

H. Bachelier

N° 65.

BIBLIOTHÈQUE SCIENTIFIQUE DES ÉCOLES & DES FAMILLES



DIRECTEUR
Int. GUSTAVE PHILIPPON
Docteur ès sciences

Vlaams Instituut voor de Zee 401
Flanders Marine Institute

11553

Le Fond de la Mer

PAR

JULES GIRARD

SECRÉTAIRE ADJOINT DE LA SOCIÉTÉ DE GÉOGRAPHIE



HENRI GAUTIER, éditeur, 55 Quai des C^{es} Augustins, PARIS.

HENRI GAUTIER, éditeur, 55, quai des Grands-Augustins — PARIS

LIVRES DE RÉCRÉATION ET D'INSTRUCTION

A DIX ET QUINZE CENTIMES

NOUVELLE BIBLIOTHÈQUE POPULAIRE

A DIX CENTIMES

(Couronnée par l'Académie française)

Le volume : Dix centimes.

(Franco par la poste : 1 volume 15 centimes, 2 volumes 25 centimes)

EXTRAIT DU CATALOGUE DES CINQ CENTS VOLUMES EN VENTE

Regnard : Voyage en Laponie (1 vol.). — *Le Père Didon* : Jésus-Christ (1 vol.). — *Sainte-Beuve* : La Grande Mademoiselle (1 vol.). — *Guy de Maupassant* : Trois Contes (1 vol.). — *Jules Lemaitre* : L'Imagier (1 vol.). — *La Fontaine* : Voyage à Limoges (1 vol.). — *Cyrano de Bergerac* : Histoires comiques de la Lune et du Soleil (1 vol.). — *Shakespeare* : Hamlet (1 vol.). — *Jules Michelet* : En Italie (1 vol.).

BIBLIOTHÈQUE

DE

SOUVENIRS ET RÉCITS MILITAIRES

(Honorée d'une souscription du Ministère de la Guerre)

Le volume : Quinze centimes.

(Franco par la poste : 1 volume 20 centimes, 2 volumes 35 centimes.)

Tous les volumes sont illustrés.

EXTRAIT DU CATALOGUE DES CENT QUATRE VOLUMES EN VENTE

D'Ulm à Austerlitz, par le Général baron Thiébault (1 vol.). — *Sébastopol*, par S. M. I. Alexandre III (1 vol.). — *Iéna, Eylau, Friedland*, par le Général baron Lejeune (1 vol.). — *La Grande Armée en Russie*, par le Général Rapp (2 vol.). — *La Bataille de Paris en 1814*, par Henry Houssaye (1 vol.). — *Sedan*, par le Commandant Rousset (1 vol.). — *Les Marins et les Corps francs en 1870-71*, par le Commandant Rousset (1 vol.). — *La Mort héroïque du Commandant Rivière*, par le lieutenant Duboc (1 vol.). — *L'Amiral Courbet en Extrême-Orient*, par le lieutenant Maurice Loir (1 vol.). — *Aux Grandes Manœuvres, notes d'un Réserviste*, par Paul Ginisty (1 vol.).

Voir aux pages suivantes de cette couverture
la suite de nos collections à 10 et 15 centimes.

Le Catalogue complet de ces collections est envoyé gratis et franco à toute personne qui nous en fait la demande par lettre affranchie.



Fond d'un lagon dans la mer de Corail.

LE FOND DE LA MER

PAR JULES GIRARD

I

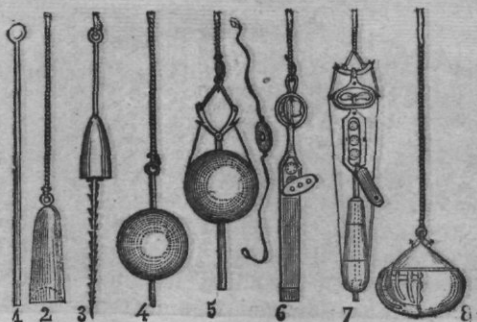
DÉBUTS DES INVESTIGATIONS SOUS-MARINES



Les documents légués par les anciens géographes sur le sol sous-marin et les profondeurs des mers sont empreints de fictions mythologiques et d'idées les plus fantaisistes; ce mystérieux inconnu ne pouvait être dévoilé que par des méthodes expérimentales. On avait même persévéré dans

cette ignorance jusqu'à ce qu'une utilité pratique vint se rattacher à la question scientifique.

Tout était resté dans le domaine des hypothèses, jusqu'à ce que la télégraphie sous-marine exigeât la reconnaissance du fond de l'Atlantique sur le parcours de Terre-Neuve à la côte d'Irlande. Le *Dolphin*, de la marine des États-Unis, pratiqua en 1853 des sondages de cent milles en cent milles ; La marine anglaise reprenait ce travail en 1855 avec le *Bulldog*, au moyen de la sonde de Brooke à déclin et à



Divers appareils de sondage.

- 1, sonde à main. — 2, plomb de sonde. — 3, sonde à lance barbelée. — 4, tige avec sphère fixe. — 5, sonde de Brook avec déclin. — 6, sonde Lecointre adopté dans la marine de l'État. — 7, sonde à déclin avec compteur et poids perdu. — 8, électro-bathomètre.

poids perdu. En 1858, le premier câble transatlantique était posé.

Dans ces premiers essais de sondages, on avait découvert que le fond de l'Atlantique, à une profondeur de 2.000 à 3.000 mètres, était composé de vase remplie de Foraminifères, analogues à ceux qui existent à l'état fossile dans les assises de craie. Le perfectionnement des appareils de sondage, dans la diminution de la ligne, dans le poids de la sonde et les machines de remontage, offrait des facilités pour de nouvelles recherches scientifiques dans le domaine de la zoologie et de la physique de la mer.

En 1870, sous l'inspiration de la Société Royale de Londres, le *Porcupine* fut armé pour une campagne d'explora-

tion sous-marine des grands fonds de l'Atlantique et ensuite dans la Méditerranée. Les résultats furent féconds en géologie, où l'on découvrit de nouveaux horizons; en zoologie, où l'on rencontra des espèces de mollusques inconnus jusqu'alors; en physique, où l'on voyait, d'après la température, les conditions d'équilibre des grandes masses d'eau.

L'océanographie était créée; cette science nouvelle, qui a pour base la connaissance des phénomènes des régions sous-marines, apprend l'organisation physique de la mer, comme les fouilles à la surface de la terre donnent un aperçu de la succession chronologique des feuilles composant l'écorce terrestre.

Elle devait recevoir une extension remarquable avec l'expédition du *Challenger*, qui dura cinq ans, pendant lesquels des sondages et des dragages furent exécutés dans toutes les mers du globe, au moyen d'appareils perfectionnés et sous la direction de savants spécialistes. Cette campagne donna lieu pendant les vingt années qui suivirent à la publication de documents considérables. Une somme supérieure à deux millions de francs fut consacrée à cette œuvre scientifique.

De 1882 à 1884 des explorations des fonds de l'Atlantique et de la Méditerranée furent exécutées en France, sous la direction de M. A. Milne-Edwards, à bord du *Travailleur* et du *Talisman*. Grâce au perfectionnement apporté par la substitution du fil d'acier à la ligne de chanvre, et à l'habileté des opérateurs, on obtint une abondante récolte de spécimens de mollusques inconnus dans des fonds dépassant parfois 6.000 mètres.

Depuis ces débuts, de nombreux travaux ont enrichi l'océanographie et la zoologie. Ils ont démontré que l'Océan renferme dans ses abîmes les documents les plus utiles à l'histoire du globe. La réunion, la comparaison des spécimens recueillis préparent la solution des principaux problèmes de la formation géologique des couches supérieures du globe, par les effets de la sédimentation; ils nous montrent que le présent de la terre est effectivement la conséquence de son passé.

II

LA TOPOGRAPHIE DU SOL SOUS-MARIN

Dans ces dernières années les sondages ont été multipliés sur un grand nombre de points, par les soins des marines des différents États. A mesure que les renseignements se complètent, on y puise les éléments nécessaires pour l'établissement du relief de la partie submergée de notre planète.

A une époque antérieure on considérait la mer comme un « abîme sans fond ». On y ajoutait des commentaires étranges sur la pression et l'impossibilité de la vie animale. Le géologue La Bèche, au commencement du siècle, et d'après une simple intuition, évaluait la profondeur des mers d'après le relief terrestre. Saigey admettait aussi la relation entre les saillies émergées et les dépressions submergées; effectivement les plus hauts sommets du globe dépassent à peine 6.000 mètres et les plus grandes profondeurs connues dans l'Océan Pacifique ne sont pas supérieures à 6.000 mètres. Sauf quelques exceptions, ces profondeurs extrêmes sont au milieu des bassins océaniques. L'orographie subaquatique présente de nombreux points de ressemblance avec celle des continents; avec cette différence toutefois, que les contours sont plus adoucis par le travail incessant de la sédimentation; au lieu d'être soumis aux influences météoriques qui provoquent la dénudation, le fond des mers reçoit les produits de l'érosion transportés par la voie des fleuves.

Le relief sous-marin continue celui de la terre avec des déclivités de même nature. Près d'une côte abrupte la pente est rapide; au contraire elle s'enfonce insensiblement sous les eaux dans le voisinage des plaines littorales. Aussi les navigateurs pressentent les profondeurs, quand ils approchent des côtes, d'après leur physionomie. Ce fait de la prolongation du relief terrestre sous la mer a été vérifié dans beaucoup d'endroits. Il a été reconnu sur la côte d'Espagne, que toutes les vallées descendant de la chaîne pyrénéenne

se prolongent dans l'Atlantique à grande distance du rivage.

Dans l'espace limité entre le sommet inaccessible des hautes montagnes et les abîmes de la mer, comprenant entre les écarts maxima une zone de 12 kilomètres de hauteur, se développe l'horizon de la création.

Les différences comprises entre ces extrêmes sont d'insensibles ondulations, une sorte de bossellement inappréciable de cette croûte terrestre; au-dessus se trouve l'espace incommensurable, et au-dessous, le noyau dont la composition reste dans le domaine de l'inconnu.

III

SUBSTANCES CONTENUES DANS L'EAU DE MER

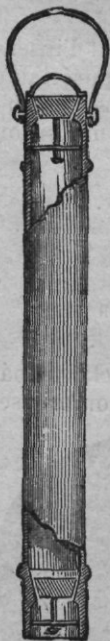
Si limpide que l'eau paraisse, quand elle est éclairée par un brillant soleil, elle contient en dissolution de nombreuses substances organiques et inorganiques. Forchammer évalue le nombre des matières inorganiques à 27, parmi lesquelles dominent le chlorure de sodium ou sel marin, l'acide sulfurique, la soude, la magnésie, les iodures, les bromures, la silice. A la surface flottent de nombreux organismes à carapace molle ou siliceuse, aux proportions microscopiques, mais très abondants. Tantôt voisins de la surface, tantôt précipités au fond à leur mort, ils produisent des phénomènes chimiques variés, parmi lesquels le plus intense est le dégagement d'acide carbonique.

Le sel est l'élément prédominant des eaux marines; mais la quantité tenue en dissolution est variable suivant les bassins maritimes. D'après l'amiral Makarov la salure comparée de l'Atlantique et celle du Pacifique est à peu près la



Cristaux de sel marin.

même aux latitudes correspondantes. La plus forte salure se trouve dans la région du courant équatorial, et la plus faible dans les hautes latitudes correspondant au contre-courant équatorial. Dans le Pacifique, envisagé dans son ensemble la salure est de $1/2$ ou 2 0/0 inférieure aux parties correspondantes de l'Atlantique.



Bouteille autoclave pour puiser de l'eau à différentes profondeurs.

D'après M. Dickson la distribution de la salure dans la mer du Nord varie considérablement suivant la force du vent. Par les temps calmes on ne trouve à la surface que 3 à 4 0/0 de densité saline, au lieu que par les vents du N. et d'O., elle atteint jusqu'à 5 0/0. La zone occupée par les eaux océaniques tendant à se porter vers la mer du Nord sous l'influence du vent provoquerait cette augmentation.

Dans la mer Baltique les termes des proportions restent variables; dans la partie méridionale elle est de $3/4$ 0/0, au lieu que dans le bassin septentrional elle est presque potable. Celui-ci reçoit l'eau des nombreuses rivières qui descendent des Alpes scandinaves et des côtes de Finlande; il est comparable à un lac sans communication avec la mer.

On a calculé que si la quantité de sel contenue dans les mers du globe était extraite, elle formerait un couche de dix mètres d'épaisseur couvrant toute la surface des continents.

La densité de l'eau à la surface n'est pas égale à celle des régions profondes. L'eau que l'on y puise au moyen d'une bouteille autoclave contient des substances différentes. Dans les deux bassins de l'Atlantique, entre les parallèles 40° N. et S., le poids spécifique est plus considérable près de la surface qu'au fond. Il décroît plus ou moins régulièrement, jusqu'à ce qu'il reste stationnaire à une profondeur moyenne de 800 mètres. Dans les régions intertropicales la densité de la surface est variable suivant la saison, à cause des masses d'eau déversées par les fleuves.

Les échantillons d'eau recueillis à des profondeurs gra-

duées représentent différents étages densimétriques superposés, indiquant d'une façon générale que la densité décroît progressivement et uniformément, et que, les couches liquides se comportant avec un parfait équilibre, se superposant dans beaucoup de cas, sans qu'on puisse faire intervenir une circulation verticale ou échange causé par les différences de température. D'après M. J. Thoulet la couche inférieure dans les fonds dépassant 2.000 et 3.000 mètres, serait dans un état d'immobilité complète; on pourrait la désigner sous le nom d'« eau fossile ».

La nature des eaux profondes des mers intérieures est différente de celle des océans. Les eaux de la Méditerranée, fortement salées, pénètrent dans la mer Noire par un échange attribuable à la différence de densité. Celles du fond semblent plus denses que celles de la surface. Mais les grands fonds interdits aux gaz atmosphériques contiennent de l'hydrogène sulfuré résultant de la décomposition des organismes de différente nature qui s'y trouvent précipités.

IV

LA TEMPÉRATURE

La mer a ses climats comme les régions terrestres. Ils se modifient aussi suivant la latitude, la profondeur et les circonstances particulières. Ces différences de température provoquent, en déplaçant l'équilibre des couches humides, des perturbations et des courants.

Les thermomètres dont on fait usage sont construits pour résister à la pression atmosphérique énorme des régions profondes. Ils sont à renversement, c'est-à-dire qu'au moment de l'observation, on renverse la boule de haut en bas. Le mercure de la colonne de gauche passe dans le tube de droite, où il reste indiquant sur l'échelle graduée la température au moment du renversement. Ce mouvement s'effectue au moyen d'un appendice conservant la position supérieure pendant la descente et se trouvant au-dessous, quand l'appareil est remonté.

Comme l'atmosphère, l'Océan possède, à partir de sa surface, une température décroissante, variable suivant l'élévation ou l'abaissement des couches superposées. La température superficielle est influencée par le contact de l'air plus ou moins chaud suivant la latitude.

Un fait général caractérise la répartition de ces variations en latitude : l'amplitude minimum se rencontre dans les régions équatoriales ; cette amplitude croît ensuite jusqu'aux latitudes comprises entre 30° et 40° ; puis elle diminue de nouveau vers la zone arctique. Ainsi dans chacun des trois grands océans on trouve vers l'équateur des parties où les variations annuelles ne dépassent pas 4° ; tandis que dans le nord du Pacifique, elles vont jusqu'à 12° ; vers le cap Horn, vers la îles Kerguelen, l'amplitude reste aux environs de 2°. Mais il n'est question que des valeurs mesurées au large ; dans le voisinage des continents, l'amplitude devient plus accentuée et les contrastes de température s'affirment davantage. Ces variations peuvent avoir dans certains cas des causes hydrographiques, par exemple le déplacement périodique de la limite entre un courant chaud et un courant froid.

Dans notre hémisphère, les eaux atteignent généralement en août quelquefois en septembre leur température maximum ; le minimum survient en février et parfois en mars. Dans l'hémisphère austral le contraire se produit. Mais il est à remarquer que les variations du type austral se prolongent au nord de l'équateur jusqu'au 5° de latitude.

Les sondages thermométriques effectués dans l'Océan Atlantique nord, près des Shetland, ont démontré qu'avec une température de 12° à 15° à la surface, la décroissance est progressive : à 300 mètres elle n'est plus que de 6° ; à 500, elle atteint 0° et dans les grands fonds de 4.000 à 3.000 mètres elle est de — 1°.

Ces immenses masses d'eaux océaniques sont influencées par des courants et contre-courants difficiles à déterminer. On trouve dans les grandes profondeurs de la zone torride, à 3.000 et 4.000 mètres, une température inférieure à 0° ; comme dans le voisinage des régions arctiques. Il résulterait donc d'une façon générale que la température diminuerait à mesure que la profondeur augmenterait dans les régions

intertropicales, comme dans les régions tempérées, et que le décroissement serait d'autant moins grand que la latitude serait plus élevée.

V

LES COURANTS GÉNÉRAUX

Les eaux sont sujettes à une constante mobilité; le vent, l'évaporation, les différences de température, l'attraction sidérale, sont autant d'agents qui les influencent de différentes manières.

Le vent produit des courants de surface, accumule les eaux dans le fond des golfes et transporte au loin les objets flottants. Agissant longtemps sur l'eau dans la même direction, il donne naissance aux vagues qui opèrent un mouvement de translation; il se forme un déplacement constant dans la couche superficielle, sans qu'il y ait de mouvement dans les couches sous-jacentes.

Zöppritz considère les courants permanents comme le résultat du frottement du vent; Franklin avait signalé les vents alizés comme la cause du mouvement des eaux vers l'ouest dans la zone intertropicale. M. Mohn a démontré que le mouvement général des eaux océaniques résulte de la formation d'une surface différente du niveau due en partie à l'action directe des vents dominants; il faut y joindre la rotation de la terre et les différences de densité de l'eau de mer, produites aussi bien par l'impulsion des vents que par les apports d'eau douce provenant des fleuves.

Considérons le bassin nord de l'Océan Atlantique; dans ce bassin les eaux qui sont situées près de l'équateur sont plus échauffées que celles qui s'étendent plus au nord. Sous l'influence de cette température élevée, elles se dilatent et leur niveau s'élève au-dessus de celui des eaux voisines. Il y a donc tendance des eaux équatoriales à se déverser au sud et au nord, ou plutôt du sud-ouest au nord-est, en raison de l'excès de vitesse vers l'est conservé par les corps qui sont transportés de l'équateur vers les pôles; mais les

vents alizés, qui soufflent précisément dans une direction contraire, s'opposent à la marche que prendraient les eaux sous l'influence unique des différences de température. Ces vents refoulant constamment les eaux équatoriales vers le sud-ouest, il en résulte un courant dirigé de l'est à l'ouest qui forme le courant équatorial.

Le transport des objets flottants dans l'Océan Atlantique a fourni une preuve du déplacement superficiel des eaux. On recueille sur les côtes de Norvège, de Sibérie, de l'île Jan Mayen des bois flottés appartenant à des essences tropicales et particulièrement au golfe du Mexique. Ce mouvement de translation dû aux vents dominants du sud-ouest indiquerait que le Gulf-Stream, auquel on a attribué une épaisseur considérable, ne serait qu'une conséquence d'un régime météorologique de l'hémisphère boréal. Les expériences faites par le prince de Monaco au moyen de 1.673 flotteurs, dont 250 ont été recueillis à divers endroits, indiqueraient que l'impulsion des vents dominants les a largement influencés.

Après la force des vents régnants, il faut faire intervenir le remplacement des masses d'eau poussées en dérive dans la partie située au vent de l'espace où se produit cette dérive, puis ensuite la dérivation occasionnée par la configuration des côtes, où les courants libres se transforment en courants compensateurs.

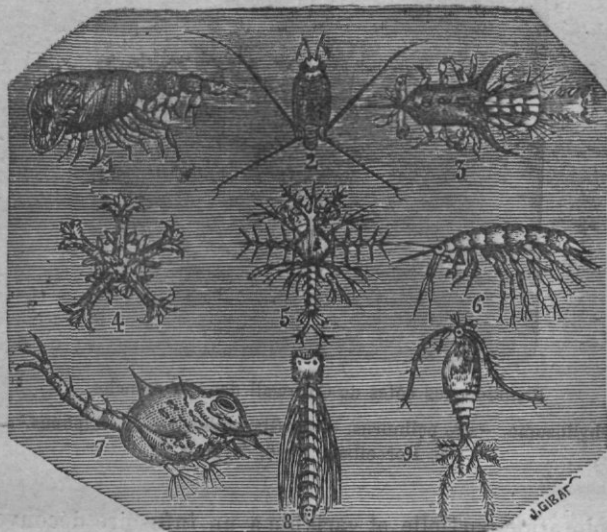
Les courants directs sont souvent accompagnés de contre-courants sous-jacents. Ils existent dans les passes resserrées, comme le détroit de Gibraltar, le détroit des Dardanelles, le Cattégat et autres; on a pu opérer le remorquage d'un canot contre le courant au moyen d'une bouée lestée et équilibrée plongeant dans le contre-courant inférieur.

Les lois qui régissent les courants généraux et même les courants locaux sont tellement nombreuses qu'il est difficile de les analyser toutes; aussi le sujet devient très compliqué et la théorie souvent en désaccord avec les faits acquis.

VI

LE PLANKTON

On comprend sous le nom de plankton l'ensemble des organismes animaux et végétaux qui nagent passivement à la



PLANKTON. — Organismes flottants dans la mer de Chine, d'après M. F. I. Palmer.

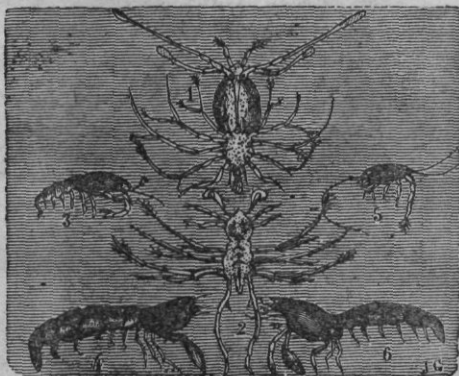
1, crustacé amphipodien. — 2, mouche océanique. — 3, Alauria. — 4, Astéridée. — 5, Crustacé Copepode. — 6, Calanus. — 7, Zoë. — 8, Annelide. — 9, Copepode.

surface des eaux, mais à l'exception des poissons de grande taille.

L'étude du plankton se rattache à l'aquiculture; cette matière vivante flottante à la surface des mers représente la nourriture du poisson; si l'on connaissait ses migrations et son abondance, on aurait des renseignements plus précis

sur les lieux de pêche. Certaines espèces de poissons disparaissent sans d'autre motif que la privation de nourriture. On pourrait attribuer à cette conséquence l'absence de la sardine pendant ces dernières années sur les côtes de Bretagne.

Cette exubérance de la vie des organismes infiniment petits se rencontre dans toutes les mers. La mer Rouge doit



Plankton des côtes de Cornwall dans la manche.

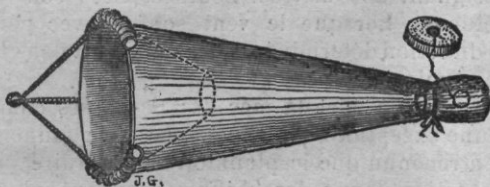
1, Phyllosoma. — 2, palinurus. — 3, Glancthoë. — 4, Alpheus. —
5, Porcellana. — 6, Typton.

sa coloration partielle et variable à un infusoire découvert par Erhenberg. Dans les mers arctiques, les pêcheurs de baleine ont souvent signalé des bancs de petits crustacés rouges, semblables à du frai de crevette, qui servent de nourriture aux baleines. Aux environs du cap de Bonne-Espérance, où l'on rencontre souvent le phénomène de la phosphorescence dans toute sa splendeur féerique, on constate que l'eau puisée dans cette circonstance renferme des organismes globulaires exhalant l'odeur du poisson. Dans l'Océan Pacifique on voit la mer de neige, ainsi nommée à cause de l'aspect de la mer rappelant celui de la campagne couverte de frimas.

La récolte du plankton se fait simplement en laissant flotter à la surface un filet de soie très fine, comme la soie à blu-

ter; la section de l'appareil étant déterminée et la longueur du trajet qu'il effectue étant notée, on en conclut le volume de la colonne d'eau ainsi traversée par le filet.

Les micro-organismes existent aussi dans les couches distantes de la surface; mais le mode de récolte présente des difficultés plus étendues. Ils suivent cependant la loi générale de la décroissance de la vie animale, à mesure qu'elle s'éloigne du voisinage de l'atmosphère. Tantôt la masse du plankton ne contient que quelques espèces prédominantes, tantôt les espèces sont variées. Elles paraissent et disparaissent



Drague de surface pour récolter le plankton.

sent suivant des conditions peu connues et où cependant la température doit jouer un certain rôle.

Les variations de la composition du plankton sont tellement grandes qu'il serait prématuré de fixer son élément; on peut seulement mentionner les espèces prédominantes : les annélides, les étranges péridiniens, les salpes, les méduses, les diatomées, les petits crustacés, etc. En certains points, on a calculé qu'il existait environ trois millions d'organismes microscopiques par mètre cube; par suite d'une telle abondance, le poids total de plankton afférent à la Manche atteindrait un million de tonnes.

A la suite des pêches exécutées par S. A. S. le prince de Monaco, il a été permis de conclure que les naufragés pourvus d'engins absolument portatifs et d'une élémentaire simplicité, pourraient, en l'absence de vivres, trouver dans les flots ambiants une nourriture, sinon hygiénique, du moins suffisante pour prolonger leur existence jusqu'à l'arrivée d'un secours éventuel.

Les algues grandes et petites, les seuls représentants des végétaux de la mer, peuvent prendre place dans la dénomi-

nation générale de plankton. Depuis les grandes laminaires qui ont une dizaine de mètres de long, jusqu'aux Diatomées dont la taille se réduit à quelques centièmes de millimètres, elles flottent vaguement, ou, pour les espèces littorales, se fixent aux rochers à l'aide de crampons.

Au milieu de l'Atlantique, sur la ligne qui réunit l'Europe aux Antilles, s'étend la mer des Sargasses, parsemée de bancs d'herbes flottantes diversement colorées par la lumière, tantôt en rouge ou en jaune rouille, mais prises en masses, toujours vertes. On attribue à quelques-unes d'elles une longueur atteignant 200 mètres. Leurs espèces sont connues pour la plupart. Lorsque le vent souffle avec périodicité dans une direction déterminée, elles s'alignent dans la direction avec régularité.

On considérerait à tort la mer des Sargasses comme une région d'une exceptionnelle abondance de la faune et de la flore. On a reconnu que le plankton au contraire y est pauvre, l'évaluation donne des chiffres beaucoup plus faibles que dans l'Océan Glacial.

VII

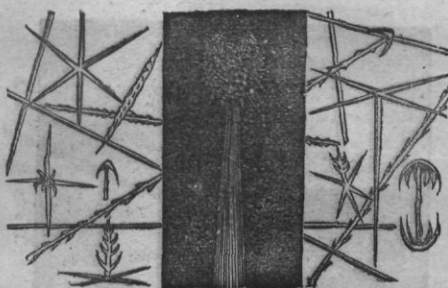
LA VIE DANS LES EAUX PROFONDES

Les mers qui couvrent près des trois quarts de la surface du globe, renferment un monde caché, dont les poissons servant à l'alimentation sont les représentants les plus universellement connus. Jusqu'au moment où les explorations sous-marines ont fourni des indications plus précises sur la vie dans les eaux profondes, on ignorait les conditions physiques et biologiques de ces abîmes mystérieux. Les notions élémentaires relatives à la pression atmosphérique indiquaient l'impossibilité de toute manifestation vitale. Cette prévision était partagée par les savants les plus autorisés.

Dès les premières investigations, à la grande surprise des biologistes, la drague a ramené des êtres vivants de toute taille de ces abîmes où la pression atmosphérique atteint jusqu'à 60 atmosphères; on y trouvait des espèces ignorées

et des coquillages que l'on croyait disparus depuis l'époque tertiaire. Un jour nouveau était ainsi jeté sur ce monde inconnu et les théories paléontologiques se trouvaient en défaut.

On a trouvé aussi à la surface de nombreux êtres organisés appartenant au monde microscopique des eaux : infusoires gélatineux, organismes à la carapace siliceuse, infimes représentants de la vie animale disposés en certains



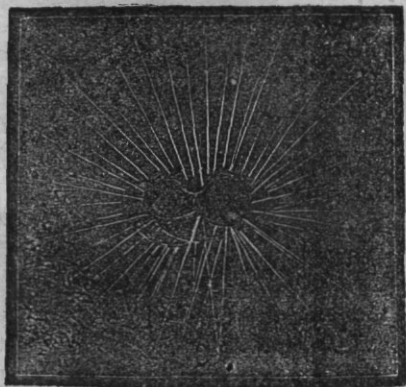
Éponge: Holténia et ses Spicules.

endroits avec une prodigieuse abondance. Ils s'étendent, suivant leurs fonctions biologiques, dans les différentes couches liquides, choisissant chacune une température, une pression, les phénomènes ambiants nécessaires à leur existence. L'organisation de ces êtres est différente suivant les différentes altitudes sous-marines auxquelles ils sont destinés.

Le professeur Forbes divise en quatre groupes les couches homoïozoïques de la faune marine : 1^o les limites du mar-nage de la marée, où se trouvent les poissons de toute taille ; 2^o la zone descendant jusqu'à 30 mètres au-dessous des basses mers ; c'est la plus abondante en mollusques et en crustacés ; elle contient une grande quantité d'algues et de lamineuses ; 3^o la zone comprise entre 30 et 60 mètres ; les plantes y sont rares : il s'y trouve encore des vertébrés et des invertébrés ; 4^o la zone de 60 mètres à 200 mètres, où la vie animale n'est plus représentée que par les mollusques et les crustacés. Au delà, les représentants de la vie animale et végétale appartiennent au monde microscopique ; ce sont les foraminifères, les diatomées, les bryozoaires, etc.

Cette échelle biologique n'a cependant rien d'absolu depuis que les dragages ont retiré du fond des océans des animaux les plus étranges. Dans l'expédition du *Challenger* on a trouvé dans les profondeurs de 500 mètres de l'Océan Atlantique des Scolopacia, des Stoniatids, des Maurolicus, des Ophidius aveugles, etc. Quelques-uns de ces échantillons avaient jusqu'à 50 centimètres de longueur.

Dans ces grandes profondeurs, où la lumière ne pénètre

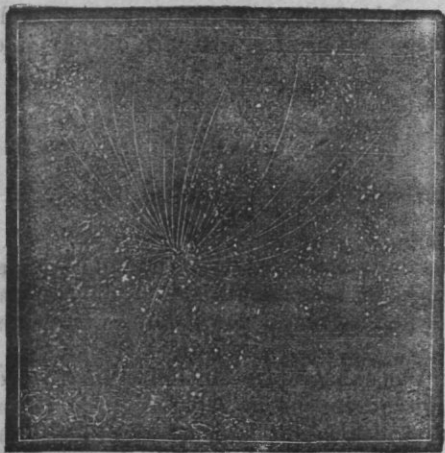


Rosalina globulaire Foraminifère cilié (restauré) 50/1

pas, on a rencontré des crustacés aveugles de la famille des Astacidæ, des Gnathophausia, dont les yeux pédonculés sont normaux, mais avec un œil supplémentaire sur chacune des maxilles de la seconde paire. Ces modifications anatomiques semblent s'être produites sous l'influence du genre de vie de ces crustacés qui habitent un fond de vase fine dans lequel ils paraissent s'enfouir. Ce fait qui a été aussi constaté chez le *Cambarus Pellucidus* de Mammouth Cave, aux États-Unis, ne peut s'expliquer que par le défaut d'usage d'organes qui finissent par être atrophiés.

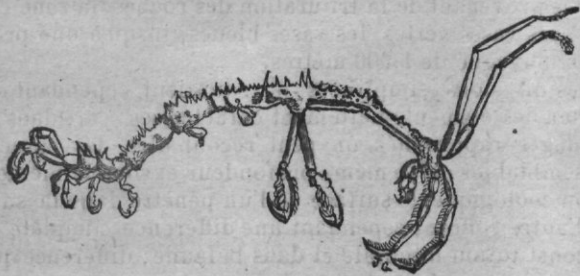
On a trouvé des Crustacés transparents, d'autres dont les yeux sont munis de pinces comme le *Carpella*; ils sont sur les mêmes fonds que les Spongiaires délicats, munis de spicules siliceuses affectant les formes les plus variées.

Le limpide cristal du Grand Océan équinoxial laisse voir dans ses fonds les buissons fantastiques des Madrépores du



Zoophyte : *Aquorea Vitrina*. 10/1

corail. Dans ces faibles profondeurs les Polypes fixés aux roches sont en telle abondance qu'ils paraissent constituer



Carpella spinosissima

l'assise de massifs d'îles. Ces Polypes sont de petits animaux au corps gélatineux ayant la forme d'un cylindre creux muni d'un seul orifice bordé de lamelles frangées, ou appendices, nommées tentacules, contractiles et pouvant se replier sur elles-mêmes. La température de 19° est nécessaire à leur

vie; si un courant froid intervient sur les fonds où se développe le corail, il dépérit rapidement. L'agrégation de toutes les espèces constitue un monde dont les dépouilles, s'ajoutant aux dépouilles, servent de base à la plupart des récifs de la Mer de Corail, si redoutée des navigateurs.

VIII

LES DÉPÔTS TERRIGÈNES OU LITTOBAUX.

Les fonds de la mer, à quelque zone qu'ils appartiennent, sont parsemés de tests coquilliers, de débris d'organismes, décomposés par les réactions chimiques dues aux eaux ambiantes.

L'éminent océanographe M. John Murray adopte une classification basée sur la répartition de la profondeur. M. J. Thoulet, négligeant la pénétration de certaines zones les unes dans les autres, n'admet que trois divisions : les dépôts littoraux, pélagiques et d'abîmes.

Les dépôts littoraux ou terrigènes comprennent tous les produits de l'érosion des côtes : les apports des fleuves; les sables provenant de la trituration des roches, la zone coralline, les vases vertes, les vases bleues, jusqu'à une profondeur moyenne de 1.500 mètres.

Ces divisions simplifiées ne sauraient cependant comporter des éléments nettement caractérisés; car, dans deux sondages rapprochés, on peut reconnaître des caractères dissemblables; à la même profondeur et sous le même horizon zoologique, la surface de l'un pénètre dans la surface de l'autre, offrant cependant une différence complète dans la constitution minérale et dans la faune; différence qui est due d'un côté à la direction du courant qui a apporté les matériaux et de l'autre à la température de l'eau et de ce courant.

Cette particularité est surtout sensible dans les dépôts littoraux, où les produits de l'érosion superficielle sont conduits à la mer par la voie des fleuves : les matériaux restent longtemps en suspension dans les eaux jusqu'à ce que les

parties lourdes finissent par se répartir le long des rivages, pendant que les plus légères sont entraînées, suivant le degré de leur densité, dans les profondeurs plus éloignées.

Les dépôts terrigènes empruntent leurs caractères aux continents traversés par les fleuves ; on a constaté leur présence à l'embouchure des puissants fleuves d'Amérique jusqu'à deux cents kilomètres de la côte. Ces dépôts se divisent, suivant M. John Murray, en trois catégories : 1° les boues bleues et grises atteignant jusqu'aux profondeurs de 1.300 mètres, elles sont affectées d'une coloration verte due à la présence de l'argile amorphe. Au delà de cette zone, elles sont plus souvent colorées en gris ardoise ; elles contiennent alors des particules de mica, de quartz et autres minéraux, et ceux-ci sont d'autant plus nombreux que le dépôt est plus voisin de terre ; 2° les vases grises et les sables qui sont mélangés aux organismes océaniques ; 3° les boues rouges ; elles proviennent directement des grands fleuves ; ainsi le long des côtes du Brésil, ces boues paraissent avoir été charriées par les eaux continentales. On trouve aussi des boues de même couleur près des côtes et dans les eaux peu profondes, contenant alors plus de parcelles minérales.

Les apports fluviaux déversent les vases continentales près du rivage, où le tourbillonnement des courants de marée les entraînent dans les grandes profondeurs. M. John Murray a calculé qu'un mille marin cube d'eau de mer, pesant environ 4.205.650.000 tonnes renferme en moyenne 762.587 tonnes de matières dissoutes. Dans l'espace d'une année, le même courant fluvial amène à la mer 4.974.967.588 tonnes de matières déversées dans l'Océan qui, disséminées plus ou moins loin des côtes, y restent indéfiniment.

Il résulterait du même calcul que les dépôts classés comme littoraux dans la répartition générale, s'étendant depuis le lais de basse mer jusqu'à une profondeur de 200 mètres, occuperaient sur le sol sous-marin une surface de 25.900.000 kilomètres carrés ; tandis que ceux qui restent à l'état flottant, entre la laisse de haute mer et celle de la basse mer, n'auraient que 161.900 kilomètres carrés.

Certains bassins ne reçoivent que des alluvions déterminées, comme celui de l'Adriatique, dont le fond est couvert

d'un côté d'une couche de limon jaune, amené par les rivières d'Albanie, et de l'autre de sable gris provenant des plaines de la Lombardie et des pentes des Alpes; ces derniers s'étendent au large jusqu'à 12 kilomètres des côtes; au milieu du bassin les sables sont mélangés au limon gris; quelquefois ils sont recouverts d'une mince couche jaunâtre.

Les sables appartiennent à la zone littorale immédiate. Toutes ces particules ténues, douées, à cause de leur faible volume, d'une extrême mobilité, sont distribuées au caprice du mouvement des eaux. Le grain de sable porte en sa nature même l'indication de sa provenance; l'examen microscopique révèle ses caractères; il permet de reconnaître à quelle roche il appartient, et par conséquent de déduire le trajet parcouru par ce témoin infiniment petit de l'érosion.

Le vent et les courants, remuant les sables accumulés au bas de la grève avec un mouvement d'ondulation répétée, les accumulent au point où la rencontre de deux courants provoque le moment d'inertie; ailleurs quand un courant charriant des matériaux se trouve en stagnation, il y abandonne les matériaux qu'il entraîne.

IX

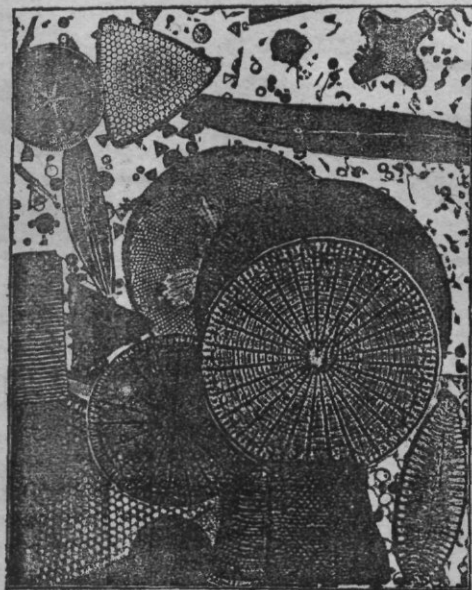
LES DÉPÔTS PÉLAGIQUES

Cette zone de transition comprend les vases à Globigérinées, à Diatomées, à Pteropodes et même à Radiolaires; elle s'étend jusqu'à 4.000 mètres.

On a recueilli au fond de tous les océans ces organismes microscopiques qui forment des groupes de zone. Les Globigérinées se trouvent après les argiles et aussi dans les zones intermédiaires; elles s'étendent en taches considérables dans les grands fonds, où elles affectent une variété de couleur et de composition; la vase où elles restent immergées est de couleur blanche, rose, rouge ou foncée; la couleur blanche provient du carbonate de chaux; la couleur rouge ou brune de l'oxyde de fer; elle est mélangée à d'autres sédiments appartenant à des catégories distinctes, telles que le quartz,

les particules minérales, les fragments d'organismes divers et les nodules de manganèse.

Les Globigérinées sont souvent revêtues d'une substance rougeâtre; tantôt cette vase est homogène et compacte; tantôt, après avoir entraîné la surface avec la drague, on trouve



Héliogravure DURAND.

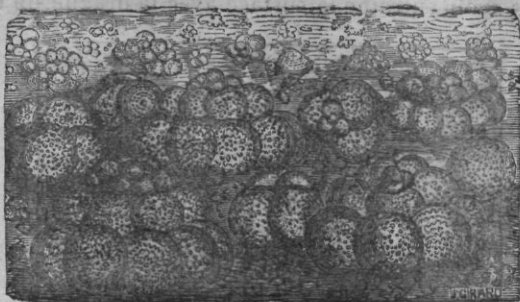
Diatomées diverses.

à 20 ou 30 centimètres une couche d'argile brune ou rouge. Il est à remarquer que cette nature de dépôt se rencontre à une plus grande profondeur dans les régions tropicales que dans les régions tempérées.

La vase à Radiolaires est caractérisée par la présence de ces organismes à tunique siliceuse, qui, vivant à différents étages des eaux, se trouvent précipités vers le fond, au moment où, leurs facultés vitales les abandonnant, ils ne peuvent plus flotter en équilibre. Certains fonds en sont entièrement recouverts; ils ne se rencontrent pas avant 2.000 mètres

et sont toujours accompagnés de matières amorphes, telles que boues, organismes décomposés, pierres ponce et autres.

La vase à Diatomées alterne avec la précédente et se confond quelquefois avec elle. Les frustules si délicates des Dia-



Globigérinées, Océan Atlantique 100/l. 3000 mètres.

tomées sont mélangés aux débris de Radiolaires et même de Globigérinées, avec des fragments de mica, de quartz et vases.

On a rencontré exceptionnellement dans ces profondeurs



Millialides, grossissement 30/l. 500 mètres de profondeur.

des cailloux roulés. Sans faire intervenir des phénomènes glaciaires pour expliquer la présence de quelques rares échantillons, on l'attribue aux courants et remous tourbillonnaires qui les auraient fait cheminer de proche en proche. M. A. Milne-Edwards cite ceux qui ont été trouvés au large du cap Prior, sur la côte d'Espagne, à 32 kilomètres de terre et à 1.000 mètres de profondeur.

La surface des dépôts dits pélagiques serait ainsi répartie, d'après M. Murray: 38.322.000 kilomètres carrés dans l'océan Pacifique; 58.275.000 kilomètres carrés dans l'Océan Atlantique.

Il s'accomplit au sein des ondes, jusqu'ici sous une pression considérable, de nombreux phénomènes chimiques, approximativement déterminés; on juge cependant qu'ils ont pour résultat de décomposer les minéraux abandonnés ou même formés dans la mer; il résulte de cette action chimique une transformation lente, mais universelle, des substances sédimentaires déposées au fond des mers profondes. Les débris d'organismes divers accompagnés de substances minérales amenées dans les profondeurs y subissent des évolutions dues aux réactions successives opérées sous des pressions considérables; ce fait serait, d'après certains auteurs, une des causes de la cohésion et de la résistance des roches dérivées de ces grandes fonctions sédimentaires.

X

LES DÉPÔTS D'ABIMES

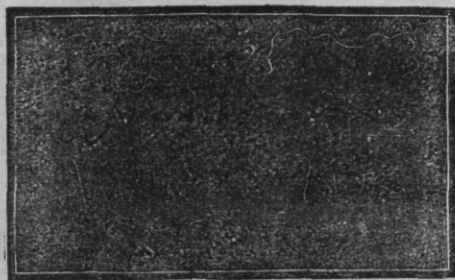
Dans les grandes profondeurs l'immobilité paraît être absolue; elle ne peut varier que par des causes mal connues et dont il faut éloigner le mouvement tourbillonnaire.

Les Océanographes admettent que cette région extrême, où règne une pression considérable, commence à la profondeur de 5.000 mètres. Elle est caractérisée par des argiles aux couleurs variées, où le gris et le rouge prédominent. Ces argiles très abondantes ne sont pas amorphes; elles contiennent des fragments de minéraux blancs et colorés, visibles seulement au microscope; elles sont mélangées généralement de quartz, de pierres ponce, de fragments de poissons et de nodules de manganèse. Il est à supposer que l'argile rouge est le résultat de la décomposition chimique des pierres ponce et cendres volcaniques; dans d'autres cas elle proviendrait des continents par le transport des fleuves.

Ces vases rouges et grises représentent le dernier terme

des dépôts particuliers aux profondeurs extrêmes; leur coloration rouge varie depuis le rouge sombre jusqu'à la couleur du chocolat. Elle révèle la présence de l'oxyde de fer combiné avec l'oxyde de manganèse; elle contient aussi du carbonate de chaux, qui n'est autre que le test décomposé des Globigérinées.

On a rencontré dans cette zone profonde une sorte de gelée amorphe nommée au début : Bathybius. Considérée au



Agglomérations de carbonate de chaux sous forme de substance amorphe.

début comme organique, elle avait exercé les commentateurs; M. Buchanam a démontré que si ce produit était de nature organique, il laisserait un résidu après évaporation; or, dans de fréquentes expériences faites pendant la campagne du *Challenger*, il n'a laissé qu'une teinte grise. L'analyse a indiqué que ce prétendu corps pseudo-plasmatique était réellement du sulfate de chaux, dont la cristallisation était analogue à celle du gypse.

La vie végétale est inconnue dans ces profondeurs; on lui assigne une limite extrême de 500 mètres; elle est donc incapable d'alimenter les animaux microscopiques qui se trouveraient sur ces fonds. Il faut admettre cependant que ceux qui habitent la zone supérieure, trouvent une matière organique quelconque pour leur nutrition. Aussi même les infiniment petits semblent bannis des abîmes où les conditions d'existence leur seraient être impossibles.

XI

LA SÉDIMENTATION COMPARÉE

La chimie du fond de la mer ne date que de quelques années ; elle reçut une vive impulsion à la suite des dernières



Foraminifères, Globigérinées, Coccolithes, Coraux etc. grossissement 30/1
Sondage exécuté sur les côtes de Sardaigne. profondeur : 300 m.

explorations sous-marines, car on comprit que la détermination des effets chimiques est une partie importante de la solution des questions géologiques, puisque les réactions naturelles qui se produisent dans les eaux concourent à ces formations.

L'eau de mer agit différemment de l'eau douce. Dans les couches profondes, où son renouvellement nous paraît insensible, il se produit des combinaisons chimiques dues à la présence de débris organiques qui s'y trouvent précipités. Cette vie abondante des zones superficielles a pour conséquence la chute des dépouilles des animaux et végétaux de toute taille et de toute condition.

Dès les premiers travaux, on reconnut l'analogie frappante

entre les dépôts de mer profonde et la craie de nos continents. On trouve dans ces couches anciennes des organismes semblables à ceux que ramène la drague; tels sont les Globigérinées, les Foraminifères, les Cocolithes, etc. Les caractères généraux sont les mêmes, quoique variables suivant la profondeur à laquelle le dépôt s'est effectué.

La craie consiste presque entièrement en carbonate de chaux et contient à peine deux à quatre pour cent de matières étrangères. La différence porte surtout dans la quantité de débris de roches à l'état de division moléculaire. En retranchant l'eau, la matière organique, le sel marin, substances qui seraient probablement éliminées avant que la vase marine soit convertie en craie, la quantité de carbonate de chaux ou de craie pure ne serait plus que de soixante pour cent dans la masse des dépôts.

Les carbonates manquent dans les grands fonds et dans la vase à Globigérinées; l'eau puisée dans ces régions n'en contient pas. S'ils existaient, ils se trouveraient dans les résidus de l'analyse. Ils ne sont donc que la conséquence de la décomposition des tests coquilliers des animaux vivants dans les régions supérieures. Delesse avait reconnu antérieurement que le carbonate de chaux ne provient pas seulement de l'érosion des roches du rivage, mais surtout des débris de coquillages appartenant à la zone littorale.

Il existe au fond de la mer des fragments moléculaires de toutes les roches connues à la surface des continents: la silice, le granit, la pegmatite, le mica, l'amphibole, le pyroxène, les calcaires, les coraux, le feldspath, etc.

Les globules de glauconie sont fréquents; infiniment petits, on les confond avec des Foraminifères. La glauconie qui se développe sur les tests coquilliers renferme des minéraux étrangers: du silicate de potasse, de l'oxyde de fer, de la magnésie, de la chaux; elle est identique à celle des gisements fossiles.

Dans toutes les grandes profondeurs on a rencontré des nodules de manganèse; selon M. John Murray; ils proviendraient de la décomposition des roches cristallines; le manganèse intervient comme matière colorante sur les coquilles. Ses grains sont très petits, et, quand ils sont nombreux, ils donnent à l'ensemble du sédiment une couleur

brune chocolat. Les formes sous lesquelles ils se présentent varient à l'infini : nodules, grappes, grains sphériques, grains agglutinés entre eux et aux débris divers. Quelques auteurs les considèrent comme provenant d'éruptions volcaniques; d'autres leur attribuent une origine minérale d'après des sources jaillissant au fond de la mer.

Le mélange des différentes substances contenues dans l'eau de mer avec les matières solides et débris organiques favorise l'oxydation. Dans plusieurs cas on a reconnu que les couches voisines du sol sous-marin contiennent une certaine quantité d'ammoniaque; d'où il paraît provenir la conséquence de cette décomposition. L'analyse de la boue noire superficielle fournit un produit noirâtre contenant de l'oxyde de manganèse, qui, arrivé à un certain point de dissolution se transformerait en nodules.

Dans la mer Noire, où les organismes vivants sont inconnus dans les régions profondes, il existe de l'hydrogène sulfuré en assez grande quantité. Dans la mer de Marmara, pendant le tremblement de Constantinople, on a constaté le dégagement de gaz sulfureux. Cette particularité a été remarquée dans la Méditerranée, dans le voisinage des îles volcaniques, à Santorin et dans l'Archipel. Dans le golfe d'Arcadie, au moment où un banc de deux milles de long fut remplacé par un gouffre de 3.000 mètres de profondeur, on a constaté sur les côtes du Péloponèse, et particulièrement à Patras, des dégagements d'acide chlorhydrique infectant l'air et asphyxiant les poissons qui venaient s'échouer en quantités considérables sur les côtes.

XII

LES PHÉNOMÈNES ÉRUPTIFS SOUS-MARINS

Les dragages ont démontré que les sables et débris d'origine volcanique sont répandus dans presque toutes les mers. Ils paraissent provenir non seulement de la proximité des volcans, mais aussi de régions volcaniques cachées sous les eaux. Ces cendres existent particulière-

ment dans les parages de l'Archipel grec, dans le voisinage de Santorin, dans l'Océan Pacifique, où il existe de nombreuses îles volcaniques.

Lyell avait déjà signalé la dispersion des cendres par le vent, à grande distance du centre de production. Au moment de l'éruption du Krakatau, en 1883, le nuage de cendres volcaniques fut tellement épais, que le pont d'un navire fut couvert d'une couche d'un mètre d'épaisseur. Dans plusieurs circonstances des navires reçurent des cendres de volcans lointains.

La superficie des terrains volcaniques est considérable, et l'océan qui couvre l'universalité de ces phénomènes paraît donner un certain crédit à l'étendue des sols sous-marins volcaniques. On compte à la surface du globe 320 à 350 volcans en activité et le nombre de ceux qui doivent figurer dans la nomenclature augmente progressivement.

L'expédition du *Challenger* a ramené des profondeurs océaniques des sables et de la cendre volcanique dans des parages qui semblaient éloignés de tout centre d'activité volcanique. Ces débris ont été principalement constatés dans le voisinage des Açores, des Philippines, de Tahiti, de Tonga-Tabou, des Sandwich. Ils consistaient non seulement en cendres ou poussières susceptibles d'être dispersées par le vent, mais aussi en pierres ponces, dont le volume variait depuis celui d'une bille jusqu'à celui d'une orange. Les pierres ponces flottent sur l'eau pendant longtemps après leur expulsion du cratère et finissent par couler soit en s'imbibant, soit à la longue par le poids des herbes marines qui s'y attachent. Au moment de l'explosion du Krakatau les mers voisines furent couvertes de bancs de ces légères scories qui, poussées par les vents, s'échappèrent dans toutes les directions.

Les éruptions sous-marines ont été signalées dans beaucoup d'endroits. Il en est résulté des surélévations des fonds et parfois leur disparition, quelque temps après leur émer-sion. On peut citer dans l'Océan Pacifique celle de Houga, dans le groupe des Fidji, celle de Goonung-API; aux Moluques; dans la Méditerranée, celle de Santorin; celle de l'île Pantellaria, près de la Sicile.

Le groupe des Açores a été le siège de nombreux phéno-

mènes séismiques; en 1638, surgit l'île Saint-Michel pendant un tremblement de terre; elle a une longueur de 10 kilomètres. En 1719, surgirent Terceira et Saint-Michel; deux ans après l'émersion, cette dernière disparut; en 1810, au même endroit, surgit l'île Sabrina, qui disparut dix ans plus tard.

Cette activité séismique des parages des Açores paraît s'étendre dans tout le bassin de l'Océan Atlantique. Des secousses ont parfois été ressenties en pleine mer par les navigateurs dans une zone comprise entre le 5° de latitude N. et le 4° de latitude S. et s'étendant du 20° au 30° de longitude O. Les rapports de mer mentionnent dans plus de quarante circonstances, depuis le milieu du siècle dernier, des secousses insolites, faisant frémir les navires et généralement inquiétantes; elles ont été presque toujours comparées à la secousse qui résulterait du choc du navire sur un banc ou un récif. Les premières constatations remontent à 1747; depuis, les phénomènes ressentis ont été portés sur les cartes avec mentions douteuses; elles sont d'autant plus étranges qu'aux points ainsi signalés, il existe des profondeurs de 1.500 à 2.000 mètres et plus. Ces secousses ne sont donc pas dues à la présence d'un récif isolé, d'une épave ignorée, mais bien à une perturbation insolite de la mer. Dans plusieurs cas on a vu des vapeurs, des fumerolles ou des pierres ponce.

Les dragages opérés dans cette région volcanique ont permis de vérifier qu'il existait une véritable chaîne de volcans sous-marins, où les cendres et les débris volcaniques étaient abondants.

Les auteurs anciens connaissant les phénomènes éruptifs sous-marins avaient expliqué par une perturbation de ce genre la disparition d'un continent indéfini, l'Atlantide, dont la situation serait voisine de cette région séismique. Situé au delà des Colonnes d'Hercule, ce continent se serait abîmé dans les eaux. Plusieurs géologues ont admis l'hypothèse d'un continent basilo-africain qui aurait réuni aux temps secondaires l'Amérique du Sud à l'Afrique; il n'en resterait d'autres vestiges que les îles des Açores et du cap Vert. Quoi qu'il en soit, la concordance mérite une certaine attention.

XII

L'ÉROSION LITTORALE

Le remplissage des bassins maritimes est en partie l'œuvre de l'érosion ; les montagnes et les plaines sont dénudées par les agents atmosphériques, le travail des glaciers, les inondations des fleuves, qui transportent à la côte les produits de l'érosion, destinés à surgir plus tard du calme des abîmes de la mer pour remplacer des continents qui s'effondreront. Les efforts de la nature tendant toujours à rétablir un équilibre entre toutes les parties du globe par un mélange de forces physiques et mécaniques.

Le contact de la mer avec la terre provoque une série de phénomènes variés. L'Océan transporte les alluvions amenées par les fleuves depuis le flanc des glaciers et les répartit suivant leur densité sur différents points de la côte, ou il les laisse inertes au bord de son domaine pour former des plaines littorales.

Cette impulsion perpétuelle de la mer opère non seulement la transformation de la bande côtière proprement dite, mais aussi de surfaces continentales. L'érosion a détruit les côtes basses du Jutland et favorisé l'invasion progressive de la mer dans les plaines des Pays-Bas ; les effets des marées ont détaché de la terre ferme les îles anglo-normandes du golfe de Saint-Malo ; les apports du Rhône ont formé la plaine alluviale de la Camargue ; les embouchures de la Loire et de la Gironde ont contribué au comblement de l'ancien golfe du Poitou.

L'érosion a emporté des lambeaux de terre détachés d'abord des continents et ensuite absorbés entièrement. L'île d'Helgoland, située à l'entrée de l'Elbe, qui était dix fois plus importante au ^x^e siècle, n'est plus qu'un rocher peu consistant désagrégé à sa base par les flots et dans sa partie supérieure par les intempéries. On peut prévoir l'époque de sa disparition. L'île de Sable, située sur la côte de la Nouvelle-Ecosse, nommée le « cimetière de l'Océan »,

est battue par une mer impitoyable qui modifie les contours à chaque tempête; depuis 1888 trois phares y ont été successivement élevés et ont été détruits par les affouillements. Cette île est le résultat de l'accumulation de tous les débris transportables arrachés à la côte.

Des deux côtés de la Manche s'élèvent de hautes falaises de craie. La roche est friable sur toutes ces côtes, où la mer prélève chaque année une bande de terrain variable. Des villes, des villages, des cultures dont l'histoire fait mention, se sont effondrés dans la mer en même temps que le plateau qui les portait.

Les sables résultant de la situation des débris de falaises ont été entraînés à des distances considérables; les courants de marée qui pénètrent dans la Manche les ont accumulés sur les côtes du Marquenterre et ensuite sur les bas-fonds de la mer du Nord, où ils s'étalent en longs bancs orientés suivant la direction des courants remuant cette mer peu profonde; une autre partie a été abandonnée sur le trajet le long des côtes de Flandre et de la Hollande, où ils ont formé d'interminables chaînes de dunes.

Ces évolutions des sables se font suivant le mouvement et l'intensité combinés du vent et des courants; tantôt elles constituent des plaines régulières où le sable et la vase s'ajoutent les uns aux autres, tantôt les sables s'allongent en cordons qui reportent les limites des rivages au delà de leur position primitive, laissant entre la côte et la mer un étang littoral que la végétation finit par combler. Ces cordons littoraux sont développés avec toute leur ampleur dans la mer Noire sur la côte de Bessarabie. Les dispositions spéciales des abords du golfe du Dnieper ont produit entre autres types de cordons, la flèche de Tendra qui s'étend sur une longueur de 130 kilomètres; elle ferme le golfe d'Odessa. Dans la mer d'Azow la flèche d'Arabat s'allonge sur une ligne droite de 130 kilomètres avec une largeur variant entre 1 et 5 kilomètres; elle sépare le Sivach ou l'ancienne « mer putride » de la mer d'Azow.

Les courants littoraux et les mouvements des eaux concourent à l'entraînement des matériaux; en même temps qu'à leur répartition variable suivant leur densité. Ceux-ci sont d'abord amenés à l'estuaire, sorte de bassin prépara-

toire de décantation nécessaire à la répartition littorale; puis ils sont véhiculés le long de la côte, où ils se déposent suivant leur nature; les sables lourds ou les particules arénacées vont s'échouer au bas des plages, où les vagues les abandonnent au souffle des vents pour les transformer en champ de dunes; les vases de densité moyenne flottent jusqu'à ce qu'elles soient amenées dans une eau favorable à la décantation; elles s'y déposent, comblant les marais et les bas-fonds; enfin les particules ténues, dernière expression de la lévigation, après être longtemps restées en suspension, sont entraînées à grande distance de la côte, où elles se déposent insensiblement formant les fonds de mer où se forment les couches géologiques.

XIV

LA SÉDIMENTATION ET LES HORIZONS GÉOLOGIQUES

L'histoire de la terre se compose de périodes calmes séparées de cataclysmes; pendant les périodes calmes les êtres organisés, plantes et animaux, se développent en même temps; les eaux déposent au fond des mers les matières solides qu'elles tiennent en suspension mélangées aux débris des animaux et des végétaux contemporains; ainsi se forment les terrains stratifiés. La révolution suivante fait disparaître en totalité ou en partie les espèces existantes et en amène de nouvelles; alors les terrains stratifiés formés au fond des mers, sont soulevés en différents endroits et deviennent des plaines, que pourront submerger également des révolutions ultérieures.

Les investigations sous marines ont démontré que l'action sédimentaire qui a prévalu dans la constitution des plaines émergées que nous foulons aux pieds, se poursuit au fond des mers sans relâche, sur une échelle immense.

M. J. Murray évalue la surface des mers à 74.835.00 kilomètres carrés; il estime que les matériaux enlevés aux continents et dispersés, se répandent sur 20 pour cent de la surface totale de la terre. Cette moyenne porterait à

16 kilomètres cubes la perte subie par l'érosion continentale, reportée sur la surface totale du fond des mers; elle y formerait chaque année une couche de 56 centièmes de millimètre qui atteindrait 750 mètres de hauteur au bout de 5 millions d'années. Mais il est nécessaire de tenir compte d'une plus forte répartition dans le voisinage des côtes que dans les grands fonds; à cet endroit, elles s'élèverait à 2.000 ou 3.000 mètres. Il arriverait donc une époque où le fond des mers finirait par être comblé, mais cela suivant des circonstances plus ou moins faciles à déterminer.

La sédimentation et les conséquences de la vie animale ont besoin de se rencontrer, pour former les assises calcaires qui ont émergé des mers aux différentes périodes géologiques. Leur épaisseur ne résulte pas seulement du temps, mais aussi des conditions biologiques dans lesquelles ces organismes se sont développés. L'apparition de la vie à la surface de la terre a, par ses évolutions successives, séparé le carbonate de chaux des solutions diverses existant dans la mer; elle a ouvert la voie à ces immenses superpositions de sédiments des couches géologiques, dont on pourrait retrouver la dissémination d'après les grands courants marins.

Les vastes étendues sablonneuses et salées qui recouvrent le sol des continents représentent d'anciens fonds de mer, émergés à la suite de mouvements d'exhaussement difficiles à déterminer. Dans l'Asie centrale, existait une mer dont le Lobnor est le dernier vestige; elle s'étendait depuis le massif de l'Altaï jusqu'au Tian-Shan; elle est remplacée par un plateau sans écoulement. La plaine centrale asiatique, d'une superficie de 62.000 milles, qui communiquait à la dernière époque avec la Caspienne, représente aussi un ancien fond de mer, avec des nappes de sel cristallisé, des dunes, des sédiments marins. Toute la vaste étendue comprise entre la Caspienne et la mer d'Aral comporte des lacs salés, alternant avec des sables et des fondrières. Les Chotts tunisiens situés en contrebas du niveau de la mer, consistent en une plaine de sel mélangé de sable et couverte d'eau pendant l'hiver; cette terre tassée et unie, à certaines places, laisse entrevoir des cavités qui sont remplies d'eau. Les pampas de l'Amérique du Sud, les déserts salés du centre de l'Australie, les plaines

de la Sibérie, les prairies du Far-West aux États-Unis sont autant d'anciens fonds de mer émergés, possédant tous les caractères que l'on retrouve dans les investigations sous-marines.

Les vestiges paléographiques permettent de reconstituer les mers ou bras de mers qui ont recouvert la France. Pendant la période triasique, elle ressemblait à un vaste archipel d'où émergeait le plateau central, avec les Vosges, la



Spécimen de fond. 40/4. Rade de Pernambouc.

Bretagne et les Ardennes. Pendant la période liasique, le Nord, les Vosges, la Bretagne représentaient encore les seules parties émergées. Les mers éocènes offrent une moins grande surface; nous voyons cependant encore des golfes étroits dans le Languedoc, les Landes, les Alpes occidentales et les lacs de Suisse. L'aspect de la période pliocène et quaternaire est peu différente de l'époque actuelle; cependant la France émergée avait beaucoup de lacs; les dépôts du terrain pliocène relevés convulsivement, ont produit l'élévation qui subsiste à notre époque.

Une partie de l'histoire du monde est écrite dans les terrains sédimentaires; chaque stratification renferme des fossiles, qui sont pour le géologue ce que les monnaies anciennes

sont pour l'archéologue. Les représentants du monde microscopique occupent une place importante parce qu'ils existent par quantités inversement proportionnelles à leur taille. Ces êtres, dont la vitalité est aussi résistante que celle des animaux supérieurs, ont survécu à l'ensevelissement prolongé pendant une série de siècles incalculables.

Les sondages et dragages en mer profonde nous ont révélé l'activité de la vie organique et l'influence qu'elle a exercée dans la formation des terrains; ils ont démontré l'immense étendue du labeur incessant de la Création.



Le Gérant : HENRI GAUTIER.

TABLE DES MATIÈRES

	Pages.
I. — Début des investigations sous-marines.	1
II. — La topographie du sol sous-marin . . .	4
III. — Substances contenues dans l'eau de mer.	5
IV. — La température	7
V. — Les courants généraux	9
VI. — Le plankton	11
VII. — La vie dans les eaux profondes.	14
VIII. — Les dépôts terrigènes	17
IX. — Les dépôts pélagiques.	20
X. — Les dépôts d'abîmes	23
XI. — Les combinaisons chimiques	24
XII. — Les phénomènes éruptifs sous-marin .	27
XIII. — L'érosion littorale.	30
XIV. — La sédimentation et les horizons géolo- giques	32

HENRI GAUTIER, éditeur, 55, quai des Grands-Augustins — PARIS

LIVRES DE RÉCRÉATION ET D'INSTRUCTION

à DIX et QUINZE centimes

(Suite)

BIBLIOTHÈQUE LITTÉRAIRE

DES ÉCOLES ET DES FAMILLES

(Honorée d'une souscription du Ministère de l'Instruction publique.)

Le volume : Dix centimes.

(Franco par la poste : 1 volume 15 centimes, 2 volumes 25 centimes).

EXTRAIT DU CATALOGUE DES CENT VOLUMES EN VENTE :

André Chénier : Poésies (1 vol.). — *J. J. Rousseau* : Œuvres choisies (1 vol.). — *Mme de la Fayette* : La Cour de France au XVII^e siècle (1 vol.). — *Mme de Staël* : de l'Allemagne (1 vol.). — *Poètes contemporains* : Banville, Richepin, Daudet, Hérédia, Arène, etc. (1 vol.). — *François Coppée* : Nouvelles (1 vol.). — *Alphonse Daudet* : Souvenirs et Nouvelles (1 vol.). — *Jules Simon* : Colas, Colasse et Colette (1 vol.). — *Vte E.-M. de Vogüé* : Le chemin de fer transcaspien (1 vol.). — *Mme Beecher-Stowe* : La Case de l'Oncle Tom (1 vol.).

RÉCITS

DES

GRANDS JOURS DE L'HISTOIRE

Le volume QUINZE centimes

(Franco par la poste : 1 volume 20 centimes, 2 volumes 35 centimes).

Tous les volumes sont illustrés

EXTRAIT DU CATALOGUE DES CINQUANTE-DEUX VOLUMES EN VENTE :

Deux Étapes du retour de l'île d'Elbe, par HENRY HOUSSAYE (1 vol.).
La Machine infernale de Fieschi, par MAXIME DU CAMP (1 vol.).
L'Affaire du Collier de la Reine, par LAFONT D'AUSSONNE (1 vol.).
La Banque de la Rue Quincampoix, d'après SAINT-SIMON, DUCLOS, etc. (1 vol.).
La prise de l'Hôtel de Ville (31 octobre 1870), par ALFRED DUQUET (1 vol.).
La Révolution de 1848, d'après un récit de M. THIERS (1 vol.).
Charlotte Corday et Marat (1 vol.).
Napoléon prisonnier, par le Comte de LAS CASES (1 vol.).
Les empoisonnements de la Brinvilliers (1 vol.).

Le Catalogue complet de ces collections est envoyé gratis et franco à toute personne qui nous en fait la demande par lettre affranchie.

BIBLIOTHEQUE SCIENTIFIQUE DES ECOLES ET DES FAMILLES

CONDITIONS DE VENTE

CHERZ TOUS LES LIBRAIRES
MARCHANDS DE JOURNAUX
ET DANS LES GARES
LE VOLUME : 15 CENTIMES

* Franco par la poste en s'adressant à
M. HENRI GAUTIER, Editeur,
55, quai des Grands-Augustins, Paris.
Un volume : 20 centimes ;
2 vol., 35 centimes ; 25 vol., 4 francs.

VOLUMES EN VENTE

1. La Photographie, les appareils et leur usage, par A. et L. LUMIÈRE.
2. Les Fourmis, par H. MERCKEAUX.
3. Les Travaux de M. Pasteur, par GUSTAVE PHILIPPON.
4. Les Parfums, par H. COUPIN.
5. Neige et Glaciers, par C. VELAINE.
6. Lavoisier, sa vie, ses travaux, par H. MERCKEAUX.
7. Les Ballons, par CAPAZZA.
8. Sucres, Sucrierie et Raffinerie, par A. HÉBERT.
9. Les Animaux travailleurs, par Victor MEUNIER.
10. Les Plantes vénéneuses, par L. DUGLOS.
11. La Soie, soie naturelle, soie artificielle, par H. MERCKEAUX.
12. Les Impôts sous l'ancien Régime, par L. PRÉVAUDRAU.
13. La Photographie, développement et tirage, par A. et L. LUMIÈRE.
14. Le Collectionneur d'insectes, par HENRI COUPIN.
15. L'Éclairage électrique, par E. DUMONT.
16. L'Industrie de l'alcool, par A. HÉBERT.
17. Les Microbes de l'air, par R. CAMBIEN.
18. La Fièvre, théories anciennes et modernes, par le Dr GARRAND DE BALSAN.
19. Le Diamant, par H. MERCKEAUX.
20. La Céramique et la Verrerie à travers les âges, par Ch. QUILLARD.
21. Hygiène du Chauffage et de l'Éclairage, par N. GUÉMENT.
22. Les Impôts depuis la Révolution, par L. PRÉVAUDRAU.
23. Les Pierres tombées du ciel, par STANISLAS MEUNIER, prof. au Muséum.
24. Le Soleil, par CHARLES MARTIN.
25. Le Croup, par le Dr LREAGE.
26. Les Travaux d'Edison, par E. DUMONT.
27. Les Voitures sans chevaux, par E. DUMONT.
28. Iles et Récifs madréporiques, par EDMOND PERRIER, de l'Institut.
29. La Chimie de la table, par X. ROGGEAS, expert-chimiste.
30. L'Or, par H. MERCKEAUX.
31. La Poste aérienne à travers les âges, par Ch. SIMILLOT.
32. Les Étoiles, par Ch. MARTIN.
33. Le Surmenage moderne et la Neurasthénie, par le docteur ARVEX.
34. Le Fer, par R. JARNAUX.
35. L'Allaitement, par le docteur FENIX.
36. Les Baux de table, par le Dr LAUMONIER.
37. Les Engrais chimiques, par E. ROUX.
38. Les Vers parasites de l'homme, par CHATEL.
39. Le Vin, par A. HÉBERT.
40. Le Pigeon messager et ses applications, par Ch. SIMILLOT.
41. Les Cyclones, par L. BASSON.
42. L'Hygiène de la Table, par X. ROGGEAS.
43. Cyclisme et Cyclistes, par H. DE GRAPFIGNY.
44. Le Ciel, par CHARLES MARTIN.
45. Les Éléments de la Céramique et de la Verrerie, par Ch. QUILLARD.
46. Les Tremblements de Terre, par VICTOR MEUNIER.
47. Les Pierres précieuses, par P. GAURHAT.
48. L'Hygiène de l'Habitation, par le Dr LAUMONIER.
49. La Navigation à voiles et à vapeur, par MICHEL-JULES VERNE.
50. Perles et Pêcheries, par H. MERCKEAUX.
51. Les Cures d'Eaux, Vichy et Stations similaires, par le Dr J. LAUMONIER.
52. Les Bains de Mer, par le Dr J. LAUMONIER.
53. Un Fléau social, l'Alcoolisme, par le Dr LERGAUD.
54. La Planète Mars, par C. FLAMMARION.
55. Maladies et Moyens de Défense, par le Dr A. DEMMELEN.
56. Le Sel, par M. ARSANDAUX.
57. Les Rayons X, par PAUL PHILIPPON.
58. Le Cuir, par M. LAMAY.
59. Les Continents disparus, par H. GUÉDE.
60. L'Alimentation des Plantes, leur nourriture, par E. ROUX.
61. La Photographie positive sur verre et les projections lumineuses, par G. PHILIPPON.
62. Les Poisons minéraux, par E. TASSILLY.
63. La Mécanique du Cœur, par Ch. COTTEJEAN.
64. La Race bovine, par M. BROCCOLI.
65. Le Fond de la mer, par J. GIRARD.
66. La Culture Maraîchère, par E.-A. SPOLL.
67. La Mosaïque, par E. LAURENCHON.
68. Les Habitants des Mers anciennes, par E. GUÉDE.
69. La Peste, par le Dr LAUMONIER.
70. La Bière, par A. HÉBERT.
71. Le Sang, par le Dr ARVEX.
72. Les Poules, par E.-A. SPOLL.
73. Traitement de la Phthisie pulmonaire, par le docteur LERAY.
74. Les Volcans, par Ch. MARTIN.
75. La Vigne, Sa culture, Ses maladies, par E.-A. SPOLL.
76. Les Remèdes nouveaux, par L. DUGLOS.
77. La Galvanoplastie, par H. MERCKEAUX.
78. La Fabrication des Poteries, par Ch. QUILLARD.
79. La Photographie positive sur verre et les projections, par G. PHILIPPON.
80. Les Abeilles, par Ch. MARTIN.
81. Les Poisons organiques, par Eugène TASSILLY.
82. Le Soufre et l'acide sulfurique, par H. ARSANDAUX.
83. Les Nids, par CHARLES MARTIN.