

SUR LA PRÉSENCE DE CONCRÉTIONS SIDERITEUSES TUBULÉES
DANS L'ARGILE DE BOOM (RUPELIEN), A HERSELT
(PROV. ANTWERPEN, BELGIQUE) (*)

par RENAUD F. C. VOCHTEN (**)
JORIS F. GEYS (***), PAUL BAUTEN (**)

(7 fig. dans le texte)

RÉSUMÉ

Des concrétions tubulées, se composant d'un corps et d'un noyau, ont été trouvées dans l'argile rupélienne à Herselt (Belgique). L'examen aux rayons X révèle que le composant principal de ces concrétions est la sidérose. Le résidu insoluble s'avère être principalement du quartz. Dans les noyaux, la présence d'apatite a été détectée. Une formule chimique générale de la fraction carbonatée dans le corps et dans le noyau des concrétions est proposée.

ABSTRACT

Tubular concretions, consisting of a body and a nucleus, were found in the Rupelian Clay at Herselt (Belgium). X-ray investigation showed these concretions to consist mainly of siderite. Quartz is the main component of the insoluble residue. Apatite could be detected in the nucleus. A general formula for the carbonate fractions in both the nucleus and the body is proposed.

1. INTRODUCTION

Des concrétions tubulées, consistant principalement en sidérose, peuvent être trouvées en grande quantité dans l'argile de Boom (Rupélien), à Herselt. Jusqu'à présent, de pareilles concrétions provenant de cette formation n'ont pas été décrites. La présence de sidérose à certains endroits dans l'argile de Boom a seulement été mentionnée par N. VANDENBERGHE.

A. SCHUDDEBEURS (1969) cite la découverte de quelques concrétions tubulées dans le Rupélien inférieur à Sint-Niklaas. Ces nodules sont toutefois phosphatés.

Des concrétions similaires dans les sables Merxemiens de la zone portuaire d'Antwerpen ont été décrites par R. VAN TASSEL (1964). Cet auteur distingue des concrétions de couleur pâle, se composant principalement d'apatite, et des concrétions de couleur foncée, ayant une forte teneur en sidérose. Le tableau I donne, en pourcentage de poids, les teneurs minimales et maximales en FeO, CO₂ et P₂O₅, pour les deux types de concrétions.

(*) Communication présentée et manuscrit déposé le 1^{er} juillet 1975.

(**) Universiteit Antwerpen, Rijksuniversitair Centrum, Laboratorium voor Technische en Fysische Mineralogie, Middelheim 1, B-2020 Antwerpen.

(***) Rijksuniversitair Centrum, Laboratorium voor Delfstofkunde, Aardkunde en Fysische Aardrijkskunde, Middelheimlaan 1, B-2020 Antwerpen.

TABLEAU I

Pourcentages de poids en FeO, CO₂ et P₂O₅ dans les deux genres de concrétions, décrites par VAN TASSEL

	% FeO		% CO ₂		% P ₂ O ₅	
	min	max	min	max	min	max
concrétions de couleur pâle	1,4	7,6	—	7,2	12,3	19,3
concrétions de couleur foncée	6,6	46,7	—	29,2	—	7,5

2. SITUATION GÉOGRAPHIQUE ET DESCRIPTION DES CONCRÉTIONS

Les concrétions en question se trouvent dans une argillère située sur le territoire de la commune de Herselt, à environ 600 m au NNE de l'église de Ramsel. Sa situation en coordonnées Lambert belges est :

$$x = 182.680 \text{ m}; y = 192.050 \text{ m}; z = + 12,50 \text{ m} \quad (\text{fig. 1}).$$

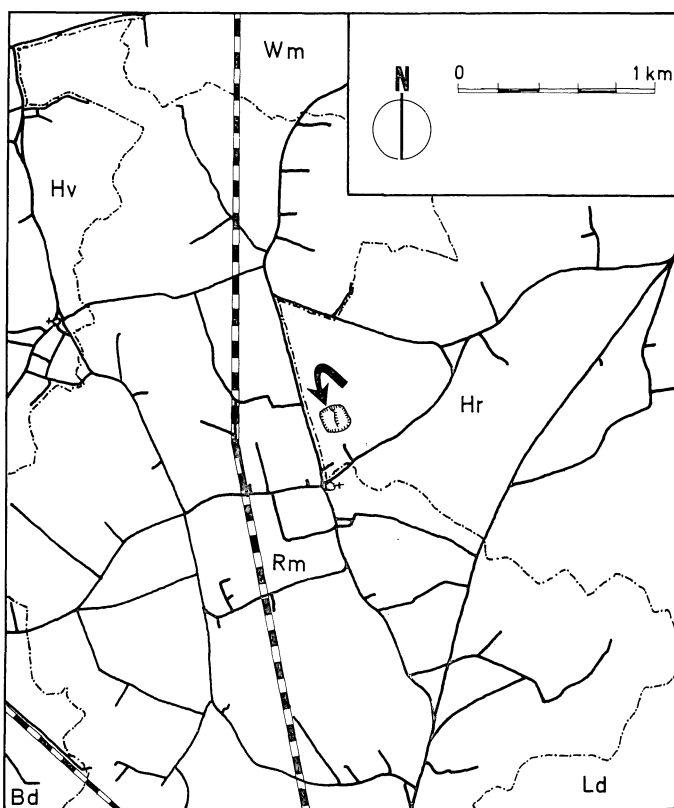


Fig. 1. — Situation géographique de l'argillère de Herselt.
 Bd : Begijnendijk; Hr : Herselt; Hv : Houtvenne; Ld : Langdorp; Rm : Ramsel;
 Wm : Westmeerbeek.

La coupe de l'excavation peut être esquissée comme suit :

de 000 à 110 cm.	Sable de couverture (Pléistocène supérieur);
de 110 à 160 cm.	Sable néogène remanié;
de 160 à 240 cm.	Sable néogène glauconifère;
de 240 à 250 cm.	Banc de fragments de concrétions roulées;
de 250 à 1070 cm.	Argile de Boom (Rupélien), avec niveau de concrétions à 315 cm et à 765 cm.

Les concrétions des niveaux 315 cm et 765 cm sont en général d'aspect cylindrique ou sphérique, ou ont une forme de poire ou de disque, dont l'axe, toujours dressé à la verticale, est perpendiculaire au plan de stratification. Leur dimension horizontale varie entre 10 cm et 1 m, leur dimension verticale, de 10 cm à 30 cm.

Un grand nombre de ces concrétions possèdent un canal central cylindrique, perpendiculaire au plan de stratification. Ce canal contient un noyau dur, séparé du corps de la concrétion par un manteau de matière argileuse. Le diamètre des canaux centraux est de 3 à 7 cm, celui des noyaux de 2 à 5 cm.

L'intérieur du corps de la plupart des concrétions est lézardé par un réseau de fentes, ce qui permet de les considérer comme des septaria. Le canal central et le noyau ne manquent que dans un très petit nombre de concrétions. Ces concrétions sans canal présentent cependant les caractéristiques des septaria.

Un examen superficiel macroscopique suffit pour observer que les noyaux sont de structure plus poreuse que les corps des concrétions. Coupés, ces noyaux ne montrent pourtant aucune structure spécifique. Les corps, par contre, sont caractérisés par une structure concentrique autour du canal central (fig. 2 et 3). Sur coupe



Fig. 2. — Coupe transversale d'une concrétion de sidérose, montrant le corps et sa structure concentrique, le manteau argileux et le noyau.



Fig. 3. — Aspect externe d'une concrétion de sidérose.

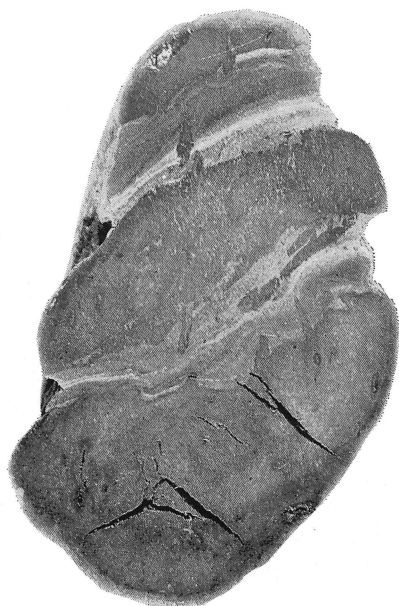


Fig. 4. — Coupe longitudinale d'une concrétion de sidérose, montrant le caractère de septarium du corps, et la structure plus ou moins poreuse du noyau.

longitudinale (fig. 4), les concrétions de Herselt ne montrent donc pas de structure en forme d'entonnoir, ce qui les distingue des concrétions décrites par R. VAN TASSEL (1964). La différence entre les deux types de concrétions est illustrée de façon schématique par la figure 5.

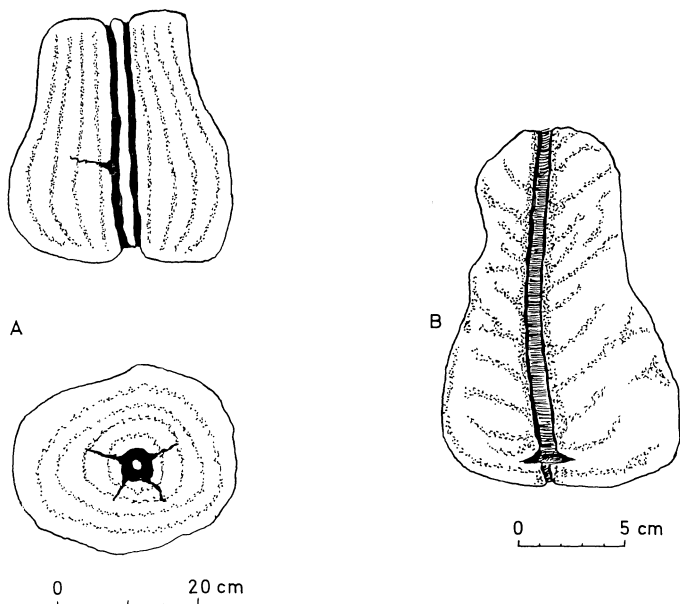


Fig. 5. — La structure schématisée d'une concrétion du Rupélien de Herselt (A), comparée à celle d'une concrétion de Merxemien d'Antwerpen (B).

Les concrétions fraîchement exhumées de l'argile sont de couleur gris clair à beige. Après avoir été soumise pendant quelques mois aux influences atmosphériques, la couleur passe au brun clair pour devenir, après une période prolongée, d'un rouge-brun foncé.

3. COMPOSITION MINÉRALOGIQUE

Les noyaux et les corps de quatre concrétions, choisies au hasard, ont été soumis à une analyse minéralogique et chimique. Pour chacun des huit échantillons (4 corps et 4 noyaux), la densité moyenne ρ a été déterminée d'après cinq mesures à la balance hydrostatique de Mohr-Westfal (tableau II).

De ces résultats, il apparaît que la densité des corps est systématiquement supérieure à celle des noyaux.

La couleur rouge-brunâtre de la substance faiblement altérée laisse soupçonner la présence de fer. En comparant les résultats obtenus avec la densité de minéraux ferrugineux leucocrates, la ressemblance de la densité moyenne des concrétions avec celle de la sidérose ($\rho = 3,9 \text{ g/cm}^3$) est frappante.

Les noyaux et les corps ont été examinés aux rayons X. Des diffractogrammes ont été enregistrés en radiation K_{α} de cuivre, à 40 KV et 20 mA. Les échantillons globaux, sans traitement préalable donnaient les valeurs d_{hkl} , données dans le

TABLEAU II

Densité moyenne des corps et des noyaux de quatre concrétions différentes (1 à 4).

	ρ en g/cm ³				
	1	2	3	4	« ρ »
corps	3,59	3,61	3,71	3,30	3,55
noyaux	3,05	3,09	3,03	3,22	3,10

tableau III. Quoique les valeurs d_{hkl} de l'A.S.T.M. aient été enregistrées en radiation K_{α} de cobalt, il est clair que les deux parties des concrétions consistent principalement de sidérose.

TABLEAU III

Valeurs d_{hkl} des réflexions, enregistrées dans les diffractogrammes röntgen des corps et des noyaux (échantillons globaux), comparées aux valeurs ASTM pour la sidérose. L'intensité relative est mentionné entre parenthèses.

corps	noyau	ASTM-sidérose
3,59 (35)	3,59 (32)	3,59 (60)
2,79 (100)	2,79 (100)	2,79 (100)
2,35 (20)	2,35 (17)	2,35 (50)
2,12 (18)	2,13 (16)	2,13 (60)
1,95 (20)	1,96 (16)	1,96 (60)
1,79 (6)	1,80 (8)	1,79 (50)
1,72 (28)	1,73 (27)	1,73 (80)
1,50 (5)	1,50 (7)	1,50 (60)
1,35 (5)	1,34 (6)	1,35 (60)

Après ébullition dans un mélange de HCl et de HNO₃ et après lavage et séchage, le résidu insoluble a également été examiné aux rayons X. Les valeurs d_{hkl} des résidus des corps et des noyaux sont comparés à ceux du quartz- α dans le tableau IV. Ceci nous apprend que les résidus insolubles dans l'acide se composent essentiellement de quartz. Cependant, quelques réflexions d'importance mineure ($d_{hkl} = 7,10; 4,45; 2,98; 2,55$), avec intensités relatives inférieures à 3, font soupçonner la présence d'autres minéraux, non spécifiés.

Les deux parties des concrétions, corps et noyau, ont été examinées en lame mince, sous le microscope polarisant. Elles se composent essentiellement d'une masse sidéritique homogène et microcristalline. Sur cette masse, des grains de quartz, gros de 100 μ à 400 μ , se détachent. Dans les noyaux, des cristaux d'apatite, jusque 100 μ , ne sont pas rares, tandis que ce minéral semble manquer dans les corps.

TABLEAU IV

Valeurs d_{hkl} des réflexions, enregistrées dans les diffractogrammes röntgen des résidus insolubles des corps et des noyaux, comparées aux valeurs ASTM pour le quartz. L'intensité relative est mentionné entre parenthèses.

corps		noyau		ASTM-quartz- α	
4,26	(16)	4,26	(16)	4,26	(35)
3,34	(100)	3,34	(100)	3,34	(100)
2,45	(6)	2,46	(5)	2,46	(12)
2,28	(5)	2,27	(5)	2,28	(12)
2,23	(3)	2,24	(4)	2,24	(6)
2,12	(7)	2,13	(8)	2,13	(9)
1,98	(4)	1,98	(3)	1,98	(6)
1,82	(12)	1,82	(12)	1,82	(17)
1,67	(4)	1,67	(14)	1,67	(7)
1,54	(8)	1,54	(5)	1,54	(15)
1,38	(5)	1,38	(5)	1,38	(7)
1,37	(8)	1,37	(8)	1,37	(11)

4. COMPOSITION CHIMIQUE

4.1. Analyses qualitatives

L'échantillon 4 (noyaux et corps) a été analysé qualitativement par fluorescence aux rayons X et par spectrographie d'émission. Les spectres de fluorescence Röntgen ont été enregistrés à l'aide d'un spectromètre Philips, à 40 mA et 60 KV, avec radiation de chrome et cristaux de D.P.A. et de LiF. Un spectrographe à haute résolution Jarrell Ash, avec décharge à courant continu a été utilisé pour faire les spectrogrammes d'émission.

D'une part, les spectres de fluorescence Röntgen révèlent la présence de grandes quantités de fer et de calcium, et de doses moins importantes de titanium et de potassium. Dans les noyaux des traces de strontium semblent être présentes.

D'autre part, les spectres d'émission montrent la présence de magnésium, de manganèse, de fer, de potassium, de sodium, de silice, de titanium, de calcium et de phosphore.

4.2. Analyses quantitatives

4.2.1. Méthodologie

Les éléments dont la présence a été démontrée par les analyses qualitatives, ont été dosés quantitativement par diverses méthodes.

a. Spectrophotométrie par absorption atomique (SAA).

Les éléments suivants ont été dosés par SAA : le magnésium, le manganèse, le potassium, le sodium, le titanium, l'aluminium et le calcium.

Ces dosages ont été exécutés avec un appareil Varian, type AA5, à rayon unique. Les conditions de mesure sont résumées dans le tableau V.

TABLEAU V

Conditions de mesure pour la spectrophotométrie de l'absorption atomique

élément	longueur d'onde nm	flamme *
Mg	285,2	A — Ac
Mn	279,5	A — Ac
K	766,5	A — Ac
Na	589,0	A — Ac
Ti	364,3	N — Ac
Al	309,3	N — Ac
Ca	422,7	N — Ac

* A-Ac : air-acétylène

N-Ac : N₂O-acétylène

Tous les dosages SAA sont exécutés par la méthode d'ajoutes. L'avantage de cette méthode réside dans l'identité de matrice entre les étalons et la solution à doser. La méthode convient surtout pour l'analyse des traces, en présence de teneurs importantes d'éléments parasites.

La présence d'ions phosphatés dans la matrice cause des phénomènes d'interférence pour le calcium. Cet effet pouvait être supprimé par l'ajout de La(NO₃)₃.

b. Dosage iodométrique du fer.

Par suite des hautes concentrations en fer, cet élément a été dosé par la voie iodométrique classique.

c. Dosage de silice.

Puisque la concentration en silice était suffisamment élevée, nous avons préféré la méthode de dosage classique. Après traitement à l'HCl, la silice présente dans le résidu insoluble a été volatilisée à l'aide de HF et de H₂SO₄. La concentration en SiO₂ pouvait être calculée d'après la perte en poids.

d. Dosage de phosphore.

Le phosphore a été dosé par voie spectrophotométrique, au moyen de son complexe phospho-molybdate d'antimoine, après réduction à l'aide d'acide ascorbique, à 880 nm.

e. Dosage de CO₂.

La teneur en CO₂ a été déterminée, profitant de la décomposition thermique des carbonates à 1000° C, avec l'oxyde de tungstène comme catalyseur, et à l'aide d'un appareil Perkin Elmer 240 Elemental Analyser.

f. Dosage de l'H₂O.

L'humidité a été déterminée d'après la perte en poids, en chauffant les échantillons à 150° C pendant 48 h.

TABLEAU VI

Composition chimique des différents corps et noyaux en pourcentages de poids

	MnO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	SiO ₂	TiO ₂	FeO	Al ₂ O ₃	CaO	P ₂ O ₅	CO ₂	H ₂ O	Tot.
noyau 1	0,34	0,67	0,22	0,15	2,00	0,05	45,64	1,12	8,95	4,98	35,2	1,68	101,00
noyau 2	0,25	0,43	0,30	0,33	3,82	0,07	40,54	1,60	14,55	7,91	27,2	1,91	98,91
noyau 3	0,21	0,47	0,26	0,28	4,15	0,11	33,32	2,06	16,89	11,89	23,7	1,73	95,07
noyau 4	0,32	0,67	0,23	0,71	3,10	0,08	41,68	1,84	12,73	6,80	29,3	2,33	99,79
moyenne des noyaux	0,28	0,56	0,25	0,37	3,27	0,08	40,29	1,65	13,28	7,89	28,85	1,91	98,68
corps 1	0,42	0,58	0,27	0,04	3,00	0,06	54,88	1,23	1,73	0,33	34,9	3,37	100,81
corps 2	0,36	0,63	0,19	0,03	2,55	0,05	54,50	1,20	1,46	0,31	33,1	2,50	96,88
corps 3	0,24	0,52	0,32	0,09	6,43	0,16	55,16	2,20	1,70	0,66	31,5	2,37	101,35
corps 4	0,21	0,66	0,50	0,09	10,80	0,27	48,08	3,42	1,20	0,33	31,1	1,92	98,58
moyenne des Corps	0,31	0,60	0,32	0,06	5,69	0,13	53,15	2,01	1,52	0,41	32,65	2,55	99,40

4.2.2. *Résultats*

La composition chimique des différents corps et noyaux est donnée dans le tableau VI. Il en ressort que la teneur en P_2O_5 et en CaO est plus forte dans les noyaux que dans les corps. Par contre, ces derniers contiennent plus de FeO que les premiers. Le surplus en fer dans les corps semble plus ou moins aller de pair avec le manque de calcium.

4.3. *Analyse du résidu insoluble en acide*

Après traitement à l'HCl, le résidu insoluble a été analysé qualitativement par spectrométrie de fluorescence aux rayons-X. Le tableau VII indique les éléments dont la présence a été constatée. Cependant, il faut remarquer que l'appareil utilisé était insensible aux éléments de nombre atomique inférieur à 13. Le phosphore ne pouvait être détecté non plus.

TABLEAU VII

*Analyse qualitative du résidu insoluble en acide,
obtenue par spectrométrie de fluorescence aux rayons-X*

	noyaux	corps
Fe	beaucoup	beaucoup
Si	abondant	abondant
Ti	modérément	modérément
Al	modérément	modérément
Ca	modérément	manque
K	peu	modérément
Zr	traces	traces
Rb	traces	traces

Le résidu insoluble en acide semble consister principalement en quartz. La présence d'aluminium, de potassium et de calcium est probablement causée par divers minéraux argileux, tandis que le titane et le zirconium peuvent trahir la présence de petites quantités de minéraux lourds.

4.4. *Discussion*

Le tableau VIII a été établi en supposant que tout le fer présent est lié sous forme de sidérose et que le CO_2 restant est présent sous forme de calcite.

Il en ressort que les concrétions se composent principalement de sidérose et de calcite dans les noyaux. Dans les corps, l'excès de CO_2 est minime, de sorte que la teneur en calcite ne peut être importante.

Dans les noyaux, la fraction de CaO, non liée au CO_2 , peut se présenter sous forme de phosphate (apatite). En effet, on y constate la présence de pas mal de P_2O_5 .

Ni le fluor, ni le chlore n'ont été détectés. On en déduit que le seul phosphate important présent est le hydroxylapatite $Ca_5OH(PO_4)_3$.

La substitution diadoche de fer Fe^{2+} ne peut survenir qu'avec Ca^{2+} et Mn^{2+} ,

les autres ions métalliques présents ayant des rayons ioniques non adéquats. En effet les rayons ioniques des éléments concernés, disposés en octaédres, sont :

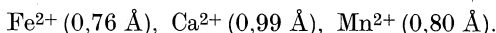


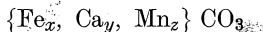
TABLEAU VIII

Distribution du CO₂ sur les fractions calcium et fer

	1	2	3	4	5
noyau 1	73,59	27,9	7,3	9,3	—
noyau 2	65,36	24,8	2,4	3,0	11,5
noyau 3	53,72	20,4	3,3	4,2	12,7
noyau 4	67,20	25,5	3,8	4,8	2,0
corps 1	88,49	33,6	1,3	1,6	—
corps 2	87,87	33,4	—	—	—
corps 3	88,94	33,8	—	—	—
corps 4	77,52	29,4	1,7	2,1	—

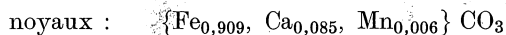
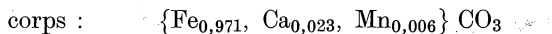
1. pourcentage maximum en sidérose FeCO₃
2. pourcentage en CO₂, nécessaire pour lier tout le fer sous forme FeCO₃
3. pourcentage en CO₂, non lié au Fe
4. pourcentage en CaO, nécessaire pour lier tout le CO₂ superflu de la colonne 3
5. pourcentage en CaO, non lié au CO₂

Il en ressort que la formule générale de cette phase sidéritique peut être écrite sous la forme :



dans laquelle $x \gg y > z$. Il reste encore à déterminer dans quelle mesure l'ankérite (Ca, Fe)CO₃ et la kutnahorite (Ca, Mn)CO₃ sont incorporées dans la sidérose, sous forme de phases cristallines d'orientation conforme ou d'inclusions. Le pourcentage en CaO, incorporé dans la phase sidéritique et donc non présent sous forme d'apatite, peut être calculé à partir du pourcentage en P₂O₅.

A partir des pourcentages molaires en fer, en calcium et en manganèse calculés par rapport à la phase sidéritique, les formules suivantes peuvent être établies :



Il en ressort une différence significative entre les compositions moyennes des phases sidéritiques dans les corps et dans les noyaux. En effet, on peut constater que la sidérose des noyaux est légèrement plus riche en calcium et plus pauvre en fer, que celle des corps. Si ces concrétions tubulées ont été originellement des nodules de calcite, comme le présume N. VAN DEN BERGHE, le procès de sidéritisatation n'est apparemment pas encore complètement achevé.

En tout cas les phases sidéritiques des corps et des noyaux ne sont manifestement pas en équilibre ionique.

5. QUELQUES CONSIDÉRATIONS PALÉONTOLOGIQUES

L'intérieur des canaux, traversant les corps des concrétions, est presque complètement lisse et dépourvu de toute structure typique. Les noyaux, par contre, portent pas mal de structures, suggérant une activité biologique.

Dans tous les noyaux, trois segments peuvent être discernés. Un segment cylindrique supérieur occupe $2/3$ à $4/5$ de la longueur totale du noyau. En-dessous suit un renflement plus ou moins sphérique, dont le diamètre peut atteindre le triple de celui du segment cylindrique inférieur, avec un diamètre légèrement supérieur à celui du segment cylindrique supérieur.

En général, les noyaux ne présentent aucune structure interne. Dans cette masse homogène, des petits tubes sinueux peuvent pourtant être observés. Ces tubes présentent une coupe transversale circulaire avec un diamètre de 1 à 2 mm.

Le plus remarquable pourtant sont les textures superficielles sur les deux segments cylindriques. D'abord on remarque une série de 20 à 25 côtes longitudinales, qui prêtent aux segments cylindriques un caractère polygonal faible. Cette texture grossière est couverte d'une texture plus fine, se composant d'un grand nombre de cannelures faibles, mais distinctes. Ces cannelures peuvent être orientées aussi bien horizontalement qu'obliquement. Dans ce dernier cas, elles donnent naissance à une texture en spirale, qui peut être lévogyre ou dextrogyre. Ces textures fines peuvent exister séparément ou ensemble. La présence simultanée des trois textures crée une texture nettement réticulée (fig. 6 et 7).



Fig. 6. — Noyau d'une concrétion de sidérose, considérée comme terrier du type *Sideritichnium herseltensis* nov. gen., nov. sp.; montrant ses trois segments et sa texture en spirale.

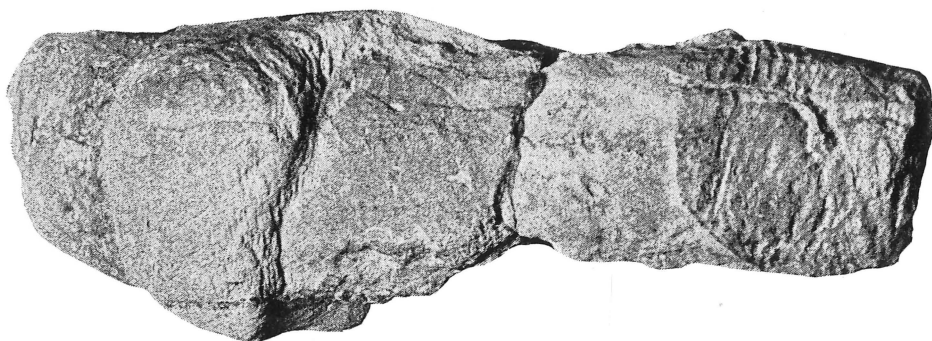


Fig. 7. — *Sideritichnium herseltensis* nov. gen., nov. sp. Holotype, RUCA 6123, avec texture superficielle réticulée.

Bien que de nombreuses concrétions tubulées aient été étudiées par d'autres auteurs (DE HEINZELIN, 1964; DEWINDT, 1974; LACOURT, 1974; etc.), aucune description ne nous est connue, qui corresponde aux structures observées.

Une genèse inorganique est difficilement acceptable pour ce complexe de structures. Les noyaux, décrits ici, peuvent être des moules internes de terriers. Il ne nous est pas possible de spécifier par quels organismes ces canaux ont été creusés : vers, mollusques, crustacés ou autres. Nous croyons cependant utile de proposer, pour ces traces de vie, la dénomination *Sideritichnium herseltensis* nov. gen., nov. sp.

L'holotype a été déposé dans la collection du R.U.C.A. sous le n° 6123.

BIBLIOGRAPHIE

- DE HEINZELIN, J., 1964. — Pogonophores fossiles ? *Bull. Soc. belge Géol. Paléont. Hydrol.* **73**, 501.
- DEWINDT, J. T., 1974. — Callianassid burrows as indicators of subsurface beach trend, Mississippi River Delta Plain. *J. Sed. Petrol.*, **44**, 1136-1139.
- LACOURT, A. W., 1974. — Fossile Wurm löcher vom Hamshire Basin, England. *Der Aufschluss*, **25**, 642.
- SCHUDDEBEURS, A. P., 1969. — Fossiele levenssporen. *Grondboor en Hamer*, 126-216.
- VAN DENBERGHE, N., (communication orale).
- VAN TASSEL, R., 1964. — Concrétions tubulées du Merksemien (Pléistocène inférieur), à Anvers. *Bull. Soc. belge Géol. Paléont. Hydrol.*, **73**, 469-497.

