

SÉANCE MENSUELLE DU 21 DÉCEMBRE 1937

Présidence de M. ET. ASSELBERGHS, président.

Le rapport de la séance précédente est lu et adopté.

Le Président proclame membres effectifs :

La Société anonyme des CHARBONNAGES DU HAINAUT, à Hautrage (*délégué* : M. R. Culot, directeur-gérant); présentée par MM. F. Demanet et A. Grosjean.

La Société anonyme des CHARBONNAGES DE BERNISSART, à Bernissart (*délégué* : M. Hector Ruelle, directeur-gérant); présentée par MM. F. Demanet et A. Grosjean.

La Société anonyme des CHARBONNAGES DE WERISTER, à Beyne-Heusay (*délégué* : M. Humblet); présentée par MM. A. Renier et A. Grosjean.

M. JEAN DELHAYE, ingénieur au Corps des Mines, à Hasselt; présenté par MM. F. Kaisin et A. Grosjean.

Il annonce que la Société civile des USINES ET MINES DE HOUILLE DU GRAND-HORNU a versé la cotisation de *membre à perpétuité*.

Correspondance :

M. MAURICE LUGEON adresse des remerciements pour la part prise à la célébration de son jubilé.

M. JEAN VERHOOGEN remercie pour son admission en qualité de membre effectif.

Dons et envois reçus :

1° De la part des auteurs :

9113 A guide to the mineral gallery. Fourteenth Edition. London, 1937, 60 pages et 2 figures.

9114 *De Margerie, E.* Le Jura. Deuxième partie. Commentaire de la carte structurale. Description tectonique du Jura français. Paris, 1936, 900 pages, 31 planches et 260 figures.

2° Nouveaux périodiques.

9115 *Genève*. Matériaux pour l'étude des calamités publiés par les soins de la Société de Géographie de Genève. N^{os} 37, 38, 39 (1936-1937).

9116 *Napoli*. Bulletin volcanologique, organe de l'Association de Volcanologie de l'Union géodésique et géophysique internationale. Série II, tome I (1937).

Communications des membres :**Concession de Nimy.****Coupe du sondage de Mons (dit d'Obourg),**

par X. STAINIER,

Professeur émérite à l'Université de Gand.

Pendant tout un temps on a cru que ce sondage était situé sur le territoire d'Obourg, mais on a reconnu, plus tard, qu'il était sur le territoire de Mons, ce qui oblige de modifier son appellation primitive.

Il a été pratiqué, en 1913, par la firme Foraky, de Bruxelles, à frais communs par les charbonnages du Levant-du-Flénu, de Bois-du-Luc et des Produits du Flénu, ce dernier propriétaire de la concession de Nimy.

Coordonnées par rapport au beffroi de Mons : Longitude Est = 3.700 m. Latitude Nord = 1.000 m. Altitude, d'après la carte de l'État-Major = 57 m.

Une coupe très résumée en a déjà été donnée : *Annales des Mines* : t. XIX 1914, pages 685-690.

Le sondage a été pratiqué au trépan, sans injection d'eau boueuse, jusqu'à 269 m. De là au fond, il a été pratiqué à la couronne diamantée.

Nous ne nous occuperons pas des morts-terrains, car une coupe sommaire, la seule d'ailleurs possible, d'après le mode de travail, a déjà été donnée, dans la coupe précitée des *Annales des Mines*. J'ai donné la coupe complète de la partie des morts-terrains forée à la couronne, soit de 269 à 318 m., dans mon travail intitulé : *Notes sur les morts-terrains du Borinage*. (BULL. SOC. BELGE DE GÉOL., t. XXVI, 1922, p. v, p. 53.

N ^{os}	DESCRIPTION	Epaiss.	Base à
HOULLER. ASSISE DE CHARLEROI.			
1.	Schiste psammitique gris, altéré, avec rares radicelles (base d'un mur). Il est très dérangé. Incl. 50°. Enduits pyriteux. Puis le terrain se régularise et l'inclinaison tombe et est de 35° à 319 m., dans du psammite	1,58	319,58
2.	Grès zonaire gris, altéré passant au schiste psammitique zonaire. Diaclase verticale. Incl. 27°. Lits gréseux. A 321 ^m 50 la roche redevient gréseuse, zonaire, avec lits schisteux. A 322 ^m 50 le terrain est régulier et devient schisteux, toujours altéré. A 324 m. les joints de stratification sont bruns, à végétaux hachés. Au voisinage de la couche le schiste devient doux, à cassure conchoïdale, un peu zonaire. <i>Cordaïtes</i> . A la base un banc noir à rayure grasse, micacé, feuilleté. Incl. 26°	5,24	324,82
	VEINE. Veine n° 20 de Ghlin. Mat. vol., 17,00. Cendres, 9,70 % (1)	0,40	325,22
3.	Mur très schisteux, gris, altéré. A 326 ^m 40 brèche de faille normale bien caractérisée : 0 ^m 70. Le rejet doit être bien faible, car en dessous le mur continue, très crevassé. A 328 ^m 40 on passe au psammite gris, altéré, crevassé avec diaclases verticales. Incl. 30°. De 329 ^m 13 à 331 ^m 15 même roche coupée par une brèche de faille inclinée de 60°, sur 0 ^m 25. Puis le psammite devient plus schisteux, à diaclases verticales, imprégnations de pyrite. Encore des lits de brèche de faille. La roche est très feuilletée. A 334 m. la roche devient zonaire, fracturée. <i>Corynep-teris coralloïdes</i> . Incl. 20°. A 336 m. la roche devient tout à fait psammitique et toujours altérée : <i>Calamites Cisti</i> . A 337 ^m 16 la roche devient gréseuse, zonaire, fracturée. Incl. 40° ...	14,66	339,88
4.	Grès gris, très dur, à crevasses très inclinées. A 341 ^m 60 le grès est psammitique	3,38	343,26
5.	Psammite altéré, gris-brun, à diaclases verticales. Incl. 18°. <i>Cordaïtes</i> , <i>Calamites Cisti</i> . A 345 m. le psammite est plus ou moins gréseux. A 347 ^m 70 la roche est crevassée et l'inclinaison diminue. Cassures avec pholérîte, perpendiculaires à la stratification. Rachis charbonneux de fougères	5,41	348,67

(1) Analyses d'après la méthode Meurice sur charbons dégraissés, séchés et lavés à la liqueur dense.

Nos	DESCRIPTION	Epaiss.	Base à
6.	Schiste psammitique brunâtre, un peu moins altéré. Nombreuses crevasses dirigées en tous sens. Rachis charbonneux. A 350 ^m 50, grande cassure verticale. Puis, sur 1 m., lits parallèles à la stratification et formés de roche broyée, argileuse	2,33	351,00
7.	Schiste gris doux, à zones brunes, très crevassé par places. Au sommet : <i>Naiadites quadrata</i> abondante, sidéritifiée parfois. <i>Neuropteris</i> . A 352 ^m 12 débris végétaux avec <i>Spirorbis carbonarius</i> . La roche est très fracturée, broyée. Puis le schiste devient plus gris avec végétaux de plus en plus abondants. <i>Neuropteris</i> . Contre la couche le schiste, encore plus riche en débris végétaux, est brunâtre. <i>Neuropteris</i> avec <i>Spirorbis</i> . <i>Mariopteris muricata</i> . <i>Cyclopteris orbicularis</i> . <i>Cordaites</i> . Incl. 26°	2,12	353,12
	VEINE. Veine n° 19 de Ghlin. Mat. vol., 18,70. Cendres, 2,80 %	0,80	353,92
8.	Mur d'abord noir, très tendre, feuilleté, puis devenant plus compact, plus dur, pyriteux à cloyats. Joints de glissement horizontaux	1,93	355,85
9.	Brusquement, mur tendre, bistre, à enduits d'hématite. Radicelles foncées. Nombreux joints de glissement	1,66	357,51
10.	Mur psammitique gris, sidéritifié, devenant très psammitique et zonaire à la base. Cassures fort inclinées, dans le même sens que les strates. A 358 ^m 60, 0 ^m 20 de brèche de faille, sans rejet. En dessous mur psammitique zonaire, à cloyats ...	2,00	359,51
11.	Mur noir, schisteux, à cloyats, très feuilleté. On ne remarque plus d'altération d'origine météorique. Glissements parallèles à la stratification et couverts de pholérite. A 360 ^m 51 le mur devient plus dur, à nombreux cloyats. A la base, il devient psammitique et zonaire	3,99	363,50
12.	Mur schisteux noir avec nombreux glissements. La roche est très fracturée. Puis le mur devient psammitique, noir. <i>Calamites Cisti</i> . <i>C. Suckowi</i> . <i>Cordaites</i> . A la base, psammite fracturé	2,10	365,60
13.	Schiste psammitique zonaire rempli de débris végétaux, surtout des <i>Calamites</i> . <i>Mariopteris</i> , <i>Neuropteris</i> . Banc de sidérose. A la base la roche encore psammitique est brunâtre	1,34	366,94
	VEINE. Mat. vol., 18,30. Cendres, 4,00 %	0,70	367,64
14.	Mur gris pâle, avec petites cassures remplies de brèche de faille. A 369 m. grandes et larges radicelles	1,97	369,61

Nos	DESCRIPTION	Epaiss.	Base à
15.	Psammite zonaire avec quelques radicules et un <i>Stigmaria</i> , au sommet. Cloyats. Incl. 20°. Quelques passages schisteux, très dérangés. Puis psammite plus régulière. A 371 ^m 30 le psammite devient dur et gréseux, zonaire. Diaclases verticales. A la base : 0 ^m 50 de schiste noir doux à cassure conchoïdale. <i>Anthracomya. Leiaia</i> . Petits nodules de pyrite	4,39	374,00
16.	Brusquement, psammite noir intense très micacé, luisant avec débris de coquilles, texture de mur et cloyats irréguliers (mur sans radicules). En descendant, le psammite devient gris, un peu gréseux	1,00	375,00
17.	Schiste psammitique doux, à cassure conchoïdale. Diaclases verticales	0,25	375,25
PASSÉE.			
17 ^{bis} .	Mur compact bistre foncé ou noir, devenant psammitique à gros cloyats. A 375 ^m 50 nombreuses cassures	2,20	377,45
18.	Mur schisteux, noir, très pyriteux, <i>Calamites</i> . A 379 m. le mur devient très psammitique, zonaire, à cloyats. Nombreux <i>Calamites</i> . A 379 ^m 70 le psammite devient gréseux. Cassures perpendiculaires à la stratification. <i>Calamites</i> . Nodules. Au voisinage de la couche la roche devient un peu schisteuse avec larges radicules, très pyriteuse. Ces radicules sont étalées à plat et il y a un <i>Stigmaria</i> jusque sur la couche	3,51	380,96
	VEINETTE. Mat. vol., 22,00. Cendres, 5,20 %	0,25	381,21
19.	Mur psammitique, gréseux, très fracturé. Inter-calations schisteuses	0,98	382,19
20.	Psammite zonaire. Incl. 24°	0,25	382,44
21.	Brèche à cailloux de schiste passant au mur bistre avec enduits d'hématite. Plus bas il y a encore des lits minces de brèche schisteuse interstratifiés. En descendant, le mur devient gris. A 384 ^m 40 le terrain est très fracturé. Passages de brèche de faille bien caractérisés	3,46	385,90
22.	Schiste psammitique très fracturé avec quelques rares radicules. Nombreuses cassures fort inclinées dans le même sens que les strates. <i>Alethopteris, Mariopteris muricata</i>	1,10	387,00
23.	Psammite zonaire, très fracturé. <i>Neuropteris, Lonchopteris, Cordaïtes</i>	2,26	389,26
24.	Schiste psammitique très fracturé. A 390 ^m 40 il passe graduellement au psammite zonaire. Incl. 22°	2,27	391,53

Nos	DESCRIPTION	Epaiss.	Base à
25.	Grès très grenu, feldspathique, micacé, fracturé par places. Empreintes charbonneuses	6,67	398,20
	PASSÉE.		
26.	Brusquement mur psammitique compact à cassures verticales. Il devient psammitique et zonaire. A 402 ^m 70 il passe au psammite zonaire à joints noir, charbonneux, à rayure brune. Incl. 24°	6,35	404,55
27.	Grès zonaire	1,95	406,50
28.	Psammite compact à diaclases verticales. <i>Mariopteris muricata</i> . <i>Neuropteris</i> . <i>Alethopteris decurrens</i> . <i>Cordaïtes</i>	2,10	408,60
29.	Psammite zonaire : <i>Calamites</i> . Puis psammite compact avec quelques radicules qui disparaissent rapidement. Cassures fort inclinées, dans le même sens que les strates. <i>Asterophyllites</i>	2,40	411,00
30.	Psammite zonaire. <i>Mariopteris muricata</i> , <i>Calamites Cisti</i> , rachis de fougères avec <i>Spirorbis carbonarius</i>	4,30	415,30
31.	Brusquement, sous un joint luisant incliné de 20° : 0 ^m 20 de schiste noir broyé, puis PASSÉE. Puis mur noir très schisteux passant à du mur très psammitique	1,20	416,50
32.	Psammite zonaire avec encore quelques radicules au sommet. Incl. 22°. Les joints deviennent noirs. A 418 ^m 15 le terrain devient plus régulier et ne présente plus que de longues diaclases fort inclinées. A 420 m. on passe au schiste psammitique. A 421 m. schiste noir gris doux avec <i>Anthracomya</i> . Un banc broyé. Puis schiste très fracturé avec abondantes coquilles. Le schiste devient de plus en plus noir. <i>Naiadites quadrata</i> . A la base quelques petits bancs un peu psammitiques et sidéritifiés, noir intense. Fossiles pyritisés très abondants	5,40	421,90
	VEINE. Veine n° 14 de Ghlin. Mat. vol., 19,30. Cendres, 10,60 %	0,75	422,65
33.	Mur psammitique passant au psammite zonaire avec radicules étalées à plat. Cloyats. <i>Stigmaria</i> . Le caractère de mur persiste jusqu'à la base, où la roche devient plus schisteuse	1,58	424,23
	VEINETTE. Mat. vol., 19,20. Cendres, 3,00 %	0,21	424,44
34.	Mur très psammitique avec nombreuses diaclases. Plusieurs <i>Stigmaria</i> . Il passe au psammite zonaire à joints noirs. A 426 ^m 20 brèche de faille : 0 ^m 10, à cailloux schisteux. En dessous schiste		

Nos	DESCRIPTION	Epaiss.	Base à
	psammitique très fracturé. Nombreuses diaclases verticales orientées en tous sens. Incl. 18°. Joints noirs charbonneux à rayure brune	4,78	429,22
35.	Grès zonaire, gris, grenu	1,16	430,38
36.	Psammite noir à diaclases verticales. Il est zonaire à joints noirs charbonneux, pyritifères.	1,55	431,93
	VEINE. Mat. vol., 17,90. Cendres, 1,80 %	0,67	432,60
38.	Mur très psammitique, à radicules pyriteuses, passant au psammite zonaire à joints noirs charbonneux. A 434 m. quelques cassures étroites remplies de brèche de faille, dans du mur très psammitique. Le terrain devient très fracturé et le mur devient très schisteux avec joints couverts d'hématite rouge, dans de la roche altérée	3,16	435,76
39.	Schiste psammitique plus régulier. <i>Calamites Cordaïtes</i> . A 437 ^m 40 on passe au psammite zonaire à joints noirs charbonneux. Diaclases verticales. A 439 m. l'inclinaison tombe à 5°. On passe à du psammite très fracturé. A 440 ^m 85 la roche redevient psammitique : <i>Cordaïtes, Neuropteris</i> . A 443 ^m 85 de nouveau terrain très fracturé. Inclinaison nulle. A 445 ^m 80 le psammite devient gréseux et l'inclinaison remonte. A 448 m. on passe au grès psammitique. On a traversé un léger gradin dans les plateures ...	13,52	449,28
PASSÉE.			
40.	Mur psammitique devenant schisteux en descendant. A 449 ^m 60 il redevient psammitique et passe au psammite zonaire à joints noirs charbonneux. Cassures brunies. Incl. 15°. A 450 ^m 60 inclinaison 18°. Diaclases verticales. A la base la roche devient gréseuse	2,52	451,80
41.	Grès psammitique zonaire à longues diaclases verticales. A 452 ^m 60 le terrain devient très fracturé, à veines blanches	1,48	453,28
42.	Brusquement schiste gris doux très fracturé devenant très noir, très feuilleté, à rayure grasse. A la base banc de 0 ^m 20 noir intense, sonore très feuilleté, à rayure grasse. Empreintes végétales pyritisées. Coquilles, écailles de poisson	0,72	454,00
43.	Brusquement schiste psammitique, sans radicules, adhérent au précédent. Diaclases fort inclinées.	0,65	454,65
44.	Schiste noir doux, feuilleté, avec nombreuses coquilles. La roche devient fracturée avec nombreux joints de glissement. Pholérîte	1,00	455,65

Nos	DESCRIPTION	Epaiss.	Base à
45.	Schiste psammitique gris, pyriteux, avec un gros lit de sidérose. Le schiste devient gris, bistré et compact, vers le bas. Contre la veine, quelques coquilles	0,68	456,33
	VEINE. Mat. vol., 17,10. Cendres, 3,70 %	0,65	456,98
46.	Mur compact, devenant psammitique à 458 ^m 50, où il passe au psammite zonaire. Puis le mur redevient schisteux avec quelques lits écrasés	2,72	459,70
47.	Schiste psammitique zonaire avec une longue diaclase verticale. <i>Stigmaria</i> . A 460 ^m 10 grosses radicales. Le terrain devient plus schisteux et plus noir. A 462 m. terrain broyé en une brèche de faille : 0 ^m 50	2,80	462,50
48.	Brusquement psammite gris, grossier, à radicales, passant au psammite zonaire à joints noirs charbonneux avec encore quelques radicales	1,80	464,30
	PASSÉE CHARBONNEUSE.		
49.	Mur très schisteux, broyé, pourri	1,17	465,47
50.	Au sommet brèche de faille normale : 0 ^m 20, puis psammite zonaire à joints noirs charbonneux. Il est gréseux par places. Incl. 18°. Il passe au schiste psammitique avec encore quelques radicales. A 467 ^m 20 quelques diaclases perpendiculaires à la stratification	2,49	467,96
51.	Schiste doux, à cassure conchoïdale, pyriteux. Débris de coquilles	0,50	468,46
	VEINE. Veine n° 7 de Ghlin. Mat. vol., 16,50. Cendres, 4,40 %	0,40	468,86
52.	Mur assez feuilleté devenant psammitique, à radicales rares. Assez fracturé. Il passe au mur gris schisteux et psammitique, par places. Puis on passe au schiste psammitique zonaire avec encore quelques radicales. Le schiste devient feuilleté. <i>Annularia</i> . La roche reste grise jusqu'à la veinette	5,59	474,45
	VEINETTE. Mat. vol., 15,60. Cendres, 12,10 %	0,10	474,55
53.	Mur très schisteux, escailleux, fracturé	0,45	475,00
54.	Mur schisteux bistre à radicales foncées : 0 ^m 50. Un lit schisteux broyé, puis mur psammitique passant au psammite zonaire à radicales rares. <i>Radicites</i> , <i>Calamites</i>	4,21	479,21
55.	Mur schisteux, escailleux, noir, puis bistre avec lits de brèche de faille. Il passe au schiste psammitique zonaire à larges radicales. Plusieurs <i>Stigmaria</i> . Diaclases fort inclinées	2,30	485,30
56.	Schiste psammitique gris. Incl. 15°. Diaclases fort inclinées	2,30	485,30

Nos	DESCRIPTION	Epaiss.	Base à
57.	Conglomérat de cailloux de sidérose dans du grès blanchâtre, très dur, avec lits charbonneux.	6,61	491,91
58.	Mur psammitique, d'abord régulier, puis schisteux, plus incliné et fracturé. Incl. 35°	1,39	493,30
59.	Un lit broyé, puis schiste noir feuilleté rempli de végétaux. <i>Calamites</i> . Cloyats. Incl. 20°. Terrain régulier. A 494 ^m 50 la roche devient plus psammitique à végétaux plus rares. <i>Asterophyllites</i> . Au bas, nombreuses diaclases	5,70	499,00
60.	Schiste noir, doux, feuilleté avec lits de sidérose. Enduits pyriteux. Quelques coquilles. A 503 m. un banc de 0 ^m 16 très feuilleté, pyriteux, rempli de plantes, sidérifié. <i>Neuropteris</i>	2,63	501,63
	VEINE. Mat. vol., 17,40. Cendres, 2,70 %	0,93	502,56
61.	Psammite schisteux, noir-brun, pyriteux, à rayure brune, grenu par places. Végétaux à plat. Inclinaison 20°. Joints de stratification polis, avec pholélite. A 505 m. il devient gris et doux, jusque contre le charbon	2,69	505,25
	VEINE. Mat. vol., 16,20. Cendres, 4,10 %	0,70	505,95
62.	Mur compact, argileux, noir et dur, passant au mur psammitique à cloyats. Diaclases fort inclinées	4,29	510,24
63.	Schiste psammitique zonaire devenant de plus en plus feuilleté, noir, fracturé par de nombreuses diaclases verticales	1,14	511,38
	VEINE. Mat. vol., 17,70. Cendres, 2,40	0,81	512,19
64.	Mur très psammitique, à gros cloyats	0,87	513,06
65.	Schiste psammitique zonaire très fracturé. Inclinaison 30°	2,29	515,35
66.	Schiste noir doux, feuilleté, très fracturé	0,50	515,85
67.	Psammite avec un banc gréseux de 0 ^m 20, passant au schiste psammitique pyritifère et au schiste gris. Contre la veinette, un banc noir-brun, psammitique, charbonneux, avec veines blanches : 0 ^m 03	1,80	517,65
	VEINETTE	0,30	517,95
68.	Mur schisteux, très noir, avec lits charbonneux. Il devient plus compact, plus gris avec joints de glissement. Puis le mur devient tendre, très fracturé. Incl. 35°	4,05	522,00
69.	Psammite zonaire à veines blanches, gréseux par places. Inclinaison d'abord de 35°, monte à 38°, puis retombe à 30° à 529 m. A 530 m. un passage broyé. Contre la couche le terrain est très fracturé et passe à la brèche de faille. Tout à fait à la base un peu de schiste très feuilleté	9,43	531,43
	VEINE. Mat. vol., 16,20. Cendres, 3,30 %	1,76	533,19

Nos	DESCRIPTION	Epaiss.	Base à
70.	Mur psammitique, gris pâle, bistré, très dérangé par de nombreux joints de glissement, en tous sens. Le terrain devient encore plus dérangé qu'au-dessus et le mur est plus psammitique, plus foncé. A 537 m. on passe au schiste psammitique zonaire à larges radicules. Incl. 40° ...	4,85	538,04
71.	Grès gris, psammitique rempli de lits de brèche de faille	5,61	543,65
72.	Psammite gréseux. Incl. 45°. Il est très fracturé par des joints de glissement inclinés dans le même sens que les strates. A 547 ^m 50, psammite zonaire gris, très fracturé. Stratifications entrecroisées	7,28	550,93
PASSÉE.			
73.	Mur de schiste psammitique très fracturé. L'inclinaison diminue. A 553 ^m 50 le mur devient très psammitique. A 554 ^m 70 il passe au psammite zonaire	4,68	555,61
74.	Psammite zonaire à joints noirs charbonneux, plus régulier. A 557 ^m 70 incl. 30°. Végétaux hachés. A 559 m. le terrain devient plus schisteux et passe à de la brèche de faille	5,27	560,88
	VEINETTE. Mat. vol., 15,80. Cendres, 4,60 %	0,15	561,03
75.	Mur broyé ressemblant à de la brèche de faille, puis mur noir schisteux et feuilleté, à cloyats. Incl. 35°. A 564 m. le mur devient compact, psammitique, toujours très fracturé. On passe au psammite zonaire, brun, avec lits de houille daloïde. A 565 m. le psammite devient gréseux.	4,27	565,30
76.	Mur psammitique, compact, bistre, à radicules foncées, pyriteux. Incl. 35°. Par places lits schisteux broyés remplis de <i>Calamites</i>	4,05	569,35
77.	Psammite zonaire schisteux. Encore quelques radicules. Incl. 30°. Il est un peu plus régulier. A 571 ^m 80, diaclases verticales nombreuses. A 572 ^m 80 le terrain devient plus régulier. Joints noirs charbonneux. Incl. 26°. A 574 ^m 90 on passe au schiste gris, doux, à cassure conchoïdale. Une coquille bivalve. Un lit de sidérose un peu pyritifère	5,80	575,15
	VEINE. Mat. vol., 16,50. Cendres, 3,10. Veine Goret et Albert de Ghlin	0,55	575,70

ASSISE DE CHÂTELET.

78. Mur psammitique, fracturé, à cloyats. Il est gris pâle et devient schisteux par places, très dérangé et avec enduits rouge brique d'hématite. A 578^m50 le terrain est encore plus dérangé.

Nos	DESCRIPTION	Epaiss.	Base à
	Nombreux joints de glissement avec pholélite, dans une roche plus psammitique et plus compacte	5,20	580,90
79.	Psammite schisteux très dérangé et extrêmement fracturé. Incl. 40°	3,95	584,85
80.	Grès zonaire d'abord très fracturé, puis plus régulier. Incl. 15°-20°. Diaclases verticales. Par places on passe au psammite gréseux zonaire ...	8,60	593,45
81.	Psammite gréseux zonaire assez régulier, à diaclases verticales. Incl. 18° à 20°. A 595 ^m 50 il passe au psammite schisteux brun	3,05	596,50
82.	Schiste zonaire gris, pyritifère, dérangé par des cassures inclinées dans le même sens que les strates, mais plus fortement. A 597 ^m 40 la roche devient très noire, pyriteuse, puis redevient grise à cassure conchoïdale. Mouches de pyrite. Lits de sidérose. Diaclases verticales	4,80	601,30
83.	Psammite schisteux, brunâtre. Incl. 5°. Joints charbonneux. Il passe au schiste psammitique, broyé par places. Pholélite	3,00	604,30
PASSÉE.			
84.	Mur schisteux bistre à radicules foncées. Incl. 15°. Crevasses remplies de brèche de faille. Le mur devient noir psammitique et zonaire	2,00	606,30
85.	Psammite zonaire régulier. Incl. 10°. Diaclases fort inclinées	1,30	607,60
86.	Grès psammitique, zonaire, régulier. Le grès est à grain très fin. Diaclases verticales	8,90	616,50
87.	Psammite schisteux, zonaire. Incl. 16°. Diaclases verticales. On passe au schiste gris, doux à nodules de sidérose. Cassure conchoïdale	2,40	618,90
PASSÉE.			
88.	Mur gris cendré clair, avec un lit broyé en une brèche de faille	0,60	619,50
89.	Schiste psammitique. <i>Calamites</i> . Il passe au psammite dur et très compact. Diaclases fort inclinées. Terrain plus régulier. A 623 ^m 70 le psammite devient gréseux et zonaire et passe au grès zonaire, à 625 ^m 80. A 627 m. on repasse au psammite schisteux zonaire. Incl. 18°. Puis schiste gris doux à cassure conchoïdale	10,60	630,10
PASSÉE.			
90.	Brusquement et adhérent au précédent, mur psammitique, devenant schisteux, bistre, avec lits argileux, broyés. A 631 ^m 50 mur bistré à cloyats oolithiques. Puis il devient psammitique, mais toujours bistre. Puis il est gréseux	3,31	633,41

Nos	DESCRIPTION	Epaiss.	Base à
91.	Psammite gris compact. A 635 m. il devient zonaire, avec zones gréseuses. A 639 ^m 70 grès blanc très grenu, feldspathique	8,47	641,88
Sondage arrêté à 641 ^m 88, le 9 janvier 1914.			

INTERPRÉTATION

STRATIGRAPHIE.

Il n'est pas difficile, heureusement, d'indiquer à quel niveau se trouvent les couches recoupées par le sondage. La synonymie générale est absolument certaine, mais le raccordement par veine est fortement contrarié par les nombreuses failles normales rencontrées dans le sondage et qui empêchent de dresser une stampe normale tout à fait certaine. On ignore, en effet, le rejet de ces failles que l'on ne peut apprécier que par comparaison avec une stampe exempte d'inconnues. Il y a donc là un cercle vicieux dont on ne peut sortir qu'en faisant appel à des comparaisons avec des stampes voisines. Celles-ci sont aussi sujettes à la même cause d'erreur, à un degré moindre, cependant, pour la plupart d'entre elles. Comme terme de comparaison, nous avons, vers l'Est, la stampe encore plus dérangée du sondage n° 3 Saint-Antoine et celle du siège d'Havré. Vers l'Ouest, nous avons la stampe du puits de Ghlin et celle du sondage de Quaregnon du Charbonnage du Nord du Rieu-du-Cœur.

La comparaison avec ces diverses stampes montre tout de suite que le sondage de Mons, par une curieuse coïncidence, s'est terminé exactement au même niveau que celui de Quaregnon, c'est-à-dire dans le sommet de l'assise de Châtelet et à environ 60 m. sous ce sommet. Ici, comme à Quaregnon et ailleurs, ce sommet de l'assise est reconnaissable à sa stérilité en charbon et à l'abondance des roches siliceuses, grès et psammites.

A la base de l'assise de Charleroi, il y a dans la région un groupe de deux veines : Goret et Albert de Ghlin, Veines n^{os} 1 et 2 d'Havré. Leur écartement atteint 7^m50 à Ghlin et 2-3 m. à Havré. A Bois-du-Luc, elles se réunissent pour former la veine Bois-du-Luc. Je pense que c'est aussi le cas au sondage de Mons pour la veine de 575^m15, dont le toit est coquillier, comme à Havré. La veine de 560^m88 est trop loin pour qu'on puisse la considérer comme synonyme de Veine Albert de Ghlin.

Au-dessus de la base de l'assise de Charleroi, à 67 m. au sondage de Mons, à 62 m. au puits de Ghlin, à 62 m. au son-

dage de Quaregnon, il y a une veinette ou passée surmontée directement d'un niveau de conglomérat ou de grès grossier. Au-dessus il y a un ou deux niveaux coquilliers au toit de veines ou veinettes au mur bistre. L'un de ces niveaux est à 88 m. de la base, au sondage de Mons (468^m46), à 89 m. au puits d'Havré (Veine n° 7), à 93 m. au sondage St-Antoine.

A 133 m. de la base de l'assise, au sondage de Mons (421^m90), à 144 m. au puits de Ghlin (Veine n° 14), à 137 m. au puits d'Havré (Veine n° 9), il y a un groupe de deux veines ou veinettes dont la supérieure a un toit riche en coquilles.

Plus haut, les réductions de stampe produites par les failles normales, en s'ajoutant, finissent par rendre les comparaisons moins sûres. Je crois, cependant, avoir reconnu la belle veine n° 19 de Ghlin, si continue sur le bord nord du bassin, à 193 m. de la base de l'assise (Veine de 0^m80 à 354^m12) au sondage de Mons, à 207 m. de la base à Ghlin, à 178 m. au puits d'Havré (Veine n° 13) (1).

TECTONIQUE.

La concession de Nimy a été octroyée, il y a bien longtemps, à la suite de sondages qui n'avaient rien enseigné d'autre que l'existence du Houiller dans son périmètre. Depuis lors, absolument aucun travail n'avait été entrepris dans cette concession, acquise jadis par le Charbonnage des Produits du Flénu. Il ne semblait pas très présomptueux de deviner ce qui pouvait se passer, dans la concession, en fait de stratigraphie et de tectonique. Située sur le bord nord du bassin du Hainaut, on pouvait admettre la présence de la base de l'assise de Charleroi avec ses couches exploitables, dirigées sensiblement de l'Est à l'Ouest. C'est ce qui se passe dans nombre de concessions voisines, vers l'Est et aussi vers l'Ouest, dans la concession du Nord-du-Flénu (Ghlin). Des doutes semblent cependant s'être fait jour au sujet de l'exactitude de ce concept. Ces doutes n'ont jamais été nettement formulés ni encore moins justifiés. Je suppose qu'ils étaient basés sur les deux faits suivants :

A. — Les grandes plateures du bord nord du bassin, qui conservent une direction générale ondulant autour de la direction Est-Ouest, depuis Courcelles jusque Ghlin, brusquement, à l'Ouest et contre la limite de la concession de Ghlin, prennent

(1) C'est en m'appuyant sur ces considérations stratigraphiques que j'ai adopté les synonymies données ci-avant, dans la description du sondage.

une direction Nord-Sud et la conservent pendant près de 800 m. Plus à l'Ouest encore, ces plateures, jusqu'à leur entrée en France, ondulent, se plient et se replient de la façon la plus capricieuse. N'en était-il pas de même dans la concession de Nimy ?

B. — Dans la partie orientale de la concession de Ghlin, donc précisément dans celle qui confine à la concession de Nimy, le charbonnage de Ghlin n'a fait pour ainsi dire aucune exploitation. Tous les travaux du puits de Ghlin s'étendent vers l'Ouest, aucun ou presque vers l'Est. Cette dissymétrie, si contraire aux règles d'une bonne mise à fruit de gisement, était de nature à jeter le trouble dans les esprits sur la valeur de la région est de la concession de Ghlin et de sa voisine, dans cette direction, celle de Nimy.

J'ajouterai les remarques suivantes : Évidemment, un repli vers le Sud, dans le genre de ceux qu'on observe à Baudour, Hautrage et Bernissart, est possible à Nimy, mais il devrait être suivi d'un repli rapide, en sens inverse, vers le Nord. En effet, la direction des plateures de Ghlin prolonge exactement celle des plateures d'Havré. Les trois sondages de St-Antoine, pratiqués par le Charbonnage d'Havré, près de sa limite occidentale, ont montré que les plateures se poursuivent jusque-là, sans modification de direction notable. Aucun indice n'existe donc d'un changement de direction, plus à l'Ouest, dans la concession de Nimy.

Nous ne ferons pas aux capricieux méandres de la rivière la Haine plus d'honneur qu'elle n'en mérite, en cherchant à y trouver un parallélisme avec la direction des couches de houille sous-jacentes.

L'absence d'exploitation dans la région orientale de la concession de Ghlin est due, comme le rapporte la tradition orale, non pas au fait que les couches n'y existeraient pas, ou auraient une direction anormale, mais au fait que les couches n'étaient pas exploitables avec bénéfice.

A l'Est de la méridienne du puits de Ghlin, les plans du charbonnage montrent que les veines sont traversées de failles Nord-Sud très rapprochées, ce qui créait de grandes difficultés à l'exploitation. Le même genre de failles a d'ailleurs été aussi rencontré dans les sondages de St-Antoine et il en est de même dans le sondage de Mons, où la description que nous venons d'en donner fait apparaître plusieurs failles normales. La localisation ou, plus exactement, la multiplication de ces failles dans

la région entre Ghlin et St-Antoine est due à une cause qui nous semble aisée à trouver. Ces décrochements sont des conséquences télépathiques de l'intrusion, en plein bassin, du massif de poussée de St-Symphorien.

Je vois dans ces dérangements l'indice que le jour où l'on connaîtra les contours du massif de St-Symphorien on constatera qu'il pointe et s'allonge vers le maximum de dérangements de la zone faillée Ghlin-St-Antoine.

La description du sondage de Mons indique qu'il a traversé des massifs séparés les uns des autres par des failles normales fort inclinées, souvent remplies de brèche de friction ou de remplissage. Si les synonymies que je propose pour les couches les plus jeunes, pour la 19^e veine de Ghlin, par exemple, sont exactes, on doit en déduire que le rejet vertical de ces failles est très faible. En effet, dans un sondage vertical, des failles normales ont toujours pour effet des suppressions et des réductions de stampe en rapport avec leur rejet. En effet, la 19^e veine serait au sondage de Mons à 354^m12, à 193 m. au-dessus de la base de l'assise de Charleroi, alors qu'à Ghlin la 19^e veine est à 207 m. La différence est faible et peut être négligeable, car, au sondage de Quaregnon, où la synonymie de la 19^e veine est certaine, elle se trouve à 215 m. au-dessus de la même base. Il semble donc y avoir épaissement de la stampe vers l'Ouest.

Il y a d'ailleurs une remarque que l'on peut faire, dans la description du sondage et surtout sur une coupe graphique à grande échelle, c'est que presque toutes les failles, avec remplissage de brèche, sont localisées dans les murs des veines ou passées et n'y produisent pas un rejet supérieur à la puissance de ces murs.

La conséquence à tirer de la synonymie des couches du sondage de Mons, c'est que l'allure est-ouest des couches de Havré se poursuit jusque-là, c'est-à-dire à 1.600 m. plus à l'Ouest que les sondages de Saint-Antoine.

L'espace inconnu entre le sondage et les travaux de Ghlin est diminué d'autant et la possibilité de changements notables d'allures des couches subit une diminution proportionnelle.

La forte inclinaison des couches de certains massifs du sondage, et qui peut aller jusqu'à 40°, indique qu'on ne se trouve pas là sur un bord nord normal et tranquille où les pentes sont bien plus faibles. Les plateaux ont été redressés par le refoulement de la grande zone failleuse du Borinage, laquelle a été elle-même redressée par la poussée du massif de St-Symphorien. Un sondage dont nous venons de publier la coupe, dans

ce même périodique, celui des Bruyères de Mons, a constaté que, plus au Sud, les plateures, sous l'action de la même cause, se redressent jusqu'à atteindre des pentes de 60°. Entre les deux sondages de Mons, éloignés en latitude de 1.200 m., les plateures du bord nord ont de la place pour exécuter quelques plis. C'est ce qu'indique d'ailleurs la coupe du sondage des Bruyères de Mons, où les couches inférieures du sondage dit d'Obourg ont été recoupées, dans le fond, où elles ne peuvent arriver, avec une inclinaison de 40° et même moins, sans plis.

Cela m'amène à signaler une rectification à introduire dans la coupe générale annexée à mon travail : *Structure du bord sud des bassins ...*, 3^e partie. (ANN. DES MINES, t. XIX, 1914, p. 840).

La coupe du sondage des Bruyères, pratiqué après la guerre, m'a montré que la faille du Placard passe plus au Sud, de façon à descendre au sondage des Bruyères vers 1.025 m. Sur la coupe, le sondage des Bruyères se projette à 1.200 m. au Sud de celui dit d'Obourg.

Les plateures du Nord, par un ou plusieurs plis, doivent s'étendre de façon que la dernière couche, base de l'assise de Charleroi, passe aux Bruyères, à 1.041 m.

J'ai figuré la stampe normale de l'assise de Châtelet, au sondage de Mons, sur la planche 28 de mon travail : *Stratigraphie des assises inférieures du Houiller du Hainaut*. Jumet, 1932, 35 pages; 153 pl. P. Hosdain.

Les eaux artésiennes salines du Bassin de Paris, de la Basse et de la Moyenne Belgique,

par J. DELECOURT.

(Deuxième note.)

(Pl. XVI et XVII.)

Le travail que j'ai publié sous le même titre (27) en 1936 contenait deux planches (1).

La première déterminait les limites de salure des divers courants artésiens de la basse et de la moyenne Belgique.

Sur la seconde figurait une limite de salure aux environs des Vosges dans le courant du Bundsandstein et du Primaire.

Je me propose aujourd'hui d'étudier la composition des eaux

(1) Les chiffres gras renvoient à l'index bibliographique.

artésiennes de la nappe albienne du Bassin de Paris. Ce travail manquerait de clarté si je n'esquissais auparavant à grands traits de plume le tracé des massifs primaires de dessalure qui entourent le même bassin.

I. — LES MASSIFS DE DESSALURE DU COURANT PRIMAIRE DU BASSIN DE PARIS (pl. XVI).

a) RÉGION BELGE. — Nous ne reviendrons plus sur les tracés déjà établis lors de la publication de la première note et complétée par un travail plus récent (28). Le sillon Haine-Sambre-Meuse sépare incomplètement deux massifs de dessalure :

1° Le massif dessalé du Brabant dont l'extrémité occidentale est le Mélantois et dont l'extrémité orientale ne dépasse pas le Limbourg belge.

2° Le massif dessalé de haute Belgique dont la limite méridionale est indéterminée de Hirson à Echternach.

Entre ces deux massifs, le long du sillon Haine-Sambre-et-Meuse, il existe encore une zone salée très étroite et discontinue. C'est ce qui m'a conduit à admettre l'existence de *deux massifs de dessalure* qui en réalité se rejoignent en plusieurs endroits par des sortes d'isthmes de dessalure. La délimitation des massifs est malaisée entre Mons et Liège.

b) MASSIF DESSALÉ RHÉNAN. — Les résultats d'analyses indiquent que le golfe de Luxembourg est en régime de salure. Il est bordé à l'Est par un massif dessalé qui s'étend jusqu'aux environs de Kreutznach, Ems et Hombourg. Cette zone dessalée se rattache au massif de dessalure rhénan.

c) MASSIF DESSALÉ DES VOSGES. — Les tracés indiqués dans ma première note sont complétés. Il est probable que le massif dessalé des Vosges est relié au massif rhénan par un isthme de dessalure.

L'étude des limites méridionales indique que le contour se ferme entre Lure et Besançon. Du côté du Rhin la présence des sources d'eaux salées de Montbelliard, Bussang, Soultmatt, Molsheim et Niederbronn permet de conclure à l'existence d'une zone salée et d'en déterminer la limite, voisine d'une faille rhénane.

d) MASSIF DE DOLE. — Un pointement de formations triasiques et primaires, aux environs de Dole, m'oblige à faire figurer autour de cette ville une limite de salure dont le tracé est purement schématique. Les éléments de déterminations sont pratiquement nuls.

e) **MASSIF CENTRAL ET DU MORVAN.** — Les déterminations sont faites au moyen de 29 points en zone dessalée et de 26 points en zone de salure. C'est, bien entendu, insuffisant pour un tracé même approximatif. Néanmoins, on voit fort bien un massif dessalé du Morvan se rattachant au massif central de dessalure, sauf à démontrer plus tard l'absence des sources à eau salée entre Saint-Galmier et la zone salée du Rhône. On détermine également un massif isolé de dessalure autour de La Machine et de Decize entouré de sources artésiennes salines connues : Bourbon-L'Archambault, Fourchambault, Pougues, Pouque-Lormes, Saint-Honoré et Bourbon-Lancy. A l'Ouest du massif central, le tracé est purement conventionnel puisqu'on ne dispose que de points de la zone de dessalure.

f) **MASSIF DESSALÉ ARMORICAIN.** — On sait que les eaux sont dures à Caen (29). Le forage du Haras de Robillard, près de Saint-Pierre-Dives, a donné, comme celui de Merville, des eaux salées (30). Les sources de Bagnolles-de-l'Orne donnent des eaux légèrement salines (bicarbonatées, sulfatées et chlorurées sodiques faibles). A partir d'Alençon, le tracé vers Bressuire et Luçon est purement figuratif. Le puits de Chinon capte dans le Cénomaniens des eaux qui ont 17°5 hydrotimétriques français et contiennent 0,131 gr. de chlore évalué en Cl pour un résidu fixe de 0,608 gr. C'est une eau typique de la zone de transition ou d'échange de bases. Il doit donc y avoir une limite de salure cénomaniens passant un peu à l'Est de Chinon. Nous en concluons que sous Chinon, les eaux du primaire doivent être salées (27, bas de la page 27).

A la Rochelle, la ville capte des eaux salées. A Rochefort, un puits de 857 m., foré de 1861 à 1866, a recoupé le Primaire et a donné dans le Vosgien des eaux jaillissantes sursalées (résidu : 5,986 mgr.) (19).

Ne faisons pour l'instant suivre ce sec exposé d'aucun commentaire et renvoyons le lecteur à la planche XVI qui accompagne ce travail. Les points où les eaux salines ont été observées sont indiqués en noir. Les points blancs indiquent des emplacements où les eaux primaires sont captées en zone de dessalure.

II. — LA NAPPE ALBIENNE (pl. XVII).

Les sables verts albiens contiennent une nappe aquifère célèbre. Elle est mise en pression par l'argile du Gault également albienne qui surmonte les sables. Dans la région parisienne, les puits forés sous les argiles ont donné des jaillissements

importants. Ils sont protégés par une législation spéciale. La nappe aquifère albienne est souvent appelée *nappe parisienne* par opposition à la *nappe tourangelle* qui se capte dans le Cénomaniens (31).

Les affleurements albiens s'étendent d'Hirson aux environs de Romorantin. Ils s'ennoyent à l'Ouest de cette ville. On les retrouve dans l'estuaire de la Seine, réduits à quelques mètres d'argile sableuse glauconifère. Aux environs de Beauvais, et à la faveur d'accidents tectoniques complexes, ils reviennent au sol le long de la surélévation du Bray. On connaît des vestiges du même étage affleurant aux environs de Boulogne-sur-Mer. Au Nord de l'alignement Hirson-Boulogne, les dépôts albiens ne sont plus connus que près des bassins charbonniers où ils se présentent d'ailleurs sous des aspects lithologiques tout particuliers.

La véritable nappe albienne, du Gault, des sables verts ou parisienne, est mise en pression par l'argile du Gault. Il peut exister des sédiments perméables albiens au-dessus de cette argile. Ils sont alors baignés dans la même eau que ceux de la nappe tourangelle et ne retiendront pas notre attention pour l'instant. Les sédiments surmontant les argiles sont les sables de la Puisaye, de la Nièvre et du Cher, les Gaizes et les grès albiens du pays de Bray, ainsi que les sables verts supérieurs anglais.

Ailleurs, dans la région de Rethel et à l'Ouest de Vierzon, il semble que l'on puisse conclure à l'absence des argiles du Gault, sauf vers l'estuaire de la Seine. *On peut en déduire qu'à l'Ouest de Romorantin les nappes parisienne et tourangelle sont en relation, ou tout au moins se juxtaposent* (31). En ces endroits, seule l'analyse chimique permettra de différencier leurs eaux.

De Vouziers à Vierzon, l'argile du Gault est suffisamment épaisse, étendue, et continue pour isoler une véritable nappe artésienne. La présence des argiles est démontrée sous Paris, sous le pays de Bray, le Boulonnais. On sait qu'elles surmontent, en Angleterre, des dépôts gréseux probablement voisins des grès de la base de l'Albien du Boulonnais. Toutefois, les Anglais classent ces grès dans l'Aptien, ce qui ne nous empêche d'ailleurs pas de rapporter à la nappe parisienne les eaux captées dans le « lower greensand ».

Somme toute, admirablement protégée par une couche argileuse épaisse, pratiquement imperméable, continue sous de vastes étendues, la nappe albienne est un merveilleux champ

d'étude. J'aurais voulu le parcourir de concert avec M. E. Leroux qui me paraissait particulièrement qualifié pour y faire d'étonnantes découvertes (10). Mon offre de collaboration n'a pas été acceptée.

On peut suivre en pensée le sens du courant artésien du Gault. Il naît vers les affleurements formant l'arc passant par Hirson, Saint-Dizier et Vierzon. Il doit amerir entre l'embouchure de la Seine et le Boulonnais. Il est probable qu'il gagne l'Angleterre, la pression à Amiens et aux Grandes Dalles étant bien suffisante pour contrebalancer des pertes importantes de charge dans le trajet sous-marin. Les affleurements du Boulonnais et du Bray provoquent une alimentation secondaire du courant.

III. — COMPOSITION CHIMIQUE DES EAUX DE LA NAPPE ALBIENNE

On a, paraît-il, foré environ 150 puits artésiens s'alimentant dans la nappe albienne. En plus des milliers de mètres cubes-heure qu'ils débitent par jaillissement, les forages à la nappe parisienne ont depuis une centaine d'années fait couler une mer d'encre. C'est surtout dans cet océan déchaîné que je suis parvenu à faire quelques pêches heureuses et à découvrir, non sans peine, une quarantaine d'analyses plus ou moins complètes.

En possession de ces précieux renseignements, j'ai dû rechercher le moyen de les rendre comparables. Je compte beaucoup sur ce travail de bénédictin pour me valoir un jour les indulgences dont j'ai le plus grand besoin !

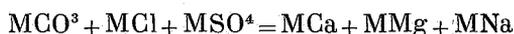
Dans la première partie de cette note, nous utiliserons, quand nous le pourrons, des analyses établies sous la forme suivante :

- 1° Résidu sec, en milligrammes par litre, ou, à défaut de cette détermination, résidu sulfaté, en milligrammes par litre;
- 2° Alcalinité exprimée en milligrammes de CaCO_3 par litre;
- 3° Sulfatation exprimée en milligrammes de SO_4Ca par litre;
- 4° Chaux en milligrammes de CaO par litre;
- 5° Chlore en milligrammes NaCl par litre;
- 6° Magnésie en milligrammes de MgO par litre;
- 7° Soude en milligr. Na_2O par litre ou plutôt $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$;
- 8° Dureté totale en degrés français, d'après les analystes;
- 9° Dureté calculée d'après CaO et MgO , en degrés français;
- 10° Dureté permanente en degrés français d'après les analystes;
- 11° Somme $\text{MgO} + \text{CaO}$ en milligrammes par litre.

Il est inutile, pour le cas qui nous occupe, de faire mention des dosages de l'ammoniaque, des nitrites et même des nitrates, qui sont absents dans les eaux bien captées. Nous pourrions le prouver en complétant toutes les analyses que nous reproduisons après les avoir transformées.

Dans la seconde partie de la note, nous fournirons un tableau de vingt et une analyses en millivalences, système européen qui a devancé le procédé des valeurs de réaction de Chase Palmer (32).

L'avantage des transcriptions en millivalences ou en valeurs de réaction, est que l'équilibre chimique se traduit, en somme, si nous appellons MCO^3 , MCl , MSO^4 les millivalences acides et M^+Ca , MMg et MNa les millivalences basiques, par :



Si l'on connaît donc cinq millivalences, on peut en déduire la sixième. C'est ce que nous avons fait pour plusieurs analyses et cela nous a permis de déterminer ainsi soit l'alcalinité, soit le dosage du sodium ou plutôt des métaux alcalins.. Quand un dosage est obtenu par différence, le chiffre renseigné l'est en caractère gras. La précision de ces résultats serait sujette à caution si nous ne connaissions le très consciencieux travail des chimistes français.

Pour passer d'un système d'analyse à l'autre, on emploiera les coefficients suivants, ce qui simplifiera les calculs :

Alcalinité en mmgr. CaCO_3 par litre = 50 millivalences CO_3 .

Chlorure en mmgr. NaCl par litre = 58,5 millivalences Cl .

Sulfates en mmgr. SO_4Ca par litre = 68 millivalences SO_4 .

Chaux en mmgr. CaO par litre = 28 millivalences Ca .

Magnésie en mmgr. MgO par litre = 20 millivalences Mg .

Soude en mmgr. Na_2O par litre = 31 millivalences Na .

J'ai employé deux systèmes de notation parce que le premier parle mieux à nos regards et est encore trop près de nos routines pour que je l'abandonne prématurément.

★ ★

Ceci dit, commençons l'étude des analyses et choisissons d'abord des eaux provenant de captages effectués près des affleurements albiens.

Étudions donc les analyses d'eaux captées au voisinage des affleurements. Ceci nous conduit au tableau I. Les localités figurent à la planche XVII.

TABLEAU I. — Affleurements orientaux et méridionaux.

	Résidu sec	CO ² en Ca CO ³	SO ³ en Ca SO ⁴	Cl en Na Cl	Chaux en CaO	Magnésie en MgO	Soude en Na ² O	Dureté			CaO + MgO
								Tot.	Calc.	Perm.	
1. Vouziers . . .	—	—	—	6,5	49,8	3,6	—	12°	9,5°	—	53,4
2. Ste-Menehould	—	—	53,9	10,6	53,9	—	—	10°	?	2,5°	?
3. St-Dizier . . .	135	80	26,7	14-	49,8	3,6	8,6	11,5°	9,5°	4°	53,4
4. Vierzon . . .	—	87	13,6	8,5	46,9	4,3	6,3	—	9,4°	—	51,2
5. Romorantin . .	—	—	26,7	25,6	36,9	14,4	—	10°	9,8°	4°	51,3

Les résultats sont en milligrammes par litre et en degrés de dureté français, ainsi que nous l'avons dit plus haut.

Les analyses se ressemblent très fort. Les eaux sont bicarbonatées calciques légères et fort peu chlorurées. Leur dureté est trop faible, pour que l'on puisse les appeler des eaux dures. Mais néanmoins se sont la chaux et la magnésie qui dominant nettement la soude. L'acide faible est le plus important. La somme CaO + MgO est pratiquement constante et varie entre 51,2 et 53,4. Les eaux sont aussi plus carbonatées que sulfatées ainsi que le prouvent les analyses des eaux de Saint-Dizier et de Vierzon. Nous sommes dans une zone du courant qui correspond à notre zone des eaux dures en Belgique.

*
* *

Comparons maintenant quelques résultats d'analyses d'eaux de puits artésiens de Paris et des environs.

Ceci nous conduit au tableau II, toujours en milligrammes par litre et degrés de dureté français. (Voir p. 508).

Comparons d'abord les analyses 3,5 et 6, reproduites ci-après.

Ces résultats d'analyses sont obtenus aux sources suivantes :

Saint-Dizier : ED. BONJEAN, chef de laboratoire du Conseil Supérieur d'Hygiène publique de France (26 octobre 1902) (33).

Orsay : E. MAYNARD, *Le Bassin géologique de Paris; Le Génie Civil*, n° 2848 (13 mars 1937) (34).

TABLEAU II. — Paris et environs.

	Résidu sec	Résidu sulfaté	CO ² en Ca CO ³	SO ³ en Ca SO ⁴	Cl en Na Cl	Chaux en CaO	Magnésie en MgO	Soude en Na ² O	Dureté			CaO + MgO
									Tot.	Calc.	Perm.	
6. Orsay.	149	171	—	27,2	9	42,5	13,6	—	10,3°	10,7°	—	56,1
7. Noisy.	—	—	—	24,2	12	43,9	12,7	—	10,8°	10,7°	—	56,6
8. Butte aux caillès .	—	—	115	17,5	12	39	13,3	22,01	10°	10°	—	52,3
9. Passy.	—	—	118	16,7	13,2	38,7	14,2	22,63	—	10,1°	—	52,9
10. Grenelle	—	—	119	14,1	13,2	37	14,1	24,49	9,7°	9,8°	—	51,1
11. Nanterre	—	—	121	15,3	14,9	42,2	12,3	24,55	—	10,3°	—	54,5
12. Maisons Laffite . .	173,5	—	128	13,9	13,2	37,7	14,1	29,14	10°	10°	3°	51,8
13. Rue Blomet.	—	204	128,5	17-	11,7	39-	15	27,3	11,5°	10,4°	1°	54-
14. Villemomble	—	—	136	18,2	18,2	37,4	12,5	47,2	—	10,9°	—	54,5
15. Plaine Saint-Denis.	—	217,5	140	16,3	17,5	37	11,6	44,7	9,9°	9,3°	—	48,6
16. Pantin	—	—	162,5	13,8	15,7	39,6	15,3	46,3	—	10,3°	—	54,9
17. Epinay	—	—	—	24,5	13	25,2	14,2	—	8,3°	7,7°	—	39,2
18. Aulnay.	—	—	—	21,4	31,3	28,2	10,2	—	7,4°	7,4°	—	38,4
19. L'Isle Adam.	—	351	200	25,2	36,1	18,4	traces	137,2	6°	3,29	—	18,4

Romorantin : *Annuaire des Distributions d'eau*. Deuxième édition (1909) (35).

	3 Saint-Dizier	6 Orsay	5 Romorantin
Résidu sec	135	149	?
Alcalinité en CaCO_3	80	?	?
SO_3 en CaSO_4	26,7	27,2	26,7
Chlore en NaCl	14-	9-	25,6
Chaux en CaO	49,8	42,5	36,9
Magnésie en MgO	3,6	13,6	14,4
$\text{CaO} + \text{MgO}$	53,4	56,1	51,3

On est tout d'abord frappé par la constance de composition des eaux sur des parcours qui sont voisins de 150 km. entre Romorantin et Orsay et de 200 km. de ce point à Saint-Dizier. Cette constance de composition va se vérifier aux environs et à Paris pour les analyses 6 et 13, quoique le résidu sec augmente légèrement de 149 à 173,5, que l'alcalinité en CaCO_3 atteigne 128,5 rue Blomet et que le chlore dosé en NaCl passe de 9 à Orsay à 11,7 au même endroit.

Quant à la dureté corrigée par le calcul, elle reste à peu près constante et varie d'un minimum de $9,8^\circ$ à Grenelle à un maximum de $10,7^\circ$ pour Orsay et Noisy. Rappelons qu'au voisinage des affleurements, nous obtenons des duretés calculées de $9,4^\circ$ et $9,8^\circ$ à Vouziers, Saint-Dizier, Vierzon et Romorantin.

*
**

En examinant les analyses d'eaux de puits forés au Nord et au Nord-Est de Paris (nos 14 à 19), nous constatons un rapide changement.

Dès la Plaine Saint-Denis, l'alcalinité augmente beaucoup plus rapidement. La teneur en soude exprimée en Na_2O atteint 44,7 au lieu de 27,3 à la rue Blomet. La dureté calculée descend à $9,3^\circ$.

A l'Isle-Adam, l'alcalinité est de 200 pour un résidu sulfaté double de celui d'Orsay. Quoique les chlorures ne soient pas encore très abondants (36,1 en NaCl), on dose 137,2 de soude en Na_2O . Des sels de chaux et de magnésie ont précipité. La dureté

totale mesurée est de 6°. En réalité, elle doit être plus faible : 18,4 de chaux ne représentent que 3,2 degrés français et la magnésie est pratiquement absente.

Bref *les eaux du puits de l'Isle-Adam sont captées en zone de salure.*

Celles des puits de la Plaine Saint-Denis, d'Épinay et d'Aulnay proviennent de la zone des échanges de bases. Celles de Pantin et Villemomble sont captées près ou dans la zone des échanges.

★★

Recherchons d'autres points de la zone de salure dans la nappe parisienne. Nous obtenons le tableau suivant :

TABLEAU III.

	Résidu sec	Résidu sulfaté	CO ² en Ca CO ³	SO ³ en Ca SO ⁴	Cl en Na Cl	Chaux en CaO	Magnésie en MgO	Soude en Na ² O	Dureté			CaO + MgO
									Tot.	Calc.	Perm.	
20. L'Isle-Adam.	—	351	200	25,2	36,1	18,4	traces	137,2	6°	—	—	?
21. Gamaches.	445,6	—	—	49,98	55	9,5	2,2	—	3,5°	2,2°	2°	11,7
22. Bucy Le Long.	—	708	300	40,95	40,95	9,2	12,2	278,4	3°	4,5°	—	21,4
23. Châteaudun	—	—	—	—	—	—	—	—	3°	—	1°	—
24. Guise . . .	—	—	—	—	491	—	—	—	8°	—	—	—
25. Eu	—	1.721	295	108	987	22,4	11,8	712,4	7°	6,7°	—	34,3
26. Le Crotoy.	—	5.675	330	539	3.861	73,4	62,4	2.318,4	25°	28°	—	135,8
27. Amiens . . .	—	6.867	520	2.796	2.691	97,7	73,4	2.784	48°	37°	—	171,4

On constate, quoique la dureté des eaux phréatiques soit faible, que les phénomènes de salure et sursalure se passent, ici, tout à fait comme dans les courants artésiens à eaux phréatiques dures de la Belgique. Les analyses 20, 21, 22 et 23 correspondent à des eaux de la zone de salure avec des duretés totales inférieures à 6°. L'analyse 25 indique une dureté déjà supérieure à 6° alors que les analyses 26 et 27 déterminent des eaux sursalées typiques. Comparons trois analyses différentes des eaux du puits d'Eu.

	D'après :		
	M. E. Leroux (n° 25)	Bonjean (n° 28)	A. D. (n° 29)
Résidu sec	?	1.418,9	1.429,7
Résidu sulfaté	1.721	?	?
CO ² en Ca CO ³	295	?	?
Chlore en NaCl	987	1.020	988
Chaux en CaO	22,4	16,8	20,7
Magnésie en MgO	11,8	9	9
SO ³ en Ca SO ⁴	108	106,3	109
Dureté mesurée	7°	6,8°	6,5°
Dureté calculée	6,7°	5,9°	6,7°
CaO + MgO	34,2	25,8	29,7

L'analyse de E. Bonjean est du 13 janvier 1895, celle de M. E. Leroux est récente. On voit que l'eau d'Eu maintient à peu près sa composition, mais que néanmoins, elle était captée en zone salée en 1895 alors qu'elle est actuellement prélevée en limite de sursalure. Un fait analogue s'est passé à Ostende. *Ce qui est certain, c'est que les phénomènes de sursalure commencent à se manifester dans la nappe du Gault dès que le résidu sec dépasse 1.500 alors que pour les eaux dures de Belgique ce minimum est de 3.000.*

*
**

Reprenons maintenant vingt et une analyses déjà transcrites. Ce sont les seules que nous puissions assez complètement établir en millivalences. (Voir tableau IV, p. 512.)

Les chiffres gras sont obtenus par différence, la somme des millivalences acides Sa devant être égale à la somme des millivalences basiques Sb.

Les résultats sont ici plus impressionnants. Les millivalences CO³ croissent presque continuellement en même temps que la somme des millivalences acides, ce qui peut s'expliquer. Les eaux dans leur parcours souterrain neutralisent progressivement leur acide carbonique libre ou agressif. Les sables albiens

TABLEAU IV. — Bassin de Paris. Analyses des eaux millivalences.

A. — Zone des affleurements.

		CO ³	SO ⁴	Cl	Ca	Mg	Na	Sa	Sb	Ca + Mg
I.	St-Dizier	1,6	0,39	0,24	1,77	0,18	0,28	2,23	2,23	1,95
II.	Vierzon	1,75	0,20	0,15	1,67	0,21	0,20	2,08	2,08	1,88

B. — Région parisienne.

III.	Orsay	—	0,40	0,15	1,48	0,68	—	—	—	2,16
IV.	Noisy	—	0,38	0,20	1,56	0,64	—	—	—	2,24
V.	Butte aux Cailles	2,30	0,26	0,20	1,39	0,66	0,71	2,76	2,76	2,05
VI.	Grenelle	2,38	0,21	0,23	1,32	0,71	0,79	2,82	2,82	2,03
VII.	Passy	2,36	0,24	0,23	1,39	0,71	0,73	2,83	2,83	2,10
VIII.	Nanterre	2,42	0,24	0,25	1,50	0,62	0,79	2,91	2,91	2,12
IX.	Maisons Laffite .	2,56	0,20	0,23	1,35	0,70	0,94	2,99	2,99	2,05
X.	Rue Blomet . . .	2,57	0,25	0,20	1,39	0,75	0,88	3,02	3,02	2,14
XI. (1)	Villemomble . . .	2,72	0,27	0,31	1,34	0,62	1,35	3,30	3,31	1,96
XII. (1)	Pantin	3,25	0,20	0,27	1,41	0,77	1,49	3,72	3,67	2,18

C. — Zone des échanges de bases.

XIII.	Plaine St-Denis .	2,80	0,24	0,30	1,32	0,58	1,44	3,34	3,34	1,90
XIV.	Epinay	—	0,36	0,22	0,90	0,72	—	—	—	1,62
XV.	Aulnay	—	0,31	0,53	1,01	0,52	—	—	—	1,53

D. — Zone de salure.

XVI.	L'Isle-Adam . . .	4,00	0,37	0,60	0,55	0	4,42	4,97	4,97	0,55
XVII.	Gamaches	—	0,73	0,94	0,34	0,41	—	—	—	0,45
XVIII.	Bucy-le-Long . .	6,00	3,21	0,70	0,33	0,61	8,98	9,91	9,91	0,94

E. — Zone de sursalure.

XIX.	Eu	5,90	1,59	16,88	0,80	0,59	22,98	24,37	24,37	1,39
XX.	Le Crotoy	6,60	7,93	66,00	2,62	3,12	74,79	80,53	80,53	5,74
XXI.	Amiens	10,40	41,10	46,00	3,49	4,19	89,82	97,50	97,50	7,68

(1) Les puits de Villemomble et de Pantin pourraient aussi bien être placés dans la zone des échanges de bases.

sont trop peu calcaireux pour que l'acide carbonique biologique ou météorologique puisse se neutraliser complètement dès les affleurements.

Les millivalences Ca sont comprises entre 1,32 et 1,56 pour la région parisienne.

Les millivalences Mg varient de 0,62 à 0,77 dans la même région quoique beaucoup plus faibles vers les affleurements (0,18 à 0,21).

Enfin, pour la zone voisine des affleurements et la région parisienne, la somme des millivalences Ca et Mg est pratiquement constante et comprise entre 1,88 à Vierzon et 2,24 à Noisy-le-Grand.

Les millivalences Cl sont très constantes dans les zones A et B du tableau IV.

Ce sont les constances des millivalences Cl et Mg+Ca qui nous font admettre que *la zone des affleurements et la région parisienne jusqu'à Maisons Laffitte est en zone de dessabure*. Nous n'osons pas employer le terme zone à eaux dures en raison de la faible quantité de sels alcalino-terreux dissous.

La situation change immédiatement au Nord de Paris. A la plaine Saint-Denis, à Epinay et à Aulnay, nous constatons que Ca+Mg diminue en même temps que Na augmente brusquement. Mais la dureté reste supérieure à 6 degrés, soit à 1,2 millivalence Ca+Mg.

Nous sommes en *zone d'échange des bases*. Les alcalino-terreux se substituent aux alcalins dans le mystérieux échangeur de bases, contenu dans les sables albiens. *La dureté diminue sans, ici, que la chloruration sodique soit bien importante.*

A L'Isle-Adam, Gamaches et Bucy-le-Long, les millivalences additionnées Ca+Mg sont inférieures à l'unité, ce qui correspond à une dureté calculée inférieure à 6°. Les échanges de bases sont terminés et nous sommes *en zone de salure*. La chloruration devient beaucoup plus abondante.

Enfin, entre Eu, Le Crotoy et Amiens, la sulfatation augmente dans des proportions considérables. Les millivalences SO_4 dépassent rapidement les millivalences CO_3 au fur et à mesure de l'augmentation à peu près parallèle des millivalences Na. La dureté augmente, la somme des millivalences Ca+Mg, passant de 1,39 à Eu, à 7,68 à Amiens. Nous sommes *en zone de sursature*.

IV. — LIMITES DE SALURE ET DE SURSALURE DE LA NAPPE ALBIENNE

Il reste à déterminer les limites de salure et de sursalure du courant artésien du Gault.

Nous savons que le résidu sec des eaux du Gault dépasse 1.500 aux différents puits forés dans les localités suivantes : Paris-Plage, Merlimont, Le Crotoy, Saint-Blimont, Port-le-Grand, Amiens, Longueval, Péronne (10 et 27). Tous ces points sont en zone de sursalure, la limite de sursalure passant précisément par Eu pour les raisons que nous avons invoquées tantôt. A Dieppe, un puits foré à la nappe albienne a donné des eaux saumâtres. La sursalure est ici évidente (36).

L'Isle-Adam se trouve sur une limite de salure, Gamaches et Bucy-le-Long sont en zone de salure, de même que Château-dun.

A Beauvais, entre L'Isle-Adam en salure et Amiens en sursalure, la nappe albienne devrait fournir des eaux salées. Or nous trouvons (10) :

ANALYSE N° 30.

Alcalinité en CaCO_3	175	mmgr.
SO_3 en SO_4Ca	13,6	mmgr.
Chlore en NaCl	17,5	mmgr.
Dureté mesurée	8,5°	degrés.
Millivalences acides	4,00	

Cette eau, dont j'ignore les teneurs en chaux, magnésie et soude, doit être placée d'après la dureté et le total des millivalences acides près de celle de la Plaine Saint-Denis. *Beauvais se trouverait donc dans la zone de précipitation ou d'échange de bases précédant la zone salée.*

Ceci tient au voisinage du massif de dessalure du Bray tout proche de la localité. Le tracé du massif doit être possible, car il existe un certain nombre de puits artésiens dans le voisinage immédiat du Bray (10). Je n'ai pu me procurer les analyses nécessaires pour terminer ce travail.

Au Sud du Bray doit exister une autre région à eaux salées, ce qui est démontré par la dureté très faible des eaux de Château-dun et la sursalure prononcée des eaux captées dans le Kimméridgien, de Sotteville et Saint-Martin-du-Vivier (10). Quelle est l'étendue de ce massif salé méridional et en quel point ses limites de salure et sursalure vont-elles rejoindre le littoral actuel ?

Je dois à l'amabilité de M. le Maire de Saint-Pierre-en-Port, auquel j'adresse mes vifs remerciements, d'avoir pu retrouver une analyse des eaux du forage des Grandes-Dalles, faite en 1909 par l'éminent chimiste, M. G. Dimitri, alors auditeur au Conseil Supérieur d'Hygiène. La transcription des déterminations faites prendrait trois pages de cette note, tant l'analyse est bien faite. Je résume les résultats obtenus, traduits en millivalences.

ANALYSE N° 31.

CO³ : 3,36 - SO⁴ : 0,87 - Cl : 0,77 - Sa : 5,00
Ca : 2,04 - Mg : 1,35 - Na : 1,40 - K : 0,31 - Sb : 5,10.

La différence entre Sa et Sb résulte de ce que je n'ai pu tenir compte du dosage des éléments accessoires. Le résidu sec est de 274 mmgr. par litre. On trouve Ca + Mg = 3,39; l'eau ne peut donc provenir d'une zone salée où l'on doit avoir Ca + Mg < 1. Le résidu sec indique que l'eau ne peut être sursalée. Elle est donc captée dans la zone des eaux dures ou bicarbonatées calciques. Mais Na + K = 1,71 indique *le voisinage* d'une limite de salure. On peut donc dire :

1° La limite de salure atteint le littoral un peu au Nord-Est des Grandes-Dalles.

2° La zone de sursalure qui entoure Dieppe est très réduite en étendue.

Comparons les analyses des puits des Grandes-Dalles et de Vernon (établies en mmgr. par litre et degrés français).

	Résidu sec	CaCO ³	SO ⁴ Ca	Na Cl	CaO	MgO	Na ² O	K ² O	Dureté
32. Vernon	290	171,5	53,3	53,87	40,30	19,9	40,60	38,15	11,8°
33. Grandes Dalles . . .	274	168,0	59,3	44,88	57,1	27,0	43,9	15,9	16,4°

On constate qu'à Vernon la somme CaO + MgO est plus faible qu'aux Grandes-Dalles [70,2 < 84,1], mais que la somme Na²O + K²O est plus élevée, quoique le résidu sec soit assez semblable. Nous avons donc toute raison de croire que Vernon, en zone d'échanges de bases, se trouve à proximité d'une limite de salure.

Remarquons, en passant, que la somme CaO + MgO = 84,1 mmgr. aux Grandes-Dalles est sensiblement plus forte qu'aux environs de Paris. Cela peut tenir à de nombreuses causes

dont la plus importante est vraisemblablement l'apport de la nappe cénomaniennne dans celle des sables verts albiens dans les régions où les deux nappes sont juxtaposées, c'est-à-dire vers le Nord de la fosse tourangelles. Rappelons que la nappe tourangelles baigne les sables de la Puisaye (Albien).

A Dracy (Yonne), les eaux des sables de la Puisaye ont la composition suivante :

Alcalinité en CaCO_3	144.
Sulfatation en SO^4Ca	20,9.
Chlore en NaCl	13,2.
Dureté	16,5.

Tout au Nord le petit massif de dessalure du Boulonnais mériterait également une étude détaillée. J'ai cru bien faire en n'indiquant aucun tracé vers cet endroit. Le massif de dessalure du Boulonnais est en relation directe avec celui du Weald. Autour de ce dôme les mêmes phénomènes se reproduisent. Voici à titre documentaire l'analyse d'une eau de la zone de salure captée dans le Lower Greensand à Deal (9).

ANALYSE N° 34.

En mmgr./litre et degrés français.

Résidu sec	1.370
CO_2 en CaCO_3	576
SO^3 en CaSO^4	138
Chlore en NaCl	726
Chaux en CaO	14
Magnésie en MgO	6
Soude en Na_2O	783
Dureté totale	4°
Dureté permanente	0°
$\text{CaO} + \text{MgO}$	20

En millivalences.

CO_3 : 11,52	Ca : 0,50
SO^4 : 2,03	Mg : 0,30
Cl : 12,41	Na : 25,25
25,96	26,05

$$\text{Ca} + \text{Mg} = 0,80$$

La planche XVII jointe à ce travail commente graphiquement les tracés proposés beaucoup mieux qu'elle ne les détermine.

V. — CONSIDÉRATIONS SUR LA PROVENANCE DES SULFATES DE LA ZONE DE SURSALURE

Examinons, transcrites dans un ordre différent, quelques analyses déjà fournies. (Voir tableau V).

L'analyse *a*) se rapporte à une eau bicarbonatée calcique de

l'Albien et est dans la région correspondant à la zone à eau dure des courants artésiens belges.

Pour *a*, *b* et *c*, les teneurs en SO^3 exprimées en CaSO^4 ne varient guère quoique les sommes $\text{CaO} + \text{MgO}$ diminuent de 56,1 à environ 18,4. Il y a échange de bases entre les sulfates de chaux et de magnésie et formation de sulfates alcalins, ou, tout au moins, on peut expliquer les réactions chimiques par ces échanges. Ils peuvent se produire également entre les bicarbonates.

TABLEAU V.

	Résidu sec	Résidu sulfaté	CO^2 en Ca CO^3	SO^3 en SO^4 Ca	Chlore en Na Cl	Chaux CaO	Magnésie MgO	Soude en Na 2 O	Dureté			CaO + MgO
									Tot.	Calc.	Perm.	
Orsay . .	149	171	—	27,2	9,00	42,5	13,6	—	10°3	10°7	—	56,1
Epinay . .	?	—	—	24,5	13,00	28,2	10,2	—	7°4	7°4	—	38,4
L'Isle- Adam	?	351	200	25,2	36,1	18,4	traces	137,2	6°	?	—	18,4
Gamaches	445,6	—	—	50-	55-	9,5	2,2	—	3°5	2°2	2°	11,7
Eu	1.418,9	1.721	295	108-	987	22,4	11,8	712,4	7°	6°7	—	34,2
Le Crotoy	—	5.675	330	539-	3.861	73,4	62,4	2.318,4	25°	28°	—	135,8

Il n'en est plus de même si on examine les teneurs croissantes en SO^3 exprimées en CaSO^4 des analyses *d*, *e* et *f*. Il est impossible que les 27,2 mmgr. de sulfate de chaux d'Orsay donnent par échange de bases une quantité de sulfate de soude correspondant aux 539 mmgr. de SO^3 en SO^4Ca du Crotoy.

En y regardant de plus près, on constate que, de La Capelle à Paris-Plage et Merlimont, des sédiments albiens doivent poser directement sur le Primaire, les épaisseurs de terrains jurassiques étant nulles aux trois points indiqués. *Il s'ensuit donc qu'à Paris-Plage et à Merlimont, le grand courant primaire et celui du Gault font nappe commune.* On peut donc attribuer au déversement du grand courant dans celui du Gault le long des crêtes de l'Artois, la salure élevée et les teneurs en acides forts des eaux sursalées de la nappe parisienne. Signalons que le Jurassique est également absent à Gouy, Bihucourt et Banteux.

Nous savons que dans les massifs de dessalure primaires circulent des eaux peu minéralisées (27). Il est encore impos-

sible d'admettre que des eaux telles que celles d'Épinal, dont le résidu sec varie entre 10 et 30 mmgr. par litre et qui contiennent seulement des traces de sulfate de calcium viennent, par échange de bases, à former des eaux contenant des doses massives de sulfate de soude. D'autre part, l'eau résiduelle, j'allais dire l'eau fossile, qui a résisté aux agents de dessalure est une eau marine et partant une eau qui ne contient pas de sulfate de soude du tout.

Il faut donc :

1° Ou bien que le bicarbonate sodique venu de la zone de salure se combine à des sulfates alcalino-terreux contenus dans l'eau résiduelle sursalée et forme du sulfate de sodium et du bicarbonate de calcium.

2° Ou bien qu'en dehors des eaux peu sulfatées infiltrées dans le courant albien lui-même et le courant primaire, l'un des deux courants reçoive en outre l'apport d'eaux séléniteuses provenant d'une autre nappe.

Dans le premier cas, le bicarbonate de soude, formé dans la zone des échanges de bases, après avoir traversé avec le courant artésien toute la zone de salure, réagirait avec le sulfate de calcium libre contenu dans les roches baignées par le courant. On aurait :



Cette réaction ne peut toutefois expliquer des millivalences SO^4 supérieures à des millivalences CO^3 . Si elle contribue à la formation du sulfate de soude, elle ne peut être la cause unique de cette formation en dose massive.

Examinons le second cas. Nous savons que plusieurs courants artésiens jurassiques donnent des eaux séléniteuses, notamment le courant charmouthien (37). Nous n'ignorons pas non plus qu'un puits foré à Niederkorn, dans les grès de Luxembourg, fournit une eau qui contient 812,6 mmgr. de sulfate de chaux et 5 mmgr. de chlore seulement. Le Trias fournit aussi des eaux séléniteuses; nous avons cité dans la première partie de ce travail la composition de certaines eaux du Muschelkalk. On trouve :

	mmgr. litre;		
Moussey . . .	SO^4 en SO^4Ca : 2.434;	Millivalences.	SO^4 : 35,8
Vittel . . .	SO^4 en SO^4Ca : 2.349;	Millivalences.	SO^4 : 34,5
Contrexéville .	SO^4 en SO^4Ca : 1.886;	Millivalences.	SO^4 : 27,7

Ces eaux peu sodiques peuvent donner par échanges de bases des quantités de sulfate de soude supérieures à celles contenues dans toutes les eaux de la nappe albienne que nous avons citées, à l'exception de l'eau d'Amiens qui a une millivalence SO^4 supérieure (41,10) à celle de Moussey.

Mais rien ne prouve qu'il n'existe dans la nappe du Muschelkalk, ou dans une autre nappe, des eaux plus sulfatées que celles de Moussey.

Dans le bassin de Paris, les dépôts conchyliens rattachés au Trias germanique ne semblent pas s'étendre à l'Ouest du méridien de Châlons-sur-Marne pas plus d'ailleurs que les sédiments vosgiens. Le déversement des courants artésiens du Muschelkalk dans le courant primaire du bassin de Paris est donc une probabilité, sinon une certitude. L'explication de la sulfatation élevée de certaines eaux du grand courant et du Gault devient dès lors plus aisée .

VI. — ESSAI DE CLASSIFICATION DES EAUX SOUTERRAINES D'APRÈS LEUR COMPOSITION CHIMIQUE

J'ai dit tantôt que les eaux de la nappe albienne étaient protégées par une législation spéciale. Il en est de même pour celles de certaines sources des régions de Spa et de Chevron.

En Belgique, des arrêtés royaux, pris en application de la loi du 14 août 1933 sur les eaux de boisson, cherchent à établir la valeur du vocable *source* et la signification des mots *eaux minérales*.

Il résulte de ces arrêtés qu'une eau ne peut être de *source* que lorsque le Conseil Supérieur d'Hygiène en a décidé ainsi et qu'elle ne peut être *minérale* que si l'Académie de Médecine l'a reconnue telle.

L'attribution de telles compétences ne serait nullement discutable s'il s'agissait d'eaux de cure ou à usage thérapeutique. Mais, comme il n'est dans tout ceci question que des eaux de boisson, on peut se demander, si le sens légal des mots « sources » et « eaux minérales » ne doit pas être précisé par de nouveaux arrêtés royaux.

M. F. Halet, dans une note très brève, mais aussi très opportune (88), recherche et trouve une excellente définition des mots « eau de source ».

L'arrêté royal du 7 mai 1936, interdit d'employer le mot « eau minérale » pour désigner des eaux qui n'ont pas été reconnues telles par l'Académie royale de Médecine.

Sans douter même un instant de l'indépendance complète de l'Académie déclarée compétente en la matière, on peut craindre que des personnes civiles ou morales visées par les arrêtés, ne formulent leur opinion et aillent jusqu'à déclarer arbitraires les sanctions qui les frappent. Ces personnes pourraient peut-être même, en raison d'intérêts lésés, se prévaloir de l'imprécision des termes légaux pour demander que de nouveaux arrêtés viennent définir clairement les mots « eaux minérales » par des critères invariables et publiés. Pourquoi dès lors, ne pas aller au-devant de ces désirs ?

Si les hydrologues étaient admis à donner leur avis et à verser leurs arguments dans ce débat, ils diraient, je pense, que toutes les eaux captées souterrainement sont minérales puisque aucune n'est privée de matières minérales dissoutes. Ils se demanderaient donc, et nous nous occupons toujours uniquement des eaux de boisson, pourquoi il existe des eaux qui légalement peuvent se vendre sous le nom d'eaux minérales et d'autres auxquelles cette faveur est interdite.

Mais auparavant, ils insisteraient pour qu'il soit tenu compte de l'emplacement du captage, de la façon dont il est réalisé et de la composition chimique des eaux qu'il fournit, pour que l'on puisse classer le site hydrologique dans un cadre mieux approprié.

Ne serait-il donc pas beaucoup plus simple alors, en ce qui concerne les eaux de boisson, d'essayer d'établir une classification des eaux souterraines au point de vue de la composition des matières minérales qu'elles tiennent en dissolution. Et pour le faire, pourquoi ne pas comparer les eaux souterraines d'après la position relative du captage dont elles proviennent par rapport aux limites de salure et de sursalure du courant phréatique ou artésien qui l'alimente. On arriverait ainsi, je pense, à asseoir sur des bases solides, une législation inspirée par des buts louables mais qui n'est pas encore complètement à l'abri des critiques.

Essayons de résoudre ce problème.

Dans les zones de dessalure, nous pouvons trouver des eaux très douces agressives et fort peu minéralisées du type vosgien ou des eaux dures du type des eaux artésiennes de basse et moyenne Belgique. Ces dernières peuvent être bicarbonatées calciques, ou séléniteuses, suivant que l'alcalinité évaluée en CaCO_3 est plus élevée, ou moindre, que la sulfatation évaluée en CaSO_4 . Dans les massifs de dessalure, caractérisés par les

faibles teneurs en sels des métaux alcalins, nous aurions donc trois types d'eau bien déterminés.

A. *Les eaux bicarbonatées calciques.*

B. *Les eaux sulfatées calciques ou séléniteuses.*

C. *Les eaux agressives ou acides.*

Les dernières, fort peu minéralisées, ne trouvent pas dans le sous-sol assez de chaux et de magnésie pour neutraliser l'acide carbonique météorologique ou biologique et contiennent, par ce fait, de l'acide carbonique libre ou agressif en abondance.

Dans la zone de salure, les eaux venant des massifs dessalés contenant des eaux bicarbonatées calciques seront devenues par échange de bases des *eaux bicarbonatées sodiques* additionnées de quantités variables de chlorure de sodium résiduel.

La caractéristique commune des eaux sulfatées sodiques et bicarbonatées sodiques est la faiblesse en poids de la somme $\text{CaO} + \text{MgO}$ qui détermine une dureté inférieure à 6° français, ou, si on préfère, une somme de millivalences $\text{Ca} + \text{Mg}$ inférieure à l'unité.

Si les eaux des massifs de dessalure sont agressives et ne contiennent que des traces de chaux et de magnésie, elles n'ont pratiquement pas de bases à échanger. Il n'y a donc pas de zone de salure, pas plus qu'il n'y a d'eaux sulfatées sodiques ou bicarbonatées sodiques proprement dites venant de ces massifs. Ils sont limités par la ligne des duretés égales à 6° français (1) ou isograde de dessalure.

Dans la zone de sursalure, les eaux chlorurées, sulfatées et bicarbonatées sodiques, chlorurées-sulfatées calciques et magnésiennes seront caractérisées par une dureté supérieure à 6° français ou par une somme de millivalence $\text{Ca} + \text{Mg}$ supérieure à l'unité et par un résidu sec élevé.

Nous tirons de ce qui précède le tableau de classification ci-joint (Tableau VI).

A titre d'exemple, les eaux de la nappe parisienne (albienne)

(1) Contrairement à ce qui a été fait dans la première note, où nous avons pris comme critère le résidu fixe à 110° inférieur à 500 mmgr. litre.

TABLEAU VI.

I. EAUX DES MASSIFS DE DESSALURE.**A. Eaux bicarbonatées calciques.**Dureté supérieure à 6° français ou millivalences $(Ca + Mg) > 1$.**B. Eaux séléniteuses.** $(Ca + Mg) > 1$.**C. Eaux agressives.**Dureté inférieure à 6° ou millivalences $(Ca + Mg) < 1$ augmentant dans le sens du courant.**II. EAUX DE LA ZONE DES ÉCHANGES DE BASES.****A'. Eaux bicarbonatées calciques et chlorurées sodiques.**Dureté supérieure à 6° français ou millivalences $(Ca + Mg) \geq 1$ mais tendant vers cette limite.**B'. Eaux sulfatées calciques et chlorurées sodiques.**

(La zone des échanges de bases n'existe pas).

*Limite de salure : Première isograde de 6°.***III. EAUX DE LA ZONE DE SALURE.****A''. Eaux bicarbonatées et chlorurées sodiques.**Dureté inférieure à 6° français ou millivalences $(Ca + Mg) < 1$.**B''. Eaux sulfatées et chlorurées sodiques.**

(La zone de salure n'existe pas.)

*Limite de sursalure : Deuxième isograde de 6°.***IV. EAUX DE LA ZONE DE SURSALURE.****A'''.** Dureté supérieure à 6° français ou millivalences $(Ca + Mg) > 1$.**B'''.** **C'''.**

proviennent d'une zone de dessalure dont les eaux sont bicarbonatés calciques *faibles* caractérisée par

$$1,88 < \text{millivalences (Ca + Mg)} < 1,95.$$

Les eaux de la nappe des craies sénoniennes de la vallée de la Haine proviennent d'un massif de dessalure dont les eaux sont bicarbonatées calciques *fortes* caractérisées par

$$5 < \text{millivalences (Ca + Mg)} < 14.$$

Pour les eaux du grand courant belge de Basse et Moyenne Belgique, qui est également alimenté par un massif de dessalure donnant des eaux bicarbonatées calciques fortes, on a

$$5 < \text{millivalences (Ca + Mg)} < 10.$$

Donnons un exemple se rapportant aux eaux artésiennes d'Ostende captées dans le grand courant. On a, en *millivalences* :

ANALYSE N° 35.

Premier puits (analyse de 1860).

CO ³	12,27	Ca	0	Mg + Ca = 0,63
SO ⁴	8,34	Mg	0,63	
Cl	24,37	Na	44,14	
Sa	44,96	K	0,30	
		Sb	45,07	

ANALYSE N° 36.

Second puits (Ostende Thermal).

CO ³	11,50	Ca	0,62	Mg + Ca = 1,43
SO ⁴	9,00	Mg	0,81	
Cl	33,47	Na	52,52	
Sa	53,97	K	0,49	
		Sb	54,44	

Les différences entre Sa et Sb proviennent de ce qu'il n'a pas été tenu compte d'ions existant en faible quantité dans ces eaux.

On voit que Mg + Ca est inférieur à l'unité dans l'analyse 35. Les millivalences Cl et Na sont dominantes. *Nous sommes encore dans la zone de salure.*

Dans l'analyse 36, les millivalences dominantes sont encore Cl et Na, mais Mg + Ca > 1. *Nous sommes donc en zone de sur-salure.*

ans les deux analyses CO^3 domine SO^4 . Nous classerons
 ic les eaux de la façon suivante :

N° 35. — Eau chlorurée, bicarbonatée, de la zone de salure.

N° 36. — Eau chlorurée, bicarbonatée, de la zone de sursalure.

L'eau du Crotoy captée dans l'Albien serait une eau chlorurée
 sulfatée de la zone de sursalure. On y trouve en millivalences :

CO^3	6,60		Ca	2,62	
SO^4	7,93		Mg	3,42	
Cl	66,00		Na	74,79	
Sa	80,63		Sb	80,53	$\text{Ca} + \text{Mg} = 5,74$

La somme des millivalences $\text{Ca} + \text{Mg}$ est supérieure à l'unité.
 Mais millivalences $\text{CO}^3 <$ millivalences SO^4 , ce qui indique
 une eau sulfatée. L'eau est donc chlorurée et sulfatée de la
 zone de sursalure.

Reprenons le cas des eaux de Rochefort (Charente inférieure);
 nous trouvons en millivalences :

ANALYSE N° 37.

$\text{CO}^3 = 14,90$		$\text{Na} = 46,26$
$\text{SO}^4 = 57,39$		$\text{Ca} = 28,40$
$\text{Cl} = 14,52$		$\text{Mg} = 8,15$
$\text{Sa} = 86,81$		$\text{Sb} = 86,81$

Le total des sels dissous est de 5,986 mmgr. par litre et nous
 sommes en zone de sursalure. Les sulfates dominant mais ici
 millivalences $\text{SO}^4 >$ millivalences Cl .

On a aussi millivalences $\text{CO}^3 >$ millivalences Cl . L'eau est
 donc sulfatée et bicarbonatée de la zone de sursalure.

Enfin, donnons l'analyse d'une eau marine contemporaine
 en millivalences :

ANALYSE N° 38.

$\text{Cl} = 529$		$\text{Na} = 452,9$	
$\text{SO}^4 = 54,4$		$\text{Mg} = 102,6$	
$\text{CO}^3 = 0,92$		$\text{Ca} = 19,6$	
$\text{Br} = 0,68$		$\text{K} = 10,0$	
$\text{Sa} = 585,00$		$\text{Sb} = 585,1$	Dureté calculée : 569°

A l'amérississement les eaux de la zone de sursalure sont donc
 chlorurées et sulfatées fortes et très faiblement bicarbonatées.

CONCLUSION DE LA DEUXIÈME NOTE

Les limites de salure et de sursalure sont somme toute des isogrades de 6° hydrotimétriques français. Les massifs de dessalure des courants artésiens, alimentés par des eaux bicarbonatées ou sulfatées calciques, sont donc, dans les deux cas, délimités par une isograde de 6° : la limite de salure.

Il semble, dès lors, logique de délimiter également les massifs de dessalure des courants artésiens alimentés par des eaux agressives par une isograde de 6°. Cette notion nouvelle m'a conduit à modifier les tracés au voisinage des Vosges publiés dans la première note. L'adoption des isogrades de 6° pour délimiter les zones de dessalure, de salure ou de sursalure a donc l'énorme avantage de donner une solution simple et générale du problème, que les eaux d'alimentation du courant souterrain soient bicarbonatées calciques (A), séléniteuses (B) ou agressives (C).

La planche XVI donne un premier tracé des massifs de dessalure primaires entourant le bassin de Paris. *Le système hydrologique du bassin de Paris* est limité par les crêtes de partage de ces différents massifs. Il semble être en communication avec les systèmes hydrologiques voisins de la Basse et de la Moyenne Belgique, Languedocien et Aquitanien par des détroits ou des seuils de salure.

Les principaux détroits de salure seraient : le seuil de Douai, le détroit morvando-vosgien et le seuil du Poitou.

La planche XVII donne un premier tracé des limites de salure et sursalure de la nappe albienne. *Il gagnerait beaucoup à être précisé.*

Il est, dès à présent, possible de faire beaucoup mieux à condition d'extraire de poudreux dossiers, les nombreuses analyses qui n'en sont vraisemblablement jamais sorties. Il serait plus rigoureux encore de refaire et de publier de nouvelles analyses établies de sorte qu'il soit possible de les traduire en millivalences.

Entre les deux tracés donnés par ce travail se placent les limites de salure de nombreux courants artésiens, jurassiques et triasiques. L'avenir les déterminera.

Saint-Ghislain, décembre 1937.

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE

(1 à 26) Voir l'index de la première note.

(27) J. DELECOURT, Les eaux artésiennes du Bassin de Paris, de la Basse et de la Moyenne Belgique. (*Bull. de la Soc. Belge de Géologie, etc.*, t. XLVI, 1936.)

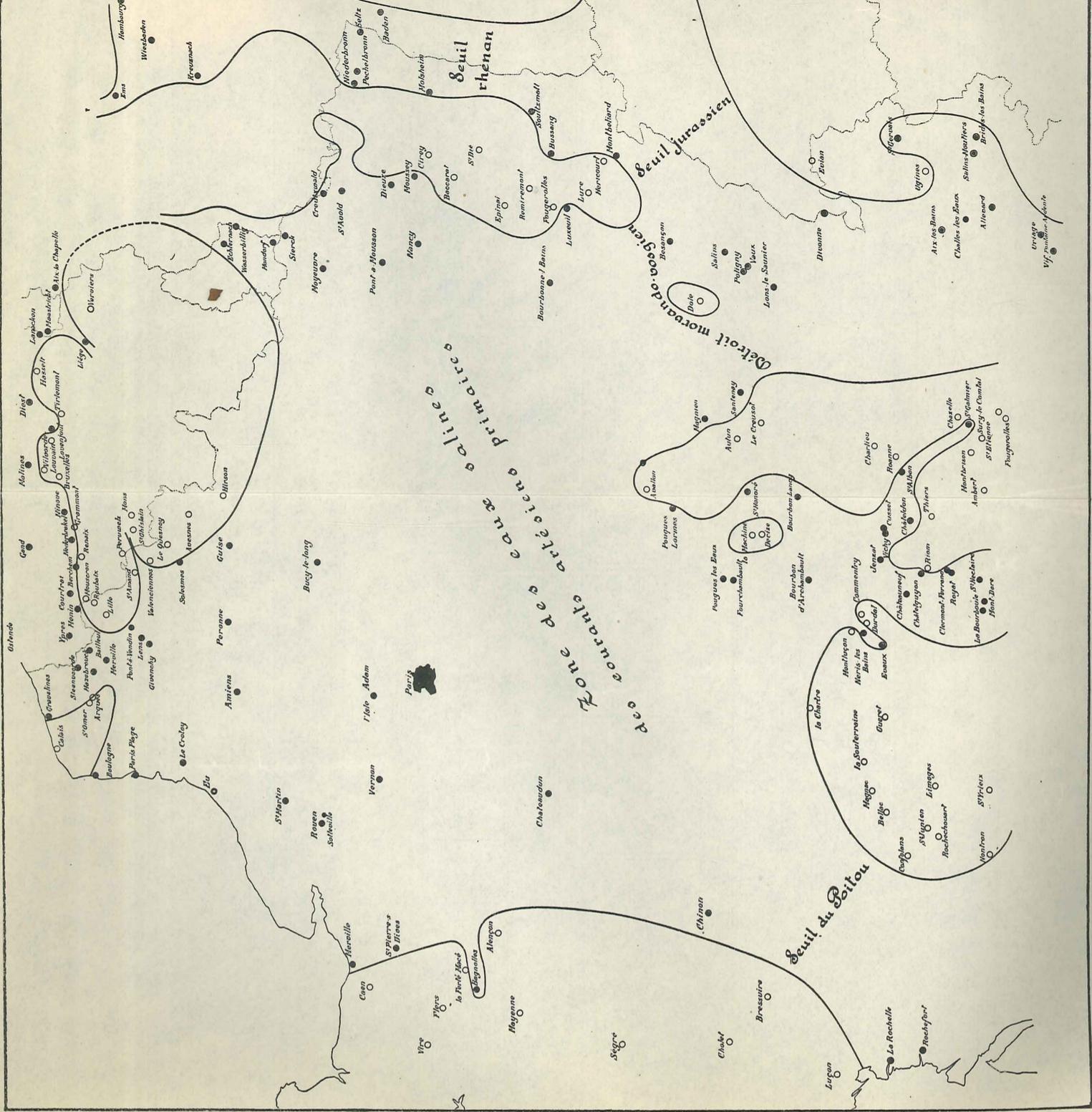


PLANCHE XVI.

TRACÉ DES MASSIFS PRIMAIRES DE DESSALURE.

Les points blancs indiquent des emplacements où les eaux du Primaire sont captées en zone de dessalure. Les points noirs indiquent la présence d'eaux salines.

ÉCHELLE : 1/3.500.000.

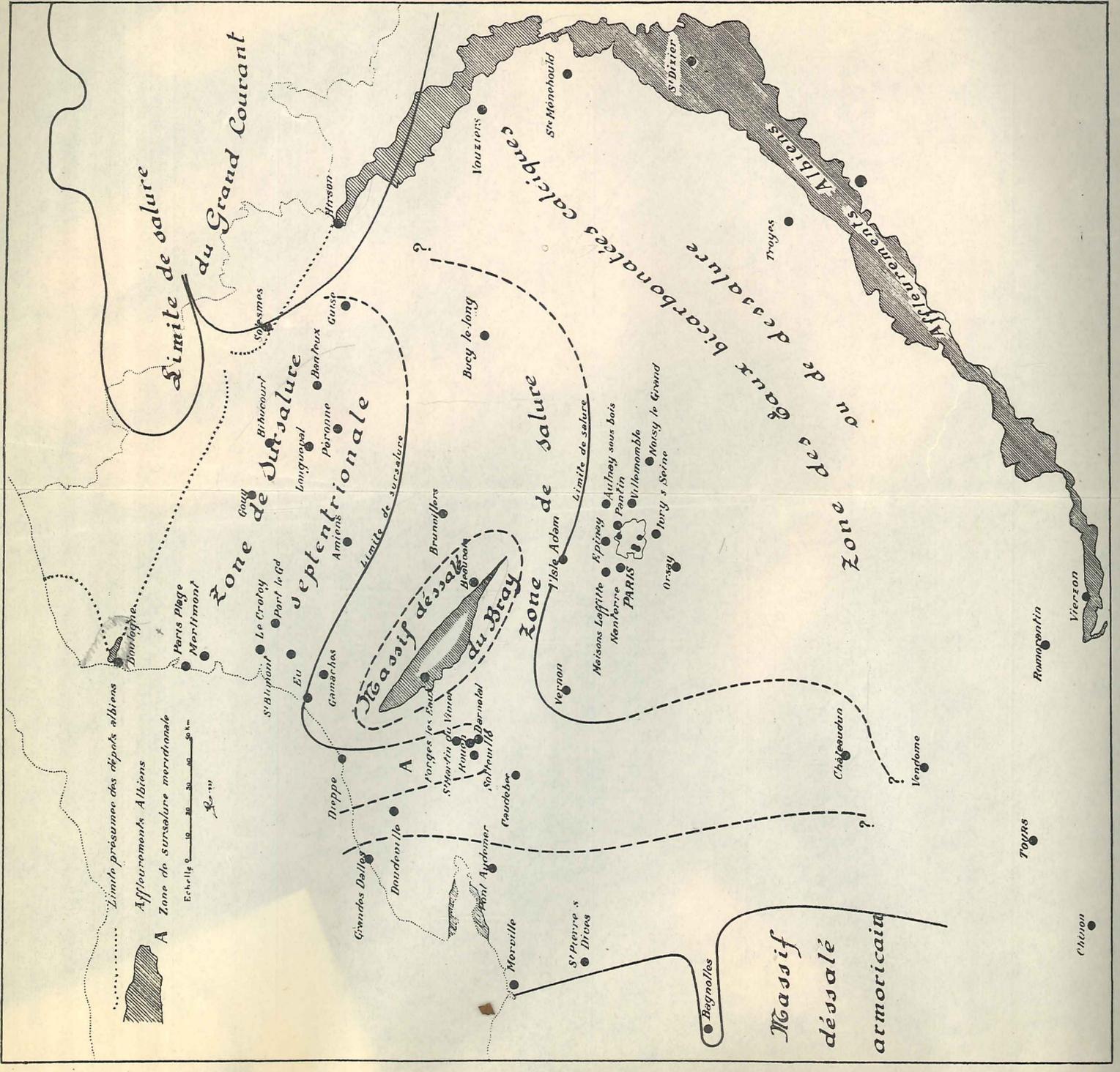


PLANCHE XVII.

LA NAPPE ALBIENNE.

... de salure méridionale, le sens de l'écoulement est du sud au nord. On a pu constater, dans les parties de la nappe où le premier trait des limites de salure albiennes, il y a eu un déplacement de la limite de salure méridionale vers le nord, ce qui a permis de faire reconnaître, au lieu de deux zones distinctes, les zones méridionale et septentrionale de la nappe. Il y a eu un déplacement de la limite de salure méridionale vers le nord, ce qui a permis de faire reconnaître, au lieu de deux zones distinctes, les zones méridionale et septentrionale de la nappe.

- (28) — Sur la composition chimique des eaux souterraines du Couchant de Mons et des régions limitrophes. (*Ann. Soc. Géol. de Belg.*, t. LX, B 107-123, 1936.)
- (29) A. BIGOT, Les Eaux d'alimentation de la Ville de Caen. Étude hydrologique. (*Bull. de la Soc. Linéenne de Normandie*, 8^e sér., t. IV, Caen, 1931.)
- (30) — Eaux profondes fortement minéralisées. (*Idem*, 8^e sér., t. IX, Caen, 1936.)
- (31) ROBERT TOURNIER, Nappes aquifères. Notes pour servir à l'étude des nappes aquifères et notamment la nappe artésienne cénomaniennne de la région de Tours. (Arrault et C^o, maîtres-imprimeurs à Tours, 1935.)
- (32) C. PALMER, The Geochemical Interpretation of waters analyses. (*U. S. Geol. Surv. Bull.*, 479, 1911.)
- (33) ED. BONJEAN, Interprétation des résultats des analyses des eaux. (*La technique sanitaire*, t. I, 1906.)
- (34) E. MAYNARD, Bassin géologique de Paris. Étude hydrologique de la nappe artésienne des sables verts de l'étage Albien. (*Le Génie Civil*, t. CX, n^o 11, mars 1937, Paris.)
- (35) *Annuaire des Distributions d'eau*. (2^{me} édit., H. Dunod et E. Pinat, Paris, 1909.)
- (36) Renseignements dûs à l'obligeance de M. le Maire et de M. l'Ingénieur en chef des travaux de Dieppe.
- (37) G. CORROY, La minéralisation des eaux du Charmouthien dans l'Est de la France. (*Bull. Géol. de France*, 5^e sér., t. 1^{er}, 1931.)
- (38) F. HALET, Les Eaux de Source dans leurs rapports avec la nouvelle loi sur les eaux de boisson. (*Bull. de la Soc. Belge de Géol., de Paléontol. et d'Hydrol.*, 20 avril 1937, t. XLVII.)
- (39) G. E. HAUSSMANN, Premier Mémoire sur les eaux de Paris présenté par le Préfet de la Seine au Conseil Municipal. (4 août 1854, Charles de Mourgues Frères, 8, rue J.-J. Rousseau, Paris).

Note sur l'âge de certains cordons littoraux de l'Oligocène et du Néogène de la Belgique et du Limbourg hollandais,

par F. HALET.

Parmi les gisements de cordons littoraux des mers du Néogène et de l'Oligocène de la Belgique et du Limbourg hollandais, il en existe quelques-uns dont l'âge a été souvent discuté, sans qu'un accord se fasse sur la position exacte qu'il convient de leur attribuer dans l'échelle stratigraphique des formations de ces époques.

Parmi les principaux gisements dont l'âge reste douteux nous pouvons citer :

1° Le cordon fossilifère affleurant à la colline du Bolderberg et celui rencontré dans les sondages exécutés pour le Canal Albert au pied de cette colline;

2° Les cordons fossilifères affleurant dans la falaise d'Elsloo;

3° Les cordons fossilifères reposant sur les sables oligocènes chattiens, dans certains sondages et avaleresses de la Campine;

4° Le cordon rencontré dans les sondages exécutés pour le Canal Albert, à Genck-Sledderloo.

Dans un mémoire présenté en décembre 1937, comme thèse de doctorat en sciences minérales à la Faculté des Sciences de l'Université de Leiden, M^{lle} W. A. E. Van de Geyn (1) a publié une étude comparative des formations tertiaires des Pays-Bas, de la Belgique et des régions limitrophes de l'Allemagne. Ce travail, basé spécialement sur l'étude des dents et ossements de séliaciens, apporte une contribution importante aux problèmes de l'âge des cordons littoraux de l'Oligocène et du Néogène.

Cependant, certains points restent obscurs ou controversés et certaines conclusions ne nous paraissent guère définitives.

Dans la présente note nous voudrions essayer de mettre au point cette question assez embrouillée.

1° LES GISEMENTS DU BOLDERBERG.

Dans une récente description des affleurements visibles à la colline du Bolderberg (2), nous avons noté de haut en bas, la succession suivante :

	Épaisseurs. Mètres.
1. Sable glauconifère avec grès ferrugineux à la base . . .	3,00
2. Cordon fossilifère avec faune miocène remaniée	0,10
3. Sable jaune blanchâtre, quartzeux, décalcifié	2,40

D'autre part, l'étude des échantillons d'une série de sondages exécutés au pied de la colline du Bolderberg (2), nous a montré

(1) W. A. E. VAN DE GEYN, *Das Tertiär der Niederlande, mit besonderer berücksichtigung der Selachierfauna*, 1937, N. V. Boek- en Steendrukkerij Eduard IJDO, Leiden.

(2) F. HALET, Nouvelles observations sur la stratigraphie du Bolderberg (*Bull. Soc. belge de Géologie, etc.*, t. XLV, 1935).

que sous les sables n° 3 de la coupe ci-dessus, existe un autre cordon fossilifère reposant sur les sables oligocènes du Rupélien supérieur.

En nous basant sur des arguments d'ordre stratigraphique et paléontologique, nous avons admis que le premier cordon (n° 2 de la coupe du Bolderberg) représentait la base du Pliocène inférieur diestien, que les sables sous-jacents (n° 3) étaient d'âge miocène boldérien et que le cordon inférieur rencontré dans les sondages du Canal Albert représentait la base du Miocène boldérien.

2° LE GISEMENT DE LA FALAISE D'ELSLOO.

La dernière coupe de cette falaise, qui a paru, est celle que nous avons publiée en 1920 ⁽¹⁾; elle peut se résumer de la façon suivante :

	Épaisseurs. Mètres.
1. Limon	1,00
2. Sable graveleux et galets roulés d'origine ardennaise . . .	5,00 à 6,00
3. Sable glauconifère.	4,00
4. Cordon graveleux avec dents de poisson (niveau de l'eau). . .	0,05
5. Sable glauconifère.	0,40
6. Cordon graveleux fossilifère	0,05
7. Sable durci passant à l'argile	1,30

Comme nous le signalions en 1920, l'intérêt de cette coupe réside dans la présence de deux cordons graveleux fossilifères distincts, les nos 4 et 6, fait qui avait passé inaperçu jusqu'à cette époque.

Selon notre interprétation de 1920, les assises 1 et 2 représentent le Pléistocène, les assises 3 et 4, le Pliocène, les assises 5 et 6, le Miocène boldérien et l'assise 7, la partie supérieure de l'Oligocène moyen rupélien.

En 1920, M. Leriche ⁽²⁾, à la suite de son étude des restes de poissons recueillis dans le cordon fossilifère n° 6, a publié une note importante sur l'âge du gravier de la falaise d'Elsloo. Il a

(1) F. HALET, La géologie tertiaire de la Campine anversoise et limbourgeoise (*Bull. Soc. belge de Géologie, etc.*, t. XXX (1920), pp. 84-100).

(2) M. LERICHE, L'âge du gravier fossilifère d'Elsloo (Limbourg hollandais) d'après sa faune ichtyologique. La position du Boldérien dans le Néogène de la Belgique (*Bull. Soc. belge de Géologie, etc.*, t. XXX, 1930, pp. 110-113).

pu distinguer dans les poissons du gravier, les trois groupes suivants : 1° des espèces oligocènes; 2° des espèces oligocènes et néogènes; 3° des espèces néogènes.

M. Leriche considérait que, dans le cas particulier d'Elsloo, l'âge oligocène ou néogène de la plupart des éléments qui composent le second groupe peut être déterminé avec une quasi certitude. Il reconnaissait que les espèces du premier groupe et, très probablement, deux des éléments du second groupe (*Oxyrhina Benedeni*, *Charcharodon augustidens*) se trouvent dans le gravier d'Elsloo à l'état remanié. Les éléments du troisième groupe et le *Lamna cattica* sont contemporains du dépôt.

M. Leriche en conclut que le gravier fossilifère n° 6 d'Elsloo représente vraisemblablement le Miocène moyen vindobonien.

Par contre, les géologues hollandais Van Baren (1920-1927) ⁽¹⁾, et MM. Jongmans et Van Rummelen (1930) ⁽²⁾, considèrent le gravier fossilifère n° 6 de la coupe d'Elsloo comme représentant la base de l'Oligocène supérieur (Chattien) et les sables inférieurs à ce gravier, comme d'âge oligocène moyen (rupélien).

3° LES GISEMENTS DES SONDAGES ET AVALERESSES DE CHARBONNAGES DE LA CAMPINE BELGE.

Dans le mémoire de MM. Schmitz et Stainier ⁽³⁾ sur la *Géologie de la Campine avant les puits de charbonnages* (1909), ces auteurs avaient signalé la présence, aux trois sondages de Lambroek, Liloo et Voort, d'une série de sables glauconifères, contenant une faune typique d'âge oligocène supérieur (Chattien). Ces sables glauconifères, à faune oligocène, passent au Rupélien (*R2c*) sous-jacent de la façon la plus insensible : ils sont surmontés d'un cordon à cailloux roulés de silex noirs, avec moulages roulés de fossiles provenant de l'étage sous-jacent.

Dans notre note de 1920 ⁽⁴⁾, nous avons montré que ce cordon fossilifère existait, au même niveau, dans un grand nombre

(1) J. VAN BAREN, *De Bodem van Nederland*; I en II, Amsterdam, 1920-1927.

(2) W. J. JONGMANS und F. W. VAN RUMMELEN, Einige Bemerkungen über das Oligozän in S. Limburg (*Jaarsverslag Geol. Bureau*, Heerlen, over 1930).

(3) SCHMITZ et X. STAINIER, La géologie de la Campine, etc. (*Ann. Soc. Géol. de Belgique*, t. XXXVI, 1908-1909).

(4) F. HALET, *op. cit.*, 1920.

d'avaleresse de la Campine et qu'il marquait, dans toute cette région, la base du Néogène. Les sables gris glauconifères sous-jacents à ce gravier, jusqu'à l'argile, seraient d'âge oligocène supérieur.

A la suite de son étude des dents de poissons rencontrés dans le Néogène par les puits et sondages du Bassin houiller de la Campine, M. Leriche (1922) ⁽¹⁾ était arrivé à la conclusion que les poissons néogènes, rencontrés jusqu'alors, appartiennent aux espèces qui sont connues dans les sables d'Anvers et que le principal gisement de ces poissons se trouve dans le gravier fossilifère de la base du Néogène, où ils sont associés à des espèces remaniées de l'Oligocène.

4° LE GISEMENT DE GENCK-SLEDDERLOO.

Dans une note publiée en 1936 ⁽²⁾, nous avons montré que des sondages, exécutés en vue de la construction de l'écluse du Canal Albert à Genck-Sledderloo, avaient traversé, sous le Pléistocène, une épaisseur maximum de 15 m. de formations sableuses, à la base desquelles se trouve un cordon littoral important, composé de gros galets roulés de silex. Nous basant sur des arguments d'ordre lithologique et stratigraphique, nous avons considéré les premiers dix mètres de ces formations sableuses comme représentant le Néogène boldérien à faciès continental; les cinq derniers mètres représenteraient le faciès marin du Boldérien et le cordon littoral marquerait la base du Néogène et correspondrait au gravier fossilifère d'Elsloo.

Le cordon littoral de la base du Néogène repose ici sur des formations sableuses d'âge oligocène, qui passent par transition insensible à une assise argileuse, qui présente tous les caractères de l'argile à *Septaria*, exploitée dans les environs de Boom.

NOTRE OPINION SUR LES RELATIONS STRATIGRAPHIQUES DE CES DIVERS CORDONS.

En nous basant principalement sur des arguments d'ordre stratigraphique, nous considérons que le cordon n° 6 de la falaise d'Elsloo est contemporain :

1° du cordon rencontré au sommet des sables oligocènes chat-

(1) M. LERICHE, Les poissons rencontrés dans le Néogène par les puits et les sondages du bassin houiller de la Campine (*Bull. Soc. belge de Géologie, etc.*, t. XXXII, 1922).

(2) F. HALET, Le Néogène et l'Oligocène entre Hasselt et Genck (*Bull. Soc. belge de Géologie, etc.*, t. XLVI, 1936, pp. 194-199).

tiens dans les avaleresses de la Campine; 2° du cordon rencontré à la base du sondage n° IV du Canal Albert, au pied de la colline du Bolderberg; 3° du cordon rencontré vers la base des sondages du Canal Albert à Genck-Sledderloo (1).

Ces divers cordons reposent tous sur les sables de la partie supérieure de l'Oligocène et nous croyons que ces divers cordons représentent la base du Miocène moyen vindobonien dans la Campine belge et le Limbourg hollandais.

Quant au cordon n° 4 de la falaise d'Elsloo, il doit être d'âge plus récent que le Vindobonien, soit Sahélien ou peut-être Diestien.

Enfin, nous considérons que le cordon fossilifère n° 2 de la colline du Bolderberg est d'un âge plus récent que le cordon n° 6 d'Elsloo; il doit vraisemblablement être d'âge pliocène inférieur, diestien.

CONTRIBUTIONS NOUVELLES DE M^{lle} VAN DE GEYN.

La plus grosse partie du mémoire de M^{lle} Van de Geyn est consacrée aux formations d'âge oligocène et néogène (2).

L'auteur a étudié tout particulièrement le riche matériel faunique provenant du creusement des sondages et avaleresses du

(1) F. HALET, Le Néogène et l'Oligocène entre Hasselt et Genck (*Bull. Soc. belge de Géologie, etc.*, t. XLVI, 1936).

(2) Dans la partie du travail de M^{lle} Van de Geyn consacrée aux formations éocènes et oligocènes de la Belgique, nous avons constaté un certain nombre de petites erreurs, qui paraissent avoir échappé à l'attention de l'auteur, et que nous pensons nécessaire de relever.

Ainsi, à la page 28, l'auteur écrit : « Le Bruxellien est connu sous deux faciès; à la base se trouve un sable argileux, glauconifère (sables d'Aeltre), attribué anciennement au Panisélien supérieur; au-dessus suit un conglomérat à éléments roulés, surmonté du Bruxellien proprement dit, composé de sables gris-blanchâtre avec bancs de grès et concrétions calcaires. Le fossile caractéristique des sables inférieurs est *C. planulata* (Lam.), et du Bruxellien, *C. loevigata* Brong. »

A notre connaissance, on n'a jamais constaté la superposition directe du Bruxellien, proprement dit, sur les sables d'Aeltre, et il n'est nullement démontré que ces derniers soient d'âge bruxellien; en tous cas, *N. planulatus* ne peut pas être considéré comme un *leit* fossile des sables d'Aeltre.

Page 29, l'auteur semble douter de l'existence de *N. loevigatus*, *in situ*, au sondage de Woensdrecht, en se basant sur le fait que cette nummulite n'aurait jamais été trouvée en place dans le Bruxellien de la Bel-

Limbourg hollandais ainsi que celui recueilli par le Dr Beckers, aux tranchées du Canal Juliana dans la traversée du Scharberg, à Elsloo.

LES CORDONS FOSSILIFÈRES DE L'OLIGOCÈNE ET DU NÉOGÈNE
DANS LES AVALERESSES DU LIMBOURG HOLLANDAIS.

Dans le Sud du Limbourg hollandais, les formations néogènes débutent par un conglomérat transgressif, qui renferme des moulages de mollusques roulés, des dents de sélaciens plus ou moins altérées et usées et d'autres restes de matériaux de transport (*verschlepte*).

Ce conglomérat fossilifère repose sur une formation sableuse qui passe insensiblement à l'argile sableuse de l'Oligocène rupélien.

En comparant les dents de sélaciens trouvés dans les gîtes du Limbourg hollandais avec celles provenant du cordon de base du Miocène des avaleresses de la Campine belge et décrites par M. Leriche en 1922 ⁽¹⁾, M^{me} Van de Geyn conclut que ce cordon représenterait la base du Néogène marin. Il en résulte que les formations sous-jacentes à ce cordon seraient d'âge oligocène supérieur et celles sus-jacentes d'âge miocène moyen.

gique. Nous avons étudié en détail tous les échantillons de l'Eocène du sondage de Woensdrecht, et sommes d'avis que les *Nummulites loevigatus* y sont parfaitement *in situ*. Ce fait n'a rien de remarquable, car la présence, *in situ*, du couple *loevigatus-lamarcki* dans le Bruxellien de la Belgique a été démontré par M. Leriche et moi-même (*).

Enfin, page 37, dans la description des assises de l'Oligocène inférieur marin en Belgique, l'auteur indique, au sommet de l'étage tongrien, un niveau d'argile plastique (Sables de Neerepen).

Le nom de Sables de Neerepen a été donné, par Van den Broeck (**), à une masse assez homogène de fins sables stratifiés et glauconifères, très micacés par places; sables qui, vers le haut, deviennent parfois plus purs, quartzeux, homogènes et d'aspect dunal. Dans le cas le plus général, ces sables se chargent, en montant, de linéoles de glaise verte, plastique, qui alternent avec les sables et finissent, parfois, par s'épaissir en un banc terminal de glaise verte de 0^m60 à 1 m.

(*) M. LERICHE, Les gisements de *Nummulites loevigatus* dans le Bassin belge (*Bull. Soc. belge de Géologie, etc.*, t. XXXII, 1922); F. HALET, Sur un gisement de *Nummulites loevigatus* dans le Bruxellien, à Saint-Denis-lez-Namur (*Bull. Soc. belge de Géologie, etc.*, t. XLVII, 1937).

(**) E. VAN DEN BROECK, *Coup d'œil synthétique sur l'Oligocène belge* (Brux., Polleunis et Ceuterick, imprimeurs, 37, rue des Ursulines, octobre 1894).

(1) M. LERICHE, Les poissons rencontrés dans le Néogène par les puits et les sondages du bassin houiller de la Campine (*Bull. Soc. belge de Géologie, etc.*, t. XXXII, 1922).

Cette interprétation, qui est également celle des géologues belges, diffère de celle de MM. Jongmans et Van Rummellen (1930) qui, au contraire, considèrent que ce cordon fossilifère représente la base de l'Oligocène supérieur (Chattien).

**LES CORDONS FOSSILIFÈRES
DANS LA TRANCHÉE DU CANAL JULIANA, À ELSLOO.**

M^{lle} Van de Geyn donne la coupe géologique schématique suivante de la tranchée du Canal Juliana, dans la traversée du Scharberg, à Elsloo, d'après les observations faites par le Dr Beckers (1).

Coupe schématique de la tranchée du Scharberg.

	Épaisseurs. Mètres.
1. Löss	1,00
2. Sable et graviers interstratifiés	4,00
3. Graviers avec grands et petits blocs erratiques du pou- dingue de Burnot, grès rouge, quartzite, etc.	9,00
4. Sable glauconifère, gris-bleuâtre et vert, dans lequel se trouvent quelques restes de plantes.	0,70
5. Sable graveleux, parfois avec Klappersteenen (2) remplis de sable glauconifère	0,05 à 0,08
Dans cette couche, on a trouvé quelques dents de re- quins creuses.	
6. Sable gris verdâtre, avec bancs ferrugineux et quelques Klappersteenen. Pas de fossiles	0,98
7. Conglomérat composé dans le bas de fossiles détachés dans le sable glauconifère ou d'une masse compacte cimentée par du fer et de l'argile. En plus de la masse de fossiles, il y a des concrétions phosphatées roulées, des silex roulés, des concrétions ferrugineuses	0,16
8. Sable jaune brunâtre	0,60
9. Sable argileux, gris clair, traversé de bandes brunes . .	0,56
10. Sable glauconifère jaune brunâtre	1,07
11. Argile sableuse gris bleuâtre	

L'auteur fait remarquer qu'au milieu de la tranchée, les assises 4 et 5 ne sont pas représentées.

Cette coupe schématique ne diffère de celle de la falaise d'Els-

(1) Dr H. J. BECKERS, Resultaten van mijn geologisch en paleontologisch onderzoek te Elsloo (*Nat. hist. Maandblad*, 21, 1932); Verslag omtrent het onderzoek in het Julianakanaal (*Nat. hist. Maandblad*, 22, 1933).

(2) Concrétions ferrugineuses géodiques.

loo, que nous avons publié en 1920, que par l'épaisseur des assises.

L'auteur a fait une étude approfondie du matériel fossile recueilli par le Dr Beckers dans les cordons fossilifères n^{os} 5 et 7 de la coupe; ce matériel comprenait 327 dents de sélaciens et 335 moulages de fossiles, dont la majeure partie a été recueillie dans la couche n^o 7; toutefois des dents de poissons, au nombre de 36, ont été recueillies dans la couche n^o 5.

En se basant, sur les résultats de son étude de la faune et spécialement des dents de poissons, M^{lle} Van de Geyn arrive aux principales déductions suivantes :

1° Les fossiles du gravier n^o 7 d'Elsloo sont d'âge miocène moyen et représentent les restes d'animaux ayant vécu dans une mer tropicale;

2° A l'époque du Miocène moyen, la mer du Nord était reliée au bassin méditerranéen. C'est dans l'Europe méridionale que la mer miocène avait sa plus grande extension; dans les régions occidentales ne devaient exister que de petits golfes;

3° Le fait que les fossiles du gravier n^o 7 sont roulés, usés ou altérés, dénote que ces matériaux ne sont pas *in situ* : les concrétions phosphatées roulées, les moulages de mollusques et les dents de raie et de requin montrent que tous ces matériaux constituent un dépôt remanié.

Ces fossiles proviendraient de formations d'âge miocène moyen qui auraient été érodées pendant le Miocène supérieur;

4° Bien que M. Leriche (1920) affirme qu'il existe dans le conglomérat fossilifère n^o 7 des fossiles oligocènes remaniés en même temps que des fossiles miocènes *in situ*, pourtant, dans le riche matériel recueilli à Elsloo, tout est remanié;

5° La faune ichtyologique ne permet pas de savoir si des formations oligocènes ont été érodées; on trouve quelques espèces de sélaciens qui se rencontrent aussi bien dans tout l'Oligocène que dans le Miocène, mais on n'a pas trouvé de fossiles caractéristiques de l'Oligocène. Par contre, il s'y trouve des espèces miocènes typiques;

6° En l'absence de fossiles, il n'est pas possible de savoir si les sables glauconifères sous-jacents au gravier n^o 7 sont d'âge miocène ou oligocène;

7° On peut admettre avec certitude que, pendant le Miocène moyen, un golfe de mer s'étendait dans le Limbourg méridional et qu'avant la transgression pliocène il existait, sur place ou

dans les environs immédiats, des formations d'âge miocène moyen. Il paraît, étrange que l'on n'ait, jusqu'à présent, signalé nulle part dans la région, la présence d'une faune du Miocène moyen *in situ*;

8° Les dents de requin roulées, qui ont été recueillies dans la mince couche graveleuse n° 5, indiquent un âge pliocène.

L'ensemble de ces faits et constatations permet à l'auteur d'arriver aux conclusions suivantes concernant le gisement d'Elsloo.

L'existence de fossiles *in situ* n'a été démontrée ni dans le conglomérat n° 7, ni dans les sables glauconifères sus-jacents, qui ont été déposés dans la même mer, miocène ou pliocène.

La détermination de la faune remaniée du conglomérat n° 7 permet d'attribuer une *origine* miocène moyen à tous les éléments roulés de ce matériel. Il en résulte que les formations supérieures à ce conglomérat sont plus jeunes que le Miocène moyen.

Par le fait que la mer miocène supérieure n'a pas atteint des régions aussi méridionales, et aussi par suite de la présence d'une deuxième faune sélacienne remaniée, d'âge pliocène, à la base des sables glauconifères sus-jacents n° 4, il faut attribuer un âge pliocène aux assises n° 6 et n° 7 de la coupe d'Elsloo.

*
**

Il résulte donc que pour M^{lle} Van de Geyn, il n'y aurait aucune formation d'âge miocène *in situ* à Elsloo, mais que l'on se trouverait en présence d'assises d'âge pliocène reposant par l'intermédiaire du cordon n° 7 sur des formations de l'oligocène supérieur.

Au contraire, nos recherches ainsi que celles de M. Leriche, basées sur l'étude de la faune du conglomérat n° 7, nous conduisent à considérer le conglomérat n° 7 et les sables qui le surmontent directement comme d'âge miocène moyen ou vin-dobonien.

OPINION DE M^{lle} VAN DE GEYN

SUR LES RELATIONS STRATIGRAPHIQUES DES DIFFÉRENTS CORDONS.

M^{lle} Van de Geyn synchronise le cordon n° 7 d'Elsloo avec le cordon fossilifère du sommet du Bolderberg, mais ne peut admettre que le cordon fossilifère d'Elsloo soit de même âge

que les cordons rencontrés au sommet de l'Oligocène dans les avaleresses de la Campine belge et du Limbourg hollandais, ainsi que celui rencontré à la base des sondages du Canal Albert au pied du Bolderberg et à Genck-Sledderloo.

Comme nous l'avons déjà dit, pour des raisons d'ordre stratigraphique, nous ne pouvons partager cette opinion. Nous sommes d'accord avec M^{lle} Van de Geyn pour considérer le gravier fossilifère du Bolderberg comme d'âge pliocène, mais ne pouvons admettre son synchronisme avec le gravier fossilifère n° 7 d'Elsloo.

Quant aux cordons littoraux rencontrés lors du creusement des avaleresses de la Campine et des sondages du Canal Albert, nous les considérons comme synchroniques du cordon fossilifère n° 7 d'Elsloo, qui pour nous représente le cordon transgressif du Miocène moyen.

Nous sommes parfaitement d'accord avec l'auteur pour considérer comme inadmissible l'opinion de MM. Jongmans et Van Rummelen, qui attribuent un âge oligocène supérieur au cordon fossilifère n° 7 d'Elsloo et aux formations sus-jacentes à ce conglomérat.

CONCLUSIONS.

Il résulte de notre examen du mémoire de M^{lle} Van de Geyn que le mauvais état du matériel faunique dont elle a pu disposer ne permet pas de résoudre la question si controversée de l'âge des cordons fossilifères d'Elsloo. Nous estimons que, dans ses recherches, l'auteur a attaché trop de valeur aux arguments d'ordre paléontologique en négligeant trop ceux d'ordre stratigraphique.

Les critiques soulevées par l'auteur au sujet de notre interprétation des sondages du Canal Albert au pied de la colline du Bolderberg ne font que confirmer notre opinion à ce sujet.

Du point de vue paléontologique, le nœud du problème réside dans la question de savoir si certains éléments fauniques des conglomérats sont ou ne sont pas *in situ*.

Nous nous trouvons ici en présence de deux spécialistes dans la détermination des faunes ichthyologiques qui ne sont pas d'accord à ce sujet.

Le problème à résoudre, c'est-à-dire de décider si un fossile roulé dans un conglomérat de base est *in situ* ou remanié, est évidemment très délicat et les avis peuvent différer à ce sujet.

M^{lle} Van de Geyn déclare, en ce qui concerne la coupe d'Els-

loo, que tous les fossiles sont roulés, usés ou altérés et que ces matériaux ne sont pas *in situ*.

Nous pensons que l'état roulé, usé et altéré des fossiles n'est pas un argument suffisant pour déclarer que ces fossiles ne sont pas *in situ*. Il suffit d'observer ce qui se passe sur nos plages actuelles où l'on trouve, dans le cordon littoral, des espèces récentes roulées, usées et altérées, mélangées à des espèces plus anciennes, roulées et manifestement remaniées.

D'autre part, l'état d'usure ou d'altération des fossiles peut être dû à une altération sur place, postérieure au dépôt, altération due à des circulations d'eau, qui produisent des phénomènes d'ordre physico-chimique, encore très imparfaitement étudiés jusqu'à ce jour. Ainsi, les nombreuses dents de poissons creuses que l'on trouve dans les gisements d'Elsloo sont à notre avis, uniquement le résultat d'une altération sur place. Les conglomérats fossilifères d'Elsloo, comme nous l'avons indiqué dans notre publication de 1920, sont situés dans la zone de balancement de la nappe phréatique, milieu éminemment favorable à l'altération. Ce fait est confirmé par la présence des concrétions limoniteuses (Klappersteen) que M^{lle} Van de Geyn signale comme nombreuses à ce niveau.

Enfin, nous tenons à signaler qu'il existe en Belgique des gisements où l'on trouve des restes de mollusques fossiles tertiaires, parfois encore bivalves, mais manifestement remaniés dans les graviers de base des formations pléistocènes, et qui sont en bon état de conservation.

M. Leriche, en 1920, a signalé qu'à Anvers, le gravier de base du Néogène renferme en abondance des restes de poissons de l'Oligocène rupélien et qu'indépendamment de ces restes du Rupélien, remaniés à la base du Néogène, on trouve, sur toute l'épaisseur de celui-ci, de nombreux restes roulés de poissons, remaniés non seulement de l'Oligocène, mais encore de l'Eocène.

Enfin, M^{lle} Van de Geyn signale que, dans le riche gisement fossilifère de l'Oligocène supérieur de Kassel, il n'y a que trois dents de requins qui aient été renseignées par Philippi, et qu'à sa connaissance, on n'a jamais trouvé de dents de poissons en place dans le Chattien des Pays-Bas et de la Belgique.

Ces quelques faits suffisent à montrer combien est délicate la méthode qui consiste à déterminer l'âge des cordons littoraux en se basant uniquement sur des éléments fauniques, roulés ou altérés.

Nous désirons, en terminant, féliciter tout particulièrement l'auteur, pour son travail laborieux et très consciencieux et pour les conclusions parfaitement logiques auxquelles elle est arrivée en se basant sur des déterminations de restes fossiles en mauvais état de conservation.

Note sur le Pléistocène et le Néogène des environs de Contich,

par F. HALET.

Notre confrère M. Hasse nous ayant signalé l'existence de coupes géologiques toutes fraîches dans les environs de Contich, nous les avons visitées en sa compagnie au cours du mois de décembre 1937.

Ces coupes sont visibles sur les deux talus de la nouvelle route de détournement du village de Contich par la grand'route Anvers-Bruxelles (fig. 1).

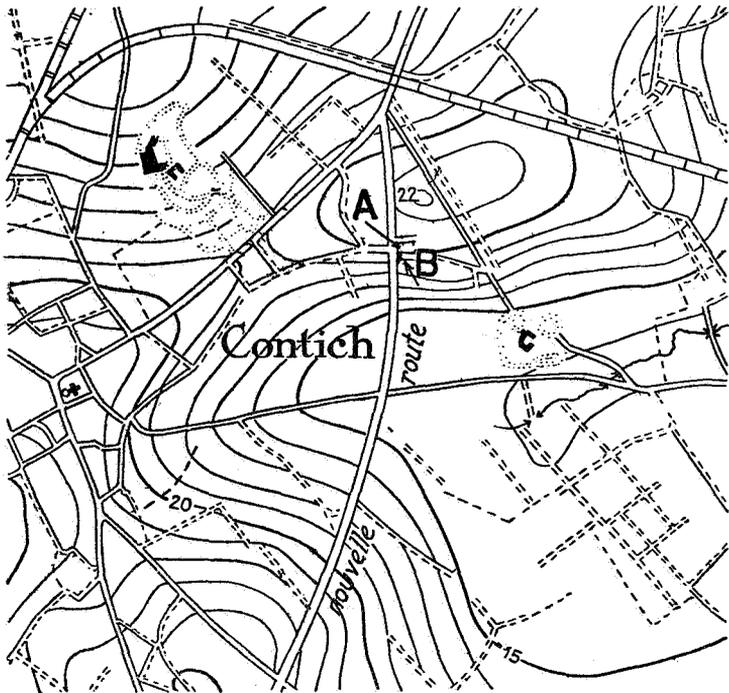


FIG. 1. — Croquis topographique des environs de Contich.

Echelle 1/20.000^e.

Ce nouveau tracé de route traverse, en tranchée, une proéminence du terrain dont le sommet est vers la cote +22.

Au point le plus profond de la tranchée (voir A, fig. 1), le talus Est de la route montre la coupe suivante :

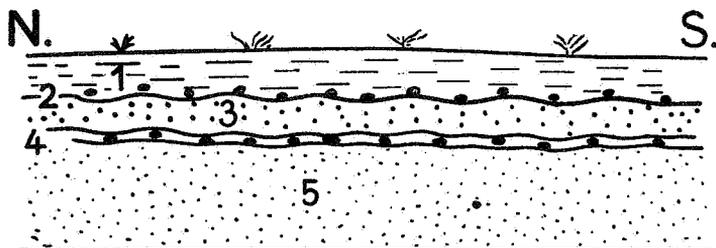


FIG. 2. — Coupe relevée au point A.

	Épaisseurs. Mètres.
1. Sable limoneux, avec zones rubéfiées	1.30
2. Cordon composé de : petits galets de quartz translucide avec quelques petits silex roulés, dont quelques-uns éclatés, de moulages internes de Cyprines et de débris d'ossements de cétacés fortement altérés	0.05
3. Sable glauconifère, un peu argileux, avec zones vertes et rouges, allure ravinante	0.60 à 1.00
4. Cordon composé de : gros galets roulés de silex nombreux débris de silex éclatés, moulages internes de Cyprines et abondants débris d'ossements de cétacés, fortement altérés et dents de poissons très altérées. <i>Carcharodon angustidens</i> Ag., <i>Oxyrhina hastalis</i> Ag.	0.10
5. Sable vert foncé, finement quartzeux, glauconieux, visible sur	3.20

Les assises 1 et 2 de cette coupe nous paraissent incontestablement d'âge pléistocène. Les moulages de Cyprines du cordon 2 et les ossements sont des éléments remaniés des sables sous-jacents.

L'assise n° 3 présente tous les caractères lithologiques des sables pliocènes diestiens.

L'assise n° 4 pourrait représenter la base de cet étage.

Toutefois l'étude d'autres points de la tranchée nous portent à ranger les assises 3 et 4 de cette coupe dans le Pléistocène.

L'assise n° 5 présente tous les caractères lithologiques des sables d'âge miocène anversien; ces sables sont décalcariés et nous n'y avons trouvé aucune trace de fossiles.

Le talus d'un petit chemin communal qui traverse la route nationale au point B (fig. 1), présente la coupe suivante (fig. 3) :

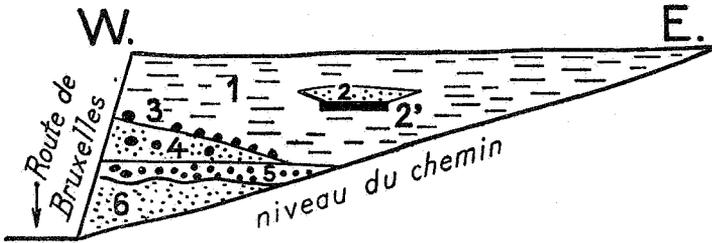


FIG. 3. — Coupe relevée au point B.

	Épaisseurs. Mètres.
1. Sable limoneux gris jaunâtre	1.50
2. Sable blanc (bleichsand)	0.30
2'. Matière charbonneuse (ancien foyer)	0.10
3. Cordon composé de petits graviers de quartz et d'éclats de silex	0.02
4. Sable glauconifère, avec quelques galets roulés de silex, épars dans la masse	0.50
5. Cordon ravinant composé de : petits galets roulés de silex, nombreux débris de silex éclatés, moulages de Cyprines, nombreuses dents de poissons <i>Oxyrhina hastatis</i> , d'ossements de cétacés fortement altérés	0.30 à 0.40
6. Sable vert foncé, finement quartzeux, glauconieux	1.60

La coupe relevée au point A ressemble beaucoup à celle décrite ci-dessus, mais dans cette dernière le cordon n° 3 rejoint le cordon n° 5 dans la direction de l'Est.

L'assise n° 4 présente bien les caractères lithologiques du Diestien, mais les nombreux éclats de silex que l'on trouve dans le cordon n° 5 ne nous permet pas de considérer celui-ci comme le cordon littoral marin de la base du Diestien.

Nous considérons donc les assises de 1 à 5 comme d'âge pléistocène et l'assise n° 6 comme d'âge miocène anversien.

Tous les ossements de cétacés, qui, dans ces deux coupes, forment un véritable « *bone bed* » à la base du Pléistocène, sont en trop mauvais état de conservation pour permettre une détermination précise.

Sur des cristaux d'or natif des mines de Moto (Congo belge) (*),

par MARCEL-E. DENAEYER.

(Planche XVIII.)

L'or en cristaux n'a été signalé qu'exceptionnellement dans notre colonie.

Dans sa *Minéralogie du Congo belge*, M. H. Buttgenbach⁽¹⁾ rappelle que le Musée de Tervuerent possède un *cube octaèdre parfait* (100), (111).

Ce cristal, que j'ai pu examiner, grâce à l'obligeance de M. Lepersonne, attaché à la Section de Géologie, mesure environ 2 mm. de hauteur et pèse 155 mgr. Il provient des alluvions de la rivière Linzi, affluent du Kibali. « On trouve aussi dans les mêmes alluvions », ajoute M. Buttgenbach, « des lamelles d'or avec stries triangulaires montrant que ces lamelles sont aplaties perpendiculairement à un axe ternaire du cube ».

Plus récemment, M. Polinard⁽²⁾ a écrit : « A Subani, près de Kibali, au Nord-Est de Watsa, des filons et des filonnets de quartz, longs de quelques mètres, affectent des roches feuilletées à rapporter à des gneiss à muscovite, pauvres en feldspath... L'or, à forme cristalline conservée, est visible dans le quartz des filonnets ». L'auteur a bien voulu me préciser qu'il s'agit de diverses *combinaisons de l'octaèdre* (111), *du rhombododécaèdre* (011) et du *cube* (100), ainsi que d'un *trapézoèdre*⁽³⁾.

Dernièrement, notre confrère, M. R. Anthoine, ingénieur en chef, directeur à la Société des Mines de Kilo-Moto et de la part de cette Société, a bien voulu faire don à l'Université de Bruxelles, de quelques beaux échantillons d'or natif.

(*) Communication faite à la séance du 20 juillet 1937 sous le titre : « Présentation d'échantillons d'or du Congo belge ».

(1) *Mém. Soc. roy. des Sc. de Liège*, 3^e sér., t. XIII (1925), fasc. 2 et 3, p. 91.

(2) ED. POLINARD, Les conditions de gisement de l'or en Afrique centrale. (*Congrès intern. des Mines, de la Métall. et de la Géol. appl.*, VII^e session, Paris, 1925; section de Géol. appl., t. I, p. 47.)

(3) Pendant la composition de cette feuille, M. Polinard a publié une Note à ce sujet : L'or à formes cristallines de la région de Subani (*Ann. Soc. Géol. Belg.*, t. LXI, 1937-1938, p. B 72). D'autre part, au cours de la séance du 10 juin 1937 de la Société française de Minéralogie, M. E. Aubert de la Rüe a présenté « quelques échantillons d'or natif dont certains ont des formes cristallines nettes et sont des cubes à peine roulés, provenant des alluvions du Mayombe français ».

Trois d'entre eux sont cristallisés et présentent un grand intérêt minéralogique. Tous trois ont été rencontrés dans la région de Moto. Ils font l'objet de cette Note.

1. Les deux premiers proviennent des alluvions de la Signemwa (camp Kakerifu), bassin de la rivière Azimogu, affluent de la rive droite du Kibali (division Yebu).

Il s'agit de cristaux maclés du type de la fluorite, formés par l'association de deux cubes interpénétrés dont un des axes ternaires est devenu axe sénaire de macle (macle par hémiedrie réticulaire, dans la classification de G. Friedel).

D'après les renseignements de M. Anthoine, qui les a recueillis au début de cette année, ces macles étaient accompagnées dans leur gisement, de nombreux cubes ou de cuboctaèdres d'or, non maclés. Les quelques exemplaires de ces derniers, qu'il a bien voulu soumettre à mon examen, ne présentent rien de particulier.

Tous ces cristaux, qui n'ont presque pas subi de transport, proviendraient de lentilles quartzzeuses non exploitables, affectant la forme de filons-couches interstratifiés dans les gneiss de la « série cristallophylienne ».

1° L'échantillon figuré planche XVIII, figure 1, est complet. Il est formé de deux cubes simples interpénétrés; ses faces sont fortement chagrinées. Il mesure environ 3 mm., pèse 183 mgr. et possède une densité de 17.2

2° Le deuxième échantillon (pl. XVIII, fig. 2 et fig. A, ci-contre) est incomplètement formé, mais les faces de cube sont

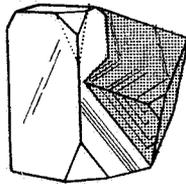


FIG. A.

relativement planes et brillantes. Il est plus développé que le précédent : il mesure environ 5 mm. sur 4 et pèse 480 mgr. La surface sur laquelle il repose est étalée et celluleuse; des grains de quartz, enclavés dans les replis de cette surface, s'opposent à la mesure exacte de la densité de l'échantillon.

Les sommets des deux cubes maclés portent des facettes

d'octaèdre (111) plus ou moins nettes. De plus, certaines faces de cube sont striées parallèlement aux arêtes des faces d'octaèdre.

Il est de règle que l'or présente la macle (111) par mériédrie réticulaire. Mais les cas où cette macle revêt extérieurement le type de la fluorite ne semblent pas fréquents. Ce type ne figure pas, au chapitre de l'Or, dans l'Atlas de V. Goldschmidt (1). Dans son *Traité de Cristallographie*, F. Walle- rant (2) a bien représenté deux cubes d'or maclés suivant (111), mais ces cubes paraissent simplement accolés suivant ce plan et non interpénétrés.

2. Le troisième échantillon, une lame curieusement déformée portant des pointements cristallins (pl. XVIII, fig. 3 et 4), présente un intérêt exceptionnel, tant à cause de son aspect que par suite de la singularité de son gisement.

Quant à ce dernier, il me semble utile de reproduire, aussi fidèlement que possible, les indications de M. Anthoine qui a recueilli lui-même l'échantillon en question, en 1921, alors qu'il examinait les conditions de gisement d'une terrasse de la rive droite de la vallée de la Gorombwa (camp de Doko).

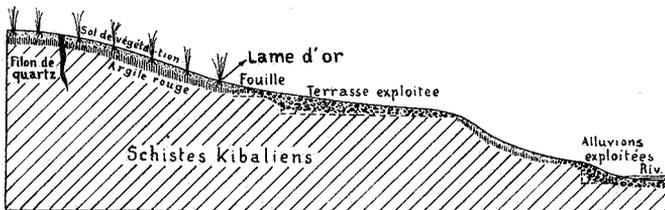


FIG. B. — Coupe schématique de la vallée de la Gorombwa.

Les pentes de cette vallée portent une végétation de *Pennisetum Benthamii*, graminée de haute taille, connue en Uele sous le nom de « fausse canne à sucre » (3).

Au sol de végétation superficiel, mêlé de fragments et de grains de quartz, succède une couche d'argile rouge, résultant de l'altération des schistes kibaldiens sous-jacents.

(1) *Atlas der Krystallformen*, t. IV. Heidelberg, 1918.

(2) *Cristallographie*, Paris, 1909, p. 121.

(3) R. ANTHOINE, Traitement des minerais aurifères d'origine filonienne, aux mines d'or de Kilo-Moto. (*Mém. in-4° publiés par l'Inst. Roy. Col. Belge* [Section des Sciences techniques], t. I, fasc. 2 [1933], p. 8.)

C'est un peu au-dessus de la fouille figurée sur la coupe ci-jointe (fig. B), dans le sol de végétation superficiel, et prise entre les racines d'une touffe de *Pennisetum*, que gisait la lame d'or. Un peu plus haut, affleure la tête d'un *filon de quartz* très peu important, dont les débris ont été vraisemblablement incorporés au sol de végétation.

Cette lame d'or pèse 813 mgr. et possède une densité d'environ 14,75.

Son aspect général (pl. XVIII, fig. 3 et 4) répond à celui d'une feuille triangulaire de 22 mm. de long sur 12 de large, profondément échancrée du côté de la base et fortement ondulée ou plissée dans le sens longitudinal. Un sillon médian profond détermine une face concave (fig. 3) et une face convexe, carénée (fig. 4).

Les bords latéraux sont retroussés vers la face convexe, singulièrement le bord droit (bords se faisant face sur les fig. 3 et 4). Celui-ci forme deux plis aigus successifs donnant naissance, sur l'une et l'autre face, à un sillon marginal accessoire.

Le bord basal, échancré en V aigu, est énergiquement refoulé et replié deux fois sur lui-même. Il forme, du côté de la face concave, un bourrelet abrupt dont la crête surplombe le sillon médian, lequel se bifurque au niveau du sommet de ce bourrelet.

La face concave est d'un jaune brillant. Elle est semée de nombreuses pyramides trigonales symétriques appartenant au trapézoèdre (311), comme on le verra dans la suite; ces pyramides mesurent environ 0,5 (et moins) à 1,5 mm. à leur base. Le plan de la lame porte en outre un système de stries triangulaires, parallèles entre elles et aux côtés de la base des pyramides. Cependant, pyramides et systèmes de stries peuvent occuper deux positions différentes à 60° ou, ce qui est équivalent, à 180° l'une de l'autre. J'y reviendrai plus loin.

La face convexe, au contraire, est rougeâtre et terne, comme corrodée, *sauf le sillon marginal et ses flancs* dans toute la partie comprise entre le bord latéral et la carène médiane. La surface terne ne porte que des traces de striation et, vers le sommet de la crête, une petite convexité triangulaire très effacée. Par contre, le sillon marginal brillant présente une striation nette et un pointement trigonal unique, à arêtes vives.

Cet ensemble de caractères confère à cette lame un intérêt particulier.

L'existence de pyramides trigonales symétriques et d'un système de stries formant des triangles équilatéraux indique tout

d'abord qu'il s'agit d'une lame aplatie perpendiculairement à un axe ternaire et limitée, par conséquent, par deux plans (111). De plus, la figure 3, planche XVIII et le schéma correspondant (fig. C, ci-contre) montrent clairement que pointements et stries peuvent occuper deux positions à 180° (ou 60°) l'une de l'autre. Dans certains cas, ces deux orientations se chevauchent.

Il s'ensuit que cette lame octaédrique est en outre maclée suivant (111) par mériédrie réticulaire (type spinelle).

Les faces des pyramides portent, pour la plupart, des stries parallèles à leur intersection avec le plan de la lame.

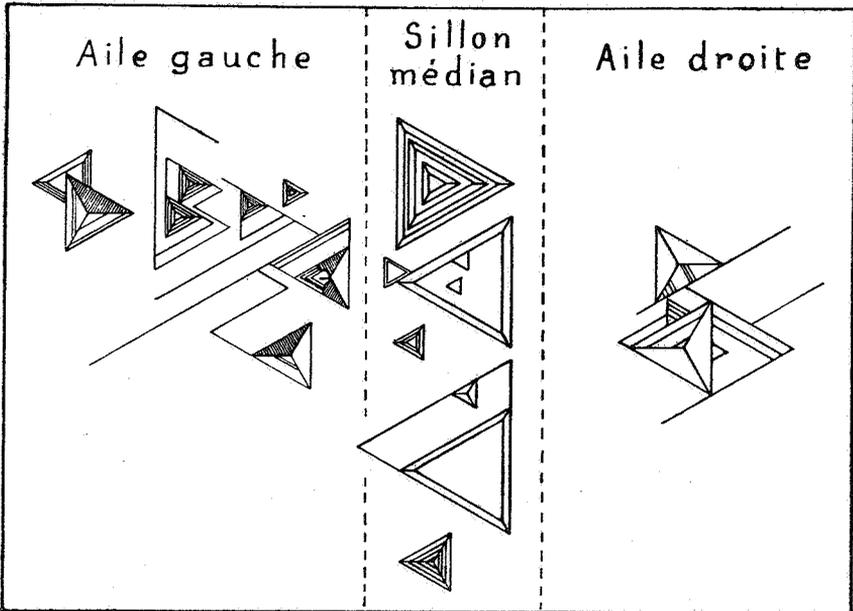


FIG. C. — Croquis schématique des principaux pointements et stries ornant la face concave de la lame d'or de la Gorombwa. La lame est supposée étalée suivant le plan (111).

Le développement en profondeur de ces stries concourt, dans certains cas, à la formation de pointements en escaliers par l'alternance de plans (311) et (111). Ces pointements sont parfois terminés par une petite plateforme triangulaire de notation (111).

Souvent, les faces (311) sont aussi striées verticalement. Le concours de ces deux systèmes de stries détermine quelquefois des faces creuses.

Les faces non striées et lisses sont rares.

Les deux pointements en position de macle, bien visibles à droite du sillon médian et à hauteur du centre de la face concave (pl. XVIII, fig. 3 et fig. C.) sont à peu près les seuls qui se présentent dans des conditions acceptables pour effectuer des mesures angulaires.

Malheureusement, le relèvement des bords de la lame s'oppose à l'emploi du goniomètre à réflexion.

Aussi, ai-je dû me borner à mesurer l'angle plan au sommet des pointements. J'ai procédé en orientant les faces normalement à l'axe d'un microscope, à l'aide d'une platine universelle et en les observant avec un illuminateur à prisme (opaque illuminateur).

Au grossissement le plus faible, les arêtes apparaissent déjà très déchiquetées. Aussi, les mesures, que j'ai effectuées à l'aide de plusieurs procédés, sont elles décevantes. Les plus concordantes ont été obtenues en utilisant un oculaire goniométrique; 5 mesures ont donné une moyenne de $112^{\circ}48'$, avec un écart maximum de $1^{\circ}18'$.

L'angle dièdre des pyramides, calculé à partir de cette valeur est de $129^{\circ}45'$ (suppl. $50^{\circ}15'$) $\pm 4^{\circ}10'$.

On pouvait, avant toute mesure, faire les hypothèses suivantes sur la nature des pointements : il pouvait s'agir du cube, du rhombododécaèdre, d'un trioctaèdre ou d'un trapézoèdre.

En dépit de la faible approximation des mesures, on peut rapporter sans ambiguïté ces pointements au *trapézoèdre* (311), dont l'angle théorique 311:113 est de $50^{\circ}29'$ (suppl.).

Au microscope binoculaire, on voit aisément que les stries triangulaires du plan (111) de la lame, qui entourent généralement les pointements (311), ne sont que des trapézoèdres avortés.

Quant aux stries verticales qui ornent les faces de ces pointements, il semble qu'on peut les interpréter, soit comme des hexoctaèdres (*hkl*), soit comme des cubes pyramidés (*Okl*) oscillants.

Cette manière d'être de l'or, en lames octaédriques maclées, agrémentées de stries et de pointements trigonaux, est bien connue en Transylvanie, à Verespatak (Siebenbürgen) et a donné lieu, depuis plus d'un siècle, à toute une série de publications ⁽¹⁾.

(1) G. ROSE, *Poggend. Ann.*, t. XXIII (1831), p. 196; A. KENNGOTT, *Sitzungsber. Akad. Wien*, t. X (1853), p. 181; A. SCHRAUF, *Verhandl. Geol. Reichsanst. Wien*, t. XIII (1853), p. 6; F. HESSENBERG, *Mineralog. Notizen*,

D'autre part, il y a dix ans, MM. F. Slavik ⁽¹⁾ et B. Jezek ⁽²⁾ ont signalé l'existence, à Krepice, en Vodnanie du Sud (Tchécoslovaquie), de feuilles d'or natif, parallèles au plan (111), maclées suivant ce même plan et portant des pointements triangulaires (311), parfois terminés par une facette d'octaèdre (111). Au point de vue cristallographique, ces feuilles paraissent donc identiques à l'échantillon décrit ici.

*
**

Considérant la forme, les caractères structuraux et le gisement de la lame d'or de la Gorombwa, on serait tenté d'épiloguer sur son origine et de penser qu'elle a pris naissance *in situ*, en un temps relativement court.

Les déformations qui l'affectent, le chiffonnage de ses bords, le refoulement énergique de l'un d'eux, dont semble témoigner une profonde échancrure, sont des singularités qui paraissent en rapport avec le développement de la lame d'or, gênée dans sa croissance par l'obstacle formé par les racines de la touffe de *Pennisetum*, à moins que ce ne soit l'effort mécanique développé par la croissance de celles-ci qui soit l'agent actif de ces déformations...

L'abondance des pointements cristallins sur la face concave, l'existence d'un de ceux-ci dans le sillon marginal de la face convexe, l'éclat même de la surface de ces dépressions, tout cela peut porter à croire que ces dernières ont fonctionné, en quelque sorte, comme des cristallisoirs ayant favorisé le dépôt de couches d'or successives et le libre développement des formes cristallines, à partir des solutions aurifères...

Enfin, la ternissure de la partie saillante de la face convexe et de sa carène, ainsi que la forme effacée du pointement qu'elle supporte, évoquent des phénomènes de corrosion sur une surface exposée à des actions dissolvantes...

Il se peut que ces suppositions soient un reflet de la réalité et je n'entends pas récuser de parti pris les observations sérieu-

1862, n° 7, p. 39; C. KLEIN, *N. Jb. f. Min.*, t. I (1880), p. 155; G. WERNER, *N. Jb. f. Min.*, t. I (1881), p. 1; A. KOCH, *Orvos term. tud. Ertesítő*, t. IX (1884) et t. XIII (1888) [Réf. in *Zeitschr. f. Kryst.*, t. X (1885), p. 98 et t. XVII (1890), p. 506]; G. VON RATH, *Zeitschr. f. Kryst.*, t. I (1887), p. 1; J. KRENNER, *Centralbl. f. M. G. u. P.*, Abt. A (1930), p. 253; TSCHERMAK, *Mineralogie*, art. Gold.; NIGGLI, *Lehrbuch der Mineralogie*, t. II, Spezielle Mineralogie, 2^e éd., p. 132.

(1) F. SLAVIK, *Nález zlata u Krepic jizne od Vodnan* (L'or trouvé près de Krepice, Vodnanie du Sud). (*Veda Prirodni*, Praha, t. VIII [1927], p. 218.)

(2) B. JEZEK, *K nálezu zlata u Vodnan* (Sur l'or trouvé en Vodnanie). (*Bansky Svet*, Praha, t. VI [1927], p. 49, 5 fig.)

ses, ni les expériences ingénieuses que l'on a imaginées pour étayer la thèse de la formation ou de l'accroissement *in situ* des pépites alluvionnaires.

Pendant, on ne saurait assez se garder d'arguments, comme ceux que je viens d'esquisser, où l'imagination a le rôle principal.

Les anciennes observations de A. Liversidge ⁽¹⁾ et, tout récemment, les expériences de M.-S. Fisher ⁽²⁾, effectuées sur des sections polies de pépites alluvionnaires, doivent être mises au premier plan : « It has been shown », écrit M. Fisher, « that the character of the quartz in most of the pebbles and nuggets and flakes from the Edie-Bulolo-Watut deposits proves that these specimens were not deposited *in situ* in the alluvial gravels, but were derived mechanically from denuded veins, and that nothing in the general appearance of the microstructure of any of the specimens was inconsistent with the assumption that they are all originated in this way ».

Les vues des tenants de l'origine chimique et de ceux de l'origine mécanique de l'or alluvionnaire viennent d'ailleurs d'être clairement résumées par M. R. Van Aubel, dans un article auquel je renvoie le lecteur ⁽³⁾.

On sait que les lames d'or natif de Verespatak sont d'origine filonienne; celles décrites par M. F. Slavik ⁽⁴⁾ étaient engagées dans un bloc de quartz ferrugineux provenant d'un filon qui n'a pas encore été trouvé en place. Enfin, on se souviendra que, non loin de l'endroit où M. Anthoine a découvert notre lame d'or, affleure un filon de quartz. Bien que celui-ci ait été reconnu stérile, il n'est pas exclu que les débris résultant du démantèlement de sa partie supérieure (ou du démantèlement d'autres filons voisins non reconnus) aient pu contenir la lame en question.

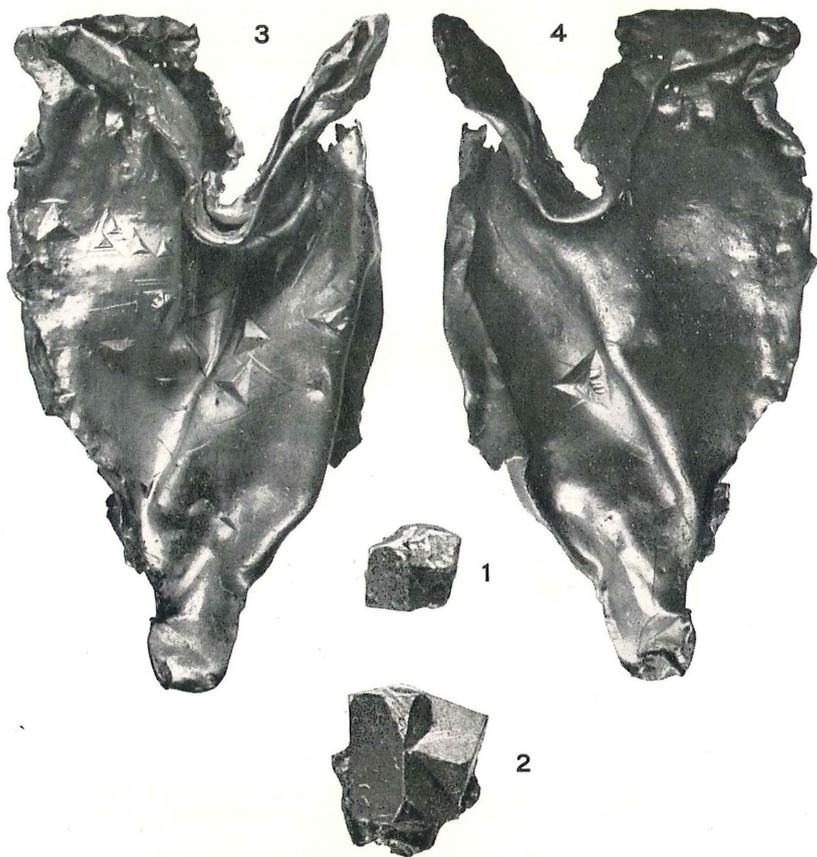
Cette considération et l'étroite analogie que présente notre échantillon avec ceux de Verespatak et de Krepice constituent une forte présomption en faveur d'une origine mécanique.

(1) A. LIVERSIDGE, *Journ. and Proc. Roy. Soc. of New South Wales* t. XVII (1893), t. XXXI (1897), p. 70 et t. XXXIV (1900), p. 259.

(2) M. S. FISHER, The Origin and Composition of Alluvial Gold, with special reference to the Morabe Goldfield, New Guinea. (*Trans. Inst. Min. and Metall.* London, t. XLIV [1934-1935], pp. 337-420 et 559-563.)

(3) R. VAN AUBEL, Sur l'origine de l'or et des pépites alluvionnaires. (*La Chronique des Mines coloniales*, Paris, 6^e année, n^o 64 [1937], pp. 358-362.)

(4) *Loc. cit.*



(Clichés de A. Delhaye.)

M.-E. DENAYER. — CRISTAUX D'OR NATIF
DES MINES DE MOTO ($\times 4$).

FIG. 1. — Cubes d'or maclés. — Bassin de la rivière Azimogu.

FIG. 2. — Cuboctaèdres d'or maclés. — Même provenance.

FIG. 3. — Face concave de la lame d'or octaédrique maclée, portant des pointements du trapézoèdre (311). — Vallée de la Gorombwa.

FIG. 4. — Face convexe de la même lame.