres).

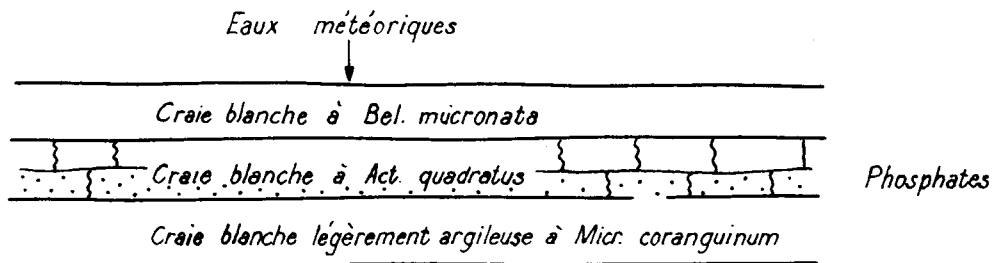
Je soulignerai qu'il existe une lacune importante dans l'hypothèse présentée: je pars en effet du fait établi par L. Cayeux (1897) et d'autres qu'il existe toujours une certaine quantité (généralement faible) de phosphate de chaux dans la craie et en particulier une teneur un peu plus élevée dans la craie à Actinocamax quadratus. Ce phosphate de chaux a une origine; laquelle? L. Cayeux (1897) lui attribue une origine bactérienne. Cela reste à démontrer, mais on peut rapprocher cette hypothèse de l'abondance inhabituelle de la faune dans les craies du Campanien inférieur qui tendrait à prouver une rupture de l'équilibre biologique (hécatombe massive) lors de la transgression de la mer du Campanien inférieur.

Pour le reste, il est bon d'indiquer que toutes les conclusions partielles de l'étude micrographique des craies phosphatées par L. Cayeux (1939) restent valables - Seule leur interprétation diffère.

---

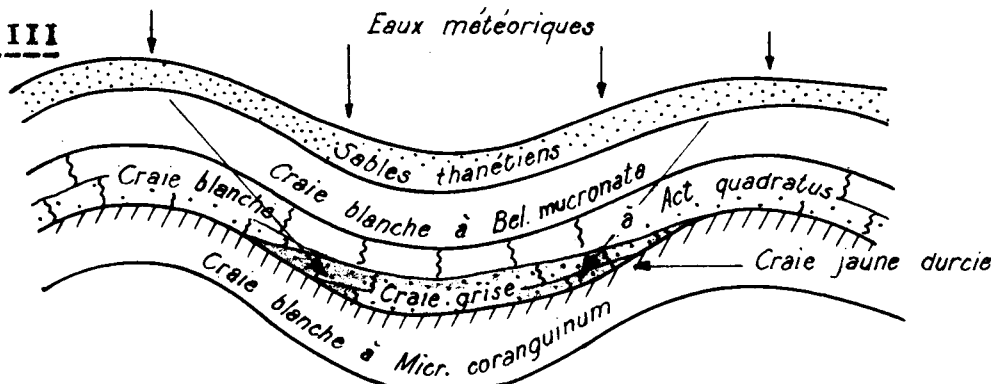
(1) Il est possible que la période principale de concentration du phosphore dans les craies grises soit la fin du Crétacé et le Paléocène (stade II) plutôt que le Mio-Pliocène, mais cela ne change rien au processus.

Stade II



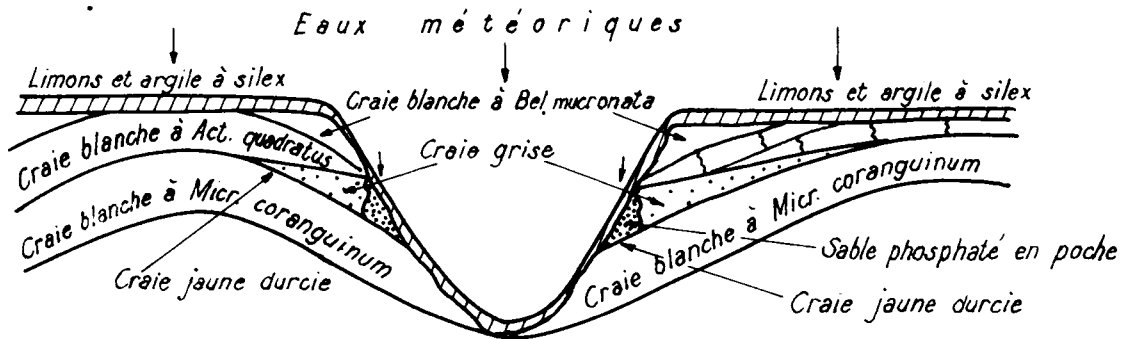
Après émerision au **Maestrichtien**, les eaux météoriques s'infiltrant dans la craie entraînent une concentration du phosphore (mis en solution) à la partie inférieure de la craie à Actinocamax quadratus (1<sup>er</sup> épigénisation).

Stade III



Au Mio-Pliocène, après émerision et plissements, le phosphore remis en solution est concentré dans les cuvettes, entraîné par les eaux météoriques. Localement la craie du sommet du Santonien est épigénisée. Il se produit rapidement au contact des 2 craies à Act. quadratus et Micr. coranguinum (écran imperméable) un vernis phosphaté; le toit de la craie à Micr. coranguinum est durci et se charge légèrement en phosphore (per descensum).

Stade IV



Au Quaternaire ancien, après érosion, creusement du réseau hydrographique dans zones synclinales. Dernière remise en solution du phosphore. L'acide phosphorique dissout davantage le Carbonate de chaux → formation de poches de sables phosphatés en relation avec le sol, soit directement, soit par des fissures (circulation des eaux météoriques).

Schémas expliquant la genèse des craies phosphatées.

## CONCLUSIONS

Dans l'étude des gisements de l'Oise, j'ai indiqué que certains gisements probables ou possibles de craie grise signalés par L. Graves (1847) ne semblaient pas avoir fait l'objet de recherches précises concernant leurs possibilités d'exploitation comme sources de phosphates de chaux. Il est possible que certains d'entre eux présentent un intérêt économique.

D'autre part, l'étude bibliographique du gisement type d'Hardivilliers m'a amené à reprendre et à développer une observation de M. Bertrand (1894) concernant la genèse des "craies grises". L'hypothèse émise me semble constructive en ce sens qu'elle permettrait d'orienter scientifiquement les recherches possibles de dépôts phosphatés en Picardie et peut-être au-delà. (Rappelons que des dépôts de craie phosphatée du même âge sont connus dans les départements de l'Oise, l'Aisne, la Somme, le Pas-de-Calais, l'Yonne et le S.E de l'Angleterre).

La plupart des témoins (sinon la totalité) de Craie blanche à Belemnites conservée en Picardie ont été grâce à leur position synclinale. Leur recherche est facilitée grâce à leur macrofaune relativement abondante et surtout leur microfaune. Il semble logique de concevoir que certains recouvrent des gisements de craie grise. La découverte possible de ces gisements serait en un sens la meilleure vérification qu'on pourrait apporter à l'hypothèse présentée.

BIBLIOGRAPHIE

- Anonyme 1935 - Répertoire des Carrières édité par Mines et Carrières - Paris.
- 1954 - Annuaire de l'Union Nationale Interprofessionnelle des Matériaux de Construction et Produits de Carrières - Paris.
- Abrard R. 1950 - Géologie Régionale du Bassin de Paris - Payot - Paris p.306-307.
- Bertrand M. 1894 - Observations à une note de M. de Grossouvre C.R.S.S.G.F. (III) t.XXII, p.58-59.
- Bruneteaux E. et Soyer R. 1952 - Hardivilliers - Fiche de gisements SAGA - Paris.
- Cayeux L. 1897 - Contribution à l'étude micrographique des terrains sédimentaires II Craie du Bassin de Paris.  
Mèm. Soc. Geol. Nord - t.IV - 2.
- Cayeux L. 1939 - Les phosphates de chaux sédimentaires de France.  
Mémoire Annexe de la Statistique de l'Industrie Minérale.
- Fritel P.M. 1910 - Guide géologique et paléontologique de la région parisienne.  
Deyrolles - Paris.
- Gosselet J. 1900 - Phosphate de Chaux de Picardie.  
Livret de l'excursion XVII<sup>b</sup> du Congrès Geol. Intern. de Paris (1900).
- Graves L. 1847 - Topographie géognostique du département de l'Oise.  
Beauvais.
- de Grossouvre A. 1894 - Craie grise du Bassin de Paris.  
C.R.S.S.G.F. (III), t.XXII, p.57-58.
- - - 1901 - Recherches sur la Craie supérieure, 1<sup>ère</sup> partie. Stratigraphie générale.  
Mèm. Serv. Carte Geol. France.
- - - 1907 - Sur la Craie grise à Belemnitelles  
AFAS Reims p.403.

- Lasne H. 1892 - Sur les terrains phosphatés des environs de Doullens.  
B.S.G.F. (III), t.XX, p.211.
- Lemoine P. 1911 - Géologie du Bassin de Paris.  
Hermann et Fils Paris p.182-187.
- Mercey de N. 1863 - Note sur la Craie dans le Nord de la France  
B.S.G.F. (II) t.XX, p.635-636.
- - - 1887 - La Craie phosphatée à Belemnites quadratus dans le Nord de la France.  
B.S.G.F. (III), t.XV, p.719.
- - - 1891 - Remarques sur les phosphates de chaux de la Picardie.  
B.S.G.F. (III), t.XIX, p.854.
- Olry A. 1889 - Le phosphate de chaux et les établissements Paul Desailly (non consulté).
- Pervinquère L. 1906 - Révision de la feuille de Montdidier.  
B.C.G.F. n°110 - CR. Coll. Camp. 1905.
- Waguet P. - Géologie agricole du département de l'Oise  
2° éd. Beauvais.

\*  
\* \*

Cartes géologiques au 1/80.000

- Feuille Montdidier n° 21 2° ed. (N. de Mercey) 1907 - Reimp. 1938
- Feuille de Neufchatel-en-Bray n° 20 2° ed. (P. Lemoine) 1912 - Reimp. 1939.
- Feuille Beauvais n° 32 3° ed. (H. Thomas) 1914 - Reimp. 1938.

\*  
\* \*

ANNEXE I

Exploitants de Craie phosphatée dans l'Oisé en 1935 et 1954

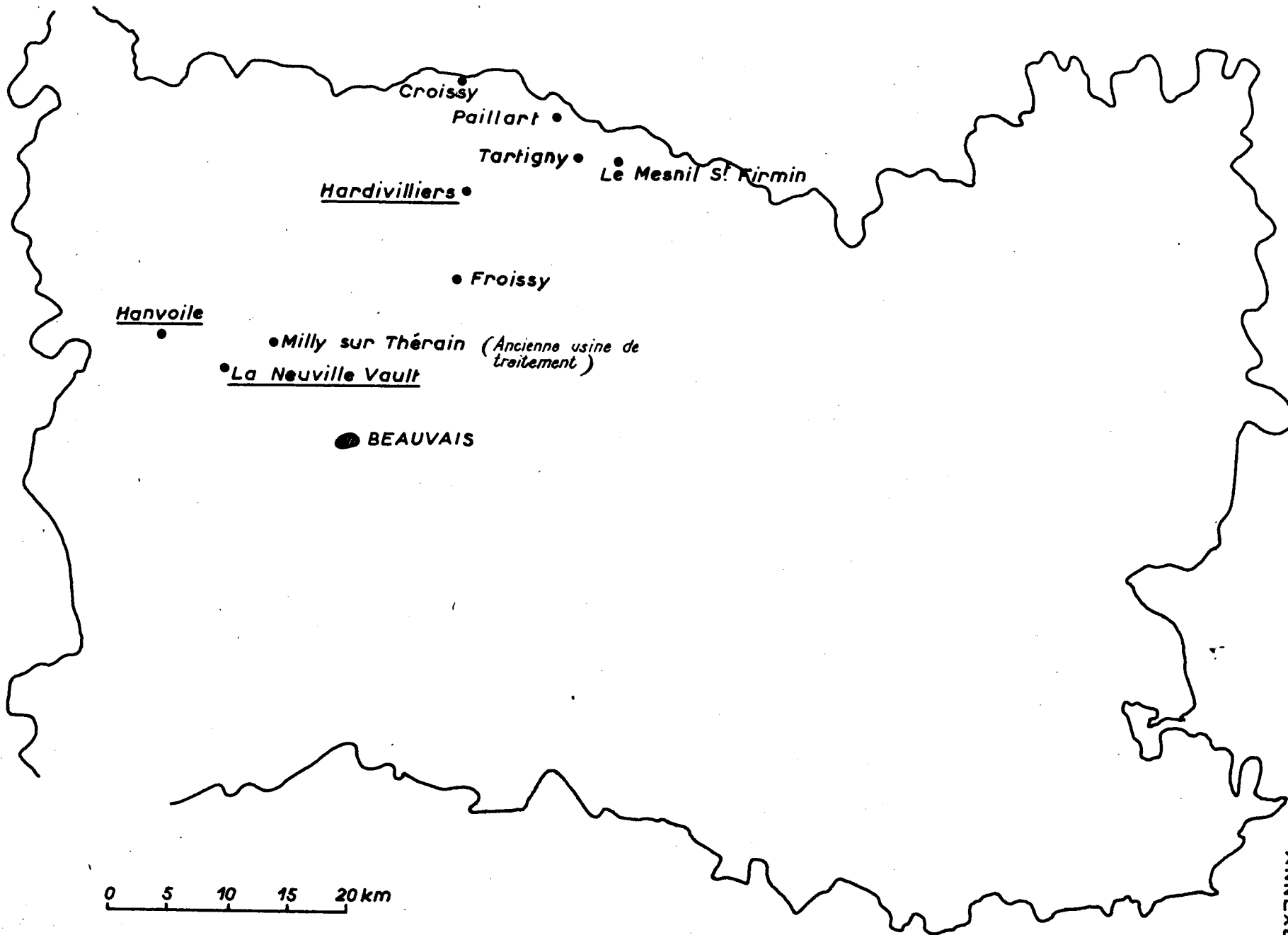
1° - 1935 (Répertoire des Carrières)

d'Angincourt Frères, à Breteuil	Phosphate de chaux
- - - Hardivilliers	id.
Camus et Cie, à Hardivilliers	Craies phosphatées phosphates de chaux
Dior fils, à Hanvoile	Craies phosphatées
Pages, à Hardivilliers	id.
Patin, à Pierrefitte	Phosphate
Pattin, à Milly-sur-Therain	Craies phosphatées

2° - 1954 (U.N.I. Matériaux de Construction et Produits de Carrières).

Sté des Etablissements P. Linet, à Hardivilliers

Craies phosphatées

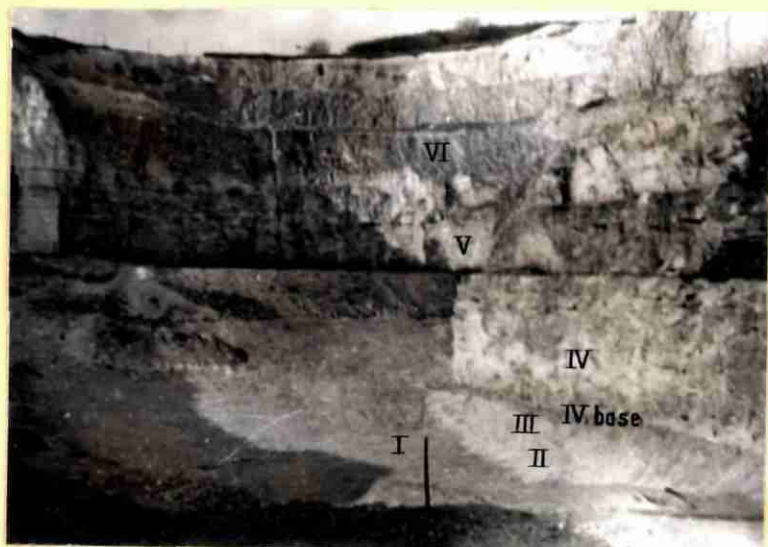


Les localités soulignées sont celles où des exploitations de phosphates de chaux sont connues

## HARDIVILLIERS (Oise)

## Carrière du Bois Huché

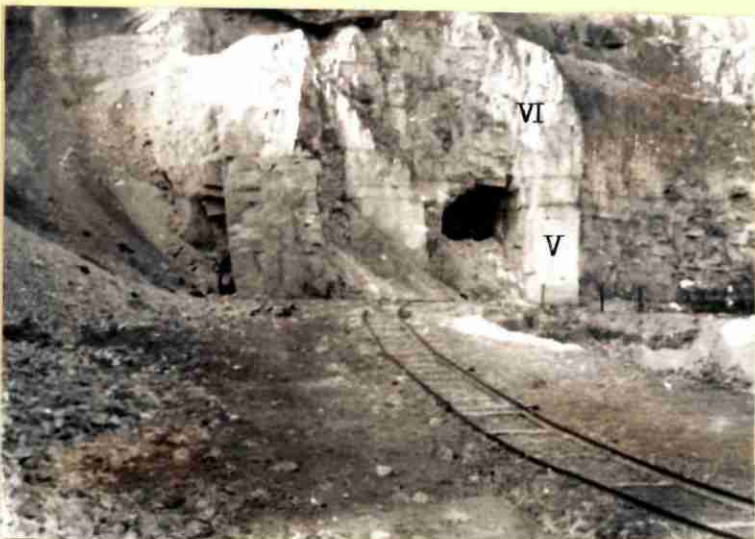
Ets Linet - Craie phosphatée du Campanien infr et du Santonien  
supr.



Vue du front de taille

## Légende commune

- VI Craie blanche supérieure à silex (Z. à A. quadratus et B. mucronata).
- V Craie grise supérieure (Z. à A. quadratus).
- IV Craie grise (Z. à A. quadratus).
- IV base. Craie grise (Z. à Marsupites).
- III Craie grise et blanche inférieure (Z. à Marsupites).
- II Craie grise inférieure (Santonien)
- I Sommet de la craie durcie (Santonien)



Ancienne galerie des exploitations de moëllons à bâtir.



"Fosse" de Craie "grise" (Santonien)



Détail: Base de la Craie "grise".