

NOTICE PRÉLIMINAIRE

SUR LES

SÉDIMENTS MARINS

RECUEILLIS PAR

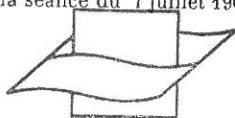
17832

L'EXPÉDITION DE LA " BELGICA ,,

PAR

H. ARCTOWSKI et A.-F. RENARD

(Présenté à la Classe des sciences dans la séance du 7 juillet 1900.)



Vlaams Instituut voor de Zee
Flanders Marine Institute

VLIZ (VZW)
VLAAMS INSTITUUT VOOR DE ZEE
FLANDERS MARINE INSTITUTE
Oostende - Belgium

(Extrait du tome LXI des *Mémoires couronnés et autres Mémoires*
publiés par l'Académie royale de Belgique. — 1901.)

PRÉFACE

Le travail que nous présentons à l'Académie est un exposé sommaire des recherches auxquelles nous nous sommes livrés sur les sédiments marins recueillis par l'Expédition antarctique de la *Belgica*. L'étude complète de ces sédiments, comprenant l'examen minéralogique et chimique, la détermination de leur origine et de leur répartition géographique ainsi que la discussion des questions relatives à l'allure des fonds marins de la région explorée par l'expédition belge, sera l'objet d'un mémoire destiné à prendre place dans la série des publications de la Commission de la *Belgica*. Les résultats préliminaires que nous exposons aujourd'hui peuvent être considérés comme acquis d'une manière certaine, et ne seront pas modifiés par des recherches ultérieures. Nous ne les faisons connaître que dans la mesure qu'il faut pour prendre date, et surtout parce que, outre l'intérêt scientifique qu'ils peuvent présenter, ils fournissent des données immédiatement utilisables par les naturalistes chargés de l'étude des organismes des fonds marins recueillis par la *Belgica*.

Dans cet exposé, nous indiquerons sommairement la route

suivie par le navire, et le long de laquelle s'échelonnent les sondages; les conditions dans lesquelles ont été faites les observations; les méthodes de sondage employées par les explorateurs à bord du navire et sur la glace. Nous donnerons ensuite les résultats des mesures de profondeur qui sont figurés sur la carte accompagnant cette notice. Abordant alors l'étude proprement dite des sédiments, nous faisons connaître des procédés suivis pour arriver à la classification des fonds marins, et nous donnons les tableaux présentant la composition de chacun des dépôts, telle qu'elle ressort de l'analyse mécanique. Enfin nous groupons ces observations et nous en déduisons les conclusions générales d'océanographie auxquelles cette étude préliminaire nous conduit.

NOTICE PRÉLIMINAIRE
SUR LES
SÉDIMENTS MARINS

RECUEILLIS PAR
L'EXPÉDITION DE LA " BELGICA „

ROUTE SUIVIE PAR LA « BELGICA ».

Ni dans l'océan Atlantique ni dans les canaux de la Terre de Feu des sondages n'ont été exécutés par le personnel de la *Belgica*. Les travaux bathymétriques de l'Expédition antarctique belge n'ont été commencés qu'à l'île des États. La route suivie à partir de là nous est donnée par les coordonnées des sondages exécutés dans ce grand canal antarctique qui sépare l'Amérique du Sud des terres antarctiques; puis, au sud des Shetland méridionales, par la carte du canal de Gerlache,

dressée par M. Lecointe; et enfin, au delà du cercle polaire, la route suivie est donnée par une autre carte de M. G. Lecointe, intitulée : « Croquis de la dérive de la *Belgica* dans la banquise », cartes publiées dans le numéro de février 1900 du *Bulletin de la Société royale belge de géographie*.

Une partie seulement du voyage a été volontaire, tandis que la route suivie pendant le séjour dans les glaces a été due à des déplacements forcés, la banquise dans laquelle la *Belgica* a été emprisonnée durant treize mois n'ayant cessé de dériver sous l'influence des vents. C'est justement grâce à cette dérive compliquée qu'il a été possible de faire de nombreux sondages dans la région glacée située au sud du 70^e parallèle. A bord de la *Belgica*, on n'a laissé passer aucune occasion de mesurer la profondeur de la mer, car toutes les fois que les coordonnées astronomiques du lieu avaient pu être déterminées et que nous nous trouvions en quelque endroit nouveau, notre première préoccupation a été de sonder. Sans aucun doute, il aurait été possible de recueillir plus de données bathymétriques qu'on ne l'a fait, mais nous n'étions que dix-sept hommes à bord, et les occupations étaient partagées; or le sondage est une opération qui demande la coopération de plusieurs hommes.

MÉTHODES DE SONDAGE.

Les sondages en mer ont été exécutés à l'aide de la machine à sonder de Le Blanc¹. Comme fil à sonder, nous avons employé soit une fine cordelette en acier, soit un simple fil d'acier de

¹ On peut trouver une description de cette machine à sonder dans l'ouvrage : *Berichte der Commission für Erforschung des östlichen Mittelmeeres*.

0^{mm},9 de diamètre. Les sondes utilisées ont été celle du prince de Monaco ¹, celle de Brooke ² et un « chercheur de fond » qui a été donné à l'Expédition par le commandant Wandell, de Copenhague. Ce dernier instrument, qui ramenait toujours une bonne quantité de sédiment, consistait en une simple sonde en plomb au bout de laquelle était fixé un tube à fermeture en ailes de papillon. Elle ressemblait à la sonde à poids fixe utilisée à bord du *Challenger*.

Malheureusement, cette sonde a été perdue, ce qui nous a obligés de travailler pendant un certain temps avec une sonde de Brooke chargée d'un boulet fixe, et aussi avec une sonde à cuvette de construction spéciale

Finalement, nous avons construit à bord une sonde nouvelle qui, quoique très simple, nous a donné de fort bons résultats.

Le but que nous nous étions proposé était de recueillir une grande prise de sédiments. Les sondes à poids perdu ne peuvent pas réaliser ce desideratum ; d'un autre côté, le clapet de la sonde de Brooke, la clef de la sonde de Monaco et les clapets disposés en ailes de papillon, qui sont destinés à retenir le sédiment à l'intérieur du tube de la sonde, empêchent le plus souvent la vase d'entrer et ne servent par conséquent à rien. Mais, en outre, les sondes construites jusqu'à présent ne s'enfoncent que fort peu dans le sol sous-marin. Or la nécessité d'avoir des appareils à l'aide desquels on pourrait exécuter des forages au fond de la mer a déjà été mentionnée par Sir John Murray ³.

La sonde nouvelle consistait en un simple tube en laiton de 80 centimètres de longueur et de 3^{cm},5 de diamètre interne ; à l'un de ses bouts, il était enchâssé dans un boulet. On attachait

¹ Compte rendu des séances de la Société de géographie de Paris, 1889, 15 février.

² FERDINAND ATLMAYR, *Handbuch der Oceanographie und maritimen Meteorologie*, S. 64.

³ *The renewal of antarctic exploration*, p. 24. (GEOGR. JOURNAL, 1894, vol. III.)

cette sonde à la corde qui termine le fil à sonder de façon que le tube descendît bien verticalement. Cette sonde s'enfonçait bien et le tube se remplissait de sédiment sur une longueur de 30 à 60 centimètres. Il suffisait alors de pousser la vase hors du tube à l'aide d'un bâton. Le tube-sonde n'a malheureusement été utilisé que pour les derniers sondages exécutés.

Dans les glaces, — lorsque la *Belgica* se trouvait emprisonnée au milieu d'un champ de glace de plusieurs milles de pourtour, — il nous a été impossible d'utiliser la machine de Le Blanc. La vapeur faisant défaut, les huiles gelaient ; or cette machine est trop difficile à manœuvrer à bras d'hommes. Le dispositif employé pour faire les sondages dans les glaces se composait de trois parties distinctes :

a) Une grande bobine en bois, sur laquelle était enroulé le fil à sonder. Cette bobine était montée sur un axe de façon à se dérouler entièrement. Un frein réglait la descente du fil ;

b) Une roue de 4 mètres de circonférence, garnie d'un compteur de tours. Cette roue servait à enregistrer la longueur du fil filé. Elle était empruntée à la machine de Le Blanc ;

c) Enfin, trois perches de sapin entre-croisées maintenaient une poulie en acier au-dessus du trou percé dans la glace, et par lequel on laissait descendre la sonde.

RÉSULTATS DES SONDAGES.

Les tableaux ci-après indiquent les numéros d'ordre des sondages, les coordonnées géographiques et les profondeurs mesurées. Dans le premier tableau se trouvent les sondages exécutés en dehors du cercle polaire ; ce sont là les seules données que nous ayons sur les relations bathymétriques du Grand Canal antarctique. Dans le deuxième tableau ont été réunis les sondages faits à la lisière de la banquise australe et

pendant le séjour de la *Belgica* dans les glaces. Un seul sondage a été fait dans le canal découvert par l'Expédition. Au milieu du canal de la *Belgica*, à mi-chemin entre le cap d'Ursel et le cap Reclus, on a sondé la profondeur de 625 mètres.

Les résultats fournis dans le tableau I nous permettent de tracer une coupe transversale N.-S., allant de l'île des États à l'île de Livingstone. Ceux du tableau II nous autorisent à tracer avec certitude les courbes bathymétriques indiquées sur la carte (voir pl.).

I. — TABLEAU DES SONDAGES.

DATES.	LATITUDES australes.	LONGITUDES ouest de Greenwich.	NUMÉROS des sondages.	PROFONDEURS évaluées en mètres.
14 janvier 1898.	54.51	63.37	1	296
14 — —	55.03	63.29	2	1,564
15 — —	55.51	63.19	3	4,040
16 — —	56.49	64.30	4	3,850
18 — —	59.58	63.12	5	3,800
19 — —	61.05	63.04	6	3,690
20 — —	62.02	61.58	7	2,900
20 — —	62.11	61.37	8	1,880
28 — —	64.23	62.02	9	625
.....
23 mars 1899.	56.28	84.46	60	4,800

II. — TABLEAU DES SONDAGES.

DATES.	LATITUDES australes.	LONGITUDES ouest de Greenwich.	NUMÉROS des sondages.	PROFONDEURS évalués en mètres
16 février 1898.	69.75	70.39	10	135
19 — —	69.06	78.21	11	480
23 — —	69.46	81.08	12	565
24 — —	69.30	81.31	13	510
25 — —	69.17	82.25	14	2,700
27 — —	69.24	84.39	15	2,600
27 — —	69.41	84.42	16	1,730
1 ^{er} mars —	71.06	85.23	17	570
1 ^{er} — —	71.17	85.26	18	520
2 — —	71.31	85.16	19	460
4 — —	71.22	84.55	20	530
5 — —	71.19	85.28	21	520
9 — —	71.23	85.33	22	554
20 — —	71.35	88.02	23	390
22 avril —	71.02	92.03	24	480
26 — —	70.50	92.22	25	410
4 mai —	70.33	89.22	26	1,150
5 — —	»	»	27	730
10 — —	»	»	28	460
20 — —	71.16	87.38	29	435
26 — —	71.13	87.44	30	436
2 sept. —	70.00	82.45	31	502
9 — —	69.51	82.36	32	510
14 — —	69.53	83.04	33	480
22 — —	70.23	82.31	34	483

II. — TABLEAU DES SONDAGES (*suite*).

DATES.	LATITUDES australes	LONGITUDES ouest de Greenwich.	NUMÉROS des sondages.	PROFONDEURS évalués en mètres
26 sept. 1898.	70.21	82.52	35	485
29 — —	70.21	82.39	36	480
7 oct. —	70.30	82.48	37	480
16 — —	69.59	80.54	38	532
19 — —	70.01	81.45	39	580
24 — —	69.43	80.50	40	537
2 nov. —	69.51	81.24	41	518
10 — —	70.09	82.35	42	490
28 — —	70.20	83.23	43	459
18 déc. —	70.08	83.30	44	443
20 — —	70.15	84.06	45	569
22 — —	70.18	84.51	46	645
27 — —	70.20	85.52	47	630
29 — —	70.15	85.51	48	660
31 — —	70.01	85.20	49	950
2 janvier 1899.	69.52	85.13	50	1,360
4 — —	69.50	85.12	51	1,470
7 — —	69.52	85.32	52	1,490
10 février —	70.34	93.17	53	1,166
19 — —	70.30	94.12	54	1,740
2 mars —	70.53	97.17	55	430
5 — —	70.51	97.57	56	425
12 — —	70.56	100.18	57	564
13 — —	70.50	102.13	58	1,195
14 — —	70.40	102.15	59	2,800

RELATIONS BATHYMÉTRIQUES.

Les sondages de la *Belgica* ont donné lieu à deux découvertes importantes : celle d'une fosse de 4,040 mètres de profondeur au sud de l'île des États et celle d'un plateau continental s'étendant au sud du 70^e parallèle.

Le profil bathymétrique est intéressant à plusieurs points de vue.

Il nous montre que l'Amérique du Sud est séparée des terres antarctiques par une cuvette à fond plat s'élevant doucement vers le sud. De part et d'autre, une forte pente sous-marine poursuit les dénivellations de terrain qui forment au nord l'extrémités des Andes et au sud la chaîne des Shetland méridionales. Le plateau continental existe sans aucun doute, mais il ne forme qu'une bordure étroite devant les terres.

La découverte du plateau continental antarctique est plus intéressante. Le profil que nous avons tracé suivant le 85^e degré de longitude¹ nous montre que c'est l'isobathe de 500 mètres qui marque la bordure du plateau. Le fait est curieux, car la limite de ces plates-formes sous-marines qui bordent les continents se trouve généralement par 200 mètres. On peut donc se demander si le plateau continental antarctique est submergé et, s'il en est ainsi, quelles sont les raisons pour lesquelles il occupe un niveau aussi bas².

Le détail des courbes d'égale profondeur est également intéressant. Nous remarquons tout d'abord que le plateau continental n'est pas uni. Les fluctuations de l'isobathe de 500 mètres nous montrent deux concavités qui se terminent en cul-de-sac vers le sud. Mais le réseau des sondages n'est pas suffisamment étendu pour nous permettre d'étudier ces détails.

Un autre fait est à remarquer.

¹ HENRYK ARCTOWSKI, *Géographie physique de la région antarctique visitée par l'Expédition de la « Belgica »*. (BULL. SOC. ROY. BELGE DE GÉOGRAPHIE, 1900, janvier, p. 142.)

² Comparez le mémoire de M. C. RUDZKI : *Deformationen der Erde unter der Last des Inlandeises*. (BULL. INTERN. DE L'ACAD. DES SC. DE CRACOVIE, 1899, p. 169.)

Les relations bathymétriques de la région explorée par l'Expédition antarctique belge démontrent que l'île Pierre I^{er} (qui a été découverte au commencement du XIX^e siècle par Bellingshausen) n'appartient pas au plateau continental antarctique. Cette île est isolée.

Remarquons encore que les profondeurs mesurées par Ross au nord de la grande muraille de glace qui s'étend par 78° de latitude, à partir du 160° degré est, jusqu'au 170° de longitude ouest de Greenwich (c'est-à-dire sur une longueur de 30 degrés), sont comparables à celles qui caractérisent le plateau continental découvert par l'Expédition antarctique belge.

La carte qui accompagne notre travail donne un aperçu des relations bathymétriques de la partie de l'Océan explorée par la *Belgica*. Elle modifie notablement l'allure des courbes isobathes qu'on avait admises pour cette région avant l'expédition belge. Cependant, nous le répétons, le réseau des observations n'est pas assez serré pour que nous considérions comme définitive l'allure de toutes les courbes d'égale profondeur tracées sur la carte. C'est le cas en particulier pour celles du Grand Canal antarctique dans la partie de la route entre l'île des États et l'île Smith où l'Expédition n'a fait qu'un nombre relativement restreint de sondages. Quelques-unes de ces courbes se raccordent bien avec celles des cartes bathymétriques existantes : c'est ainsi que l'on voit se dessiner sur la carte le prolongement des grands fonds du Pacifique qui s'y terminent en cuvette à goulot étroit, et le seul échantillon, comme nous le verrons tout à l'heure, recueilli dans cette région, offre les caractères des sédiments obtenus par le *Challenger* plus à l'ouest, dans cette fosse qui va diminuant de largeur à mesure qu'on s'avance vers le méridien des îles Falkland et qui fait face à la « Fosse de Ross ».

Ce qu'on voit à l'évidence sur la carte, c'est le caractère de plateau continental que présentent les régions situées à l'ouest des terres Alexandre, au sud du 71° parallèle.

La carte dont il s'agit a été dressée en s'appuyant surtout sur la carte de l'Amirauté anglaise et sur celle du détroit de Gerlache que M. Lecoq a publiée. Les sondages de la *Belgica*

sont indiqués en mètres, et le point noir qui accompagne le chiffre donnant la profondeur est reporté aussi exactement que possible d'après les coordonnées indiquées dans les tableaux précédents. Pour la bathymétrie des régions de la mer non explorées par la *Belgica*, on s'est servi de toutes les données qu'offraient la carte de l'Amirauté ¹, celles des profondeurs océaniques par Sir John Murray ² et par Supan ³.

Autour de la pointe méridionale de l'Amérique du Sud, les courbes isobathes ont été construites d'après la carte de Supan ; les isobathes de cet auteur ont été, en certains points, un peu déplacés, surtout pour les rattacher aux courbes construites d'après les observations nouvelles de l'Expédition belge.

Entre 80° et 105° W. et 69° et 71° S., les isobathes ont été établis à l'aide de nombreux sondages de la *Belgica*. Vers l'est, ces courbes ont été rattachées approximativement à celles tracées entre la Terre de Graham et l'Amérique d'après les données de l'Expédition belge. Dans cette région, où la distance considérable séparant les courbes de 3,000 mètres à 4,000 mètres marque une fosse à fond plat, cette première courbe a été prolongée vers l'ouest dans l'hypothèse que ce plateau sous-marin s'avance dans cette direction.

La présence de l'île Pierre I^{er} au nord de la courbe de 2,000 mètres conduit à supposer l'existence d'un massif isolé couronné par cette île.

La sonde a mesuré 625 mètres dans le canal de Gerlache, mais il serait difficile de rattacher ce sondage aux courbes précédentes ; aussi a-t-on fait passer les courbes de 250 et 500 mètres le long des îles Biscoë et de l'île Smith. Puis elles suivent les Shetlands méridionales pour se rattacher, au delà des îles Éléphants et Clarence, aux courbes de l'océan Antarctique qui, d'après le tracé de Sir John Murray, se dirigeraient le long de l'île Joinville, des Terres Louis-Philippe et Graham.

¹ *South Polar Chart*, 1240.

² *Bathymetrical chart of the oceans showing the « Deeps »* accordidg, to John Murray.

³ A. SUPAN, *Die Bodenformen des Weltmeeres*. (PETERMANN'S MITTHEILUNGEN, 1899, Bd XLV, S. 177.)

MÉTHODES D'EXAMEN ET CLASSIFICATION DES SÉDIMENTS.

Avant d'exposer les résultats de l'analyse des sédiments de la *Belgica*, il peut être utile de rappeler les travaux antérieurs sur les dépôts marins dont on a dû tenir compte pour les méthodes d'analyse et le mode de classification.

Rappelons d'abord le *Report on deep-sea deposits*, publié par MM. Murray et Renard dans la série des mémoires de l'expédition du *Challenger* et qui comprend non seulement la description et la classification des sédiments recueillis par cette croisière, mais encore l'ensemble des données sur les sédiments de mer profonde.

Les auteurs de ce mémoire ont procédé à la description de ces dépôts de la manière suivante :

Ils les ont traités à l'acide chlorhydrique dilué et divisé ainsi la prise d'essai en partie soluble et partie insoluble. La première est indiquée dans la colonne CaCO_3 , qui est suivie par celle où l'on donne la détermination générale des principaux organismes calcaires représentés dans le sédiment.

La partie insoluble dans l'acide chlorhydrique, désignée dans les descriptions sous le nom de *résidu*, fut soumise, après lavage, à des décantations successives, permettant de diviser les éléments constitutifs suivant leur ordre de densité.

Le *résidu* est ainsi divisé en trois groupes : 1° *organismes siliceux* ; 2° *minéraux, particules minérales et fragments de roches* ; 3° *particules amorphes*. Sous ce dernier nom sont désignées les particules qui, restant en suspension, passent lors de la première décantation ; elles n'ont pas plus de 0^{mm},05 de diamètre. Nous renvoyons pour les détails de ces recherches au *Report on deep-sea deposits*.

En s'appuyant sur les analyses exécutées d'après le procédé qu'on vient de rappeler et qui ont porté non seulement sur les sédiments marins recueillis par le *Challenger*, mais aussi sur les collections de toutes les croisières scientifiques importantes anglaises ou américaines jusqu'à la date de la publication de

leur *Report on deep-sea deposits*, les auteurs ont groupé comme suit l'ensemble des dépôts marins, et leur classification, comme aussi leur terminologie, a été admise et consacrée par l'usage :

I. — *Les dépôts pélagiques* qui occupent les régions centrales des grands bassins océaniques et qui sont formés essentiellement des restes d'organismes pélagiques associés aux produits ultimes de la décomposition des roches et des minéraux étalés sur le fond.

II. — *Les dépôts terrigènes*, formés près des continents et des îles, qui sont constitués essentiellement par des matériaux apportés par l'action de transport de la mer et provenant de la désintégration des masses terrestres ⁴.

⁴ Le tableau synoptique que nous reproduisons ici, premier essai d'une classification d'ensemble des dépôts marins, présente les relations qui unissent ces deux grands groupes de sédiments et leurs subdivisions.

(A) Sédiments de mer profonde formés sous plus de cent brasses.	{ Argile rouge Vase à radiolaires . . Vase à diatomées . . Vase à globigérines. Vase à ptéropodes .	} (i) <i>Sédiments pélagiques</i> formés en mer profonde et loin des terres.				
			{ Boue bleue Boue rouge Boue verte. . . . Boue volcanique. . Boue corallienne. .			
				(B) Sédiments formés entre le niveau de la marée basse et cent brasses.	{ Graviers, sables, boues, etc . . .	} (ii) <i>Sédiments terrigènes</i> , formés dans les eaux littorales profondes et dans les eaux basses près des terres.

L'étude des *sédiments littoraux* et des eaux basses n'entrant pas dans le cadre de leurs recherches, les auteurs les ont représentés sur la carte qui accompagne leur mémoire par une teinte unique. Quant aux sédiments de *mer profonde* entendus dans le sens de MM. Murray et Renard, ils s'étendent depuis l'isobathe de 100 brasses jusqu'aux plus grandes profondeurs, recouvrant une aire égale à plus de la moitié de la surface terrestre. Les graviers et les sables ne se rencontrent ici qu'exceptionnellement; des boues, des vases organiques et des matières argileuses constituent les sédiments caractéristiques de ces grandes profondeurs; ils montrent sur de vastes étendues une remarquable uniformité. Au large de la courbe de 100 brasses, à parler d'une manière générale, l'action de la mer diminue d'intensité; les conditions, qui dominent dans cette partie de l'Océan sont uniformes; l'accumulation des matières sédimentaires s'y fait avec lenteur; les particules minérales sont différentes de celles des *dépôts littoraux*; leurs dimensions sont plus uniformes et plus petites; à mesure qu'on s'avance vers les régions plus profondes des bassins océaniques, les sédiments se modifient: les particules minérales dérivant immédiatement des terres émergées sont de moins en moins nombreuses; leurs dimensions sont moindres encore que celles des zones profondes plus rapprochées des côtes, et en même temps les matières provenant de l'altération chimique des roches et des minéraux deviennent plus abondantes, et pour les profondeurs moyennes de l'Océan, les restes d'origine organique sont plus nombreux dans les dépôts. Ainsi l'on passe insensiblement des sédiments de mer profonde *terrigènes* aux sédiments *pélagiques* dans lesquels les organismes calcaireux et siliceux ainsi que les matières argileuses provenant de la décomposition des roches et des particules minérales, jouent le rôle principal.

Il nous a paru utile, pour apprécier ce qui va suivre, de rappeler, comme nous venons de le faire, les considérations générales sur la classification des sédiments de mer profonde

et sur les méthodes suivies pour leur détermination. Disons tout de suite que pour les échantillons des grands fonds rapportés par la *Belgica*, le groupe des sédiments pélagiques n'est guère représenté que par les sondages dans le Grand Canal antarctique et que tous les autres sondages doivent être englobés dans le groupe de ces *sédiments terrigènes des zones profondes ou littorales*. Cependant le caractère propre de ces sédiments est toujours voilé par l'association d'un grand nombre d'éléments de dimensions variées et qui doivent leur présence aux points d'où la sonde les ramène à l'action de transport qu'exercent dans ces régions les phénomènes glaciaires.

Mais avant d'aborder ces questions, indiquons les raisons qui nous ont déterminés à ne pas suivre pour les descriptions des sédiments de la *Belgica* le mode employé pour ceux du *Challenger*. Ces raisons ne résident pas exclusivement dans les progrès qu'on a réalisés pour l'analyse des sédiments depuis vingt ans, date à laquelle MM. Murray et Renard commencèrent leurs recherches sur les fonds océaniques, mais la raison principale, et qu'on saisira immédiatement, c'est que les recherches ont porté, comme l'indique le titre de leur ouvrage, sur des *dépôts de mer profonde*, tandis que ceux recueillis par la *Belgica* n'appartiennent pas, à proprement parler, à ce type. L'analyse mécanique des sédiments, telle qu'on la pratique aujourd'hui et telle qu'elle a été appliquée aux fonds marins que nous avons à décrire et à classer, convient spécialement à l'examen de matières où les grains sont de dimensions très différentes. Or, ce qui est caractéristique dans les sédiments pélagiques, et jusqu'à un certain point dans les sédiments terrigènes de la zone profonde, c'est la finesse et l'homogénéité des grains; ce qui se comprend lorsqu'on tient compte des conditions de formation du dépôt dont il s'agit. En outre, dans ces dépôts profonds, l'élément vaseux ou argileux est quelquefois prédominant au point qu'il devient impossible de séparer par des procédés mécaniques cette matière amorphe et quasi homogène. Enfin, ce qui justifie la subdivision des matières des dépôts pélagiques en partie soluble et résidu, c'est

le rôle très considérable que joue dans ces dépôts l'élément calcaire dû aux restes de Foraminifères ou de Ptéropodes.

Pour les raisons qu'on vient de dire, nous avons adopté un procédé d'analyse des matières sédimentaires où la séparation mécanique joue le rôle fondamental, et afin d'arriver autant que possible à une unification de la nomenclature et d'obtenir des résultats comparables, nous nous sommes arrêtés aux procédés de séparation que M. Thoulet a employés pour l'étude des sédiments marins recueillis sur les côtes de France. Les études auxquelles ce savant s'est livré sur des sédiments présentant de grandes analogies avec ceux que nous avons à décrire nous engagèrent, au début de nos recherches, à nous mettre en relation avec lui, et nous lui exprimons tous nos remerciements pour l'obligeance qu'il nous témoigna en mettant à notre disposition des appareils identiques à ceux dont il se sert dans ses recherches, et en nous faisant profiter de son expérience.

Nous renvoyons pour le détail des procédés dont il s'agit à la note que ce savant a publiée sous le titre : *Analyse mécanique des sols sous-marins*¹, nous bornant ici à un exposé sommaire indispensable pour l'intelligence des tableaux qui présentent les résultats de nos recherches.

Le principe sur lequel repose la séparation mécanique des éléments constitutifs des sédiments, est leur classement suivant la grosseur des grains. Cette analyse mécanique a des avantages pratiques incontestables : elle peut s'opérer à l'aide d'appareils très simples, par des manipulations rapides et sûres, elle donne des résultats parfaitement contrôlables et comparables, elle conserve les matériaux soumis à l'analyse dans leur intégrité ; elle a, en outre, des avantages théoriques qui sautent immédiatement aux yeux quand on sait que la dimension des grains est en rapport direct et intime avec les conditions de formation des sédiments et détermine, dans une certaine mesure, les agents en jeu dans le transport, et la

¹ *Annales des Mines*, avril 1900.

distance plus ou moins grande à la côte du point où s'est fait le dépôt, détail d'une importance capitale, à notre avis, lorsqu'il s'agit des sédiments marins. Toutefois, comme nous le dirons, elle ne peut pas suffire seule pour une étude complète des sédiments; il faut qu'elle soit secondée par l'observation microscopique des minéraux, par l'emploi de liqueurs denses, et par des manipulations chimiques indispensables, en particulier pour séparer les éléments très fins qui sont unis à la matière argileuse ou vaseuse proprement dite. Dans l'état actuel de nos recherches, nous n'avons soumis les sédiments de la *Belgica* qu'aux manipulations de l'analyse mécanique, qui suffisent pour obtenir le classement et la détermination de ces matériaux.

Quant au mode opératoire, qu'il nous suffise de dire que la séparation des divers éléments a été effectuée à l'aide de tamis métalliques ou en tissus de soie que le commerce fournit partout, et dont le numéro répond au nombre des mailles contenues sur une longueur de 1 pouce = 27 millimètres ¹.

La séparation mécanique par tamisages a été effectuée pour tous les sédiments de la *Belgica*, sauf pour quelques-uns

¹ Le tableau suivant donne les numéros des tamis dont se sert M. Thoulet et dont nous nous sommes servis et, en regard, les dimensions des grains habituels des sondages et les désignations qui leur correspondent.

Numéros des tamis.	Dimension minimum des grains arrêtés.	Désignations adoptées.
40	ⁿ / _m 3,00	Gravier fin.
30	0,89	Sable gros.
60	0,45	Sable moyen.
100	0,26	Sable fin.
200	0,04	Sable très fin.
Franchit 200	Fin-fins et vase.

Chacune des parties du sédiment isolée par le tamisage est pesée. La somme de ces poids donne le poids de la prise d'essai, et l'on réduit en centièmes pour faciliter la comparaison et la classification d'après le tableau que nous donnons plus loin.

d'entre eux qui ont été recueillis en quantité trop faible par l'appareil de sondage. C'est le cas, en particulier, pour les cinq premiers sondages dont on a trop peu de matières et qui seront décrits, dans le mémoire définitif, surtout d'après les résultats que donnera l'analyse microscopique. Il resterait à faire la séparation des matières qui sont désignées d'une manière générale sous le nom de *vase et fin-fins*. Nous avons constaté au microscope que ces matières amorphes ne sont pas exclusivement de nature argileuse : elles sont associées, comme on devait s'y attendre, à de nombreux grains qui réagissent entre les nicols et qui doivent appartenir à des espèces minérales différentes de ce qui constitue la matière argileuse proprement dite.

Les méthodes que nous avons employées pour séparer ces substances ne nous ont pas donné jusqu'ici de résultat satisfaisant. Ainsi, en se servant du tube à courant ascendant et en réglant le courant de manière à obtenir un débit réduit au minimum, on entraîne toujours, peut-on dire, une partie assez notable des particules minérales mêlées à la matière vaseuse. Nous nous sommes servis aussi, dans ce but, de l'appareil de M. Wanschaffe, mais le résultat n'a pas été meilleur qu'avec le tube trieur. Si, dans l'appareil de Wanschaffe, on règle le courant de manière qu'il réponde à une pression de 3 à 5 centimètres, on entraîne encore à la fois les fin-fins et la vase. L'appareil à force centrifuge dont on se sert pour séparer, d'après leur poids, les éléments d'un mélange mécanique, ne peut rendre aucun service pour le cas dont il s'agit.

Un moyen qui nous paraît indiqué pour effectuer cette séparation est d'attaquer les substances qui franchissent le n° 200 par l'acide sulfurique en tube scellé à haute température. On obtiendrait ainsi l'isolement des particules quartzeuses, qui resteraient inattaquées par l'acide. Nous avons fait construire une étuve spécialement destinée à ces recherches, qui seront consignées dans le mémoire en cours de préparation.

Jusqu'ici nous n'avons eu recours à l'analyse chimique que pour la détermination des carbonates. Dans chaque cas où

cette détermination était indiquée, nous avons fait l'essai sur 1 gramme environ de substance ; elle a été attaquée par l'acide chlorhydrique ; après ébullition et filtration, le calcium a été précipité par l'oxalate d'ammonium. La séparation par les liqueurs denses et l'examen microscopique des particules minérales n'ont été appliqués qu'à un certain nombre d'échantillons ; tous devront être examinés à ce point de vue. Mais cet examen, d'une importance capitale quand il s'agit d'étudier les questions d'origine, peut être réservé pour la publication définitive de ces recherches, l'analyse mécanique telle que nous l'avons pratiquée suffisant à la détermination sommaire et à la classification des fonds sous-marins que nous avons à décrire.

Les séparations mécaniques par tamisages gradués que nous venons d'indiquer permettent de dénommer, avec une précision suffisante, les divers sédiments recueillis par la *Belgica* sans qu'il faille faire entrer en ligne de compte pour cette dénomination ni l'analyse chimique qui doit intervenir pour la séparation de la vase et des fin-fins, ni l'analyse minéralogique détaillée. Comme il vient d'être dit, nous réservons l'examen de ces points pour le mémoire complet et définitif sur ces sédiments. Nous suivons pour la classification les subdivisions proposées par M. Thoulet avec quelques modifications de détail que nous avons été conduits à y introduire, et nous les résumons dans le tableau suivant.

Sont désignés comme *SABLES* les sédiments renfermant plus de 90 % de grains minéraux, et comme *VASES* les matériaux qui ont traversé le tamis 200 et qui ne renferment pas plus de 10% de grains minéraux. Cette distinction fondamentale entre les *sables* et les *vases* étant établie, on classe les éléments constitutifs comme suit :

Pierres, poids supérieur à 3 grammes.			
Gravier, — inférieur	—		
Sable gros, franchit le tamis	10, arrêté par le tamis	30.	
— moyen,	—	30,	— 60.
— fin,	—	60,	— 100.
— très fin.	—	100,	— 200.
— fin-finset vase —	—	200.	

On dit d'un SABLE qu'il est *homogène* lorsque 80 % de son poids appartiennent à la même catégorie; qu'il est *mélangé* lorsque aucune catégorie triée n'est prépondérante. On désigne en outre le sable, d'après la dénomination de la catégorie de grain qui prédomine, sous le nom de *sable très fin*, *sable moyen*, *sable fin*, etc.

Les *sables calcaires* se subdivisent en :

<i>Sables faiblement calcaires</i> , renfermant 5 % de CaCO_3 .	
<i>Sables calcaires</i>	— 5 à 50 % —
<i>Sables très calcaires</i>	— plus de 75 — —

Le sédiment est dit *coquillier* lorsqu'il contient des coquilles visibles, entières, brisées ou moulues.

Les *vases* dont nous avons indiqué plus haut la composition fondamentale peuvent présenter toutes les transitions aux sables; on a ainsi :

Des <i>sables vaseux</i>	contenant 95 à 75 % de grains minéraux.
Des <i>vases sableuses</i>	— 75 à 40 % —
Des <i>vases proprement dites</i>	— 40 % ou moins —

A ces vases se rattachent celles des dépôts *pélagiques* :

Vases à globigérines, à radiolaires, à diatomées, l'argile rouge et grise des grands fonds, ainsi que les sédiments terrigènes de zone littorale profonde, désignés par Murray et Renard sous le nom de boues bleues, vertes, volcaniques, coralliennes, etc.

Les détails dans lesquels nous venons d'entrer permettront de se rendre compte du tableau suivant ¹. Nous n'avons pas donné dans ces colonnes le poids de chacune des parties du sédiment isolées par le tamisage ni le poids de la prise d'essai : on s'est borné à donner les poids réduits en centièmes pour permettre facilement la comparaison et la classification des fonds.

¹ On ne trouvera dans ce tableau que les sondages dont la détermination par l'analyse mécanique a été possible; les sondages qui ne sont pas représentés dans ces colonnes n'ont ramené qu'une quantité trop peu considérable de matière pour les soumettre à ce procédé. Ils seront décrits dans le travail définitif.

NUMÉROS des sondages.	FIN-FINS et VASE.	TRÈS-FIN.	FIN.	MOYEN.	GROS.	GRAVIER.	CaCO ₃ .	NATURE DU SÉDIMENT.
6	83.37	4.50	9.37	4.40	1.36	»	19.34	Vase calcaire peu sableuse.
8	95.86	0.59	traces.	0.59	2.96	4.52	»	Vase.
9	96.63	1.41	0.58	0.45	0.93	»	»	—
11	45.59	19.99	9.84	13.05	11.53	1.67	traces.	Vase sableuse.
12	90.43	6.92	4.77	0.53	0.35	»	4.24	Vase faiblement calcaire.
14	93.69	3.26	1.22	0.61	1.22	»	10.20	Vase calcaire.
15	90.28	4.63	2.31	1.62	1.16	»	9.84	—
16	81.75	7.20	6.17	2.44	2.44	»	»	Vase peu sableuse.
17	76.60	10.68	4.71	3.90	4.11	1.81	11.98	Vase calcaire peu sableuse.
18	75.43	11.02	5.08	5.08	3.39	»	13.01	—
19	78.18	9.39	4.42	4.44	3.87	4.11	7.21	—
20	86.86	7.29	3.65	1.10	1.10	0.72	15.15	—
21	84.60	6.65	3.80	2.38	2.57	2.32	16.26	—
22	77.49	5.20	2.60	14.28	0.43	6.85	5.63	—
23	66.56	12.31	3.82	6.82	8.49	6.24	1.59	Vase sableuse légèrement calcaire.
24	83.78	5.86	4.73	3.38	2.25	1.33	7.45	Vase calcaire peu sableuse.
25	63.03	12.73	5.45	7.88	10.91	6.25	2.46	Vase sableuse légèrement calcaire.
26	70.60	11.49	11.49	3.43	2.99	11.72	26.48	Vase calcaire sableuse.

30	62.13	10.03	5.99	6.80	15.05	»	»	Vase sableuse.
32	71.03	11.21	4.67	5.61	7.48	5.23	»	—
33	78.78	14.32	4.04	2.08	0.78	2.29	»	Vase peu sableuse.
34	64.74	11.32	7.08	8.11	8.75	9.23	1.13	Vase sableuse légèrement calcaire.
35	75.62	12.32	5.64	4.06	2.36	»	4.81	Vase peu sableuse et peu calcaire.
36	80.87	10.46	4.48	3.59	0.60	»	»	Vase peu sableuse.
37	68.08	12.77	6.39	7.09	5.67	2.33	traces.	Vase sableuse.
38	76.63	10.05	5.03	4.52	3.77	1.48	1.63	Vase peu sableuse et peu calcaire.
39	87.99	5.41	2.99	2.04	1.81	»	4.49	—
40	70.45	9.55	3.64	5.00	11.36	2.65	traces.	Vase peu sableuse.
41	91.63	4.85	2.03	1.23	0.26	7.87	—	Vase.
42	75.74	12.50	5.88	4.41	1.47	»	—	Vase peu sableuse.
43	53.72	13.22	6.61	9.09	17.36	23.90	5.63	Vase calcaire sableuse.
47	78.86	13.07	4.32	3.30	0.45	»	traces.	Vase peu sableuse.
48	66.46	11.08	7.59	5.85	9.02	33.61	14.22	Vase sableuse calcaire.
50	87.54	6.13	2.67	2.08	1.58	»	9.32	Vase calcaire peu sableuse.
51	77.35	7.35	2.86	3.77	8.67	5.77	3.08	Vase peu sableuse et peu calcaire.
52	84.87	5.61	3.06	3.55	3.91	6.66	14.91	Vase calcaire peu sableuse.
54	95.89	1.59	1.00	0.86	0.66	0.13	1.50	Vase peu calcaire.
55	82.65	7.35	3.13	3.37	3.50	0.03	0.95	Vase peu sableuse et peu calcaire.
56	62.76	14.85	6.23	6.51	9.65	2.83	7.56	Vase sableuse calcaire.
57	78.42	11.80	3.88	4.44	1.45	»	5.10	Vase calcaire peu sableuse.
58	62.39	16.24	6.84	7.69	6.84	21.48	0.12	Vase sableuse peu calcaire.
59	99.35	0.41	0.08	0.08	0.08	»	»	Vase.
60	82.92	10.56	4.52	1.50	0.50	»	»	Argile rouge.

L'examen du tableau qui précède et les dénominations que nous avons données prouvent que la grande majorité des sédiments appartiennent au groupe des dépôts terrigènes ; et l'étude des cailloux, des graviers et des grains sableux indique à l'évidence que le transport en haute mer des éléments provenant des terres a été l'œuvre des phénomènes glaciaires. Quelques sondages cependant ont décelé des fonds marins où le caractère pélagique avait laissé sa trace ; nous en parlerons tout à l'heure ; mais ce caractère pélagique est presque toujours masqué par l'apport de matières que doivent déverser dans l'Océan les « icebergs ». Il est impossible en effet d'expliquer autrement que par transport glaciaire la présence de ces cailloux erratiques portant quelquefois encore des traces de stries, de ces graviers, de ces particules minérales qui sont mélangés à la vase de presque tous nos sondages, et qui masquent par leur présence la nature propre des sols sous-marins ¹.

C'est en particulier le cas pour certaines vases calcaires qui, si elles n'étaient pas mélangées à des matières apportées, devraient certainement être classées avec les *vases à globigérines* ; on désigne, en effet, sous cette dénomination, les sédiments pélagiques qui contiennent 30 % au moins de coquilles calcaires de foraminifères ; or cette limite est presque atteinte dans plusieurs des vases que nous avons analysées et dont l'une d'elles, celle du sondage n° 26, profondeur 1,150 mètres, a une teneur de 26.48 % de CaCO₃. Si l'on faisait abstraction des matières apportées, ce sédiment se rapprocherait évidem-

¹ Rappelons à ce sujet que des faits analogues ont été signalés dans la région antarctique par le *Challenger*. Ainsi dans les vases à diatomées provenant de cet Océan, on a constaté la présence de fragments de roches et de particules volcaniques ainsi que de nombreux éléments provenant de formations anciennes et sédimentaires. Dans les régions australes, où flottent des « icebergs », à partir de la Barrière de glaces jusqu'au 40° latitude sud, le fond de la mer est parsemé de blocs volumineux de granites, granitites, grès chloriteux, grès micacés, amphibolite, gneiss, schistes cristallins, phyllades et autres roches cristallines anciennes et récentes.

ment, ainsi que beaucoup d'autres où les foraminifères abondent, des vases à globigérines.

La présence de ce type pélagique, qu'on ne s'attendrait pas à voir représenté dans ces régions polaires, est un fait à signaler, et dont pourraient découler des conséquences importantes au point de vue du mode de formation des sédiments pélagiques calcaires. Nous les développerons dans notre travail définitif.

Ces recherches amènent à modifier la carte des sédiments marins qui accompagne le mémoire sur les sédiments de mer profonde recueillis par l'Expédition du *Challenger*. Sur cette carte, on voit une large zone de vase à diatomées traverser une région explorée par la *Belgica* et où nos observations n'indiquent aucun dépôt de cette nature. Les observations du *Challenger* pendant la partie du voyage du Cap à Melbourne, dans la région des mers antarctiques au sud de Kerguelen, vinrent confirmer celles de Sir James Ross sur la présence au fond de ces mers de vase à diatomées, s'étendant sur une grande surface du lit de cet Océan, et formant une zone continue.

Cette zone est figurée sur la carte des *deep-sea deposits* comme comprise, pour la plus grande partie, entre le cercle polaire antarctique et le 40° latitude sud, et occuperait une surface de 28,179,250 kilomètres carrés.

Les sédiments rapportés par la *Belgica* ne nous ont montré aucun type se rapprochant de la vase à diatomées si nettement caractérisée par la couleur crème ou jaune-paille, blanche et farineuse après dessiccation.

Non seulement les caractères macroscopiques manquent aux dépôts de la région dont il s'agit, mais leur composition, telle que nous la montre le microscope, ne répond pas non plus à celle de la vase à diatomées; car, ainsi que l'a déjà fait observer M. Racovitza, les diatomées sont absentes dans les fonds, peut-on dire, quoique cependant elles soient assez fréquentes dans le Plankton. On devrait donc admettre que la zone antarctique de vase à diatomées est interrompue dans la région sondée par la *Belgica*.

tomber, au cours de leur voyage, une pluie lente de roches erratiques, de gravier, de sable et d'argile.

Nous pourrions résumer ce travail en disant que les sondages de la *Belgica* fournissent deux arguments nouveaux en faveur de l'hypothèse d'un continent austral. Ce sont :

- 1° Les relations bathymétriques ;
- 2° La nature des sédiments recueillis au sud du 70° parallèle, et entre le 75° et le 110° de longitude ouest.

Ces sondages tendent à faire admettre que le socle sur lequel reposent les terres découvertes au sud de l'Amérique méridionale est plus grand que l'étendue des côtes relevées jusqu'à présent ne l'indique, car le plateau continental s'étend à l'ouest des Terres d'Alexandre I^{er} jusqu'au delà du 105° de longitude, et s'élève doucement vers le sud.

D'ailleurs, cette plate-forme sous-marine est recouverte de sédiments terrigènes et de blocs erratiques que charrient les montagnes de glace qui se détachent des glaciers. Quels sont ces glaciers et où sont-ils situés? On ne saurait le dire.

Mais on pourrait affirmer que la plupart des « icebergs » viennent du sud, puisqu'il est peu probable qu'ils pénètrent de l'Océan dans la banquise, dont la présence sur le plateau continental semble être permanente. Au sud comme à l'est, le plateau continental doit donc nous mener à des terres.



