

## 5. Sur la teneur en fluor des phosphorites suédoises

par

J. G. Andersson et N. Sahlbom.

---

Dans un mémoire antérieur, l'un de nous a donné une description des gisements les plus importants de phosphorites dans la Suède centrale et méridionale — à l'exception de ceux de la Scanie — ainsi qu'un essai sur l'origine de ces phosphorites [Andersson 1; voir auteurs cités à la fin du mémoire].

Selon cet exposé, la plupart de ces gîtes, comme p. ex. ceux des conglomérats à *Obolus* en Dalécarlie et du terrain ouest-baltique, ceux du conglomérat basal sous-cambrien nord-baltique, ceux du conglomérat à *Acrothele granulata* de l'île d'Œeland et de la chaux glauconitique à *Asaphus* de cette île, pourraient être renfermés dans un seul et même groupe génétique. Ce qui caractériserait ce groupe, c'est que la phosphorite se serait formée en même temps que la roche phosphoritique se déposait, et que le phosphate proviendrait des coquilles de brachiopodes inarticulés, fréquentes dans le domaine marin — le plus souvent dans la région littorale — où s'est déposée la roche phosphoritique (Type *a*).

Mais outre ce groupe génétique, il y a un type de phosphorites d'autre origine, celui des nodules phosphoritiques pleins de fragments de trilobites cambriennes, qui, dans certaines localités, se rencontrent dans le gisement de fond du système sous-silurien — la chaux phosphoritique et glauconitique de la Néricie et de la Vestrogothie, le conglomérat à *Strophomena Fentzschii* du terrain baltique central. Ces nodules phosphoritiques consistaient originairement en un calcaire bitumineux (calcaire fétide), formé dans l'âge cambrien. Ces parties calcaires se sont ensuite transformées en phosphorite, puis elles furent déposées dans la roche sous-silurienne (Type *b*).

Dans le travail indiqué plus haut on avait de plus attiré l'attention sur le fait que, outre les deux types de phosphorites déjà nommés, il y a probablement dans le terrain silurien scandinave-baltique deux gisements d'autre origine, la phosphorite de »la roche schisteuse verte« de Bornholm

et le singulier gisement phosphoritique des schistes à graptolithes de Fågelsång en Scanie, dont M. S. A. TULLBERG a été le premier à faire mention.

Dans un mémoire polémique contre cet essai, M. H. HEDSTRÖM qui, par ses propres recherches, ne connaît que des gisements phosphoritiques appartenant au type génétique *a*, cherchait à démontrer que les gîtes désignés ci-dessus comme étant du type *b*, quant à leur origine pourraient être rapportés au type *a*, et que conséquemment tout ces gîtes ne formeraient qu'un seul groupe génétique.

Dans une réponse à ce mémoire M. ANDERSSON avait précisé les raisons qui avaient déterminé l'interprétation du type *b*, exposée dans le premier ouvrage, selon laquelle ces nodules phosphoritiques seraient des parties phosphatisées du calcaire fétide cambrien. Dans ce dernier mémoire, M. ANDERSSON a aussi déterminé d'une manière un peu plus détaillée le gisement phosphoritique des schistes à graptolithes de Fågelsång, lequel n'a rien d'analogue dans d'autres roches phosphoritiques en Suède.

MM. HEDSTRÖM et ANDERSSON, malgré leur divergence décidée dans le reste, étaient tout à fait d'accord dans l'opinion que la phosphorite de tout ces gîtes était d'une nature *primaire*, c'est à dire qu'elle s'était formée par des procès marins qui ont précédé l'âge ou daté du temps de la formation de la roche phosphoritique. Cependant, presque en même temps que M. ANDERSSON publiait ce second mémoire, M. W. DEECKE a proposé un tout autre essai d'interprétation. Partant de ses recherches si soigneuses et si intéressantes sur les gisements phosphoritiques qu'on rencontre à Bornholm dans les formations cambrienne, silurienne et crétacée, recherches selon lesquelles quelques-unes au moins de ces phosphorites auraient dû leur forme et leur emplacement à des procès secondaires, il croit pouvoir dire: »Es ist daher bei dieser Lagerung der Phosphorite nicht ausgeschlossen, dass sie nicht gleichzeitig mit der Schicht, in der sie jetzt liegen, sondern erst später durch Sickerwasser entstanden sind. *Ich wollte darauf hinweisen, weil dann eine Reihe von neuerdings aus dem Vorkommen solcher Knollen gezogenen Schlüsse hinfällig werden*», et dans une note il ajoute: »*Sollte sich dadurch nicht auch erklären, dass die Phosphorite an der Basis des Orthocerenkalkes z. Th. cambrische Fossilien umschliessen?*» (Tirage à part du mémoire cité, p. 14). Dans les lignes mises en italiques par nous, M. DEECKE se tourne évidemment contre les deux essais d'explication que MM. ANDERSSON et HEDSTRÖM avaient exposés sur les nodules phosphoritiques de fond du système sous-silurien de la Néricie et de la Vestrogothie, essais d'explication qui partent pourtant tous les deux de l'hypothèse que la phosphorite y est primaire par rapport à la déposition de la roche phosphoritique. M. DEECKE semble avoir supposé que la phosphorite, par des procès secondaires, se serait accumulée sur la limite entre les systèmes cambrien et silurien, principalement dans le gisement inférieur silurien, mais en partie aussi au plus haut du gisement cambrien, de sorte que la phosphorite a pu »envelopper des fossiles cambriens». Un gisement, tel que le reproduit la planche

VIII, fig. 2 du premier ouvrage de M. ANDERSSON, pourrait être interprété à l'appui d'une telle opinion. La manière dont la phosphorite s'y montre ordinairement (loc. cit., pl. VIII fig. 1) semble cependant prouver avec pleine évidence que la phosphorite est d'une nature primaire par rapport à la roche phosphoritique. Dans une pâte avec peu d'acide phosphorique (0,09—0,21 %  $P_2O_5$ ) il y a, entre des grains fréquents de glauconite, des nodules plus ou moins grands, nettement délimités, d'une phosphorite assez pure (27,90—35,57 %  $P_2O_5$ ). Dans ces nodules on trouve fréquemment des trilobites cambriennes, *mais pas de fossiles siluriens*. Les mêmes trilobites sont aussi très fréquentes dans la chaux fétide cambrienne qui forme la couche de la chaux phosphoritique, et ces nodules de phosphorite, nous ne saurions les interpréter que comme des parties phosphatisées de cette chaux fétide cambrienne. Ce procès de phosphatisation doit évidemment avoir eu lieu avant l'enveloppement des nodules dans cette pâte contenant si peu d'acide phosphorique.

Cette interprétation est encore appuyée par l'état du conglomérat à *Strophomena Fentzschii* où les nodules de phosphorite forment de vrais galets, qui sont évidemment des restes de dénudation transformés d'une chaux fétide appartenant à différentes zones cambriennes. (Andersson I p. 202—213 et p. 233).

M. DEECKE, ainsi que M. HEDSTRÖM, a cherché à généraliser l'essai d'interprétation qu'il a trouvé le plus vraisemblable pour le groupe de phosphorites qu'il a étudié dans la nature, et il a tâché d'appliquer cet essai aux gîtes de phosphorite, si difficiles à s'expliquer, de la base du système sous-silurien de la Suède centrale.

Dans ce qui précède nous avons essayé de réfuter sommairement l'exposition de M. DEECKE et nous n'avons encore trouvé aucune raison de nous départir de l'explication donnée par M. ANDERSSON dans ses mémoires antérieurs. Nous maintenons donc les groupes génétiques que nous avons décrits plus haut et considérons le gisement phosphoritique de Fågelsång en Scanie comme un type particulier. Pour beaucoup de raisons, il semble parfaitement certain que celui-ci est aussi d'une nature primaire.

De plus, nous croyons très possible que, comme M. DEECKE l'a représenté, dans les gisements phosphoritiques de Bornholm — peut-être aussi dans ceux du système cambrien de la Scanie — des procès diagénétiques aient contribué à donner aux gîtes leur caractère actuel.

Les gisements phosphoritiques du terrain cambro-silurien de la Scandinavie semblent donc être d'origine bien différente.

---

La recherche sur la composition chimique d'un groupe de roches si polygénétique ne pourrait évidemment être restreinte ni à un gîte ni à quelques-uns seulement; autant que possible il faut analyser tous les différents types génétiques. Voilà ce qui a déterminé le choix des objets de

nos analyses, et nous regrettons que les circonstances nous aient empêchés d'analyser un plus grand nombre d'échantillons appartenant à chaque type.

Dès 1894 M. ANDERSSON a fait le premier dosage complet de la phosphorite de la Néricie (Analyse 4, plus bas), d'où il ressort avec pleine évidence que, dans cette phosphorite, la proportion entre le fluor et l'acide phosphorique correspond entièrement à la composition de l'apatite fluorique. Une seule analyse ultérieure a été en partie faite par M. ANDERSSON, tout le reste des analyses a été exécuté par M<sup>lle</sup> SAHLBOM. La collection et le choix des échantillons, comme aussi les recherches qui ont servi de base à l'exposé géologique, sont l'œuvre de M. ANDERSSON seul. Des extraits de toutes les nouvelles analyses sur les phosphorites, qui figurent à la suite de ce mémoire-ci, embrassant le dosage de l'acide phosphorique et du résidu insoluble, ont été déjà publiés. (Andersson I P. 224 et 2 P. 250.)

Pendant le cours de nos recherches a paru le grand ouvrage de M. CARNOT sur la composition des phosphorites, donnant un nombre très considérable d'analyses de phosphorites de l'Europe, de l'Afrique du Nord et de l'Amérique<sup>1</sup>. Il n'y a cependant pas d'analyses d'échantillons suédois, et notre mémoire, vu la nature polygénétique des phosphorites, pourrait peut-être former un supplément un peu utile à l'œuvre classique de M. CARNOT.

La plupart de nos recherches ont été faites au laboratoire de l'Institut Géologique d'Upsal. Cependant quelques-unes, par la permission gracieuse de M. le professeur SJÖGREN, ont été faites dans son laboratoire à Stockholm. En outre, M. le professeur SJÖGREN a toujours daigné suivre notre travail avec bienveillance et intérêt.

Quant à la manière dont nous avons fait nos analyses, il sera peut-être à propos de dire que la teneur en fluor a été dosée par la méthode H. LASNE, et l'acide carbonique par la méthode décrite par MM. MAUZELIUS et VESTERBERG<sup>2</sup>. Le dosage du résidu insoluble a toujours été fait avec des acides délayés à une chaleur modérée.

Dans le résumé que nous allons faire de nos analyses nous en avons aussi inséré quatre qui ont été publiées par M. PALMGREN (n:o 2, 5, 6 et 7, PALMGREN loc. cit. p. 20—22). Bien que ces analyses soient incomplètes, en tant qu'elles ne comprennent pas le dosage du fluor et de l'acide carbonique, elles offrent une différence uniforme avec nos analyses

<sup>1</sup> A. CARNOT, Sur les variations observées dans la composition des apatites, des phosphorites et des phosphates sédimentaires. Annales des mines. Sér. IX, Tome X. 1896. P. 137—231.

<sup>2</sup> H. LASNE: Sur le dosage du fluor dans les substances décomposables par l'acide sulfurique, et en particulier dans les phosphates naturels. Bull. Soc. chim. Tome 50, p. 167—170. 1888.

MAUZELIUS och VESTERBERG. Försök öfver bestämning af kolsyrad kalk och kolsyrad magnesia i jord. Ultuna Landbruksinstituts redogörelse, år 1894.

en deux respects (Cl,  $Al_2O_3 + F_2O_3$ ) qui nous les a fait insérer afin d'avoir occasion de discuter les raisons probables de ces différences.

	Vikarbyn	Boda	Fanton	Lanna	Latorp	Ulunda	Kafvelås	Stenåsa			Fågelsång
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.			9.
								a.	b.	c.	
Ca O . . . .	46.11	41.26	16.45	47.81	36.22	39.96	35.26	46.85	—	—	39.98
Mg O . . . .	traces	0.25	0.12	0.15	0.16	0.23	0.18	0.75	—	—	0.42
$Al_2O_3$ . . . .	2.55	7.76	0.21	3.73	13.24	10.52	17.67	—	—	—	1.50
$Fe_2O_3$ . . . .			0.51					—	—	—	1.16
$Na_2O$ . . . .	—	0.45	0.37	0.81	0.72	—	0.38	—	—	—	0.99
$K_2O$ . . . .	—		0.14					—	—	—	1.85
$P_2O_5$ . . . .	32.44	34.18	10.98	33.25	27.85	35.57	29.27	33.56	—	35.50	29.62
$SO_3$ . . . .	—	0.76	—	0.28	0.72	0.45	1.15	—	—	—	—
$CO_2$ . . . .	traces	—	traces	6.02	—	—	—	—	6.06	—	traces
Fl . . . . .	3.32	—	0.88	2.98	—	—	—	—	—	3.36	2.54
Cl . . . . .	traces	0.35	0.06	traces	0.31	0.37	0.21	traces	—	traces	traces
Insoluble dans HCl	6.60	—	67.45	3.21	—	—	—	2.22	—	—	17.22
Insoluble dans $HNO_3$	5.10	6.98	—	3.49	6.54	2.15	3.06	1.56	—	1.14	—

Les analyses 1—3 se rapportent à des échantillons appartenant au type génétique *a*, 4—8 au type *b* et 9 à un échantillon du gisement phosphoritique de Fågelsång.

1. Phosphorite, conglomérat à *Obolus* Vikarbyn, Dalécarlie, dosée par Sahlbom (Andersson 1, p. 177).
2. » » » » Boda, Dalécarlie, Palmgren (Palmgren l. c. p. 20).
3. Grès phosphoritique formant de galets dans le grès à *Obolus*. Fanton, paroisse de Börstil Upland. Bloc. Echantillon présenté par M. le docteur C. WIMAN, dosage de Sahlbom. Ce gisement phosphoritique fut mentionné par ANDERSSON 1 p. 161 comme « un grès calcaire brun et peu solide, avec de nombreux nodules d'un grès phosphoritique brun foncé ». Il y a été porté, par hypothèse, au système sous-cambrien. On l'avait fait sur une communication de M. Wiman, mais à présent il le croit du même âge que le grès à *Obolus* est-baltique.
4. Phosphorite. Lanna. Néricie. Dosage par Andersson (Andersson 1, p. 194).
5. Phosphorite. Latorp. Néricie. Dosage par Palmgren (Palmgren p. 21).

6. Phosphorite. Ulunda. Vestrogothie. Dosage par Palmgren (Palmgren p. 21).
7. Phosphorite. Kafvelås. Vestrogothie. Dosage par Palmgren (Palmgren p. 21—22).
8. Phosphorite, avec *Peltura*, tirée du conglomérat à *Str. Zentzschii*. Stenåsa, île d'Åland. Dosage par Andersson et Sahlbom (Andersson I, p. 204, analyse partielle).
9. Phosphorite. Gisement dans les schistes à graptolithes. Dosage par Sahlbom (Andersson 2, p. 250).

En passant à la discussion de ces analyses, nous traiterons d'abord les différences qui apparaissent entre celles de M. PALMGREN et les nôtres.

Un coup d'œil jeté sur le tableau suffit pour montrer que M. PALMGREN, sans exception, a obtenu de plus grandes quantités de  $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$  que nous<sup>1</sup>. Cela ressortira encore plus évidemment du parallèle suivant:

PALMGREN :		ANDERSSON et SAHLBOM :	
Analyse	$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$	Analyse	$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$
2	7,76	I	2,55
5	13,24	4	3,73
6	10,52	9	2,66
7	17,67		Moyenne 2,98
	Moyenne 12,30		

Ainsi M. Palmgren a obtenu en moyenne 9,32 % plus de  $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$  que nous. Cette différence si considérable ne pourrait s'expliquer par une méthode vicieuse de dosage d'un côté ou de l'autre, et elle ne peut non plus dépendre de ce fait que ses substances à cet égard auraient été originaires différentes des nôtres. L'explication serait peut-être celle-ci, que M. Palmgren n'aurait pas trié son matériel aussi soigneusement que nous l'avons fait. Tant dans la roche phosphoritique que dans la phosphorite on trouve ordinairement la pyrite, souvent assez abondamment. En outre, dans les nodules de phosphorite il y a de petites surfaces crevassées, souvent enduites d'une cuticule d'hydroxyde de fer, résultat probable de la décomposition de la pyrite. En triant les échantillons pour nos analyses nous avons eu soin de casser les nodules phosphoritiques en minces lamelles, dont nous n'avons choisi pour le dosage que celles où, à la loupe, on ne pouvait découvrir ni grains de pyrite ni la plus légère coloration d'hydroxyde de fer. M. Palmgren n'a, il est vrai, pas indiqué comment il a choisi ses échantillons, mais il semble probable qu'il a pris les nodules de phosphorite entiers. S'il en est ainsi, il a eu pour ses recherches des matériaux bien mélangés de pyrite et d'hydroxyde de fer, et comme il aura sans doute dissous sa prise d'essai dans un acide azotique

<sup>1</sup> M. PALMGREN a spécialement fixé la quantité de FeO. Pour rendre ses analyses entièrement comparables aux nôtres, nous avons calculé  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , qui correspondent à des quantités de FeO, et les avons ajoutées à  $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ .

bouillant, cela s'est traduit, non par une augmentation du résidu non résolu, mais par une plus grande quantité de  $(Al_2O_3 +)Fe_2O_3$ .

Dans tous ses dosages, M. PALMGREN a aussi trouvé une quantité de chlore (0,21—0,37 %) dosable et assez uniforme, se qui pourrait s'expliquer par la supposition que, dans les opérations précédant l'évaluation du chlore, M. Palmgren aura mis des doses uniformes d'un réactif chloré.

Le tableau qui suit montre la proportion entre la quantité trouvée de fluor et la teneur en fluor qu'on a évaluée d'après la quantité d'acide phosphorique dans la supposition que la phosphorite a la formule de l'apatite fluorique. (Le chlore n'entrant que comme traces non dosables, il ne pourra naturellement influencer sur l'exactitude de ce calcul.)

Analyse	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Fl		
		dosé	calculé	différence
1	32,44	3,32	2,89	+ 0,43
3	10,98	0,88	0,98	— 0,10
4	33,25	2,98	2,97	+ 0,01
8	35,50	3,36	3,17	+ 0,19
9	29,62	2,54	2,64	— 0,10

Dans les analyses 3, 4, 8 et 9 nous avons obtenu des valeurs pour la quantité du fluor, qui, par de petits chiffres, n'excédant dans aucun cas 0,2 %, tantôt s'élève au-dessus de la teneur en fluor à laquelle on s'était attendu, tantôt est au-dessous. La conformité est donc si grande qu'on pourra bien sans hésitation croire qu'il s'agit ici de substances de la formule de l'apatite fluorique. L'analyse 1, au contraire, nous montre un excédant considérable de fluor en comparaison avec la quantité supputée. Par malheur, nous n'avons pas eu l'occasion de contrôler le dosage et nous ne saurions nier qu'il ne soit possible que cet excédant puisse résulter d'une faute de dosage. Cependant, il se peut qu'ici comme dans plusieurs cas, cités par M. CARNOT, du fluorure de calcium puisse se trouver avec le fluophosphate<sup>1</sup>.

Comme résultat de nos analyses il ressortira pourtant que tous les échantillons phosphoritiques provenant de gisements très différents et dosés par nous *présentent un rapport entre le fluor et l'acide phosphorique conforme à la formule de l'apatite fluorique.*

Dans deux des échantillons examinés (4, 8) il y a une teneur considérable de CO<sub>2</sub> (6,02, 6,06 %). En calculant le rapport entre P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Fl et CO<sub>2</sub>, on arrivera au résultat inattendu que les quantités de ces substances correspondent très bien à la formule  $3 Ca_3P_2O_8 + 2 Ca CO_3 + Ca Fl_2$ . On pourrait en conclure qu'on avait là une substance analogue à la *Staffélite* de Nassau. Un examen microscopique nous montre pourtant que la te-

<sup>1</sup> CARNOT l. c. p. 179—180, 197.

neur eu  $\text{CO}_2$  est due à la calcite dont se composent les carapaces des trilobites, entremêlées en grand nombre dans la phosphorite, et le rapport que nous venons d'indiquer apparaîtra, en conséquence, tout accidentel.

Dans ce qui précède nous avons exposé une opinion émise par M. ANDERSSON en 1896 et dans la suite embrassée tant par M. HEDSTRÖM que par M. DEECKE, à savoir que les matériaux des nodules phosphoritiques du type *a* proviennent des coquilles de phosphate de brachiopodes inarticulés. S'il en est ainsi, il importera clairement d'apprendre à bien connaître l'état de composition de ces coquilles afin de savoir si celles-ci contiennent déjà du phosphate fluorique ou si la teneur en fluor est entrée avec la formation des nodules phosphoritiques.

Heureusement il y a, dans l'ouvrage si étendu et si excellent de M. KUPFFER sur la composition chimique des gisements siluriens est-baltiques, quatre analyses complètes, qui éclairent cette question.<sup>1</sup> Nous citerons plus bas les extraits de ces analyses qui sont de quelque portée dans la question qui nous occupe.

1. Coquilles de l'*Obolus Apollinis* Eichw. Echantillons de grès à *Obolus* de Jamburg.
2. Couche de grès quarzitique contenant des *Obolus*, Ontika.
3. Grès à *Obolus*, Reval.
4. » » » Baltischport.

	$\text{P}_2\text{O}_5$	Fl		
		dosé	calculé	différence
1	36,57	3,31	3,26	+ 0,05
2	13,28	1,17	1,19	— 0,02
3	19,29	1,77	1,72	+ 0,05
4	4,75	0,36	0,42	— 0,06

Ces analyses montrent donc, comme M. KUPFFER l'a fait ressortir d'une manière si concluante, que la coquille d'une forme au moins d'*Obolus* consiste principalement en un fluophosphate d'une composition égale à celle de l'apatite fluorique.

Un dosage fait par Mlle SAHLBOM sur des coquilles d'*Obolus* de Vikarbyn en Dalécarlie présente une analogie moins bonne, mais nous le citerons toutefois:

Ca O	50,45
$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$	1,80
$\text{P}_2\text{O}_5$	36,54
Fl	2,78
Insoluble dans HCl	1,72

<sup>1</sup> A. KUPFFER. Über die chemische Constitution der baltisch-silurischen Schichten. Archiv für die Naturkunde Liv-, Est- und Kurlands. Ser. 1 Bd 5. p. 113. 1874.

Cette analyse offre une différence avec la quantité de fluor supputée de — 0,48 %.

Quand même, en nous fondant sur ces analyses, nous pourrions supposer qu'au moins les coquilles des *Obolus* ont une composition correspondant à celle de l'apatite fluorique ou qui s'en approche, il ne faudrait nullement en conclure que la teneur en fluor de ces coquilles soient d'une nature primaire. Car c'est un fait bien connu que des os de mammifères qui, durant de longs espaces de temps, ont été exposés à des dissolutions contenant du fluor, prennent assez de cette matière pour finir par consister en un fluophosphate participant fort de la nature de l'apatite, bien qu'ils aient d'abord été composés d'un phosphate, presque entièrement dépourvu de fluor. Les coquilles d'*Obolus* siluriennes pourraient bien avoir passé par un procès analogue.

On obtiendrait sans doute des matériaux pour servir à la solution de cette question, si l'on pouvait doser quelque brachiopode inarticulé récent avec des coquilles phosphatisées, p. ex. la *Lingula*. Grâce à la bienveillance de M. M. les professeurs TULLBERG et THÉEL, nous avons reçu du Musée Zoologique d'Upsal et du Muséum de Stockholm quelques coquilles de *Lingula anatina* Brug., conservées dans l'alcool et recueillies en 1889 par M. K. Fristedt dans l'île de Ceylon. Les matériaux étaient pourtant insuffisants pour en faire une épreuve au chlore fort désirable. Les dosages faits par M<sup>lle</sup> Sahlbom donnèrent le résultat suivant:

Ca O	30,19
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	23,20
Fl	1,52

Cela nous donne une différence avec la teneur en fluor supputée de — 0,55 % ou, en d'autres termes, la quantité de fluor trouvée est 0,73 de la quantité supputée.

Cette analyse a donc ce résultat important de prouver que *les coquilles récentes de Lingula ont une teneur en fluor qui se rapproche au moins fortement de celle de l'apatite fluorique*, résultat qui de son côté, nous montre la probabilité de ce que la teneur en fluor des coquilles siluriennes est primaire et qu'elle a passé de là à la phosphorite.

## Liste des ouvrages concernant les gisements phosphoritiques de la Scandinavie<sup>1</sup>.

1872. L. PALMGREN. Om svenska fosforitförande konglomerat. Bihang till K. Svenska Vetenskapsakademiens handlingar. Bd 1. N:o 6. P. 1—31.
1896. J. G. ANDERSSON. Über cambrische und silurische phosphoritführende Gesteine aus Schweden. Bull. of the Geol. Inst. of Upsala. N:o 4. Vol. II. Part 2. P. 133—236. (Citée dans ce mémoire: Andersson 1.)
1896. H. HEDSTRÖM. Till frågan om fosforitlagrens uppträdande och förekomst i de geologiska formationerna. Geol. Fören. i Stockholm Förhandl. Bd 18. H. 7. P. 560—620.
1897. W. DEECKE. Die phosphoritführenden Schichten Bornholms. Mittheilungen des naturwissenschaftlichen Vereines für Neu-Vorpommern und Rügen. 27. Jahrg. P. 1—15. (Tirage à part).
1897. J. G. ANDERSSON. Om fosforitbildning och fosforitförande sediment. Geol. Fören. Förhandl. Bd 19. H. 4. P. 245—295. (Andersson 2).



---

<sup>1</sup> Dans le premier ouvrage de M. Andersson, on trouvera une liste complète de l'ancienne littérature du sujet, qui comprend toutes les notices concernant les gisements phosphoritiques de la Suède. La liste ci-dessus n'embrasse que les ouvrages qui traitent en détail des roches phosphoritiques de la Scandinavie.