

## Concrétions tubulées du Merksemien (Pléistocène inférieur), à Anvers,

par R. VAN TASSEL.

**ABSTRACT.** — *Impure sideritic and phosphoritic concretions, roughly cylindrical, conical or subspherical, 3 to 30 cm long and 2 to 15 cm wide, occur in marine Lower Pleistocene sand at Antwerp, Belgium. They contain an axial, straight, unbranched tube, at the average 2,8 mm across, showing delicate wall-sculpture and ending into a flat chamber near the bottom of the concretion. Many chemical analyses are given and mineral identification is based on X-ray diffraction. The phosphate mineral is a variety of apatite. The concretions mainly stay right up in fine sand and form groups of several individuals. From the microscopic examination and the perfect conservation of the tube and its ornamentation it is concluded that the primary composition was phosphoritic. Comparison of the clastic component indicates that the concretions are not due to local cimentation of the environment. An animal organism, not yet identified, is held responsible for the formation of the concretions.*

Le creusement du bassin-canal devant relier l'Escaut, à hauteur de Zandvliet, aux 6<sup>e</sup> et 7<sup>e</sup> darses du port d'Anvers, à travers les polders, offre des occasions favorables pour l'observation du mode de gisement de remarquables concrétions. Celles-ci, grossièrement piriformes ou coniques, sont caractérisées par une tubulation axiale plus ou moins bien tranchée et par une structure en entonnoir bien visible en coupe longitudinale.

Il semble que ces concrétions, particulièrement abondantes sous le polder d'Ordam, au Sud de l'ancienne redoute d'Oorderen, n'ont pas encore fait l'objet d'une étude, bien qu'elles n'aient pas passé inaperçu, dans la région, à d'autres occasions.

Lors de ses observations stratigraphiques au Kruisschans, en 1952, dans la coupe de la porte amont de l'écluse Baudouin (point 1 de la fig. 1), J. DE HEINZELIN DE BRAUCOURT les a rencontrées et il a précisé, dans sa publication de 1955 [1, p. 6], que le sable merksemien est, vers la cote — 4,00 m, particulièrement riche « en concrétions calcaires; celles-ci ont fréquemment la forme d'une tête de champignon et sont munies d'un canalicule central ». L'examen des concrétions, que J. DE HEINZELIN a aimablement mises à ma disposition, révèle qu'il s'agit de concrétions subsphériques ou cylindriques, blanches ou

grises, de 3 à 7 cm de diamètre et de 4 cm de hauteur maximum, caractérisées par une tubulation axiale d'environ 3 mm d'ouverture et par une structure interne en cône, visible en section longitudinale. Deux d'entre elles montrent la sculpture délicate de la tubulation axiale, dont il sera question plus loin.

En 1956, E. LELOUP et B. KONIETZKO [2, p. 8], en décrivant la topographie de leurs stations biologiques du Bas-Escaut, font état de l'observation, faite en 1953, le long des schorres Galgeschoor, sur la zone de slikke, entre Lillo et Fort Frédéric (point 2 de la fig. 1), de l'occurrence de « pierres affectant la forme de plaques trouées, d'anneaux, de tubes et de cônes tronqués, percés du sommet à la base. Elles sont composées de carbonate de fer ( $\text{Fe C O}_3$ ) mélangé à du quartz (dét. R. VAN TASSEL) ». Parmi ces concrétions brunes encore actuellement conservées, il s'en trouve une, de forme cylindrique, de 2 cm de diamètre à tubulation axiale de 2,5 à 3 mm d'ouverture, comparable, sauf la surface extérieure plus lisse due à l'action de l'eau, aux concrétions du polder d'Ordam. Plusieurs autres concrétions brunes du même type ont ensuite été récoltées, à côté d'autres concrétions de sidérose en forme de rondelle, d'anneau ou de plaque, au cours d'une excursion, faite en 1954, sur les slikken du Galgeschoor.

En 1956, la collection du Dr G. HASSE <sup>(1)</sup> permet des observations complémentaires : quelques concrétions ou fragments de concrétions, bruns à gris, d'un diamètre maximum de 3 à 8 cm et d'une hauteur de 2 à 10 cm, y figurent et rappellent les concrétions du polder d'Ordam. Deux d'entre elles montrent la fine sculpture de la tubulation axiale de 3 mm d'ouverture. Les étiquettes accompagnant les spécimens mentionnent les provenances suivantes : « Krankeloon, Escaut, 1900, Pliocène », « Anvers, Pliocène », « 1<sup>re</sup> Darse, Anvers, Pliocène ». Feu G. HASSE a dû considérer les concrétions comme les produits de moulage de végétaux, car il a noté, sur ses étiquettes, les interprétations suivantes : « formation autour d'une branche », « autour d'un débris végétal », « nodule sur petite branche », « moule de branche ».

En 1962, M. E. REMES, conducteur de travaux technique du « Havenbedrijf », Section des travaux portuaires, de la ville d'Anvers, eut son attention attirée par l'occurrence, dans le

---

(1) Collection léguée à l'Institut royal des Sciences naturelles de Belgique et inscrite sous le numéro de l'inventaire général 20664.

tracé du bassin-canal B1, au Sud du Schijn (point 3 de la fig. 1), d'innombrables concrétions. Des spécimens en furent remis à M. GULINCK, géologue principal au Service géologique de Belgique, qui me les communiqua ensuite et qui, ainsi que J. DE HEINZELIN et W. VAN LECKWIJCK, m'accompagna quelques fois sur le terrain.

Il sied d'adresser des remerciements aux autorités et au personnel du Service technique du port d'Anvers, Section des travaux portuaires, et en particulier à M. G. SCHEPENS, ingénieur en chef-chef de section, ainsi qu'au Laboratoire hydraulique de l'État, à Borgerhout, et à tous les collègues et spécialistes qui ont bien voulu examiner les concrétions surtout du point de vue génétique.

#### I. — OCCURRENCES DES CONCRÉTIONS TUBULÉES.

La carte (fig. 1) localise les divers gisements des concrétions tubulées repérés jusqu'à présent :

1. Écluse Baudouin, coupe J. DE HEINZELIN, 1955 [1].
2. Galgeschoor, Lillo (3<sup>e</sup> district d'Anvers), rive droite de l'Escaut, à marée basse.
3. Excavation provisoire, dans le tracé du bassin-canal B1, faite pour l'extraction de sable pour le remblai de la voie ferrée, Polder d'Ordam, Oorderen (2<sup>e</sup> district d'Anvers).
4. Tranchée à l'endroit du circuit forcé du Schijn sous le bassin-canal B1 (photo 1) et tranchée immédiate pour mur de quai, Polder d'Ordam (2<sup>e</sup> district d'Anvers).
- 5 et 6. Tranchées pour murs de quai, à la sortie du bassin-canal B1, Polder d'Oorderen (2<sup>e</sup> district d'Anvers).
7. Tranchées pour la 7<sup>e</sup> darse, Wilmarsdonk (2<sup>e</sup> district d'Anvers).
8. Écluse de Zandvliet (4<sup>e</sup> district d'Anvers).

Il résulte de cette énumération que les concrétions, qui font l'objet de la présente étude, sont répandues sur une grande étendue. Elles sont particulièrement nombreuses sous le Polder d'Ordam (points 3 et 4) et c'est à cet endroit que la plus grande partie des observations ont été rassemblées. Les concrétions semblent se limiter aux dépôts sableux, parfois très coquillers et assez grossiers, appelés Sables de Merksem et Sables du

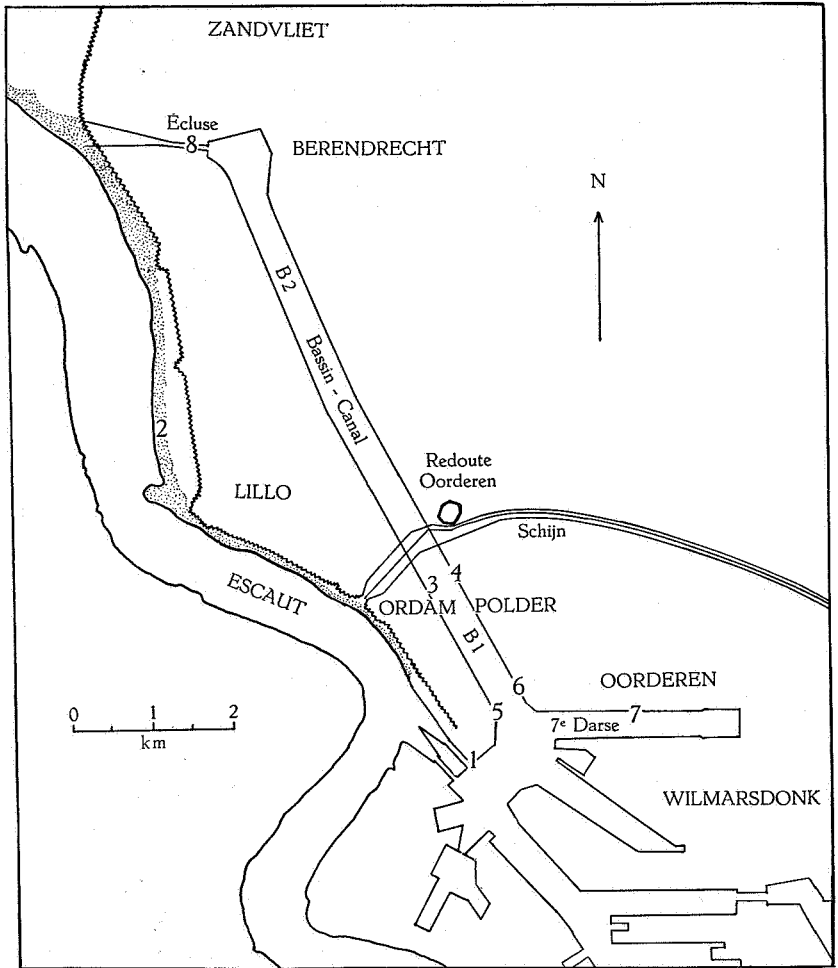


FIG. 1. — Carte de localisation des gîtes à concrétions tubulées.

Kruisschans, rangés tous deux, d'après les travaux stratigraphiques et paléontologiques précis de M. GLIBERT et J. DE HEINZELIN, dans le Merksemien, Pléistocène inférieur.

A l'Écluse Baudouin (point 1), J. DE HEINZELIN avait repéré les concrétions blanches et grises vers la cote — 4 m. Dans la 7<sup>e</sup> darse elles s'annoncent approximativement vers la cote

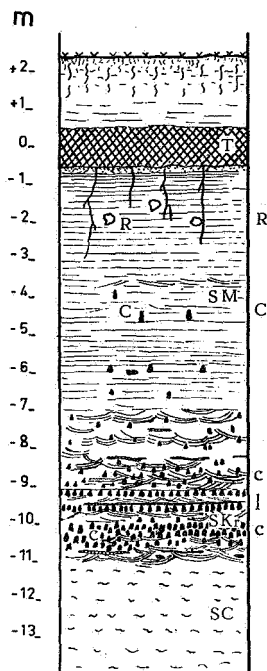


FIG. 2. — Coupe du Polder d'Ordam (points 3 et 4 de la carte) montrant dans les sables de Merksem (SM) et du Kruisschans (SKr) l'occurrence de concrétions (R) sans structures particulières sous la tourbe (T), de grosses concrétions tubulées (C) (entre les cotes -4 et -7 m), des lits ou bancs compacts d'aspect argileux (I) et de nombreuses petites concrétions tubulées (c) jusqu'au contact des sables de Kallo, Scaldisien (SC).

— 1 m, à peu de mètres sous la surface du sol, et se maintiennent jusqu'à environ -5 m. A l'entrée du bassin-canal B1, elles sont visibles, au point 5, déjà 1 m sous la tourbe et se répandent, parfois en grande abondance, de la cote -1 à -7 m. A cet endroit les concrétions sont très fragiles et de consistance argilo-sableuse. Au point 6, les concrétions sont rencontrées à -5 et -6 m. Dans le Polder d'Ordam, aux points 3 et 4, elles se montrent à -4 m, soit environ 6 m sous la surface, et sont repérées sur 7 m jusqu'à la base du Merk-

semien (photo 1). A l'Écluse de Zandvliet (point 8) elles sont observées, vers la cote — 9 m, dans un sable pauvre en coquilles.

L'abondance des concrétions dans le Polder d'Ordam (points 3 et 4) et la multitude des observations à cet endroit ont permis de dresser la coupe représentée par la figure 2, où il y a lieu de préciser que les concrétions tubulées de grandes dimensions se rencontrent approximativement entre — 4 et — 7 m, tandis que celles de petites dimensions sont observées surtout entre — 7 et — 11 m.

L'excavation provisoire dans le tracé du bassin-canal (point 3), fournit de très nombreuses concrétions, qui, lorsqu'elles sont déversées à la surface du sol, se désagrègent, suivant leur degré de compacité, en d'innombrables petits disques, plus ou moins coniques, montrant un trou central, témoin de la tubulation sectionnée, comme taillé à l'emporte-pièce.

## II. — DESCRIPTION DES CONCRÉTIONS.

Il est fait état ici, en particulier, des concrétions tubulées et, accessoirement, des lits ou bancs compacts interstratifiés, qui leur sont parfois associés, et, enfin, des concrétions dépourvues de structure, indiquées R dans la coupe de la figure 2.

### A. — LES CONCRÉTIONS TUBULÉES.

Ces concrétions accusent grossièrement des formes cylindriques, coniques ou subsphériques. Elles sont de dimensions fort variables : longueur de 3 à 30 cm, diamètre de 2 à 15 cm. Leur poids varie en conséquence, jusqu'à atteindre 3,7 kg dans le plus gros spécimen récolté (hauteur 25 cm, diamètre maximum 8 cm). Généralement elles sont compactes et fort dures. Parfois elles sont de consistance argileuse (points 4 et 7 de la carte) ou sableuse (point 5). Leur poids spécifique varie, dans la plupart des cas, entre 2,6 et 3,1, mais il monte à 3,3 dans les concrétions les plus dures.

Une caractéristique remarquable de ces concrétions est la présence d'une tubulation axiale, qui apparaît d'une façon bien tranchée dans les petits spécimens. Une autre caractéristique est l'existence d'une structure en entonnoir, bien mise en évidence dans les coupes longitudinales, soulignée par de fins lits de débris de coquilles et de grains de quartz et de glauconite.

L'angle de l'entonnoir, de l'ordre de 90° au sommet de certaines concrétions, s'élargit graduellement vers la base pour se rapprocher d'un angle de 180°.

Pour la commodité de la description une distinction est faite entre petites et grosses concrétions. Cette façon de faire ne vise pas seulement une différence de dimensions, mais tient compte d'une signification stratigraphique, structurale et parfois chimique.

### 1. Les petites concrétions tubulées.

Ces concrétions ont une longueur de 3 à 9 cm et un diamètre de 1,5 à 6 cm. Elles rappellent assez fidèlement les formes d'une poire, d'une carotte ou d'une pomme. Elles accusent une consistance fort variable : elles peuvent être tendres comme l'argile (points 4 et 7 de la carte), friables comme du sable peu cohérent (point 5) ou fort dures (points 3 et 4), en passant par tous les stades intermédiaires. La couleur, à l'intérieur, est blanche à gris clair (points 1 et 6), gris foncé, jaune clair (point 3), ocre, gris foncé ou brune. Une même concrétion peut présenter différentes teintes (points 3 et 4). Il n'est pas rare, par exemple, de trouver des concrétions dont la partie supérieure est brune, tandis que la partie inférieure est grise (concrétions analyses 943 et 945). Certaines concrétions (point 4) renferment des noyaux pâles dans une masse gris-brun. Ces différences de couleurs se traduisent, comme il est exposé au chapitre sur la composition, par des variations dans la composition chimique et minéralogique.

Le poids spécifique varie, dans les concrétions suffisamment cohérentes pour en permettre une détermination à la balance hydrostatique, de 2,57 à 2,70 (mesures sur dix spécimens), soit en moyenne 2,63, pour les concrétions gris clair ou jaune clair, et de 2,87 à 3,29 (mesures sur quatorze spécimens), soit en moyenne 3,05, pour les concrétions brunes. Les concrétions, en partie grises ou jaune clair, en partie brunes, donnent des poids spécifiques intermédiaires (concrétion de l'analyse 943 : P.S. 3,02).

Les concrétions sont traversées, sur presque toute leur hauteur, par une tubulation axiale, généralement parfaitement circulaire, dont le diamètre est très souvent compris entre 2,5 et 3 mm, en moyenne 2,8 mm (moyenne de 50 mesures). Ce diamètre reste constant sur toute la hauteur de la concrétion. En comparant diverses concrétions il y a lieu de constater que

le diamètre de la tubulation varie, grossièrement en fonction directement proportionnelle, avec le diamètre maximum de la concrétion. Dans les concrétions de petite taille, de l'ordre de 1,5 cm de diamètre, l'ouverture de la tubulation est fort réduite et peut descendre jusqu'à 1 mm.

La tubulation ne montre aucune ramification et est presque toujours rigoureusement rectiligne. Exceptionnellement elle est légèrement courbée ou elle apparaît comme dérangée par une petite faille transversale. Dans les concrétions de teinte pâle, la tubulation se montre particulièrement bien tranchée. Ce phénomène explique la formation de disques munis d'un trou central parfaitement net lors de la désagrégation de ces concrétions exposées à l'altération (point 3 de la carte).

Une autre caractéristique des concrétions est la concentration autour de la tubulation, sur une largeur d'environ 2 mm, d'un grand nombre de débris coquillers et de grains de sable.

La tubulation peut être creuse, surtout dans les concrétions de teinte pâle, ou elle peut se remplir de grains de sable agglomérés ou d'une substance brune apparemment amorphe (sidérite identifiée par rayons X) ou, encore, elle peut être partiellement ou complètement pyritisée, surtout dans les concrétions gris foncé ou brunes. Cette dernière minéralisation se présente sous forme d'un agrégat d'innombrables globules noirs, de 5 à 40  $\mu$ , de pyrite (identifiée par rayons X). Cette pyrite tapisse les parois de la tubulation comme un revêtement noir, ou elle remplit complètement la tubulation à tel point qu'il devient possible, dans les concrétions gris foncé ou gris-brun, de consistance argileuse (point 7 de la carte) ou sableuse (point 5), de dégager un tube dur et noir, de 2,5 à 3 mm, modelant fidèlement la fine structure observée sur les parois de la tubulation.

La tubulation axiale aboutit, en s'évasant brutalement près de la base de la concrétion, dans une espèce de chambre plus ou moins plate, d'un centimètre de diamètre et de 1 à 3 mm de hauteur, se terminant latéralement en biseau. Comme la tubulation décrite, cette chambre est creuse ou pyritisée. La pyritisation y est d'ailleurs généralement plus importante que dans la tubulation et se révèle souvent immédiatement, au cours du sciage de l'échantillon, par un noyau dur, d'aspect métallique.

Sous la chambre se dessine ensuite une tubulation plus étroite, assez droite, d'un diamètre d'environ 1 mm, qui se prolonge jusqu'à la périphérie inférieure de la concrétion. Cette tubulation est vide, limonitisée ou le plus souvent pyritisée.



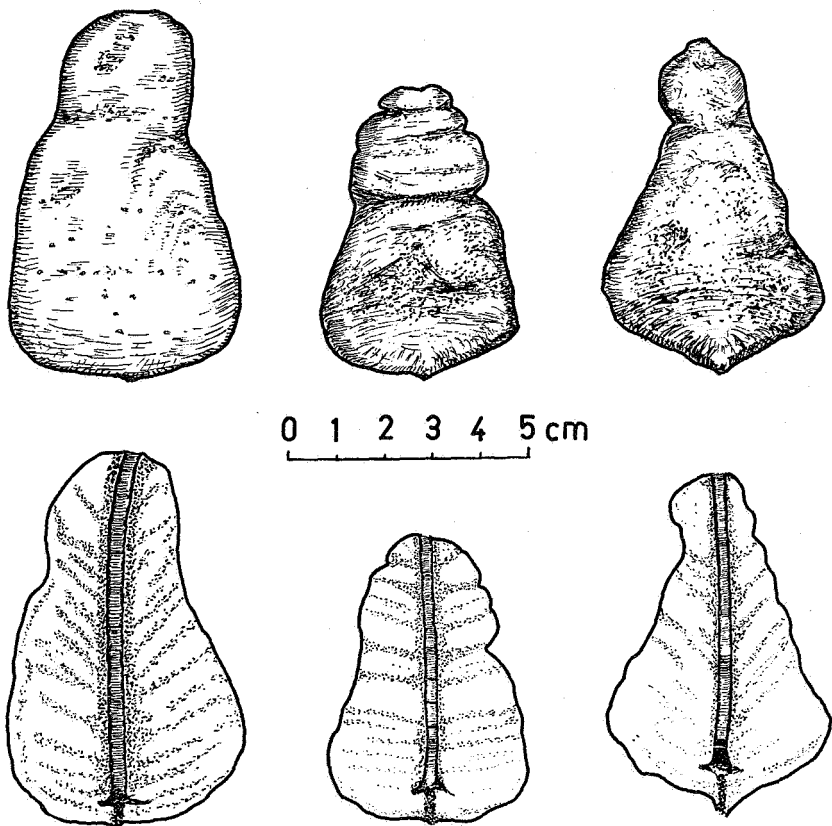


FIG. 3 — Petites concrétions tubulées du Polder d'Ordam.

Rangée supérieure : trois concrétions, aspect extérieur. Rangée inférieure, les mêmes concrétions vues en coupe longitudinale, montrant la structure en entonnoir, la tubulation axiale, la concentration de débris de coquilles le long de cette tubulation, la chambre plate près de la base et la petite tubulation inférieure peu développée.

La figure 3 représente trois concrétions provenant du polder d'Ordam, vues sous leur aspect extérieur et en coupe longitudinale, de façon à illustrer les diverses propriétés qui viennent d'être décrites.

L'examen de la tubulation supérieure permet de déceler sur la paroi interne, surtout dans les concrétions de couleur pâle, l'existence d'un système de stries serrées, subparallèles et sub-

horizontales. Celles-ci sont distantes l'une de l'autre d'environ 0,2 mm. Cette ornementation se révèle dès le début de la tubulation, se manifeste encore dans la partie évasée à l'entrée de la chambre et disparaît ensuite. La petite tubulation inférieure, sous la chambre, est dépourvue de toute ornementation.

L'ensemble des stries présente une certaine segmentation, soulignée par une incision plus profonde dans la paroi de la tubulation. L'importance de ces segments varie en fonction de l'ouverture du tube : les segments sont de l'ordre de 2,9 mm pour les tubulations de 1,7 mm de diamètre et de 6,6 mm pour les tubulations de 3,3 mm de diamètre. Pour la grande majorité des tubulations, de 2,8 mm de diamètre, les segments ont 5,6 mm de hauteur. Le premier segment, au-dessus de la chambre, ne paraît guère différent. La figure 4 donne une représentation détaillée de l'ornementation de la tubulation axiale.

## 2. Les grosses concrétions tubulées.

Ces concrétions se rencontrent dans les niveaux supérieurs à ceux des petites concrétions. Elles ont une hauteur de 7 à 30 cm et un diamètre maximum de 6 à 15 cm. Leur poids peut atteindre 3,7 kg. Elles sont caractérisées par une grande dureté et un poids spécifique élevé. Ce dernier varie entre 2,85 et 3,27 (mesures sur dix spécimens), soit 3,07 en moyenne. A l'extérieur, la couleur est brune; à l'intérieur, elle est grise ou brune. Les concrétions montrent, en gros, les propriétés signalées pour les petites concrétions. Toutefois, elles accusent en général une forme moins régulière. La tubulation axiale est moins nette, apparaît souvent plus large (0,5 à 1 cm) et est moins régulière d'allure. Il n'y a plus question d'ornementation et l'ensemble présente plutôt un aspect carié. La figure 5 montre une grande concrétion vue en coupe.

## 3. Les concrétions tubulées jumelées.

Le plus souvent les concrétions se présentent, dans le sédiment, parfaitement individualisées. Il n'est toutefois pas rare de rencontrer, aussi bien chez les petites que chez les grosses concrétions, des groupements de plusieurs spécimens, composés de 2, 3, etc., voire de 16 individus. Les individus ainsi groupés donnent l'impression de conserver le plus possible leurs propriétés individuelles. La figure 6 montre un groupe de deux

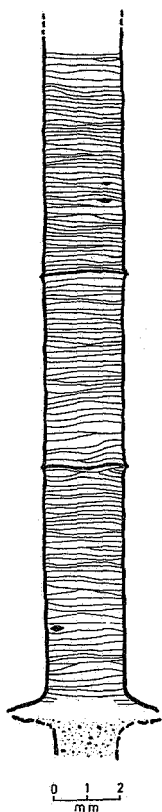


FIG. 4. — Détail de la fine ornementation de la tubulation axiale.

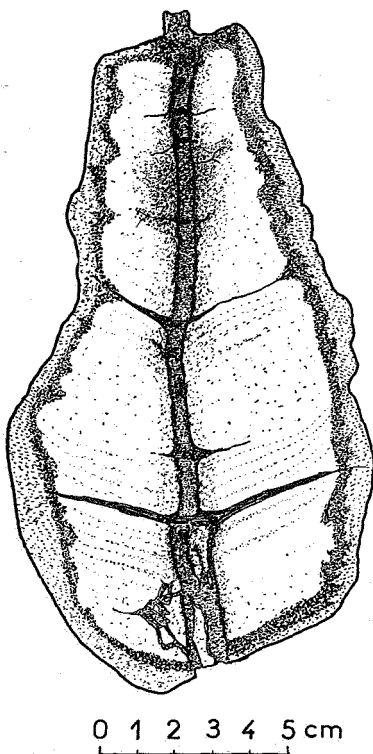


FIG. 5. — Grosse concrétion tubulée (poids spécifique: 3,11) du Polder d'Ordam, vue en coupe longitudinale, avec liséré d'altération et avec crevasses et lits de sable en entonnoir.

petites concrétions. Un groupement, dépassant 4 kg, s'est révélé être composé d'une dizaine de concrétions de 10 cm de hauteur.

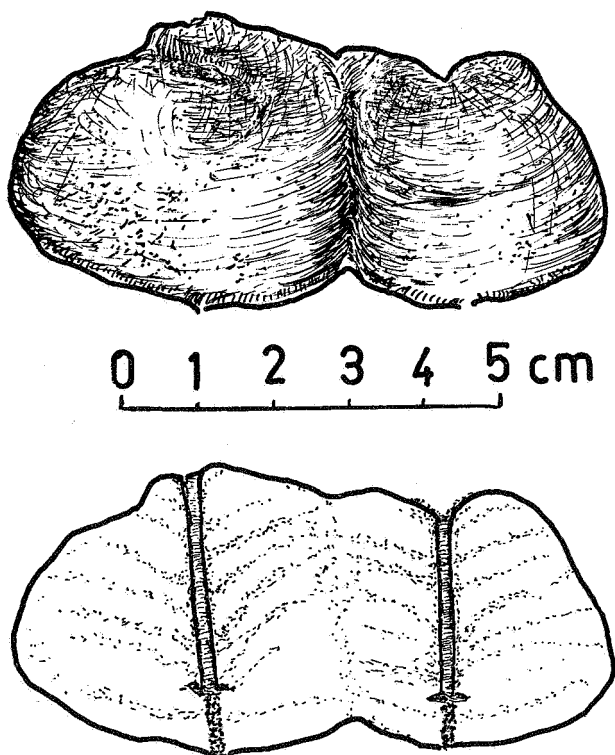


FIG. 6. — Groupement de deux concrétions tubulées du Polder d'Ordam, vu sous son aspect extérieur et en coupe longitudinale.

#### B. — LES LITS ET BANCS INTERSTRATIFIÉS COMPACTS.

Dans les sables merksemiens s'observent souvent des lits, de 0,5 à 2 cm d'épaisseur, et des bancs, de 2 à 10 cm d'épaisseur, d'allure lenticulaire, parfois de consistance argileuse surtout à l'état humide, parfois très compacts et durs. Leur couleur est blanche, grise, ocre ou franchement brune. Il importe de les signaler dans le cadre de cette étude, car ils sont parfois en association intime avec les concrétions tubulées. Dans le Polder d'Ordam (point 4), par exemple, les concrétions ont marqué une prédilection de s'installer, dans le sable, immédiatement sous un lit compact, formant ainsi un horizon extrêmement riche en concrétions (photo 3 de la pl. I).

### C. — CONCRÉTIIONS PEU COHÉRENTES OU DURES DE FORME IRRÉGULIÈRE.

A faible profondeur (environ 2 m) sous la tourbe du Polder d'Ordam se présentent, dans la zone où pénètrent encore les racines de la végétation tourbière (jusqu'à 3 m sous la tourbe), des concrétions réparties irrégulièrement dans le sable. Il s'agit, d'une part, de concrétions brunes et dures, composées de sable agglutiné par de la limonite, formées manifestement autour de racines (les traces végétales se trouvent parfois encore dans les cavités), et, d'autre part, de concrétions peu cohérentes, grises à brunes, de forme indéfinie (de dimensions de l'ordre de 6 à 10 cm), englobant des radicelles. Ces dernières concrétions, indiquées R dans la figure 2, ne montrent aucune structure particulière et leur formation semble due à des cimentations locales. Elles s'écartent indubitablement, quant à leur structure, des concrétions tubulées.

### III. — COMPOSITION CHIMIQUE ET MINÉRALOGIQUE.

#### A. — DONNÉES ANALYTIQUES.

La composition des concrétions et des lits interstratifiés est assez variable. A part les coquilles ou débris de coquilles et les grains de sable (quartz et glauconite), qui constituent une fraction plus ou moins importante des concrétions, la composition est caractérisée par du phosphate pour les concrétions et les lits de couleur claire, et par du carbonate de fer pour les concrétions et les lits de couleur gris foncé ou brune. Les enregistrements par diffraction des rayons X permettent de préciser qu'il s'agit, dans le premier cas, d'un minéral du groupe de l'apatite, et, dans le second, de la sidérite. Fréquemment la composition des petites concrétions du Polder d'Ordam est complexe, la partie foncée étant de la sidérite, la partie claire étant du phosphate.

Les tableaux 1, 2, 3, 4 et 5 consignent les données analytiques (1), respectivement pour les petites concrétions de couleur

---

(1) L'auteur tient à remercier ses collaborateurs techniques P. DE KLEER-MAEKER et L. VAN STIPHOUDT de la part importante qu'ils ont prise dans l'exécution des analyses chimiques et roentgenographiques et dans la préparation des échantillons.

claire, les petites concrétions de couleur brune, les grosses concrétions, les lits et bancs interstratifiés compacts et, finalement, les concrétions dépourvues de structure rencontrées à faible distance sous la tourbe. Dans ces tableaux (An : numéro d'analyse), les teneurs indiquées pour Fe O (tout le fer calculé comme Fe O), Ca O, Mn O, C O<sub>2</sub> et P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> sont obtenues sur la fraction soluble de l'échantillon (H Cl 2N chaud pour Fe O, Ca O, C O<sub>2</sub>; HNO<sub>3</sub> 1 : 1 pour Mn O et P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), tandis que les valeurs pour le résidu à l'acide, la perte au feu (P.F.), H<sub>2</sub>O<sup>-</sup>, H<sub>2</sub>O<sup>+</sup> et F ont été obtenues sur la prise brute. Le magnésium, si présent, joue un rôle négligeable. Les indications Ap et(ou) Sid marquent la présence d'apatite et(ou) de sidérite comme révélée par les rayons X (RX), tandis que l'indication P.S. précise le poids spécifique. Le tiret signifie l'absence de donnée.

TABLEAU 1.

## Composition de petites concrétions tubulées de couleur claire.

AN	984 (1)	985 (2)	990 (2)	991 (2)	987 (3)	988 (3)	989 (3)	993 (4)	994 (4)
	%	%	%	%	%	%	%	%	%
P.F. ... ..	9,5	12,9	—	—	—	—	—	—	—
Fe O ... ..	3,2	1,4	(2,2)	(3,5)	5,4	6,2	7,6	3,8	4,6
Ca O ... ..	14,8	26,6	26,6	29,0	23,2	26,4	26,1	19,8	16,9
Mn O ... ..	0,07	0,06	—	—	—	—	—	0,2	0,2
C O <sub>2</sub> ... ..	2,0	7,2	—	—	6,6	5,8	—	—	—
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ... ..	17,5	17,9	18,9	19,2	16,8	19,3	18,9	17,1	12,3
F .. ... ..	2,0	1,4	1,8	1,8	1,8	1,9	—	1,2	—
Résidu . ...	39,3	26,0	25,6	25,0	29,7	23,9	20,8	28,6	42,7
RX ... ..	Ap	Ap	—	—	Ap	Ap	—	Ap	Ap
P.S. ... ..	2,40	2,70	2,68	2,66	2,64	2,67	2,58	2,59	2,65

(1) Anvers, Collection G. HASSE. D'après l'étiquette : « Calcaire dissous et reformé en lamelles autour d'un débris végétal ». Spécimen décalcifié.

(2) Écluse Baudouin, Récolte J. DE HEINZELIN, 1952, point 1 de la carte, *in situ*.

(3) Polder d'Ordam, point 3 de la carte.

(4) Bassin-canal B1, point 6 de la carte, spécimen prélevé *in situ*.

TABLEAU 2. — Composition de petites concrétions tubulées brunes.

AN	900 (1)	941 (1)	939 (1)	940 (1)	948 (2)	943 (2)	945 (2)	946 (2)	998 (3)	1000 (3)
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
H <sub>2</sub> O ...	1,7	2,2	2,5	2,4	1,5	2,4	2,5	2,5	3,0	2,4
Fe O ...	36,8	37,2	34,3	24,9	41,2	30,7	23,9	24,8	8,3	6,6
Ca O ...	7,3	—	—	—	5,0	9,9	11,4	9,6	8,9	9,8
Mn O ...	0,4	0,4	0,4	0,3	0,6	0,4	—	—	—	—
C O <sub>2</sub> ...	25,2	—	—	—	28,7	22,2	18,1	20,9	10,5	11,0
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ...	2,3	0,1	1,9	1,1	0,6	5,7	7,5	0,4	+	+
F ...	—	—	—	0,15	0,03	0,5	—	—	—	—
Rés. ...	20,2	24,8	25,2	34,1	17,9	18,8	25,4	34,8	64,1 (4)	67,7 (5)
RX. ...	Sid	—	—	—	—	Sid+Ap	Sid+Ap	—	—	Sid
P.S. ...	3,06	3,03	2,90	—	3,11	3,02	2,96	—	—	—

(1) Polder d'Ordam, point 3 de la carte, spécimens récoltés à la surface. Les quatre analyses sont classées suivant l'aspect plus ou moins compact de la concrétion.

(2) Polder d'Ordam, point 4 de la carte, spécimens prélevés *in situ*. Analyses classées suivant l'aspect compact de la concrétion.

(3) Bassin-canal, point 5, spécimens de consistance sableuse, prélevés *in situ*.

(4) Comprend 35 % Si O<sub>2</sub> de la prise totale.

(5) Comprend 46 % Si O<sub>2</sub> de la prise totale.

Les radiogrammes de poudres montrent, à part le quartz et parfois la calcite et un minéral argileux, la présence de sidérite dans les concrétions riches en fer et d'un minéral du groupe de l'apatite dans les concrétions riches en phosphate. Les distances réticulaires relevées pour la variété de l'apatite sont : 3,45 m, 3,17 f, 2,796 TF, 2,70 F, 2,62 m, 2,51 tf, 2,24 m, 2,14 f, 1,93 m, 1,881 f, 1,838 mF, 1,709 f, 1,765 f, 1,743 f, 1,725 f.

Les résultats chimiques indiquent que les petites concrétions brunes compactes contiennent de 46 à 50 % Fe O calculé sur la fraction soluble, celles qui sont plus argileuses de 38 à 46 %

TABLEAU 3. — Composition de grosses concrétions brunes.

AN	905 ( <sup>1</sup> )	958 ( <sup>2</sup> )	942 ( <sup>3</sup> )
	%	%	%
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup> ... ..	1,4	2,0	1,8
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup> ... ..	1,6	—	—
Fe O ... ..	45,4	35,2	46,7
Ca O ... ..	4,6	5,3	—
Mn O ... ..	0,4	0,6	—
C O <sub>2</sub> ... ..	29,2	23,6	—
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ... ..	2,2	1,8	0,3
F ... ..	0,2	—	—
Rés. ... ..	11,8	26,5	14,6
RX ... ..	Sid	Sid	Sid
P.S. ... ..	3,10	2,92	3,23

(<sup>1</sup>) Polder d'Ordam, point 3 de la carte, spécimen prélevé *in situ*.

(<sup>2</sup>) Polder d'Ordam, point 4 de la carte, spécimen prélevé *in situ*.

(<sup>3</sup>) Polder d'Ordam, point 3 de la carte, concrétion en position couchée.

Fe O, celles qui sont argilo-sableuses de 20 à 23 % Fe O, les grosses concrétions de 48 à 56 % Fe O et les lits bruns compacts de 42 à 54 % Fe O.

Cette quantité considérable de fer soluble dans l'acide se trouve sous forme de carbonate. On constate, en effet, dans les concrétions très riches en fer et pauvres en phosphate (< 1 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) (analyses 946 et 948), que la somme moléculaire Fe O + Ca O correspond à la quantité observée de C O<sub>2</sub>. Aussi bien le calcium que le fer sont ici liés au carbonate.

Dans les concrétions plus riches en phosphate (analyses 900, 943, 945, 958, 903 et 904), on relève une teneur en C O<sub>2</sub> trop faible par rapport à la somme Fe O + Ca O. Il faut toutefois



TABLEAU 4. — Composition des lits et bancs interstratifiés compacts.

AN	Couches brunes							Couches de couleur claire				
	382 ( <sup>1</sup> )	923 ( <sup>2</sup> )	903 ( <sup>3</sup> )	904 ( <sup>3</sup> )	944 ( <sup>4</sup> )	947 ( <sup>4</sup> )	949 ( <sup>4</sup> )	1051 ( <sup>5</sup> )	1131 ( <sup>5</sup> )	1130 ( <sup>5</sup> )	— 1133 ( <sup>6</sup> )	( <sup>7</sup> )
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup> ...	1,1	—	1,6	2,1	1,7	1,6	2,3	—	—	—	—	—
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup> ...	1,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Fe O ...	50,3	43,7	43,2	38,1	32,5	42,5	38,9	—	7,6	6,1	—	7,8
Ca O ...	3,1	1,9	7,7	7,4	—	4,0	6,2	31,0	—	—	—	—
Mn O ...	1,2	0,4	0,5	0,4	—	—	—	—	—	—	—	—
C O <sub>2</sub> ...	31,9	28,3	28,3	25,8	—	28,8	27,2	—	—	—	—	—
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ...	0,6	0,8	5,0	1,8	0,9	0,5	0,5	22,1	20,7	21,5	—	16,0
Rés. ...	6,5	20,7	7,9	20,6	22,8	18,2	20,6	17,2	18,1	18,5	—	27,6
RX ...	Sid	—	Sid	—	—	—	—	Ap	Ap	Ap	Ap	Ap
P.S. ...	3,36	3,26	3,28	2,90	—	3,08	3,02	2,72	2,74	2,73	—	—

(<sup>1</sup>) Spécimen récolté sur les slikken du Galgeschoor, Lillo, point 2 de la carte.

(<sup>2</sup>) Zandvliet, point 8 de la carte, *in situ*.

(<sup>3</sup>) Polder d'Ordam, point 3 de la carte.

(<sup>4</sup>) Polder d'Ordam, point 4 de la carte, *in situ*.

(<sup>5</sup>) Écluse Baudouin, récolte 1952, J. DE HEINZELIN, point 1 de la carte, *in situ*.

(<sup>6</sup>) Bassin-canal B1, point 6 de la carte, *in situ*.

(<sup>7</sup>) Septième darse, point 7 de la carte, *in situ*.

retenir une certaine quantité de calcium pour le lier au phosphate. Le rapport moléculaire Ca O : P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> est 3,3 dans la fluorapatite et dans la francolite. Si on lie d'abord, suivant ce rapport, la quantité nécessaire du calcium au phosphate observé, on constate ensuite que la somme moléculaire (Ca O en excès + Fe O) correspond de nouveau à la quantité de C O<sub>2</sub> trouvée.

Les petites concrétions et les lits de couleur pâle sont riches en calcium, en phosphate et en fluor. Les premières contiennent de 28 à 38 % Ca O, 21 à 25 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et 2,1 à 2,5 % F dans la

TABLEAU 5.

Composition de concrétions peu cohérentes dépourvues de structure.

AN	954 ( <sup>1</sup> )	955 ( <sup>1</sup> )	956 ( <sup>1</sup> )	957 ( <sup>1</sup> )
	%	%	%	%
H <sub>2</sub> O .. ... ..	2,5	2,0	2,5	2,1
Fe O ... ..	24,4	25,7	24,1	33,1
Ca O ... ..	8,2	7,1	5,4	6,9
Mn O .. ... ..	0,2	0,3	—	—
CO <sub>2</sub> ... ..	15,7	16,0	14,7	19,5
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ... ..	5,7	6,0	—	—
F.. ... ..	0,5	0,5	—	—
Rés. ... ..	33,6	31,2	35,0	27,6
RX ... ..	Sid	—	—	—
P.S. ... ..	3,12	—	—	—

(<sup>1</sup>) Polder d'Ordam, point 4 de la carte, 2 m sous la tourbe (concrétions, prélevées *in situ*, indiquées R dans la coupe de la fig. 2).

fraction soluble dans l'acide, les derniers 37,5 % Ca O et 27 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. La teneur en fluor varie, dans toutes les analyses, en fonction de la teneur en phosphate et constitue environ 10 % de cette dernière, suggérant que le fluor est lié au phosphate.

Il est assez spéculatif de vouloir préciser la composition du phosphate. Toutefois, en se référant aux concrétions sidéritiques quasi exemptes de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, on peut supposer que tout le Ca O provient de débris de coquilles. Il y a ainsi en moyenne 6 % Ca O calculé sur la fraction soluble pour l'apport des coquilles. Admettant ce chiffre il ne reste plus guère de Ca O pour le combiner au carbonate dans une carbonateapatite et il faudrait supposer dès lors que le phosphate serait plutôt un phosphate non carbonaté. D'un autre côté, après avoir combiné, pour les concrétions de couleur claire, tout le Fe O dosé et 6 % Ca O

(sur la fraction soluble) au  $\text{CO}_2$ , il se déduit pour le phosphate une composition répondant à 27,1 %  $\text{CaO}$ , 24,2 %  $\text{P}_2\text{O}_5$  et 2,4 %  $\text{F}$ , avec un rapport  $\text{CaO} : \text{P}_2\text{O}_5 = 2,9$ . On se rapproche ainsi du rapport rencontré dans la francolite (fluorcarbonate-apatite), mais, dans cette condition, il faudrait disposer d'une certaine quantité de carbonate pour la fixer dans le minéral phosphaté.

En résumé, il faut conclure que les analyses ne permettent pas de préciser, sur des bases suffisamment solides, la nature spécifique de la variété de l'apatite constituant les concrétions phosphatées. Le minéral phosphaté, ou tout au moins le principal constituant phosphaté cristallisé, est à assimiler au collophane, au sens de D. Mc CONNELL [3], c'est-à-dire « a natural microcrystalline, phosphatic material, that produces an X-ray pattern similar to apatite if it has not been investigated with sufficient thoroughness or if it is too impure to justify a specific name, such as dahllite, dehrnite or francolite ».

## B. — MICROGRAPHIE.

L'image des concrétions tubulées au microscope polarisant est relativement simple. A part les grains clastiques de quartz et de glauconite et les coquilles ou débris de coquilles, les préparations montrent pour les concrétions de couleur claire (blanche, gris clair, jaune pâle) une masse de fond très peu biréfringente et apparemment amorphe (phosphate, caractérisé par analyse chimique et par radiogramme), pour les concrétions gris brunâtre un envahissement plus ou moins prononcé de sphérules très réfringentes et biréfringentes, de  $10 \mu$ , de sidérite dans une masse de fond quasi amorphe et pour les concrétions denses et franchement brunes une mosaïque de grains de sidérite ( $15 \mu$ ). La figure 7 représentant trois concrétions et leurs images microscopiques, illustre cette disposition.

Comme, d'une part, la micrographie suggère un envahissement progressif par la sidérite en passant des concrétions pâles aux concrétions brunes, et comme, d'autre part, l'examen macroscopique révèle une destruction graduelle des contours nets de la tubulation axiale et de son ornementation délicate (caractères évidemment primaires), en allant dans le même sens, il faut conclure que les concrétions denses sont le résultat d'une sidéritification et, par conséquent, que la composition

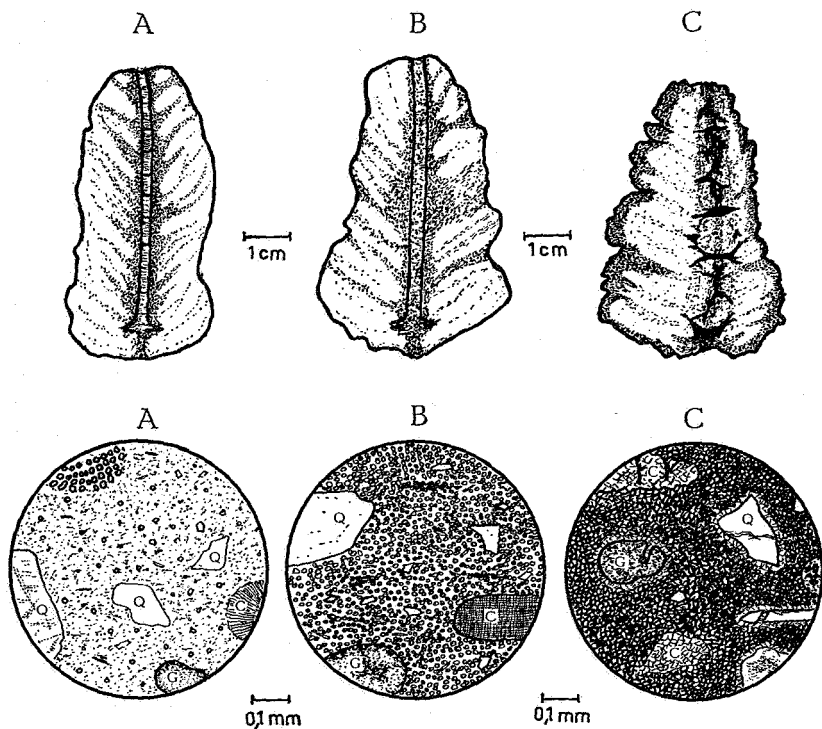


FIG. 7. — Trois concrétions et leurs images microscopiques.  
Provenance Polder d'Ordam.

- A. — Concrétion phosphatée (phosphorite), poids spécifique (P.S.) 2,62, tubulation bien tranchée et ornementation bien conservée, masse de fond micro- et cryptocristalline avec de rares sphérules de sidérite.
- B. — Concrétion de sidérite, P.S. 3,08, tubulation encore bien observable, ornementation difficilement observable, envahissement de sphérules de sidérite.
- C. — Concrétion très dure de sidérite, P.S. 3,29, tubulation détruite, mosaïque de grains de sidérite.
- (Indications pour les figures de la rangée inférieure : Q quartz, C calcite, G glauconite.)

antérieure des concrétions fut caractérisée par du phosphate. Les concrétions sont donc plutôt à considérer primitivement comme des phosphorites.

Les lits et bancs interstratifiés compacts offrent la même image microscopique : les spécimens blancs à gris sont constitués d'une masse amorphe phosphatée et les spécimens bruns d'une masse de fond sidéritique. Il s'avère justifié, dès lors, de supposer que ces lits ou bancs bruns, parfois si intimement associés aux concrétions tubulées (photo 1), ont connu le même processus de substitution et qu'ils ont donc également passé d'une composition phosphatée à une composition sidéritifère.

Cette interprétation semble d'ailleurs plus compatible avec les conditions de dépôt dans la mer merksemienne. En effet, le grain grossier de sable, l'abondance remarquable de coquilles, la stratification entrecroisée du sable indiquent une eau agitée, pas très profonde et par conséquent relativement bien aérée. On conçoit assez mal dans ces conditions un dépôt direct du carbonate ferreux, qui exigerait plutôt un milieu réducteur.

La substitution du phosphate par la sidérite se fait de haut en bas (cas de concrétions à partie supérieure brune et à partie inférieure pâle) ou de l'extérieur vers l'intérieur (concrétions brunes à noyaux clairs). La substitution de phosphate par de la sidérite n'est pas un phénomène inconnu (STRAKHOV, 1957, p. 91) [4].

L'apport du fer et le processus de la sidéritification des concrétions ou lits phosphatés constituent un phénomène restant encore à expliquer, de même que l'origine et le dépôt d'une quantité de phosphate non négligeable. Il importe toutefois de signaler que, suivant KARAKOV, des phosphates marins peuvent se former dans l'eau de mer à teneur en sel normale et en profondeurs comprises entre 50 et 200 m (CAROZZI, A. V., 1960, p. 401) [5].

#### IV. — MODE DE GISEMENT DES CONCRÉTIONS TUBULÉES ET LEURS RAPPORTS AVEC LE MILIEU.

Les concrétions se présentent presque exclusivement en position debout, c'est-à-dire qu'elles ont la tubulation axiale disposée verticalement et la pointe des entonnoirs dessinés par le litage orientée vers le bas. Leur orientation correspond donc à celle adoptée pour les figures 3 à 8. Dans de rares cas cepen-

TABLEAU 6.  
Caractéristiques granulométriques des sables merksemiens.

Provenance	Cote	Fraction >42 mesh ( <sup>1</sup> )	Fraction sableuse ( <sup>2</sup> )											Fraction fine <250 mesh ( <sup>1</sup> )	Perte à l'acide ( <sup>1</sup> )
			42	48	60	65	80	100	115	150	170	200	250		
Polder d'Ordam, point 3 (niveaux à grosses concrétions)	— 5 m	1,2	1	2	5	6	14	30	28	12	2	1	0,2	4,4	—
		0,1	0	0	1	1	7	33	39	17	1	0,5	0,1	1,5	47
	— 5,5 m	0,2	0	1	2	3	12	39	32	9	1	0,5	0,2	3	—
		0,1	0	0	0	1	10	47	33	8	0,6	0,3	0	—	25
	— 7 m	3,5	2	3	8	6	15	32	21	9	1	0,6	0,1	3	—
		2,0	2	1	0	4	15	36	27	13	1	0,4	0	—	25
Polder d'Ordam, point 4 (niveaux à petites concrétions)	env. — 9 m	20	18	26	27	9	4	6	6	4	0,7	1	0	1	—
		4	12	24	32	10	3	6	7	5	0,9	0,6	0,1	1,5	43
	env. — 10 m	31	26	28	25	7	3	3	4	4	0,7	0,4	0	0,9	—
		14	18	27	30	9	2	3	4	5	0,9	0,5	0,1	1,6	51

	env. — 10 m (50 m au Sud du précédent)	18 <i>5</i>	18 27 28 8 3 4 5 4 0,6 0,4 0,1 <i>12 25 33 10 2 3 5 6 0,8 0,4 0,1</i>	1,5 <i>1,8</i>	— <i>37</i>
Bassin-canal (point 5)	— 5 m	1,2 <i>0,1</i>	1 2 4 4 16 41 22 7 1 0,3 0 <i>0 1 2 3 15 44 25 9 1 0,3 0</i>	0,4 <i>0,1</i>	— <i>20</i>
		0,8 <i>0</i>	1 2 3 4 14 40 24 9 1 0,2 0 <i>0 1 2 2 11 40 29 11 1 0,2 0</i>	0,6 <i>0,1</i>	— <i>23</i>
Bassin-canal (point 6)	— 5 m	1,1 <i>0</i>	1 2 4 5 18 47 17 3 0,3 0,2 0 <i>0 0 0 1 16 58 21 4 0,3 0,2 0</i>	0,4 <i>0,3</i>	— <i>28</i>
Zandvliet (point 8)	— 9 m	0,4 <i>0</i>	0 0 1 1 8 36 39 13 1 0 0 <i>0 0 0 1 6 40 38 13 1 0 0</i>	0,9 <i>0,1</i>	— <i>5</i>

En chiffres droits : sable non traité; en italiques : sable traité à l'acide.

(1) % sur totalité du sable brut. Abondance de coquilles dans la fraction > 42 mesh.

(2) % sur fraction comprise entre 42 et 250 mesh.

dant, les concrétions se rencontrent en position couchée. Au lieu d'une section transversale circulaire, elles présentent alors, ainsi que la tubulation centrale, une section ovale avec le plus grand diamètre disposé suivant la stratification. Les concrétions couchées accusent en général des formes extérieures plus arrondies et des diamètres plus constants sur toute la longueur de la concrétion. Elles sont interprétées comme des concrétions renversées et roulées, ayant déjà acquis, bien qu'étant encore plastiques, une certaine rigidité. Elles sont observées sur la même hauteur de niveau que les concrétions debout et il est important de souligner qu'en profondeur, elles s'annoncent déjà dans les mêmes couches où les concrétions en position debout apparaissent stratigraphiquement pour la première fois. Ces observations permettent de conclure que la concrétion tubulée a dû se former très tôt dans le sédiment et qu'elle a dû être assez plastique afin de subir l'aplatissement sous le poids des sédiments susjacentes.

Les concrétions tubulées sont parfois fort dispersées dans le sable, aussi bien horizontalement que verticalement. Parfois elles se distribuent assez abondamment sur une certaine hauteur (photos 3 et 4) ou elles se disposent en alignement (photos 3, 5 et 6). Dans le dernier cas, elles peuvent, soit se présenter à des intervalles plus ou moins grands (quelques dizaines de centimètres à plusieurs mètres) (photos 5 et 6), soit former des bancs extrêmement riches en concrétions. Ce dernier phénomène s'observe surtout quand les concrétions s'installent sous un lit compact plus ou moins continu (photo 3).

La fréquence des concrétions, sur une surface horizontale, peut être très grande. On relève ainsi, dans le Polder d'Ordam, sur une surface de 1 m<sup>2</sup> pas moins de 12 grosses concrétions vers la cote — 5 m (point 3 de la carte), et plus d'une centaine, peut-être encore davantage, de petites concrétions vers la cote — 9 m (point 4 de la carte).

Les concrétions se présentent dans des sables assez bien calibrés, dont les caractéristiques sont consignées au tableau 6. Ce dernier donne les pourcentages en poids des divers fractions granulométriques du sable prélevé au niveau des concrétions et à proximité de ces dernières.

Il résulte du tableau 6 :

1° que les sables merksemiens sont fins avec maxima à 100 mesh (0,177 mm) ou à 115 mesh (0,125 mm), sauf pour



les sables à petites concrétions (point 4) du Polder d'Ordam, à stratification fortement entrecroisée, où les maxima se localisent à 48 mesh (0,297 mm) ou 60 mesh (0,250 mm);

2° qu'ils sont riches en coquilles ou fragments de coquilles (20 à 51 %) sauf à Zandvliet où il n'y en a que 5 %;

3° que la présence de ces coquilles ou fragments de coquilles n'influence pas sensiblement la distribution granulométrique de la fraction sableuse (42 à 250 mesh). Il se remarque tout au plus un léger déplacement vers les grains fins pour les sables traités à l'acide (chiffres indiqués en italiques dans le tableau 6).

En comparant la composition des sables à celle des concrétions englobées, il se dégage que les concrétions sont beaucoup plus riches en matière soluble à l'acide (carbonate ou phosphate) et en fraction fine, comme l'indique le tableau 7.

TABLEAU 7.

Composition des sables merksemiens et de leurs concrétions.

Provenance	Cote	Sable		Concrétion	
		% de fraction soluble	% de fraction fine (<250 mesh)	% de fraction soluble	% de fraction fine (<250 mesh)
Polder d'Ordam (point 3)	env. — 5 m	47	1,5	80	9,6
	— 5 m	30	6	90,7	
	— 5,5 m	50	4	93,3	
	— 7 m	42	5	95,4	
Polder d'Ordam (point 4)	env. — 9 m	44	1	69	15
	env. — 10 m	43	1,5	60	27
Bassin-canal (point 5)	— 6 m	23	0,8	48	13
	— 6,5 m	20	0,5	52	15

Toutefois, la comparaison des fractions sableuses insolubles (entre 42 et 250 mesh) montre la même répartition granulométrique pour le sable et pour les concrétions. Le sable contenu dans les concrétions provient donc du sédiment même. On pourrait supposer que les concrétions sont le résultat d'une cimentation d'un sable préexistant. Dans ce cas, la teneur en fraction sableuse devrait être identique pour un même volume de sable ou de concrétion. Or, les observations tenant compte de la porosité du sable (prélèvement de volumes déterminés : 40 % de pores) permettent la conclusion importante que les concrétions ne peuvent pas être considérées comme un sable préexistant à pores simplement colmatés, mais qu'elles ont dû posséder, dès leur formation, une composition lithologique différente. Le tableau 8 indique la quantité de matière, exprimée en poids, contenue dans un même volume, ramené à 1 cm<sup>3</sup>. On constate que la fraction > 250 mesh est beaucoup plus importante dans le sable. Cet écart ne peut pas être dû à la disparition des débris calcaireux dans les concrétions, car ils ne dépassent pas 51 % (chiffre encore insuffisant pour expliquer tous les écarts) dans les sables et, en plus, ils restent observables dans les concrétions. La fraction argileuse, de son côté, est très importante dans les concrétions et est constituée, d'après les radiogrammes, de kaolinite, d'illite et peut-être aussi de montmorillonite.

TABLEAU 8. — Teneur en fraction insoluble  
contenue dans un même volume (1 cm<sup>3</sup>) d'échantillons bruts.

Provenance	Cote	Sable		Concrétion	
		Fraction > 250 mesh	Fraction < 250 mesh	Fraction > 250 mesh	Fraction < 250 mesh
Polder d'Ordam (point 3)	— 5 m	0,65 g	0,02 g	0,29 g	0,31 g
Polder d'Ordam (point 4)	a) — 9 m	0,87 g	0,02 g	0,33 g	0,33 g
	b) — 10 m à 10 m de a)	0,62 g	0,01 g	0,35 g	0,33 g
	c) — 10 m à 50 m de a)	0,77 g	0,02 g	0,28 g	0,59 g

Les observations du sable, au voisinage immédiat des concrétions, permettent de constater que :

1° les concrétions occupent une position verticale même aux endroits où la stratification est inclinée en raison de l'allure entrecroisée (points 4 et 5);

2° la stratification horizontale du sable ambiant, ou bien butte brutalement contre la concrétion sans être dérangée (points 3 et 4), ou bien elle s'incurve vers le haut, parfois même assez fortement, au contact de la concrétion (point 5).

Une autre observation intéressante, faite à un endroit où la stratification est fortement entrecroisée (point 5), indique que les concrétions apparaissent comme décapitées par les couches susjacentes et conduit à la conclusion que ces concrétions ont dû exister avant le dépôt des couches ultérieures.

La tubulation supérieure des concrétions, parfois à ornementation conservée, ne paraît pas avoir de prolongement dans le sable susjacent. La tubulation inférieure, par contre, se prolonge dans le sable sous-jacent sous forme, soit d'une traînée colorée sableuse, de 10 à 20 cm (cas des grosses concrétions du point 3 et des concrétions de la 7<sup>e</sup> darse, point 7), soit d'un tube fragile. Cette espèce de queue est particulièrement bien développée, dans les sables plus grossiers à petites concrétions (photo 6) du point 4.

A cet endroit, un mince tube est mis en évidence par la dégradation naturelle des coupes. Ce tube est brun, d'aspect limoneux, présente une ouverture de 1 mm et une paroi de 0,5 mm d'épaisseur. La paroi extérieure est rugueuse et cimentée des grains de sable, la paroi intérieure est parfaitement lisse, dépourvue de structure. La composition chimique du tube est caractérisée par 7 % H<sub>2</sub>O, 18 % FeO, 9,5 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 43 % résidu insoluble. L'examen microscopique révèle la présence non négligeable de sphérules de sidérite (8  $\mu$ ) dans une masse apparemment amorphe englobant des grains de sable. L'examen röntgenographique y indique, à part le quartz, la présence de sidérite et d'un minéral argileux (? montmorillonite).

L'allure de ces queues est grossièrement verticale. Quand elles ne se buttent pas à des concrétions sous-jacentes ou ne disparaissent pas dans un lit interstratifié compact, elles peuvent être suivies sur des distances assez grandes, 30, 50, voire 70 cm sous la concrétion. Dans un seul cas, le tube se prolongait, en verticale, environ 20 cm sous la concrétion, puis il

s'incurvait en décrivant un demi-cercle de 8 cm de diamètre, pour se terminer ensuite, en remontant, en cul-de-sac. Le trajet suivi décrivait grossièrement un J.

Il semble qu'il y a lieu de faire une relation entre la queue bien développée et le grain relativement grossier du sable au point 4. On peut se demander si le tube dans le sable n'est pas le résultat d'un phénomène d'infiltration, à travers la concrétion, le long de la tubulation axiale.

#### V. — ORIGINE DES CONCRÉTIONS.

Malgré la multitude des données de laboratoire et des observations de terrain, la question de la genèse des concrétions reste encore imprécisée. Il semble qu'il n'y a pas lieu de rechercher une explication essentiellement différente pour les petites et pour les grosses concrétions tubulées. Il s'avère évident qu'il faut invoquer l'action d'un organisme contemporain de la sédimentation. Cet organisme serait plutôt animal, car une origine végétale semble incompatible avec la nature du gisement (sable coquiller marin) et l'ornementation de la tubulation supérieure. L'auteur s'impose de se limiter à une description aussi détaillée que possible des différents aspects du phénomène et de laisser le soin de l'interprétation génétique aux spécialistes et à des personnalités bien plus qualifiées dans ce domaine. Plusieurs collègues belges, zoologistes, paléozoologistes et paléobotanistes, qui ont bien voulu examiner les concrétions, se sont prononcés en faveur d'une origine animale.

Des échantillons ont également été soumis au Dr W. HÄNTZSCHEL, Hauptkustos du Geologisches Staatsinstitut de Hambourg, qui a bien voulu se livrer à un examen. Cet éminent spécialiste des *Problematica* n'a pu identifier l'organisme responsable, mais il est persuadé que les concrétions se sont formées autour d'un tube quelconque ou d'un « Grabgang mit Wandskulptur » et que ce tube est dû à l'action d'un organisme appartenant vraisemblablement au règne animal.

## BIBLIOGRAPHIE.

1. DE HEINZELIN DE BRAUCOURT, J., 1955, Deuxième série d'observations stratigraphiques au Kruisschans. Coupes de l'Écluse Baudouin. (*Bull. Inst. roy. Sc. nat. de Belgique*, t. XXXI, nos 66 et 67.)
2. LELOUP, E. et KONIETZKO, B., 1956, Recherches biologiques sur les eaux saumâtres du Bas-Escaut. (*Mém. Inst. roy. Sc. nat. de Belgique*, 1<sup>re</sup> série, t. 132.)
3. MCCONNELL, D., 1950, The petrography of rock phosphates. (*Journ. Geol.*, t. 58, pp. 16-23.)
4. STRAKHOV, N. M., 1957, Méthodes d'étude des roches sédimentaires. (*Ann. Serv. Inform. géol. Bur. Rech. géol. géophys. min.*, Paris, n° 35, 1958, 2 vol.)
5. CAROZZI, A. V., 1960, Microscopic sedimentary petrography. Edit. J. Wiley, New York, 485 p.

## PLANCHE I

## LÉGENDE DE LA PLANCHE I.

---

- FIG. 1. — Coupe E-W dans le Merksemien le long du circuit forcé du Schijn, Polder d'Ordam (points 3 et 4 de la carte). Les concrétions tubulées se présentent dans les sables merksemiens (M) dans la zone comprise entre les deux flèches : les grosses concrétions dans les couches à stratification horizontale, les petites concrétions dans les couches à stratification entrecroisée. Il est à remarquer que le rayon des arcs est beaucoup plus grand dans la coupe E-W, que dans une coupe N-S. Les gros tuyaux, au fond de la tranchée, ont 1,5 m de diamètre.
- FIG. 2. — Grosses concrétions tubulées du Polder d'Ordam (point 3 de la carte, cote -5 m). Une dizaine de concrétions sont visibles sur la photo.
- FIG. 3. — Coupe N-S, le long du mur de quai oriental du bassin-canal B1, Polder d'Ordam (point 4 de la carte). Les lits compacts interstratifiés et les concrétions tubulées alignées, immédiatement sous-jacentes, sont bien mis en évidence. Chaque division de la latte mesure 20 cm.
- FIG. 4. — Détail de la photo 3. Présence de nombreuses concrétions tubulées.
- FIG. 5. — Concrétions tubulées alignées sur plusieurs niveaux, Polder d'Ordam (point 4 de la carte).
- FIG. 6. — Concrétions tubulées alignées montrant l'amorce de queue mise en évidence par l'altération des coupes, Polder d'Ordam (point 4 de la carte).
-

