

COMPTES RENDUS

Les phosphates de chaux sédimentaires de France

(France métropolitaine et d'outre-mer) (1),

par LUCIEN CAYEUX.

Analyse par René Marlière.

A l'École Nationale supérieure des Mines de Paris, où il dispose d'un laboratoire de recherches installé et outillé avec le concours des grandes sociétés minières et métallurgiques, M. Lucien Cayeux poursuit sur la pétrographie des roches sédimentaires des recherches qui ont illustré à la fois leur auteur et la science géologique française.

Nous apprécions hautement l'honneur que nous fait la Société belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie en nous confiant le soin d'analyser le plus récent mémoire de M. Cayeux, consacré aux phosphates paléozoïques et mésozoïques (à l'exclusion des phosphates nord-africains, qui feront l'objet de publications ultérieures).

La richesse de la documentation caractérise l'œuvre immense de l'éminent professeur au Collège de France; elle apparaît dans ses volumineux mémoires sous la forme d'analyses, de références bibliographiques, de dessins et de photographies dans le texte et hors texte. Que l'on ne s'y méprenne pas à la lecture de l'aperçu trop bref que j'en donne ici: l'étude des phosphates ne le cède en rien à celle des roches siliceuses ou des roches carbonatées. Il conviendrait donc d'inviter tout d'abord le lecteur à consulter l'ouvrage; c'est alors seulement qu'il apprécierait à leur vraie valeur les considérations et conclusions dont nous donnons un écho.

Le problème des gîtes phosphatés fut mis à l'ordre du jour vers 1856 par suite des besoins de l'agriculture. C'est à peu près au même moment (en 1855 exactement) que l'exploitation des nodules des sables verts des Ardennes fit ses débuts. Très florissantes furent ensuite les industries extractives de la Somme,

(1) Ministère des Travaux publics. Services de la Carte géologique de la France et des Topographies souterraines. *Etude des gîtes minéraux de la France*: Les phosphates de chaux sédimentaires de France, t. I, in-4°, 349 p., 44 fig., 15 pl., Paris, Imprimerie Nationale, 1939.

bientôt supplantées par la découverte des phosphates de Tunisie (1885).

Le phosphate de chaux est présent dans toutes les roches sédimentaires, ne serait-ce qu'en infimes proportions; cependant, il ne lui revient pas dans l'écorce terrestre un rôle comparable à celui des composés carbonatés ou des roches siliceuses. Souvent amorphe ou globuleux, il prend parfois une structure cristalline sous la forme de *Staffélite* (phospho-carbonate fluoré), de *Colophanite* (phospho-carbonate fluoré ou non), de *Dahlite* (phospho-carbonate non fluoré). (Ces notions sont empruntées à la *Minéralogie de la France*, de M.-A. LACROIX.) Nous en retiendrons cette association intime du phosphate et du carbonate à l'état cristallin, laquelle se rencontre si fréquemment et sous les aspects les plus variés dans les sédiments des temps secondaires.

Présent partout, le phosphate a engendré des gîtes à tous les âges. On lui reconnaît une vaste distribution depuis les temps primaires au moins (il est des indices de concentration dans les terrains archéens), mais avec des intermittences et des irrégularités de fréquence. L'apogée paléozoïque se situe dans le Permien des Montagnes rocheuses (Wyoming, Idaho). En Europe, il présente une grande *dispersion* durant l'Infra-Crétacé et de grandes *concentrations* pendant le Sénonien. Les plus beaux gîtes du monde s'édifièrent dans l'espace méditerranéen durant une période à cheval sur le Crétacé et le Tertiaire; ce sont ceux du Maroc, de Tunisie et d'Algérie, auxquels une monographie spéciale est réservée. A dater de l'Éocène, la genèse des gîtes phosphatés est en nette régression jusques et y compris les temps actuels.

I. — PHOSPHATES DE CHAUX PALÉOZOIQUES.

Les phosphates paléozoïques de France (Culm des Pyrénées et de la Montagne Noire) représentent un tonnage tellement faible qu'il faut agrandir le cadre de l'étude pour dégager les caractères généraux des gîtes anciens et de leurs roches. Nous verrons qu'ils possèdent des caractères propres du plus haut intérêt.

C'est ici l'endroit de signaler que les sédiments, même les plus anciens, renferment tous de l'acide phosphorique sous trois modalités possibles :

- a) Faisant partie intégrante des débris organiques;
- b) Individualisé sous une forme sensible;

c) Enfin, une teneur extrêmement faible (de 1 à 3 pour mille) dans toutes les roches apparemment stériles, qu'il s'agisse du phtanite de Lamballe (0,049), du schiste de Fumay (0,107), de la grauwacke de Hierge (0,205)...

En suivant l'ordre chronologique, passons en revue quelques gîtes paléozoïques qui viendront étayer des conclusions du plus haut intérêt.

CAMBRIEN (du domaine baltique). — Les phosphates cambriens de Suède (seuls étudiés) forment les nodules de conglomérats ou de calcaires, ou bien encore la gangue des conglomérats ou des grès glauconieux dont les grains de quartz sont auréolés de phosphate. Ces aspects doivent retenir l'intérêt, non seulement à cause de leur variété et de leur antiquité, mais aussi par leur étroite association à la glauconie.

SILURIEN (pas en France; seuls y sont authentiques les nodules des schistes du Ludlow de Liévin).

Les phosphates ordoviciens du Pays de Galles sont *noirs* et associés à des schistes à graptolites ou à une formation argileuse. Le phosphate de chaux y forme le ciment ou épigénise les organismes. Notons ici encore une très grande variété : phosphates à débris d'Echinodermes, à spicules d'Éponges siliceuses et d'Éponges calcaires, des lumachelles à Brachiopodes inarticulés, des phosphates ferrugineux oolithiques, des phosphates alumineux, feldspathiques, pyriteux, pauvres ou riches en carbone.

Les phosphates d'Esthonie trouvent leur richesse dans d'innombrables valves d'*Obolus*; à ces Brachiopodes inarticulés, on doit des réserves connues de 4,759,000 tonnes de phosphate de chaux et des réserves probables supérieures à 100,000,000 de tonnes (malheureusement sans valeur industrielle pour le moment).

Curieux encore sont les nodules de la région du Dniester (Russie) dont le diamètre peut atteindre 16 à 18 cm. et qui présentent tous une structure fibro-radiée, seul vestige d'ancienne marcassite pour J. P. O'Reilly, épigénie de nodules calcaires par la Staffélite pour M. L. Cayeux.

Le bone-bed du grès de Downton, les phosphates ordoviciens de Suède et des États-Unis sont également à mentionner.

DÉVONIEN. — Dans le Dévonien français on ne cite guère

que des nodules phosphatés sporadiques dans les schistes à calcéoles.

De cette période on connaît seulement un gisement, situé dans le Tennessee (U.S.A.). En combinant l'étude géologique du gîte (d'après Ch. W. Hayes) et l'examen de quelques échantillons (Greensand, phosphates dits oolithiques, conglomérés ou schisteux) on trouve un exemple très démonstratif « de la genèse d'un gisement de phosphate de chaux, en liaison intime avec une grande rupture d'équilibre de la mer, comportant une transgression, une discordance, des lacunes et, dominant le tout, une réduction de puissance des dépôts poussée à l'extrême » (p. 58).

CARBONIFÈRE. — Outre les phosphates dinantiens de Pologne, ceux de France retiendront l'attention. Ils le méritent bien.

Les phosphates dinantiens des Pyrénées (La Bastide de Sérrou, Cierp) d'âge Tournaisien supérieur ou Viséen inférieur font suite à une lacune stratigraphique séparant les Griottes (Dévonien) du Carbonifère. Le « phosphate noir des Pyrénées » se résout en schistes *noirs* ampéliteux et en lydiennes renfermant des *boulets noirs* dont les plus volumineux pèsent plusieurs kilogrammes. La teneur de ces derniers est exceptionnellement riche puisqu'elle se maintient aux environs de 30 % de P_2O_5 soit plus de 60 % de phosphate calcique; toutefois l'exploitation en est onéreuse et les réserves faibles. Par contre, ces gîtes prennent un intérêt pétrographique extraordinaire :

par l'existence exclusive de *Radiolaires* (vases à Radiolaires très fines dans certains cas, converties en phosphate);

par l'absence absolue de matériaux clastiques;

par le rôle joué par la matière charbonneuse que l'on observe sous la forme d'un pigment mêlé au phosphate ou formant des globules enrobés dans le phosphate;

par les transformations subies par les matières phosphatées et charbonneuses qui épigénisent des organismes siliceux.

Les phosphates de la Montagne Noire ont un air de parenté avec leurs congénères des Pyrénées; leurs nodules de types lithologiques très divers témoignent de l'existence de fonds très différents, disséminés dans l'espace ou étagés, mais édifiés dans une mer à Radiolaires constituant une province zoologique individualisée. Qu'il y ait eu émergence, érosion sous-marine ou arrêt de la sédimentation à la limite du Dévonien

et du Dinantien; l'existence d'une importante lacune est évidente.

PERMIEN (Idaho, Wyoming, Montana, Utah). — Il s'agit ici de phosphates dits oolithiques, d'origine marine, dessinant une allure synclinale compliquée de plis et de failles. Dans l'Idaho, *les réserves sont évaluées à plus de 5 milliards de tonnes métriques*. Leur étude pétrographique n'est pas suffisamment complète pour permettre des conclusions de valeur générale. Soulignons une curieuse particularité : les matériaux phosphatés dégagent une odeur fétide lorsqu'on les casse, et, selon Blackwelder, « dans le centre du Wyoming des roches phosphatées contiennent assez d'huile pour en extraire le pétrole avec succès ».

RÉSULTATS GÉNÉRAUX. — 1. Toutes ces roches phosphatées paléozoïques, ou presque toutes, se singularisent par une teinte foncée, due à la manière organique. « *Après le phosphate de chaux, le produit minéral le plus important est sans contredit le carbone*. Il est hors de doute que dans le cas des phosphates dinantiens des Pyrénées et de la Montagne Noire, la matière a dû revêtir un *état colloïdal*, et se déplacer dans le milieu, tel un fluide, ainsi que le démontrent les nombreux Radiolaires de conservation presque idéale, fossilisés par du carbone, et la différenciation globulaire qu'elle affecte, à la façon de l'opale. L'étude de ce facies du carbone et celle des roches ampéliteuses, en général, sont à reprendre *ab ovo*, en liaison avec celle des combustibles élaborés en milieu sous-marin » (p. 95).

2. La diversité des types lithologiques est extrême (parfois dans un même gisement); elle s'étend de dépôts à caractères foncièrement détritiques jusqu'aux formations de haute mer.

3. La surabondance de carbone entraîne l'abondance de *pyrite*, par réduction des sulfates, ce dont on peut faire une des caractéristiques minérales des phosphates paléozoïques.

4. Le carbonate de chaux est réduit au rang d'élément accessoire, quand il existe.

5. Le Paléozoïque est pauvre en phosphate par rapport aux époques suivantes, et cependant ni les sources premières, ni la durée ne font défaut; il semble que les agents de fixation aient été moins actifs ou moins nombreux.

6. Si l'on prend en considération le fait dominant de l'asso-

ciation très fréquente (sinon constante) du phosphate de chaux et du carbone, d'une part, et, d'autre part, le fait que les algues représentent un trait permanent du monde organique aux temps paléozoïques, l'idée d'une importante contribution végétale s'impose pour expliquer la source du carbone et de l'acide phosphorique. Bien des analyses d'algues et de cendres végétales soutiennent ces vues.

II. — PHOSPHATES EN NODULES DE L'ÉPOQUE SECONDAIRE.

La genèse de la chaîne hercynienne et les conditions paléogéographiques qui en furent la conséquence ont interrompu en Europe le développement du phosphate de chaux.

Les *nodules* apparaissent au Jurassique et persistent durant l'Infra-Crétacé et le Cénomanién. A partir du Turonien les roches à *grains* phosphatés se développent et relèguent les nodules à un rôle généralement accessoire.

JURASSIQUE. — Les nodules phosphatés jurassiques ont une grande dispersion, mais aucun intérêt pratique.

Les exploitations ouvertes dans le Lias du bassin de Paris (Sinémurien surtout) sont aujourd'hui disparues. D'une infinie variété de types lithologiques (nodules de grès phosphatés, nodules en phosphate plus ou moins décalcifiés, nodules riches en organismes (clochettes), nodules glauconieux, quartzeux et ferrugineux à globigérines) ... émergent deux caractères constants : a) une physionomie particulière, due à l'absence de tout résidu de carbone, surtout évidente lorsqu'on quitte l'étude des nodules paléozoïques; b) une richesse insoupçonnée en débris organiques calcaires (ceci encore forme un contraste avec les phosphates primaires) : Foraminifères, Éponges, Échinodermes, Alcyonaires, Ostracodes, Mollusques, Brachiopodes, Vertébrés (les Poissons apparaissent ici pour la première fois). Notons encore un caractère absent dans les phosphates primaires : l'intervention de la glauconie.

Les phosphates de Bayeux, Longwy, Privas, La Voulte, de la Nièvre, de Wimereux, d'âges méso- et néo-jurassiques; les nodules glauconieux de Russie ne réforment pas les conclusions tirées de l'étude des nodules liasiques.

INFRA-CRÉTACÉ. — Les nombreuses perturbations marines qui ont affecté l'Europe au début du Crétacé ont déterminé la plus vaste diffusion de nodules phosphatés qu'on y connaisse.

Les nodules aptiens du Boulonnais, les nodules infra-crétacés de Cambridge, d'Interlaken, de Russie et de Pologne sont étudiés plus ou moins sommairement, tandis que les fameux « coquins » des Ardennes françaises retiennent l'attention du pétrographe. Ce sont eux qui fournissent ces curieux nodules fissurés, formés en deux temps et montrant une « inter-pénétration intime de deux phosphates différents, lesquels sont séparés comme deux roches étrangères l'une à l'autre » (pp. 151-152).

CÉNOMANIEN. — La « grande transgression cénomaniennne » favorable à la genèse du phosphate, n'a jamais permis sa concentration à grande échelle. Les nodules font leur apparition toutes les fois que le Cénomanienn est glauconieux. Leur histoire est calquée sur celle des nodules albiens.

III. — PHOSPHATES EN GRAINS DE L'ÉPOQUE SECONDAIRE.

(Sauf les phosphates nord-africains.)

La période supra-crétacée évoque trois notions d'importance fondamentale :

1° Le grand épanouissement des formations phosphatées sur le continent européen;

2° Le développement d'un nouveau facies des matériaux phosphatés, celui de grains engendrés en liaison étroite avec la craie;

3° Le grand rôle des Foraminifères du fait que la roche-mère des grains est un sédiment crayeux typique.

L'ordre chronologique conduit à aborder successivement l'étude des gisements turoniens, tour à tour favorisés par le facies *grains* et le facies *nodules*, marquant ainsi la transition vers les gisements sénoniens où la formation des grains prend une grande ampleur.

TURONIEN DU BASSIN DE PARIS. — Les craies et sables phosphatés du Cambrésis (Montay, Forest, Viesly, Prayelles, ...) appartiennent au sommet du Turonien; une analyse accuse 10,88 % de P_2O_5 et 41,90 % de silice; ils ne fournissent aucune donnée intéressante.

Les nodules phosphatés des environs de Lille, constituant le « Tun » ou mieux les « Tuns » (car on en signale trois bancs séparés par de la craie blanche), réalisent le type de *galets de craie*, tous d'une étroite parenté entre eux et présentant des

affinités très grandes avec la craie enveloppante. Découverts en 1853, ils furent alors interprétés comme « la plus considérable accumulation d'acide phosphorique qui ait été signalée sur le globe » ... c'est leur seul côté pittoresque.

Le Chalk-rock d'Angleterre traduit de l'autre côté du détroit le même épisode qui a marqué la fin du Turonien dans le Nord de la France.

SÉNONIEN (Maestrichtien compris). — Avec le Sénonien s'épanouissent les phosphates en grains.

Les **phosphates sénoniens du bassin de Paris** font l'objet d'une synthèse des faits observés en période d'exploitation et des observations pétrographiques. Historique, descriptions des roches et des accidents qui affectent le mur de la formation, poches de sables phosphatés, mouvements du fond de la mer sont tour à tour étudiés et permettent des considérations sur le milieu générateur.

En 1887, Napoléon de Mercey envisagea la possibilité de la mise en exploitation de la craie phosphatée en Picardie, stimulé en cela par la mise à fruit des craies et sables phosphatés des environs de Mons (1872-1879). Contrairement à ce qui se fit dans le bassin de Mons, les « sables phosphatés » (résidus de décalcification) furent tout d'abord activement exploités; une seconde phase vit l'extraction de la craie phosphatée.

La formation est *une*, en dépit d'une distribution discontinue; pourtant en certains endroits des environs de Péronnes il existe 3 ou 4 bancs séparés par des craies blanches. La roche comprend :

Une vase crayeuse normale à laquelle on reconnaît toujours une extrême finesse;

Des matériaux phosphatés : grains phosphatés avec ou sans organismes, produits de remplissage de Foraminifères, débris de tissus osseux, concrétions microscopiques, matériaux remaniés, tous matériaux de texture plus grossière que la gangue crayeuse; ce trait n'est pas des moins significatifs.

Quant aux « sables phosphatés » ils représentent autre chose qu'un simple résidu de décalcification : *une quantité fort appréciable de phosphate a été remise en mouvement*. Il apparaît donc un troisième stade dans la phosphatisation des roches sédimentaires.

A la formation phosphatée sont associés :

des « galets », « nodules » et « concrétions » où l'on discerne de véritables galets, prélevés à proximité, n'ayant subi ni clas-

sement ni usure appréciable, et provenant de plusieurs assises sous-jacentes; ces nodules ont été perforés à plusieurs reprises (soit en plusieurs temps); beaucoup d'entre eux ont été ensuite incrustés par des organismes ou couverts d'un enduit phosphaté;

des craies phosphatées à facies de brèches parmi lesquelles il existe des brèches sédimentaires typiques (Crécy en Ponthieu), mais le plus souvent de fausses brèches résultant d'une épigénie capricieuse du mur (Étaves), de la corrosion mécanique du mur, de l'enchevêtrement de galeries ou d'une préparation mécanique par suite d'un lessivage contemporain de la sédimentation (telles sont les « craies panachées » de Jules Gosselet).

Les particularités du mur de la formation phosphatée ne sont pas toujours suffisamment expliquées, bien qu'elles posent de très intéressants problèmes. Au cours même de son dépôt la partie terminale de la craie à *Micraster cor anguinum* a enregistré des modifications de nature organique et minérale, interprétées comme de véritables « changements avant-coureurs de la grande perturbation qui va se produire à la fin du Campanien (p. 236)... Le phosphate de chaux a fait son apparition avant le dépôt des premières craies phosphatées proprement dites (p. 237). Il en résulte très clairement que la perturbation qui prélude au dépôt des craies phosphatées à *B. quadrata*, loin de se résoudre en un phénomène unique et brusque qui aurait modifié, à lui seul, les conditions de milieu, se décompose en plusieurs phases, dont la dernière, plus ample que les précédentes, a provoqué un profond changement dans la nature des sédiments » (pp. 237-238) (2).

Postérieurement à son dépôt le mur a pu subir un durcissement par la phosphatisation (dans le plus grand nombre de cas) ou sans qu'il y ait apport de phosphate; dans ce dernier cas des transformations imperceptibles ont provoqué la formation d'adhérences cristallines très fines, qui ont transformé

(2) Le fait et l'interprétation ont un caractère de nouveauté qui pourtant se trouve exprimé déjà dans les craies du Sénonien supérieur du Hainaut. On sait, en effet, que la craie phosphatée de Cibly repose brutalement en stratification transgressive sur la craie de Spiennes et même la craie de Nouvelles; le poudingue de Cuesmes souligne ce contact. Mais dans les régions profondes de la cuvette phosphatée les grains apparaissent dans les bancs supérieurs de la craie de Spiennes, préluant ainsi au phénomène d'une plus grande ampleur qui a engendré la craie phosphatée proprement dite (R. M.).

la craie en une pierre compacte et sonore. Quant aux larges perforations criblant le mur d'un réseau de galeries de plus en plus lâche à mesure qu'il s'éloigne du contact, on ne leur trouve pas d'explication satisfaisante et l'on n'a aucune donnée sur la nature des organismes en cause ⁽³⁾.

Retenons aussi que les prétendus « enduits phosphatés » ne recouvrent pas le mur de la formation, mais englobent le sédiment phosphaté lui-même. Il n'est donc pas exact de dire qu'une précipitation directe de phosphate pur a inauguré le dépôt de craie phosphatée.

En quittant le microscope pour observer le terrain, on signale comme particulièrement significatifs la *forme en cuvette* des gîtes phosphatés, avec des complications par plis et failles et leur *encadrement entre des discordances*; ainsi s'impose la notion de l'instabilité des fonds sous-marins.

De tous ces faits accumulés se dégage notamment l'histoire génétique des formations phosphatées du Sénonien du bassin de Paris. Le début coïncide avec une grande rupture d'équilibre; il s'ensuit une interruption de la sédimentation avec modification et érosion de la craie sous-jacente; cette même phase s'accompagne de la formation de conglomérats grossiers et de rides accidentant le fond sous-marin; des cuvettes se forment. La rupture d'équilibre entraîne de grands changements physiques, chimiques et biologiques du milieu qui inaugurent une deuxième phase, la formation en grand de la craie phosphatée : d'une part, des *grains* et des *nodules* naissent dans un milieu générateur déterminé (hauts fonds sous-marins situés au large, par exemple); d'autre part, ils se *concentrent* dans les cuvettes grâce aux agents dynamiques auxquels revient un rôle très considérable.

Les **phosphates sénoniens de Belgique** ne font pas l'objet d'une synthèse aussi complète. Ils forment une entité à part en raison du rôle effacé ou nul des Foraminifères dans l'élaboration des grains; les éléments phosphatés y procèdent de l'épigénie plus ou moins complète de fragments de craie. Hormis quelques autres caractères généraux (abondance des silex, inter-

⁽³⁾ On observe couramment ces mêmes perforations au contact du *poudingue de Cuesmes* (craie de Cibly) et de la *craie de Spiennes* dans les carrières de Cibly (niveau à *Belem. mucronata*). Des perforations semblables ont aussi été signalées au contact des sables marins landéniens et des argiles wealdiennes, à Villerot (*Bull. Soc. belge de Géol.*, t. XLIV, pp. 310-313, 1 fig., 1934).

vention de la glauconie, fréquence du quartz élastique), l'étude pétrographique est spécialement descriptive.

La *Craie de Cibly* est surtout constituée de grains aux formes irrégulières et fragmentaires, de fragments de craie en voie de phosphatisation associés à du quartz et à un peu de glauconie; elle « se résout essentiellement en un gravier de craie dont les éléments submicroscopiques sont phosphatisés à des degrés divers » (p. 268).

Le *Poudingue de Cuesmes* a des roches-mères variées et les Spongiaires ont fortement contribué à sa formation.

Quant au *Poudingue de la Malogne* (base du Tuffeau de Cibly) une seule préparation montre des roches de huit provenances différentes, qui toutes sont des fragments de craies fines ou grossières, phosphatées ou non, riches ou pauvres en Foraminifères. A l'origine se placent donc de nombreuses roches-mères.

Aux *nodules phosphatés de Hesbaye* riches en Spongiaires, Polypiers, Terebratules, ... remaniés et phosphatisés, se mêlent des fragments de craies diverses également remaniées et des matériaux détritiques grossiers.

Pour être complet, terminons en mentionnant la *craie phosphatée de Taplow* (Angleterre) de l'assise à *B. mucronata*, peu différente de celles de Mons et du bassin de Paris, les phosphates sénoniens de Russie, de Pologne, et (en étude exclusivement pétrographique), les phosphates de Syrie (avec inclusions organiques du plancton de l'époque), de Palestine (où l'on voit des phosphates bituminifères), enfin de Transjordanie avec des facies profondément modifiés ayant pris la texture schisteuse et accusant 37,40 % de P^2O^5 (soit 81,64 % de phosphate tricalcique).

*
**

A la fin d'un aussi volumineux mémoire, on s'étonne de ne pas trouver une conclusion d'ensemble. Sans doute faut-il attribuer cette lacune volontaire à une grande variété des facies à phosphate et au fait que l'auteur a formulé de-ci de-là des considérations d'une portée plus ou moins générale, s'appliquant à un mode de gisement, au facies, ou à la genèse des roches phosphatées. Nous ne pouvons pourtant résister au désir d'exprimer à titre tout personnel les vues d'ensemble qui semblent devoir être dégagées.

Outre la notion de l'*infinie diversité des types lithologiques et des gisements*, retenons que les nodules et grains phosphatés

trouvent le plus souvent leurs origines dans des produits *détritiques* et reçoivent leur mise en place d'*agents dynamiques* contemporains.

On peut empiriquement opposer les *roches phosphatées paléozoïques*, où le *carbone* tient la seconde place après le phosphate tricalcique (en posant d'ailleurs des problèmes nouveaux), aux *phosphates sédimentaires plus récents* étroitement associés au *calcaire*.

Mons, décembre 1944.