

4747

SCIENCE ET CIVILISATION

*Collection d'Exposés synthétiques du savoir humain*

Publiée sous la direction de Maurice SOLOVINE

ÉLÉMENTS

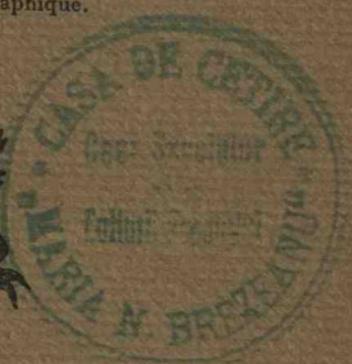
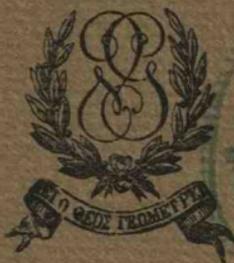
DE

BIOLOGIE MARINE

PAR

L. JOUBIN

Membre de l'Institut,  
Professeur au Muséum national d'Histoire naturelle  
et à l'Institut Océanographique.



PARIS

GAUTHIER-VILLARS ET C<sup>ie</sup>, ÉDITEURS

LIBRAIRES DU BUREAU DES LONGITUDES, DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE

55, Quai des Grands-Augustins, 55

1928

R. P. R.



442177

**BIBLIOTECA CENTRALA  
UNIVERSITARĂ  
DIN  
BUCUREȘTI**

Nr. Inventar 4653 Anul \_\_\_\_\_

Secția H. Nat. IV Nr. 4.

5 lei

ÉLÉMENTS  
DE  
**BIOLOGIE MARINE**

Ouvrages parus :

- THOMSON (J.-J.)**, Professeur de Physique expérimentale à l'Université de Cambridge, Membre de la Société Royale de Londres. — **Electricité et matière**. Traduit de l'anglais par M. SOLOVINE. Préface de M. Paul LANGEVIN; avec un portrait de l'auteur. 10 fr.
- BEZANÇON (P.)**, Professeur à la Faculté de Médecine de Paris, Membre de l'Académie de Médecine. — **Les bases actuelles du problème de la tuberculose**..... 15 fr.
- HOULET (J.)**, Professeur honoraire à la Faculté des Sciences de Nancy. — **L'Océanographie**; avec 8 figures..... 15 fr.
- RANET (M.)**, Chargé de cours à la Sorbonne, Professeur à l'École des Hautes Etudes. — **La religion des Chinois**..... 15 fr.
- ICHOT (E.)**, Ingénieur hydrographe en chef de la marine. — **Les marées et leur utilisation industrielle**; avec 5 figures. 15 fr.
- HIRRING (H.)**, Professeur de Physique théorique à l'Université de Vienne. **L'idée de la Théorie de la Relativité**; avec 8 figures. Traduit de l'allemand par M. SOLOVINE..... 15 fr.
- OUARD (H.)**. **La Poésie française moderne. Des Romantiques à nos jours**..... 15 fr.
- OUSSY (G.)**, Professeur à la Faculté de Médecine de Paris, Médecin de l'Hospice Paul Brousse. — **L'état actuel du Problème du Cancer**; avec 20 figures..... 15 fr.
- RBAIN (G.)**, Membre de l'Institut, Président de la Commission internationale des Éléments chimiques. — **Les Notions fondamentales d'élément chimique et d'atome**; avec 14 figures et un tableau..... 15 fr.
- HERMITTE (J.)**, Professeur agrégé de Psychiatrie à la Faculté de Médecine de Paris. — **Les Fondements biologiques de la Psychologie**; avec 6 figures..... 15 fr.
- EANSELME (E.)**, Professeur à la Faculté de Médecine de Paris, Membre de l'Académie de Médecine. — **La Syphilis. Son aspect pathologique et social**; avec 24 figures, 1 tableau, 6 courbes et 3 plans..... 15 fr.

Paraîtra prochainement :

- ORIA (G.)**, Professeur de Mathématiques à l'Université de Gênes. — **Histoire des Mathématiques grecques**.

SCIENCE ET CIVILISATION  
*Collection d'Exposés synthétiques du savoir humain*  
PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION DE MAURICE SOLOVINE

ÉLÉMENTS  
DE  
**BIOLOGIE MARINE**

PAR

**L. JOUBIN**

Membre de l'Institut,  
Professeur au Muséum national d'Histoire naturelle  
et à l'Institut Océanographique.



PARIS  
**GAUTHIER-VILLARS ET C<sup>ie</sup>, ÉDITEURS**  
LIBRAIRES DU BUREAU DES LONGITUDES, DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE  
55, Quai des Grands-Augustins, 55

1928

C/954

Biblioteca Centrală Universitară  
"Carol I" București  
Cota 48221

DC 211/09

---

PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS ET C.  
82240 55, Quai des Grands-Augustins.

---

B.C.U. Bucuresti



G7653

58

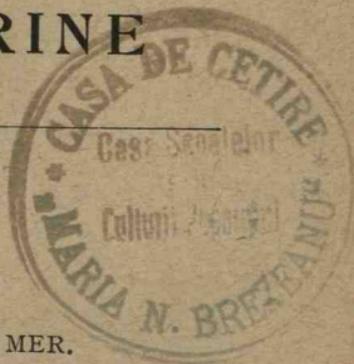
ÉLÉMENTS  
DE  
BIOLOGIE MARINE

---

48221  
Sublet

CHAPITRE I.

LA COMPOSITION DE L'EAU DE MER.  
EXPOSÉ SOMMAIRE DE SES CARACTÈRES PHYSIQUES  
ET CHIMIQUES.



Le navigateur qui, par un beau jour de calme, contemple la mer bleue tendue jusqu'à l'horizon en un cercle immense, éprouve l'illusion de flotter sur une masse épaisse d'eau transparente, toujours et partout semblable à elle-même. A peine se souvient-il que les petites rides de la surface peuvent se transformer en grandes vagues, et que sur la côte, disparue derrière l'horizon, la marée modifie le contour de l'Océan.

Mais le simple spectateur peut se transformer en un observateur qui ne se contente pas d'admirer ce panorama grandiose; il cherche à percer le mystère de l'Océan, à se rendre compte de ce qu'il recèle dans ses eaux profondes. Il veut connaître leur nature, les mouvements qui les agitent, leurs causes et leurs variations.

Le savant a, depuis longtemps, acquis la certitude que les

eaux marines ne sont pas une masse homogène, n'ont pas la même nature aux pôles et à l'équateur, sont sans cesse brassées par des courants et que leur température varie de la surface jusqu'au sol, selon la profondeur et la latitude.

Ces constatations sommaires montrent que la mer est un milieu essentiellement mobile et variable dans ses caractères physiques et chimiques, et c'est précisément à ces modifications incessantes et multiples que sont dues les conditions si différentes de la vie des êtres marins et les aspects innombrables de la flore et de la faune dans les océans.

Ces êtres peuplent les eaux de la mer, dans toute l'étendue du globe, en quantité énorme, telle que leur évaluation, même approximative, est impossible. Mais ils ne sont ni construits ni répandus au hasard dans l'épaisseur des mers; ils sont liés d'une façon très nette à la nature physique et chimique des eaux. Ils remontent à la plus haute antiquité, et leur influence fut et demeure capitale dans la construction des continents et des îles.

C'est l'exposé des relations qui existent entre les végétaux et les animaux qui peuplent l'Océan et les variations du milieu où ils évoluent qui fait l'objet de ce petit livre. Il s'agit de préciser aussi simplement que possible comment ces êtres innombrables s'y nourrissent, s'y déplacent, s'y reproduisent; comment leurs organes s'adaptent aux conditions diverses que l'instabilité et la variété des eaux leur imposent.

Il ne s'agit point d'entreprendre ici une description des faunes et des flores marines; ce serait un ouvrage énorme et prématuré, dont la compilation sera l'œuvre des naturalistes de l'avenir. Il nous suffira de résumer sommairement

ce que l'on sait actuellement de plus général sur la vie des êtres marins, sur leurs adaptations au milieu où ils vivent, si différent de ce que nous avons l'habitude de voir autour de nous, et d'indiquer dans leurs grandes lignes les répercussions qui modifient les détails de leur plan général. Il sera ensuite possible d'énoncer quelques-unes des lois qui règlent la répartition des êtres marins pour constituer les flores et les faunes spéciales aux différentes parties des océans, et en établissent les limites.

Les conditions d'existence des êtres marins sont tellement adaptées à la nature et liées aux variations de composition de l'eau de mer dans laquelle ils vivent, qu'il est nécessaire de commencer cet ouvrage par un résumé sommaire des caractères chimiques et physiques de cette eau. Nous ne retiendrons naturellement, parmi tous ces caractères compliqués, que les plus importants, ceux qui ont un retentissement très net sur la biologie générale des êtres marins. Nous en ferons ensuite les applications biologiques et nous en tirerons les conséquences qu'elles comportent.

*Composition chimique de l'eau de mer.* — L'eau de mer est un liquide alcalin d'une très grande complexité.

Pour obtenir une notion suffisamment exacte de sa composition, il est nécessaire d'analyser seulement des échantillons recueillis au large, très loin des côtes, en employant certaines précautions méticuleuses. Il s'agit en effet d'éviter les erreurs résultant des apports d'eau douce par les cours d'eau et les sources dans le voisinage des côtes, ainsi que des matières organiques en décomposition, même en très faible proportion, venues du continent ou du voisinage des grands navires.

Le résultat d'analyses répétées un grand nombre de fois sur des échantillons récoltés toujours au même point de l'Océan et dans les mêmes conditions fournit, pour une région donnée, un tableau qui, au moins pour nos mers, peut être considéré comme représentant la composition moyenne de l'eau océanique. On peut ensuite le comparer à d'autres tableaux faits, dans les mêmes conditions, pour d'autres mers.

On peut aussi, d'après cette composition, établir une eau de mer artificielle, utilisable comme étalon conventionnel pour les comparaisons entre divers échantillons. Mais on ne peut y réunir tout ce que contient l'eau de mer naturelle; certains corps y sont en de si faibles proportions, qu'il est souvent impossible de les doser.

Pour l'Europe on peut considérer que l'eau de mer typique, naturelle, est celle que l'on recueille au large du golfe de Gascogne. Le tableau qui suit, donné par le Professeur Thoulet, est classique et fournit une idée de la composition d'un litre d'eau de mer de l'océan Atlantique tempéré :

Chlorure de sodium.....	27,3726
Chlorure de magnésium.....	3,3625
Chlorure de potassium.....	0,5921
Bromure de magnésium.....	0,0547
Sulfate de magnésium.....	2,2437
Sulfate de calcium.....	1,3229
Carbonate de calcium.....	0,0625
Chlorure de rubidium.....	0,0190
Métaphosphate de chaux.....	0,0156
Bicarbonate de fer.....	0,0026
Silice.....	0,0149
Traces diverses.....	»
Total.....	<hr/> 35,0631

Ce tableau fournit un aperçu des principaux corps en dissolution dans un litre d'eau; mais il ne donne pas la liste très compliquée des éléments non dosables qui, tout en étant en infime quantité, ont, au point de vue biologique, une importance considérable; le cuivre, le zinc, l'argent, l'or, l'iode, le fluor, sont accumulés et utilisés par de nombreux animaux et végétaux qui savent, mieux que le chimiste, les isoler et les fixer dans leurs tissus.

D'autre part, ce tableau n'indique la composition de cette eau qu'à un seul moment, celui où le chimiste, dans son laboratoire, s'en empare pour faire son analyse; elle est alors, si l'on peut ainsi parler, une eau morte, ne ressemblant plus à l'eau vivante et active de l'Océan. Nous reviendrons plus loin sur cette question.

Des analyses faites par des auteurs récents, notamment Johnstone, ont précisé pour diverses mers la proportion des principaux éléments contenus dans 100<sup>g</sup> de *sels*. Nous simplifions ce tableau :

	Atlantique.	Baltique.	Méditerranée.	Mer Rouge.
Salinité . . . . .	36,31	7,21	38,97	39,76
Cl. . . . .	55,19	55,01	55,53	55,60
Br . . . . .	0,18	0,13	0,18	0,13
SO <sup>4</sup> . . . . .	7,91	8,00	7,74	7,65
CO <sup>3</sup> . . . . .	0,21	0,14	0,19	0,02
Na . . . . .	30,26	30,47	30,37	30,81
K . . . . .	1,11	0,96	1,09	0,97
Ca. . . . .	1,24	1,67	1,26	0,89
Mg . . . . .	3,90	3,53	3,64	3,87

On remarquera dans ce tableau que le chlore n'est plus considéré dans ses combinaisons avec le sodium ou autres

corps, mais à l'état de chlore total. De même les sulfates de chaux ou de magnésium n'y figurent plus, mais les sulfates y sont mentionnés en bloc, tandis que le magnésium et le calcium sont dosés à part. Il en est de même pour les carbonates. On notera aussi que dans la solution complexe qu'est l'eau de mer, le chlore et le sodium entrent pour 85 centièmes du total des sels.

On peut dire, d'une façon très générale, que la proportion des sels dissous augmente dans les mers chaudes et diminue dans les mers froides; leur utilisation par les êtres vivants varie de la même manière.

Dans la Méditerranée, qui est une mer presque close, recevant peu de fleuves à grand débit, ne communiquant avec les autres mers que par deux orifices dont l'un, le détroit de Gibraltar, est petit, et l'autre, le canal de Suez, est négligeable, tout entière enclavée dans des régions à climats chauds et secs, présente une salure supérieure à la moyenne. Elle est de 38,9 en général, mais en certains points elle atteint 41,6. Dans la mer Rouge, qui présente à peu près les mêmes caractères topographiques et climatériques que la Méditerranée, avec une augmentation de la température atmosphérique, on a constaté 46,4. Au contraire, la mer Baltique, entièrement incluse dans une région froide et humide, qui reçoit de nombreux fleuves, n'a que 18<sup>e</sup> de salinité dans sa partie méridionale, 7<sup>e</sup> vers son milieu et seulement 0<sup>e</sup>, 6 dans le golfe de Finlande. Il en résulte que sa faune varie et se transforme peu à peu; de marine qu'elle est à son embouchure dans l'Océan, elle devient saumâtre, puis d'eau douce dans son extrémité orientale.

La variation dans la quantité de sels dissous est une des principales causes de la différence des faunes marines.

Certains animaux sont extrêmement sensibles à de très petites modifications; on les nomme *Sténohalins*; ils vivent au large; d'autres sont bien moins sensibles, ce sont les *Euryhalins*, qui généralement vivent dans les eaux côtières où viennent se jeter des fleuves. Les variations brusques et importantes de la salinité leur sont funestes, surtout aux premiers.

Cette variation dans la quantité de sels dissous modifie la densité de l'eau de mer. Elle est de 1,030 pour 39<sup>g</sup>, 3 de sels par litre, à la température de 17<sup>o</sup>, 5.

L'eau moyenne, atlantique dont il a été parlé précédemment, a une densité de 1,027 pour une salinité de 35<sup>g</sup> par litre. Les variations de la densité, comme on le verra plus loin, jouent un rôle important dans les déplacements des êtres vivants.

Parmi les corps divers que la mer tient en dissolution, signalons le *calcium* qui, en combinaison, forme principalement ce que l'on nomme le calcaire ou carbonate de chaux; il est amené dans la mer par les fleuves qui usent les continents, par le vent qui apporte des poussières, par les vagues qui rongent les côtes. Il se dissout dans l'eau où les animaux l'utilisent, nous verrons comment, pour s'en fabriquer leurs os, leurs carapaces, leurs coquilles. Après leur mort une partie de ces débris solides s'accumule peu à peu sur le sol sous-marin, s'y stratifie; mais l'autre partie, qui se dissout, est reprise par les successeurs des êtres vivants et utilisée de nouveau par eux; ce cycle recommence indéfiniment.

La *silice*, très peu soluble dans l'eau de mer, a la même origine que le calcium, mais elle est d'un usage beaucoup plus restreint dans le monde vivant qui l'emploie sous sa forme hydratée, l'opale.

L'*iode* et le *brome* sont en quantité très faible ; mais cependant les algues et certains animaux isolent cet iode et l'accumulent en quantité considérable dans leurs tissus.

Le *fer* se trouve en très faible proportion en dissolution dans l'eau sous forme de bicarbonate. Il est un peu plus important dans les combinaisons solides, à l'état de sulfures et d'oxydes, dans des concrétions où il s'associe au *manganèse* ; on le trouve en cet état dans les vases profondes, et aussi dans la vase bleue, parmi les productions d'origine volcanique ou cosmique ; il entre dans la composition de la glauconie.

Le *cuivre*, lui aussi en très faible quantité dans l'eau, est accumulé par la plupart des Invertébrés, où il joue un rôle physiologique important.

Nous ne dirons rien d'autres éléments fort rares que les plantes et les animaux extraient cependant de l'eau pour les fixer en quantité appréciable dans leurs tissus et squelettes. Le *fluor* et l'*argent* sont accumulés par les Coraux, le *zinc* par les Fucus, le *magnésium* par les Zostères, le *rubidium* par les Huîtres dans leurs coquilles, le *strontium* par certains Fucus. Le *baryum* forme, à l'état de sulfate, de petits nodules dans divers fonds vaseux, notamment dans l'*Océan Indien*.

Le *manganèse*, le plus souvent allié au fer sous forme d'oxyde, forme des nodules plus ou moins gros ; on les rencontre un peu partout en très petits grains, mais plus gros et plus abondants parmi la vase rouge du Pacifique. Ils ont pour centre quelque corps étranger, par exemple des débris de coquilles, d'os, un fragment de pierre ponce, etc.

*Les gaz.* — On trouve dans l'eau de mer des gaz dont

quelques-uns sont de la plus haute importance biologique.

L'*acide carbonique* peut être extrait de l'eau qui en contient en moyenne 50<sup>cm<sup>3</sup></sup> par litre. Ce chiffre subit quelques variations, par exemple dans les mers closes, froides, comme la Baltique, où il y en a moins, et dans la Méditerranée, où il y en a plus. On remarque en effet que la quantité d'acide carbonique augmente avec la salinité, et que sa solubilité dans l'eau de mer est plus grande que celle de l'oxygène et de l'azote.

On a constaté que l'acide carbonique ne se présente pas dans l'eau de mer seulement à l'état de dissolution, mais aussi en combinaison instable avec la chaux par exemple, à l'état de bicarbonate de calcium; ce sel se décompose facilement pour mettre l'acide carbonique en liberté, sous l'influence des variations de la pression atmosphérique. La tension de l'acide carbonique dans l'air en contact avec la surface des mers influe sur le dégagement ou la dissolution de ce gaz dans l'eau; il en résulte que la mer est le grand régulateur de l'acide carbonique dans l'air.

La quantité de cet acide est aussi modifiée par l'apport des éruptions volcaniques sous-marines, et par les phénomènes respiratoires des êtres vivants; chacun d'eux n'a qu'une action minime, mais ils sont si nombreux que la somme est considérable. Enfin la quantité et les combinaisons de l'acide carbonique sont soumises à l'influence de la température de l'eau.

L'*oxygène* est aussi en dissolution dans l'eau de mer. On peut en extraire 36 pour 100 du gaz total, alors que dans l'atmosphère il n'y en a que 21 pour 100. La plus grande partie de ce gaz provient de l'air, le reste provient des

échanges respiratoires des êtres vivants; la consommation qu'ils en font est en rapport avec les variations de la température. La quantité d'oxygène dissous diminue depuis la surface jusque vers 500<sup>m</sup>, après quoi elle reste constante.

Les combinaisons de l'oxygène avec les corps de toutes sortes en dissolution dans la mer sont innombrables.

L'azote provient aussi, en très grande partie, de l'atmosphère; une plus faible proportion résulte de la décomposition des matières organiques albuminoïdes des êtres vivants, animaux et plantes.

Cette transformation donne aussi de l'ammoniaque, qui est l'origine des nitrates.

Il faut encore remarquer que, contrairement à l'oxygène qui est constamment utilisé par les animaux et les plantes qui le fixent, et constamment remplacé par de nouvelles quantités empruntées à l'atmosphère et aux plantes, l'azote ne se renouvelle presque pas.

Signalons enfin l'acide sulfhydrique, qui se trouve dans les régions côtières où il résulte de la décomposition des matières organiques, surtout dans les mers tropicales, et au fond de la mer Noire.

Remarquons aussi que la solubilité des gaz est liée aux variations de la température de l'eau; plus celle-ci est chaude, moindre est l'absorption des gaz; il en résulte que les mers polaires en contiennent plus que les mers équatoriales.

*Le pH.* — Les tableaux analytiques que l'on vient de lire donnent une bonne idée de ce qu'est la composition moyenne de l'eau de mer au moment où le chimiste opère. Mais les travaux modernes ont montré que ce mélange d'éléments de toutes sortes en dissolution dans l'eau est

tout à fait instable. S'il y a, par exemple, une proportion parfaitement définie de calcium dans un litre d'eau, celui-ci n'est pas immuablement à l'état de carbonate; il peut revêtir divers états selon qu'il y a plus ou moins d'acide carbonique dans l'eau; cette proportion dépend de sa tension dans l'atmosphère, etc. Il en est de même pour les autres corps qui sont en solution pour constituer l'eau de mer, et qui, de ce fait même, déterminent des phénomènes physico-chimiques très compliqués.

Il faut remarquer que des variables nombreuses s'introduisent à chaque instant dans le problème et en rendent la solution précise sinon impossible d'une manière générale, du moins très instable pour une même localité. Nous avons déjà fait remarquer l'influence des apports d'eau douce par les fleuves et les pluies, la variation dans la solubilité des éléments solides, tels que les calcaires, suivant la température, les apports de poussières des continents ou des volcans, la richesse en êtres vivants, etc. Ces derniers compensent plus ou moins, selon les climats, les apports de chaux ou de silice par l'utilisation qu'ils en font pour se construire des squelettes; c'est le cas des coraux, etc. Tout cela produit d'innombrables variations locales.

Il serait tout à fait déplacé d'entrer ici dans des explications fort longues et très compliquées sur la nature des molécules et des ions; le lecteur, qui désirera s'instruire dans cette partie de la Chimie physique, trouvera dans le livre de M. Legendre, *La concentration des ions hydrogène de l'eau de mer*, tous les renseignements que fournit la science actuelle sur la chimie physique des solutions. Les notions concernant l'eau de mer, qui peut se ramener à une solution complexe de chlorure de sodium dans l'eau, intéressent plus

particulièrement la biologie marine. Sur 10 millions de molécules d'eau, une seule est dissociée en ions, tandis que 74 pour 100 des molécules de chlorure de sodium sont dissociées en ions. Toutes ces molécules et ces ions, à charge électrique diverse, grâce à leur énergie, se combinent et se séparent constamment; ils sont animés de mouvements rapides et compliqués de translation, de rotation et de vibration.

Toutes ces actions et réactions déterminent un équilibre des ions qui constitue la concentration en ions hydrogènes, que l'on désigne par le symbole « pH ».

Ce pH peut varier dans la mer pour des causes nombreuses, parce que cette eau n'est pas partout la même. La mesure du pH montre qu'il peut varier entre certaines limites susceptibles d'être indiquées par des chiffres, comme des degrés sur un thermomètre. On remarque alors que chaque animal marin vit de préférence dans une eau dont le pH atteint un certain chiffre et qu'il ne saurait vivre si le pH dépasse, en haut ou en bas, une certaine limite; il y a là une explication des déplacements des poissons qui émigrent si le pH vient à dépasser les limites qui sont favorables à leur existence. Powers attribue les migrations du hareng à cette cause; mais comme Atkins a constaté des migrations de ce même poisson dans des eaux où le pH était resté à peu près constant, on voit que la question n'est pas tranchée, et que si le pH peut être considéré comme un facteur dont on doit tenir compte, il s'en faut de beaucoup que ce facteur suffise à tout expliquer. Les anciennes études sur les variations de la salinité, de la température, de la lumière, etc., conservent toute leur valeur; les résultats obtenus ne semblent en aucun cas infirmés ou même sensiblement modifiés par la théorie du pH.

CARACTÈRES PHYSIQUES. — *Pression.* — Si l'on considère que la densité moyenne de l'eau de mer est d'environ 1,027, il faut une colonne d'eau ayant à peu près 10<sup>m</sup>, 07 de hauteur pour exercer une pression de 1<sup>atm</sup>, et par conséquent, dans les plus grandes profondeurs connues, à 9780<sup>m</sup> la pression est d'environ 963<sup>atm</sup>.

L'action de la pression sur les êtres vivants est moindre qu'on le croyait autrefois, où l'on pensait qu'ils seraient écrasés, et que la vie est impossible dans les grandes profondeurs. Des expériences modernes ont montré que les liquides internes des animaux sont en équilibre avec l'eau ambiante à travers leur peau, et qu'il suffit que les compressions et décompressions ne soient pas brusques pour qu'ils n'en souffrent aucunement.

*Température.* — Si l'on compare un océan comme l'Atlantique à une vaste cuvette fusiforme étendue d'un pôle à l'autre, ayant son maximum de largeur aux environs de l'équateur, on peut dire qu'il est rempli de couches d'eau dont la température, en surface, va en décroissant des pôles à l'équateur. En profondeur, on peut le considérer comme formé de cuvettes emboîtées, dont la plus grande va d'un pôle à l'autre en recouvrant le fond, et la plus petite occupe l'équateur. Il résulte de cette disposition que l'eau polaire, aux deux extrémités de la plus grande cuvette, est à 0° environ; les eaux profondes qui, en recouvrant le sol sous-marin, vont d'un pôle à l'autre, sont en continuité avec les eaux polaires et ont la même température. La cuvette suivante, celle qui a 1° par exemple, s'emboîte dans la première; elle ne va pas jusqu'aux pôles et ne touche pas le fond, et ainsi de suite jusqu'à la région équatoriale du sys-

tème où la cuvette centrale est peu étendue, peu profonde, et formée d'eau présentant le maximum de température.

Dans les régions polaires, l'eau de mer peut descendre à  $-2^{\circ}, 22$ , après quoi elle se congèle. Cependant on a trouvé quelques points du banc de Terre-Neuve où l'eau reste liquide à  $-5^{\circ}$ . On ne s'explique pas ce phénomène qui semble ne se produire que dans des cuvettes très restreintes. A l'équateur la température atteint  $+33^{\circ}$ ; elle peut même atteindre  $+35^{\circ}$  dans quelques points de la mer Rouge, du golfe Persique et du golfe du Mexique.

Il résulte de ce dispositif que, si l'on descend un thermomètre dans la région équatoriale depuis la surface jusque dans les grandes profondeurs, il traversera successivement toutes les couches d'eau depuis les plus chaudes jusqu'aux plus froides. Si l'on se sert d'un instrument enregistreur approprié, on lira sur la courbe son passage à travers toutes ces couches et l'on pourra successivement mesurer l'épaisseur de chacune d'elles. On arrive au même résultat en descendant sur un fil de sonde une série de thermomètres dont chacun marque la température de la couche d'eau où l'on a arrêté sa descente. La connaissance des diverses températures de la mer en un point a une grande importance en biologie.

Les variations dues aux saisons n'intéressent que les couches superficielles; elles sont peu étendues dans les mers chaudes où il n'y a que des différences de 2 à 3 degrés entre l'été et l'hiver. Dans nos climats tempérés, il y a en moyenne 7 ou 8 degrés d'écart, ce qui ne paraît pas considérable, mais influe cependant beaucoup sur les animaux du littoral et de la surface et sur leurs déplacements.

Les mers closes, comme la Méditerranée, suivent une loi

particulière et fort différente de celle des océans ouverts. Celle-ci ne communique avec l'Atlantique que par l'étroit orifice de Gibraltar, profond d'environ 360<sup>m</sup>. Jusqu'à ce niveau les eaux superficielles subissent des modifications saisonnières de température, et descendent en hiver à 13° environ; mais depuis ce niveau jusqu'aux plus grandes profondeurs, qui sont de 4440<sup>m</sup>, la température se maintient sans changement appréciable; un peu moins de 13° dans le bassin occidental, 13°, 5 dans le bassin oriental. Cette température de 13°, 5 correspond au minimum atteint par les eaux de la surface à la plus froide saison de l'année. A cette profondeur de 4500<sup>m</sup> dans l'Atlantique, la température est d'environ 2°.

Les récentes explorations ont démontré que cette condition particulière est défavorable au développement de la faune qui est très pauvre dans les grandes profondeurs des mers closes.

La plupart des êtres marins sont très sensibles aux variations de température et l'on peut considérer comme des frontières, que beaucoup d'entre eux ne peuvent franchir, la limite qui sépare les eaux de deux régions voisines, mais de température différente. On appelle *Sténothermes* ces animaux très sensibles, et *Eurythermes* ceux qui le sont moins. Ceux-là, quelquefois, sont cosmopolites, tant ils sont indifférents à ces changements. La limite en surface se retrouve en profondeur, et les animaux sténothermes de la surface ne peuvent descendre à une profondeur importante, principalement par suite de la différence de température des eaux qui sont d'autant plus froides qu'elles sont plus profondes.

Le contact d'un courant chaud, comme le Gulf Stream,

avec un courant froid, comme celui du Labrador, occasionne dans les eaux de Terre-Neuve la mort brusque d'une énorme quantité d'animaux amenés au contact des deux courants.

*Viscosité.* — Si l'on projette dans un bac d'eau de mer une poignée de sable où se trouvent des éléments de diverses grosseurs, on remarque que les plus gros sont plus rapidement rendus au fond que les plus fins; si ces derniers sont microscopiques, ils mettent très longtemps à toucher le fond. On a cependant eu soin de choisir un sable homogène dont tous les éléments ont la même densité.

Ce résultat est dû à ce que tous les liquides possèdent une *viscosité* caractéristique qui retarde la plongée des objets d'une densité supérieure à celle de ce liquide. Mais en outre la forme de l'objet qui plonge modifie la rapidité de sa descente. Si cet objet est sphérique, il offre le minimum de résistance et sa vitesse de plongée est maximum; si, au contraire, sans changer son poids ni son volume, on l'aplatit en forme de lame, celle-ci plongera beaucoup plus lentement, si sa surface plate est perpendiculaire à la direction de la descente.

Il faut donc considérer trois facteurs : la densité du corps, la viscosité de l'eau, la surface de résistance du corps.

Si la densité est moindre que celle de l'eau, le corps flotte.

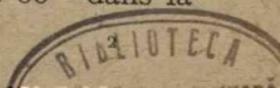
Il faut encore remarquer que la viscosité de l'eau varie avec la salinité et la température. Si l'on prend pour base l'eau distillée à 0° et qu'on lui donne le chiffre 100 pour indice, l'eau de mer à 0° et contenant 30 pour 1000 de sels aura une viscosité de 102; à 10° la viscosité n'est plus que

de 75; à 30<sup>o</sup> seulement de 47. Ces chiffres ont été obtenus par les calculs d'après les Tables de Knudsen pour la densité et d'Ostwald pour la viscosité, et d'après les travaux de Murray. Il en résulte que la diminution de la salinité et de la viscosité accroissent la vitesse de plongée d'un corps, tandis que son pouvoir de flottage s'accroît si la densité et la viscosité augmentent.

Tout ce qui précède sert de base aux mouvements du plancton dans la mer. Nous aurons à y revenir largement plus loin.

*Transparence.* — La transparence de l'eau de mer est variable selon sa pureté; il est à peu près impossible de l'observer à l'état de pureté absolue ailleurs que dans les laboratoires. Elle contient toujours des êtres vivants ou des poussières minérales; leur proportion peut être minime, mais quand on examine la mer sur une forte épaisseur, quelque rares que soient les corps étrangers, ils finissent toujours par réduire la transparence.

Près des côtes les poussières provenant du rivage sont très abondantes, surtout dans le voisinage des falaises calcaires; la transparence de l'eau est presque nulle; elle est plus grande lorsque la côte est de roche dure, par exemple de granite. En outre, l'agitation du fond par les vagues, les courants de marée, même par le vent, trouble toujours sensiblement la transparence. C'est donc seulement au large que l'on peut obtenir des précisions sur la transparence de l'eau au moyen de l'appareil de Secchi; c'est un disque blanc que l'on immerge au bout d'une corde dont on mesure la longueur au moment où le disque cesse d'être visible; on obtient ainsi 33<sup>m</sup> dans la Méditerranée et 66<sup>m</sup> dans la



mer des Sargasses, beaucoup moins lorsque de nombreux êtres microscopiques sont en suspension dans l'eau.

La couleur naturelle de la mer est bleue; mais son intensité varie avec la salinité et la température, et aussi avec la quantité d'êtres vivants qu'elle renferme. On observe ainsi des bleus plus ou moins intenses, tirant aussi sur le vert, dans différentes mers.

*Pénétration de la lumière.* — La lumière solaire est décomposée dès son premier contact avec l'eau de mer à la surface; elle n'y pénètre que sous la forme de ses radiations fondamentales dissociées et diversement colorées. Les choses se passent par conséquent comme si cette eau était un prisme. Mais ces diverses radiations ont un pouvoir de pénétration très variable. Les radiations rouges sont absorbées dès les premiers centimètres au-dessous de la surface. Les autres s'éteignent successivement, les dernières étant les violettes qui descendent jusqu'à une profondeur de 1000<sup>m</sup> environ. Mais il est probable que les radiations ultraviolettes pénètrent plus profondément encore. Les diverses profondeurs auxquelles s'arrêtent ces éléments de la lumière solaire décomposée déterminent des zones biologiques de la plus grande importance pour les plantes et les animaux; nous en parlerons dans un chapitre spécial.

LES MOUVEMENTS DE L'EAU DE MER. — Les caractères qui viennent d'être énumérés se rapportent à une eau de mer en équilibre; mais c'est un état purement théorique, qui ne se produit jamais, car elle est perpétuellement en mouvement. Sa masse entière est agitée depuis la surface jusqu'au sol abyssal par des courants, des vagues, des marées, qui

déplacent ses différentes couches avec plus ou moins d'intensité.

Les mouvements les plus faibles, qui peuvent être presque nuls les jours de calme plat, consistent en de légères rides qui, en s'accroissant, deviennent des vagues. Si le vent devient plus fort, ces vagues grossissent et la houle violente déferle sur le rivage. Elle se transforme en tempête, où les vagues atteignent 18<sup>m</sup> de hauteur dans le Pacifique, dépassant rarement 10<sup>m</sup> dans nos mers. Ces vagues sont des ondulations qui se propagent horizontalement en soulevant l'eau sur leur passage, mais sans l'entraîner dans leur course. Ces ondes ne sont pas seulement superficielles; elles intéressent une couche d'eau profonde qui, lorsqu'elles arrivent près du rivage, bouleversent le sol sous-marin de la côte.

Les vagues ont une très grande importance au point de vue des êtres flottants et de ceux qui vivent sur les plages et les rochers du littoral.

Les marées ont une amplitude variable selon les points où on les observe. Autant elles sont peu sensibles au milieu des océans, autant sur la côte elles produisent des actions importantes pour les êtres vivants. Les déplacements des masses d'eau dans un court espace de temps déterminent des *courants de marée* qui, lorsque la conformation de la côte s'y prête, peuvent être d'une extrême violence. C'est le cas de la baie de Fundy où, deux fois dans la journée, la mer baisse et monte de 21<sup>m</sup>, au détroit de Magellan de 18<sup>m</sup>, à Granville de 15<sup>m</sup>. Ces chiffres sont des maxima; en général les mouvements verticaux n'atteignent que quelques mètres (2 ou 3 dans la plupart des cas).

Ces courants agitent les fonds, déplacent les bancs de

sable, usent les falaises du littoral, brassent les eaux côtières, entraînant au large les apports divers des cours d'eau et es détritiques qui s'échouent sur les plages.

La zone, qui, sur les côtes, est comprise entre les niveaux où montent et descendent les plus fortes marées, est dite *intercotidale*. Elle est habitée par une flore et une faune abondantes qui jouent un grand rôle dans la biologie marine.

Les grands courants océaniques ont une amplitude beaucoup plus considérable que les courants de marée. Ils résultent d'une incessante circulation qui consiste dans la descente des eaux polaires froides qui, glissant sur le sol sous-marin, arrivent dans la région équatoriale. Là les eaux de la surface, échauffées par le climat torride, se dilatent et glissent de l'équateur vers les pôles. Cet écoulement superficiel, centrifuge, d'eau chaude est compensé par l'arrivée centripète profonde de l'eau froide. Il s'établit à l'équateur un courant vertical qui fait monter l'eau froide du fond vers la surface; elle s'échauffe peu à peu, devient superficielle et constitue le soulèvement à température élevée qui est le point de départ des grands courants chauds. C'est ainsi que les choses se passent pour le Gulf Stream.

La nappe chaude équatoriale qui lui donne naissance est déviée vers la côte américaine par la rotation de la Terre. Elle forme là un vaste fleuve, dont la profondeur dépasse 1000<sup>m</sup>, la vitesse 10<sup>km</sup> à l'heure, la température 32°; sa couleur est d'un bleu vif. Mais plus loin sa température baisse, sa vitesse et sa profondeur diminuent; il est écarté de la côte américaine par le courant froid, le *Cold wall*, descendu des régions polaires; il est dévié vers l'Est sous forme d'une large nappe de plus en plus mince; au milieu

de l'Atlantique, il n'a presque plus de vitesse propre et ses eaux sont à peu près descendues à la température moyenne de l'Atlantique tempéré dans ces régions.

On admettait unanimement, il n'y a pas encore bien longtemps, que le Gulf Stream continue encore sa course vers l'Orient sous forme de rameaux en éventail, dont les uns se dirigent vers le Nord, les autres vers l'Est et finissent par arriver aux côtes d'Europe; d'autres, se courbant vers le Sud, se joignent aux Canaries à un courant équatorial, enfermant la mer des Sargasses dans un vaste tourbillon circulaire.

Cette théorie est actuellement contestée; les observations de M. Le Danois tendent à établir que ce ne sont point les rameaux du Gulf Stream qui s'épanouissent ainsi en éventail vers le nord, l'est et le sud de l'Atlantique boréal. Ce courant est définitivement éteint au milieu de l'Atlantique, et ce que l'on prend pour ses rameaux n'est autre chose qu'une vaste nappe d'eau superficielle et chaude qui, chaque année, s'étend de la région équatoriale vers les régions septentrionale, orientale et occidentale de l'Atlantique. C'est une véritable marée annuelle, qui transporte cette eau tropicale plus chaude vers les latitudes plus septentrionales et recouvre les eaux froides de ces régions.

Peu à peu cette nappe chaude, cette *transgression*, se refroidit à mesure qu'elle arrive dans les régions tempérées puis polaires, ne se distingue plus par sa température de l'eau sous-jacente, mais est encore reconnaissable par sa salinité différente.

Cette transgression chaude apporte avec elle une faune spéciale, et c'est ainsi que certains animaux, comme le Thon, la suivent exactement. Elle a donc une grande impor-

tance au point de vue biologique et nous la retrouverons plus loin.

Les courants froids descendant des pôles sont superficiels dans leurs régions de départ, puis, dans les régions tempérées, ils disparaissent sous les nappes chaudes et glissent sur le fond. On peut donc dire que les eaux polaires, d'un pôle à l'autre, recouvrent le sol sous-marin; ce fait explique d'importantes particularités de la faune abyssale.

L'étude des courants a montré en outre que les transgressions dont il vient d'être parlé constituent une marée annuelle. Mais elle n'a pas tous les ans la même intensité; l'étude des courbes et des documents résultant de très anciennes observations ont montré des maxima tous les 55 ans, et d'autres, encore plus nets, tous les 111 ans avec des minima intercalaires. L'ensemble de la courbe séculaire montre des oscillations en dents de scie qui semblent correspondre à des maxima et des minima de la pêche de certains poissons. Ceci n'est pas encore suffisamment précis, et il est vraisemblable qu'il faudra de nombreuses années de patientes observations pour arriver à formuler une loi définitive.

Signalons enfin des courants verticaux qui, dans toutes les mers, sont dus aux échanges entre les diverses couches d'eau, conséquence de leurs différences de température et de salinité. Ils sont d'ailleurs de très faible vitesse.

*La cuvette océanique.* — La masse des eaux marines est contenue dans un vaste bassin, à contour extrêmement sinueux, qui occupe plus des deux tiers de la surface du globe. Mais si les bords sont accidentés, le fond est, au contraire, très uniforme, et ne présente que çà et là des déni-

vellations subites. On peut se le représenter comme une cuvette peu profonde par rapport à son diamètre, ressemblant plutôt à un plateau légèrement et inégalement creux. Il s'ensuit que si par exemple on examine la coupe de l'Atlantique allant d'Europe aux États-Unis, on aura l'impression d'une vaste plaine ondulée, légèrement bombée en son centre, à cause de la sphéricité du globe, un peu déprimée par deux vallées parallèles aux côtes est et ouest et séparées par une arête longitudinale médiane.

Il est rare que la côte s'enfonce brusquement sous les eaux et que de grandes profondeurs se trouvent près des côtes; cela ne se rencontre que là où une chaîne de montagnes borde le littoral; partout ailleurs la terre côtière s'enfonce progressivement sous les eaux, s'y continue insensiblement et les grandes profondeurs se trouvent reportées très loin de la ligne du rivage.

Entre ces deux types extrêmes, on observe tous les intermédiaires.

Sur ce sol monotone il se produit en certains points des fosses plus profondes, des dépressions en forme de cuvettes à peu près circulaires ou de cassures allongées de l'écorce terrestre vraisemblablement d'origine volcanique; la pente de leurs parois est plus accentuée que celle des terrains voisins, mais elle ne paraît que très exceptionnellement formée de falaises à pic. Il est d'ailleurs difficile de préciser, car il faudrait pour cela avoir des sondages très rapprochés les uns des autres, ce qui n'est pas le cas; la documentation suffisamment serrée fait donc défaut sous ce rapport. Cependant la grande cassure des îles Tonga paraît former un profond sillon qui atteint au maximum 9780<sup>m</sup>.

Un autre ravin, près de Porto Rico, atteint 8526<sup>m</sup>;

celui du Japon 8513<sup>m</sup>, celui des îles Aléoutiennes 7384<sup>m</sup>. Aux Açores la fosse de Monaco atteint 6290<sup>m</sup>; dans la Méditerranée la plus grande profondeur connue est une dépression de 4440<sup>m</sup> entre la Sicile et Corfou.

Si l'on établit la moyenne des profondeurs des régions formant la bordure de la cuvette, des dépressions extraordinaires et des surfaces à profondeur normale qui sont de beaucoup les plus étendues, on arrive à une épaisseur moyenne d'environ 4100<sup>m</sup> d'eau; dans l'état actuel de nos connaissances on peut estimer que ce chiffre est exact; cependant il faut faire une réserve, car la plus grande partie du Pacifique Sud et de l'océan Antarctique n'est pas suffisamment explorée.

La bordure des continents et des îles, jusqu'à une profondeur d'environ 200<sup>m</sup>, constitue une sorte de socle ou de soubassement aux terres émergées, connu sous le nom de *plateau continental*. Sa largeur est très variable; presque nulle le long des côtes montagneuses où la mer est presque tout de suite profonde, elle s'étend à plusieurs centaines de kilomètres quand la pente du terrain est très faible, notamment dans le voisinage des estuaires.

Sur ce plateau continental, l'action des marées et des courants littoraux se fait sentir; la section profonde des vagues en agite le sol; les variations saisonnières de la température y sont sensibles; la lumière y pénètre encore assez pour que les végétaux fixés puissent y vivre; ils manquent totalement au delà du plateau continental. Les accidents du terrain émergé, comme les vallées des fleuves, s'y remarquent encore, mais ne se prolongent pas au delà.

Le fait que ce plateau continental supporte des végétaux a pour conséquence une faune d'animaux herbivores

qui manque totalement plus bas. C'est sur ce plateau que vivent les animaux tels que les poissons côtiers qui recherchent les rochers; beaucoup d'êtres du large y trouvant la lumière, la chaleur et la nourriture nécessaires à leurs jeunes viennent y pondre. C'est le lieu habituel de la pêche côtière et littorale.

Ce plateau continental a donc une physionomie très spéciale qui disparaît complètement au delà de sa limite de 200<sup>m</sup>. Nous y reviendrons plus loin à propos des diverses conditions du sol.

A la profondeur de 200<sup>m</sup> la pente du soubassement s'accroît et conduit bientôt aux fonds de 1000<sup>m</sup> qui marquent à peu près la limite de la cuvette abyssale.

Déjà sur le plateau continental le relief de la côte était fortement estompé. C'est au bord de la côte seulement que l'on remarque des empilements de rochers prolongeant les falaises, des ravins prolongeant les vallées; bientôt tout cela s'atténue, les arêtes vives disparaissent, les sinuosités arrondissent leur relief. Plus la côte s'enfonce, plus cet aspect de contours émoussés s'accroît et s'aplatit par suite des dépôts sédimentaires qui comblent les creux, submergent les saillies; quand on a dépassé le bord du plateau continental tout est recouvert de ce linceul monotone et monochrome qui ne laisse pointer que dans de rares régions, principalement volcaniques, quelques arêtes vives. Nous verrons plus loin ce qu'est ce revêtement sédimentaire qui couvre le sol sous-marin, en supprime les aspérités; si l'on pouvait aller voir ce paysage, il est probable que l'on en rapporterait l'impression d'une tristesse incomparable.

*Origine des sédiments.* — Ce qui précède montre que, sauf

sur le littoral bordé par la roche vive, le fond de la mer est presque partout recouvert par des éléments solides de petite taille, indépendants les uns des autres, qui constituent un sol meuble. Les uns sont d'origine purement minérale, les autres, au contraire, sont d'origine organique, débris provenant d'animaux et de végétaux. Mais il s'en faut que ces éléments soient disséminés au hasard.

La plus grande partie de ces matériaux provient de la démolition des continents. La mer, en sapant la base des falaises, amène tôt ou tard leur écroulement sur la côte; la vitesse du recul de la falaise est très différente selon qu'elle est constituée par une roche dure comme le granite ou par une roche peu consistante telle que la craie. La démolition de la falaise s'effectue par le choc des vagues qui, les jours de tempête, en frappent violemment la base; mais les cailloux et les galets projetés par les vagues comme une mitraille y contribuent activement; le vent frotte aussi les grains de sable des plages contre les roches, ce qui les use par polissage.

Ces actions mécaniques diverses ont pour résultat non seulement de démolir la côte, mais de réduire peu à peu ses débris. Le frottement des pierres entre elles abat leurs angles, les polit et les transforme progressivement en galets ellipsoïdaux de tailles variées; les plus gros, en effet, sont les plus jeunes, et les plus petits ne sont que le résultat de leur usure prolongée par frottement. Ils finissent par être réduits à des grains microscopiques qui constituent les éléments des graviers et des sables, mêlés à d'autres d'une origine différente. Mais ces galets et ces sables sont encore trop gros et trop lourds pour être entraînés au large. A mesure qu'ils diminuent on les voit occuper des positions

différentes sur une plage : les plus gros sont tout au sommet, où les projettent les grands coups de mer ; ceux qui sont au milieu de la plage sont plus petits, mais c'est seulement au bas de la plage que sont déposés des éléments plus fins.

Il résulte de ces dispositions que les plages offrent aux plantes et aux animaux des séjours très variés dont ils acceptent certains, refusent les autres ; nous expliquerons plus loin pour quelles raisons.

Tous ces sables poussés par le vent, usés par leur frottement finissent par être transformés en poussières impalpables dont les éléments sont invisibles à l'œil nu ; celles-ci sont entraînées vers le large et, après un temps extrêmement long, elles finissent par tomber sur le sol océanique. Elles constituent dès lors les éléments des argiles qui recouvrent d'une nappe continue le fond des océans. Encore faut-il remarquer que des actions chimiques se produisent lentement dans la mer qui réduisent encore ces poussières, notamment les grains de calcaire ; ils fondent en route, au cours de leur descente aux abîmes, de sorte qu'on ne les trouve plus dans le sol abyssal au delà d'une certaine profondeur.

A ces éléments minéraux provenant du littoral il faut en ajouter d'autres qui ont une grande importance. Sur les continents, les pluies, la fonte des neiges, désagrègent les terrains ; les gelées font éclater les roches des montagnes ; les eaux entraînent tous ces débris aux rivières et aux fleuves qui les amènent à la mer. Ces matériaux, d'origine continentale, sont de poids et de volumes variés ; ils se déposent, quand ils sont lourds, près de la côte et constituent des dépôts de sable, de vase, dans les embouchures et les deltas des fleuves. Les plus fins se comportent comme ceux que

nous venons d'étudier et partent pour le large et les grands fonds.

Ajoutons encore les sables et les poussières entraînés par le vent; les uns tombent à la mer, près des côtes, ce sont les plus gros; les autres n'y sont précipités que beaucoup plus loin, ce sont les plus fins.

A ces éléments viennent se joindre les produits des éruptions sous-marines. Tantôt ce sont des laves qui constituent à peu près les seules roches solides du fond des océans, destinées d'ailleurs à être recouvertes lentement par la chute des poussières, tantôt ce sont des pierres poncees, des éléments vitreux, ressemblant à des sables ou à des poussières. On retrouve sous le microscope ces éléments volcaniques mêlés à ceux dont nous venons d'indiquer l'origine continentale.

Les icebergs entraînent avec eux des débris des rochers polaires englobés dans la glace; lorsque la dérive a entraîné ces icebergs dans les océans tempérés, ils fondent et laissent échapper les fragments de roche qui tombent au fond, marquant sur le sol abyssal, comme par des bornes ou des jalons, le trajet bien défini des icebergs à la surface.

Il en est de même pour les scories des paquebots; ces grands navires suivent des trajets immuables, comme des routes; les escarbilles, jetées par chacun d'eux en grandes quantités, ont fini par tracer sur le sol océanique des pistes comme macadamisées; on retrouve souvent ces scories dans les dragages; elles servent de support à des animaux qui, ne trouvant pas d'autres corps solides dans les grands fonds recouverts de la nappe uniforme d'argile fine, les recherchent pour se fixer.

Il resterait à parler ici des éléments du fond fournis par

les animaux et les plantes; ils prennent une part très importante à la formation du sol abyssal. Mais nous reprendrons cette étude un peu plus loin, quand nous aurons étudié les êtres qui, par leur travail très lent, mais continu, contribuent finalement pour une large part à la constitution du plancher océanique; ainsi qu'on peut le constater dans les couches stratifiées de l'écorce terrestre, ils ont construit, depuis les temps géologiques les plus reculés, en accumulant leurs débris fossilisés, une importante partie des terrains sédimentaires. Mais ces êtres ne contribuent pas seulement par l'accumulation de leurs dépouilles à exhausser le sol océanique; le travail de certains d'entre eux contribue à réduire en fine poussière les roches de la côte ou les constructions d'autres animaux; ces poussières, ainsi libérées, viennent se joindre à celles que les vagues, les fleuves, le vent ont apportées et leur ensemble, d'origines très variées, forme le tapis uniformément pulvérulent qui recouvre le fond des mers.

L'ensemble de tous les dépôts sous-marins a été réparti en diverses catégories. On remarque d'abord ceux qui sont sur le bord même de la mer, roches, galets, graviers, sables, plages vaseuses, vases des estuaires, accumulations de coquilles, etc. Tout cela correspond à la zone du balancement des marées. Un peu plus bas on retrouve la plupart de ces éléments mais moins volumineux, les roches étant plus rares et recouvertes par de nombreux végétaux. Mais ceux-ci disparaissent bientôt, et vers le bord du plateau continental on n'en trouve plus aucun.

Tout autour des continents s'étend une zone de *dépôts terrigènes* fort importante, puisque, d'après Murray, elle recouvre le cinquième de la surface totale du fond des

mers, soit environ 75 millions de kilomètres carrés; les *vases bleues* sont la principale partie de ce dépôt, qui recouvre aussi entièrement le sol des mers closes comme la Méditerranée.

Dans certaines zones se trouvent des *vases rouges* provenant des apports ferrugineux des grands fleuves américains ou des vases vertes colorées par la glauconie.

L'*argile rouge* recouvre les quatre cinquièmes des fonds océaniques, tantôt à l'état de pureté, dans les grandes profondeurs, tantôt mêlée à des débris d'animaux; ce sont les éléments extrêmement fins dont il vient d'être question qui la constituent, formant une pâte homogène, de consistance grasseuse, de coloration rougeâtre quand elle est humide, blanc jaunâtre quand elle est sèche.

Cette argile rouge prend le nom de *vase à Globigérines* ou à *Radiolaires* lorsque les débris de ces êtres microscopiques s'y mêlent en quantité suffisante pour en modifier la composition et lui donner un nouvel aspect caractéristique. Nous en reparlerons plus loin.

## CHAPITRE II.

### LES MATÉRIAUX EN DISSOLUTION OU EN SUSPENSION DANS L'EAU DE MER.

Nous avons vu que l'eau de mer renferme en plus ou moins grande quantité des matières minérales variées; on peut même dire que tous les corps y existent, car tous sont au moins un peu solubles. Certains d'entre eux s'y trouvent en outre à l'état de suspension sous forme d'éléments excessivement fins. Il faut mentionner aussi la présence de matières organiques, comme l'albumine, qui proviennent de la décomposition des êtres vivants, ainsi que les groupements de matière à l'état colloïdal.

Certains de ces corps n'ont qu'une importance restreinte ou même nulle; il vaut mieux dire que nous ne la connaissons pas, au point de vue biologique, qui seul nous intéresse ici. Beaucoup de ces éléments sont d'ailleurs en quantités tellement faibles dans les eaux océaniques qu'ils échappent à tout dosage chimique; ce n'est pas une raison pour nier leur action. Personne ne met plus en doute l'activité des médicaments homéopathiques qui souvent sont administrés à des doses défiant toute recherche chimique. Les notions récentes sur la constitution des ions et des molécules expliquent au contraire l'activité de ces corps; il doit vraisemblablement en être de même dans l'eau de mer.

*La chaux.* — Comme nous l'avons vu plus haut, la chaux, principalement sous forme de carbonate, a une grande importance dans la vie des êtres marins qui l'utilisent pour en former leurs os, coquilles, carapaces, spicules, habitations, etc. Cette chaux, après la mort de l'animal ou de la plante qui l'a filtrée, accumulée et utilisée, se dissout en partie et, pour le reste, tombe sur le fond de la mer où elle constitue des sédiments. Telle est l'origine de ces terrains calcaires stratifiés qui jouent un rôle si important dans la constitution de l'écorce terrestre. Tôt ou tard, ce qui revient d'ailleurs au même, car le facteur « temps » est négligeable, n'ayant d'intérêt que pour l'homme qui le mesure, ces terrains calcaires émergés, lavés par les pluies, brisés par les gelées, pulvérisés par le vent, finissent par retourner à la mer. Le cycle de leur évolution est clos, mais un nouveau recommence, car ils sont repris par d'autres êtres marins qui remettent en marche une série d'utilisations nouvelles.

Les êtres marins trouvent la chaux dans l'eau sous forme de combinaisons diverses avec des acides, à l'état de carbonates, phosphates, sulfates.

C'est surtout le carbonate de chaux qui est important à suivre dans son évolution. La présence de l'acide carbonique de l'air le transforme en bicarbonate de chaux, et cette transformation est d'autant plus active que la tension de l'acide carbonique dans l'air, et consécutivement, la tension de cet acide dans l'eau en contact avec l'atmosphère, est plus forte.

L'influence de la température est également importante, et l'on sait que la fixation du carbonate de chaux par les animaux et les plantes marines est beaucoup plus intense et plus rapide dans les eaux équatoriales que dans les eaux

polaires, dans les eaux superficielles chaudes ou tièdes que dans les eaux profondes froides.

Les Crustacés qui, pour grandir, rejettent leur vieille carapace calcaire et la remplacent par une neuve, molle d'abord qui se solidifie bientôt après, procèdent à cette mue plus souvent pendant la saison chaude qu'en hiver.

La précipitation du carbonate de chaux augmente avec la température et l'alcalinité, et avec la diminution de tension de l'acide carbonique gazeux.

Le carbonate de chaux est utilisé par les animaux sous deux formes caractérisées par la différence de leur mode de cristallisation : la *calcite* rhomboédrique et l'*aragonite* orthorhombique. L'aragonite est plus soluble que la calcite. Il ne paraît pas qu'il y ait de règle dans la répartition de ces deux types de carbonate correspondant aux divisions zoologiques. On trouve quelquefois les deux types dans la même famille ; l'on sait en effet que chez les Mollusques bivalves la coquille est formée de deux couches, l'externe étant de calcite et l'interne d'aragonite. Au contraire, les Gastéropodes ont leur coquille presque toujours formée d'aragonite.

Les coraux constructeurs de récifs qui vivent dans les eaux équatoriales, ainsi que les animaux et les algues qui pullulent parmi eux dans les eaux chaudes superficielles, ont des squelettes et des coquilles calcaires beaucoup plus épais et plus solides que leurs congénères vivant dans les mers froides. On peut voir, par exemple, certains genres de Mollusques, dont les espèces équatoriales sont pourvues de coquilles énormes, lourdes, compactes, tandis que les espèces de mer froide ou profonde des mêmes groupes sont à peine recouvertes de coquilles minces, fragiles, trans-

parentes, qui disparaissent rapidement après la mort de l'animal.

Ce ne sont pas seulement les animaux cantonnés sur le sol marin, mais aussi ceux qui flottent dans le plancton qui présentent ce phénomène.

Ici se pose naturellement une question à laquelle il n'est guère possible actuellement de donner une solution suffisamment précise et satisfaisante.

Quel est le mécanisme biochimique par lequel un animal puise dans l'eau de mer le carbonate de chaux destiné à la fabrication de sa coquille ou de sa carapace. Voici par exemple un gros homard qui vient de muer; il a perdu toute sa carapace calcaire, dont le poids est considérable, plus de la moitié de son poids total; il l'a, en quelques jours, remplacée par une carapace neuve, encore plus lourde que la précédente. Par quel mécanisme intime les cellules de sa peau ont-elles pu retirer de l'eau de mer, où il y a une si faible proportion de carbonate de chaux dissous, assez de cette substance pour fabriquer rapidement sa nouvelle carapace. On ne sait pas au juste ce qui se passe dans une cellule de la peau d'un mollusque en train d'agrandir ou d'épaissir sa coquille. Cette cellule par son extrémité libre est en contact avec le sang de l'animal qui parcourt son manteau, par l'autre bout elle s'appuie sur la coquille en formation; que se passe-t-il dans le protoplasma de cette cellule pour qu'elle arrive à puiser du calcaire en faible dissolution à un bout pour le précipiter à l'état de calcite à l'autre bout. Nous ne pouvons répondre à cette question dans l'état actuel, très insuffisant, de nos connaissances.

Il semble probable toutefois que ce n'est pas sous la forme de carbonate que les animaux marins puisent le calcaire.

de l'eau de mer. Il est en proportion beaucoup plus faible que le sulfate de chaux. Mais les animaux n'emploient jamais le sulfate de chaux sous cette forme; ils le transforment après l'avoir absorbé, grâce à leurs sécrétions ammoniacales, en sulfate d'ammoniaque et en carbonate de chaux, mettant en liberté une certaine quantité d'acide carbonique. C'est ce carbonate de formation récente qu'ils emploient pour leur construction. Cette explication aurait besoin d'être reprise et précisée au moyen des méthodes modernes d'analyse physico-chimique.

*Phosphate de chaux.* — La matière vivante contient toujours une certaine quantité de phosphore combiné ordinairement à la chaux pour constituer le phosphate de chaux; il est un des principaux éléments des os; certains auteurs pensent qu'il se trouve sous une forme colloïdale dans la matière organique des os et autres éléments solides du corps des animaux. Dans la plupart d'entre eux, on en a trouvé en proportion plus ou moins faible, quelquefois plus forte, par exemple chez les Crustacés, les Spongiaires et les Brachiopodes.

On a vu, dans le tableau des substances contenues dans l'eau de mer, que le phosphore, sous forme de métaphosphate de chaux, s'y trouve pour 0<sup>g</sup>, 0156 par litre. Ce phosphore provient de la décomposition des organismes, et les êtres vivants le reprennent dans l'eau.

D'autre part on trouve dans les dragages profonds effectués dans diverses mers, en particulier au large du cap de Bonne-Espérance, des concrétions de couleur verte ou brune, irrégulières, composées de débris calcaires d'animaux cimentés entre eux par du phosphate de chaux. Il arrive même, à la

longue, que le phosphate de calcium se substitue au carbonate de calcium qui composait primitivement le débris d'un animal. Par exemple, la coquille calcaire d'un Foraminifère sert de point de départ à une concrétion phosphatique qui l'entoure et la remplit. Mais il arrive que l'on trouve au centre le Foraminifère initial, qui, par conséquent, était alors constitué par du carbonate de chaux, transformé en phosphate de chaux.

On a remarqué que les dépôts de nodules phosphatiques se trouvent surtout dans les régions voisines des côtes où des courants de températures différentes viennent en contact, ce qui occasionne la mort brusque de grandes quantités d'animaux.

Le phosphore, mis en liberté par la décomposition de tous ces cadavres sur le sol sous-marin, se combine immédiatement à la chaux autour des débris solides qui lui servent, en quelque sorte, de point d'attraction. Ces concrétions prennent part à la constitution des dépôts terrigènes désignés sous le nom de *vase bleue* ou *vase verte*.

On trouve dans certaines localités, par exemple en Tunisie, d'énormes gisements de phosphates fossiles, d'origine marine, où abondent des débris d'animaux, notamment des dents de squales. Les cadavres accumulés de ces poissons, dans des conditions qui nous sont inconnues, sont la cause principale de ces vastes gisements.

*La silice.* — Ce corps est dissous en très faible proportion dans l'eau de mer; mais une partie importante des poussières microscopiques qui y sont en suspension est siliceuse. C'est sous ces deux formes, solide ou dissoute, de la silice, que certains êtres marins l'utilisent pour en constituer les parties solides de leur corps.

Mais tandis que la chaux est utilisée par une foule d'animaux et de plantes, au contraire la silice est d'un usage restreint. Seuls parmi les végétaux marins, les microscopiques *Diatomées* l'emploient pour construire les merveilleuses carapaces qui les enveloppent. Parmi les animaux, on ne peut citer que les *Spongiaires* et les *Radiolaires*.

Les Diatomées et les Radiolaires font partie du plancton et, comme on le verra plus loin, elles pullulent dans certaines régions très étendues des océans au point de couvrir le sol marin d'énormes quantités de leurs débris accumulés. Les Spongiaires en construisent des spicules, aux formes multiples, ordinairement géométriques; certaines de leurs espèces de mer profonde en font de longs fils transparents et les entre-croisent en d'admirables tissus semblables à une légère dentelle. On retrouve ces spicules sous forme d'aiguilles dans les vases littorales et profondes; mais ils n'y sont jamais en quantités importantes susceptibles de caractériser un dépôt marin.

*Magnésium.* — Le carbonate de magnésium est très abondant dans l'eau de mer. On ne sait pas grand'chose de précis sur son rôle dans la vie des êtres marins; c'est surtout aux recherches de Sir John Murray que l'on doit quelques notions intéressantes sur ce sel qui est trois fois plus abondant et dix fois plus soluble que le carbonate de calcium. Il semble se comporter à peu près comme lui et il ne se trouve qu'à l'état de solution sous forme de bicarbonate de magnésium.

Sir J. Murray a constaté que les dépôts calcaires d'origine animale ou végétale, sables coralliens, algues calcaires, vase à Ptéropodes, etc. sont plus riches en carbonate de magnésium, surtout dans les dépôts de faible profondeur,

que les squelettes, coquilles, etc. récoltés sur ces mêmes êtres vivants. Il se fait donc, après leur mort et après un séjour plus ou moins prolongé au fond, un accroissement du carbonate de magnésium. Mais de toute manière ce dépôt est faible, puisqu'il ne représente guère que 1 pour 100 du sel de calcium. La teneur en magnésium de ces dépôts augmente à mesure que celle du calcium diminue.

Le phosphate de magnésium, en raison de son extrême solubilité, n'a pas d'intérêt au point de vue biologique.

*Soufre.* — Le soufre est encore un des éléments importants des organismes vivants, et celui que l'on décèle dans l'eau de mer a, en forte proportion, fait partie, à un moment donné, du protoplasma des plantes ou d'animaux. Il est aussi produit par des émissions volcaniques et provient de la décomposition des minéraux au contact de l'eau de mer.

Il est rarement à l'état de soufre pur; on le rencontre cependant sous cette forme dans la vase bleue; il est bien plus fréquemment combiné à l'état de sulfure ou de sulfate avec d'autres corps, fer, calcium, etc. qui se produisent sur le fond de la mer par la décomposition des cadavres d'animaux qui y tombent, provenant de l'épaisseur des couches d'eau successives.

Sir J. Murray estime que certaines Bactéries s'emparent des sulfates en dissolution dans l'eau et les réduisent en sulfures; ceux-ci se combinent ensuite avec le fer pour former du sulfure de fer insoluble. Certains de ces sulfures en s'oxydant peuvent mettre du soufre en liberté. Mais ce n'est qu'une très petite quantité du soufre total qui demeure oxydé dans la masse d'eau de ces océans.

L'accumulation de matières organiques dans le fond de

la mer Noire, qui n'est qu'un ancien marais enfoncé sous les eaux et séparé de la Méditerranée par le haut fond du Bosphore, dégage une grande quantité d'hydrogène sulfuré; l'oxygène de l'air ne pénètre pas en quantité suffisante pour que les animaux puissent vivre au delà de 200<sup>m</sup>. Dans les eaux du fond, à 2000<sup>m</sup> environ, on a trouvé 655<sup>cm<sup>3</sup></sup> d'hydrogène sulfuré par litre. Il s'y combine en partie avec des sels de fer, tandis que l'autre partie reste disponible dans l'eau.

*Le fer.* — Le fer ne joue qu'un rôle très restreint dans la vie des êtres marins. On le retrouve dans le sang des poissons, et en très minime quantité dans les cendres de beaucoup d'animaux et de plantes.

*Le cuivre.* — Ce métal, bien qu'en très faible proportion dans l'eau de mer, en est retiré par la plupart des animaux invertébrés. Ils l'utilisent dans leur sang pour remplir la fonction qui est dévolue au fer chez les Vertébrés. Chez ces derniers la matière active rouge, l'hémoglobine, a pour élément fondamental un sel de fer. Chez les êtres marins cette matière est remplacée par l'*hémocyanine*, dont la base est un sel de cuivre. Il en résulte que le sang de ces animaux est généralement de couleur bleue. On trouve encore du cuivre mêlé au calcaire dans les coraux.

### CHAPITRE III.

#### APERÇU DE LA FLORE ET DE LA FAUNE MARINES.

Dans le chapitre précédent nous avons indiqué sommairement les points principaux de la constitution chimique et physique de l'eau de mer, ainsi que de ses mouvements dans le vaste bassin à contours sinueux qui la renferme, et donné un aperçu de leurs conséquences biologiques.

Il faut maintenant examiner les êtres vivants que renferme cette masse d'eau et étudier leurs adaptations variées aux conditions multiples d'existence qu'elle leur offre.

Remarquons d'abord que les êtres qui vivent dans l'eau salée ont des représentants dans la plupart des divisions du règne animal; celles qui ne comprennent aucun marin parmi leurs membres forment la très minime exception.

Parmi les végétaux, la proportion est toute différente; il n'y a guère que les Algues qui pullulent dans l'eau salée et représentent à elles seules la presque totalité de la végétation marine. Les autres cryptogames, sauf les Bactéries, sont absentes; quant aux phanérogames, elles ne sont représentées que par les Zostères. On peut ajouter cependant que certaines plantes terrestres vivant au bord de la mer subissent profondément son influence en modifiant leur structure et leur aspect au contact des embruns salés amenés par le vent; il en est qui peuvent supporter une courte immersion

dans l'eau de mer les jours de grande marée; mais ce sont là de rares exceptions.

Les *microbes* abondent dans la mer; ils y jouent un rôle important dans la décomposition, non seulement des matières organiques, mais de divers sels qu'ils réduisent.

Parmi tous ces êtres, animaux et plantes, une partie vit attachée au sol sous-marin, les uns sur la côte, les autres dans les eaux plus profondes du plateau continental. Mais la plus grande partie vit flottante, depuis la surface jusque dans les eaux abyssales; ces êtres constituent le *plancton*. Beaucoup de ces êtres passent ainsi à l'état planctonique toute leur existence; d'autres, au contraire, vivent fixés pendant qu'ils sont jeunes et se libèrent ensuite; inversement on en trouve qui sont flottants pendant leur jeune âge et se fixent pendant leur vie adulte. Nous trouverons des exemples de ces différents cas.

Parmi les Algues nous pouvons signaler tout d'abord les *Diatomées* qui pullulent dans la mer, les unes à l'état flottant, les autres à l'état fixé ou rampant sur le sol du littoral. Elles jouent un rôle considérable dans la composition du plancton et dans l'alimentation des animaux.

La mer est le véritable domaine des Algues; elles recouvrent son sol, pourvu qu'il soit solide; elles y forment des tapis aux couleurs magnifiques qui s'étendent dans nos climats jusque vers 50<sup>m</sup> de profondeur tant que la lumière est suffisante pour que la chlorophylle puisse effectuer sa fonction dans les tissus de ces beaux végétaux.

On compte aussi parmi les végétaux les innombrables *Péridiniens* aux espèces microscopiques multiples, qui pullulent dans le plancton et servent comme les Diatomées de nourriture à de nombreux animaux.

Les Diatomées et les Péridiniens ont une importance capitale dans la vie océanique; nous aurons à y revenir plus d'une fois.

Les *Protozoaires* sont représentés par des êtres fort petits, de consistance gélatineuse, tels que les lumineuses Noctiluques flottantes, par des Infusoires et par de nombreuses autres formes fixées ou rampantes sur le littoral.

Il en est, comme les *Foraminifères*, qui se fabriquent des coquilles calcaires, ou siliceuses, comme les *Radiolaires*; leurs débris, après leur mort, s'accumulent sur le sol océanique où, à la longue, ils jouent un rôle considérable comme nous l'indiquerons plus loin.

En remontant la série des êtres depuis leurs formes les plus inférieures pour remonter jusqu'aux plus élevées, nous trouvons d'abord les *Spongiaires* qui pullulent dans toutes les mers à toutes les profondeurs. Aucune éponge n'est flottante et l'on n'en connaît qu'une petite famille dans l'eau douce. Ces êtres sont remarquables par les éléments solides, les spicules, qui constituent leur squelette; ce sont des tiges de calcaire ou de silice, de structure, de formes extrêmement variées.

L'immense classe des *Cœlentérés*, qui vient ensuite, est, elle aussi, presque exclusivement marine. Elle se compose d'êtres délicats aux formes extrêmement variées, à tel point qu'il faut toute la sagacité des naturalistes pour retrouver le plan fondamental de leur organisation, tant il est masqué par des complications et des variantes de toutes sortes. L'être typique, le Cœlentéré simple, qui peut être considéré comme réalisant le plan schématique de toute la classe, est l'*Hydre*. L'individu ou Polype se ramène

à un petit sac creux à double paroi, ovale, percé à un bout par une bouche entourée d'un cercle de tentacules creux, fixé à l'autre bout sur le sol. De cet être simple, suivant qu'il s'allonge, s'élargit, bourgeonne, se libère, forme des colonies fixées ou flottantes, résulte toute la grande classe des Cœlentérés. Ces animaux, dont la peau contient de petits appareils urticants, les Nématocystes, sont les fleurs de la mer; la plupart d'entre eux sont remarquables par la beauté de leur forme, l'élégance de leurs colonies, le brillant de leurs couleurs; on y trouve les Hydroïdes, les Siphonophores, les Actinies, les Coraux, les Méduses et d'autres types encore.

Les *Hydroïdes* sont les plus simples des Cœlentérés; ils réalisent le type fondamental qui vient d'être exposé. La plupart vivent en délicates et élégantes colonies, fixées au sol ou sur les algues, dont les tiges de communication, qui leur donnent une forme arborescente, sont creuses et revêtues d'une mince écorce cornée. On en trouve attachées sur des coquillages, des crustacés, qui les véhiculent. On remarque dans beaucoup de colonies que les individus ou polypes qui les composent ne se ressemblent pas tous entre eux; c'est qu'ils se sont adaptés à remplir des fonctions différentes; les uns nourrissent tout l'ensemble des individus associés, les autres les défendent; le rôle de reproduction est réservé à une autre catégorie de polypes dont les organes digestifs et préhensiles ont disparu. Beaucoup de ces Hydroïdes se reproduisent par des bourgeons qui se détachent du parent sous la forme de délicates méduses transparentes (*fig. 19*), chargées du transport des œufs et de la dissémination de l'espèce. Presque tous les Hydroïdes sont marins, très répandus dans toutes les mers jusqu'à de

grandes profondeurs; on n'en connaît que quelques espèces vivant dans l'eau douce.

Les merveilleux *Siphonophores* ne sont qu'une adaptation à la vie pélagique de colonies d'Hydroïdes. Ces êtres fragiles, transparents, irisés, peuvent être disposés en guirlandes de plusieurs mètres de long ou condensés en disques. Certains polypes sont adaptés au rôle de locomoteurs, chargés de traîner toute la colonie; d'autres capturent des proies que d'autres encore digèrent; il en est de reproducteurs qui donnent des bourgeons mobiles, analogues aux Méduses des Hydroïdes. Tous les Siphonophores, sans aucune exception, font partie du plancton marin.

Les *Actinies* ou Anémones de mer, que tout le monde a vu fixées sur les rochers de nos côtes, ont l'aspect de fleurs aux vives couleurs; la bouche est entourée de tentacules qui peuvent être très nombreux et qui leur servent à capturer leur nourriture. Leur corps musculeux est creux, divisé en compartiments par des cloisons verticales, et c'est une sorte de ventouse charnue qui les fixe à des pierres, ou à d'autres supports solides sur lesquels elles peuvent se déplacer. On en trouve qui sont enfoncées dans le sable des plages. Elles vivent depuis le littoral jusqu'à de grandes profondeurs.

Si le corps de ces Actinies vient à sécréter du calcaire, il s'en constitue une sorte d'étui cylindrique ouvert seulement au bout qui correspond à la couronne de tentacules. Elles appartiennent alors à la section des *Coralliaires*; le plus souvent ces animaux bourgeonnent des jeunes qui, en restant soudés au parent, constituent des colonies, aux formes innombrables, aux couleurs merveilleuses, qui jouent un rôle considérable dans les mers chaudes.

Si au lieu de sécréter du calcaire la colonie sécrète une matière cornée, on a les *Alcyonaires* dont chaque individu a huit tentacules barbelés.

Tous ces êtres, Actinies, Coraux, Alcyonnaires, sont exclusivement des habitants des mers, depuis le rivage jusqu'aux plus grandes profondeurs.

Les *Vers* se présentent sous des formes multiples dans toutes les parties des mers. Les uns, les *Annélides*, dont le corps est formé d'anneaux successifs, quelquefois au nombre de plusieurs centaines, pourvu de soies locomotrices, vivent parmi les herbiers ou les algues, se creusent des terriers dans les plages, sécrètent des tubes calcaires ou gélatineux pour s'abriter.

Certaines familles, en petit nombre, vivent dans l'eau douce ou la terre humide, mais elles ne représentent qu'une minorité parmi les Annélides. Certaines autres se sont adaptées à la vie pélagique.

Un groupe intéressant des *Vers* est constitué par les *Némertiens*; leur corps mou, sans appendices locomoteurs, ne présente plus de division en segments apparents. Il contient un organe remarquable, la trompe, dont le rôle sera étudié plus loin. Presque toutes les Némertes sont marines; il en est de toutes petites, d'autres ont plusieurs mètres de long; la plupart vivent sous les pierres, dans la vase; il y en a de pélagiques.

Les *Turbellariés*, de forme plate, sont surtout des habitants du littoral; on en trouve aussi dans l'eau douce et dans la terre humide.

Comme chez les animaux terrestres les *Vers* parasites sont très répandus chez les animaux marins. On y retrouve des *Cestodes*, semblables aux *Vers* solitaires connus de tous,

avec leurs migrations compliquées; des *Trématodes*, et aussi des *Nématodes* qui, en plus des parasites, comprennent des formes libres.

Laissons de côté certains Vers, comme les *Géphyriens*, qui, bien que fort intéressants pour les zoologistes, ne jouent qu'un rôle insignifiant dans la vie océanique; signalons les *Chétognathes*, extrêmement abondants dans le plancton, où nous les retrouverons plus loin.

Les *Brachiopodes*, que leurs deux coquilles calcaires ont longtemps fait prendre pour des Mollusques bivalves, sont tous marins, mais réduits actuellement à 150 espèces environ, pâles héritières de faunes successives et innombrables de Brachiopodes qui peuplaient les mers primaires depuis le Cambrien et ont subitement déchu à partir du Tertiaire. On en trouve des représentants depuis le littoral jusqu'à 5000<sup>m</sup> de profondeur; aucune espèce d'eau douce vivante ou fossile n'a jamais été découverte.

A côté des Brachiopodes, vivent en colonie les *Bryozoaires*, dont un petit nombre seulement se sont adaptés à l'eau douce. Chaque individu, qui n'a généralement que 1 à 2<sup>mm</sup>, est orné d'une élégante couronne de tentacules pouvant rentrer dans une petite loge, souvent calcaire, qui renferme le reste de ses organes. Ils forment des colonies de milliers d'individus à reproduction très compliquée, fixées sur des pierres, des algues; on les trouve de la surface des mers jusqu'aux grands fonds.

Les *Mollusques* constituent une des plus grandes classes du règne animal dont on rencontre d'innombrables espèces dans les eaux douces, les terrains humides, mais surtout dans la mer où ils pullulent sous les formes les plus variées, à toutes les profondeurs, et sous toutes les latitudes. Ils ont

tous, au moins pendant la première partie de leur existence, une coquille presque toujours calcaire.

Les uns, les *Pélécy-podes*, ont deux coquilles, comme les moules ou les huîtres qui s'attachent aux rochers; d'autres sont libres, creusent les pierres ou s'enfoncent dans le sable; il en est qui vivent parmi les coraux comme les énormes *Tridacnes*; quelques-uns sont susceptibles de nager, comme les coquilles de Saint-Jacques.

Les *Gastéropodes* abondent dans la mer et sont représentés dans la faune terrestre par un grand nombre d'espèces, dans la faune d'eau douce par de plus rares échantillons. Leur coquille est normalement roulée en spirale; mais dans les espèces marines, de nombreuses modifications se présentent, soit par réduction, suppression, ou au contraire, renforcement de cette coquille. Certains d'entre eux s'adaptent à la vie planctonique; la plupart rampent sur leur pied musculeux parmi les pierres et la vase du littoral. Quelques-uns descendent jusqu'à de grandes profondeurs. Ceux qui sont pélagiques ont transformé leur pied en nageoire. Tous possèdent dans leur bouche un organe spécial très compliqué, la radula, dont les innombrables dents râpent leur nourriture. Nous aurons à insister plus loin sur les *Ptéropodes* qui sont flottants et jouent un rôle important.

Les *Céphalopodes*, exclusivement marins, représentent la forme la plus élevée des Mollusques, remarquable par la perfection de ses organes, notamment de son cerveau et de ses yeux, par la puissance de sa musculature. Ils possèdent une poche sécrétant du noir, utilisé pour troubler l'eau dans le but de se dissimuler, et dans leur peau d'innombrables petits organes, les chromatophores, leur permettent de

changer instantanément de couleur. Ces Mollusques supérieurs marins remontent à la plus haute antiquité; ils peuplent toutes les mers, jusqu'aux grandes profondeurs, soit sous la forme pélagique, soit sous la forme rampante. Leurs appendices ou bras, qui résultent de la transformation du pied locomoteur, sont au nombre de huit chez les *Octopodes*, dont le type est la Pieuvre, de dix chez les *Décapodes*, par exemple la Seiche et le Calmar. Leur coquille est tantôt une sorte d'os calcaire, tantôt une lame cornée enfouie sous la peau. Le Nautilé seul a une coquille externe; c'est le dernier vestige des anciens Céphalopodes à coquilles cloisonnées qui pullulaient dans les mers primaires et secondaires.

Les *Echinodermes* sont encore des êtres exclusivement marins qui pullulent dans toutes les mers depuis les temps cambriens, et qui même existaient vraisemblablement encore au delà.

Ils ont pour types principaux les Étoiles de mer et les Oursins, qui sont connus de tout le monde; mais ils comprennent encore d'autres formes, les *Holothuries*, les *Ophiures* et les *Crinoïdes*, ces derniers ayant une grande importance en paléontologie. Ils habitent jusqu'aux fonds de 6000<sup>m</sup>, depuis le littoral; ils y rampent au moyen de petits organes locomoteurs, les ambulacres; seules quelques rares *Holothuries* sont adaptées à la vie pélagique. Les Étoiles de mer, et surtout les Oursins, portent sur leur peau qui recouvre un squelette calcaire des piquants qui peuvent atteindre une grande longueur, et de petites pinces à deux ou trois branches, les Pédicellaires.

Les Échinodermes sont très abondants; ils représentent une importante partie de la faune abyssale. Avant d'ac-

quérir leur forme adulte, ils passent par des phases larvaires à métamorphoses compliquées.

La grande classe des *Arthropodes* est probablement celle

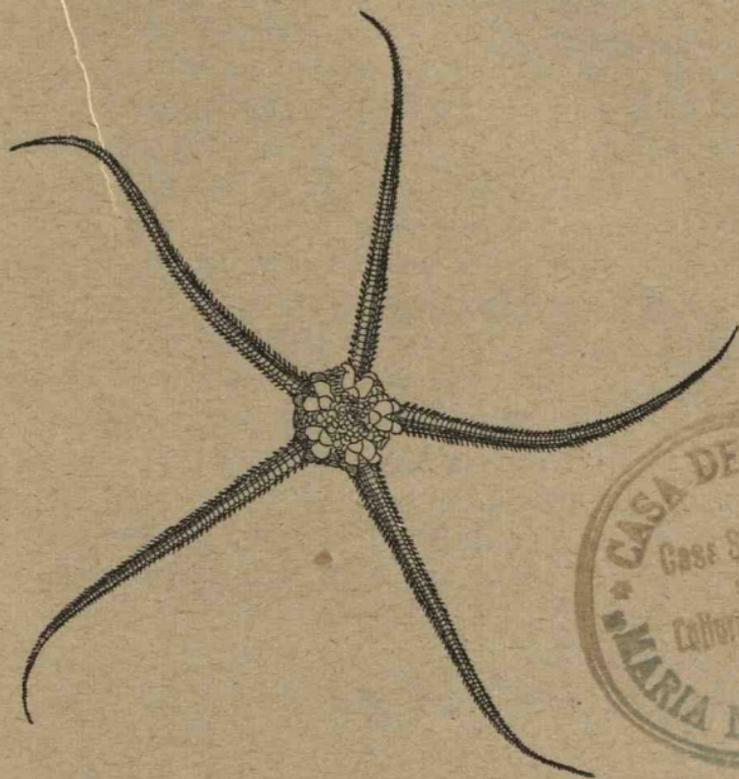


Fig. 1. — *Ophiura texturata* Lamarck,  
d'après Kœhler. Réduit de moitié.

de tout le règne animal dont les individus pullulent le plus dans les mers. Elle comprend en effet les *Crustacés*, qui en constituent pour nous l'élément principal, car les autres, *Insectes*, *Arachnides* et *Myriapodes* sont presque totalement

terrestres; nous ne parlerons donc que des Crustacés. Leur corps est formé d'une série d'anneaux portant chacun une paire de pattes; les premiers se soudent pour former une tête pourvue d'yeux, d'antennes, d'appendices buccaux; les membres correspondant à ces anneaux céphaliques se transforment en mâchoires. Les anneaux suivants, porteurs de pattes locomotrices, constituent le thorax, les derniers forment l'abdomen, dont les pattes peuvent servir à divers usages. Le tout est terminé par un anneau plat et court, le telson. Le nombre des anneaux, les soudures entre certains d'entre eux, la forme, le nombre et le rôle des pattes sont sujets à d'innombrables modifications; de sorte que les Crustacés, bien que bâtis sur un plan uniforme très simple, exécutent sur ce thème un nombre incroyable de variations. Ils sont en outre susceptibles de marcher sur le sol, de s'y enfouir, de devenir pélagiques, de parasiter d'autres animaux, ce qui modifie beaucoup leur structure. Ils grandissent par saccade, pourrait-on dire; l'accroissement se fait au moment où ils subissent des mues, souvent nombreuses, dont chacune amène une modification dans la forme ou la taille précédente de l'animal; leur évolution se complique de métamorphoses, qui, dans certains Crustacés comme la Langouste, sont des plus surprenantes.

Ces animaux sont représentés déjà dans le terrain Cambrien, et certains des fossiles qu'on y trouve montrent que, dès ces temps reculés, leur organisation ne différait par aucun point important de celle que nous observons aujourd'hui dans leurs lointains successeurs.

Il est impossible d'énumérer ici toutes les divisions, même importantes, de la classe des Crustacés. Nous nous bornerons à indiquer celles qui ont le plus d'intérêt pour la

biologie marine, en faisant remarquer que ce ne sont pas les plus gros qui sont les plus importants; ce sont au contraire les plus petits qui jouent le rôle le plus considérable dans la nature aquatique. Ce sont eux, en effet, et plus particulièrement les minuscules Copépodes, qui sont chargés de transformer la matière végétale en matière animale, aussi bien dans les eaux douces que salées. Cette question fondamentale sera exposée plus loin.

Parmi les types inférieurs signalons d'abord les *Cirrhipèdes* qui sont exclusivement marins, passent leur vie larvaire à l'état libre, puis, après des métamorphoses compliquées, se fixent sur des corps flottants, c'est le cas des Anatifes, ou sur les rochers de la côte et des grands fonds, c'est le cas des Balanes qui sécrètent des coquilles calcaires sous lesquelles elles s'abritent du choc des vagues. Ces animaux pullulent dans toutes les mers. Certaines formes alliées vivent en parasites, comme la Sacculine sur le Crabe.

Les *Copépodes*, sauf quelques exceptions, sont de tout petits Crustacés qui pullulent dans le plancton dont ils forment l'un des éléments fondamentaux. Ils se trouvent dans toutes les mers, leurs espèces sont très nombreuses, et leurs adaptations à la vie pélagique sont particulièrement intéressantes, comme on pourra en juger. Chez les Copépodes aussi, nombre d'espèces deviennent parasites et subissent de profondes transformations.

Nous retrouverons d'autres Crustacés : les *Amphipodes*, les *Isopodes*, dans les faunes littorales et profondes.

Les formes supérieures sont remarquables par leur taille relativement grande, dans l'ensemble, mais qui, chez quelques-uns des plus communs, comme le Homard et la Langouste, devient énorme. Ce sont des animaux d'une

grande voracité. Ces Crustacés, les *Décapodes*, comprennent des types groupés sous deux formes principales; les *Brachioures*, dont l'abdomen est court, ce sont les Crabes, et les *Macroures*, dont l'abdomen est très développé; le type est le Homard. A côté d'eux se placent les *Anomoures* dont le type vulgaire est le Bernard l'Ermite. Tous ces grands Crustacés ont des représentants dans les divers niveaux des mers, marchant sur le fond, nageant parmi le plancton; beaucoup sont remarquables par leurs métamorphoses.

Nous arrivons maintenant à une classe d'animaux singuliers, tous marins, qui sert d'intermédiaire entre les Vertébrés et les Invertébrés; c'est celle des *Tuniciers*. Sous leur forme adulte ils n'ont absolument aucun caractère extérieur qui puisse faire penser qu'ils aient un lien de parenté quelconque avec les Vertébrés. Mais leur larve, non seulement par son aspect, mais par sa structure, présente d'incontestables caractères de Vertébré.

Ces *Tuniciers*, dont le corps est enveloppé d'une tunique de matière cornée ou gélatineuse analogue à la cellulose des végétaux, revêtent des formes variées. Les uns sont des individus isolés, les autres bourgeonnent des jeunes qui leur restent adhérents et constituent des colonies qui peuvent être très nombreuses. Il en est qui vivent fixés au sol, depuis les plages et les rochers de la côte jusqu'à plusieurs milliers de mètres de profondeur; mais une grande partie des *Tuniciers* s'adapte à la vie pélagique et revêt les caractères spéciaux aux êtres planctoniques; ils passent alors par une série de métamorphoses d'une extrême complication; il suffira de citer pour mémoire les *Salpes*, les *Doliolum* et les *Pyrosomes*.

Ces êtres nous amènent à un animal, le célèbre *Amphioxus*, qui est le premier des Vertébrés si on le considère comme une forme rudimentaire en voie d'évolution ascendante, ou le dernier si on le considère comme un Vertébré dégénéré, opinion qui, après avoir eu une certaine vogue, est abandonnée actuellement.

L'*Amphioxus* a la forme d'un petit poisson pointu aux deux bouts, de 4 à 5<sup>cm</sup>, à demi transparent, qui vit dans le sable où il se déplace avec agilité. Il a une corde dorsale, c'est-à-dire une tige gélatineuse qui, chez les vrais Vertébrés, sera l'axe sur lequel se formeront les vertèbres rangées comme des perles sur le fil d'un collier; le long de cette tige il y a aussi un cordon nerveux, rudiment de moelle épinière légèrement renflé en avant comme pour un simulacre de cerveau; des arcs branchiaux, des muscles, un rudiment de foie, des œufs qui se développent au début comme chez les poissons, caractérisent l'*Amphioxus*. C'est un animal plein d'intérêt par suite des questions et des discussions biologiques et philosophiques qu'il soulève, mais qui ne tient qu'une place fort restreinte dans la nature marine. Il nous conduit aux vrais *Poissons*, qui, eux, ont une tout autre importance.

Les plus inférieurs d'entre eux, les *Cyclostomes*, autrement dit les Lamproies, d'organisation rudimentaire, sont représentés dans la mer par quelques rares espèces. Leur bouche sans mâchoire a la forme d'une ventouse armée de dents.

Les véritables *Poissons* comprennent deux grandes sections; la première, les *Elasmobranches* ou poissons cartilagineux, est presque exclusivement marine; la seconde, les *Téléostéens* ou poissons osseux, comprend une foule de

poissons habitant la mer et les eaux douces ou saumâtres.

Les Élasmobranches sont constitués par deux types principaux représentés par les *Raies*, aplaties verticalement, et les *Requins* fusiformes. Leur bouche est ventrale, aux dents nombreuses, leurs branchies internes s'ouvrent au dehors par deux séries de fentes, ventrales chez les raies, latérales chez les requins. Leurs os sont cartilagineux; ils pondent un petit nombre de très gros œufs. On trouve ces animaux à peu près dans toutes les mers depuis la côte jusqu'à 2000 ou 3000<sup>m</sup> de profondeur,

Les Téléostéens ont des os calcifiés; leurs branchies sont recouvertes par un couvercle mobile, l'opercule, et leur corps est revêtu d'écaillés; beaucoup ont une vessie nata-toire. Ils se reproduisent par des œufs toujours de petite taille, qui quelquefois, par exemple chez les Morues, se comptent par millions pour une seule femelle. On trouve les Téléostéens partout, depuis la côte jusqu'à 6000<sup>m</sup> de profondeur, les uns ne quittent guère le sol, les autres sont pélagiques, souvent en bancs immenses; on les rencontre dans toutes les eaux douces. Ces Poissons ont une grande importance en biologie marine et ils sont la base d'industries considérables.

Laissons de côté deux petites sections des Poissons qui ne nous intéressent pas; abandonnons aussi les *Amphibiens* qui n'ont aucun représentant en eau salée. Arrivons aux *Reptiles* qui, eux non plus, n'ont pas grande importance dans les mers; ils y sont représentés par quelques espèces de grandes Tortues et par quelques Serpents qui vivent dans les récifs de coraux.

Quant aux *Oiseaux*, bien qu'il ne manque pas d'oiseaux de mer, on ne peut vraiment pas les qualifier d'animaux

marins. Des Échassiers et des Palmipèdes vivent souvent en grandes troupes comme les Mouettes et les Pingouins et se nourrissent des animaux vivants qu'ils pêchent en mer ou des cadavres qu'ils trouvent sur la côte.

Les *Mammifères* marins se réduisent à deux types : les *Pinnipèdes*, représentés par les Phoques, et les *Cétacés* représentés par les Baleines.

Les Pinnipèdes sont des Carnivores adaptés à la vie aquatique, dont les membres en s'aplatissant sont devenus des nageoires. Les Phoques vivent souvent en grandes troupes, sur le littoral, dont ils ne s'éloignent guère.

Les *Cétacés* ont complètement perdu toute affinité pour la vie terrestre ou en eau douce; ils ont la conformation extérieure physiologique des poissons fusiformes; leur peau n'a pas de poils; leur paire de pattes antérieure est transformée en nageoires; la paire postérieure est réduite à un rudiment enfoui profondément dans les tissus. La bouche est énorme; chez les uns, comme les Cachalots, qui se nourrissent de grosses proies, les dents sont très développées; chez les autres, comme les Baleines qui se nourrissent de petits animaux flottants, elles sont remplacées par des lames cornées en broussaille, les fanons, qui, ainsi qu'il sera expliqué plus loin, fonctionnent comme un filet à plancton. Ces gros animaux n'ont ordinairement qu'un jeune. Ils vivent souvent en troupes nombreuses; certains d'entre eux, comme les Dauphins, s'approchent des côtes; les autres restent au large. La chasse intense dont ils sont l'objet de la part de l'homme ne tardera pas à les faire disparaître.

Cette brève énumération, qui n'a aucune prétention à constituer une classification, était nécessaire pour indiquer les grandes divisions des êtres qui habitent les eaux marines en vue des explications qui vont suivre.

## CHAPITRE IV.

### LA RÉPARTITION DES ÊTRES VIVANTS SUR LE SOL SOUS-MARIN. LES ÊTRES DU LITTORAL.

Tous les êtres, animaux et plantes, qui représentent un ensemble immense d'espèces diverses, de variétés et d'individus de chacune d'elles, ne sont point disséminés au hasard. Leur répartition géographique dans les eaux est soumise à un certain nombre de règles précises, qui assignent à tous les éléments de ces faunes et de ces flores un domaine limité où les confinent leurs affinités. Ce sont les conditions physiques et chimiques du sol marin et des eaux qui les déterminent.

Il s'est établi dans la faune et la flore un classement, un triage dont le résultat a été de confiner ces êtres dans la région marine particulière où leurs aptitudes et leurs adaptations les forcent à vivre et les obligent, sous peine de mort, à rester.

Différents auteurs, mais surtout le Professeur Pruvot ont étudié les lois de la distribution géographique des êtres marins sur nos côtes françaises. Ils ont été amenés à préciser l'importance et la valeur relative de chacun des facteurs physiques, chimiques ou biologiques qui déterminent la constitution de ces faunes et de ces flores, et les limites du domaine que chacune d'elles occupe dans la mer.

Si l'on considère, ainsi que nous l'avons fait, l'Océan comme une vaste cuvette solide à bords déchiquetés, dont le sol est très varié sur ses bords, mais uniformément recouvert d'une boue fine sur presque tout le reste (les neuf dixièmes) de son étendue, on reconnaîtra dès le début que cette vaste concavité n'offrira pas partout une même condition d'existence aux animaux; il s'en présentera au moins deux; il faudra ensuite remarquer que ceux qui vivent sur ses bords sont soumis à des conditions climatiques d'existence très différentes selon qu'ils habitent la zone côtière des pôles ou de l'équateur.

Cette grande cuvette est remplie d'une eau qui, nous l'avons vu, n'est ni homogène ni en équilibre. Sa profondeur moyenne est d'environ 4000<sup>m</sup>; mais si, dans les grands fonds, on peut la considérer comme suffisamment calme pour ne pas agir par ses très faibles courants sur les animaux abyssaux, il n'en est pas du tout de même sur ses bords, où les vagues, les marées et les courants ont une influence capitale sur les faunes et les flores.

Si la nature du sol océanique constitue un facteur essentiel dans la répartition des êtres vivants, il faut cependant considérer qu'il n'a de valeur que pour les êtres qui reposent sur le sol du littoral immédiat et de sa bordure peu profonde, ou sur la vase qui tapisse entièrement la cuvette océanique. Mais au contraire ce facteur ne joue plus quand il s'agit des eaux du large, situées au delà de la limite du plateau continental, remplissant toute la cuvette, jusqu'au voisinage de son sol abyssal. Nous trouvons dans cette immense masse d'eau indépendante des influences littorales, une quantité d'êtres flottants, constituant le *plancton*, complètement différents de ceux qui habitent le sol du littoral ou de la

mer profonde. Les animaux planctoniques se sont adaptés à cette vie très spéciale, ils sont incapables de vivre en contact avec les corps solides de la côte ou du fond.

Nous considérerons donc que la répartition des êtres dans l'Océan est déterminée par un facteur primordial, la présence ou l'absence d'une base solide; il en résulte une distinction fondamentale entre les êtres flottants du large, constituant le plancton, et ceux pour lesquels un substratum solide, littoral ou abyssal, est nécessaire.

Nous réservons pour un chapitre spécial l'étude du Planchon. Nous examinerons seulement dans celui-ci les êtres qui sont en rapport avec le sol sous marin de la côte et du large.

Nous sommes conduits, par cette division fondamentale des êtres marins, à considérer tout d'abord ceux qui vivent tout près du sol sous-marin, et qui, au moins pendant une partie de leur existence, ne peuvent s'en passer. Certains d'entre eux sont fixés à sa surface, d'autres s'enfoncent dans son épaisseur, d'autres enfin sont libres de s'y déplacer, mais sans s'en écarter.

Mais ici nous devons tenir le plus grand compte des conditions physiques du sol océanique dont il a été question plus haut; il faut y distinguer deux régions : la première est constituée par le bord de la cuvette, jusqu'à 200<sup>m</sup> de profondeur, à laquelle on a donné le nom de *système littoral*. Cette limite n'est pas arbitraire, elle correspond à la zone supérieure du plateau continental. La seconde s'étend du bord de ce plateau, à partir de 200<sup>m</sup> de profondeur, et comprend tout le sol de la mer profonde, c'est le *système abyssal*.

*Système littoral*. — Cette région forme une bordure tout autour des îles et des continents, large de plusieurs centaines

de kilomètres quand elle fait suite à un pays plat ou à l'embouchure d'un grand fleuve, réduite à quelques milliers de mètres quand elle fait suite à une côte montagneuse. C'est sur ce plateau littoral de dimensions variables que se fait sentir l'action des vagues, des marées, des courants littoraux, l'influence des variations saisonnières de température, la pénétration de la lumière solaire en quantité suffisante pour la vie des algues, variable avec les heures de la journée.

*La côte rocheuse.* — Étudions d'abord une côte *rocheuse* bordée par une falaise élevée, formée de roche dure, comme c'est le cas le plus fréquent sur nos côtes granitiques de Bretagne, ou au contraire de roche tendre comme se présente la falaise de craie des côtes de Normandie. Le pied de cette falaise, comme il a été expliqué déjà, continuellement usé par le choc des vagues, la projection des galets par les coups de mer, le frottement du sable entraîné par l'eau ou le vent est peu hospitalier pour les êtres vivants. Toutes ces actions mécaniques violentes finissent par creuser une vaste rainure tout le long de la base de la muraille qui, n'étant plus soutenue, finit par s'écrouler. Ce phénomène se produit lentement sur la roche dure, rapidement sur la roche tendre. Les blocs écroulés qui en résultent, empilés sans ordre les uns sur les autres, forment des amas chaotiques mouillés par les marées et les embruns; contrairement à la falaise, ils constituent un excellent habitat à une foule d'animaux et de plantes qui trouvent là un abri contre le choc des vagues ou l'excès de la lumière et un point solide de fixation. Mais, là aussi, toutes les parties ne sont pas identiques : il faut en effet dans ce chaos de gros quartiers

éboulés, distinguer les régions exposées aux vagues et aux projections de cailloux de celles qui sont tournées à l'opposé et qui constituent alors un excellent abri pour les êtres vivants, algues ou animaux; ceux-ci peuvent alors se fixer et vivre dans ces places battues par la mer, ou dans l'eau fortement remuée et très oxygénée, ils se trouvent protégés contre la violence du choc des éléments solides ou liquides.

Il en est de même des côtes rocheuses déchiquetées, des écueils et des îlots, dont la face tournée vers le large, exposée aux vagues et aux grands vents, n'offre aux êtres vivants que des conditions défectueuses d'existence. On trouve sur nos côtes de Bretagne maints endroits où la roche battue est pelée par le vent et les embruns, où la flore et la faune sont par suite presque nulles.

Les amoncellements de gros blocs éboulés laissent souvent des espaces vides et anfractueux et bien protégés qui restent à sec pendant les heures courtes de la basse mer des grandes marées. On y remarque une faune spéciale particulièrement riche et intéressante composée d'animaux solidement cramponnés, qui se plaisent, sous une lumière atténuée, dans les remous du ressac. Ils recouvrent, comme d'un tapis, toutes les surfaces convenables.

L'usure des roches éboulées finit, comme nous l'avons vu, par les faire passer à l'état de galets puis de sable. Mais le pied de la falaise disparue reste sur la grève à l'état de roche vive, comprise entre le niveau des plus hautes et des plus basses mers; cette roche est criblée de fentes, d'anfractuosités, de cavités qui restent pleines d'eau à marée basse, formant des mares de toutes dimensions où prospèrent, parmi les algues, une foule d'animaux appartenant aux familles les plus diverses.

Dans ces zones littorales exposées aux coups de mer, les êtres mous et faibles ne peuvent vivre; ceux seulement qui possèdent des moyens de fixation suffisamment puissants, ou qui sont pourvus d'une protection naturelle peuvent résister. C'est ainsi que les algues pourvues de solides crampons, telles que les Laminaires, ou les mollusques trapus comme les Patelles, abritées sous leur coquille en forme de cône surbaissé et collées à la roche par une puissante ventouse musculaire, recherchent les eaux agitées et y pullulent, indifférentes à leurs violences.

Nous venons d'examiner le cas d'une côte très exposée à la grande houle du large; mais il est rare qu'une côte soit rectiligne; on en trouve cependant des exemples entre Biarritz et Saint-Jean-de-Luz, entre Dieppe, Étretat et divers points de la côte normande. Mais, le plus souvent, comme en Bretagne ou en Provence, la côte est découpée en baies plus ou moins profondes, abritées des grands coups de mer. Les caps qui séparent ces baies, en butte aux tempêtes et sans abris, deviennent désertiques, comme par exemple la Pointe du Raz. Le fond des baies protégées par ces caps est, au contraire, merveilleusement propice à l'épanouissement de la vie : les rochers se couvrent d'algues et d'animaux variés; on en trouve de délicats qui, n'ayant pas à lutter contre l'agitation des eaux, vivent tranquillement sur les roches, s'y fixent ou s'y déplacent parmi des Algues variées aux couleurs magnifiques. Si l'on examine cette faune, on constate sa richesse en espèces différentes, tandis que dans le cas de la côte battue, le nombre des espèces d'animaux et de plantes capables de résister étant restreint, la faune est moins variée en espèces, mais riche en individus de chacune d'elles.

Ce caractère spécial s'observe en maintes occasions, aussi peut-on le rattacher à une règle beaucoup plus générale. Lorsque dans une localité les conditions d'existence sont telles qu'un petit nombre seulement d'espèces d'animaux ou de plantes sont capables de les supporter, ils sont débarrassés de la plupart de ceux qui leur feraient concurrence si ces conditions étaient meilleures. Ils ont alors à leur disposition beaucoup plus de place, de nourriture et ils peuvent pulluler. C'est ainsi que sur les côtes battues, les moules, solidement fixées par leur byssus à la roche, ne craignant pas d'être arrachées par les coups de mer, pullulent au point de couvrir entièrement les rochers d'un revêtement bleu foncé.

Nous venons d'examiner deux des conditions fondamentales de la distribution des animaux et des plantes. La première est sous la dépendance de la nature du sol, que nous avons supposé rocheux; la seconde est l'exposition aux chocs des vagues. Le troisième facteur qui nous reste à examiner est la marée.

*Action des marées sur les êtres vivant sur une côte rocheuse.*

— L'action de la marée peut être considérée comme nulle dans les mers closes : c'est le cas de la Méditerranée presque tout entière; la marée est négligeable dans les régions où son amplitude est très faible; c'est le cas des petites îles disséminées en plein océan; mais au contraire ses effets deviennent très importants pour la faune et la flore dès que l'amplitude de ses oscillations est notable. Il en résulte la formation de zones superposées, constituées par des êtres différents, qui se distinguent au premier coup d'œil, et

deviennent saisissantes et caractéristiques quand l'amplitude de la marée est considérable.

Nous n'étudions pour le moment que ce qui se passe sur une côte rocheuse; nous reviendrons plus loin sur les autres.

Nous ne pouvons mieux faire que de résumer les observations classiques du Professeur Pruvot sur la côte de Bretagne où l'amplitude des marées permet de distinguer la superposition des zones résultant de leurs oscillations. Elles servent de base à toutes les études du même genre, faites dans les pays les plus divers, et n'ont été ni contredites, ni modifiées.

Si l'on examine ce qui se passe un jour de grande marée sur une côte rocheuse ou sur une digue, on constate, au moment où la mer est complètement basse, l'apparition à l'air d'une zone occupée par de très grandes algues, les Laminaires, atteignant souvent plusieurs mètres de longueur. Cette zone, dite *zone des Laminaires*, n'émerge que cinq ou six fois dans l'année. Elle n'est, en réalité, que le sommet de la région littorale submergée qui descend jusque vers 30 à 35<sup>m</sup> de profondeur; elle est due à l'abrasion de l'ancienne falaise; c'est son pied, peu à peu démoli et usé, mais resté à l'état de roche vive sur le bord du plateau continental.

Ces grandes Laminaires sont surtout représentées, sur nos côtes bretonnes et normandes, par deux espèces caractéristiques, le *Sacchorhiza bulbosa*, dont la fronde découpée en éventail atteint souvent 2<sup>m</sup>, surmontant une tige de 1<sup>m</sup>, aussi dure que du bois, plantée sur un gros bulbe caverneux, solide, irrégulier, où une foule d'animaux trouvent un logement sûr et sombre. La seconde espèce est la *Laminaria saccharina* qui a la forme d'un ruban large souvent de 30<sup>cm</sup>,

long de plus de 3<sup>m</sup>, quelquefois de 5<sup>m</sup>, ondulé sur ses bords, attaché à la pierre par une tige courte et solide terminée par des crampons. D'autres espèces d'algues, appartenant souvent à cette même famille des Floridées, s'y mêlent; certaines ont de merveilleuses couleurs rouges, roses, violettes, brunes, bronzées, etc.

Citons parmi ces beaux végétaux une algue violette, *Rhodymenia palmata*, qui s'attache en une étroite bande à la limite supérieure de la zone des Laminaires, si nette en certains points, qu'elle ressemble de loin à un liséré sombre de peinture violette que l'on aurait tracé sur les rochers verticaux. Quand il s'agit de rochers bas, cette même zone limite est occupée par une autre algue, *Himantalia lorea*, formée de longs rubans étroits et plats qui partent d'un seul crampon et se divisent par dichotomie au point de former d'énormes touffes de solides lanières gluantes de couleur brun jaunâtre. Quand elles sont en grand nombre et couvrent de grandes surfaces, elles ont pour effet d'amortir l'action de la houle sur la côte et de procurer ainsi une protection importante à la faune et à la flore délicates du voisinage.

Cette zone des Laminaires est fort intéressante pour les naturalistes qui récoltent dans les mares, sur les pierres, les mêmes êtres qu'ils ne peuvent se procurer, et encore difficilement, qu'au moyen de la drague ou du scaphandre beaucoup plus profondément; ils peuvent obtenir de ces études, malheureusement espacées à de trop rares intervalles, des renseignements précis sur ce qu'est la faune du plateau continental rocheux jusqu'à la limite inférieure de cette zone des Laminaires, c'est-à-dire une trentaine de mètres.

Il n'est pas possible de donner ici une énumération des êtres spéciaux qui composent cette faune; elle serait beaucoup trop longue; disons seulement qu'une grande partie des animaux que le naturaliste y rencontre diffèrent de ceux qui vivent plus haut; on y trouve des Mollusques particuliers; c'est notamment la région de l'huître (*Ostrea edulis*), du Homard, de la Langouste, dans sa région profonde, du gros crabe Tourteau (*Cancer pagurus*). Des colonies d'Ascidies composées, parmi lesquelles des Botrylles aux merveilleuses mosaïques, des Bryozoaires en abondance, des Oursins logés dans les cuvettes qu'ils se creusent dans la roche la plus dure, des Étoiles de mer, des Comatules, de beaux Alcyons, constituent, parmi les plus belles algues, une faune caractéristique des plus intéressantes et des plus variées.

Les Poissons y abondent aussi; les uns sont spéciaux à cette zone; les autres remontent plus haut, beaucoup viennent y pondre parmi les crampons des grandes Algues.

Souvent, dans la zone des Laminaires, de gros quartiers de rochers éboulés ou des fentes plus ou moins larges et profondes dans la falaise, constituent des grottes abritées des coups de mer; nous avons vu plus haut que l'eau, très oxygénée par le choc des vagues, y pénètre facilement; la lumière y est très atténuée. Ces grottes sont habitées par une foule d'animaux qui les tapissent de revêtements vivants continus : des nappes d'Ascidies rouges, des Éponges vertes, blanches ou violettes, des Vers à grands panaches aux vives couleurs, des Mollusques nudibranches d'une rare élégance, des Crustacés, des Échinodermes, pullulent dans ces abris merveilleux qui font l'admiration des artistes autant que des naturalistes.

Au-dessus de la zone des Laminaires on en distingue une autre d'épaisseur plus considérable, caractérisée par d'autres algues; principalement des espèces diverses de *Fucus*, aux couleurs brunes ou vert bronze.

Cette zone des *Fucus* correspond au niveau moyen des marées comprenant la surface alternativement couverte et découverte chaque jour par la mer, même pendant les marées de morte-eau. Les *Fucus* ont besoin pour vivre d'être mouillés par l'eau de mer tous les jours; aussi leur limite supérieure est-elle nettement marquée par le niveau que la mer en morte-eau atteint le jour où elle monte le moins. Inversement, les *Fucus* ne descendent que très peu parmi les Laminaires; seulement à leur limite supérieure on en trouve quelques touffes qui se mêlent aux Laminaires les plus élevées.

Dans les parties de la côte exposées aux vagues, les *Fucus* deviennent rares et courts, ou même disparaissent complètement dans les points les plus violemment battus; ils sont remplacés souvent par des bancs de moules et de balanes qui aiment l'eau agitée.

La faune de la zone des *Fucus* est très variée : des animaux de toutes sortes cherchent sous ces algues et les autres végétaux marins qui les accompagnent, la fraîcheur, l'humidité, la demi-obscurité; les fentes des rochers; le dessous des pierres abrite des Mollusques, des Vers, des Actinies, des Éponges, des Bryozoaires, de petits Poissons, d'innombrables Crustacés; tous ces animaux se sont accoutumés et adaptés à cette alternative d'émersion et d'immersion, à la basse mer et à la haute mer, dans la même journée.

C'est à ce niveau qu'appartient l'huître portugaise qui pullule sur nos côtes de l'Océan, au sud de la Loire.

Les petites mares abondent dans la zone des *Fucus*; elles sont tapissées d'algues variées et la faune y est richement représentée. Ce sont de véritables aquariums dans lesquels les naturalistes trouvent, aussi bien parmi les animaux adultes que parmi leurs larves, de nombreux sujets d'observations intéressantes. On y remarque aussi certaines algues dont les tissus sont encroûtés de calcaire. Leurs couleurs atténuées, roses, vertes, lilas sont fort belles. Elles forment une ceinture nettement délimitée autour des mares, tout près de la surface de l'eau, ayant besoin de l'oxygène de l'air.

Sur nos côtes atlantiques, la limite supérieure de la zone des *Fucus* est marquée par une étroite bande d'une algue, voisine des *Fucus*, la *Pelvetia canaliculata*, de couleur brune, noirâtre quand elle est sèche, jaunâtre quand elle est mouillée; elle peut s'accommoder de rester à sec pendant deux ou trois jours, où elle se flétrit; mais elle reprend sa vitalité et sa couleur jaune, dès le retour de la mer. Elle sert de transition aux végétaux qui occupent la partie supérieure de la côte rocheuse.

Au-dessus des *Fucus*, se mêlant d'ailleurs à eux par la base, on remarque une zone caractérisée par une immense quantité de petits animaux, les *Balanes*, souvent si serrés les uns contre les autres que la roche disparaît complètement sous leur revêtement blanchâtre. Ces Crustacés, enfermés dans une petite coquille calcaire conique, aplatie, portent au sommet un orifice; une sorte de couvercle à deux volets mobiles le ferme quand l'animal est à sec, et l'ouvre quand il est dans l'eau.

La faune de la zone des *Balanes* est pauvre; elle se compose seulement des animaux qui, pendant les périodes de

morte-eau, ne sont pas recouverts par la marée et ne sont mouillés que par les embruns des vagues. En été, quand la mer est calme, ils peuvent ainsi rester plusieurs jours à sec; aussi ceux qui sont capables de se déplacer se retirent-ils autant que possible dans les fentes sombres et humides des rochers, mais ceux qui sont fixés sont obligés de supporter cette longue sécheresse. C'est là qu'on trouve des Crustacés tels que les *Lygies* qui ont si bien pris l'habitude de vivre émergées qu'elles fuient la mer en grimpant plus haut dans les époques de grandes marées; elles sont presque devenues des animaux terrestres. On remarque aussi dans cette situation des Mollusques qui, comme certaines *Littorines*, sont en train de devenir des Gastéropodes pulmonés, des *Patelles* qui attendent philosophiquement, sous leur coquille conique hermétiquement appliquée à la roche où elles ont emmagasiné une petite provision d'eau, que la marée d'un jour prochain leur apporte l'oxygène et la nourriture; on y voit s'aventurer, mais sans y rester, quelques crabes noirs, les *Grapsus*, qui courent très rapidement et vivent très bien à sec.

Tout au haut de la côte rocheuse, on voit une zone où la flore terrestre semble faire de timides tentatives pour s'implanter, en fixant quelques végétaux particulièrement résistants dans les interstices des rochers où quelques miettes de terre à peine se sont accumulées. Ce sont des plantes phanérogames aux formes raccourcies, rabougries, derniers représentants de celles que l'on trouve plus haut hors des atteintes directes de la mer. Mais elles sont souvent mouillées par les embruns salés des vagues qui viennent se briser sur la côte les jours de mauvais temps, et reçoivent aussi la poussière salée apportée par le vent. On y retrouve

quelques *Armeria* aux jolies fleurs roses, une variété naine de Fenouil, des Lichens. Des animaux terrestres, notamment des Lézards gris, s'y aventurent, ainsi que les Lygies dont nous avons parlé plus haut. Cette zone subterrestre forme en quelque sorte la transition entre le terrain marin et celui du continent. Au-dessus nous sommes hors du domaine marin, mais cependant on doit remarquer les profondes modifications que le vent et l'air chargé de brume salée font subir aux végétaux du littoral.

*Les plages de la côte.* — Laissons maintenant la côte rocheuse et étudions ce qui se passe sur les plages. Celles-ci sont d'aspect et d'étendue variés. Il y en a de toutes petites, intercalées entre deux pointes de falaises, correspondant souvent à l'entrée d'une petite vallée de la côte; il y en a beaucoup qui sont au pied même de la falaise. Il en est enfin d'immenses qui ne sont que la terminaison maritime d'une plaine continentale plate; elles peuvent se continuer dans les terres par des dunes et il est assez difficile de préciser exactement la limite des sables qui appartiennent à la plage de ceux qui appartiennent à la terre ferme, d'autant plus que souvent ces dunes sont déplacées par le vent et que les vagues, les jours de tempête, peuvent s'y étaler fort loin.

*Faune et flore des plages.* — Nous venons de voir la superposition des zones occupées par les plantes et les animaux quand elles ont un substratum immuable de roche ou de maçonnerie. Nous allons retrouver sur les plages des zones analogues, mais les êtres vivants qui les caractérisent sont complètement différents.

On trouve dans toute plage une zone supérieure, constituée surtout par des galets, des graviers, des plus gros éléments du sol; elle forme un angle accentué avec la région inférieure, la plage basse, humide, dont le sol est formé des éléments les plus fins. La zone supérieure est en continuité, comme nous venons de le voir pour les rochers, avec le territoire non marin, et la limite entre la végétation submarine et terrestre est difficile à préciser nettement. La plage haute n'est mouillée que les jours de grande marée; les végétaux ne subissent le contact de l'eau salée que rarement et pendant très peu de temps, mais le petit nombre d'entre eux qui s'accommode de ces conditions de vie y pullule. C'est là que l'on trouve les *Salsola* (*Kali* et *Soda*), les Giroflées violettes, les Chardons bleus, des Euphorbes (*E. paralias*) et quelques autres plantes intéressantes spéciales aux plages sèches; nous ne les trouverons plus sur les côtes marécageuses où elles sont remplacées par des espèces différentes.

Il est intéressant de noter que ces plantes de terrain salé se comportent et prennent la structure et l'aspect de celles qui vivent dans les régions désertiques privées d'eau.

Sur ces plages hautes abonde un petit Crustacé Amphipode, *Talitrus locusta*, vulgairement nommé puce de mer; comme la Lygie il n'aime guère l'eau et fuit, lors des grandes marées, dans les herbes plus élevées qu'elle ne peut atteindre.

Lorsque la plage haute est composée de galets, la flore et la faune y sont nulles; la mer, aux époques de forte marée ou les jours de tempête, les brasse, les frotte les uns sur les autres, les polit et détruit tout ce qui aurait pu, pendant les intervalles de calme, s'y installer.

La plage moyenne, souvent parcourue par des filets

d'eau douce suintant de la côte et filtrant sous les galets, est aussi fort pauvre en organismes vivants; le sable est trop meuble et l'on n'y rencontre guère que quelques algues spéciales végétant autour des petites sources d'eau douce; ce sont surtout des *Ulva* ou des *Enteromorpha*, qui y pullulent; quelques Mollusques, plus particulièrement le *Cardium edule* ou Coque, y abondent. Le sable de ces plages, quand il est pur, est trop instable pour être favorable à l'installation des animaux; mais quand il est mélangé d'une certaine proportion, variable selon les localités, de vase fine, il est en quelque sorte consolidé et les animaux et les plantes y sont plus nombreux; on y trouve alors un assez grand nombre de petits Crustacés, quelques Vers tels que la *Convoluta* verte; mais l'ensemble ne constitue jamais qu'une maigre faune.

Complètement différente est la plage basse, qui ne découvre largement que pendant les jours de grandes marées; elle est infiniment plus riche en animaux, surtout quand elle est vaseuse et humide. Là encore sa bordure inférieure, qui correspond à la zone des Laminaires des rochers, donne une idée de ce qu'est la plage immergée qui, ne découvrant jamais, s'étend à quelques dizaines de mètres de profondeur sous les eaux.

Nous trouvons dans cette plage une riche faune d'animaux fouisseurs, qui peuvent s'y mouvoir en rampant ou en s'y creusant des galeries; on y récolte des Crustacés fouisseurs, tels que les Gebbies et les Callianasses; d'autres animaux, comme certaines Actinies, fixent l'extrémité de leur corps au fond d'un trou sur un petit caillou. Il y en a qui rampent ou qui nagent dans les mares à la surface de ce sable, tels que les Soles et les Plies, dont les jeunes pul-

lulent dans l'eau tiède, près du bord, pendant la belle saison. Si l'on remue ce sable, pourvu qu'il soit meuble et à peine vaseux, on y trouve des poissons qui s'y enfouissent : les Lançons, l'*Amphioxus*; un Oursin spécial, l'*Amphidetes*; si le sol est plus vaseux, ce sont des Vers, des Annélides, des Némertes, de nombreux Mollusques bivalves qui y vivent.

Beaucoup de ces Mollusques sont comestibles : Cardium, Praires, Palourdes, Couteaux, etc.

Dans ces plages basses circulent souvent à marée basse des ruisseaux qui servent à drainer les eaux laissées par la mer et qui constituent des mares, quelquefois assez grandes, où vivent des quantités d'animaux, des Poissons, des Crustacés, des Céphalopodes tels que les Sèches et les Sépioles. Les Crevettes grises abondent dans ces ruisseaux et ces flaques d'eau. Dans quelques régions, par exemple dans la baie du Mont-Saint-Michel, aux époques des grandes marées où la mer s'éloigne de plusieurs kilomètres de la côte, ces ruisseaux, grâce à leur débit considérable, prennent l'apparence de véritables rivières. Les pêcheurs y font une abondante récolte de poissons plats, tels que les Plies, Soles, Turbots, etc.

Il faut encore remarquer que les animaux de ces plages basses varient avec le climat; ils ne sont pas les mêmes dans les plages du Nord que dans les plages des pays chauds. L'action plus ou moins énergique du vent, la proportion d'eau qui imprègne le sable, la présence ou l'absence de vase, ont aussi une influence très grande et très variable sur la composition de la faune; on voit dans un même pays des plages basses remarquablement riches non loin d'autres presque azoïques, dont l'exposition et la composition du sol sont différentes.

*Quelques variétés de plages.* — Il arrive dans beaucoup d'endroits qu'une partie plus ou moins grande des plages est occupée par une végétation d'herbes vertes spéciales, qui sont les *Zostères*. Le sol de ces plages est encombré par les rhizomes noirâtres de ces phanérogames qui, en s'enchevêtrant, constituent un feutrage serré. Ces herbiers occupent la zone correspondant à celle des *Fucus* et des *Laminaires* des fonds rocheux et descendent à quelques mètres au-dessous du niveau des basses eaux de grande marée. La vase et le sable de ces plages sont immobilisés par les tiges et les racines de ces plantes, et habités par une foule d'animaux spéciaux : Vers, Mollusques, Actinies, Bryozoaires, Crustacés, etc., les uns se fixent sur leurs tiges, leurs feuilles, leurs racines; les autres s'y creusent des galeries; on en trouve, comme les Sèches, qui utilisent les longues feuilles vertes et rubanées pour y fixer les grappes de leurs œufs. Beaucoup de poissons, les Hippocampes, les Syngnathes, les Cottes, y pullulent. Les Mollusques Nudibranches y rampent en grand nombre.

*Les estuaires.* — Les estuaires des fleuves présentent presque toujours, dans les régions à marées, une berge en pente accentuée, vaseuse, grise, glissante, qui se termine en bas dans le chenal souvent étroit, contenant un mince filet d'eau douce à très faible débit, en disproportion avec l'étendue de l'estuaire.

Au sommet de cette berge, la pente est bien moins accentuée, elle finit même par se confondre avec la zone plate constituant le pays voisin. Nous retrouvons là des dispositions caractéristiques des plages ordinaires. Le chenal correspond à la plage basse, les berges vaseuses à la plage

moyenne et la partie supérieure à la plage subterrestre, couverte d'eau seulement aux jours de grande marée.

Le chenal, à mer basse, généralement très petit, ne peut contenir qu'une faune restreinte, acceptant de vivre dans un mélange d'eau douce fluviale et d'eau de mer, à densité variable avec la marée et la saison. A mesure que la vallée qui constitue cet estuaire se rapproche du bord proprement dit de la mer, ce chenal s'évase, ses berges s'aplatissent et très souvent se recouvrent d'herbiers de *Zostères*. On y remarque quelques *Carex*, des *Salicornes*, des *Statice*s, disséminés par petites touffes isolées; ces plantes, dans les régions plus éloignées de la mer, étaient plus vigoureuses, très abondantes, touffues et prospères. Elles sont devenues plus petites, plus rares quand elles se sont rapprochées de la plage marine, forment des îlots séparés par de minces couloirs où s'aventurent des crabes verts qui vivent fort bien à sec parmi les touffes d'herbes; quelques *Cardium*s, puis des Insectes qui n'ont rien de marin s'y font remarquer, faisant un mélange de transition entre les deux faunes.

Sur les berges vaseuses on observe des trous ovales d'environ 1<sup>cm</sup> de diamètre qui correspondent à l'ouverture des siphons d'un gros Mollusque bivalve, la *Mya arenaria*, dont le corps est enfoncé, souvent à un demi-mètre de profondeur, dans la vase. C'est l'animal le plus caractéristique de cette zone, qui d'ailleurs partage cet habitat avec une autre espèce voisine, *M. truncata*. Quelques Vers, quelques petits Crustacés, habitent aussi cette vase, mais ils sont peu nombreux et cette faune dans son ensemble est pauvre. La vase est souvent rendue peu ou même tout à fait inhabitable, quand elle est chargée de matières organiques amenées par

le fleuve et qui s'y putréfient. Le fond du chenal est moins vaseux et plus riche en animaux à mesure qu'il s'approche de la mer. On y retrouve à peu près la faune des herbiers, avec des Éponges rouges (*Suberites domuncula*), contenant beaucoup de phosphore, des *Maïa* ou Araignées de mer; dans le chenal profond se rencontraient en abondance les bancs d'*Ostrea edulis*, l'huître plate, aujourd'hui en voie de disparition. C'est sur la partie plate de la berge de ces estuaires dans les pays marécageux que sont installés les établissements de culture de coquillages, plus particulièrement les claires à huîtres. Les plus importantes sont, en France, ceux de l'embouchure de la Seudre, dans la région de Marennes, du Croisic, d'Arcachon; dans la baie de l'Aiguillon se cultivent de même les moules. Les larves des huîtres sont recueillies sur des collecteurs spéciaux que les ostréiculteurs installent dans la partie profonde du chenal; c'est principalement dans les rivières du Morbihan que cette industrie est importante.

Le chenal, dans sa partie terminale et vraiment marine, se continue sous les eaux comme le fond d'une vallée qui prolonge celle du territoire émergé. Souvent on y trouve une algue calcaire, utilisée par les riverains sous le nom de *Moerl* pour amender leurs cultures; les bancs de cette algue meuble abritent divers animaux spéciaux, parmi lesquels il faut signaler l'*Amphioxus*, si intéressant pour les zoologistes.

Tous ces chenaux sont remplis pendant la belle saison des jeunes d'une foule de Poissons, tels que les Mulets, les Pleuronectes, qui remontent souvent fort loin de leur embouchure dans les fleuves, jusqu'au point où la marée cesse de se faire sentir.

Les *Palétuviers* sont des arbres tropicaux qui forment sur les plages une inextricable végétation. Les racines et les troncs de ces arbres singuliers s'enfoncent dans la vase et le sable, et sont recouverts à chaque marée; à mer haute les rameaux feuillus seuls dépassent le niveau de l'eau; à marée basse, dans ce réseau de tiges, de racines et de branches enchevêtrées, vit une population innombrable d'Éponges, de Crustacés, de Mollusques, de Vers, d'Insectes et d'Oiseaux, voire même de Reptiles. Les Palétuviers constituent un faciès très étendu et tout à fait caractéristique des côtes basses des océans tropicaux. Cette intensité de vie animale amène, comme conséquence, des putréfactions très importantes qui rendent les côtes à Palétuviers très malsaines pour l'homme.

*Faune et flore des côtes sans marées.* — Le peu que nous en dirons se rapporte presque exclusivement à la Méditerranée; ce sont surtout les beaux travaux du Professeur Pruvot qui ont permis de préciser les conditions d'existence des êtres marins dans ces régions.

Là encore, la nature du sol est la condition primordiale qui détermine la composition de la Flore et de la Faune. Selon que la côte est rocheuse ou sableuse, les êtres vivants se comportent de manière toute différente. Il en est de même pour les effets que produisent sur les êtres vivants l'exposition aux coups de mer ou à l'abri de leur violence. Le facteur *marée* n'existe pas ou est insignifiant.

Les falaises sont généralement hautes et escarpées, bordant un pays montagneux, c'est le cas des côtes de Provence, de la mer Ligurienne, de l'Algérie. La plupart de ces falaises sont exposées aux coups de mer, et c'est seulement dans les

petites anses à ouvertures étroites que les eaux plus calmes permettent l'épanouissement de la flore et de la faune.

Sur la falaise se trouve, comme sur la côte océanique, une zone subterrestre qu'atteignent rarement les embruns des vagues, suffisants cependant pour éliminer les plantes qui craignent le contact du sel. Seules subsistent, sous une forme courte et tassée, celles qui s'accommodent de ce sel et du vent marin. Elles prennent souvent la forme en rosette aplatie sur le sol, ou deviennent épineuses.

Au-dessus du niveau moyen de la mer, la roche est le plus souvent mouillée par les vagues; mais, les jours de grand calme, aucune eau ne vient rafraîchir les rares animaux qui s'y installent. De plus, en été, ils sont exposés pendant une grande partie de la journée au soleil. Cela n'empêche pas quelques-uns d'entre eux, comme les Balanes, de pulluler; on y trouve aussi une petite Littorine noire qui vit en colonies, et s'installe, autant qu'elle peut, à l'ombre dans les fentes des rochers.

Au pied de la falaise, la ligne de surface de la mer est marquée par une bande d'algues calcaires incrustantes; elles ont souvent une forte épaisseur, pouvant atteindre 1<sup>m</sup> et sont criblées d'anfractuosités où pullule une faune spéciale très abondante. La moindre ride des eaux détermine un léger clapotis qui suffit à mouiller les habitants de ces algues solides, mais le plus souvent les vagues les recouvrent, quelquefois avec violence les jours de tempête. Dans certaines contrées de la Méditerranée, l'épaisseur de cette corniche saillante, que l'on nomme *trottoir*, est telle que l'on peut aisément s'y promener, quitte à être mouillé quand la mer n'est pas assez calme.

Ailleurs le trottoir est moins développé et se réduit à une couche plate d'algues incrustantes calcaires.

Ces trottoirs intéressent vivement les naturalistes par l'abondance des plantes et des animaux adaptés à la vie en eau agitée, fortement aérée; l'abri des anfractuosités de cette roche calcaire leur permet de ne pas être arrachés par les coups de mer. Dès que la côte rocheuse est plus abritée, dans les petites anses par exemple, le trottoir diminue d'épaisseur et disparaît complètement au fond de la baie calme.

Les trous qui s'entre-croisent en tous sens dans cette masse d'algues calcaires compactes sont creusés par des Mollusques perforants; ils sont ensuite agrandis, quand le Mollusque meurt, par d'autres animaux, et le tout finit par ressembler à une grosse éponge. Là dedans pullulent des Annélides, des Némertes, des Mollusques, Moules et Lithodomes, des Oursins, voire même des Mouches et des Araignées; un Coralliaire (*Flabellum*) s'y rencontre sur nos côtes, remplacé sur le littoral algérien par un autre Coralliaire vivant en belles colonies orangées, l'*Astroïdes calycularis*.

On peut faire remarquer que cette association d'animaux et d'algues calcaires représente dans nos climats tempérés les récifs de coraux des mers tropicales. Il y a la plus grande analogie entre ces deux formations, qui restent rudimentaires dans la Méditerranée parce que la température de l'eau descend en hiver au-dessous de 18°; cette température représente le minimum supportable pour les coraux constructeurs. Seuls les *Astroïdes* de la côte algérienne représentent ces coraux tropicaux, mais en trop faible quantité et sans l'énergie suffisante pour fonder un récif.

Au-dessous de ce trottoir, la falaise et les grosses roches

qui se sont accumulées à son pied jusque vers 30<sup>m</sup> de profondeur sont couvertes d'algues. On en trouve une bande de couleur brun violet, immédiatement sous le trottoir; le reste est surtout formé de *Cystoseris* rameux, qui correspondent à la zone des Laminaires atlantiques. On y trouve une riche faune de Vers, de Mollusques, de Crustacés; quelques rameaux de corail commencent à s'y établir dans les abris obscurs. Les Poissons, dits « de roche », y abondent.

Jusque vers 80<sup>m</sup> de profondeur, le sol est couvert des pierres arrachées à la côte; mais il se produit dans cette zone un phénomène caractéristique. Tous ces cailloux sont soudés les uns aux autres par une foule d'animaux incrustants qui construisent ainsi comme une sorte de conglomérat ou de béton; ces êtres jouent le rôle de ciment. Ce sont surtout des Bryozoaires, quelques algues calcaires et des Éponges siliceuses et calcaires qui produisent ces incrustations; le tout est fort solide et la drague ne peut en arracher que des fragments peu volumineux. On trouve sur cette roche très spéciale, pleine d'anfractuosités, une foule d'animaux dont beaucoup sont fort beaux, des Coralliaires, des Mollusques, des Vers, des Brachiopodes, des Crustacés, dont la Langouste, de nombreuses espèces d'Oursins, d'Étoiles de mer, des Poissons tels que les Murènes, les Congres, etc. C'est la zone riche de la faune méditerranéenne.

Au delà commence la vase de la côte qui se continue plus bas avec la vase profonde, laquelle tapisse tout le sol de la Méditerranée.

Les plages sont beaucoup simplifiées. Les unes sont très petites et occupent le fond des petites baies, les autres continuent sous la mer un littoral bas; c'est le cas de nos

côtes allant des Pyrénées au Rhône, où se montrent seulement quelques points rocheux.

La marée manquant, la partie haute de la plage se réduit à la région où les vagues déferlent, et se couvre, à sa limite avec la terre ferme, de végétation adaptée à la salure intermittente. La partie basse de la plage est au-dessous du niveau de la mer, et c'est là seulement que l'on rencontre des animaux; souvent des herbiers s'installent non plus seulement de *Zostères*, mais d'une plante analogue, les *Posidonies* (*Posidonia Caulini*). Dans l'enchevêtrement de leurs rhizomes feutrés, qui descendent jusqu'aux fonds vaso-sableux de 8 à 10<sup>m</sup>, habitent de nombreux animaux, des Vers, des Mollusques, qui se creusent des galeries; des Poissons viennent pondre parmi les feuilles de ces *Posidonies*, beaucoup d'entre eux abondent sur ces plages, où ils font l'objet d'une pêche intense de la part des habitants du littoral. La faune de ces plages profondes et surtout des herbiers est particulièrement riche et les naturalistes trouvent un grand intérêt à leur étude.

Plus profondément les graviers de la plage sont soudés entre eux par des Éponges et des Bryozoaires; cet ensemble rejoint la zone que nous avons décrite au pied des falaises. On y trouve des Échinodermes en abondance, des poissons plats tels que les Soles, les Raies, de nombreux Mollusques.

La plupart des animaux que nous avons signalés dans ces zones diffèrent d'espèces dans chacune d'elles. Tout en appartenant aux mêmes familles ce sont des animaux spéciaux localisés à ces niveaux; on ne trouve pas près de la surface les mêmes espèces qu'à 50<sup>m</sup> plus bas, ni sur les plages les mêmes espèces que parmi les rochers.

*Les marais salants.* — On trouve dans divers pays, sur les côtes basses des régions où le vent est vif et le climat chaud, de vastes marais aménagés par l'homme pour l'évaporation de l'eau de mer et la récolte du sel. Ces marais salants sont nombreux sur nos côtes de l'Atlantique et de la Méditerranée. Leur étude est particulièrement intéressante, car elle montre l'action des diverses concentrations des sels sur la faune et la flore.

Schématiquement un marais salant, tel qu'il est constitué sur nos côtes au sud de la Bretagne, consiste en une série compliquée de bassins peu profonds, que parcourt l'eau de mer; elle entre dans le premier à marée haute, s'évapore de plus en plus pendant son parcours dans chacun d'eux et abandonne ses sels cristallisés dans le dernier. L'eau qui arrive du large apporte avec elle la faune planctonique habituelle, petits animaux adultes ou larvaires, algues microscopiques, spores diverses. Tout cela vit dans le premier bassin, mais la plupart des êtres planctoniques du large disparaissent presque aussitôt; l'eau s'y décante. Il ne survit que les jeunes de quelques poissons: Anguilles, Mulets, des Mollusques, *Cardium* et Littorines, des Vers, Néréis, Arénicoles, Némertes, des Crustacés, Crabes, diverses Crevettes. Ce sont des êtres euryhalins et eurythermes, que les changements de salinité et de température n'affectent pas profondément.

Mais dans les bassins suivants l'évaporation amène une concentration plus grande des sels de l'eau de mer, et les plus sensibles de ces animaux disparaissent. Il ne reste alors que des *Cardium edule* de petite taille, à coquille mince et friable; une Annélide, la *Nereis diversicolor*, qui changeant

d'aspect devient rabougrie et tuméfiée; une Crevette spéciale, *Palemon rectirostris*.

Dans les avant-derniers compartiments, on voit apparaître dans l'eau très salée un petit Crustacé, l'*Artemia salina* (fig. 2), très voisin du *Branchipus*, qui est un animal d'eau douce.

Les plantes ont peu à peu disparu; celles qui persistent le plus loin sont des algues du genre *Ulva* et un phanérogame, le *Salicornia*, qui pullule normalement dans les marais littoraux, mais pousse abondamment dans des compartiments des marais salants où l'eau est très concentrée.

Il faut remarquer que ces marais salants ne fonctionnent qu'en été, et que pendant l'hiver non seulement on n'y fait pas entrer l'eau de mer du large, mais qu'en outre les pluies abondantes transforment ces bassins clos en réservoirs d'eau saumâtre fortement dessalée, et, à la fin du printemps, presque douce. Les animaux et les plantes qui persistent à vivre dans ce milieu passent par des alternatives d'eau très dessalée en hiver et sursalée en été.

Ils représentent une très petite

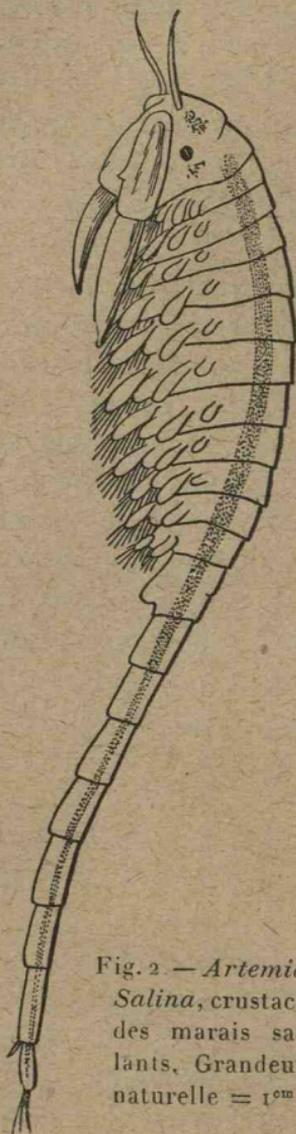


Fig. 2. — *Artemia Salina*, crustacé des marais salants. Grandeur naturelle = 1<sup>cm</sup>.

exception dans l'ensemble de la Faune et de la Flore du

littoral et constituent, en somme, une très pauvre population.

Nous venons d'esquisser les formes principales sous lesquelles apparaissent les animaux et les plantes, qui constituent la population des eaux littorales. Nous avons maintenant à étudier les transformations qu'elle subit dans les régions profondes des océans.

## CHAPITRE V.

### LA FAUNE DU SOL ABYSSAL.

Nous venons de voir comment les animaux et les plantes du littoral sont répartis selon la nature du sol, leur exposition aux vagues, marées et courants, l'influence des cours d'eau douce, du vent, des climats, etc.

Nous avons maintenant à examiner ce que devient cette faune dans les profondeurs de la mer, lorsque la plupart des conditions d'existence que nous venons d'énumérer se sont profondément modifiées ou ont complètement disparu.

Les êtres qui se sont adaptés à vivre sur le sol des grandes profondeurs des océans y rencontrent en effet des conditions physiques et chimiques spéciales, caractéristiques et remarquables en outre par leur très grande uniformité sous toutes les latitudes.

Le sol est composé presque exclusivement de vase dont la consistance est très faible, presque liquide à sa surface même, plus épaisse dans les premiers centimètres, plus dense ensuite. Mais au-dessous nous ne la connaissons pas. Ces vases sont variées : rouge, bleue, jaune, verte, à Globigérines, à Diatomées, à Ptéropodes, à Radiolaires; nous en étudierons plus loin la formation lente. Les rochers ne doivent s'y rencontrer que dans le voisinage des volcans sous-marins; les pierres n'y sont représentées que par celles qu'entraînent

les icebergs détachés des pôles et qu'ils abandonnent en fondant, et aussi par les scories des paquebots.

L'eau ne présente pas de différences bien marquées au point de vue de la salinité entre les couches profondes et les couches superficielles; il semble cependant qu'elle s'accroît légèrement jusqu'à 1200<sup>m</sup> environ; au delà la décroissance est très faible et la salinité peut être regardée pratiquement comme constante.

La température, en un point donné de la mer profonde, doit aussi être considérée comme invariable; elle n'est plus soumise ni aux variations saisonnières des couches superficielles, ni aux grands courants océaniques qui ne l'atteignent pas. Cette température est toujours basse, voisine de 2° dans les fonds de 4000<sup>m</sup>; elle descend à 0°, 5 à 6000<sup>m</sup>. Cette eau froide est celle qui glisse sur le fond en partant des océans polaires. Il est cependant probable que la mince couche d'eau qui, sur quelques centimètres d'épaisseur, est en contact avec la vase du fond, est très légèrement moins froide que celle qui la surmonte. Cette lame de couverture du sol est intéressante à noter, car c'est dans cette petite couche que vivent les êtres rampants ou fixés sur le sol. Elle est due à la température plus élevée de l'écorce terrestre.

La pression est naturellement considérable; mais on sait que ce facteur n'a pas grande importance au point de vue de la vie des animaux, car les liquides internes de leur corps sont, par osmose ou filtration, en équilibre avec l'eau ambiante; il n'en serait pas de même si ces êtres renfermaient une vésicule pleine de gaz. Elle serait aplatie bien avant que son porteur soit descendu dans les eaux profondes; aussi les poissons abyssaux sont-ils dépourvus de vessie natatoire.

Les courants profonds sont, comme nous l'avons dit, déterminés par glissement de l'eau polaire vers l'équateur sur le fond, et la montée équatoriale de l'eau froide vers la surface; ces derniers sont destinés à remplacer l'eau chaude écoulée de l'équateur vers les pôles qui constitue les grands courants chauds superficiels. Ces courants profonds ont une si faible vitesse que le calme peut être considéré comme physiologiquement absolu; ils n'ont aucune influence sur la vie générale des animaux abyssaux. Ils n'ont jamais à lutter contre eux, et sont par conséquent dépourvus des puissants moyens de déplacement que l'on observe dans leurs congénères de la surface soumis à des courants rapides. leur organisme manque complètement d'appareils natatoires importants et des fortes musculatures correspondantes.

La lumière solaire est presque totalement absente. Si, ce dont nous ne sommes pas absolument sûrs, il en persiste une faible part, dans les très grandes profondeurs, elle se réduit à des rayons ultraviolets.

Il résulte de ce fait que les conditions de la vision sont complètement différentes et que ceux des animaux qui ont des yeux ont subi des adaptations spéciales, comme par exemple leur énorme accroissement. Chez d'autres, au contraire, les yeux se sont atrophiés; ailleurs enfin ils ont disparu.

Il faut noter aussi que de nombreux animaux ont acquis la faculté d'émettre des rayons lumineux qui compensent la disparition des rayons solaires. Nous parlerons plus loin, dans un chapitre spécial, des animaux lumineux.

Cette absence de lumière solaire entraîne la disparition des plantes. Celles-ci ne dépassent pas 200<sup>m</sup>. Il en résulte que les animaux herbivores n'existent pas dans la faune

abyssale qui ne contient que des mangeurs d'albumine animale sous la forme d'autres animaux vivants ou de cadavres tombés de la surface; certains animaux se nourrissent en avalant de grandes quantités de vase d'où leur intestin retire la faible quantité d'albumine qu'elle peut contenir.

Le sol mou, presque complètement dépourvu de pierres, nécessite pour les animaux une adaptation spéciale qui les empêche d'être submergés dans cette boue à moitié liquide. Les uns s'aplatissent de façon à répartir leur poids sur une grande surface; les autres allongent énormément leurs pattes et supportent ainsi, sans qu'il reste en contact avec le sol, leur corps de faible taille; ils ressemblent à d'énormes araignées. D'autres vivent presque complètement enfoncés dans cette vase molle; mais, pour limiter leur immersion, ils poussent de longs filaments solides disposés comme des racines irradiées en tous sens; c'est le cas des Éponges. Il en est d'arborescentes dont la base s'est fixée sur un corps étranger, une coquille, un débris quelconque; à mesure que l'animal a grandi, son poids a enfoncé le support jusqu'au moment où il rencontre une couche suffisamment consistante pour constituer un plancher solide, où la descente s'est arrêtée.

Sur le parcours des paquebots, la drague rapporte des scories et du mâchefer; sur ces débris on récolte souvent des êtres qui n'auraient pu trouver aucun autre corps solide sur le fond pour se fixer.

D'une manière générale les animaux abyssaux sont plus grands que leurs congénères du littoral; cette règle est loin d'être absolue, mais on en connaît de nombreux exemples dans les classes les plus diverses du règne animal.

Les fonds vaseux des mers closes comme la Méditerranée, où les courants océaniques et les eaux froides extérieures ne pénètrent pas, sont très pauvres en animaux abyssaux.

On a cru longtemps que les animaux étaient disséminés au hasard sur le fond de la mer, comme un semis qui aurait été fait à la volée. Il semble au contraire certain que les animaux sont groupés par îlots, comme des oasis dans un désert. Ces oasis ont divers aspects. Les plus caractéristiques sont formés par de véritables taillis dont les arbres sont des Coelentérés à tiges ramifiées, solides mais souples, principalement des Gorgones, qui peuvent atteindre plusieurs mètres de hauteur, des Isis, d'autres formes analogues dont la plupart sont lumineuses. Parmi ces taillis, une foule d'autres animaux, des Crustacés, des Poissons, des Échinodermes circulent, se nourrissent, s'abritent et se reproduisent.

Ailleurs ce sont des coraux durs, en forme de buisson, les Oculines, qui forment la base de l'oasis. On en a trouvé d'autres qui sont constitués par de magnifiques Crinoïdes, verts et serrés comme l'herbe d'une prairie, rappelant ce que durent être dans les mers anciennes les champs d'Encrines dont les débris ont formé le calcaire à entroques.

Dans les intervalles de ces oasis, la faune est beaucoup plus pauvre; çà et là quelques Vers, Mollusques ou Éponges enfouis dans la vase, d'autres animaux rampant ou marchant sur elle; mais la densité de cette population est toujours faible.

La faune de la mer profonde peut être considérée, dans son ensemble, comme de plus en plus pauvre à mesure qu'elle descend davantage dans la zone abyssale. Mais ce n'est pas avec une parfaite régularité que la courbe se

rapproche de zéro. Il faut tenir compte de divers facteurs physiques, dont plusieurs ne nous sont pas encore suffisamment connus, pour expliquer divers cas spéciaux.

La profondeur maximum des mers actuellement constatée n'atteint pas tout à fait 10 000<sup>m</sup>. Mais ce n'est que par quelques très rares sondages que l'on a reconnu ces extrêmes profondeurs, sans que l'on ait pu y faire des récoltes suffisantes sur le fond; on est donc très peu renseigné sur les êtres vivants qui peuvent s'y trouver; il est prématuré d'affirmer qu'il n'en existe pas.

L'existence d'animaux vivants n'a été constatée que jusqu'à la profondeur de 7000<sup>m</sup>. Les dragages ont montré que dans les océans ouverts la faune, à 2000<sup>m</sup>, est riche et variée. A 4000<sup>m</sup> elle est déjà fort diminuée, à 6000<sup>m</sup> très pauvre, et les échantillons qui en proviennent sont fort rares. Mais il faut dire aussi que les engins de pêche véritable, autres que les sondes ou les thermomètres, n'atteignent que rarement de pareilles profondeurs.

Un phénomène caractéristique fort intéressant doit être mentionné ici. Lorsqu'on examine les collections rapportées par les expéditions polaires, on est frappé par l'aspect *abyssal* des animaux récoltés non loin des côtes et à faible profondeur. Quand on a un peu l'habitude de ces sortes d'investigations, on reconnaît facilement les animaux de grande profondeur, même sans en faire un examen méticuleux; ils ont des couleurs, un faciès, particuliers qui font qu'un naturaliste exercé ne s'y trompe pas. Les animaux de faible profondeur polaire ont aussi ce faciès abyssal qui les ferait facilement confondre avec des animaux récoltés beaucoup plus profondément sur le fond des mers tempérées ou équatoriales. Cette constatation fournit une indication

intéressante de la continuité de la faune abyssale générale avec la faune superficielle polaire; elle peut expliquer l'origine et le mode de peuplement des grandes profondeurs océaniques.

C'est à cette notion que se rattache la conception de la théorie dite de la *bipolarité des faunes*. On a remarqué depuis longtemps que les animaux des mers polaires du Nord ont une grande ressemblance avec ceux du Sud. Mais, en raison des températures élevées des eaux équatoriales, on ne peut supposer que ces animaux aient émigré d'un pôle à l'autre soit en flottant au large, soit en rampant le long des côtes; on a pensé qu'ils avaient pu glisser lentement sur le sol abyssal. Mais en serrant la question de plus près, on s'est aperçu que la plupart des animaux dits bipolaires, que l'on avait cru, à première vue, identiques dans les eaux arctiques et antarctiques, n'ont en réalité que des ressemblances superficielles et n'appartiennent pas aux mêmes espèces. Ce sont seulement des membres des mêmes familles qui, vivant aux deux pôles dans des conditions semblables de salinité, de température, d'éclairement, se sont adaptés à ces conditions et ont acquis une ressemblance frappante, mais sans perdre leurs caractères spécifiques différentiels. Il y a enfin parmi ces êtres dits bipolaires, quelques espèces cosmopolites : comme on les trouve partout, il n'y a pas de raison pour qu'elles n'existent pas aux pôles, mais elles ne sont pas pour cela spécialement bipolaires. En somme, c'est à peine si l'on a trouvé quelques unités animales réellement bipolaires, et jusqu'à présent en si petit nombre qu'elles ne sont pas suffisantes pour baser une théorie générale de la bipolarité des faunes.

Un autre fait très important doit être mis en évidence.

Depuis plus d'un demi-siècle que les grandes expéditions scientifiques sillonnent les mers, nous commençons à être en possession d'importants documents. Ils sont cependant encore trop rares, surtout pour les très grandes profondeurs, comme il a été dit plus haut, pour que les zoologistes soient en droit de se flatter de connaître même approximativement l'ensemble de la faune abyssale. Il reste encore de vastes étendues d'océans pour lesquels nous n'avons presque pas ou même pas du tout de documents, par exemple la plus grande partie de l'océan Pacifique. Dans beaucoup de cas, des espèces d'animaux ne sont connues que par un seul échantillon; c'est évidemment un jalon précieux, mais insuffisant. Si l'on réfléchit d'autre part à la très petite surface que parcourt une drague raclant le fond, on conviendra que c'est bien peu de chose quand il s'agit de se faire une idée de ce qui existe sur le fond de l'immense étendue des océans.

Les nombreux sondages exécutés dans les océans sont le plus souvent destinés seulement à connaître la profondeur, la température, et à rapporter en vue d'analyse un petit échantillon d'eau. Les vraies pêches abyssales, à très grandes profondeurs, avec des chaluts ou des dragues, sont très difficiles à exécuter, exigent de grands navires et beaucoup d'argent; elles sont par conséquent très rares. A partir de 4000<sup>m</sup>, on ne peut citer qu'un très petit nombre de stations de vraie exploration biologique ayant rapporté d'importantes collections d'échantillons zoologiques. Dans les profondeurs moindres les documents sont plus abondants, surtout sur les trajets souvent explorés des câbles télégraphiques.

Il résulte de tout cela que notre connaissance de la

faune très abyssale est restreinte; dans l'Atlantique nord elle est meilleure, dans la plus grande partie du Pacifique elle est très faible ou même nulle. Il serait donc imprudent et injustifié de tirer dès maintenant des conclusions générales trop précises sur la faune des profondeurs extrêmes, sur sa composition et son origine. Ce que l'on peut dire, c'est que les faits isolés, recueillis sur des points très dispersés des océans, concordent jusqu'à présent. L'avenir dira s'il faut étendre ou modifier les conclusions auxquelles l'ensemble actuel des observations a conduit les océanographes.

Un fait précis peut être cependant dès maintenant mis en évidence.

Lorsque les naturalistes constatèrent pour la première fois la présence d'animaux parfaitement vivants dans des eaux profondes où jusque-là ils ne croyaient pas que la vie fût possible, ils s'attendaient à ramener des abîmes une faune totalement nouvelle et complètement différente de celle qui vit dans les eaux du littoral. Ils furent très étonnés de voir que les êtres abyssaux qui venaient, à chaque expédition nouvelle, enrichir les collections, prenaient place, sans rien bouleverser, dans les cadres anciens de la Zoologie.

Depuis lors, les expéditions se sont multipliées et les collections se sont beaucoup accrues, mais il n'a été nécessaire de rien transformer pour intercaler les nouveaux venus. Certes les espèces nouvelles et les genres nouveaux ont abondé; mais il a suffi de laisser des lignes blanches dans les catalogues pour les y placer; il n'a été nécessaire de remanier aucune des grandes divisions de la Zoologie.

Mais si ces êtres nouvellement inscrits n'ont pas amené les transformations supposées à l'origine, il n'en reste pas moins qu'ils sont du plus haut intérêt. La vie dans les grandes

profondeurs, tout en respectant les caractères fondamentaux de chaque classe, a tellement modifié les détails de l'organisme, changé l'aspect général des êtres, nécessité des adaptations spéciales, que ces animaux ont acquis une physionomie toute particulière qui les fait reconnaître immédiatement. La généralisation des appareils d'éclairage, les complications des appareils spéciaux pour la capture des aliments dans un milieu où ils sont clairsemés et rares, la transformation des appareils locomoteurs afin de les empêcher de s'enfoncer dans la vase, d'autres caractères encore les différencient des êtres littoraux appartenant cependant aux mêmes familles.

Nous aurons un peu plus loin à voir comment, dans l'état actuel de nos connaissances, on peut expliquer l'origine du peuplement des eaux abyssales et comment les animaux ont pu s'y adapter.

Nous allons maintenant passer rapidement en revue les types les plus caractéristiques des êtres, qui constituent la faune abyssale.

A la base de cette série spéciale des êtres vivants, nous placerons les *Microbes*. On a maintes fois constaté leur présence, et certains d'entre eux sont particulièrement intéressants. Telles sont les Bactéries qui produisent l'hydrogène sulfuré qui est en assez grande quantité dans les eaux profondes de la mer Noire pour en éliminer toute trace de faune. D'ailleurs il faut noter ce fait général que les Bactéries ne peuvent se trouver que là où il y a des matières organiques; les unes produisent leur fermentation, les autres leur décomposition. Il en est qui transforment les matières azotées en nitrites, les autres en nitrates. D'autres, au contraire, décomposent en sens inverse ces produits, et mettent

en liberté de l'ammoniaque; d'autres, par exemple le *Bacterium calcis*, produisent la précipitation des sels de calcium, surtout dans les mers tropicales.

Les Bactéries marines sont plus nombreuses dans les eaux littorales, où les matières organiques mortes abondent, que dans les grandes profondeurs du large, où la matière organique morte, tombant de la surface, diminue à mesure que la profondeur augmente. On en a cependant découvert de fort importantes sur la vase des grandes profondeurs de la mer où elles liquéfient, ou plus exactement transforment en gelée semi-liquide, « gélifient », les cadavres qui y parviennent. En raison de la basse température de ces régions profondes, il est probable que cette transformation se fait lentement.

Notons enfin la présence des Bactéries lumineuses; elles abondent sur le littoral et descendent aussi dans la mer profonde où elles éclairent probablement le sol océanique de lueurs évidemment très faibles. Il faut cependant laisser subsister un doute, car on ignore si la basse température du sol abyssal est compatible avec le fonctionnement des photobactéries. Nous reviendrons plus loin sur cette question à propos de l'éclairage des eaux océaniques.

Les végétaux marins ne pénètrent pas au delà de 200<sup>m</sup> de profondeur; il ne peut donc en être question dans cette étude de la vie abyssale.

Les *Protozoaires* vivant exclusivement sur le sol abyssal sont rares. On sait que, contrairement à l'ancienne conception, les Globigérines à carapace calcaire et les Radiolaires siliceuses ne sont que des êtres pélagiques, ne vivent pas sur le sol et que leurs débris seuls tombent sur le fond après leur mort.

Diverses espèces de Foraminifères non pélagiques vivent sur la vase abyssale, mais ne sont jamais assez nombreux pour caractériser un sédiment.

Parmi les formes intéressantes on peut signaler les Foraminifères dits *arénacés* qui se construisent avec des grains de vase agglutinés des tubes irréguliers d'aspect rugueux.

Les *Spongiaires* sont des animaux assez abondants à toutes les profondeurs, et les coups de chalut en rapportent presque toujours quelques-uns. Mais les espèces abyssales diffèrent profondément de celles que l'on rencontre dans les eaux littorales et continentales. Les éponges possèdent un squelette formé de spicules tantôt calcaires, tantôt siliceux, quelquefois cornés. Les éponges employées usuellement sont de ce dernier type; elles vivent toutes dans les eaux littorales; les calcaires ne dépassent guère le bord du plateau continental, de sorte que ce sont seulement les éponges siliceuses qui descendent dans les grandes profondeurs. Beaucoup de ces éponges atteignent de grandes dimensions, leurs spicules d'opale s'entrelacent de façon à constituer de véritables dentelles à mailles géométriques, formant dans certaines espèces des tissus d'une merveilleuse élégance. Ces êtres sont enfouis dans la vase, et seule leur partie supérieure émerge pour permettre l'entrée et la sortie de l'eau. Beaucoup d'entre elles sont pourvues de très larges spicules qui hérissent leur corps et constituent des appendices en forme de racines, destinés à augmenter leur base et à empêcher leur corps d'être entièrement submergé dans la boue. Les tissus vivants, d'une extrême délicatesse, sont constitués par des cellules vibrantes, groupées en petites corbeilles ayant la forme d'un dé à coudre. Il y en a souvent plusieurs milliers dans une seule éponge.

Ces éponges se reproduisent par des œufs et des larves mobiles, et aussi par des bourgeons qui se détachent du corps de leur mère, se déplacent et vont s'enfoncer plus loin, en rampant dans la couche superficielle de la vase. Ces éponges siliceuses ont été trouvées un peu partout dans les fonds vaseux abyssaux. Dans certaines régions polaires, autour du Spitzberg, elles paraissent abonder à tel point que, dans un seul coup de chalut, le « *Michael Sars* » a remonté plus d'une tonne d'individus de la même espèce.

Après leur mort, les spicules dissociés se retrouvent dans la vase. Parmi les plus belles espèces, on peut signaler les *Euplectella* et les *Pheronema* qui, avec quelques autres, descendent jusqu'à près de 5000<sup>m</sup> de profondeur.

Les *Cœlentérés* constituent, comme nous l'avons dit, l'une des plus immenses classes du règne animal; mais quelques-unes seulement des familles qui la composent se trouvent représentées sur le sol abyssal. Nous en retrouverons d'autres vivant flottantes dans ces mêmes abîmes de la mer.

Les *Hydroïdes*, qui pullulent sur les côtes, sont rares et de peu d'intérêt sur le sol profond. Il leur manque, pour s'y multiplier, les objets solides sur lesquels leurs colonies doivent se fixer; et nous ne savons rien de leur mode de reproduction, si étrange et si compliqué dans les espèces littorales.

Les *Hexactiniaires*, dont le corps est composé de compartiments au nombre de 6 ou de multiples de 6, sont représentés par les Actinies, de même type que les Anémones de mer des côtes, et par les Coraux. La plupart des Actinies ont pour base de leur corps cylindrique un disque charnu formant ventouse, avec laquelle elles se collent au rocher. Les espèces abyssales ne trouvant point de pierres, élar-

gissent leur ventouse, en recourbent les bords et englobent ainsi une grosse boule de vase qu'elles étreignent. Elles remplacent ainsi le corps solide absent, ce qui les maintient verticales et les empêche de basculer, la bouche en bas, dans la vase molle.

On a trouvé des spécimens nombreux de ces animaux jusqu'au delà de 3000<sup>m</sup> dans la vase à Globigérines; elles sont aussi communes sur la pente du plateau continental, par exemple dans le golfe de Gascogne.

Certaines Actinies forment des colonies dont quelques espèces, les Zoanthes, vivent en parasites sur les coquilles de Mollusques dans lesquelles se sont logés des Bernard l'Ermite.

Il existe une petite famille, celle des *Antipathes*, dont les individus associés en rameaux élégants secrètent un squelette ramifié, souple et noir, qui se fixe sur des corps étrangers; on a recueilli des colonies de ces Antipathes jusqu'à 5000<sup>m</sup> de profondeur.

Les *Coraux*, qui sont construits comme les Actinies mais secrètent en plus un squelette calcaire, sont beaucoup moins nombreux que ceux dont nous avons vu les énormes constructions dans les récifs équatoriaux. La plupart d'entre eux ont des formes simples, non bourgeonnantes, qui rappellent l'aspect des Actinies, avec cette différence qu'ils ont une tendance à s'aplatir et à ressembler à une assiette (*fig. 3*). Ils restent, par cet artifice, posés sur le sol sans s'y enfoncer. Certains de ces beaux animaux qui ont l'aspect de rosaces géométriques sont grands comme la main; leurs cloisons sont très peu saillantes, leur bouche énorme s'entoure de tentacules de formes diverses et de couleurs pâles. Ces animaux à secteurs régulièrement répétés, à bordure découpée,

tels les *Stephanotrochus*, sont très élégants. Leur squelette calcaire fort mince semble réduit au minimum possible

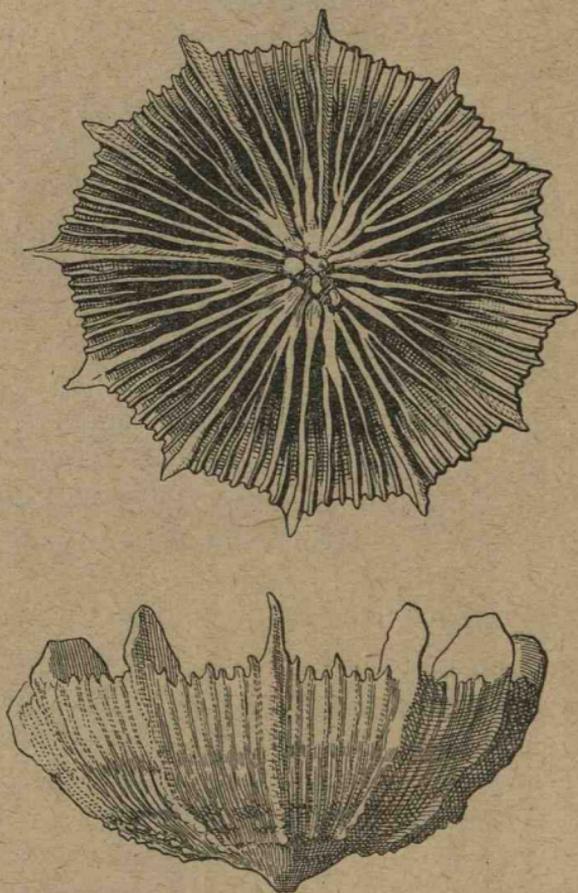


Fig. 3. — *Stephanotrochus diadema*. Coralliaire plat, vu du dessus et de profil. Croisière du Prince de Monaco, 1674<sup>m</sup> de profondeur, d'après C. Gravier. Grandeur naturelle.

pour ne pas en compromettre la solidité; il est même quelquefois criblé de trous réguliers qui le réduisent à une fine

dentelle. Ces êtres ont été dragués dans la plupart des mers.

A côté d'eux se trouvent fréquemment des *Flabellum*, coraux qui diffèrent du type discoïdal par le fait que les deux moitiés du corail rond se sont repliées l'une sur l'autre, comme deux éventails abritant les parties molles de l'animal.

Sur le bord du plateau continental et sur son versant, on rencontre des buissons de fort beaux coraux dont nous avons déjà dit un mot; ce sont des *Oculinides*, *Amphihelia*, *Lophohelia* très ramifiés, à squelette dur comme de la porcelaine, très dangereux pour les filets des chalutiers qui s'y déchirent. Ils forment des récifs profonds, isolés, mais abondants en certains points. Le début d'une colonie se fait, faute de rochers dans ces fonds vaseux, sur une coquille de mollusque mort, ou sur une escarville ou tout autre débris. Puis elle s'étend, bourgeonne, se ramifie et sert de support à des larves qui viennent s'y fixer, augmentant ainsi lentement le volume de la colonie. Certains de ces grands buissons de coraux, très durs, doivent être extrêmement âgés. Ils sont fréquents dans les eaux norvégiennes, et on les connaît dans tout l'Atlantique tempéré jusqu'au fond de 3000<sup>m</sup>. Il en est, comme les *Desmophyllum* (fig. 4), qui se trouvent souvent en petits groupes fixés sur les câbles télégraphiques sous-marins. Des espèces analogues vivent dans d'autres océans. Ils abritent toute une faune spéciale, très riche parce qu'elle trouve là des cachettes inexpugnables et un support solide, ce qui est rare, comme on l'a vu, dans les eaux abyssales.

Les *Alcyonaires*, dont les polypes à huit tentacules barbelés forment des colonies fréquentes dans toutes les mers,

s'adaptent facilement à la vie abyssale. Ils y sont nombreux, et beaucoup d'entre eux sont remarquables, comme d'ailleurs leurs congénères des eaux littorales, par la beauté de leurs couleurs, l'élégance de leurs formes et la faculté d'émettre des rayons lumineux multicolores.



Fig. 4. — *Desmophyllum cristagalli* Milne Edwards. Coralliaire recueilli par le Prince de Monaco, par 1385<sup>m</sup> de profondeur, d'après C. Gravier. Réduit de moitié environ.

Ils possèdent un squelette corné, souple, qui chez les uns se réduit à une mince tige flexible, chez d'autres est développé au point de former de véritables arbres très ramifiés, hauts de plusieurs mètres. Tout ce squelette est recouvert d'une peau vivante qui le sécrète, dans laquelle sont enfoncés les innombrables polypes, à l'aspect de fleurs, qui sont les individus de la colonie.

Nous avons déjà dit que le groupement de ces êtres forme des oasis isolées dans le désert de la vase abyssale et qu'une foule d'animaux profitent de l'abri offert par leurs rameaux enchevêtrés.

Les nombreux représentants de la famille des *Gorgones* forment la base de ces taillis sous-

marins; dans des profondeurs moindres, le *Corail rouge*, à squelette calcaire, en fait partie. Entre les Gorgones cornées et le Corail calcaire s'intercalent les *Isis* dont le squelette est formé de segments alternativement calcaires et cornés; ils vivent au delà de 2000<sup>m</sup> de profondeur.

Les *Virgulaires*, les *Pennatules* et les *Vérétilles* sont d'admirables animaux qui abondent sur le plateau continental et font l'ornement des aquariums, mais ils descendent beaucoup plus bas. Leur squelette est très réduit ou presque nul; ces fleurs de la mer sont plantées dans la vase par une tige charnue dont la base peut se gonfler d'eau. On en a trouvé, dans les mers froides, de véritables prairies. Beaucoup d'entre elles sont lumineuses; nous les retrouverons plus loin.

Comme on peut s'en rendre compte par ce court aperçu, les Anthozoaires forment un des principaux éléments de la Faune abyssale.

Il en est de même de la grande classe des *Échinodermes*. Ces animaux sont nombreux sur le plateau continental et sur les fonds côtiers, mais ils ne sont pas moins riches en espèces différentes et en individus de chacune d'elles dans la mer profonde. On peut dire que les Échinodermes sont parmi les êtres les plus caractéristiques de la faune abyssale, où l'on a constaté leur présence au delà de 6000<sup>m</sup>. On trouve leurs débris fossiles dans les terrains sédimentaires marins les plus anciens; ils y ont pullulé jusque dans les mers actuelles, sans interruption.

Les *Stellérides*, ou Étoiles de mer, se présentent sous deux types abyssaux bien différents, qui peuvent subir une infinité de variations. L'un, selon la règle générale, a fortement diminué son calcaire et s'est complètement aplati,

au point de ressembler à une feuille de papier blanc, presque transparente, découpée en pentagone régulier. Les bras ne font aucune saillie, leur place est indiquée seulement par

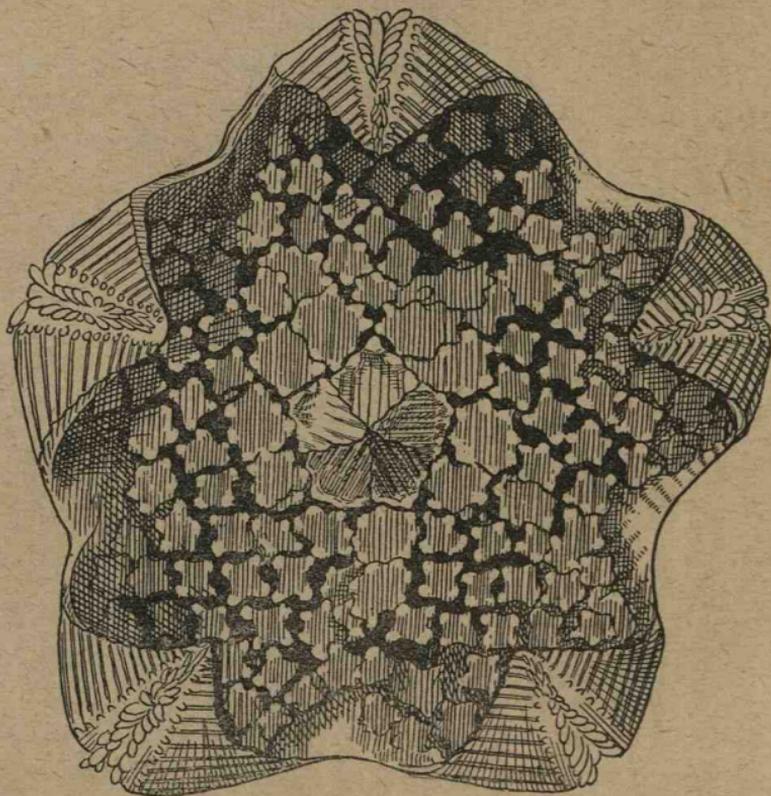


Fig. 5. — *Hymenaster cœlatus*.

Étoile de mer plate, récoltée à 3600<sup>m</sup> de profondeur. Grand. nat.

le sommet des angles du pentagone. C'est ainsi que se présentent les *Hymenaster* (fig. 5). L'autre type, au contraire, est remarquable par la grande longueur de ses bras qui s'attachent autour d'un corps discoïdal relativement très

petit. Tel est le cas des *Brisinga*. Ces Astéries abyssales présentent un contraste frappant avec celles des mers tropicales qui ont utilisé une surabondance de calcaire en accroissant leurs plaques, piquants et ornements de toutes sortes. La plupart de ces êtres de grande profondeur sont remarquables par leurs belles couleurs rouges dont la gamme varie depuis le rose pâle jusqu'au vermillon le plus intense.

On remarquera que ces deux types d'astéries, l'un mince et plat, l'autre pourvu de longs bras, sont organisés pour ramper sur la vase en évitant d'être submergés, grâce à la grande étendue de leur surface portante relativement à la faiblesse de leur poids. Beaucoup de formes intermédiaires s'intercalent entre ces deux types extrêmes, mais en respectant toujours les mêmes principes. Beaucoup de ces Astéries sont lumineuses, nous les retrouverons dans un autre chapitre.

Les *Ophiures* sont très nombreuses dans les eaux littorales, surtout des mers chaudes. Elles sont assez nombreuses dans les profondeurs de 2000 à 3000<sup>m</sup>, sans grands changements dans leur structure et leur aspect. On en a rencontré encore à 5000<sup>m</sup> et l'on en connaît même une espèce, recueillie par le Prince de Monaco, à 6035<sup>m</sup> (*Ophyoglypha abdita*).

Dans les mers polaires, on trouve en abondance en certains points, par exemple près de l'île Jan de Mayen, un élégant animal, voisin des Ophiures, mais dont les bras sont ramifiés; ce sont les *Gorgonocéphales*.

Les *Échinides* sont représentés par des Oursins nombreux qui, pour la plupart, ne diffèrent des types littoraux par aucune modification fondamentale. Une des familles les plus abondamment représentées est celle des *Cidaridés* (fig. 6), qui est aussi remarquable par ses caractères

archaïques. Une des formes les plus curieuses d'Oursins irréguliers est l'*Aceste bellidifera* (fig. 7) dont la face dorsale est creusée d'un sillon recouvert de piquants qui

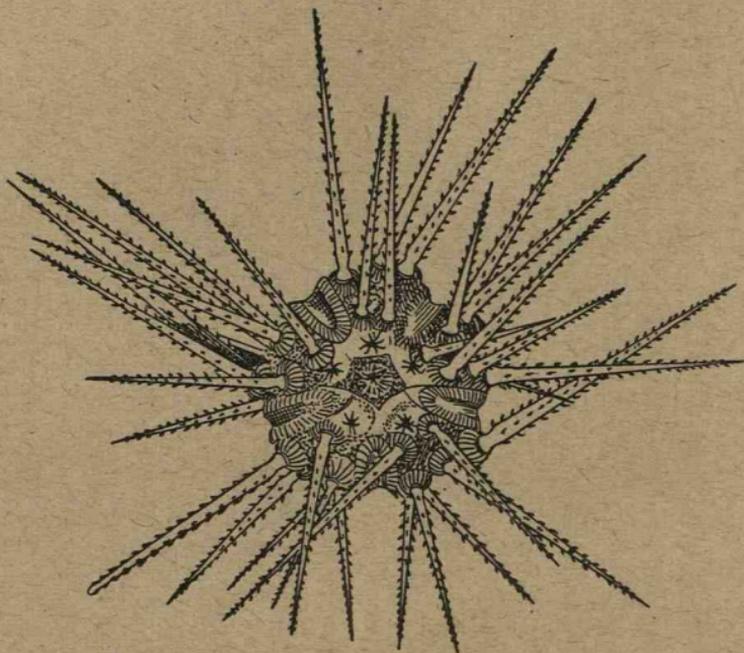


Fig. 6. — *Goniocidaris florigera* Agassiz.

Échinide à grands piquants barbelés. Légèrement réduit.

jouent le rôle du grillage d'une cage dans laquelle les jeunes sont incubés. Il vit à 5000<sup>m</sup> de profondeur.

Un exemple intéressant de l'effet produit par la rareté du calcaire sur les animaux des grandes profondeurs froides est fourni par les Oursins à corps mou; leur peau, au lieu d'être garnie des plaquettes polygonales habituelles qui constituent la carapace sphérique de ces Échinodermes, ne présente plus que des nodules calcaires espacés ne se tou-

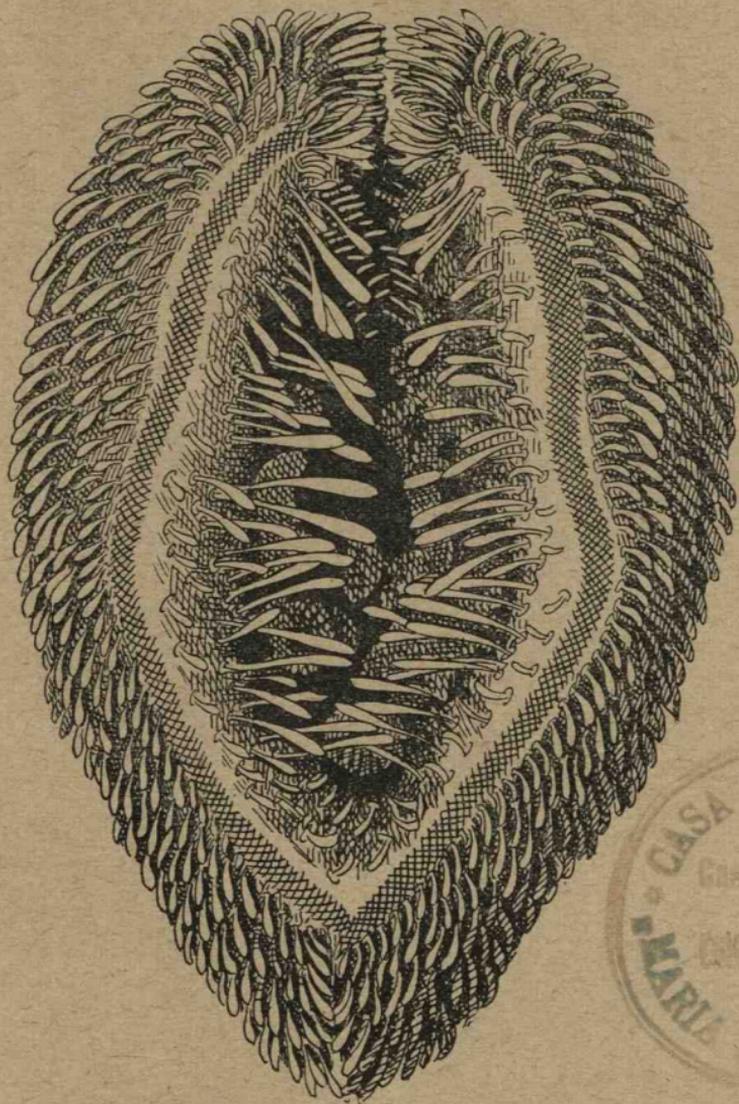


Fig. 7. — *Aceste bellidifera*, Oursin incubateur, d'après Wyville Thomson. Récolté entre 1000 et 5000<sup>m</sup> de profondeur. Grand. nat. = 2<sup>mm</sup>.



chant pas, et peut se plier. Les piquants aussi restent rudimentaires. Ces Oursins, aplatis en forme de disque, descendent jusque vers 2000<sup>m</sup> de profondeur et rampent sur la vase; ce sont des formes exclusivement abyssales, ils n'ont aucun représentant dans les eaux littorales.

Les *Holothuries*, si fréquentes sur le plateau continental, représentent aussi dans les grandes profondeurs l'élément le



Fig. 8. — *Oneirophanta alternata* R. Perrier.

Holothurie de grande profondeur, 4000 à 5000<sup>m</sup>. Grand. nat. = 12<sup>cm</sup>.

plus abondant de tous les Échinodermes, on peut même ajouter, de l'ensemble de la Faune. Ces animaux mous, à peu près cylindriques, dont la peau est marquée par 5 rangées de ventouses allant d'un bout à l'autre du corps dans le type normal, peuvent, dans certaines familles, s'aplatir sur une de leurs faces qui est alors spécialement affectée à la locomotion, et bordée de deux fortes rangées de ventouses plus fortes; c'est la face plantaire. Le dos bombé porte aussi des rangées de ventouses, mais celles-ci ne servent guère à la locomotion. La bête ressemble à une sorte de

pantoufle à semelle très plate. On trouve dans les eaux côtières quelques représentants de ce type, mais c'est celui qui s'est le plus étendu dans les eaux abyssales. Les appendices qui ornent leur corps se modifient de toutes sortes de façons, deviennent énormes (*fig. 8*), ou se raréfient, manquent même tout à fait; la bête prend alors des aspects aussi variés qu'étranges. Une des formes les plus curieuses qui résultent de ces variations est fournie par la famille des *Psychropotes*, dont le corps se termine par un énorme appendice, dressé, presque aussi gros que lui, et dont on ne soupçonne pas l'usage.

La plupart de ces animaux ont de fort belles couleurs, roses, rouges, brunes, violettes, d'autres sont noirs; ces couleurs sont dues à des pigments variés contenus dans leur peau. Cette faune d'Holothuries est abondante à peu près partout au fond des mers; elle descend au delà de 5000<sup>m</sup>. Nous retrouverons ces bêtes étranges un peu plus loin à propos des animaux mangeurs de vase.

Le dernier groupe des Échinodermes qui nous reste à examiner est celui des Crinoïdes, ces êtres que Murray appelle les « survivants des vieux âges de la terre ». Ceux qui nous intéressent plus spécialement ont un corps élégant, semblable à une tulipe aux pétales découpés posée au sommet d'un long pédoncule; on les trouve dans la mer profonde, groupés en grand nombre sur des aires isolées, où ils forment de vastes prairies; comme certaines espèces sont d'un beau vert, la comparaison n'en est que plus juste. Ces grands *Crinoïdes* ont été récoltés à la drague jusque près de 4000<sup>m</sup> (*fig. 9*).

Les *Vers*, contrairement aux Échinodermes, ne semblent pas tenir une grande place dans la faune profonde. Quelques

Annélides tubicoles ont été capturées jusqu'à 5000<sup>m</sup>,

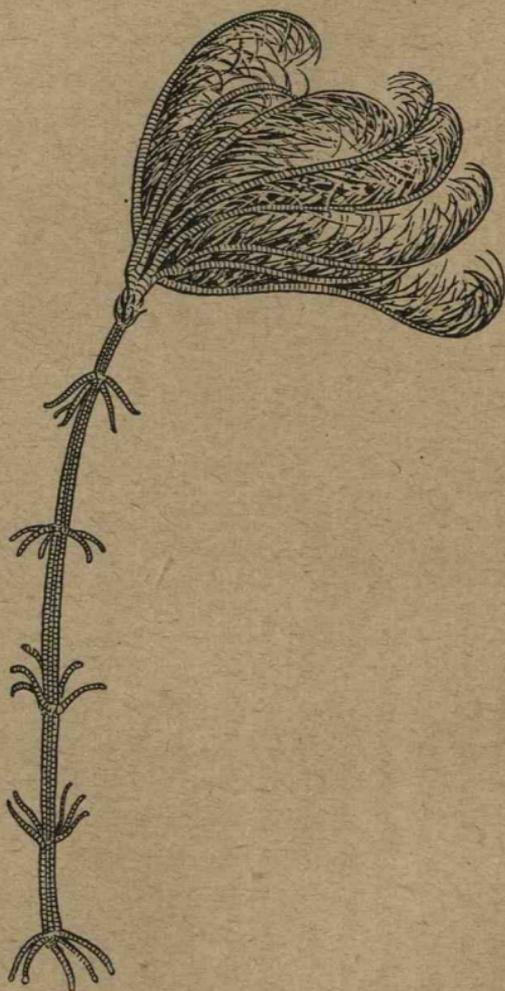


Fig. 9. — *Pentacrinus Wyville-Thomsoni*.  
Crinoïde fixé de grande profondeur. Très réduit.

quelques Némertes jusqu'à 2000<sup>m</sup>, des Géphyriens encore

moins profondément, ne donnent jusqu'à présent qu'une insuffisante idée de ce qui représente, dans les abîmes, la faune si riche des Vers littoraux; on ne sait rien ou à peu près des Vers parasites abyssaux.

Les *Brachiopodes*, dont les espèces actuelles, peu nombreuses, sont ordinairement à l'état d'individus isolés, forment cependant quelquefois, par exemple sur le versant du plateau continental dans le golfe de Gascogne, de grandes colonies que les chalutiers connaissent bien et disent caractériser des fonds propices à la pêche du merlu. C'est le cas des *Terebratulula vitrea* qui pullulent dans ces fonds; quelques Brachiopodes descendent jusqu'à 5000<sup>m</sup>. Il est encore à noter que ces êtres intéressent vivement les naturalistes, car ils sont les derniers et rares représentants d'une faune qui peuplait, dans les temps primitifs, toutes les mers du globe. Ceux qui ont persisté n'ont guère changé leur organisation depuis ces temps reculés.

Les *Crustacés* ne sont représentés sur le sol abyssal que par un petit nombre de familles; mais elles sont d'un grand intérêt, tant par leurs formes spéciales que par la taille élevée que beaucoup de leurs espèces atteignent et par les belles couleurs rouges que revêtent leurs carapaces. Beaucoup d'entre eux sont encore remarquables par l'allongement de leurs membres qui donne à ceux qui marchent une allure d'échassiers, augmente considérablement la surface du polygone de leur base et les préserve de l'enfoncement dans la vase molle. Beaucoup d'espèces ont le corps hérissé d'épines et les appareils de capture des proies sont très perfectionnés. Quelques autres, grâce à l'aplatissement de leur corps, glissent à la surface de la vase. C'est le même système que nous avons constaté chez les Holothuries et les Étoiles

de mer; tel est le cas d'un superbe Isopode, le *Bathynomus giganteus*, qui, comme ses cousins germains plus modestes, les Cloportes, a une forte carapace de 22<sup>cm</sup> de long, et des yeux à facettes situés sous la visière frontale, contrairement au type habituel où ils sont situés au-dessus. Il vit à 2000<sup>m</sup> de profondeur. D'autres Isopodes de grande taille couverts d'épines, tels les *Arcturus*, abondent dans les grands fonds du nord de l'Atlantique.

Les *Amphipodes*, qui, sur le littoral, sont de petites bêtes de 1 ou 2<sup>cm</sup>, deviennent dans les grandes profondeurs de gros Crustacés; par exemple les *Alicella*, capturées par le Prince de Monaco à 5285<sup>m</sup>, atteignent 16<sup>cm</sup>.

Mentionnons aussi des *Copépodes* parasites trouvés sur des poissons abyssaux; ils présentent des déformations analogues à celles qui souvent rendent méconnaissables leurs congénères des eaux superficielles.

Les *Décapodes* qui, sur le littoral, sont représentés par de très grands animaux, tels que les Homards et les Crabes, se retrouvent aussi dans la faune abyssale où certaines espèces atteignent des dimensions énormes. Citons des Crabes de près de 1<sup>m</sup>, tels que les *Géryons*, qui pullulent dans les parages des Açores, vers 2000<sup>m</sup> de profondeur. Des Araignées de mer, voisines des *Maïa*, ont 2<sup>m</sup> et plus d'envergure; la plupart de ces Crustacés sont couverts d'épines; ils ont eux aussi des couleurs vives où dominent toutes les variétés du rouge.

A côté des Crustacés, il faut placer les *Pantopodes*, représentés sur le littoral par de petites bêtes grêles de quelques millimètres qui peuvent atteindre dans les grandes profondeurs 50<sup>cm</sup> d'envergure. Leur corps est réduit à une faible tige qui sert de support à 8 ou 10 pattes gigan-

tesques, avec lesquelles ils arpentent la vase molle, comme d'énormes araignées; ils habitent plus spécialement les mers polaires (fig. 10).

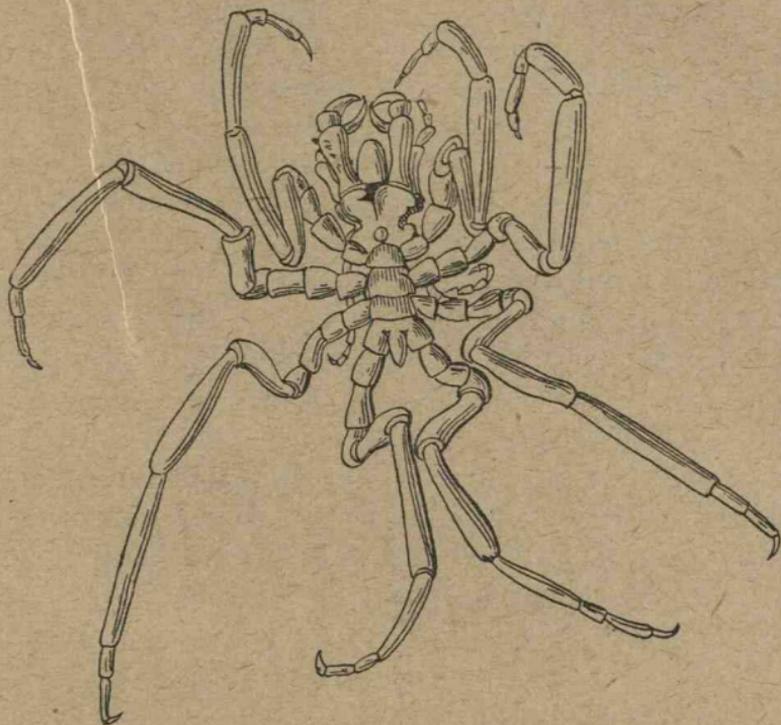


Fig. 10. — *Nymphon robustum* Bell.

Pantopode, d'après Wyville-Thomson. Grand. nat.

Les Mollusques, si nombreux dans les eaux littorales de toutes les mers, diminuent rapidement de nombre dans la mer profonde et deviennent rares dans les régions abyssales. Ils diffèrent très peu des types de mer côtière, cependant leurs coquilles sont plus minces, leurs couleurs

très pâles; ils vivent probablement enfoncés dans la vase. Les bivalves sont représentés surtout par des espèces de type archaïque et de mer froide, des Pectens, Arches, Nucules, etc.

Parmi les *Gastéropodes*, des Nudibranches, normalement dépourvus de coquilles sur la côte, se trouvent dans les grandes profondeurs fortement accrus de taille; on en a recueilli jusqu'à 4500<sup>m</sup>. Il faut aussi noter dans les eaux profondes du Japon, des Moluques et des Antilles, le rarissime *Pleurotomaria*, dernier vestige d'innombrables espèces des mers des temps primaires. De nombreuses espèces de Dentales en forme de corne se trouvent dans la vase abyssale.

Les plus élevés des Mollusques par le haut perfectionnement et la complication de leurs organes, les *Céphalopodes*, sont peu variés sur le sol abyssal. Autant ces animaux sont nombreux et divers dans les faunes planctonique et littorale, autant leurs formes rampantes abyssales sont rares. Seules quelques Pieuvres et quelques Seiches sont à signaler.

Les *Tuniciers*, peu nombreux sur le sol de la mer profonde, se réduisent à quelques espèces de *Cynthia*, de *Boltenia* à longs pédoncules qui ne diffèrent par aucun caractère fondamental des espèces habitant les eaux côtières.

La faune des *Poissons* est d'un très grand intérêt; elle ne représente pourtant qu'une proportion assez faible dans l'ensemble des poissons marins, mais elle a des caractères spéciaux très marqués. Ces animaux, rameaux détachés des familles littorales, ont acquis par l'adaptation à cette existence différente une physionomie originale; cependant leurs dispositions anatomiques fondamentales sont demeurées intactes, mais les modifications de leurs détails sont nombreuses.

Les Poissons abyssaux, comme nous l'avons déjà remarqué chez d'autres animaux, sont presque tous de couleur foncée, bruns ou noirs; ils manquent toujours des ornements colorés, zébrures, marbrures, si fréquentes chez les poissons de surface, et leur peau est de couleur uniforme. Chez les uns les yeux sont énormes, chez d'autres, au contraire, ils sont atrophiés ou même absents. On doit noter le développement fréquent des glandes à mucus de la peau. Beau-

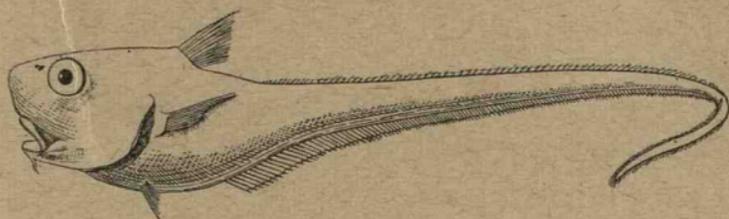


Fig. 11. — *Macrurus (Hymenocephalus) crassiceps* Günther.

Poisson abyssal. Réduit des deux tiers.

coup d'entre eux ont une longue queue grêle en forme de fouet parcourue dans toute sa longueur par une nageoire; mais il est très difficile de distinguer parmi ces poissons ceux qui rampent à plat sur le sol même de ceux qui, sans beaucoup s'en écarter, nagent habituellement sans le toucher. Cette différence qui paraît d'abord un peu subtile, a cependant une grande importance au point de vue de leur alimentation; elle en a aussi une autre, d'un ordre tout différent, c'est la nécessité pour l'homme de modifier les engins de pêche utilisés pour les capturer. Les premiers ne peuvent être rapportés que par des filets traînant à même le sol, les autres par des engins spéciaux construits pour la pêche entre deux eaux sans toucher le fond.

Les poissons plats, qui semblent les mieux adaptés à glisser sur le sol, ne sont cependant représentés que par de très rares poissons, analogues aux Soles, dans les grandes profondeurs. Il en est de même des Raies qui sont presque complètement absentes de la faune abyssale.

Les poissons abyssaux les plus caractéristiques sont les *Macrurus* (fig. II) qui descendent jusqu'à 5000<sup>m</sup>; leur tête énorme, leur queue en fouet, la faiblesse de leurs nageoires, l'organisation de leur bouche pour avaler de la vase, en font des poissons caractéristiques du sol abyssal.

Nous retrouverons, dans l'étude du Plancton, toute la série des poissons qui vivent à peu de distance du sol abyssal, mais qui ne font pas en réalité partie de la faune benthique. Nous en reparlerons aussi à propos de la luminosité et de la vision.

Cette revue très sommaire des types les plus caractéristiques des habitants du sol de la mer profonde conduit, en manière de conclusion, à l'examen des théories par lesquelles on cherche à expliquer quand et comment s'est fait le peuplement de l'immense et mystérieuse plaine abyssale.

Comme nous l'avons dit plus haut, les très nombreuses découvertes zoologiques faites dans les points les plus divers, aux profondeurs échelonnées de la surface à 7000<sup>m</sup>, sur le sol sous-marin ou à travers l'épaisseur des eaux, n'ont nécessité aucune transformation des cadres fondamentaux de la Zoologie.

Si donc, pour employer une comparaison frappante, on voulait placer sur une ligne représentant la côte, dans leur ordre zoologique, tous les êtres marins, on verrait que cette ligne présente çà et là des interruptions. Mais si l'on

examinait attentivement ces lacunes, on constaterait que les êtres qui devraient les remplir sont descendus au-dessous de la ligne horizontale.

Une de ces inflexions ressemble à un angle ouvert, sur les côtés duquel s'échelonnent des êtres variés jusqu'à son sommet qui est au fond de la mer.

C'est exactement ce qui se passe dans l'ensemble de la faune marine. La ligne horizontale représente la faune littorale; les côtés des angles représentent la faune qui vit sur la pente du plateau continental, et le point le plus creux est occupé par la faune abyssale.

Mais toutes ces sinuosités de la ligne ne sont pas occupées par les mêmes animaux. Beaucoup ne descendent pas plus loin que le bord du plateau continental. D'autres glissent le long du versant jusqu'au début de la plaine abyssale, mais ils sont déjà bien moins nombreux. Ceux enfin qui dépassent 2000 ou 3000<sup>m</sup> sont rares, et les derniers qui arrivent aux extrêmes profondeurs habitées ne représentent plus que quelques unités. La faune, en quelque sorte, s'égrène en route, et disparaît avant d'atteindre les fosses extrêmes du sol sous-marin.

On peut donc penser que la faune littorale s'est constituée la première dans les eaux éclairées pourvues de végétaux. Tous ceux des animaux pour lesquels ces deux conditions primordiales sont indispensables sont restés sur la côte sans dépasser le bord du plateau continental.

Les herbivores s'y trouvent mêlés aux carnivores. Mais les carnivores seuls ont pu descendre plus bas; leurs larves ont pu progressivement et très lentement s'installer sur la pente, se nourrissant des cadavres tombés des eaux superficielles. Ceux seulement pour lesquels la lumière solaire

n'est pas indispensable ont pu envahir la plaine abyssale.

Cependant leur nombre diminuait peu à peu ; les nouvelles conditions de pression augmentée, de température diminuée, d'alimentation raréfiée, ne convenant pas à beaucoup d'entre eux, ils devaient en quelque sorte renoncer à s'acclimater plus profondément.

De là cette diminution progressive du nombre des espèces adaptées, que l'on constate dans les captures fournies par les engins de pêche abyssale. En revanche, certains êtres ont trouvé réunies dans les localités profondes où ils parvenaient, des conditions favorables pour pulluler ; c'est le cas des Holothuries, des Crinoïdes, de certains Brachiopodes, etc. Ces animaux ont alors constitué des colonies abondantes et prospères à des profondeurs assez grandes.

Voilà ce que l'on constate actuellement dans la constitution de cette faune abyssale. Mais on peut se demander si cette adaptation n'a commencé à se produire que dans des temps relativement modernes, ou s'il faut en faire remonter le début aux premiers âges de la vie dans les mers.

Des auteurs, comme Agassiz, ont pensé que la vie s'était manifestée partout en même temps et que la faune du début devait avoir persisté jusqu'au temps présent telle qu'elle avait été créée jadis dans les profondeurs calmes et immuables des océans. Il résultait de cette théorie que l'on aurait dû trouver dans les abîmes la faune primitive conservée sans changement. Les croisières de recherche ont montré qu'il n'en est rien. On trouve bien, dans les grandes profondeurs, des animaux à type archaïque comme les Crinoïdes et les Brachiopodes, mais comme il en existe dans les eaux peu profondes et même littorales, ils ne peuvent être consi-

dérés comme les vestiges d'une faune abyssale primordiale.

Il n'en reste pas moins que dans les profondeurs on trouve des êtres qui sont les descendants d'êtres très anciennement partis du littoral et adaptés jadis à la vie dans la mer profonde; quelques-uns d'entre eux peuvent être considérés comme des êtres de l'époque crétacée, ou même jurassique. Il est possible, d'après l'opinion des géologues, que ce soit à cette époque que la faune abyssale a pu commencer à se former. Peut-être même les fosses très profondes actuelles ne sont-elles pas très anciennes. Ces dépressions ont pu résulter d'accidents sous-marins, de contractions de l'écorce terrestre, ayant produit des creusements, tout aussi bien que des soulèvements, à des époques relativement récentes.

Nous avons vu que le sol océanique est parcouru par les eaux polaires qui descendent lentement en glissant vers l'équateur. Ce très faible courant d'eau froide compense, à ce niveau, par le fond, la quantité d'eau échauffée à la surface qui s'en échappe pour alimenter les grands courants équatoriaux superficiels. Cette nappe froide, si faible que soit la vitesse de sa marche, suffit cependant pour entraîner un peu plus loin les larves légères et faibles des animaux qui vivent dans les eaux superficielles polaires, froides et très peu éclairées. Peu à peu ces êtres ont gagné, de génération en génération, des eaux plus profondes, également froides et obscures. On peut considérer que le peuplement des eaux profondes est pour une bonne part le fait des êtres superficiels des mers polaires. C'est eux qui ont eu à subir le minimum de changements et par conséquent le minimum d'adaptations difficiles. Les naturalistes ont eu bien des fois l'occasion de constater la similitude de la faune abyssale

générale avec la faune polaire, et c'est en exagérant cette constatation qu'est née la théorie de la bipolarité des faunes. On sait maintenant, comme nous l'avons expliqué, que quelques espèces animales seulement semblent s'y rattacher.

Mais il est également certain que des êtres venus des eaux littorales des mers chaudes, ont aussi contribué à constituer l'ensemble de la faune abyssale. Ils ont eu évidemment plus d'obstacles à surmonter que leurs congénères des mers froides, puisque ceux-ci n'avaient pas de changement de température à vaincre, étant dès leur point de départ déjà adaptés sous ce rapport. Ils ont eu aussi à se débarrasser de l'excès de calcaire caractéristique des êtres équatoriaux, qui manque chez les êtres polaires; les uns et les autres ont acquis, au cours de leur migration, les organes producteurs de lumière qui font le plus souvent défaut aux êtres littoraux. La faible luminosité des climats polaires les prédisposait aussi à l'obscurité croissante de la mer profonde.

De ce qui précède on doit considérer que la faune abyssale dérive de la faune littorale; que ces êtres se sont adaptés à cette vie spéciale depuis des temps reculés, que la partie la plus importante de cette faune est descendue des eaux froides des régions polaires et tempérées, qu'elle s'appauvrit à mesure que la profondeur augmente, et qu'elle n'atteint pas les abîmes extrêmes; c'est du moins ce que l'on peut affirmer dans l'état actuel de nos connaissances.

## CHAPITRE VI.

### LE RÔLE DES ÊTRES MARINS DANS LA CONSTITUTION DU SOL OCÉANIQUE.

Nous venons de voir comment les plantes et les animaux marins utilisent les matériaux en dissolution dans la mer pour s'en fabriquer des coquilles, squelettes, carapaces, etc. Mais ces corps solides ne sont pas fixés ainsi pour l'éternité; la vie est courte et les animaux meurent, mettant en liberté les éléments de leurs cadavres; certains d'entre eux se dissolvent presque immédiatement; c'est le cas des albumines, qui servent souvent d'aliment à d'autres animaux, comme on le verra plus loin; d'autres éléments solides ne se dissolvent que très peu, ou très lentement; c'est le cas du calcaire; et même quand l'eau en est déjà saturée, il ne se dissout plus du tout et reste sur le sol. Ces débris solides s'accumulent lentement et finissent par constituer des couches stratifiées, véritables fossiles.

On trouve aussi des constructions édifiées par des animaux; elles survivent à leurs propriétaires; sans avoir fait partie intégrante de leur corps, elles sont cependant d'origine animée et souvent très solides; ce sont de véritables monuments funéraires qui perpétuent leur souvenir.

Nous allons examiner les plus importants de ces dépôts

sous-marins et constater ainsi le rôle capital que jouent les êtres vivants, depuis la très lointaine origine des mers, dans la formation des couches stratifiées de l'écorce terrestre.

Le plus important de ces phénomènes résulte de l'accumulation des éléments calcaires dont nous avons constaté la présence et l'origine dans une foule de plantes et d'animaux.

L'importance que prend la participation du calcaire dans la construction du sol sous-marin est en raison inverse de la profondeur des mers. Supposons en effet un animal pourvu d'une coquille calcaire, flottant à la surface. A sa mort, sa matière protoplasmique se putréfiera; des fermentations amèneront des dégagements de gaz carbonique, une petite partie du calcaire se dissoudra sous leur action; mais ce phénomène est rapidement terminé, et il ne joue qu'un rôle secondaire. Le poids de la coquille calcaire, débarrassée des éléments vivants, l'entraîne immédiatement vers le fond, et dès lors commence une chute lente mais ininterrompue vers le sol abyssal. La vitesse de la descente est réglée par les conditions physiques dont il a été question plus haut : salinité, température, viscosité, forme de la coquille, densité du calcaire. Au cours de cette descente le frottement de l'eau use mécaniquement la coquille; une partie du calcaire se dissout, variable selon les conditions physiques et chimiques énumérées plus haut; si la mer n'est pas très profonde en cet endroit, ces actions diverses n'ont pas le temps de modifier beaucoup cette coquille qui arrive sur le sol à peu près intacte. Mais si la mer est très profonde, l'usure prolongée l'aura réduite à un débris rongé et troué et, dans les fosses extrêmes, il n'en arrivera plus rien ou presque rien sur le sol abyssal.

Le cas le plus fréquent est celui des animaux du plancton aux coquilles très délicates, comme celles des Ptéropodes qui pullulent dans les mers chaudes; si le sol sous-marin n'est qu'à quelques centaines de mètres au-dessous de la surface, leurs débris plus ou moins intacts s'y trouvent en abondance; mais si le sol est à plus de 2000<sup>m</sup> on n'en trouve plus aucune trace.

On voit par cet exemple que plus les mers sont profondes, moins on trouve de calcaire constitutif d'origine animale sur leur sol.

*Zone littorale.* — Ceci étant posé, suivons les formations calcaires à partir du littoral. Les animaux à coquille calcaire pullulent sur la côte; Mollusques, Crustacés, Échinodermes, Bryozoaires, etc., auxquels s'ajoutent de nombreuses algues calcaires. Après leur mort, leurs débris sont entassés au pied des rochers, sur les plages, frottés les uns contre les autres par les marées, le choc des vagues, le vent; ils sont brisés, concassés, roulés, usés, diminués et finalement pulvérisés. Les vagues opèrent un triage qui groupe les éléments de même nature et de même calibre, et c'est ainsi que l'on voit des plages entières formées de débris d'animaux de même espèce, étagés selon leur usure et leur taille, les plus gros en haut, les plus fins au bas.

A côté de cette fragmentation due à l'action mécanique des eaux, il y a lieu de signaler un autre mode de dissociation des éléments calcaires de nombre d'Invertébrés, notamment des Mollusques. Leur coquille est constituée par de petits prismes soudés entre eux par une matière organique; celle-ci étant décomposée rapidement, il en résulte une libération des éléments minéraux qui se séparent en poussière.

Ailleurs, chez les Crinoïdes par exemple, le corps est formé par un nombre énorme de petites rondelles calcaires empilées, réunies par des ligaments. Après la mort, ces derniers se dissolvent, les rondelles libérées se séparent et peuvent s'accumuler en telle quantité qu'elles constituent des bancs épais d'une roche connue sous le nom de *calcaire à entroques*.

Dans les régions côtières où les moules couvrent les rochers, les débris de leurs coquilles forment des *sables bleus*, à gros éléments, où les fragments sont reconnaissables au haut de la plage, plus réduits au milieu, très fins au bas où aucune trace de la coquille ne persiste, mais seulement sa poussière.

Ailleurs, de petits mollusques, les Cerithes, de couleur brune, les Littorines ou bigorneaux, les Gibbules, forment des sables très variés couvrant des plages entières.

Sur les côtes de la Méditerranée, on remarque certaines plages où le sable est nettement rouge. Les grains en sont formés par de petits morceaux rouges et anfractueux d'un calcaire qui n'est autre que la coquille d'un petit Foraminifère qui pullule sur les herbiers, le *Polytrema cylindricum*. Les vagues les détachent et les poussent sur les plages.

Un mollusque très abondant sur nos côtes, le *Cardium edule*, commun sur nos marchés sous le nom de *Coque* produit d'énormes accumulations de ses débris sur les plages, et en certains points, notamment dans la baie du Mont-Saint-Michel, la pulvérisation de ces coquilles vides produit une marne grise exploitée comme engrais sous le nom de *Tangue* et très recherchée par les agriculteurs.

Dans les mers équatoriales, le long des côtes à récifs de coraux, la pulvérisation de ceux-ci par les vagues produit le

sable fin des plages, d'un blanc éclatant. Notons que dans les mers chaudes, principalement dans les régions à récifs de coraux, on trouve certaines plages entièrement formées de grains très fins, tous de même calibre, qui ne sont autre chose que les coquilles de diverses espèces littorales de Foraminifères, réunies en nombre incommensurable.

Dans les estuaires de beaucoup de nos petits fleuves côtiers, pullule une algue calcaire, du genre *Lithothamnion*, non adhérente, ramifiée; elle forme une sorte de sable, dit *Moerl*, que l'on exploite pour amender les terres. Ce moerl sert d'habitation à une faune spéciale très riche et fort intéressante pour les naturalistes.

Ajoutons enfin que sur certaines côtes, notamment celles de la Méditerranée, on trouve de véritables murailles brunâtres encombrant le haut des plages; ce sont les rhizomes des végétaux des herbiers, les *Zostères* et les *Posidonies*, arrachés par le ressac et repoussés vers la terre, où ils s'enchevêtrent en un inextricable feutrage.

Nous venons de voir les éléments littoraux mobiles d'origine animale ou végétale qui, mêlés aux sables, graviers, galets, d'origine minérale, constituent les plages. Sur la partie basse de celles-ci la vase domine, contenant une forte proportion de matières organiques mêlée aux plus fins éléments solides descendus de la plage haute.

Voyons maintenant quels sont, sur le littoral, les dépôts qui ne sont plus mobiles comme les précédents, mais fixés au rivage.

Sur nos côtes à marées, on remarque en maints endroits des plaques encroûtantes de couleurs variées, roses, grises, vertes, lilas, recouvrant les rochers. Ce sont des algues calcaires qui se développent à partir du niveau moyen des

marées et descendent au-dessous. Elles tapissent les mares et abritent, dans leurs anfractuosités, toutes sortes d'animaux; on les trouve dans toutes les mers, sous toutes les latitudes; elles contribuent largement à la constitution des récifs de coraux.

Dans la Méditerranée ce sont elles qui construisent les *trottoirs* dont il a été question précédemment; elles contiennent une faune et une flore d'êtres qui, trop faibles pour être exposés au choc des vagues, trouvent dans les anfractuosités innombrables de ces trottoirs l'abri et l'eau très aérée et agitée qui leur sont indispensables. Elles représentent en somme, sous nos climats, l'équivalent des récifs de coraux des mers tropicales.

Il nous faut signaler ici que ces algues calcaires jouent un double rôle; elles construisent, par leur accumulation dans les eaux superficielles, des murailles, des revêtements, plus ou moins épais. Mais des travaux récents ont montré que ces végétaux jouent un autre rôle important, celui de destructeur des roches calcaires, coquillages, coraux et autres objets solides à base de chaux qu'elles revêtent. Elles les perforent, en dissolvent les couches superficielles, de concert avec des éponges et d'autres animaux; elles transforment le carbonate de chaux peu soluble en bicarbonate, beaucoup plus soluble; elles s'attaquent aussi au carbonate de magnésium. On connaît actuellement 10 espèces différentes de ces algues, répandues dans toutes les mers en très grande quantité sur d'énormes surfaces solides; leur action remonte à des temps très anciens, car on en a trouvé des traces sur les mollusques fossiles de l'époque silurienne. Leur action méritait, en raison de sa généralité, d'être signalée dans ce chapitre.

D'autres constructions, moins solides, sont dues à cer-

taines Annélides, les *Hermelles*, qui bâtissent des tubes en grains de sable agglutinés dans lesquels elles s'abritent. Leur accumulation arrive à constituer des amas énormes qui ressemblent à de gigantesques rayons de cire d'abeilles. Elles finissent en certains points par surélever le sol sous-marin du littoral, et elles contribuent à ensabler rapidement le fond de la baie du Mont-Saint-Michel.

Les Huîtres formaient autrefois un immense banc continu qui suivait la côte européenne, de la Norvège jusqu'à l'Espagne. Peu à peu, ce banc s'est disloqué, fragmenté, et les quelques vestiges qui en restent sont en voie de disparition. Leurs coquilles vides formaient des amoncellements énormes. Cette véritable huître (*Ostrea edulis*) a été remplacée, plus près de la côte, par l'huître portugaise (*Gryphæa angulata*) qui n'est pas une huître, zoologiquement parlant; elle remonte peu à peu, du Midi vers le Nord; et semble retardée mais non arrêtée, pour le moment, au niveau de la Loire. On vient en effet de constater sa présence à l'embouchure de la Tamise.

Ces mollusques forment, par l'accumulation de leurs coquilles qui demeurent soudées entre elles sur le fond, de grands bancs que cimentent divers animaux, Vers, Bryozoaires, Foraminifères associés à des Algues, constituant une roche dont on trouve dans les terrains anciens stratifiés d'innombrables exemples.

D'autres animaux, moins importants au point de vue spécial qui nous occupe, vivent enfoncés dans la vase. Tels sont les Myes, Lutraires, Lavignons, etc., mollusques dont plusieurs espèces sont comestibles, dont les coquilles restent dans les profondeurs des bancs de vase ou des sables littoraux qui les abritent en foule.

De toutes les constructions littorales que bâtissent les

animaux marins en utilisant le calcaire de la mer, la plus importante par sa masse et par son étendue est celle que produisent les Coraux. Ce n'est pas le lieu de décrire en détail les *récifs de coraux* ni d'exposer leur histoire. Il suffira d'en indiquer les grandes lignes.

Ces récifs ne sont point dus à un phénomène récent; les coraux actuels qui les construisent ne sont que les continuateurs d'ancêtres fort éloignés dans les temps géologiques qui travaillaient de la même façon; les coraux actuels n'appartiennent plus aux mêmes espèces que leurs ancêtres, mais leur méthode de travail est identique; ils ne l'effectuent plus aujourd'hui sur un aussi vaste champ, car leur zone actuelle est réduite à une large bande équatoriale, énorme, mais pourtant bien moindre qu'aux époques secondaires où les récifs coralliens peuplaient les mers d'Europe. Le refroidissement du globe terrestre les a fait reculer, ils se sont concentrés lentement autour de l'équateur; ils ne dépassent plus actuellement le 30<sup>e</sup> parallèle au nord et au sud de l'équateur.

On trouve, il est vrai, des coraux à toutes les profondeurs, et dans toutes les mers, jusque vers 5000<sup>m</sup>. Mais ceux-là sont très différents, notamment en ce qu'ils sont incapables de construire des récifs, sauf dans un cas particulier dont il sera dit plus loin quelques mots. Il faut, pour que les coralliaires construisent de vrais « récifs de coraux » qu'ils trouvent de l'eau assez chaude, assez pure, assez ensoleillée, assez chargée de calcaire; toutes ces conditions ne se rencontrent réunies que dans la zone péri-équatoriale qui vient d'être indiquée.

Mais ces récifs ne sont pas formés uniquement par les coraux; ces animaux sont associés à des algues calcaires qui

jouent un rôle important dans ce consortium. Comme les coraux elles fixent le calcaire en dissolution dans la mer. Quelques autres animaux, de moindre importance, complètent cette association, notamment les Héliopores bleus, Hydroïdes chargés de calcaire formant des blocs compacts, des Alcyonaires, Bryozoaires, Foraminifères jouent le rôle de ciment. Le tout finit par former une roche compacte et solide, dont on trouve, dans les terrains anciens, de fort beaux représentants, notamment dans les calcaires bleus et les marbres de Belgique qui sont les vestiges de récifs coralliens de l'époque dévonienne.

Ailleurs, la magnésie des Algues a provoqué la transformation encore mal expliquée du calcaire en *Dolomie*, roche que l'on retrouve dans les forages profonds que l'on a pu poursuivre jusqu'à plus de 300<sup>m</sup>, sans atteindre cependant la base même des récifs de coraux qui en ont construit jadis les premières fondations.

Les animaux qui constituent les coraux sont groupés en colonies, aux innombrables individus, dont chacun est constitué par une petite anémone de mer, ou Actinie, et sécrète un petit étui calcaire qui le protège, s'accole à celui de ses voisines, et forme par leur réunion des colonies à individus innombrables, aux formes les plus variées, aux couleurs les plus magnifiques; ils font l'admiration des naturalistes et des artistes qui peuvent les observer dans leur milieu naturel.

Ces coraux de récifs sont extrêmement sensibles aux modifications de la température de l'eau; ils ne peuvent bâtir en calcaire que si la mer ne descend à aucun moment de l'année au-dessous de 20°, 5. Cette condition très stricte détermine nettement les limites nord et sud de la zone équa-

toriale d'environ 60° dont il a été parlé plus haut. Ces deux lignes-limites de température sont sinueuses parce que des courants, les uns chauds, les autres froids, les infléchissent dans un sens ou dans l'autre; le contour de la zone coralligène suit les mêmes sinuosités.

Dans cette zone équatoriale on peut délimiter une bande centrale torride où l'eau ne descend pas au-dessous de 23°, 4, et deux zones tempérées descendant progressivement jusqu'à 20°, 5. La zone centrale contient les grands coraux à formes arborescentes, les deux zones tempérées sont occupées principalement par les coraux trapus ou encroûtants.

Les coraux pierreux, blancs, tels que nous les voyons dans les collections, paraissent être, grâce à leur solidité, des êtres aux formes bien définies, précises, et par conséquent leurs espèces paraissent faciles à déterminer et à cataloguer. Il n'en est rien, car ces êtres sont éminemment aptes à modifier leur forme selon que dans les endroits où ils se sont fixés la mer est calme, ou, au contraire, agitée. Dans le premier cas, leurs constructions sont grêles, fines et élégantes; dans le second, elles sont courtes, massives et solides pour mieux résister au choc des vagues. Il en résulte qu'une même espèce peut tellement modifier son aspect que les naturalistes lui ont donné au début des noms divers et l'ont classée dans des genres différents, selon qu'elle a été récoltée dans des eaux calmes ou agitées. Ce n'est que plus tard qu'ils ont pu rectifier les premières nomenclatures.

Les coraux ne prospèrent que dans des eaux très pures; dès qu'elles contiennent des poussières, vase ou sable, ils ne s'y installent pas. De même ils ne peuvent vivre dans les

régions du littoral où la salinité de l'eau s'abaisse, par exemple dans le voisinage des estuaires des fleuves. Enfin, ils ont besoin d'une forte lumière, aussi ne descendent-ils pas au-dessous de 40<sup>m</sup> de profondeur; plus bas la luminosité est trop faible. Il va sans dire que ceci ne s'applique qu'aux seuls coraux, innombrables d'ailleurs, constructeurs de récifs de surface, et non aux coraux de mer profonde qui sont différents.

Les coraux ne construisent pas leurs récifs au hasard et sans plan défini. Ils les disposent sous des formes méthodiquement ordonnées que l'on classe sous trois types différents. Les *récifs frangeants* sont appliqués sur la côte rocheuse elle-même; si la falaise est abrupte, le récif est étroit. C'est une disposition semblable à celle qui a été décrite pour les trottoirs de la côte rocheuse méditerranéenne. Si la côte est plate, le récif est beaucoup plus large; il descend dans les deux cas jusqu'à la profondeur de 35 à 40<sup>m</sup>; c'est son extrême limite.

Un autre type est le *récif barrière*; il s'élève comme une digue à une certaine distance du rivage, variant de quelques centaines de mètres à plusieurs dizaines de kilomètres; le plus étendu est la *Grande Barrière* d'Australie qui a plus de 2400<sup>km</sup> de long et la *Barrière Ceinture* de la Nouvelle-Calédonie qui entoure complètement cette grande île. Çà et là des coupures, formant des passes, se produisent dans la barrière, qui correspondent le plus souvent aux embouchures de fleuves sur la côte. Entre le rivage et la barrière s'étend le *Lagon*, nappe d'eau peu profonde, abritée, où vit une faune extraordinairement riche.

On désigne sous le nom d'*Atoll* un type très spécial de récifs de coraux; sa forme normale est un anneau corallien

entourant un lagon central; l'anneau peut être brisé par une ou plusieurs passes; il ne s'élève que de quelques mètres au-dessus de la mer; son front, faisant face à la direction d'où viennent habituellement les tempêtes, est un peu plus élevé que celui du côté abrité. En tout temps le ressac étant violent sur le bord extérieur de l'anneau, l'eau est, par suite, fortement oxygénée et c'est la condition que recherchent les coraux et les algues calcaires qui le constituent. Le lagon, beaucoup plus calme, ne contient pas les mêmes espèces de coraux que le front du récif et nourrit une faune abondante d'animaux divers, notamment d'huîtres perlières.

Certains atolls sont très petits et n'ont que quelques centaines de mètres de diamètre. D'autres sont énormes, par exemple l'atoll dit *Récif d'Entrecasteaux*, au nord de la Nouvelle-Calédonie, qui a plus de 120<sup>km</sup> de diamètre.

Ces atolls sont privés de sources, sans cours d'eau, et la pluie seule fournit, à de rares intervalles, de l'eau douce; aussi la végétation qui peut supporter ces conditions est-elle réduite à un très petit nombre d'espèces; mais les individus de chacune de ces espèces adaptées pullulent: on y remarque surtout des Cocotiers, *Pandanus*, *Ibiscus*; les oiseaux de mer y abondent; on y trouve un Pigeon vert et un autre noir spéciaux à ces atolls; des Crustacés marins adaptés à la vie terrestre, tels que le Cénobite et le Crabe des Cocotiers, y sont fréquents.

Il est impossible d'exposer, même sommairement, les diverses théories par lesquelles on a cherché à expliquer la formation de ces atolls. Elles diffèrent les unes des autres, mais il est probable que chacune d'elles s'applique à des cas particuliers et réels, et que la formation des atolls ne peut s'expliquer par une théorie unique.

De ce qui précède il résulte que dans les eaux superficielles des mers équatoriales il se produit un travail de construction intense, dont le calcaire fournit les matériaux, dont les plantes et les animaux sont les ouvriers. Ils extraient, depuis d'innombrables siècles, le calcaire en dissolution dans les eaux chaudes et le fixent sous forme de récifs immenses. Ce calcaire vient principalement des eaux plus froides des deux hémisphères, où il est peu utilisé. Une partie de ces constructions constitue des terrains sous-marins définitivement fixés.

L'autre partie est remise en circulation soit par dissolution après la mort des constructeurs, soit par la pulvérisation que les vagues et les animaux perforants font subir aux récifs. Ainsi le calcaire, par l'intermédiaire des coraux, des algues et d'animaux moins importants, constitue sous les eaux des terrains que quelque soulèvement de l'avenir fera émerger à la surface des océans; ce phénomène s'est produit à maintes reprises au cours des périodes géologiques.

*Zone du plateau continental.* — Nous venons de voir les formations diverses dont le calcaire fournit la base sur le littoral. Descendons maintenant sur le plateau continental qui s'étend, en pente assez douce, jusque vers 200<sup>m</sup> de profondeur. Le relief est bien moins accidenté que sur le bord, les fonds de roche diminuent, le tapis de sable et de vase domine de plus en plus. Les courants sont cependant encore suffisants pour opérer des triages qui concentrent certains dépôts dans des localités favorables, formant des bancs quelquefois très étendus. On peut dresser de ces bancs des cartes dont l'utilité est grande pour les pêcheurs.

En certains points, par exemple au large de la presqu'île

armoricaine, certains Bryozoaires du genre *Eschara* s'accablent en énormes quantités, par 120<sup>m</sup> de fond, mêlés à des Oursins, des Annélides. On en connaît d'analogues dans le sud de l'Atlantique. Ailleurs, par exemple dans le golfe de Gascogne, quelques espèces de *Brachiopodes* pullulent. D'autres fonds sont caractérisés par de gros Oursins violets du genre *Spatangus*, si nombreux que les pêcheurs sont obligés d'installer des rouleaux de bois pour les écraser à l'entrée de leurs chaluts; ils se rempliraient, sans cette précaution, des débris de ces Oursins.

Ces coquilles de Brachiopodes, ces débris de Bryozoaires, d'Échinodermes, d'autres coquillages tels que les *Pecten*, finissent par se désagréger sous l'action d'autres animaux et de réactions d'ordre chimique et constituent des sables spéciaux presque exclusivement d'origine organique.

Si l'on trace sur une carte marine la ligne de 200<sup>m</sup> de profondeur, qui marque le bord du plateau continental, et si l'on reporte sur cette carte les points où l'on a relevé la présence de coraux rameux fixés au sol, on remarque que ceux-ci sont groupés de part et d'autre de cette ligne de 200<sup>m</sup>. Ils forment en certains endroits, tant ils sont nombreux, de véritables bancs de coraux profonds. Ils se réduisent à deux ou trois espèces, ressemblant à des buissons très ramifiés; ils poussent très lentement et ne forment pas de vrais récifs, comme ceux des mers équatoriales; leur biologie est tout autre. Leur calcaire très dur, ressemblant à de la porcelaine, déchire les filets des pêcheurs qui les évitent le plus possible. Une faune spéciale s'abrite parmi ces coraux où l'on trouve, en particulier, une fort belle langouste rose.

Dans la Méditerranée, au pied des falaises rocheuses, jusque vers 80<sup>m</sup> de fond, s'étend le *fond coralligène* dont

nous avons déjà parlé; il est formé presque exclusivement d'êtres calcaires enchevêtrés avec des éponges siliceuses, des algues et des animaux de toutes sortes, dont les débris solides s'accumulent et sont soudés les uns aux autres par de nouveaux venus qui s'établissent dans leurs interstices; le tout forme à la longue un conglomérat, servant de support à une foule d'autres êtres. C'est sur ce fond que vit le Corail; une quantité de poissons trouvent une abondante nourriture dans ce riche tapis d'êtres vivants. La pêche de ces poissons, dits « de roche », y est très fructueuse.

On retrouve, dans divers terrains stratifiés de l'écorce terrestre, des bancs épais construits par les animaux qui vivaient dans les mers anciennes sur le plateau continental et par l'accumulation de leurs débris solides : couches à Trilobites, calcaires à Brachiopodes, à Entroques, couches à Ammonites, à Hippurites, à Nummulites, etc. Ainsi se décèle l'importance de ces êtres dans la fabrication lente de l'écorce terrestre sous les mers depuis les temps les plus reculés.

*Zone abyssale.* — Sur la pente du plateau continental, vers la mer profonde, la faune commence à se raréfier. Elle s'appauvrit d'autant plus qu'elle descend davantage vers la zone abyssale. Là les animaux sont trop clairsemés sur le fond pour que leurs débris prennent une part prépondérante à la constitution du sol. Çà et là se retrouvent quelques buissons de Coraux, des Crustacés, des Mollusques ou des Vers à éléments solides; mais leur rareté de plus en plus grande les rend de moins en moins intéressants au point de vue qui nous occupe en ce moment.

Mais si les débris des animaux qui vivent sur le sol abyssal

perdent la plus grande partie de leur importance, il n'en est pas de même de ceux qui proviennent des êtres pélagiques; ceux-là jouent un rôle capital.

*Dépôts marins d'origine pélagique.* — L'étude des débris abandonnés sur le sol par des êtres flottants, animaux et plantes, est, en effet, de première importance.

Parmi la foule innombrable des êtres marins, il en est qui n'abandonnent sur le sol abyssal que des débris insignifiants. D'autres, au contraire, sont en telle quantité qu'ils prennent sur d'immenses étendues une part presque égale à celle que les vases et argiles d'origine minérale fournissent à la constitution du sol océanique.

Il est très remarquable que les restes des êtres microscopiques, d'une organisation rudimentaire, sont précisément ceux dont le rôle est capital dans ces formations sous-marines. Leur nombre immense compense leur faiblesse individuelle. De même que les innombrables individus des coraux constituent lentement des continents dans les eaux chaudes des mers équatoriales, de même les petits Protistes du plancton accumulent au fond des mers, depuis les temps précambriens où l'on a pu constater leur présence dans les terrains sédimentaires, jusqu'à ceux qui se forment actuellement, d'immenses nappes de roches stratifiées; quelque mouvement de l'écorce terrestre les fera un jour ou l'autre apparaître à la surface.

*Animaux calcaires.* — Nous étudierons d'abord ceux des êtres pélagiques qui contiennent du calcaire. Ce sont de beaucoup les plus importants. Nous examinerons ensuite ceux qui ont un squelette siliceux.

Nous avons dit que dans leur chute vers le fond, après la mort de l'animal, les débris calcaires subissent une usure par frottement des couches d'eau successives qu'ils traversent; les acides provenant de la putréfaction des albumines du corps contribuent aussi à dissoudre une partie de ce calcaire. Si la mer est très profonde et la coquille calcaire très mince, il y a beaucoup de chance pour qu'elle n'arrive pas au fond. Si la mer est moins profonde, ceux de ces débris qui arrivent sur le sol sont usés, rongés, perforés. Si la mer est peu profonde, les coquilles tombant sur le sol sont à peu près intactes. Tel est le cas des Mollusques Ptéropodes dont les débris arrivent par leur superposition à constituer sur le sol océanique un dépôt connu sous le nom de *Vase à Ptéropodes*, dont nous parlerons plus loin.

Supposons, au contraire, que l'on ait affaire à des êtres plus petits, mais à carapaces plus compactes, dont la forme plus ou moins sphérique offre un minimum de surface pour un maximum de masse; leur usure, au cours de la descente, sera moindre et la vitesse de chute plus grande. La très faible quantité d'albumine que ces êtres renferment disparaît vite et ne produit que des réactions dissolvantes négligeables. Dans ces conditions, ces coquilles arrivent à toucher un sol beaucoup plus profond que les coquilles minces à grande surface, à chair abondante, des Ptéropodes. Tel est le cas des Foraminifères.

C'est en partant de ces données que Sir John Murray a construit un schéma classique (*fig. 12*) montrant la disposition des zones de sédimentation du calcaire organique et pélagique sur une montagne s'élevant au-dessus du sol abyssal, sans toutefois atteindre sa surface. Il faut supposer cette montagne sous-marine située loin des côtes,

car les Ptéropodes et les Foraminifères pélagiques ne sont pas normalement des êtres côtiers, mais des pélagiques de haute mer.

Ce schéma montre que le sommet de la montagne, à 700<sup>m</sup>

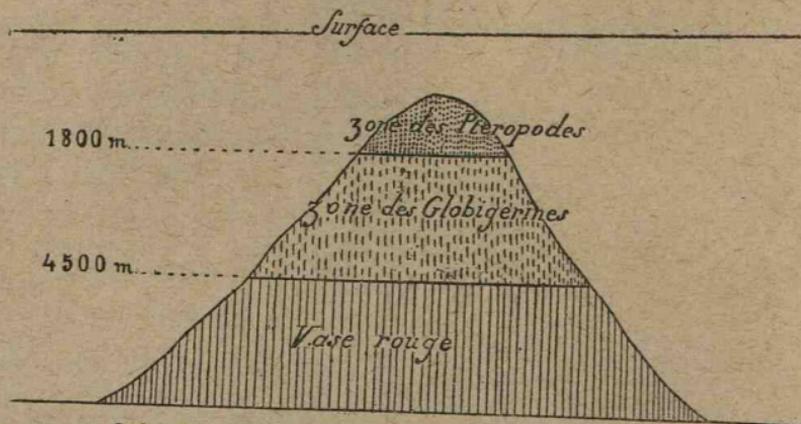


Fig. 12. — Schéma représentant le mode de dépôt et de disparition des débris calcaires des animaux pélagiques sur une éminence sous-marine.

environ au-dessous de la surface, est recouvert par les débris de Ptéropodes bien conservés; sur les versants de 700 à 2000<sup>m</sup>, on les y trouve encore de plus en plus détériorés; plus bas ils ont disparu.

En même temps que les Ptéropodes on trouve dans la vase du fond des Foraminifères; les deux sortes de coquilles sont mélangées. Mais à partir de 2000<sup>m</sup> les Ptéropodes disparaissent peu à peu; les Foraminifères restent bientôt seuls représentants du monde pélagique. Jusque vers 4500<sup>m</sup> ils sont très abondants, puis ils deviennent à leur tour plus rares, à 5000<sup>m</sup> ils ont disparu entièrement. En même temps que les Ptéropodes et les Foraminifères, des poussières

minérales descendaient de la surface vers le fond. Dans les deux premiers mille mètres, elles étaient mélangées aux Ptéropodes et aux Foraminifères; de 2000 à 5000<sup>m</sup> elles étaient mêlées aux Foraminifères; à partir de 5000<sup>m</sup>, il ne reste plus que ces poussières qui, en s'accumulant sur le fond avec une grande lenteur, constituent l'argile rouge, à peu près dépourvue de calcaire; celui-ci a totalement disparu à partir de 6500<sup>m</sup>.

Maintenant que nous connaissons le mode de formation des dépôts calcaires d'origine animale au fond des océans, voyons quels sont les êtres marins qui fournissent, par l'accumulation de leurs débris, les éléments fondamentaux de ces stratifications. Ces couches doivent être fort épaisses, mais nos engins ne nous permettent d'en connaître que la couche superficielle, ne dépassant pas 30 à 35<sup>cm</sup>. Au-dessous nous ne savons rien.

Longtemps on a cru que les êtres microscopiques dont la drague ramenait les débris au jour, vivaient sur le sol des océans; jamais cependant elle ne fournissait un échantillon vivant, seulement des carapaces vides. Plus tard, par l'étude du plancton capturé au moyen de filets en gaze de soie, on s'est rendu compte que les êtres en question ne vivaient pas sur le fond, mais uniquement dans les couches éclairées superficielles de la mer.

Mais on n'arriva réellement à la solution du problème que quand on s'aperçut que de nombreux êtres, extrêmement menus, passaient à travers les mailles des filets de gaze les plus fins; l'emploi d'une nouvelle méthode, la centrifugation, permit de reconnaître la présence d'innombrables algues microscopiques qui ne se trouvaient jamais dans les filets ordinaires, même les plus fins et les plus perfectionnés.

Les *Protozoaires* jouent, dans ce microplancton constructeur du sol sous-marin, un rôle prépondérant.

Mais dans cette foule immense d'êtres dont le corps n'est formé que d'une seule cellule, qui presque tous sont invisibles à l'œil nu, quelques groupes seulement nous intéressent en ce moment. Ce sont ceux dont le corps renferme

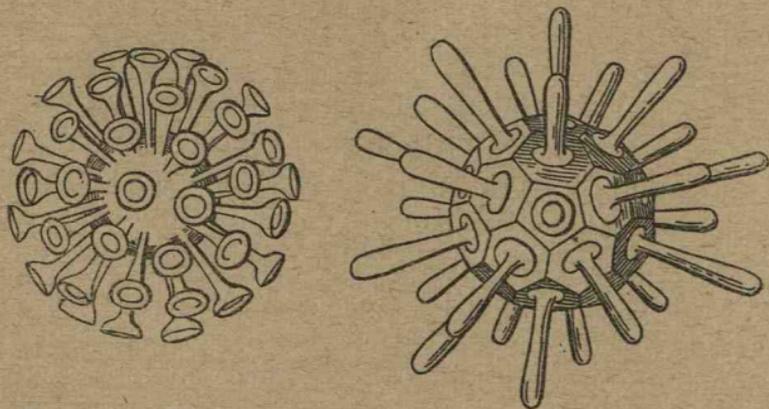


Fig. 13. — Coccolithes : à gauche, *Discophora Thomsoni* (Ostenfeld); à droite, *Rhabdosphaera claviger* (Murray). Gross. 1000 environ.

des éléments calcaires. Nous en étudierons plus loin quelques autres dont la silice fournit le squelette.

Dans le grand groupe des *Flagellates*, caractérisés par un ou deux longs filaments mobiles, ondulant, servant d'organes locomoteurs, on trouve d'abord les *Péridiniens*, les *Noctiluques*, dont nous parlerons plus tard; en ce moment nous ne retiendrons que les *Coccolithes*. Ces très petits corps, ainsi que les *Rhabdolites*, sont les restes d'êtres minuscules, constitués par une cellule dont la taille varie de 5 à 20 millièmes de millimètre, revêtue d'une enveloppe formée de 20 à 50 plaquettes calcaires (fig. 13).

La cellule se nourrit par un petit orifice percé dans cette carapace. Chaque plaquette porte en dehors un tubercule qui, tantôt reste à l'état d'un court bouton, tantôt se prolonge en un piquant long et creux. Après s'être détachées, ces baguettes constituent les Rhabdolites. Un ou deux cils vibratiles, un ou deux chromatophores bruns, assurent les mouvements et la respiration de ces petits êtres.

Ces micro-organismes vivent dans les mers chaudes entre 50 et 100<sup>m</sup> de profondeur, au large, jamais près de la côte; ceux du type *Rabdosphères* sont spéciaux aux mers équatoriales; les *Coccosphères* vivent dans les mers chaudes et tempérées, leur maximum est atteint dans les eaux de 12° à 15°, et l'on en trouve jusqu'au 64<sup>e</sup> degré de latitude Nord. Dans la Baltique on en a trouvé pendant l'été de 1911 de telles quantités que l'eau était laiteuse et en contenait 5 à 6 millions par litre.

A la mort de ces organismes leurs éléments se désagrègent, les plaquettes et les piquants se mêlent aux Foraminifères au point de représenter 15 pour 100 de la vase à Globigérines. Dans les mers polaires on trouve une espèce, *Tetraspora Poucheti*, qui, conformément à la loi de décalcification des animaux de mers froides, est dépourvu de calcaire. On retrouve en énormes quantités les Coccolithes dans les terrains Tertiaires, Crétacés, jusque dans le Cambrien. Avec les Foraminifères ces êtres microscopiques jouent depuis les temps les plus reculés un rôle de premier ordre dans la constitution sédimentaire des couches de l'écorce terrestre dans les mers.

Les *Foraminifères* sont, pour la plupart, visibles à l'œil nu. Quelques formes fossiles, certaines *Nummulites*, dépassent 2 ou 3<sup>cm</sup> de diamètre.

Le corps protoplasmique de l'animal est formé d'une première couche capable d'émettre des filaments contractiles servant à la capture de la nourriture, et aussi de parachute. La masse centrale du protoplasma est grenue et contient le noyau cellulaire. Le tout est enveloppé d'une coquille cal-

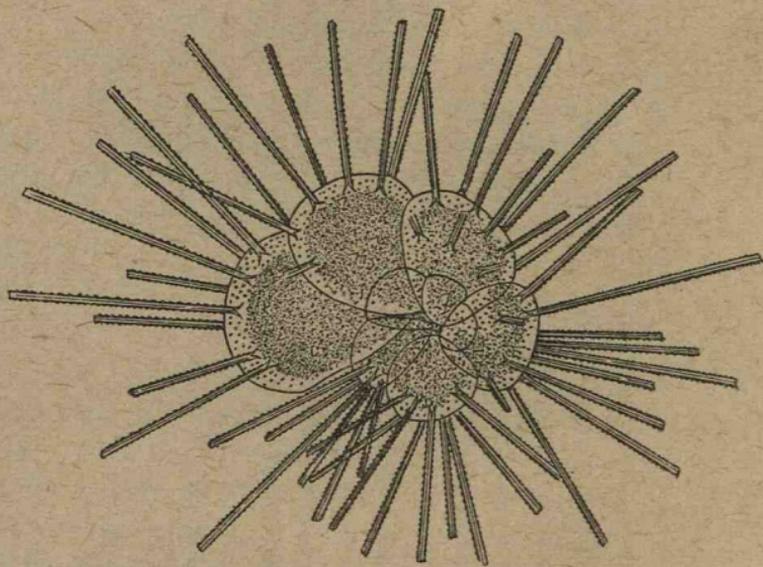


Fig. 14. — *Hastigerina pelagica* d'Orbigny.  
Foraminifère. Gross. 25 environ.

caire percée tantôt d'un seul orifice, tantôt d'une infinité de très petits trous par lesquels passent les filaments pêcheurs protoplasmiques (fig. 14).

Dans le cas le plus simple, l'animal ne comprend qu'une seule loge; mais le plus souvent une seconde vésicule est sécrétée, un peu plus grande que la première et qui lui adhère; une troisième suit, puis d'autres, de plus en plus grandes. Tantôt elles se disposent en série rectiligne, en allant alter-

nativement à droite et à gauche de la loge initiale, ou en spirale. Il y a une infinité de formes portant des ornements variés et élégantes; leur reproduction est compliquée. Certaines espèces vivent sur les côtes, notamment parmi les coraux des récifs, où, comme nous l'avons dit plus haut, elles pullulent au point que certaines plages sont entièrement formées de leurs coquilles.

Mais, en outre de ces espèces littorales qui sont très nombreuses, il y a un nombre restreint (26 en tout) d'espèces adaptées à la vie planctonique. Mais si elles sont rares, le nombre d'individus de chacune d'elles est formidable et ce sont elles qui jouent un rôle très important dans la construction du sol océanique.

C'est au cours des croisières du *Challenger* que Sir John Murray a découvert les Foraminifères pélagiques, tels que *Orbulina universa*, qui, depuis le Lias, peuplent toutes les mers.

Ces êtres flottants doivent compenser le poids de leur coquille calcaire par le développement de leur protoplasma qui prend l'aspect de mousse de savon, et émet d'innombrables filaments très longs qui servent de parachute; dans ce protoplasma sont enfouis de très petits grains de couleurs variées qui sont des algues microscopiques commensales; il s'y trouve aussi de fines gouttelettes d'huile qui jouent le rôle de flotteur.

Ces Foraminifères affectionnent les courants chauds; ils vivent surtout dans les mers tropicales, où leurs coquilles sont épaisses. Les espèces des mers tempérées sont moins nombreuses; dans les eaux polaires on n'en connaît que deux petites espèces peu calcaires.

À côté des espèces spéciales à certaines régions, il en est quelques autres cosmopolites que l'on trouve partout.

Après la mort du Foraminifère, son protoplasma se dissout, et le calcaire lourd commence sa chute vers le fond, s'usant en route comme il a été dit précédemment. Les coquilles, contrairement à ce que l'on pensait, ne sont pas entraînées par les courants loin de la région où elles vivaient flottantes, de sorte que le lieu où on les drague sur le fond correspond à la région de leur vie pélagique. On remarque que si une nappe d'eau chaude où pullulent les Foraminifères arrive au contact d'un courant froid, ceux-ci périssent et leurs coquilles s'accumulent en énormes quantités sur le fond; on a trouvé de tels gisements au Cap, au sud de l'Amérique, au Japon, en Australie.

D'après les indications qui précèdent, on doit conclure que les Foraminifères fondant peu à peu dans leur chute vers le fond, ne dépassent pas 5000<sup>m</sup>; par conséquent, les dépôts situés en dessous de cette profondeur n'en contiennent pas. D'autre part, ces fonds à Foraminifères ne se trouvent que dans les mers chaudes et tempérées. Comme ce sont les espèces du genre *Globigerina* qui sont les plus communes et les plus caractéristiques, on a donné le nom de *Vase à Globigérines* aux dépôts où les espèces de ce genre abondent et contiennent au moins 30 pour 100 de ces Foraminifères mêlés à l'argile rouge. La couleur de cette vase est jaunâtre, légèrement rose.

Cette vase occupe la presque totalité du fond de l'Atlantique, tandis que l'argile rouge recouvre la plus grande partie du fond du Pacifique; cela tient à ce que ce dernier étant plus profond que l'Atlantique les coquilles de Foraminifères fondent en route sans atteindre le sol. L'expédition du Gauss a trouvé les plus riches vases à Globigérines entre 3000 et 4500<sup>m</sup> entre les îles Sainte-Hélène et de l'Ascension.

On évalue à 150 millions de kilomètres carrés la surface couverte par la vase à Globigérines; mais on les trouve, dans certains endroits, mêlées à d'autres débris plus caractéristiques, pour constituer les vases à Ptéropodes, à Radio-laires, à Diatomées, dont il sera question plus loin. On voit par ce qui précède l'importance de ces petits êtres dans la constitution du sol océanique, et cela depuis des temps fort anciens : depuis le Secondaire ils pullulent, et l'on trouve dans le Tertiaire les vases à Globigérines presque identiques à celles qui se constituent actuellement.

*La vase à Ptéropodes.* — Les Ptéropodes sont des Mollusques gastéropodes opisthobranches adaptés à la vie planctonique; de ce fait ils diffèrent profondément du type normal qui est organisé pour ramper sur le sol. Les Ptéropodes, qui habitent les mers chaudes et tempérées, sont pourvus d'une coquille calcaire (*fig. 15*); ceux des mers polaires n'en ont pas, conformément à la règle de la non-fixation du calcaire en eau froide; aussi ne jouent-ils aucun rôle dans la constitution du sol de ces régions. A ces Ptéropodes se joignent quelques autres Gastéropodes, les Hétéropodes, fort intéressants, mais plus rares, et dont les coquilles ne jouent, par comparaison avec celles des Ptéropodes, dont ils ont la même manière de vivre, qu'un rôle tout à fait accessoire.

Après leur mort, les coquilles de ces deux groupes de Mollusques tombent vers le fond, et, quand elles y arrivent, se comportent de la même manière et prennent part à la constitution de la vase à Ptéropodes. Ces êtres planctoniques sont fort délicats, à peu près transparents et pourvus d'une coquille également transparente et irisée, d'une minceur et d'une fragilité extrêmes.

La coquille revêt diverses formes suivant les espèces.

Tantôt c'est un simple cornet allongé, tantôt un cylindre fermé à un bout, tantôt une sorte de poche plate ou bombée, avec des appendices; il y en a de spiralées. Elles sont généralement fort élégantes et de couleurs variées. L'animal qui les habite est pourvu de deux nageoires très mobiles qui les font ressembler à des ailes de papillon.

Ces Ptéropodes, dont il existe un bon nombre d'espèces, vivent en bancs immenses dans les eaux superficielles pénétrées par la lumière solaire; dans nos mers ils ne descendent guère au-dessous de 100<sup>m</sup>; dans les mers tropicales ils atteignent 250<sup>m</sup>. Cependant on en trouve dans la Méditerranée jusque vers 1000<sup>m</sup>, mais on sait que dans cette mer la température est constante depuis 365<sup>m</sup> jusqu'au fond, aux environs de 13°<sup>5</sup>.

Comme il a été dit, à la mort de ces animaux, la densité de la coquille l'entraîne vers



Fig. 15. —  
*Creseis*  
Rang.

Ptéropode,  
*acicula*  
Gross. 3.

le fond; mais comme elle est légère, à grande surface, corrodée pendant les premières heures par les acides résultant de la putréfaction des matières protoplasmiques du corps de l'animal, elle est usée par le frottement des couches successives d'eau qu'elle traverse. Suivant la profondeur du fond atteint, la coquille est presque intacte, ou bien, plus bas, privée de ses lames minces, plus bas encore réduite à ses côtes, arêtes, et ornements généralement plus épais et plus résistants.

Dans ces conditions, si l'ensemble des océans chauds et tempérés n'avait que 1000 à 2000<sup>m</sup> de profondeur, on trouverait sous les mers chaudes et tempérées d'immenses surfaces couvertes de vase à Ptéropodes, aussi étendues que celles que recouvre la vase à Globigérines. Mais comme les fonds de 1000 à 2000<sup>m</sup> seulement sont rares dans les océans qui sont beaucoup plus profonds, la vase à Ptéropodes ne recouvre que des surfaces restreintes. C'est sur les fonds de 800 à 1000<sup>m</sup> que cette vase est le mieux caractérisée, c'est-à-dire sur les montagnes sous-marines saillantes sur la vaste plaine abyssale.

Si l'on examine une carte sur laquelle on a reporté les gisements de vase à Ptéropodes, on voit que celle-ci forme des taches de faible étendue dans l'Atlantique autour des Açores, des Canaries, de Cuba, des Bermudes, de la Jamaïque, sur divers hauts fonds de l'Atlantique Sud. Dans le Pacifique elle forme quelques îlots aux îles Pomotou, Marquise, entre l'Australie et la Nouvelle-Zélande.

À côté des Ptéropodes qui en forment la base et les Hétéropodes qui y sont rares, il faut encore citer un autre Gastéropode, la Janthine, dont les jolies coquilles violettes se

trouvent sur le fond avec les autres. Nous reverrons ces Janthines à propos du Plancton.

*Débris de Vertébrés.* — Nous avons déjà signalé que les os des Vertébrés marins contiennent une grande quantité de matières organiques qui disparaissent par putréfaction après la mort; le calcaire, peu abondant, disparaît aussi rapidement. Il n'y a guère que les dents émaillées des poissons et les très dures caisses du tympan des Cétacés qui résistent. On trouve ces débris seulement sur le sol profond des océans, dans certains points où ces animaux sont assez abondants. On en a signalé un gisement au banc des Aiguilles et dans quelques points du Pacifique découverts par le *Challenger*. On rencontre aussi, dans les mêmes conditions, les otolithes, véritables pierres très dures qui se trouvent dans l'oreille interne des Poissons.

*Animaux et plantes siliceux.* — Nous venons de voir le rôle très important que jouent les êtres à coquilles calcaires dans la constitution du sol sous-marin. Les plantes et les animaux à squelette siliceux sont beaucoup moins variés et moins importants à ce point de vue spécial.

Comme nous l'avons vu précédemment ils se réduisent aux *Diatomées*, aux *Radiolaires* et aux *Spongiaires*.

Laissons de côté les Éponges siliceuses qui vivent exclusivement enfoncées dans la vase profonde ou adhérentes aux rochers du littoral. On retrouve les débris de leurs spicules vitreux mêlés à la vase, en faible proportion, et ils n'ont aucun intérêt pour la constitution du sol.

Les *Diatomées* et les *Radiolaires* sont des êtres planctoniques qui pullulent dans les eaux superficielles. En outre,

certaines Diatomées vivent sur le littoral; les Radiolaires sont toujours pélagiques. Les Diatomées sont des Algues microscopiques unicellulaires extrêmement petites; les Radiolaires sont plus grosses et plus compliquées et prennent place sur les confins mal définis du règne animal et du règne végétal. Ces deux groupes sont excessivement abondants, et représentés dans la mer par des milliers d'espèces.

Certaines Diatomées et Radiolaires sont répandues en nombre fabuleux dans l'eau de mer, et leurs débris, bien que très petits, arrivent par leur immense quantité à former sur le sol sous-marin de certaines régions des dépôts importants et très étendus.

Ces êtres puisent la silice constitutive de leurs parties solides, pour une faible proportion dans celle qui est en dissolution dans l'eau, mais, pour la plus grande partie, dans les poussières microscopiques siliceuses en suspension dans la mer.

*Les Diatomées.* — Ces algues microscopiques jouent dans le plancton un rôle très important dont il sera question plus loin.

Celles qui vivent sur le rivage ne nous intéressent pas dans ce chapitre. Celles qui flottent au large comprennent de nombreuses espèces qui, après leur mort, contribuent par l'accumulation de leurs dépouilles à former des dépôts stratifiés.

On peut, en simplifiant beaucoup, se représenter une Diatomée comme une gouttelette de protoplasma enfermée dans une petite boîte formée d'un fond et d'un couvercle; le fond est un peu plus petit que le couvercle dans lequel il s'emboîte. Cette capsule en deux parties est formée

de silice, de la variété hydratée qui constitue l'opale; très souvent dans les espèces de fond, plus rarement dans les formes pélagiques, cette capsule est couverte d'ornements

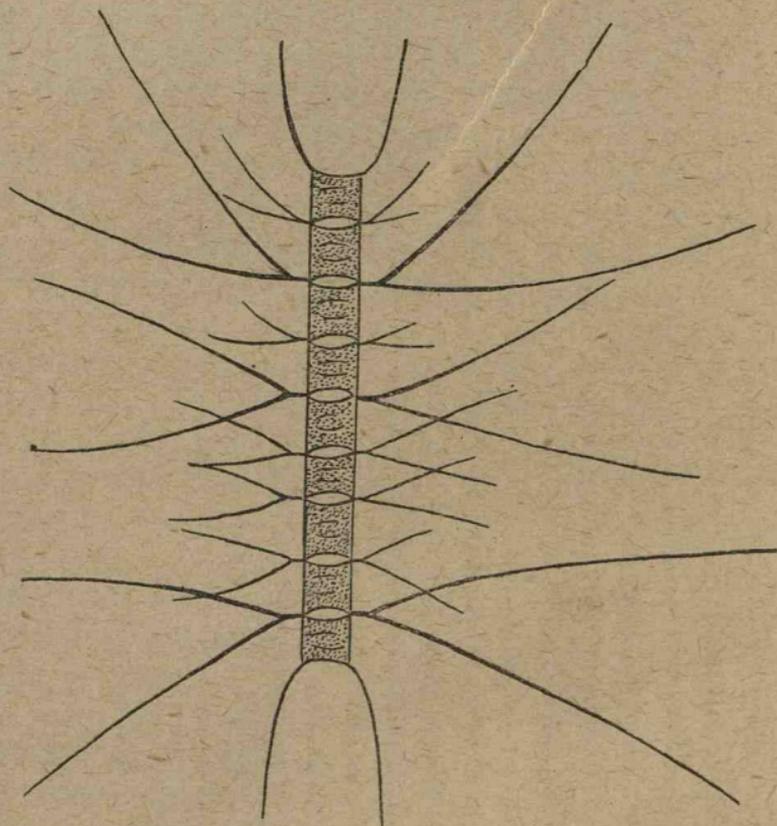


Fig. 16. — Diatomées planctoniques.  
Chaîne de *Chaetoceras decipiens*, Gross. 150.

en relief formant des mosaïques et des dessins d'une précision mathématique, d'une merveilleuse délicatesse. Chaque espèce a des ornements disposés selon un plan constant et caractéristique. Ces reliefs sont d'une telle netteté et si fins

qu'on les emploie pour éprouver la puissance et la précision des objectifs de microscopes.

En certains points de cette petite boîte siliceuse, on découvre des trous minuscules par lesquels passent les filaments protoplasmiques émis par le corps proprement dit de la cellule enfermé dans la boîte qui contient un noyau (fig. 17).

La multiplication des Diatomées se fait rapidement; le

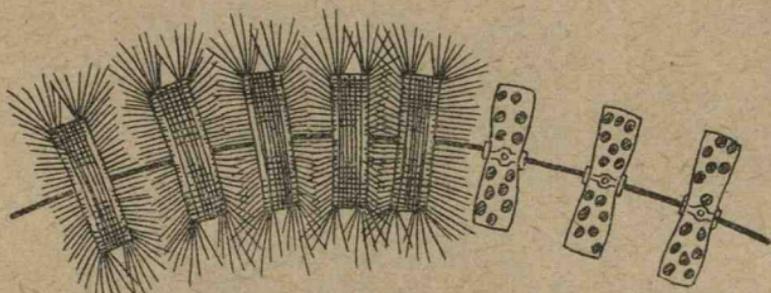


Fig. 17. — Diatomées pélagiques.

Chaîne de *Thalassiosira gravida*. Gross. 300 (d'après M. Mangin).

noyau se divise le premier, puis le couvercle de la boîte se sépare du fond, chaque partie emportant la moitié du protoplasma et du noyau primitif; puis le fond se refait un couvercle et le couvercle un fond en sécrétant de la silice nouvelle. Mais on remarque que la nouvelle partie refaite est toujours à l'intérieur de la précédente; elle est donc plus petite, il en résulte que les jeunes ainsi reconstitués, allant toujours en diminuant, finiraient par être impondérables et par disparaître. C'est alors qu'intervient un autre mode de reproduction : une Diatomée perd à la fois ses deux valves, son protoplasma s'accroît brusquement, et quand il a repris

sa taille normale il sécrète deux nouvelles valves siliceuses qui l'emboîtent.

Après la mort de la Diatomée, sa carapace siliceuse, débarrassée du protoplasma, tombe sur le sol où, accumulées à la longue en nombre immense, elles arrivent à constituer un dépôt très étendu connu sous le nom de *Vase à Diatomées*. Cette vase fut rencontrée, pour la première fois, sous forme d'une matière pulvérulente jaune clair qui blanchit en séchant, entre l'archipel des îles Kerguelen et le continent antarctique. La silice des Diatomées entre dans la composition de cette vase dans une proportion variant de 41 à 68 pour 100.

La vase à Diatomées forme une large bande disposée sur le fond autour du continent antarctique, comme un anneau ininterrompu. Dans le nord du Pacifique, une bande analogue allant du Japon à la côte de l'Amérique du Nord, le long du Kamtchatka, des îles Kouriles et de l'Alaska, fait le pendant de celle de l'Antarctique. Rien de semblable n'a été, jusqu'à présent, observé dans l'Atlantique Nord.

Au cours de l'expédition du *Néro*, entre les îles Luzon et Guam, on a découvert à des profondeurs comprises entre 4450<sup>m</sup> et 6670<sup>m</sup>, des vases à Diatomées composées exclusivement par les capsules d'une espèce de grande taille, puisqu'elle atteint 8<sup>mm</sup>, le *Coscinodiscus rex*. Wallich. Ce dépôt est petit et très nettement délimité.

Ce sont surtout les travaux de Sir John Murray qui ont fait connaître l'importance des Diatomées dans la formation du sol océanique. On connaît des gisements de Diatomées marines fossiles de l'époque nummulitique en Nouvelle-Zélande, d'autres dans les phosphates éocènes de

l'Afrique du Nord; ces plantes sont rares dans le Crétacé et le Jurassique.

*Les Radiolaires.* — Ce sont encore des êtres unicellulaires,

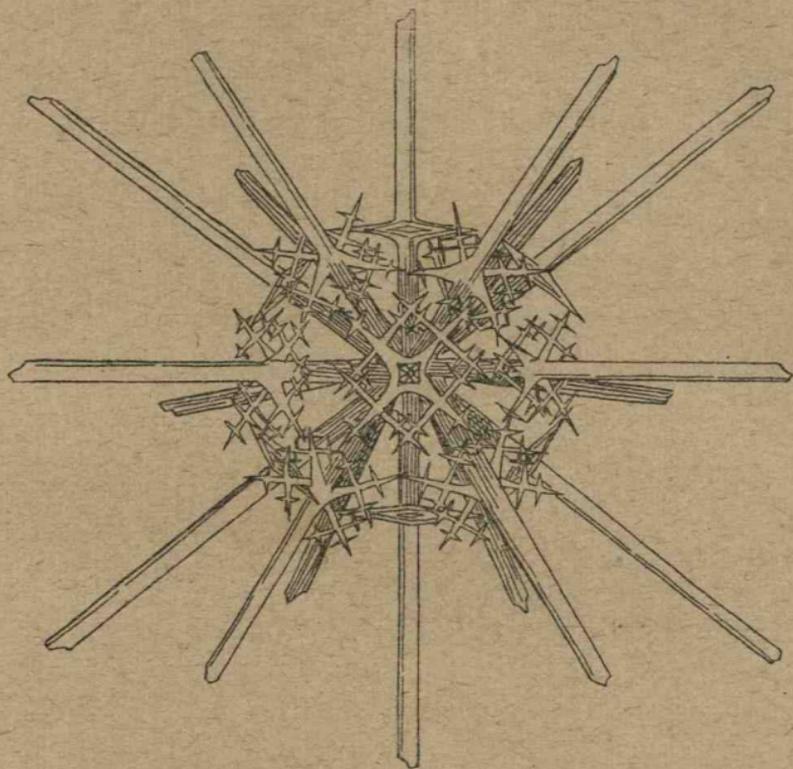


Fig. 18. — Radiolaire.

*Stauracantha murrayana* Haeckel. Gross. 10 environ.

plus compliqués que les Diatomées et de plus grande taille, pouvant atteindre plusieurs millimètres de diamètre. Une Radiolaire comprend un corps central avec un noyau entouré de protoplasma ou enfermé dans une mince enveloppe :

c'est la capsule centrale. Celle-ci est recouverte par une espèce de gelée mousseuse, émettant de nombreux filaments gluants, les pseudopodes, très fins et très transparents. On remarque, disséminées dans ce corps, de petites algues microscopiques, généralement jaunes, qui vivent en commensales dans la mousse superficielle de la Radiolaire.

A cette masse sphérique molle et compliquée, il faut ajouter un squelette siliceux qui revêt les formes les plus variées (*fig. 18*); tantôt il est constitué par des cages grillagées emboîtées les unes dans les autres; tantôt par des tigelles radiaires qui, partant du centre de la capsule, suivent les rayons de la sphère, traversent les grillages et pointent au dehors. Ces tigelles font entre elles des angles déterminés et invariables dans une même espèce; très souvent elles portent des ornements aux formes les plus diverses, les plus élégantes, ce qui donne aux Radiolaires des aspects variés et artistiques. Hæckel en a décrit 4318 espèces différentes rien que dans les captures du *Challenger*. Ajoutons que le squelette n'est pas toujours siliceux; on en connaît de chitineux, ou même à spicules formés de sulfate de strontium; il y en a aussi qui n'ont pas de squelette du tout.

Le squelette siliceux de ces Radiolaires tombe sur le fond après leur mort. Dans certaines régions, ces débris sont assez abondants pour caractériser un dépôt. On en trouve toujours une certaine proportion dans les vases à Globigérines et à Ptéropodes; dans les dépôts littoraux ils sont assez rares. Au contraire, dans certaines régions on en rencontre sur le fond jusqu'à 80 pour 100 du poids de la vase. C'est alors la vraie *vase à Radiolaires* bien caractérisée. On a constaté sa présence depuis la profondeur de 4300<sup>m</sup>

jusqu'à celle de 8185<sup>m</sup> (*Challenger*). Dans ces très grandes profondeurs les spicules sont détériorés, ayant été plus ou moins usés et fondus pendant cette longue descente.

La vase à Radiolaire bien nette ne se trouve que dans la zone tropicale des océans Indien et Pacifique; elle manque dans l'Atlantique. Elle occupe environ 8 pour 100 de la surface du sol sous-marin du Pacifique.

Les Radiolaires fossiles ont été trouvées par M. Cayeux jusque dans le terrain précambrien de Bretagne incluses dans des quartz et feldspath qui avaient fait partie de terrains encore plus anciens. On les retrouve ensuite dans le Silurien, dans les terrains secondaires et tertiaires. Dans ces dernières couches les Radiolaires, mélangées à des marnes et des tripolis, forment les trois quarts de la roche totale. Ce sont des terrains du même genre qui sont actuellement en voie de formation au fond du Pacifique.

## CHAPITRE VII.

### LE PLANCTON :

PLANTES ET ANIMAUX QUI LE COMPOSENT. LEURS ADAPTATIONS ET LEURS MOUVEMENTS. RÉPARTITION DANS LES MERS.

Nous venons d'examiner la Faune et la Flore benthiques, c'est-à-dire les animaux et les plantes spécialement adaptés pour vivre au fond de la mer; une partie de ces êtres y est fixée et incapable de se déplacer, l'autre peut s'y mouvoir mais ne s'en écarte pas.

Ces plantes et ces animaux n'occupent que la surface du sol sous-marin dans lequel un petit nombre d'entre eux peut s'enfoncer de quelques centimètres.

Mais la masse des eaux qui remplissent la grande cuvette marine est, elle aussi, habitée par une foule immense d'êtres qui s'y déplacent depuis sa surface jusqu'au fond. Ils sont beaucoup plus nombreux que les premiers puisqu'ils occupent toute l'épaisseur de la mer, tandis que les autres se répartissent seulement sur le sol sous-marin.

Ces êtres, dont les uns flottent passivement et les autres nagent activement, mènent une existence constamment pélagique et leur ensemble constitue ce que l'on nomme le *Plancton*. Son importance est extrême dans les phénomènes

généraux de la vie, et nous verrons, dans le chapitre suivant, que c'est le Plancton qui constitue la source principale de l'alimentation marine.

Les plantes et les animaux du plancton appartiennent à des classes du règne végétal et du règne animal dont nous avons déjà vu les représentants les plus variés répandus sur le sol du littoral aussi bien que sur la vase des profondeurs des océans.

Mais l'adaptation d'un animal initial à deux genres d'existence aussi différents, a nécessité la transformation de certaines parties de son organisme; et ces modifications ont le plus souvent tellement changé leur aspect général qu'il est difficile au premier abord de reconnaître leur origine commune et même de les juxtaposer dans le même compartiment. De nombreux détails de leur structure ont aussi beaucoup changé. Cependant, quelle que soit l'importance de ces adaptations organiques à l'existence planctonique, jamais les caractères et les dispositions typiques ni le plan fondamental des animaux ne sont bouleversés; ils persistent immuables bien que masqués par des variantes innombrables; le naturaliste averti finit toujours par les reconnaître, bien que ce travail soit souvent compliqué et très difficile. L'Embryologie et l'Anatomie comparée viennent alors au secours de la Zoologie, qui s'adresse aussi souvent à la Paléontologie, et leur commun effort donne le fil conducteur qui mène à la solution de ces problèmes délicats.

Avant d'examiner les caractères des êtres qui composent le plancton, il est nécessaire d'indiquer très sommairement à quelles grandes divisions ils appartiennent. Il ne s'agit, bien entendu, que de poser quelques jalons parmi les classi-

fications permettant de mettre en parallèle ces êtres avec ceux des mêmes groupes que nous avons indiqués parmi les habitants du sol océanique.

Nous avons déjà parlé d'un certain nombre de plantes; ce sont presque toutes des Algues vivant sur le sol. Nous venons d'en étudier d'autres flottantes bien différentes, ce sont les *Diatomées* à carapace siliceuse; rappelons aussi les *Péridiniens* à carapace cellulosique. Ces êtres microscopiques pullulent dans le plancton; nous aurons à en tenir le plus grand compte à propos de la nourriture des animaux marins. Les *Noctiluques*, qui produisent une illumination très vive de la mer, se rattachent, comme les Péridiniens, à la classe des Flagellates.

Les coquilles calcaires des *Foraminifères* nous ont déjà intéressé à propos de la sédimentation de la mer profonde, où, après la mort de ces petits êtres planctoniques, leurs coquilles s'accumulent en énorme quantité sur le sol. Il en a été de même pour les *Radiolaires* à squelette siliceux. Tous ces Protistes, malgré leur petite taille, jouent un rôle capital dans la biologie générale des océans.

Nous avons eu l'occasion de rencontrer les *Cœlentérés* fixés dans les eaux littorales et profondes sous la forme de Coraux, de Gorgones, d'Actinies, etc. Nous les retrouvons extrêmement nombreux dans le plancton, complètement différents des espèces fixées. C'est à l'état de *Méduses* qu'ils pullulent dans toutes les mers, à toutes les profondeurs. Certaines d'entre elles passent toute leur existence sous cette forme typique de Méduse; mais chez d'autres cette forme ne représente qu'un état transitoire chez des êtres qui, pendant une autre période de leur existence, sont fixés sur le sol. Ces Méduses sont alors chargées de la dissémination



Fig. 19. — Hydroïde; *Cladonema radium*.

La colonie arborescente et sa méduse, d'après Allman. Gross. 5 environ.

de l'espèce (fig. 19). On connaît certaines Méduses dont le corps discoïdal, transparent et gélatineux, dépasse 2<sup>m</sup> de diamètre; il est bordé d'une frange de tentacules contractiles qui ont plus de 30<sup>m</sup> de long.

Ces énormes animaux sont exceptionnels; mais il n'est pas rare de voir dans les eaux de nos côtes des Méduses du

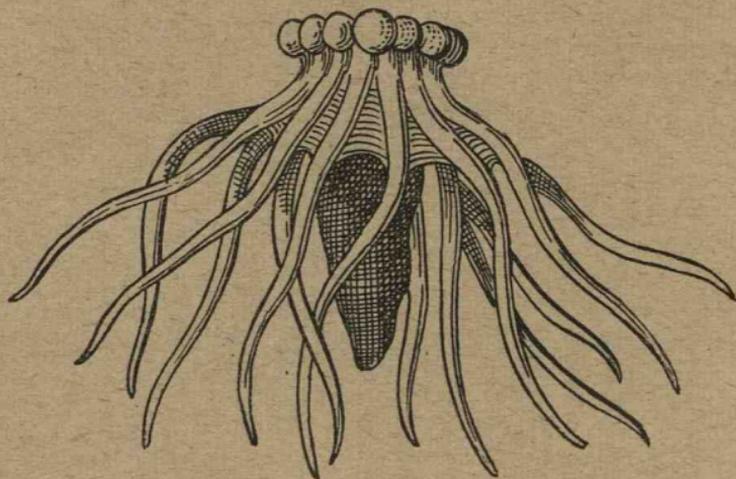


Fig. 20. — *Pelagothuria natatrix* vue de profil, d'après Ludwig. Légèrement réduite.

genre *Rhizostoma* qui ont un demi-mètre de diamètre et naviguent en troupes innombrables.

Les *Siphonophores* sont de merveilleux Cœlentérés aux vives couleurs, à l'admirable élégance; leurs colonies transparentes ont des aspects très divers, tantôt disposées en guirlandes, tantôt condensées en épis, ou groupées sous un disque qui leur sert de flotteur. Ces animaux vivent surtout dans les mers chaudes.

Les *Cténophores* sont aussi fort élégants, transparents

et pourvus de palettes natatoires irisées; ils circulent en bancs immenses depuis les eaux superficielles jusqu'à des profondeurs assez grandes.

Parmi les *Échinodermes*, que nous avons vu pulluler sur le sol abyssal, à part leurs larves qui sont toutes pélagiques, il n'y a guère qu'une famille d'Holothuries qui soit adaptée à la vie planctonique (fig 20). Il est intéressant de signaler que cette adaptation n'est pas récente, puisque Walcott a trouvé des empreintes fossiles d'Holothuries pélagiques parfaitement conservées dans les schistes cambriens d'Amérique.

Les *Vers* présentent quelques adaptations planctoniques intéressantes chez les *Annélides*, les *Némertiens*; ces animaux diffèrent alors profondément par leur transparence, leur forme, leur aspect, mais non par leur organisation fondamentale de l'immense majorité de leurs congénères qui vivent sur le sol. Il faut d'ailleurs remarquer que les larves des formes habitant sur le fond nagent pendant une partie de leur existence et sont alors planctoniques.

Les *Chétognathes*, qui sont tous pélagiques, sont des vers rigides, transparents, armés de dents aiguës, qui pullulent dans toutes les mers jusqu'aux grandes profondeurs (fig. 21); ils nagent droit devant eux, avec l'allure d'une petite torpille.

Les *Mollusques* jouent un rôle important dans la compo-

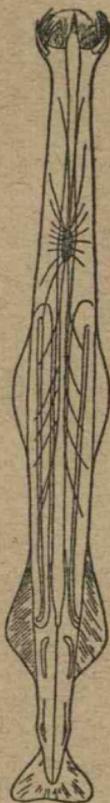


Fig. 21. — *Sagitta hexaptera* d'Orbigny, d'après Hertwig. Chétognathe transparent. Grand. nat. = 30<sup>mm</sup>.

sition du plancton. Chez beaucoup d'entre eux les larves passent une partie plus ou moins longue de leur existence à l'état flottant; mais il en est, et des plus importants, qui restent toute leur vie sous cette forme. Nous avons déjà parlé des innombrables *Ptéro-podes* dont les coquilles cal-

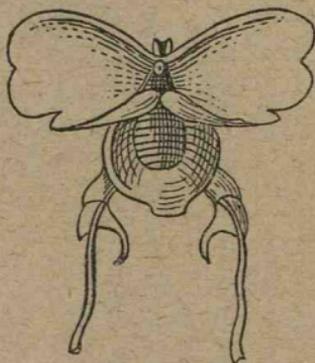


Fig. 22. — Ptéropode, *Hyalea limbata* d'Orbigny. Grand. nat.

caires tombent sur le sol abyssal (fig. 22); parmi eux se trouvent aussi des *Gastéropodes* adaptés à la vie planctonique, les *Hétéropodes*; ces mollusques ont acquis un aspect totalement différent de celui de leurs congénères du fond, dû surtout à leur transparence et à leur extrême fragilité, et à la transformation de leur pied en nageoire fonctionnant comme une hélice.

Les *Céphalopodes* pullulent dans le plancton, à l'état de Calmars en forme de flèche, de Pieuvres délicates et transparentes, de petits êtres graciles aussi bien que de géants robustes et redoutables dépassant 15<sup>m</sup> de long. Tous ces êtres carnivores habitent à tous les niveaux des mers jusque dans les très grandes profondeurs. Nous retrou-

verons ces Céphalopodes à plusieurs reprises, car leurs adaptations diverses sont des plus remarquables (fig. 32 et 39).

La foule énorme des Crustacés est très intéressante à

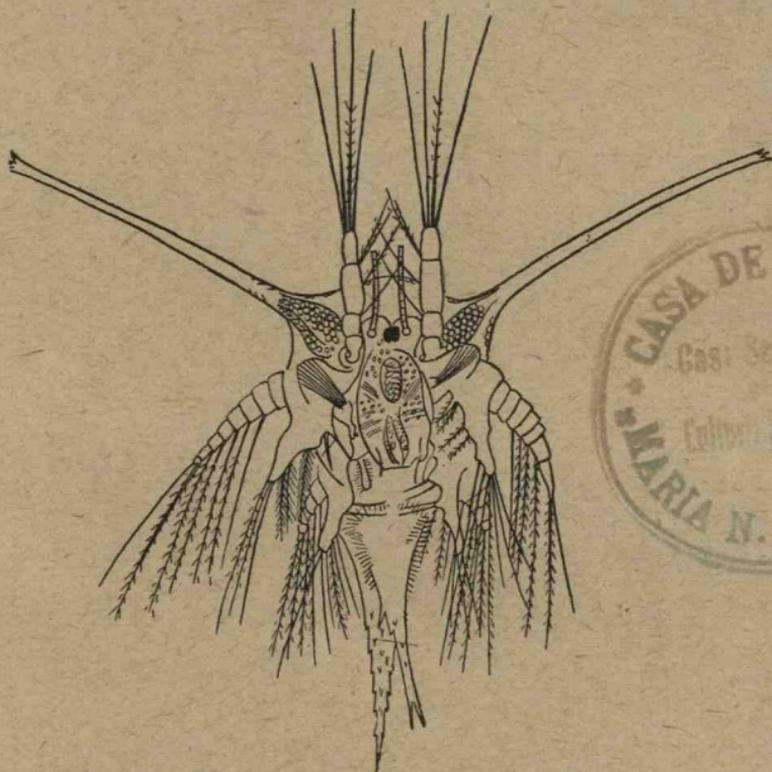


Fig. 23. — Larve Nauplius de Crustacé (*Branchipus*), d'après Mac Bride-Claus. Gross. 15 environ.

plusieurs points de vue, et, comme d'ordinaire, ce sont les plus petits qui, par leur quantité incommensurable, jouent un rôle de premier ordre dans la vie marine. Parmi ces petits Crustacés l'immense section des *Copépodes* est d'une

importance capitale. Ces êtres, presque tous microscopiques, nagent en bancs formidables, se reproduisent avec une extraordinaire rapidité et servent de pâture à un grand nombre d'animaux plus gros, sous tous les climats. Ils sont remarquables par la variété de leurs appendices qui ont souvent des couleurs magnifiques et des formes délicates. Beaucoup portent leurs œufs dans des sacs spéciaux.

Laissons de côté toute une série d'autres familles dont les représentants, nombreux cependant, ne jouent pas un rôle aussi important que les Copépodes; de grandes troupes d'*Ostracodes*, d'*Amphipodes*, se trouvent çà et là; certains d'entre eux sont d'un rouge vif, et l'on en rencontre jusque dans les grandes profondeurs.

Les Crustacés supérieurs sont plutôt des habitants du sol marin; ils ne jouent pendant leur vie adulte qu'un rôle insignifiant dans le plancton. Mais leurs larves, comme d'ailleurs celles de presque tous les Crustacés, y sont nombreuses. Une des formes larvaires les plus caractéristiques des Crustacés est connue sous le nom de *Nauplius* et, lorsqu'on fait des pêches de plancton près des côtes, on en capture en abondance.

Beaucoup de ces larves subissent des métamorphoses très compliquées, et il en existe actuellement une foule qui ressemblent si peu à l'adulte qu'elles produiront plus tard, qu'on ne sait à quel animal les rattacher. Nous en parlerons plus loin avec quelques détails.

Les *Tuniciers* abondent dans le plancton; nous avons vu ces animaux sous leur forme fixée aux rochers, l'autre est flottante. On la connaît sous le nom de *Salpes*, qui sont transparentes, et vivent soit isolées, soit en chaînes où les individus très nombreux nagent à la surface ou descendent

assez profondément. Leurs métamorphoses sont très compliquées, surtout dans un groupe, les *Doliolum*, qui vivent dans les mers chaudes et tempérées. Une autre forme spéciale, connue sous le nom de *Pyrosome*, abonde dans le plancton où elle produit une intense illumination.

Nous arrivons aux *Poissons* du plancton; ils vivent rarement isolés et forment le plus souvent de grands bancs qui se déplacent sous diverses influences physiques; tels sont les Harengs, Sardines, Morues, Thons, etc.

Certaines espèces ne quittent guère les eaux littorales, d'autres ne vivent qu'au large, c'est le cas des Thons. Enfin on connaît des poissons pélagiques qui restent toujours dans les eaux profondes.

Les *Sélaciens* sont représentés par diverses espèces; les Requins sont les plus fréquents, et toujours de grande taille.

Les *Téléostéens* sont de beaucoup les plus nombreux, parmi les Poissons planctoniques; outre les espèces de Clupéides dont il vient d'être question, telles que les Sardines, Harengs, Anchois, d'autres familles de grande importance s'y trouvent en abondance; tels sont les Scombridés, où nous trouvons les Thons, les Maquereaux; les Gadidés, où l'on remarque les Morues. Il est impossible de signaler ici tous ces poissons planctoniques; nous aurons l'occasion d'y revenir plus loin, mais il faut cependant mentionner quelques poissons particulièrement curieux par leurs formes bizarres; les *Eurypharynx* au corps très grêle, à la gueule énorme, entièrement noirs qui sont bathypélagiques (*fig. 24*); des *Stomias*, à la cuirasse constellée d'organes lumineux; les Poissons-lune, *Orthogoriscus*, qui flottent à la surface, et dont les larves sont extrêmement bizarres (*fig. 71 à 73*);

les Poissons volants, aux grandes nageoires membraneuses, ressemblant à des éventails.

A côté de ces poissons adultes, il faut signaler la foule des jeunes qui, très souvent, diffèrent profondément de leur

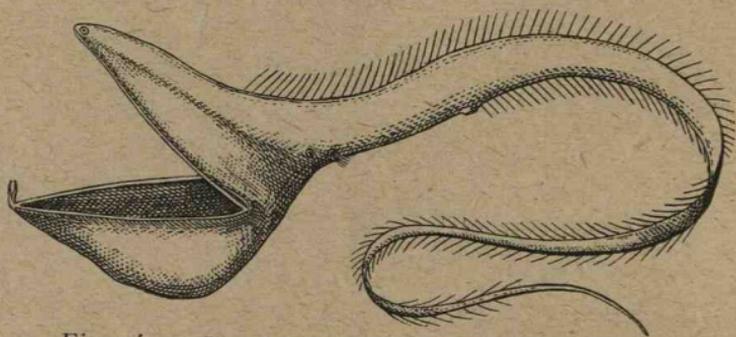


Fig. 24. — *Eurypharynx pelecanooides* Vaillant.  
Poisson abyssal noir. Grand. nat. = 30<sup>em</sup>.

état définitif par la présence d'organes transitoires. Ces larves, plus encore que leurs parents, montrent les caractères des êtres pélagiques dont il va être question plus loin. Il est intéressant de signaler que certaines de ces larves appartiennent à des animaux qui, adultes, ne sont pas pélagiques. C'est le cas de l'extraordinaire larve *Leptocéphale* (fig. 74) de l'Anguille qui ne ressemble en rien, pendant ses trois ans de vie marine, à ce qu'elle devient lorsqu'elle prend sa forme d'animal fluviatile; d'ailleurs les autres poissons de la famille des Anguillidés tels que les Congres, les Murènes et d'autres espèces de mer profonde, ont des larves analogues à celle de l'Anguille. Nous reviendrons plus loin sur ces formes larvaires planctoniques.

Parmi les *Reptiles* nous n'avons à signaler que les Tortues marines que l'on rencontre isolées au large, assez nombreuses

dans l'Atlantique chaud et tempéré, plus rares dans la Méditerranée; d'autres espèces vivent dans les mers chaudes, et toutes viennent pondre dans le sable des plages.

Les *Mammifères* sont représentés par les *Cétacés* chez lesquels on observe le maximum des transformations adaptatives que les vertébrés à sang chaud peuvent subir pour vivre au large des océans dans lesquels ils peuvent descendre profondément, sans jamais toucher au rivage; malgré ces adaptations le plan fondamental du Mammifère est resté intact.

Deux types bien distincts se trouvent parmi ces géants du plancton; le premier, pourvu de dents très développées, peut se nourrir de grosses proies; il est constitué par les Cachalots, les Dauphins. Le second type a perdu ses dents, qui ont été remplacées par des fanons cornés, effilochés en broussaille, servant à capturer et filtrer en foule les petits animaux du plancton, principalement les Pteropodes : ce sont les Baleines.

Maintenant que nous avons pris connaissance des êtres principaux du plancton, nous allons examiner les caractères fondamentaux qui se retrouvent, indépendamment de toute classification, dans l'ensemble de ces êtres aquatiques.

La nécessité primordiale pour les animaux et les végétaux qui mènent une vie planctonique est de *flotter*. S'ils étaient subitement privés de cette possibilité, ils tomberaient au fond où ils périraient immédiatement. La vie n'aurait pu s'établir que sur le sol sous-marin et l'épaisseur des eaux marines ne serait qu'un énorme désert. La condition inéluctable a donc été pour tous ces êtres de réaliser tout d'abord des modifications de leurs organes propres à assurer le flottement. Il leur a fallu arriver, par des moyens variés,

à donner à leur corps une densité presque égale à celle de l'eau ambiante, ou à compenser par quelque artifice l'excès de la densité qu'ils ne pouvaient compenser.

Nous allons voir comment ces êtres sont arrivés à ce résultat.

L'effet principal est obtenu très simplement par la suppression des éléments minéraux lourds, ou tout au moins par leur réduction au minimum compatible avec le maintien d'une solidité suffisante. L'exemple le plus typique de cet allègement est offert par les Mollusques. Ceux qui vivent sur le sol possèdent des coquilles épaisses, compactes, lourdes, notamment dans les mers chaudes où, grâce à l'abondance du calcaire dissous ambiant, ils en accumulent de grandes quantités. De pareilles coquilles ornementées et pesantes obligent ces Mollusques à ramper sur le fond ou même à s'y fixer; ils seraient incapables de nager. Tous ceux qui ont adopté la vie pélagique ont dû, ou bien renoncer à leur coquille calcaire, ou la réduire à une telle exigüité, à une telle minceur, qu'elle est devenue presque négligeable, ou même quelquefois a complètement disparu. C'est le cas des Ptéropodes qui, dans les mers froides, sont totalement dépourvus de coquille et, dans les mers chaudes, en ont une d'une extrême légèreté. Chez certains autres Mollusques la coquille a persisté, mais elle est réduite à ses éléments cornés complètement privés de calcaire. C'est le cas des Céphalopodes, tels que les Calmars, et de quelques autres formes de Ptéropodes.

Le même phénomène s'observe chez les Crustacés; autant ceux du fond sont pourvus de carapaces calcaires riches en épines, ornements et appendices solides, autant leurs congénères adaptés à la vie pélagique ont des carapaces minces,

transparentes, chitineuses et dépourvues de calcaire. Ceux qui en ont conservé une petite quantité l'ont localisée seulement à la pointe de leurs pinces pour les renforcer.

Nous trouvons encore chez les Poissons pélagiques un exemple de cet allègement : la suppression du calcaire dans leurs os est presque complète.

Beaucoup d'animaux littoraux ont des larves planctoniques pendant les premiers temps de leur évolution ; lorsque ces larves commencent à prendre leur forme définitive, comportant une certaine proportion de calcaire, leur densité augmente et les entraîne progressivement vers le fond ; elles sont aidées dans cette migration par la réduction, puis ensuite la disparition, d'organes locomoteurs temporaires.

C'est le cas des larves des Échinodermes et de nombreux Mollusques. La rude écorce, épaisse et coriace, des Tuniciers fixés est remplacée chez les espèces pélagiques, comme les Salpes, par une enveloppe mince, transparente et légère, de même substance, mais imprégnée d'eau.

Nous savons que certains organismes planctoniques, comme les Foraminifères et les Radiolaires, ont conservé une importante proportion de matière minérale lourde, calcaire ou siliceuse. Mais ils corrigent l'excès de densité qui en résulte par des artifices particuliers.

Les tissus des animaux pélagiques sont fortement imprégnés d'eau, ce qui contribue à rapprocher la densité générale de l'animal de celle de l'eau de mer dans laquelle ils flottent. Certains animaux, comme les Méduses, en renferment 90 pour 100 de leur poids. Chez les jeunes larves de Poissons, la même proportion s'observe, mais aussi sa dimi-

nution à mesure que l'animal se rapproche de son état adulte et devient susceptible de se reposer sur le fond.

Cette eau est surtout infiltrée dans le tissu conjonctif qui sépare les organes et contribue à leur transparence.

Un autre moyen, des plus efficaces, de retarder la chute vers le fond en compensant l'excès de la densité, est l'inclusion, dans diverses parties du corps des animaux, de matériaux plus légers que l'eau, tels que des gouttes de graisse, d'huile, ou des bulles de gaz. Ces matières légères fonctionnent comme flotteurs; ils ne sont généralement pas de gros volume, mais étant donnée la faible différence existant entre la densité de l'animal et celle de l'eau, ils suffisent souvent pour établir l'équilibre.

La graisse est une matière qui se rencontre dans la plupart des êtres vivants, tantôt sous cette forme, tantôt à l'état de gouttelettes d'huile; elle y joue le rôle de réserve alimentaire, auquel s'ajoute, chez les êtres planctoniques, celui de flotteur.

On sait que l'œuf des animaux contient une matière grasse, le vitellus, fort complexe, qui sert de provision alimentaire à la larve pendant sa formation, en attendant qu'elle soit capable, par ses propres moyens, de pourvoir à sa nourriture. Chez les œufs planctoniques, ce vitellus contient une ou plusieurs gouttes d'huile généralement jaune, qui diminue la densité et permet à l'œuf de flotter.

Le flotteur peut être constitué par une vésicule pleine de gaz. C'est ce que l'on observe chez beaucoup de Siphonophores. Le sommet de la colonie est occupé par une poche à parois contractiles, qui renferme une bulle de gaz. Généralement elle est petite et son volume n'atteint guère que quelques millimètres cubes; mais chez la Physalie elle

devient énorme et la poche à gaz, qui renferme quelquefois un demi-litre de gaz, flotte largement au-dessus de l'eau, supportant au-dessous d'elle une grappe de tentacules urticants qui peuvent avoir plusieurs mètres de long.

Le flotteur des Siphonophores présente cette particularité qu'étant contractile, l'animal peut en modifier le volume, s'il veut monter ou descendre; ces oscillations peuvent s'effectuer normalement selon qu'il fait nuit ou jour, chaud ou froid, calme ou tempête, ou s'il se produit quelque modification brusque de la densité de l'eau qu'il faut compenser.

Un autre flotteur intéressant est fabriqué par un Mol-

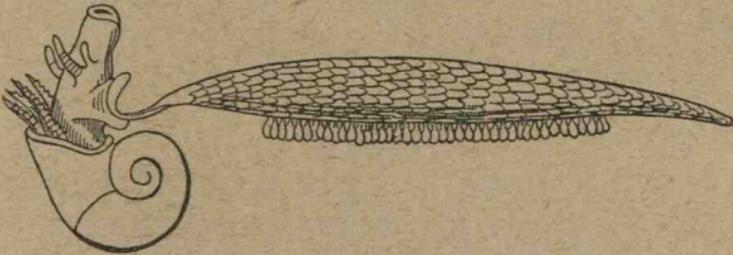


Fig. 25. — La Janthine et son flotteur. Grand. nat.

lusque pélagique, la Janthine (*fig. 25*). Elle enveloppe de petites bulles d'air d'une matière gluante qui se coagule au contact de l'eau; elle en colle un grand nombre les unes aux autres et quand elle a terminé un petit radeau, elle fixe ses œufs dessous et les traîne à sa suite. Ils se développent ainsi sous cet abri que les jeunes ne quittent qu'après leur éclosion.

Les Radiolaires utilisent un autre système de flotteur qui fonctionne sous l'influence des variations de la température de l'eau. Leur corps se compose d'une masse sphérique centrale de protoplasma lourd et d'une couche épaisse qui

l'enveloppe. Celle-ci renferme de petites vacuoles gazeuses qui la rendent légère. La Radiolaire peut augmenter ou diminuer la quantité d'eau qu'elle introduit dans son protoplasma central, et compenser les modifications de sa densité produites par la dilatation ou la compression des vacuoles à gaz. Elle maintient ainsi son équilibre en corrigeant les effets de ces incidents.

Les êtres pélagiques ont encore à leur disposition un moyen fort efficace de retarder et presque d'annihiler l'action de la pesanteur qui les entraîne vers le fond. Nous avons dit précédemment ce qu'est la viscosité de l'eau de mer et la surface de résistance des corps. Si l'on prend deux sphères de métal de même poids, de même volume et de même densité, si on les laisse tomber ensemble dans l'eau, elles arriveront au fond en même temps; si au contraire on aplatit une des sphères de manière à la transformer en une lame mince, sans changer son poids ni sa densité, ayant par conséquent une plus grande surface que la première et qu'on lâche à la surface de l'eau la sphère et la lame, la sphère arrivera au fond bien avant la lame.

C'est conformément à cette loi que les animaux pélagiques accroissent énormément leur surface de résistance par rapport à leur densité. Si ces êtres consistaient en petites sphères, ils n'arriveraient pas, à moins d'être obligés de dépenser une énergie considérable, à lutter contre l'action de la pesanteur. Leur extrême légèreté, leur très grande surface, leur densité très voisine de celle de l'eau, rendent au contraire à peu près nul l'effort qu'ils ont à faire pour ne pas couler.

On sait que l'allongement des appendices d'un animal flottant a pour résultat de le transformer en un parachute

d'autant plus efficace que ces appendices sont plus longs. On a vu que la viscosité de l'eau de mer diminue avec l'augmentation de sa température, par conséquent un animal pélagique pour flotter doit agrandir proportionnellement sa surface tout en maintenant son volume constant. Un exemple de ces variations liées à la température et à la viscosité est fourni par un *Ceratium* qui dans l'océan Indien a des appendices 33 fois plus longs que son corps; à Naples ils ne sont que 20 fois plus longs; dans l'eau douce, 1 fois et demie.

Nous trouvons parmi ces êtres, dont l'immense majorité est de très petite taille, une extraordinaire variété d'organes destinés à accroître la surface de résistance tout en restant d'un poids très faible. Nous allons voir quelques exemples de ces appareils, souvent merveilleux, qui sont simplement des parachutes aux formes les plus variées, et souvent admirables d'élégance.

La plupart des végétaux microscopiques du Plancton consistent en une unique cellule constituant leur corps, d'où partent des filaments protoplasmiques souvent nombreux et très longs par rapport à la masse centrale compacte de leur corps.

C'est le cas des Diatomées, des Péridiniens, des Coccolithes. Parmi les Protozoaires, le même phénomène se présente chez les Foraminifères pélagiques et les Radiolaires dont nous avons déjà parlé. Chez celles-ci nombre d'espèces affectent la forme de parapluies dont la membrane protoplasmique est tendue sur une armature solide infiniment fragile. Il ne faut pas oublier que tous ces êtres pullulent en nombre inimaginable dans les diverses couches de toutes les mers, et qu'on en a récolté au delà de 5000<sup>m</sup> de profondeur.

Les innombrables Méduses appartenant à divers groupes de Coelentérés ont aussi un corps de densité presque égale

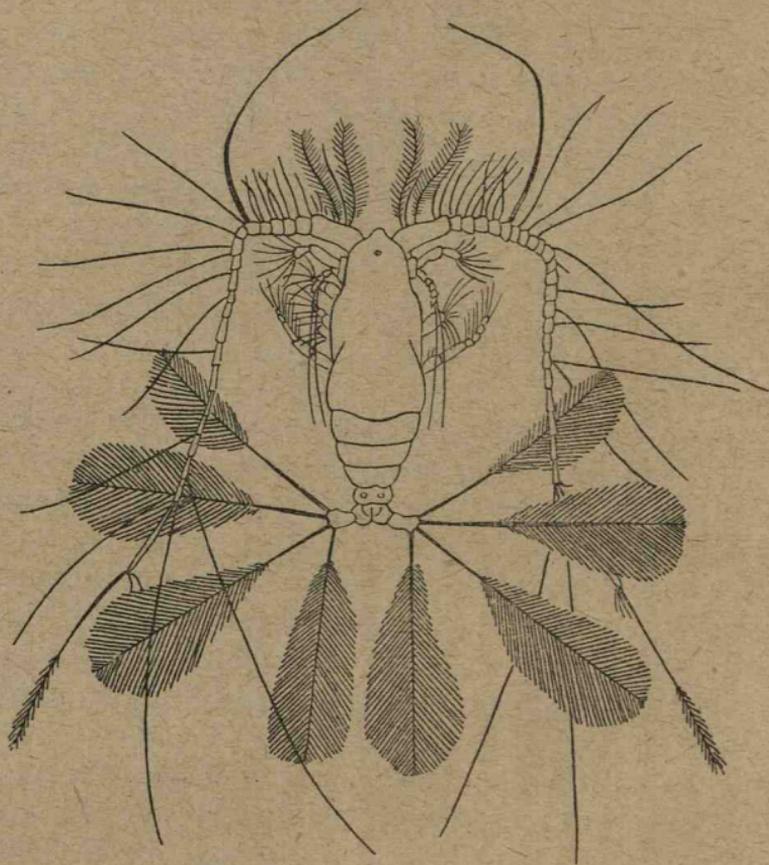


Fig. 26. — *Calocalanus pavo*,  
d'après Giesbrecht. Copépode. Grand. nat. = 25<sup>mm</sup>.

à l'eau de mer. Leur dos est bombé, leur face ventrale est plate ou même concave et elles sont bordées d'une frange de tentacules grêles qui, en s'étalant, augmente beaucoup leur surface; elles utilisent d'ailleurs ce parachute pendant

leur descente lente pour capturer les petites proies qui se trouvent sur leur passage.

Chez les Céphalopodes, signalons chez beaucoup d'espèces les très longs tentacules et la membrane qui les réunit, reproduisant, comme plus haut, le dispositif du parachute; cet appareil leur sert aussi d'engin de pêche.

C'est chez les petits Crustacés, notamment chez les Copépodes (*fig. 26*), qu'apparaît la plus grande variété d'appendices. Les uns sont de simples poils très longs qui hérissent le corps menu de l'animal; d'autres sont des antennes gigantesques, toutes couvertes de longues soies. Ailleurs ils consistent en de grands appendices en forme de plumes, disposés en éventail, à l'arrière du corps, ou sur les pattes. Chez l'un d'eux, une de ces plumes énormes, cinq ou six fois plus longue que son corps, pend derrière lui comme une immense queue de cerf-volant. Très souvent cette série d'appendices revêt les couleurs les plus vives, et ces animaux empanachés peuvent passer pour les plus élégants et les plus richement pavoisés de la faune marine.

Nous aurons occasion de reparler bientôt des Copépodes qui jouent un rôle considérable dans la vie des animaux océaniques.

D'autres Crustacés plus gros, adultes ou larvaires (*fig. 27*), ont aussi énormément allongé leurs pattes et leurs antennes, et l'on rencontre de magnifiques crevettes du plus beau rouge dont les antennes ont 1<sup>m</sup> de long, qui vivent à plusieurs centaines de mètres de profondeur.

Tous ces animaux ont des larves qui, elles aussi, présentent des adaptations analogues; elles vivent en flottant et, au moment de devenir adultes, elles changent de forme, mais non de manière de vivre.

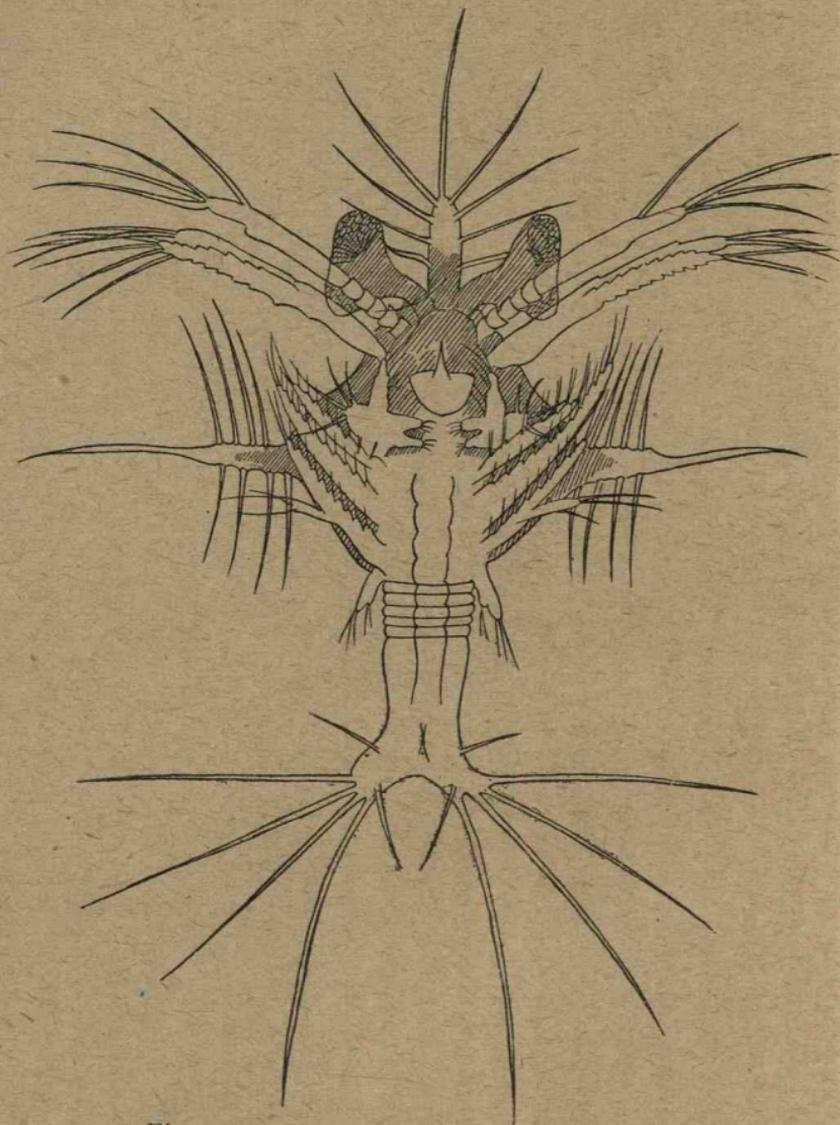


Fig. 27. — Stade *Protozoe* de *Sergestes*,  
d'après Claus. Fort grossissement.

Mais à ces êtres qui pendant toute leur existence font partie du plancton, s'en mêlent d'autres qui passent une partie de leur vie sur le sol et ne sont pélagiques que pendant l'autre. C'est ainsi que les larves des Échinodermes se développent dans le plancton avant de tomber sur le fond, au moment de revêtir leur forme définitive; on retrouve chez ces larves, pendant leur existence flottante, les mêmes dispositifs qui viennent d'être signalés chez les animaux pélagiques pendant toute leur vie; des larves de Vers, de Mollusques, ont des cils, des appendices, des membranes, qui jouent le même rôle. Citons la célèbre larve Phyllosome de la Langouste qui ressemble à une mince lame de verre, bordée d'appendices; elle accumule les caractères les plus typiques réservés aux êtres planctoniques; elle vit plusieurs mois flottante avant de se métamorphoser en Langouste, qui, dès lors ne quitte plus le sol sous-marin.

Les organes dont il vient d'être question sont destinés à opposer une résistance *passive* à la descente vers le fond, en corrigeant l'excès de densité de leurs porteurs.

Tout compte fait, ces moyens accessoires compensent presque complètement cet excès. Mais il y a en outre des moyens *actifs* utilisés par tous ces êtres, qui achèvent l'établissement de l'équilibre. Ils consistent en organes propulseurs variés qui, aux dépens d'un très faible effort, ne consommant qu'une énergie minime, maintiennent l'animal au niveau favorable à son existence.

Mais il arrive que beaucoup d'entre eux doivent se déplacer verticalement avec une certaine rapidité, notamment ceux qui effectuent des mouvements d'ascension et de descente, quelquefois de plusieurs centaines de mètres, dans la même journée. Il en est, en effet qui montent vers la surface

seulement pendant la nuit, et descendent pendant le jour dans des régions à l'abri des rayons solaires; chez d'autres, c'est l'inverse. Ces animaux à oscillations amples doivent accomplir un travail important et possèdent des organes locomoteurs spéciaux et puissants.

Dans un très grand nombre de petits êtres planctoniques, dans d'innombrables larves, l'appareil locomoteur consiste en cils vibratiles dont les battements ordonnés font l'office d'un propulseur; certains exécutent par ce moyen des mouvements très rapides et peuvent se diriger vers des proies, vers la lumière, lutter contre des courants, etc. D'autres n'ont qu'un petit nombre, généralement un ou deux, de longs cils ou *flagellum*, qui peuvent onduler rapidement; des spores d'algues, des Péridiniens innombrables, les Noctiluques, en sont pourvus. Les Méduses nagent en contractant leur hémisphère et en le dilatant alternativement; elles introduisent ainsi de l'eau dans leur cavité, l'en chassent ensuite sous pression, et le résultat est la progression de l'animal dans la direction opposée à celle du jet d'eau à sa sortie. C'est par un procédé analogue que les cloches natatoires des Siphonophores font avancer la colonie qu'elles traînent derrière elles comme une guirlande; c'est encore par ce système que les Céphalopodes, après avoir rempli d'eau leur sac viscéral, en contractent la puissante musculature, ce qui a pour résultat de projeter l'eau en un jet puissant à travers le tube étroit de leur siphon. Ces Céphalopodes nagent ainsi à reculons avec une grande rapidité et peuvent même faire des bonds de plusieurs mètres hors de l'eau.

Chez les Crustacés ce sont les pattes qui fonctionnent comme organe propulseur; généralement ce sont celles de

l'abdomen qui agissent, par des battements rapides, comme autant de petites rames; mais les pattes thoraciques, et même les grandes antennes des Copépodes sont aussi utilisées de cette façon; les soies des Annélides jouent le même rôle.

Les nageoires sont développées chez les Poissons et les Céphalopodes; elles produisent des déplacements rapides et puissants. Certains Vers, comme les Chétognathes, des larves comme celles des Ascidies, en possèdent aussi; certaines adaptations de diverses parties du corps, par exemple des appendices céphaliques ou pédieux de divers Mollusques, comme les Ptéropodes, cutanés chez les Némertiens pélagiques, leur font jouer le rôle de nageoire.

Un caractère très général des êtres planctoniques est leur *transparence*; ce phénomène consiste non seulement dans une infiltration d'eau dans les tissus de ces animaux, mais dans une transformation histologique de leurs tissus; les éléments conjonctifs qui séparent les éléments actifs, tels que les fibres musculaires ou les glandes, peuvent prendre seuls ce caractère par la production d'un abondant hyaloplasma. Mais les cellules actives elles-mêmes peuvent subir aussi cette transformation adaptative. D'ailleurs l'infiltration d'eau peut être très faible, et certains animaux tels que des Poissons pélagiques transparents ne diffèrent pas sensiblement sous ce rapport des poissons vivant sur le fond.

La transparence peut être plus ou moins complète. Le plus souvent, dans les tout petits êtres, elle est telle qu'il est absolument impossible, à l'œil humain tout au moins, de les distinguer.

Dans d'autres cas, la transparence est incomplète, et l'ensemble de l'animal, bien que translucide, reste cependant

plus ou moins trouble; l'animal, légèrement lactescent, donne, quand il nage dans la mer, la sensation d'un être assez difficile à préciser d'un peu loin, à contours vagues

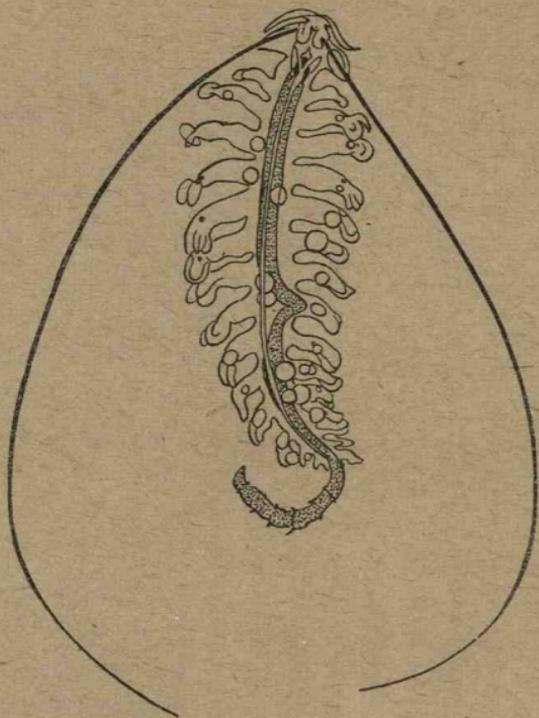


Fig. 28. — Annélide pélagique.

*Tomopteris euchæta* Chun. Grand. nat. = 2<sup>cm</sup>.

et mal définis; nombre de Méduses sont dans ce cas. Il arrive aussi qu'un animal est franchement transparent et serait, par conséquent, invisible s'il ne restait pas quelques organes, le plus souvent les yeux, demeurés opaques; c'est ce que l'on observe dans les larves leptocephales des Anguilles

et aussi chez beaucoup d'autres larves de poissons et d'autres animaux, notamment d'Annélides (*fig.* 28). Des Salpes, des Mollusques, tels que les Hétéropodes, ne peuvent être distingués, malgré leur grande taille, que parce qu'ils portent sur le dos un petit amas rouge ou argenté, contenant la presque totalité de leurs viscères réduits au minimum de volume compatible avec leur fonctionnement. On retrouve un phénomène analogue chez les Céphalopodes bathypélagiques; la très petite masse de leurs viscères et leurs yeux sont les seuls organes demeurés opaques.

La transparence est donc un caractère très général des animaux planctoniques. On peut se demander si cette qualité est avantageuse pour eux; il est certain qu'un animal rigoureusement transparent est invisible, du moins à nos yeux humains, dans l'eau. Mais il est rare que cette transparence soit complète. Il reste le plus souvent quelques points colorés ou opaques, comme on vient d'en avoir des exemples. Certains animaux qui, comme les grosses Méduses, sont plus ou moins opalescents, se distinguent tout aussi bien dans l'eau que ceux qui sont ornés de bandes, de croissants bruns ou rouges; les Siphonophores transparents, sur presque toute leur étendue, portent souvent de petits organes, ou des grappes d'œufs jaunes ou rouges. Un grand nombre de ces êtres pélagiques sont en outre, comme on le verra plus loin, lumineux, ce qui les fait reconnaître de loin. La transparence ne peut donc être considérée comme une adaptation défensive, par homochromie, déterminant la dissimulation complète de l'animal dans le milieu ambiant; il est certain qu'elle y contribue dans beaucoup de cas, mais qu'elle est inefficace dans beaucoup d'autres. Et le mieux est de reconnaître que les explications que l'on peut donner

sont insuffisantes, car il y a trop d'exceptions pour qu'elles puissent être considérées comme générales.

Nous ne dirons que quelques mots de la coloration des

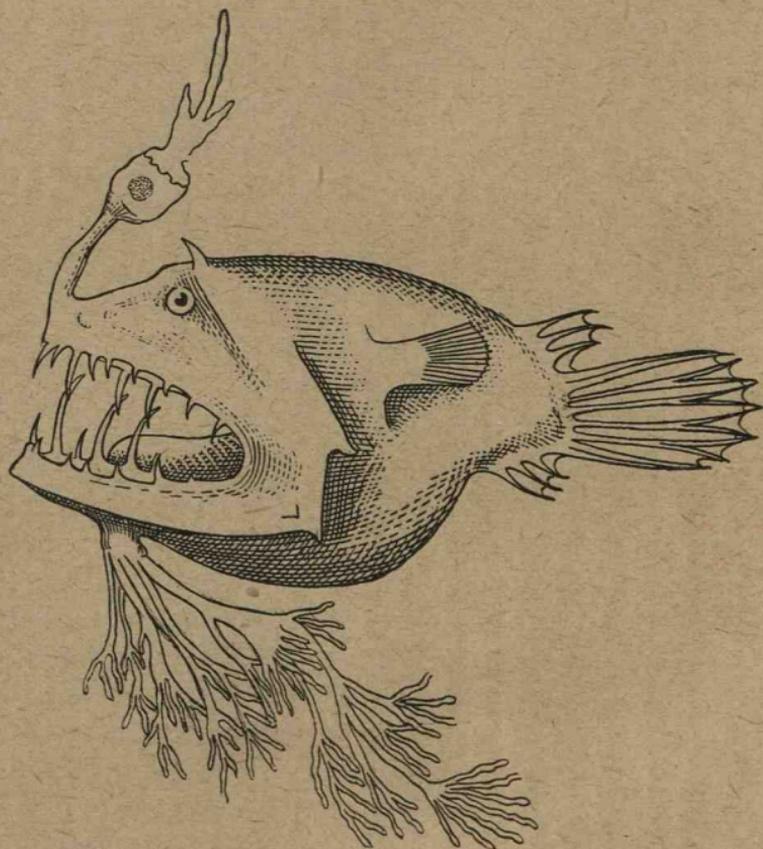


Fig. 29. — *Linophryne arborifera* Regan. Poisson à grands appendices capturé à 6000<sup>m</sup> de profondeur. Grand. nat. = 70<sup>mm</sup>.

animaux du plancton, devant y revenir plus loin. On connaît un bon nombre de ceux qui flottent à la surface dont la face dorsale est bleue; c'est le cas de divers Siphonophores,

de Mollusques, de nombreux poissons pélagiques tels que les Sardines, qui vivent en grandes troupes à la surface de la mer; il est certain que cette coloration les dissimule sur le fond bleu de l'eau pour des chasseurs tels que les oiseaux qui les cherchent à une hauteur assez grande au-dessus de la surface de la mer.

Chez les poissons pélagiques cette coloration bleue du dos se complète par une livrée blanche ou argentée de la surface ventrale du corps. Les harengs qui vivent dans des mers septentrionales dont la teinte générale est plus verte que bleue montrent une coloration de leur dos appropriée à celle de ces mers.

Mais parmi les animaux pélagiques, il en est qui ont des couleurs totales ou pointillées souvent fort éclatantes, qui sont tout le contraire d'un moyen de défense ou de dissimulation. Elles sont particulièrement remarquables dans les mers chaudes, mais aussi dans les grandes profondeurs où nombre d'animaux sont revêtus de teintes foncées rouges, violettes ou noires. Nous y reviendrons à propos de la lumière.

Les organes des sens ont subi quelques transformations intéressantes (*fig. 29*). Nous avons déjà signalé le développement des appendices, en vue de la locomotion, chez les Crustacés; les organes du tact se sont amplifiés et multipliés sous forme de soies tactiles sur les antennes qui souvent sont énormes.

Les tentacules très développés des Méduses et des Siphonophores, leurs filaments pêcheurs, les bras des Mollusques, notamment chez les Céphalopodes pélagiques, les barbillons de divers poissons (*fig. 29, 30, 31*), etc., jouent le rôle d'organes du toucher très variés et fort sensibles.

On a considéré longtemps comme organes de l'audition les otocystes d'un grand nombre d'animaux. On admet actuellement que ces organes sont en outre destinés à donner



Fig. 30. — Larve de Baudroie,  
*Lophius piscatorius*, d'après V. Taning. Grand. nat. = 26<sup>mm</sup>.

à leur porteur le sens de l'équilibre et de l'orientation. C'est probablement là leur fonction primitive qui s'est compliquée par la suite. Ces organes sont particulièrement

développés dans les animaux du plancton, mais leur plan fondamental ne diffère pas, dans l'ensemble, de celui des animaux qui se promènent sur le sol marin. Ces organes consistent en une vésicule tapissée intérieurement par une couche de cellules dont chacune porte une soie sensitive, en relation avec un nerf parti du centre nerveux céré-

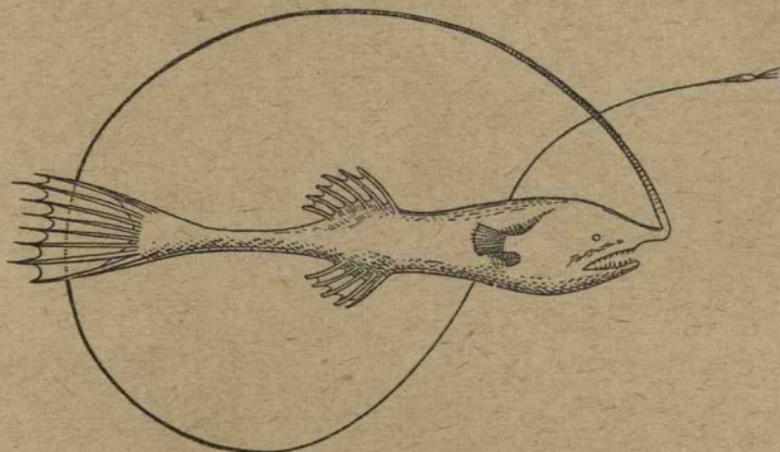


Fig. 31. — *Gigantactis macronema* Regan.

Poisson capturé à 5000<sup>m</sup> de profondeur. Long. 133<sup>mm</sup>.

bral. La vésicule pleine de liquide renferme une petite pierre calcaire occupant son centre, l'*otolithe*. Ce petit corps repose, quand l'animal ne bouge pas, sur une des soies raides. Si l'animal se déplace un peu, l'*otolithe* ne repose plus sur la même soie, car elle a glissé sur une voisine; si le mouvement continue, son poids se fait sentir successivement sur plusieurs soies. Il en résulte une série de contacts qui, transmis par le nerf au cerveau ou au centre nerveux qui en tient lieu, fournit à l'animal la sensation d'un dépla-

gement. Il peut en apprécier l'ampleur, la direction, corriger par des mouvements natatoires les écarts intempestifs qui peuvent accidentellement se produire.



Fig. 32. — *Amphitretus pelagicus* Hoyle. Céphalopode pélagique, dont les yeux sont télescopiques, capturé à 1040<sup>m</sup> de profondeur. Grand. nat.

Ces appareils, toujours bâtis sur le même plan, mais avec des variantes multiples dans la réalisation, se trouvent dans une foule d'animaux tels que les Méduses, les Mollusques,

les Vers, les Crustacés, les Poissons. Chez les Céphalopodes ils sont extrêmement perfectionnés et l'on y remarque les rudiments de l'oreille interne, qui devient plus compliquée chez les Poissons; mais, dans les deux cas, elle est caractérisée par la complication des terminaisons nerveuses, des canaux et des otolithes.

Il faudrait parler ici des yeux très spéciaux des animaux

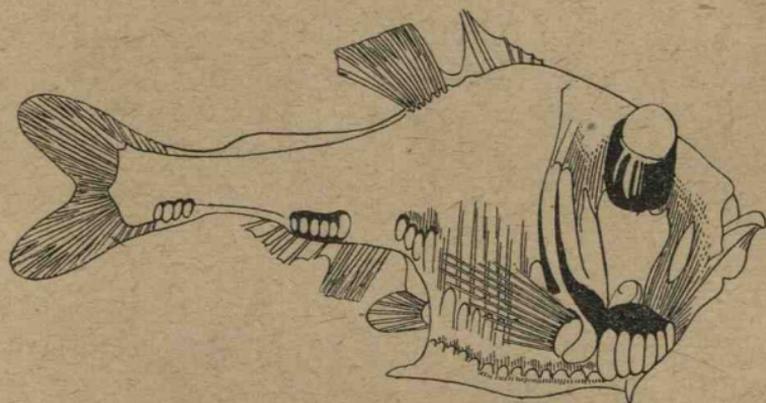


Fig. 33. — *Argyropelecus hemigymnus* Cocco.

Poisson bathypélagique à yeux télescopiques. Grand. nat. = 35<sup>mm</sup>.

du plancton. Mais nous reportons cette étude au chapitre spécial où il sera traité de la lumière et de la vision dans la mer. Disons seulement que les yeux deviennent généralement très grands, que souvent ils sont portés par des appendices spéciaux, qu'ils prennent quelquefois une forme tubulaire remarquable dite *télescopique* (fig. 32 et 33), et que fréquemment ils sont associés à des organes producteurs de lumière.

Beaucoup d'animaux pélagiques, Vers, Cœlentérés, Crustacés, Mollusques, Tuniciers, Poissons, et de très nombreux

êtres inférieurs, sont doués de la faculté de produire de la lumière. Nous y reviendrons plus loin.

Les organes destinés à la capture des proies alimentaires sont très variés et fort intéressants; mais ici aussi nous renvoyons le lecteur au chapitre spécial relatif à l'alimentation.

Il nous reste encore quelques mots à dire sur la reproduction des êtres planctoniques. Ce qui les caractérise sous ce rapport, c'est leur extrême fécondité. La plupart d'entre eux, plantes et animaux, donnent naissance à de très grandes quantités de jeunes dans un temps souvent très court. Cette fécondité est destinée à compenser l'intense déperdition d'individus qui disparaissent pour des causes multiples. La vie de ces petits êtres fragiles est fort courte, ils sont extrêmement sensibles aux moindres changements de température ou de salinité; beaucoup d'entre eux, qui ne vivent que pendant une saison, ne sont représentés pendant les autres que par un très petit nombre d'individus spéciaux chargés de conserver l'espèce; ils servent enfin de pâture à tous ceux qui sont plus gros qu'eux. Toutes ces causes limitatives sont très agissantes.

S'il en était autrement, l'équilibre serait bientôt rompu et il ne tarderait pas à exister une trop grande quantité d'individus d'une espèce qui ferait disparaître les autres. Le rapport entre la production d'une part et la destruction de l'autre est constant, et les énormes pertes sont compensées par les énormes pontes de ces êtres prolifiques. Il est inutile de rapporter des chiffres, mais on doit se souvenir que des poissons comme la Morue produisent chacun plusieurs millions d'œufs, que des mollusques comme l'Huître produisent près de deux millions de naissains pélagiques.

Cette reproduction active d'animaux, qui vivent dans les mêmes conditions, détermine la constitution de bancs immenses connus sous le nom d'*essaims*, dans lesquels des individus en nombre incommensurable nagent ensemble, et sont accompagnés de leurs œufs, larves, jeunes; c'est ce que l'on trouve par exemple dans les Noctiluques, les Janthines, les Salpes, etc. Les Méduses du genre *Aurelia* sont quelquefois en telle quantité dans nos mers d'Europe que l'eau semble violette ou rose sur de grandes étendues. L'exemple le plus typique de ces essaims immenses est fourni par la croisière du *National* qui traversa dans l'Atlantique une troupe de Véléelles qui avait 260<sup>km</sup> de long; la largeur ne put en être appréciée autrement que par ce qu'on en apercevait du haut du navire; on a calculé que dans l'horizon ainsi embrassé, l'on pouvait voir 400 millions de ces Véléelles. Dans d'autres cas, les jeunes, nés en même temps, se séparent de leurs parents et forment des essaims où tous les individus sont du même âge, de même taille, et ne se mêlent pas à d'autres; c'est ainsi que se présentent les bancs de certains poissons, les Sardines par exemple, où l'on ne prend que des individus de même dimension, tandis qu'un peu plus loin on peut rencontrer un autre banc où tous les individus sont plus gros que les premiers; ou un autre où ils sont tous plus petits.

Cette reproduction intense et rapide est remarquable non seulement chez les animaux, mais aussi chez les végétaux, comme les Diatomées, ce qui a une grande importance au point de vue de l'alimentation générale.

Toutes ces notions sur le Plancton, sur sa production, sur la vie des êtres qui le composent, conduisent à l'étude de ses mouvements généraux, de ses différences de

composition saisonnière et de sa distribution géographique.

Il faut d'abord distinguer deux types de plancton.

Le premier vit au-dessus du plateau continental; il est dit *néritique*; le second vit exclusivement au large, c'est le plancton *océanique*. Ils diffèrent profondément l'un de l'autre parce que le premier contient un grand nombre d'œufs, de larves, d'animaux littoraux; le second n'en contient pas. Mais les deux types ne sont pas aussi nettement séparés que cette classification pourrait le faire croire. Il arrive souvent que des êtres du large, comme les Véléelles bleues dont il vient d'être question, sont poussés par le vent jusqu'à la côte. Il se fait alors un mélange occasionnel des deux planctons. Nous avons constaté, au fond de la mer, une disposition du même ordre; la limite entre les êtres benthiques et les êtres flottants n'est pas absolue, car il existe des animaux fixés ou qui ne peuvent que ramper sur le sol, mêlés à des animaux mobiles pouvant se reposer sur le fond, mais qui sont libres aussi de s'en écarter quelque peu. La distinction entre les deux types de plancton est naturelle dans son ensemble, mais il faut y laisser une place intermédiaire pour de nombreux mélanges.

Le plancton littoral ou néritique contient cependant un élément qui manque absolument au plancton océanique; il est constitué par les spores des algues dont les immenses prairies recouvrent les rochers du plateau continental. Ces spores, bien que microscopiques, jouent un rôle important dans l'alimentation des animaux et surtout des jeunes. Il faut aussi remarquer que dans le plancton littoral, on trouve les œufs flottants d'une foule d'animaux, plus particulièrement de Poissons, habitant le plateau continental; à cer-

taines périodes de l'année, on les récolte en grande quantité; certaines localités particulièrement riches en Poissons, telle que Fish Bay, ont permis de récolter 1300 de leurs œufs par mètre cube d'eau, sans compter une foule d'autres organismes capturés en même temps.

Il semble qu'il existe des différences dans la quantité des espèces et des individus, entre le plancton des mers chaudes et celui des mers froides; mais dans l'état actuel insuffisant de nos connaissances sur ce sujet, il est prématuré d'en tirer aucune indication générale.

La répartition du plancton océanique est loin d'être uniforme en profondeur; certaines couches d'eau sont beaucoup plus habitées que d'autres et elles n'ont pas la même faune que celles qui les surmontent ou les suivent. Certains animaux ne se trouvent, par exemple, qu'à 500<sup>m</sup> de profondeur et jamais à la surface. Cette limitation tient à des conditions de température, de lumière, de salinité, d'alimentation, auxquelles ces animaux sont très sensibles et qui déterminent le niveau de leur habitat dont ils ne peuvent s'écarter.

Il faut remarquer que les plantes, même microscopiques, exigent une importante quantité de lumière solaire; dès que celle-ci diminue, absorbée par les couches superficielles de l'eau, au delà d'une certaine limite nécessaire à leur vie, elles disparaissent. D'après Hjort, le maximum des microphytes pélagiques est atteint entre 40 et 60<sup>m</sup>; il diminue ensuite et, vers 75<sup>m</sup>, il n'en reste plus que la moitié, à 100<sup>m</sup> le cinquième; quelques Diatomées descendent jusqu'à 250<sup>m</sup>, puis tous ces petits végétaux disparaissent. Il faut cependant considérer ces chiffres comme spéciaux à l'Atlantique nord; il est possible que dans les mers équatoriales où l'inso-

lation est plus active, les profondeurs soient augmentées. C'est un fait acquis que, dans nos climats à fortes différences entre les saisons, les variations de profondeur du plancton sont plus grandes que dans les climats chauds où les différences entre l'été et l'hiver sont très peu marquées.

La distribution verticale des animaux est plus compliquée que celle des plantes. Dans les couches supérieures de la mer, elle est liée, autant que celle des plantes, aux changements des saisons et aux grands courants océaniques. Dans nos climats le phénomène des transgressions, dont il a été question plus haut, influe beaucoup sur elle. De plus, comme les petits animaux se nourrissent de plantes microscopiques, ils suivent leurs déplacements; il en est de même des animaux plus gros qui dévorent les plus petits, etc. Il résulte de toutes ces conditions un mélange extrêmement compliqué où il est fort difficile de déterminer des règles et des limites. Celles-ci sont encore rendues plus vagues par le fait que nombre d'animaux sont susceptibles de monter ou de descendre selon les diverses heures de la journée, les saisons, l'état de calme ou d'agitation de la mer.

Nous allons examiner les plus importantes de ces conditions et nous essayerons d'en déduire une esquisse de la distribution du plancton.

Tout d'abord il faut noter que nombre d'animaux ne viennent à la surface que la nuit et descendent dès que le jour paraît. Quand on fait des pêches de plancton, on remarque que sa composition de minuit à 6<sup>h</sup> n'est pas du tout la même que pendant l'après-midi. Et ceci n'intéresse pas seulement les eaux superficielles, mais celles des trois ou quatre cents premiers mètres. Il y a donc une catégorie d'animaux qui fuient la lumière et se réfugient

au-dessous de la limite que peuvent atteindre les rayons solaires dès qu'ils paraissent.

Il faut donc que ces êtres aient une puissance de natation ou de flottement considérable pour que deux fois par jour ils effectuent ce voyage, sans souci des phénomènes alternatifs de compression et de décompression que subissent leurs tissus.

Beaucoup d'animaux fragiles ne se montrent près de la surface que si la mer est calme; les chaînes de Salpes, les guirlandes des Siphonophores, ne résisteraient pas au brusque ballonnement des vagues et seraient rapidement disloquées.

Les transgressions qui, chaque année, dans l'Atlantique tempéré, amènent une nappe d'eau tiède partie de l'Atlantique équatorial vers nos côtes, entraînent avec elles toute une faune planctonique très différente de celle qui habite les eaux sous-jacentes plus froides. C'est ainsi que le plancton transporté par ces transgressions contient une foule d'animaux, des Salpes, des Mollusques, des Crustacés, des Poissons d'espèces spéciales, dont le plus connu est le Germon ou Thon blanc. Il arrive vers le mois de juin dans le golfe de Gascogne, avec la nappe d'environ 15° de température et de 100<sup>m</sup> d'épaisseur, qui véhicule les animaux dont ce Thon se nourrit. Il mange une quantité des poissons spéciaux amenés avec lui, ainsi que des Crustacés rouges de diverses espèces. Toute cette transgression remonte peu à peu vers le Nord; mais progressivement elle se refroidit au contact de l'eau froide d'origine polaire; elle s'amincit et les animaux qu'elle véhicule disparaissent peu à peu, principalement par suite du refroidissement lent de l'eau dont la température trop abaissée leur devient funeste. Les Thons remontent

ainsi jusqu'au niveau de l'Irlande, puis au mois d'octobre ils disparaissent, plongent et regagnent l'Atlantique central. Quant aux autres animaux ainsi émigrés du Sud, ils finissent par disparaître et le plancton d'hiver ne se compose plus que des espèces de mer froide habitant normalement ces latitudes. Certaines années où la transgression est particulièrement forte, elle entraîne jusque dans la mer du Nord, en basculant autour de l'Angleterre, des animaux tels que des Salpes et des Siphonophores de mer chaude, que l'on rencontre très rarement aussi loin. Il est à remarquer que certains poissons, comme le Hareng, qui détestent l'eau tiède, reculent devant l'arrivée de la transgression et se réfugient jusqu'au nord de la Norvège, ce qui constitue un incident désastreux pour les pêcheurs français et anglais.

On voit, par ce qui précède, l'influence de la température des eaux sur la composition du plancton. Elle est aussi très sensible lorsque deux courants, l'un froid comme celui du Labrador, l'autre chaud comme le Gulf Stream, viennent en contact sur un point relativement limité comme la région de Terre-Neuve; une énorme quantité d'animaux planctoniques périssent alors brusquement, et l'on a observé leurs cadavres par millions flottant sur la mer.

Le plancton entraîné par les grands courants océaniques peut être ainsi véhiculé à de grandes distances. Mais ces courants ne sont nettement délimités que dans leurs parties centrales; comme on l'a vu précédemment, le plancton, amené du large à la belle saison par la transgression d'été, n'a aucun rapport avec celui que le Gulf Stream charrie le long des côtes américaines et qui ne dépasse guère la longitude des îles Bermudes.

Les Diatomées, si abondantes dans le plancton, ont été

étudiées par nombre d'auteurs et nous fournissent d'intéressantes précisions sur le plancton; les uns ont pensé qu'il n'y avait pas lieu de chercher à reconnaître des aires de répartition pour les diverses espèces. D'autres, et surtout Cleve, ont remarqué que certaines Diatomées étaient caractéristiques de certaines régions. Il a constitué des catégories auxquelles il a donné un nom tiré des types les plus communs; ce sont : le *Trichoplancton*, riche en Périidiniens, qui est spécial aux eaux froides polaires; le *Desmoplancton*, caractéristique des eaux chaudes de l'Atlantique équatorial; le *Styliplancton* qui, entre les deux précédents, correspond aux eaux tièdes de l'Atlantique tempéré.

Des deux premiers types de plancton l'un descend avec les eaux polaires froides, l'autre monte avec la transgression chaude; tantôt l'un, tantôt l'autre, prédomine, selon la saison. Ceci explique les déplacements de certains poissons, par exemple des Morues, dont les jeunes se nourrissent de certaines espèces planctoniques et non d'autres.

La composition du plancton est variable selon les saisons; la différence est peu sensible dans les mers équatoriales où la température varie très peu, mais elle est beaucoup plus sensible dans nos mers tempérées où l'écart de la température de l'Océan approche de 10 degrés entre l'été et l'hiver. Nombre d'animaux et de plantes ne vivent qu'entre deux limites supérieure et inférieure voisines, et disparaissent quand ces limites sont franchies. C'est ainsi que les Diatomées, les Crustacés, etc., n'apparaissent qu'à une température déterminée, quand, par exemple, l'eau atteint 12° au printemps et disparaissent quand elle atteint 16° en été. Cette limitation explique pourquoi, dans nos mers, les Périidiniens pullulent en été et les Diatomées en hiver.

D'où viennent-ils donc et que deviennent-ils dans les intervalles ? Chez ces plantes, certains individus produisent des spores particulières, peu nombreuses, disposées pour résister à des conditions défavorables du milieu; elles sont alors dans un état de vie ralentie qui ne cesse qu'au retour des conditions favorables; à ce moment elles commencent à se reproduire activement et, en très peu de temps, la grande foule des individus est reconstituée. Chez certains animaux il y a des œufs spéciaux, protégés pour résister aux intempéries, qui n'éclosent qu'au retour des conditions favorables; ils reconstituent rapidement les troupes disparues de leurs prédécesseurs.

La présence des œufs et des larves à l'époque de la reproduction change l'aspect caractéristique du plancton pour une période plus ou moins longue. Par exemple, dans nos mers, on trouve les larves de Copépodes de janvier à juin, celles des Crabes de mars à octobre, les Nauplius des innombrables Balanes qui couvrent les côtes rocheuses, de février à mai; et leurs larves Cypris de mars à novembre. Les œufs de Plie abondent de décembre à mai dans la mer du Nord, ceux du Turbot en juin et juillet. Pendant les mois d'hiver, le plancton des eaux superficielles diminue beaucoup, la reproduction étant généralement terminée, les jeunes réfugiés dans les eaux profondes, pour éviter les intempéries, et beaucoup d'adultes ayant péri. Toutes ces causes changent profondément la composition et l'aspect général du plancton.

Ce qui vient d'être exposé ne s'applique qu'à l'Atlantique Nord, où de nombreuses études ont été faites; au contraire, les renseignements que nous possédons sur le plancton des océans équatoriaux sont très insuffisants; cependant, comme il a été déjà dit, les saisons étant très peu différentes, il n'y

a pas d'époque de pontes ni d'essaïms saisonniers bien nets.

Ces données n'ont pas un intérêt seulement scientifique; elles conduisent à d'intéressantes applications à la pêche. La connaissance des oscillations de la température et de leur influence sur les mouvements des animaux du plancton ont une grande importance; elles permettent de déterminer les lieux et les époques de ponte et de métamorphose des animaux industriels. Le début et la fin de ces époques varie selon les conditions météorologiques de l'air, l'avance et le retard de la transgression annuelle, dont il y a tout intérêt à préciser le rythme. A titre d'exemple, on peut citer les travaux de Petersen sur la ponte des Morues en Norvège. Quand on trouve des larves de ces poissons dans le filet à plancton, si l'on détermine la direction du courant qui les amène, ainsi que sa vitesse, si l'on sait d'autre part l'âge de ces larves, on peut préciser à très peu de chose près la distance à laquelle on se trouve du lieu où les œufs ont été pondus. Si le courant fait 10 milles par jour et si les larves ont 15 jours, en remontant à 150 milles dans la direction déterminée par l'étude du courant, on trouve le banc des morues pondeuses. Comme ces poissons pondent chacun 6 à 8 millions d'œufs, on peut se rendre compte de l'énorme essaim d'œufs planctoniques que constituent ces œufs et ces larves dont la marche, ainsi jalonnée, est si précieuse à déterminer.

Des études analogues sont en voie d'exécution à Terre-Neuve. Le Dr J. Schmidt a déterminé la marche des essaïms d'œufs de diverses espèces de Morue et de poissons plats autour de l'Islande; ils ne pondent pas tous en même temps; leur développement n'a pas chez tous la même durée et

leur étude donne une série de diagrammes des plus intéressants, dont l'intérêt pratique est capital.

Ces conditions extrêmement variées de l'existence des animaux planctoniques permettent-elles de tirer une conclusion précise sur la distribution verticale des êtres pélagiques ? Il est à peu près impossible de formuler des règles générales; on peut dire cependant que la couche supérieure éclairée comprenant environ 250<sup>m</sup> d'épaisseur est la seule qui contienne des plantes. L'expérience répétée des pêches pélagiques montre que c'est vers 50<sup>m</sup> que l'on trouve le maximum d'animaux, coïncidant avec le maximum de végétaux alimentaires; à ce niveau les changements brusques de température et l'agitation des vagues ne sont plus dangereux pour ces êtres fragiles. Au-dessous, jusque vers 500<sup>m</sup>, une zone sans végétaux vivants, très peu éclairée, contient de nombreux animaux, Crustacés, Mollusques, Coelentérés, susceptibles de monter et descendre aux heures de jour et de nuit; on y trouve des poissons argentés, des êtres de toute sorte transparents et lumineux.

La zone profonde, au-dessous de 500<sup>m</sup>, a une faune, moins riche dans son ensemble en individus, mais caractérisée par la présence d'un grand nombre d'espèces d'animaux spéciaux aux grandes profondeurs, que l'on nomme *bathypélagiques*. Cette région est caractérisée par l'absence de lumière solaire, réduite probablement aux rayons ultraviolets. Les animaux qui l'habitent sont ou bien totalement incolores, ou bien colorés vivement par des pigments allant du rouge cerise au noir en passant par le brun et le violet. Beaucoup d'entre eux produisent de la lumière.

Il est remarquable que la courbe de fréquence des animaux en profondeur ne suit pas un tracé régulier tendant

vers zéro dans les ultimes abîmes des océans. On la voit suivre une marche sinueuse, descendre pendant un certain temps, remonter ensuite, puis redescendre pour remonter encore. C'est qu'à certaines profondeurs correspond une faune plus riche, produite surtout par la présence de certaines espèces spéciales qui, trouvant, à ce niveau, l'optimum des conditions requises pour leur prospérité, ont pullulé. Elles ne s'écartent guère de cette zone.

Il faut remarquer que ces maxima ne se produisent pas au même niveau dans toutes les parties d'une mer; ils sont liés à des conditions spéciales d'alimentation, de température, etc., qui déterminent la prospérité de ces colonies.

Dans les eaux superficielles, les sinuosités de la courbe sont liées aux conditions des saisons et, par suite, de reproduction des animaux.

Il est intéressant, aussi bien au point de vue purement scientifique que pour les applications que la pêche peut en tirer, de connaître la quantité d'êtres vivants contenue dans un volume déterminé d'eau. Après des essais variés, on a pu arriver à condenser dans une éprouvette graduée tous les êtres planctoniques qui sont normalement disséminés dans 1<sup>m</sup><sup>3</sup> d'eau. Il serait trop long de décrire les méthodes employées, les résultats obtenus et la critique que l'on peut en faire. On peut toutefois, des divers calculs basés sur le produit des pêches effectuées dans la mer Baltique et la mer du Nord, au moment où les Diatomées y sont le plus abondantes, conclure qu'on en récolte jusqu'à 9 millions par mètre cube d'eau et établir des courbes montrant les variations des chiffres fournis à toutes les époques de l'année.

Des applications de ces méthodes ont été faites aux œufs

de poissons. On a cherché à établir une relation entre le nombre des œufs planctoniques capturés et le nombre des poissons adultes qu'ils pourront fournir plus tard. Ces travaux ont été faits dans des localités restreintes, sur quelques poissons seulement, plus particulièrement la Plie; aussi est-il prudent de ne pas trop généraliser dans l'état actuel des choses.

Il reste à dire quelques mots d'un plancton très spécial que l'on remarque au centre de l'Atlantique, flottant à la surface d'une aire immense, la *mer des Sargasses*. Ce nom lui a été donné par suite de l'accumulation des algues de ce genre que l'on y observe; il existe d'ailleurs des champs analogues dans le Pacifique.

Ces algues, qui appartiennent en grande majorité au *Sargassum bacciferum*, accompagné de quelques autres espèces du même genre, n'ont point été, comme on le croyait jusqu'à ces dernières années, arrachées, par le Gulf Stream, à la côte mexicaine et accumulées par lui dans le tourbillon centre-Atlantique que ce courant est censé y produire. On sait actuellement que ces algues végètent et émettent normalement, dans ces régions centrales atlantiques, de nombreuses petites pousses jaunes qui prolongent indéfiniment la vie de la plante, d'autant plus qu'elles peuvent se détacher et produire, par bourgeonnement, une nouvelle plante; c'est une véritable reproduction asexuée. Sur les rameaux de ces plantes, on voit de petites vésicules sphériques pleines d'air qui jouent le rôle de flotteurs. Sur les rameaux vieillissants et sur ces flotteurs se fixent des animaux calcaires, surtout des Bryozoaires qui finissent par les alourdir et par déterminer leur submersion par excès de densité.

Ces Sargasses forment des touffes qui peuvent avoir

jusqu'à 2 ou 3<sup>m</sup> de large; ces paquets flottent indépendamment les uns des autres sans se toucher.

Sur ces Sargasses vit une faune très spéciale d'animaux qui s'y sont adaptés par leur coloration, leurs bariolages, leurs

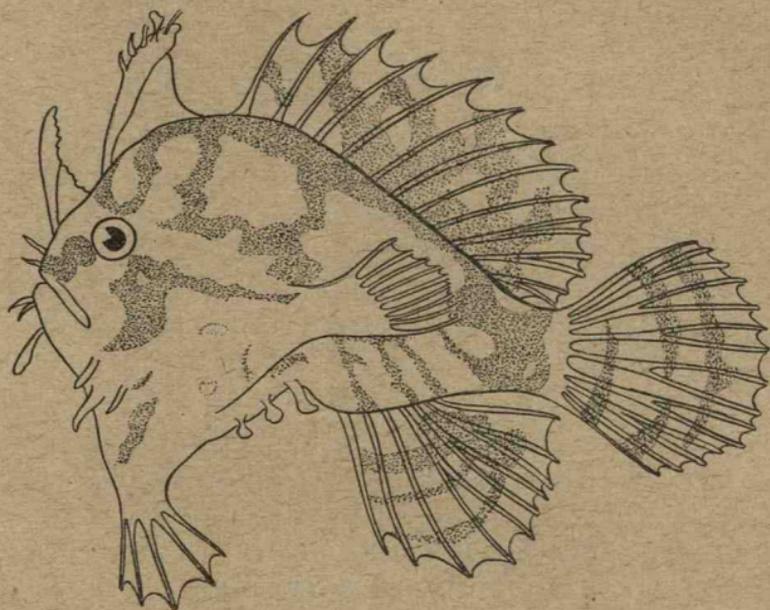


Fig. 34. — *Antennarius marmoratus* Günther. Poisson mimétique de la mer des Sargasses, d'après Murray. Grand. nat. = 4 à 6<sup>cm</sup>.

appendices ramifiés; ils arrivent à ressembler étonnamment aux algues parmi lesquelles ils vivent; c'est un des cas les plus curieux de mimétisme. Ces êtres sont confinés au milieu de l'Océan sur des algues éminemment planctoniques; mais peut-on dire qu'eux-mêmes sont des êtres du plancton? Il sont posés sur un support flottant; mais si on les prive de ce support ils périssent immédiatement, n'étant pas adaptés

à la vie planctonique proprement dite; ils sont alors un peu comme les passagers d'un bateau qui ferait naufrage.

Ces êtres spéciaux de la mer des Sargasses sont des Crabes, des Planaires, un Poisson très curieux se rattachant aux



Fig. 35. — *Phyllopteryx eques*.

Poisson mimétique simulant une algue Sargasse. Grand. nat.

Baudroies, l'*Antennarius marmoratus* (fig. 34), et un autre extrêmement bizarre, le *Phyllopteryx eques* qui simule à un point extraordinaire les algues flottantes (fig. 35). Marchant sur l'eau à la façon des Hydromètres de nos mares, un Insecte, l'*Halobathes Vullerstorffi*, est le seul animal de cet ordre actuellement connu vivant au large des océans.



## CHAPITRE VIII.

### LE PROBLÈME DE L'ALIMENTATION.

Nous avons vu, dans les chapitres précédents, qu'une foule immense d'êtres vivants, animaux et plantes, peuple la surface, le fond, l'épaisseur des océans. L'ensemble extraordinairement varié de ces êtres peut se ramener, au point de vue du problème de l'alimentation, à une population de mangés et de mangeurs, ces derniers étant destinés à être, à leur tour, mangés morts ou vifs.

Mais si le problème se réduisait à cet énoncé simple, il y a longtemps qu'il ne resterait plus dans les mers aucun être pour continuer la tradition. Il faut qu'en un point défini du cycle de l'alimentation une source supplémentaire de nourriture vienne s'intercaler pour reconstituer la matière vivante disparue et rétablir l'équilibre.

Il faut d'abord rechercher dans la masse des eaux marines, où se trouve cette source productrice de nourriture, indépendante des mangés et des mangeurs.

C'est parmi les êtres du plancton que nous allons trouver les fabricants de cet aliment primordial; ils filtrent et choisissent, absorbent et fixent, parmi tous les éléments chimiques et inertes dont nous avons signalé la présence dans l'eau de mer, ceux qui leur fourniront la matière première

de leur protoplasma actif; aucun être vivant ne leur sert d'élément nutritif, ils n'y emploient que des produits chimiques sans vie.

Ces êtres, dont l'activité est la condition fondamentale de la vie dans les mers, qui jouent un rôle capital dans l'évolution générale des animaux, sont ces Algues microscopiques, dont nous avons déjà parlé plusieurs fois, les Diatomées, les Périidiniens, et d'autres encore. Ils vivent dans la couche supérieure éclairée des eaux, et le maximum de leur population se trouve autour de 50<sup>m</sup> de profondeur; nous avons vu que c'est par milliards qu'à certaines époques de l'année il faut évaluer leur nombre dans 1<sup>m</sup><sup>3</sup> d'eau.

Chacun de ces êtres microscopiques puise dans l'eau de mer, sans rien emprunter à d'autres êtres vivants, l'azote, le carbone, l'oxygène et l'hydrogène nécessaires à leur existence; ils y ajoutent les minimes quantités de minéraux caractéristiques du protoplasma, le phosphore, l'iode, le soufre, certains d'entre eux la silice, d'autres la chaux, et quelques éléments encore. C'est avec ces corps indépendants de tout organisme, extraits directement de leurs solutions dans l'eau de mer, qu'ils vont former l'albumine fondamentale constitutive de leur protoplasma; celui-ci construira les éléments de la cellule unique qui est, à elle seule, tout le corps de la petite plante, avec son noyau, sa carapace de cellulose, de silice ou de calcaire.

C'est ici qu'intervient le phénomène, dont il a été parlé plus haut, qui fixe dans la plante le carbone de l'acide carbonique et met en liberté l'oxygène; il a une importance capitale dans l'eau de mer.

Toutes ces plantes microscopiques ne peuvent travailler de cette façon qu'à la condition de recevoir la lumière solaire;

aussi disparaissent-elles dans les couches profondes de la mer où les rayons actifs nécessaires à ces transformations ont été filtrés et arrêtés en route. Les algues plus grandes de la côte fonctionnent exactement comme les algues microscopiques du large; mais, étant donnée la petite surface qu'elles occupent sur le littoral, leur importance est beaucoup moindre dans la vie générale des êtres marins.

Toutes les plantes microscopiques constituent donc une immense prairie flottante, dont chacun des éléments est invisible à notre œil sans microscope, mais dont la quantité formidable effectue dans les mers un travail gigantesque de transformation de la matière inanimée en matière animée. C'est en somme une usine d'albumine qui emprunte aux matériaux inorganiques en dissolution dans la mer la matière première de sa fabrication.

C'est cette prairie d'algues flottantes qui va maintenant servir d'aliment à tous les petits animaux du plancton. Ils broutent incessamment cette herbe microscopique et produisent en la digérant et en l'assimilant une seconde opération fondamentale. La première avait eu pour résultat de transformer des matières minérales inorganiques en matière organique végétale, la seconde va maintenant transformer cette matière végétale en matière animale. On voit quelle importance et quelle portée pour la vie générale dans les océans a le travail de ces êtres rudimentaires; les petites plantes servent d'intermédiaires entre la matière inerte, gaz et sels de l'eau de mer, et les animaux qui ne peuvent emprunter directement à l'eau les éléments de leur alimentation.

Les êtres à régime végétarien pullulent dans la zone supérieure éclairée de la mer. Mais ils ne se trouvent que là;

plus profondément, faute de lumière solaire suffisante, les algues ne peuvent plus vivre; les animaux herbivores, par conséquent, y manquent aussi. Toutefois, il faut remarquer que certaines de ces algues, qui meurent naturellement sans avoir été dévorées, coulent vers le fond. Mais nous avons vu combien cette chute est lente, pour des raisons de densité, de viscosité, qu'il est inutile de répéter. Leur protoplasma se dissout avant qu'elles aient eu le temps de descendre bien loin au-dessous du niveau où elles vivaient; là quelques petits animaux peuvent encore les dévorer mortes, mais l'épaisseur de cette zone où se trouvent quelques plantes microscopiques mortes doit être très faible.

Les petits animaux qui se nourrissent de ces minuscules algues vivantes et transforment le végétal en chair animale appartiennent à de nombreuses espèces; mais ceux qui jouent le rôle principal sont les Copépodes (*fig. 36*). Ces petits Crustacés, que nous avons eu déjà l'occasion de citer, dont beaucoup sont à peine visibles à l'œil nu, ont donc une grande importance dans la vie océanique. Ce ne sont pas les seuls animaux végétariens de cette zone à algues microscopiques; il en existe d'autres, mais de moindre importance que les Copépodes, bien qu'ils soient beaucoup plus gros; telles sont les Salpes, les Appendiculaires, certaines Méduses, etc. Dans la cavité digestive, dans les excréments de tous ces animaux, on trouve les débris des plantes qu'ils ont digérées. Les Salpes sont même recherchées par les collectionneurs de Diatomées qui trouvent dans l'intestin de ces Tuniciers les carapaces siliceuses de certaines espèces de ces algues microscopiques de haute mer parfaitement nettoyées, qu'ils ne pourraient se procurer autrement.

Les Copépodes et les divers petits Crustacés appartenant

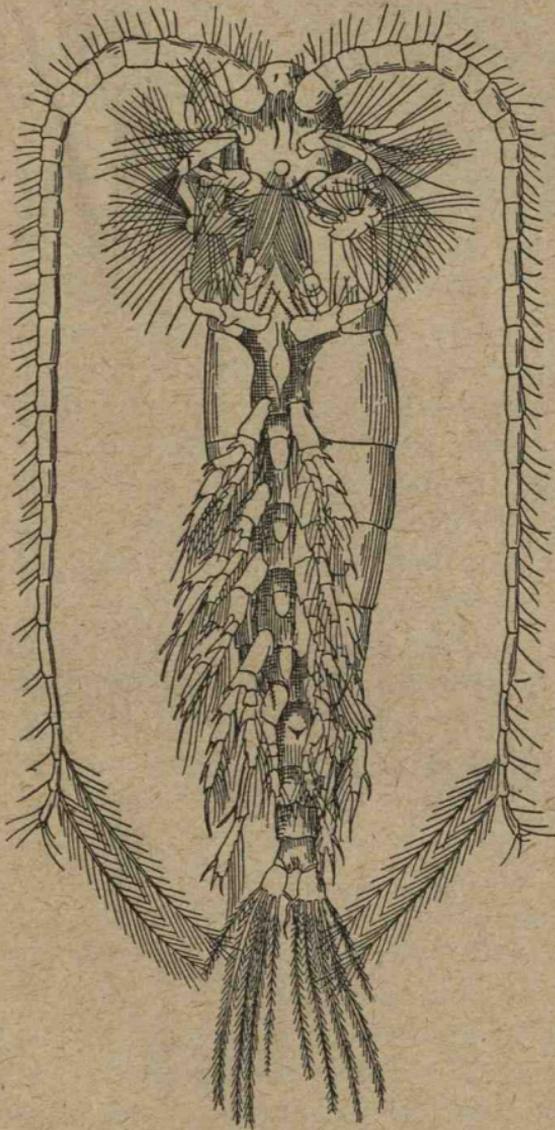


Fig. 36. — *Calanus hyperboreus*.  
Copépode des mers arctiques. Grand. nat. = 5<sup>mm</sup>.

à d'autres familles ayant un mode d'existence analogue, deviennent à leur tour la proie d'animaux plus gros; des Crustacés supérieurs, tels que des Crevettes, des *Mysis*, des *Euphausia*, les dévorent en grand nombre; les jeunes poissons, tels que les Sardines, les Harengs, s'en nourrissent. De proche en proche interviennent d'autres animaux de plus en plus gros qui, à leur tour, mangent ces Crustacés, ces petits Poissons; il se présente enfin d'autres grands Carnassiers qui poursuivent les bancs de Harengs et les dévorent.

L'abondance des Copépodes et d'autres petits animaux qui mènent une existence semblable est en corrélation, dans nos mers tempérées et froides, avec les saisons. Nous avons vu que la quantité des petites plantes microscopiques est liée à la température de l'eau; ces variations thermométriques entraînent des modifications profondes et parallèles dans la richesse des eaux en Copépodes, et, consécutivement, dans celle des animaux qui s'en nourrissent. Si la quantité de ces petits Crustacés faiblit, les animaux qui les recherchent émigrent vers des régions à nourriture plus abondante. Murray dit que l'on a calculé que les Copépodes fournissent aux autres animaux un poids de nourriture équivalant au dixième de celui des animaux mangeurs par jour. Ceci indique l'extrême rapidité de la reproduction de ces Copépodes et, par conséquent, des Algues et autres Protistes dont ils se nourrissent.

Ces productions énormes, à certaines saisons caractéristiques de nos climats tempérés, de plantes et d'animaux, ne s'observent pas dans les mers chaudes où, comme nous l'avons déjà remarqué, les saisons sont à peine différentes. Autant qu'on peut le savoir par les résultats d'observations

faites au cours de croisières encore rares, le plancton y est beaucoup moins riche que dans les mers froides et tempérées, et les êtres qui le composent ne semblent pas varier d'une partie à l'autre de l'année. On n'y observe donc pas cette alternance des vaches maigres et des vaches grasses qui caractérise les eaux moins équatoriales.

Nous venons de voir toute la série des animaux planctoniques se nourrissant de protoplasma vivant depuis l'Algue microscopique initiale qui crée la chair végétale jusqu'aux plus gros animaux qui ont mangé, sous une forme de plus en plus volumineuse, la chair vivante animale créée par le Copépoде. Il nous faut maintenant examiner le mode d'alimentation des animaux habitant sur le fond, qui se nourrissent de chair vivante végétale ou animale. Nous étudierons ensuite ceux qui se nourrissent de chair morte.

Sur le littoral correspondant à la zone du balancement des marées, sur la première portion du plateau continental où les algues prospèrent, sur la partie plus profonde de ce plateau continental où elles deviennent de plus en plus rares et finissent par disparaître, une abondante population d'animaux herbivores broute ces champs d'algues et de zostères. Mais à côté de ces grands végétaux, qui quelquefois ont plusieurs mètres de long, il existe sur le sol, sur les autres végétaux, une immense population de très petites algues microscopiques. Nous retrouvons là de très nombreuses espèces de Diatomées, mais fort différentes de celles que nous avons vues dans le plancton. Elles vivent soit attachées par un pédoncule à un support, une autre algue par exemple, soit fixées sur les pierres. Il y en a aussi de mobiles, rampantes ou nageant à une petite distance au-dessus du sol. Ces Diatomées servent de nourriture à une

foule d'animaux végétariens qui sont pourvus de moyens de capture spécialisés, soit pour les brouter quand elles sont fixes, soit pour les capturer quand elles sont mobiles sur le sol.

Les animaux qui se nourrissent de grandes algues sont généralement beaucoup plus gros que ceux qui dévorent les algues microscopiques. Ces robustes végétaux sont souvent coriaces et exigent pour être entamés une armature buccale solide; nous en verrons quelques exemples chez des Mollusques et des Poissons. Il existe cependant des mangeurs de petite taille qui rongent la surface de ces grandes algues sans les entamer profondément, ou lèchent les particules organiques qui se déposent à la surface de leur épiderme.

Les Carnivores du littoral, mangeurs de chair vivante, sont pour la plupart des chasseurs. Les uns sont des animaux de grande taille, plus particulièrement des Poissons et des Crustacés; les autres sont plus petits, et leur faune est extrêmement riche en espèces appartenant aux familles les plus diverses. Les petits Crustacés y pullulent, les petits Poissons, les Vers, les Mollusques, les Étoiles de mer, etc. y sont très nombreux. Les uns vivent sur le sol, y marchent ou nagent à quelques centimètres au-dessus; les autres se cachent dans la vase, le sable, les trous des rochers; ils n'en sortent que pour chasser.

Toute une population d'animaux carnassiers, qui, fixés au sol, ne peuvent poursuivre leurs proies, est dans la nécessité de les attendre au passage; telles sont les Actinies. Nous verrons un peu plus loin comment ces animaux sédentaires s'y prennent pour se procurer leur nourriture.

Tous les animaux dont il vient d'être question ne se nourrissent que de proies vivantes. Nous avons mainte-

nant à examiner une autre catégorie de carnassiers qui n'ingurgitent que des proies mortes; ce sont les mangeurs de cadavres. On trouve en abondance sur le rivage ces nettoyeurs qui se chargent de faire disparaître les détritiques de toutes sortes, animaux ou végétaux, rejetés par la mer, amenés par les cours d'eau, ou les déchets apportés des terres voisines. Tout le monde a vu dans les ports de mer les pêcheurs à la ligne groupés autour des bouches d'égout où des poissons, tels que les Mulets, viennent à la recherche des ordures; ils sont accompagnés par d'innombrables Crabes. Les marins connaissent les fort beaux poissons qui viennent tourner autour de certains égouts des navires dans les mers tropicales; ils leur donnent un nom caractéristique qu'il est inutile de reproduire.

Les Crustacés jouent un rôle prépondérant dans ce nettoyage de la côte et du fond; ce sont des animaux extrêmement voraces qui en très peu de temps font disparaître des quantités incroyables de matières putrides.

On voit sur nos plages des nuées de petits crustacés blancs, les Talitres, que l'on nomme vulgairement les Pucés de mer; ils dissèquent les animaux morts, au point de détruire les parties organiques et de ne laisser que les os retenus encore par les tendons trop durs pour être coupés par leurs mâchoires; on utilise d'ailleurs cette propriété pour leur faire préparer des pièces anatomiques destinées aux musées. Les pêcheurs apprécient moins cette habileté, car ces Talitres ne se gênent pas pour dévorer en quelques heures les poissons pris dans les filets en ne laissant que l'arête.

Les débris végétaux, la poussière des herbiers de zostères pulvérisés à la longue par le choc des vagues, sont aussi

utilisés par des animaux variés qui les capturent et s'en nourrissent.

Nous trouvons encore une autre catégorie d'animaux qui se nourrissent d'une manière différente et bien spéciale : ce sont les *mangeurs de vase* dont nous avons eu déjà l'occasion de parler; on en trouve quelques-uns dans les eaux littorales, mais ils sont moins nombreux que dans la mer profonde. Les plus caractéristiques sont encore ici les Holothuries adaptés à avaler une grande quantité de vase; leur épithélium intestinal fait un triage des particules organiques qui peuvent s'y trouver, mais en réalité c'est un *courant continu* de vase qui entre par la bouche et sort par l'anus, après avoir traversé toute la longueur d'un intestin contourné.

On trouve sur nos côtes quelques espèces de ces fort belles Holothuries; d'autres, beaucoup plus grandes, habitent dans les mers chaudes, les plages des récifs de coraux où pullulent les Foraminifères; ces êtres microscopiques leur fournissent une nourriture plus substantielle que celle que trouvent les Holothuries abyssales dans la vase des mers profondes.

Il existe sur le littoral d'autres animaux qui se nourrissent d'une manière analogue. C'est ainsi que l'on voit en abondance, sur nos plages humides et vaseuses, des déjections en forme de tortillons produites par les Arénicoles. Ces vers vivent dans un trou assez profond; ils avalent le sable fin et la vase avec les particules de débris organiques, notamment la poussière de végétaux, qui s'y trouve. Ils rejettent la partie minérale de cette nourriture après qu'elle a traversé tout leur intestin qui en a retenu les parties assimilables. Ce travail incessant a pour résultat

d'amener à la surface de la plage la vase de ses couches sous-jacentes; c'est exactement le même phénomène que Darwin avait observé chez les vers de terre de nos jardins.

Nous avons vu que des poissons s'alimentent de même dans les grandes profondeurs, notamment les *Macrurus*,

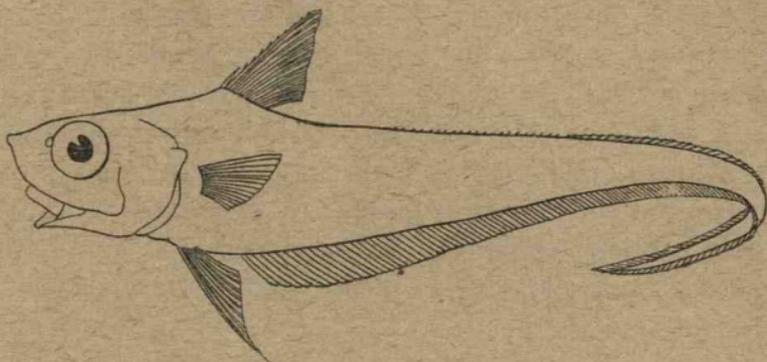


Fig. 37. — *Macrurus æqualis* Günther.

Capturé à 1365<sup>m</sup> de profondeur. Grand. nat. = 23<sup>cm</sup>.

qui sont le type des poissons abyssaux; ce sont, eux aussi, des mangeurs de vase (*fig. 37*).

Mais une question se pose à leur sujet. D'où vient la matière alimentaire triée dans cette vase et assimilée par les animaux abyssaux? Il faut éliminer comme source de cette matière organique les végétaux; ils n'existent pas dans ces profondeurs; il faut même éliminer leurs débris qui, trop légers, ne peuvent arriver jusqu'au sol abyssal. Restent les animaux et leurs débris. Mais ce ne peut être que tout à fait accidentellement que des êtres vivant dans cette vase soient avalés en même temps qu'elle. En effet, le peu que nous savons sur la distribution des animaux dans l'épais-

seur du sol nous montre que ces êtres sont rares à partir de 2000<sup>m</sup> et ne suffiraient pas à nourrir les animaux limivores; et cependant ceux-ci descendent et vivent normalement jusqu'à 5000<sup>m</sup>; il faut par conséquent qu'ils rencontrent là de quoi se nourrir.

La matière albuminoïde qui se trouve sur le fond provient sans aucun doute de la décomposition des cadavres des animaux qui meurent sur le sol, ou qui, ayant traversé les diverses couches de la mer, finissent par atteindre ce sol vaseux; ce ne sont guère que des animaux suffisamment lourds pour que leur poids les fasse descendre assez rapidement jusque sur le sol; la lenteur de chute des plus petits ne doit pas leur permettre d'atteindre, avant leur dissolution, le sol profond, quand il leur faut traverser plusieurs milliers de mètres d'eau.

Mais on sait que dans les couches profondes de la mer la décomposition putride, qui s'effectue si rapidement à l'air, est toute différente. Il faut tenir compte de ce que l'eau salée est antiseptique, que, d'autre part, la température voisine de zéro qui règne dans les couches abyssales retarde ou même empêche la putréfaction, peut-être enfin l'absence de lumière y contribue-t-elle aussi. Toujours est-il que les éléments albuminoïdes des cadavres subissent une sorte de gélification, de déliquescence visqueuse, presque liquide. Le produit est une albumine fluide qui s'étend comme une nappe huileuse sur le sol tout autour du cadavre, et diffuse comme une lame mince sur la vase. C'est cette espèce de gelée que les animaux limivores avalent avec la vase, et les cellules épithéliales de leur intestin sont chargées de séparer cette matière alimentaire de son substratum minéral et de l'assimiler.

Il est probable que des bactéries qui vivent sur le sol du fond de la mer jouent aussi un rôle dans cette liquéfaction : mais nos connaissances sur ces phénomènes sont encore trop peu étendues pour que l'on puisse rien préciser sous ce rapport.

Cette albumine abyssale utilisée par les animaux vivant uniquement de cadavres ne représente qu'une partie de l'albumine totale en suspension dans la mer. Le phénomène est beaucoup plus général, et il faut l'envisager dans son ensemble et pas seulement d'après le cas particulier des animaux abyssaux.

Nous avons vu la foule énorme des êtres animaux et végétaux qui constituent le plancton et les habitants du fond. Il n'est pas vraisemblable que tous ces êtres sans exception soient mangés les uns par les autres et que sous une forme ou sous une autre, vivant ou mort, tout ce protoplasma soit dévoré plus ou moins vite par les survivants. Il faut admettre qu'une bonne partie de ces êtres planctoniques meurent de leur belle mort, de vieillesse ou de maladie, et que leur albumine se dissout dans l'eau de mer sans retourner immédiatement à l'état de sels ou de gaz inorganiques. D'ailleurs on peut déceler chimiquement la présence de l'albumine libre dans l'eau de mer. Quant à dire si cette albumine est à l'état de matière inerte ou de matière vivante, ceci est un problème actuellement insoluble, puisque nous ne savons pas où commence la vie dans une albumine. Le fait important est de savoir qu'il y a de l'albumine en suspension et que ces animaux peuvent l'utiliser en l'incorporant dans leur organisme. Ceci se produit peut-être par un simple phénomène d'osmose, à travers la membrane superficielle du corps des êtres inférieurs, comme les Protistes,

ou à travers des organes mieux définis et bien spécialisés, comme les branchies des Mollusques.

Quoi qu'il en soit, il est très vraisemblable que la plus grande partie de ces albumines de provenance animale ou végétale en suspension ou en dissolution dans l'eau ne sont pas perdues et finissent par rentrer de nouveau dans la circulation générale de la vie. Celles qui ne sont pas utilisées finissent par se décomposer en leurs éléments chimiques; les microphytes les retrouvent sous cette forme et recommencent le cycle comme nous l'avons indiqué précédemment.

Nous avons maintenant à examiner quels sont les moyens de capture que ces divers animaux emploient pour se procurer leur nourriture. Il va sans dire que les instruments dont ils se servent sont très variés dans leurs détails; mais au fond ils se rattachent à un petit nombre d'engins fondamentaux auxquels on peut toujours les ramener; le thème est assez monotone, mais les variations sont innombrables.

Le mode le plus simple de capture des aliments est celui que l'on observe chez les Protistes; il consiste dans l'incorporation dans leur protoplasma des particules qu'ils rencontrent; elles entrent par un point quelconque de leur corps sans contour précis, et les déchets sortent par un autre point, sans localisation déterminée.

Un perfectionnement consiste dans la production de filaments protoplasmiques excessivement fins qui partent de la couche superficielle du corps, souvent en très grand nombre. Nous avons vu, à propos du plancton, que ces filaments contractiles servent aussi de parachute aux Diatomées, aux Foraminifères. Ces derniers s'en servent pour capturer dans ce filet rudimentaire, mais relativement grand, des proies extrêmement petites et pour les amener

au contact de leur corps; ils les emploient même à les dépouiller de leurs éléments nutritifs avant de rejeter leurs débris.

Les cils vibratiles, qui sont répandus chez la plupart des animaux marins, sauf les Crustacés, servent à beaucoup d'entre eux d'organes locomoteurs ou préhenseurs d'aliments. La plupart des larves en sont pourvues dès leur éclosion, et chez les plus rudimentaires, dès leur stade de gastrula; leur revêtement cilié plus ou moins complet montre déjà des spécialisations de cils voisins de la bouche adaptés à la capture de très petites proies, petites Algues unicellulaires ou Protistes. Chez ceux-ci les Infusoires sont ciliés, et chez les Flagellés ils sont remplacés par un ou deux très longs fouets vibratiles à la base desquels s'ouvre la bouche. On retrouve ce fouet dans les curieuses cellules en forme de collerette, ou de verre à boire, des Éponges; elles déterminent par leurs battements des courants d'eau à direction déterminée. Ces courants, très intenses dans les Éponges, amènent, avec l'eau destinée à la respiration, les particules alimentaires que le protoplasma des cellules saisit au passage.

Les larves ciliées des Vers, des Mollusques et d'une foule d'autres jeunes animaux agissent de même.

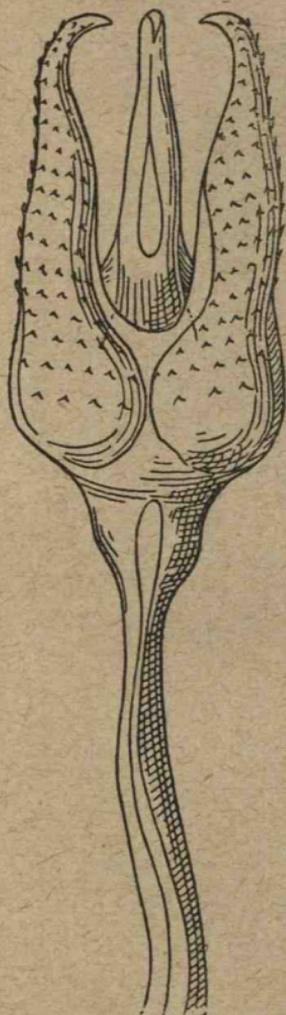
Les Cœlentérés se font remarquer par un appareil de capture des proies vivantes tout à fait original; tous, sauf les Cténophores, chez lesquels il est modifié, en sont pourvus. Ce sont les *nématocystes*, appareils à la fois de chasse et de défense. Ces petits engins, qui sont d'une grande complication malgré leur extrême ténuité, sont contenus dans l'intérieur de cellules épithéliales de la peau, et chacune n'en renferme qu'un seul. C'est une vésicule contenant un fil

roulé en spirale, creux, terminé par un crochet; la cavité du fil continue celle de l'ampoule dans laquelle il est enroulé et qui est remplie d'un liquide venimeux. La cellule qui renferme cet appareil est prolongée au-dessus de l'épithélium par une tige raide, et un filet nerveux vient s'épanouir sur la cellule. Si un petit animal vient à toucher cette tige, le nerf est impressionné, la cellule se contracte, la vésicule à venin, comprimée, force à se dérouler le fil spiral qui est violemment projeté au dehors. Il s'accroche par son extrémité sur l'imprudent visiteur; le poison passe par le fil creux et le foudroie. Tout ceci se passe avec une rapidité extrême, et comme le chasseur possède de nombreux nématocystes, la proie est instantanément criblée de piqûres.

Ces nématocystes sont distribués un peu partout dans la peau des Cœlentérés; mais, habituellement, ils sont groupés en nombre immense en certains points de leur corps, plus particulièrement sur les tentacules. C'est ainsi que les Siphonophores portent de très longs appendices élastiques que l'on nomme les *filaments pêcheurs* sur lesquels sont attachés, de distance en distance, des fils transparents, jouant le rôle de lignes, au bout desquelles sont des paquets de nématocystes rouges fonctionnant à la fois comme appât et comme hameçon. Quand une proie s'est laissée prendre, la ligne se contracte et l'amène à la bouche du Polype. Comme il y a de nombreux tentacules dans l'ensemble d'une colonie de Siphonophores, et de nombreux filaments pêcheurs sur chacun d'eux, on peut se rendre compte de l'activité de la pêche chez ces animaux pélagiques.

Chez les Hydroïdes il y a des polypes qui sont transformés en appareils de capture des proies. Il en est de même chez les Méduses; chez les Actinies les nombreux tentacules qui

entourent la bouche sont couverts de nématocystes servant autant d'organes de défense que de chasse.



Il est à remarquer que le poison des nématocystes est assez violent pour que certaines espèces de Méduses, d'Actinies, de Siphonophores, notamment la Physalie, déterminent, chez l'homme imprudent qui les touche, de violents accès de fièvre, avec éruptions douloureuses. Rappelons que c'est l'étude de ces venins, à bord du navire du Prince de Monaco, qui a permis à MM. Portier et Richet de découvrir l'important phénomène de l'*anaphylaxie*.

Chez divers Échinodermes, on trouve sur la peau de très petites pinces à deux ou trois branches qui servent à la capture de très petites proies. Ce sont les Pédicellaires (fig. 38).

Un autre appareil de capture est la ventouse. Cet engin est en somme un disque charnu qui s'applique d'abord sur un corps solide, puis ensuite son centre se rétracte. Il se produit alors un espace vide entre le fond du disque rétracté et le pourtour de la ventouse resté adhérent au support. Le vide, ainsi déterminé par cette aspi-

Fig. 38. — Pédicellaire d'oursin en forme de pince à trois branches. Gross. 50.

hérent au support. Le vide, ainsi déterminé par cette aspi-

ration, applique fortement l'ensemble de la ventouse à la peau de la proie qu'elle a saisie.

Le type le plus perfectionné de cet appareil se trouve chez les Céphalopodes : sa forme la plus caractéristique est réalisée chez les Octopodes, dont le type est la Pieuvre. Il est impossible de décrire ici la complication et la précision du fonctionnement de cet appareil fortement musclé, richement innervé, et qui est adapté tant à la capture des proies qu'à la défense de l'animal, à la locomotion et même à l'accouplement et à la ponte. Les Pieuvres, sur chacun de leurs huit bras, portent une ou deux rangées de ventouses; chez certaines grandes espèces il y en a quelquefois une centaine sur chaque bras, et l'on en trouve qui dépassent 5<sup>cm</sup> de diamètre. Ces animaux, dont les muscles sont très développés, peuvent déployer avec leurs ventouses une force d'adhérence extraordinaire; ils s'en servent pour capturer leurs proies, surtout des Crabes, qu'ils vont chercher sous les pierres, des Poissons qu'ils poursuivent en nageant, ou des coquillages en fouillant le sable.

Une complication de la ventouse se remarque chez les Céphalopodes décapodes. Un cercle corné coupant se développe sur le bord du disque, de sorte que lorsque l'appareil fonctionne, cet emporte-pièce pénètre dans la peau de la victime. Le plus souvent le bord de ce cercle est découpé en dents extrêmement pointues et nombreuses comme une scie qui détermine une blessure circulaire. Ces Décapodes ont dix bras qui portent souvent un grand nombre de ventouses. Comme chez les Octopodes, les grandes espèces ont des ventouses de plusieurs centimètres de diamètre. Il n'est pas rare de remarquer sur la peau des Cétacés des empreintes rondes et dentelées laissées par les ventouses des

Céphalopodes avec lesquels ils se sont battus. Les ventouses sont aussi des appareils de défense.

Il arrive aussi que l'une des dents du cercle corné se développe énormément, tandis que les autres s'atrophient; la grande dent se recourbe, la ventouse reste à sa base, et le tout est transformé en un crochet solide et redoutable qui ressemble à un hameçon; chez les grands Céphalopodes ces crochets ont plusieurs centimètres de long et sont disposés en ligne sur un gros tentacule musculeux se mouvant avec une grande vitesse; ils constituent alors une arme puissante et terrible.

Nous retrouverons chez d'autres Céphalopodes des adaptations très curieuses des ventouses à la capture du petit plancton.

D'autres animaux, notamment les Ptéropodes, ont aussi des ventouses plus simples mais peu robustes. Nous les voyons apparaître chez certains vers, tels que les Sangsues marines, chez certaines larves de Crustacés, tels que les Cirripèdes, qui les utilisent au moment de leur métamorphose; certains Poissons, tels que les Cyclostomes, transforment leur bouche en une énorme ventouse tapissée de dents, qui est un puissant appareil de capture, de broyage et de succion.

Si la ventouse est un organe qui, sauf chez les Céphalopodes, est assez peu répandu, il n'en est pas de même de la pince, que l'on trouve chez presque tous les Crustacés. On en observe toutes sortes de modèles, et chez un animal on peut en trouver de plusieurs types appropriés à des usages différents. Cette modification s'observe chez le Homard, par exemple, dont l'une des pinces, à grosses dents mousses, est destinée à écraser les proies tandis que l'autre, plus grêle

à dents plus fines, plus nombreuses et plus aiguës, est destinée à les couper. Il suffit de parcourir un ouvrage sur les Crustacés supérieurs pour voir des formes de pinces infiniment variées; les unes courtes et trapues, les autres en forme de râteau à dents aiguës, d'autres à tige grêle et à mors menus, les unes droites, les autres courbes; elles font penser par leur précision et leur délicatesse aux instruments d'un oculiste. Il est intéressant de signaler celles qui sont formées par le dernier article de la patte se repliant sur le précédent, comme un couteau dans son manche; mais les dents aiguës qui les hérissent se rabattent sur la proie prise entre les deux tiges et l'embrochent instantanément. Ces pinces spéciales aux Squilles sont identiques à celles d'un insecte des plus curieux, la Mante religieuse. Il faut avoir vu dans un aquarium, avec quelle vitesse, quelle force et quelle précision une Crevette se sert des petites pinces qui terminent ses pattes pour découper et porter à sa bouche des fragments d'une proie, pour se rendre compte du rôle important et accéléré que jouent les Crustacés dans la disparition des matières organiques dans l'Océan.

Tous ces animaux ont à l'entrée de leur bouche des membres spéciaux adaptés à la mastication; nous en parlerons plus loin.

Les petits Crustacés, comme les Copépodes, qui circulent parmi d'innombrables Diatomées ou Périдиниens sans défense et s'en nourrissent, n'ont pas besoin d'un arsenal aussi perfectionné; leurs pièces buccales, plus ou moins garnies de soies, fonctionnant comme des brosses, suffisent à la capture de leur nourriture.

Nous trouvons maintenant un nombre considérable d'animaux se nourrissant de microplancton, mais qui sont

obligés d'en avaler de grandes quantités. Ils ne peuvent pas essayer de capturer les Périidiniens un à un; ils n'arriveraient jamais à s'en procurer assez pour leur subsistance; il faut donc qu'ils en pêchent beaucoup à la fois. Ils arrivent à ce résultat au moyen d'appareils de divers genres.

Les engins dont se servent les naturalistes, gaze de soie, étamine, filtres, fauberts, ne sont en somme que la copie de ceux dont se servent ces animaux marins.

Le premier moyen de capture que nous les voyons employer consiste à filtrer l'eau et à retenir sur le filtre les particules alimentaires qui y sont en suspension. Les Ascidies nous en montrent divers modèles. Ces animaux vivent les uns fixés sur le sol, les autres flottant dans le Plancton, mais dans les deux cas, leurs appareils sont construits sur le même principe. Si l'on considère que la première partie du tube digestif consiste en une cage à barreaux serrés, sur lesquels est tendue une membrane perforée ressemblant à du tulle, l'eau entrant par la bouche traversera cette cage légère en y laissant toutes les fines particules qu'elle contenait en suspension. L'eau filtrée, après avoir traversé la cage, est évacuée au dehors par un tube spécial. Mais les particules retenues dans le filtre œsophagien sont amenées par un tapis de cils vibratiles à l'orifice de l'estomac situé à l'extrémité opposée; elles sont alors avalées, digérées, et leurs débris solides sont rejetés finalement par l'orifice anal sous forme d'un petit boudin aggloméré où l'on retrouve des carapaces de Diatomées, des fragments de Périidiniens, des pattes de Copépodes, etc. Quand on examine la membrane perforée qui forme la paroi du sac œsophagien, que nous avons comparée à du tulle, on remarque que les petits trous de cette dentelle ne consistent pas en de simples perforations rondes,

mais en un découpage fort élégant, formant des dessins réguliers. Comme ces arabesques diffèrent pour chaque espèce d'Ascidie, on peut dire que la dentelle qui enveloppe leur sac œsophagien est un élément caractéristique de détermination pour chaque espèce. A l'orifice du siphon d'entrée de l'eau, on remarque un barrage de filaments, disposés comme un grillage, destinés à arrêter les animaux trop gros et nuisibles qui voudraient y pénétrer. Les Salpes flottantes, qui sont souvent fort grosses, filtrent ainsi une grande quantité d'eau.

Les Mollusques bivalves se servent de leurs branchies à la fois comme appareil respiratoire et comme appareil filtrant. Les particules alimentaires arrêtées sur les branchies qui, elles aussi, constituent un filtre très délicat, sont acheminées par des cils vibratiles vers la bouche. Il est fort probable que ces cils vibratiles sont en même temps capables de dissocier les Diatomées et d'en absorber le protoplasma. On sait d'ailleurs que les Bivalves peuvent puiser au moyen de leurs branchies l'albumine en dissolution dans l'eau de mer sans utiliser leur intestin pour cette fonction digestive. La coloration verte des huîtres de Marennes est due à ce que ces mollusques absorbent par leurs branchies le protoplasma vert d'une Diatomée spéciale qui pullule dans les bassins où on les engraisse; le pigment vert reste fixé dans les branchies de ces huîtres.

Le second type d'appareil à capturer le plancton est employé par divers animaux comme les Méduses; ces Coelentérés mous utilisent ainsi pour leur alimentation une particularité spéciale de leur locomotion qui consiste à descendre dans l'eau comme avec un parachute. Le bord de son disque est garni d'une frange de fins tentacules, qui

peuvent être très nombreux; en s'étalant ils augmentent

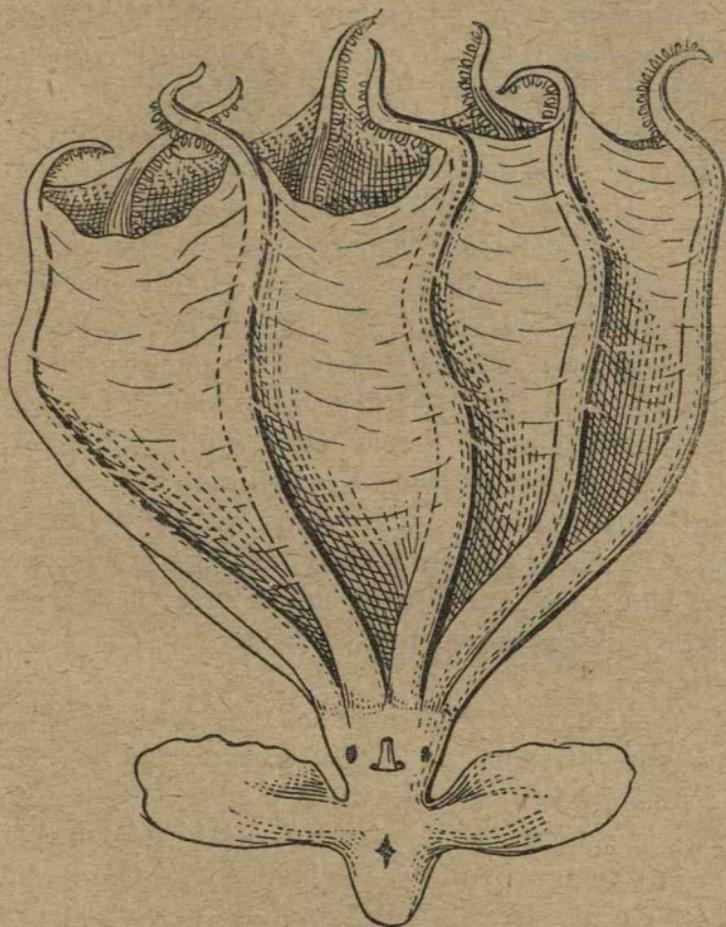


Fig. 39. — *Cirrothauma Murrayi* Chun.  
Céphalopode pélagique. Réduit de moitié.

beaucoup la surface d'action de l'animal. Celui-ci, après avoir nagé en contractant son corps par des mouvements

d'ouverture et de repli alternatifs, s'arrête; entraîné par sa densité un peu supérieure à celle de l'eau, il commence à descendre doucement en étalant ses tentacules; il capture alors au passage les petits êtres qui peuvent se trouver sous son disque; ils s'accumulent au fond et n'ont plus qu'à pénétrer dans la bouche. Cet engin de capture se rattache, en somme, au type de notre filet, dit épervier, qui au moment du lancer est une cloche ronde et plate qui se ferme en descendant sur les poissons rencontrés sur son passage.

Des travaux récents ont montré que les innombrables Méduses transparentes du plancton de nos mers font des dégâts considérables dans les bancs de jeunes poissons, tels que les Harengs, les Haddocks, les Merlans, etc.; on en a même trouvé dont l'estomac était complètement rempli par les œufs de ces poissons. Ces Méduses se servent également de leurs tentacules pour happer au passage des jeunes poissons de plusieurs centimètres; elles les enferment dans leur cloche contractée comme une bourse; la digestion se fait très rapidement dans cette poche, en dehors du tube digestif.

Des Céphalopodes planctoniques, dont les bras sont reliés les uns aux autres par une délicate membrane tendue entre eux comme la soie entre les tiges d'un parapluie (*fig. 39*), pêchent le plancton à la manière des Méduses; on a trouvé de fort belles espèces de ces animaux adaptés à ce mode de pêche à de très grandes profondeurs. Les quelques Holothuries pélagiques que l'on connaît ont une membrane analogue et pêchent de la même manière.

Une autre catégorie d'animaux capture le plancton en se servant d'appareils ramifiés, disposés en entonnoir, au fond duquel est la bouche. Leur engin diffère du précédent en

ce que le filet ne forme pas une nappe continue, mais est composé de filaments séparés, juxtaposés, couverts de poils qui par leur rapprochement diminuent les interstices des barreaux.

Les animaux les mieux doués sous ce rapport sont les Annélides et les Bryozoaires qui portent sur la tête un panache de tiges souples couvertes de filaments, souvent fort élégant et brillamment coloré. L'ensemble forme un entonnoir ou une spirale que l'animal peut étaler ou fermer, puis faire rentrer dans le tube ou la logette qui lui sert de domicile. C'est un piège à plancton, dont les captures sont amenées progressivement à la bouche. Les bras contournés et ciliés des Brachiopodes fonctionnent de même.

Chez les Holothuries, il y a autour de la bouche une couronne de dix tentacules très ramifiés, légèrement gluants. Au repos, l'animal, fixé par les ventouses de ses ambulacres à un rocher, épanouit largement son panache. De temps en temps on voit un des dix tentacules se contracter, se courber et entrer entièrement dans la bouche; il y reste un moment, puis ressort, s'étale et reste tranquille. Quelques instants après, c'est le tentacule voisin qui opère de la même manière; puis le suivant, et ainsi de suite. On peut voir ainsi, dans un aquarium pendant des heures, une Holothurie suçante successivement ses dix doigts arborescents; cette opération a pour but d'apporter dans l'intérieur de sa bouche, les petits êtres planctoniques qui sont venus s'engluer dans les filaments des tentacules : la lèvre et l'oesophage les en dégagent et les conduisent à l'estomac.

Les Holothuries, qui rampent sur le fond et que nous avons vu manger de la vase, ont adapté autrement leurs tentacules à ce genre tout différent d'alimentation, ils sont deve-

nus courts, peu ou pas ramifiés, même quelquefois plats et ronds jusqu'à acquérir l'aspect d'une cuiller.

Chez les Cirrhipèdes, Crustacés inférieurs dont le type est la Balane à carapace calcaire qui pullule sur les rochers de nos côtes, les pattes sont transformées en longs cirrhes poilus, disposés en entonnoir autour de la bouche; constamment le panache sort de la coquille, s'étale puis se referme et rentre; le mouvement est incessant, on dirait que l'animal essaie de capturer avec un filet à papillon les petites proies qui peuvent passer à sa portée.

Signalons encore une famille de Céphalopodes, celle des *Chiroteuthis*, aux formes gracieuses, aux colorations admirables, chez laquelle les ventouses des tentacules ont subi une très singulière transformation.

Ces animaux se nourrissent de microplancton; ils sont eux-mêmes pélagiques, très délicats, à moitié transparents, bleus, irisés : leur corps n'a guère plus d'une douzaine de centimètres, mais leurs tentacules, fins et grêles, ont plus d'un mètre de long. Sur ces souples cordelettes sont espacées des ventouses, mais si elles étaient construites comme chez les autres Céphalopodes, elles n'arriveraient pas à capturer les petits êtres microscopiques dont l'animal fait sa nourriture. L'adaptation spéciale consiste en ce que la peau qui tapisse l'intérieur des ventouses se transforme en un réseau de filaments ramifiés, gluants et contractiles, sorte de houppe transparente dans laquelle viennent s'empêtrer les petits êtres nageant sur le parcours du Céphalopode. Ajoutons que la base de la ventouse de couleur rouge sert de piège pour attirer les Copépodes, et qu'au bout du tentacule se trouve un gros organe lumineux qui, la nuit, joue le même rôle. De temps à autre, quand l'animal juge

ses captures suffisantes, il contracte ses tentacules et fait passer successivement tous les petits filets entre ses lèvres; celles-ci, fort délicates et compliquées, épluchent les petits engins et font glisser dans la bouche le produit de la pêche.

Les pêcheurs de plancton comprennent encore les Poissons, surtout les jeunes, qui avalent de l'eau et la filtrent sur leurs arcs branchiaux; ces arcs, garnis sur toute leur longueur de tigelles transformant leurs intervalles en tamis, arrêtent au passage les petites proies; l'eau filtrée est rejetée par les opercules; le produit de la pêche, resté sur le filtre, pénètre dans l'œsophage. C'est de cette manière que se nourrissent les poissons pélagiques tels que la Sardine.

Par un procédé analogue, les grands Cétacés sans dents, tels que les Baleines, capturent de grandes quantités d'animaux planctoniques. La bouche des Baleines est garnie d'énormes fanons, sorte de broussaille de filaments cornés. Quand elles rencontrent un banc de Ptéropodes, elles ouvrent largement la bouche, capturent de grandes quantités de ces Mollusques, puis la referment; l'eau, filtrée à travers les fanons, est rejetée, et les Ptéropodes restés dans la bouche sont balayés par la langue et amenés à l'entrée de l'œsophage.

Il nous reste encore à indiquer sommairement quelques procédés spéciaux dont certains animaux se servent pour capturer leur nourriture.

C'est d'abord la trompe des Némertes; ces Vers, qui peuvent atteindre plusieurs mètres, ont, au-dessus de l'intestin, une poche remplie de liquide qui s'ouvre par un orifice en avant de la bouche. Dans cette poche est enfermée et repliée un cylindre creux ressemblant à une ficelle, la trompe. Au milieu de cet organe se trouve, chez beaucoup de

Némertes, un appareil très compliqué dont l'élément essentiel est un stylet aigu, ayant la forme d'un petit poignard; la partie postérieure de cette trompe est constituée par un réservoir à venin. Quand l'animal veut se défendre ou attaquer une proie, il fait saillir cette trompe de sa gaine; elle se retourne comme un doigt de gant jusqu'à ce que le stylet arrive à son extrémité. L'opération se fait avec une extrême rapidité; la proie est piquée, une gouttelette de venin est inoculée, puis, non moins brusquement, la trompe rentre dans sa gaine. Il peut arriver que le stylet soit détérioré, époiné ou ébréché; il est alors remplacé par un autre dont il y a toute une provision dans un petit sac à la base du manche du poignard. On ne sait pas au juste comment s'effectue ce changement de lame.

Les Étoiles de mer, ou Astéries, ont au centre de leurs cinq bras une bouche entourée de pièces osseuses qui ne laissent entre elles qu'une ouverture insuffisante pour l'introduction de proies de grande taille. Or, ces Astéries se nourrissent surtout de coquillages, en particulier de Moules et d'Huîtres; elles font dans les parcs où l'on élève ces mollusques de sérieux dégâts. Ne pouvant ingurgiter une huître entière, l'Astérie fait saillir son estomac hors de son corps par la bouche; l'organe ainsi extériorisé englobe le coquillage, attend qu'il s'ouvre, le digère, fait passer dans son corps la nourriture ainsi préparée, et finalement se contracte et rentre dans le corps par la bouche, laissant dehors la coquille vide de l'Huître.

Il faudrait signaler encore la série des animaux parasites dont les appareils affectés à la prise de la nourriture présentent des modifications si profondes qu'ils diffèrent complètement de ceux de leurs congénères normaux non modifiés

par le parasitisme. Mais ces cas particuliers sont si nombreux et si variés, qu'il est vraiment impossible d'en entreprendre ici la description, quelque intéressants qu'ils soient.

Tous ces organes de capture des aliments, dont on vient de lire quelques exemples choisis parmi les plus caractéristiques, ont pour but d'amener à la bouche des proies animales ou végétales. Ces aliments, de nature très diverse, sont ou très mous et ne nécessitent aucune préparation avant d'être introduits dans l'estomac, ou, au contraire, très durs et doivent être fragmentés.

Nous trouvons une série d'organes résultant d'adaptations spéciales des tissus, des appendices entourant la bouche ou des parties situées à son intérieur, destinés à remplir ces fonctions.

Chez beaucoup d'animaux mous, comme les Coelentérés, la bouche est un simple orifice muni d'un sphincter destiné à la fermer après que la proie a été ingurgitée; chez certains Méduses, comme les Rhizostomes, la bouche s'est morcelée en une infinité de petits orifices ou suçoirs dont le calibre est insuffisant pour permettre l'introduction de proies de quelque volume. Chez d'autres il y a de grands tentacules buccaux qui entourent la bouche et procèdent à une digestion extérieure des proies trop grosses pour entrer dans l'estomac.

Chez les Annélides, les pièces dures entourant l'entrée de la bouche sont souvent constituées par de solides mâchoires; nous en retrouvons d'analogues chez les Chétopodes si abondants dans le plancton. Les Arthropodes ont autour de l'entrée de la bouche une série de pattes, en nombre variable suivant les familles, dont la base coupante, broyeuse, masticatrice, réduit en miettes les aliments.

Chez beaucoup de Mollusques, des mâchoires coupantes, cornées, particulièrement développées chez les Céphalopodes, coupent les aliments; elles ont, chez ces animaux, la disposition et l'aspect du bec des perroquets et sont munies d'une puissante musculature.

Chez les Mollusques, excepté chez les bivalves, la bouche renferme un appareil compliqué, la *radula*, qui fonctionne comme une râpe et achève de pulvériser les morceaux que les mâchoires ont insuffisamment divisés. C'est un ruban chitineux, sur lequel sont implantées des séries de petites dents aiguës; il peut y en avoir des milliers; le ruban va et vient, tiré par des muscles, et ses dents travaillent activement à l'entrée de la bouche; mais elles s'usent rapidement, tombent, et la *radula* disparaîtrait si elles n'étaient remplacées par de nouvelles séries dentaires qui se forment constamment en arrière.

Les cinq dents des Oursins, contenues dans un appareil compliqué, connu sous le nom de Lanterne d'Aristote, leur servent à broyer leur nourriture et aussi à creuser, même dans les pierres les plus dures, des logettes rondes où l'Oursin se blottit. La pointe de la dent, taillée en biseau, s'use vite à ce travail; mais elle se régénère à sa base, à mesure qu'elle se raccourcit à son sommet.

Il est inutile d'insister sur la dentition, que tout le monde connaît, des Poissons. La forme de leurs dents est adaptée à leur genre de nourriture; aiguë chez les Carnassiers, plate chez les mangeurs de coquillage, en forme de bec chez ceux qui broutent des coraux, etc. Chez le Poisson-scie on en trouve une longue série plantée sur les deux bords de la mâchoire supérieure étirée; il est probable que ce ne sont pas de véritables dents; on suppose que ce râteau

double doit servir à gratter la vase pour y trouver des coquillages, des Vers ou des Crustacés. Les dents des poissons ne sont pas toujours solidement implantées dans la mâchoire; chez beaucoup d'entre eux elles sont seulement fixées par des ligaments à sa surface et tombent; elles sont remplacées par d'autres qui se forment en arrière. Les Requins sont particulièrement bien doués sous ce rapport.

Il reste à examiner, pour terminer le chapitre de l'Alimentation, la destinée des déchets de la digestion. Toutes ces proies, ces aliments végétaux ou animaux dont nous venons de voir la capture, l'entrée dans l'estomac, finissent par arriver à la sortie de l'intestin; une partie des aliments a été assimilée dans le trajet intestinal et utilisée pour l'alimentation de l'animal; mais l'autre partie est expulsée sous forme de déchets inutilisables. Que deviennent-ils? Une partie de ces détritiques consiste en liquides, d'autres en matières solides ou enfin en gaz directement solubles dans l'eau; ils disparaissent immédiatement. Mais il en reste une forte proportion qui persiste; ces déchets sont utilisés par d'autres animaux. Les uns avalent ces matières sans faire de distinction entre elles et d'autres aliments. Ce sont des Omnivores dont le type classique est le Crabe vert de nos plages, pour qui tout est bon. Le passage de ces déchets par l'intestin de ces êtres voraces diminue beaucoup leur volume, car une grande partie est assimilée; une petite partie, constituant un nouveau déchet de seconde formation sera éliminée; elle sera reprise par d'autres animaux, et ainsi de suite jusqu'à disparition complète, ce qui ne demande pas longtemps. Mais il y a des animaux dont la spécialité exclusive est de jouer le rôle de destructeur de détritiques de toute sorte. Nous avons déjà eu l'occasion de

signaler les Talitres de nos plages; nombre d'autres Crustacés, des Vers, des Holothuries effectuent le même travail jusque dans la zone abyssale. Des poissons, spécialistes de ce genre de nourriture, se trouvent dans toutes les mers. Le rôle des Oiseaux n'est pas négligeable dans cette fonction hygiénique; les innombrables Mouettes des rivages, les Stercoraires, sont de voraces mangeurs de détritius; ils se jettent sur les déchets des poissonneries et tournent autour des bateaux, guettant les saletés de toute nature que les pêcheurs rejettent de leur bord.

A toute cette foule de gros et de petits animaux il faut ajouter les Bactéries. Ce sont elles qui ont le dernier mot dans tout ce travail; elles décomposent et dissocient aussi bien les gros cadavres sur la côte que les ultimes résidus de la digestion et les déchets organiques les plus variés. Finalement le travail successif de tous ces ouvriers, petits et grands, finit par réduire les résidus des matières organiques à leurs éléments chimiques et les fait retourner à la circulation océanique; c'est là, et sous cette forme primordiale, qu'ils sont repris par les plantes microscopiques pour recommencer un nouveau cycle.

## CHAPITRE IX.

LA LUMIÈRE. SON ACTION SUR LES ÊTRES MARINS. PRODUCTION DE LUMIÈRE PAR LES VÉGÉTAUX ET LES ANIMAUX. LA VISION.

Nous avons déjà, dans les chapitres précédents, rencontré l'occasion de signaler l'action de la lumière sur les plantes et les animaux qui vivent dans l'eau de mer; on a pu ainsi se rendre compte de l'importance de ce facteur physique dans la biologie marine. Mais nous n'avons donné que des indications sommaires, réservant leur étude plus détaillée pour un chapitre spécial.

Quelque transparente que nous paraisse l'eau de mer quand on en examine une petite quantité dans un vase au laboratoire, l'expérience en plein Océan montre que notre vue cesse rapidement de distinguer un objet clair qui s'enfonce lentement dans son épaisseur. On constate que dans les eaux plus ou moins troubles, qui contiennent de nombreuses particules minérales en suspension, la visibilité cesse après quelques mètres.

Mais ce ne sont pas seulement les poussières qui troublent l'eau et en diminuent la transparence; les êtres du plancton, quand ils sont en quantité suffisante, produisent le même résultat, par exemple les Diatomées dans les mers polaires, d'autres Protistes dans la mer du Nord, etc.

Cette première indication était nécessaire pour montrer que la quantité de lumière qui pénètre dans l'eau de mer n'est pas constante et qu'elle peut varier selon l'abondance des matières qui s'y trouvent en suspension.

Il est de notion courante, et il est inutile d'y insister, que la lumière solaire est composée de radiations diverses, que l'on peut séparer artificiellement au moyen du prisme et mettre en évidence sous la forme classique du spectre solaire aux sept couleurs en éventail : violet, indigo, bleu, vert, jaune, orangé, rouge. Ces radiations colorées sont complétées par deux zones, ultraviolette et infrarouge, qui sont invisibles à notre œil humain. Chacune des zones colorées du spectre est produite par une quantité de vibrations qui s'échelonnent depuis les 393 trillions du rouge jusqu'aux 756 trillions du violet par seconde.

L'ultraviolet est caractérisé par son action chimique, l'infrarouge par son action calorique. Mais ces effets spéciaux ne sont pas exclusivement réservés à ces deux régions du spectre; on sait qu'ils sont simplement marqués là par des maxima, et que l'action chimique va en s'atténuant progressivement vers le rouge, et l'action calorique vers le violet.

Il faut encore faire une remarque qui a son importance en biologie marine. La région ultraviolette du spectre, comme les autres d'ailleurs, n'est pas homogène; le nombre de ses vibrations va en augmentant à mesure qu'elles s'éloignent du spectre lumineux proprement dit, et l'on peut la décomposer en plusieurs tranches dont l'activité, au point de vue physiologique, est très différente pour chacune d'elles; la première région donne des excitations favorables à la vie, tandis que dans la dernière elles sont, tout au contraire,

très défavorables. Si elles ont l'avantage de tuer les bactéries, elles ont par contre l'inconvénient de brûler la rétine de nos yeux.

Mais les rayons malfaisants sont arrêtés, comme par des écrans, par l'air et l'eau, de sorte que ceux qui partent du Soleil n'arrivent qu'en très faible proportion à la surface de la Terre. Les êtres vivants se défendent contre ces rayons ultraviolets grâce à l'épaisseur de leurs téguments et plus particulièrement par les pigments colorés qu'ils renferment. Ceux-ci transforment ces radiations en rayons rouges, orangés et jaunes; nous trouverons un très grand nombre d'animaux marins dont la peau est imprégnée de ces pigments préservateurs et brillamment colorée de ces teintes vives.

L'eau joue à l'égard de la lumière le rôle du prisme des physiciens; elle la décompose, dès son arrivée à son contact, en ses radiations colorées élémentaires; mais celles-ci ont une réaction très différente selon leur position dans le spectre. Elles sont absorbées d'autant plus rapidement qu'elles sont plus voisines du rouge. Il en résulte que dès les premières couches superficielles de l'eau les radiations rouges disparaissent, puis successivement toutes les autres dans l'ordre du spectre et que celles qui subsistent les dernières et descendent le plus profondément ce sont les radiations violettes.

Le résultat de cette transformation est que les animaux et les plantes du littoral qui peuvent émerger à basse mer sont les seuls êtres qui utilisent une lumière semblable à celle qui environne et imprègne les animaux et les plantes terrestres. Tous les autres n'ont à leur disposition que des radiations qui diminuent et se simplifient à mesure qu'elles

atteignent les régions de plus en plus profondes où ils vivent. Tout se passe comme si chaque niveau avait un filtre constitué comme un plancher, au-dessous duquel les habitants n'ont pas le même éclairage que ceux du dessus. La quantité de lumière diminuant en même temps que sa qualité se modifie, l'éclairément devient rapidement très faible, et finalement nul dans les régions abyssales.

Les premières couches de l'eau, épaisses de quelques mètres, absorbent les rayons infrarouges et le résultat de leur transformation en radiations caloriques est le réchauffement, intense dans les pays chauds, des eaux de la surface de la mer en même temps que se produit leur dilatation. Ceci a une grosse importance, car c'est ce phénomène qui détermine les courants chauds équatoriaux. Les rayons rouges s'éteignent ensuite rapidement et il est probable que vers une trentaine de mètres il n'y en a presque plus. Cette épaisseur correspond à la zone occupée sur le littoral par les algues fixées qui abondent sur le sol rocheux. Les radiations orangées, jaunes et vertes s'éteignent ensuite successivement, sans qu'il soit possible actuellement de fixer une limite pour chacune d'elles. A 500<sup>m</sup> il y a encore des radiations bleues et violettes; à 1000<sup>m</sup> on trouve encore des rayons ultraviolets. Il est difficile de dire s'ils vont plus loin, mais on peut le présumer. A mesure que nos moyens d'investigation se sont perfectionnés, notamment la sensibilité des plaques photographiques, il a fallu reculer la limite de pénétration de la lumière que l'on avait établie, il n'y a pas beaucoup d'années; il est probable qu'avec des plaques photographiques encore plus sensibles que celles actuellement en usage il faudra bientôt considérer la région de la mer recevant des radiations ultraviolettes comme beaucoup

plus épaisse qu'on le pense. Toutes ces notions ont une relation directe avec les connaissances récemment acquises sur la pigmentation des animaux submergés.

Il faut mentionner ici l'importance de l'absorption rapide des radiations rouges au point de vue de la végétation des algues marines. Le professeur Thoulet a attiré depuis longtemps l'attention sur elles, car elles sont indispensables à la formation de la chlorophylle, et c'est leur absence qui empêche les plantes de descendre profondément dans la mer; au delà de 30<sup>m</sup> il n'y en a presque plus et les plantes devraient s'arrêter là. Mais les pigments dont nous avons parlé interviennent à ce moment, en particulier la *phycoérythrine*, qui recouvre comme un vernis coloré et transparent l'ensemble du végétal. Ce corps est doué de la propriété d'absorber les rayons bleus, probablement aussi les violets et même les ultraviolets, et de les transformer en rayons rouges. C'est grâce à ce singulier artifice que l'on trouve des algues à chlorophylle bien au-dessous de la limite atteinte par les rayons rouges. Ces pigments sont faciles à dissoudre hors de l'eau de mer, et l'on trouve en dessous la plante verte qui n'aurait pu vivre sans eux à de telles profondeurs.

La limite de 200<sup>m</sup> de profondeur correspond au bord du plateau continental; c'est là que, théoriquement, cessent les plantes à chlorophylle; mais dans nos climats à luminosité moyenne elles n'atteignent jamais cette limite. C'est aussi à ce niveau que s'éteignent les dernières radiations jaunes du spectre. Après la disparition des plantes les animaux herbivores ne peuvent plus vivre, ce qui, comme nous l'avons déjà remarqué, change complètement le caractère de la faune. Les plantes se réduisent à des Bactéries spéciales qui ont été déjà signalées.

Mais les Algues n'ont pas seulement besoin pour vivre de radiations rouges; les ultraviolettes leur sont également nécessaires dans une proportion déterminée. Celles-ci, comme les autres, sont absorbées progressivement par les couches d'eau de mer; bien qu'elles diminuent beaucoup plus lentement que les radiations colorées, il arrive cependant un moment où elles ne sont plus suffisantes pour la vie des Algues. Le niveau où ce phénomène se produit est situé vers 160<sup>m</sup> de profondeur environ; mais dans les régions où l'eau est très pure et très transparente et la luminosité intense, il peut descendre à 200<sup>m</sup>. Mais c'est là un maximum qui n'est jamais dépassé. On remarquera qu'il coïncide aussi avec le bord du plateau continental, et l'on notera que d'autres conditions physiques sont déjà venues se superposer dans cette bande sous-marine très spéciale qui constitue une des limites, une frontière des plus importantes au point de vue biologique.

Le fait que les diverses radiations lumineuses s'éteignent successivement et surtout les premières très rapidement, explique la diminution prompte de l'éclaircissement du sol sous-marin. On peut se rendre compte de ce phénomène lorsque l'on descend en scaphandre; il est frappant immédiatement après la plongée. En outre, le fait que l'eau n'est pas absolument transparente, en raison des poussières organiques et minérales qu'elle renferme, produit une sorte de brouillard bleu qui trouble le paysage; à quelques mètres de l'observateur les objets lui paraissent indécis et flous; quelques mètres plus loin ils se perdent dans un lointain vague où il n'est plus possible de les reconnaître. Les constatations d'Hermann Fol sur ces phénomènes sont très caractéristiques et ont été confirmées par nombre d'auteurs. Et cepen-

dant H. Fol opérait à Nice, où la mer est particulièrement claire, et la lumière intense grâce à la pureté de l'atmosphère. A 10<sup>m</sup> de profondeur, la chute de la lumière est brusque et considérable; à 30<sup>m</sup> on ne peut plus distinguer les animaux sur le fond, ni voir un rocher à 7<sup>m</sup>, ni un objet brillant à 25<sup>m</sup>. Ces diverses observations ont un intérêt pratique pour les ouvriers scaphandriers qui doivent exécuter des constructions ou faire des recherches sous-marines, et aussi pour les pêcheurs d'éponges ou de corail qui sont obligés de s'approcher tout à fait au contact des gisements pour y distinguer les animaux, sombres naturellement, qu'ils cherchent à récolter.

Les essais de photographie sous-marine, notamment ceux du professeur Boutan, bien que faits avec des appareils spécialement construits pour cet usage, ne donnent que des clichés où les premiers plans très rapprochés sont seuls au point; le reste est à peine distinct.

Diverses observations faites sur des poissons montrent que ces animaux doivent être très myopes, car ils ne peuvent distinguer avec précision que les objets dont ils sont tout près. Un autre phénomène réduit encore la quantité de lumière solaire qui pénètre dans la mer; la surface, agissant comme un miroir, réfléchit les rayons solaires; quand ils tombent obliquement, par exemple après le lever du Soleil et le soir avant son coucher, ils sont presque entièrement réfléchis et il ne pénètre dans l'eau qu'une faible partie de ces rayons. Il en résulte que le matin il fait déjà grand jour et le soir il est encore loin de faire nuit quand le sol sous-marin du littoral est plongé dans l'obscurité. Le temps d'éclairage diurne en un point est donc bien plus court sous la surface de l'eau qu'au-dessus. Ce fait a une grande

importance dans les régions du Nord où le Soleil en hiver s'élève peu au-dessus de l'horizon et où le jour est court; pour les animaux marins la nuit polaire existe donc à une latitude beaucoup plus basse et dure plus longtemps que pour les êtres terrestres. Les conditions d'éclairement se modifient donc sur le plateau continental suivant la latitude et le facteur lumière est variable. Les animaux littoraux des mers froides ont eu, sous ce rapport, moins de difficulté à s'acclimater à l'obscurité de la mer profonde, puisqu'ils sont partis de régions très peu éclairées. Ajoutons en outre que dans ces climats septentrionaux la lumière solaire, très souvent masquée par des brouillards et des nuages, est beaucoup moins intense que dans les climats chauds; ceci accentue encore les conclusions physiologiques et faunistiques qui viennent d'être énumérées. Ces conditions diverses de la luminosité ont une influence sur la coloration des animaux littoraux, qui est beaucoup plus vive et variée dans les mers tropicales que dans les mers polaires ou dans la mer profonde; nous reviendrons plus loin sur ce point.

On a beaucoup discuté sur la couleur naturelle de l'eau de mer; elle paraît bleue quand on la voit du rivage par un beau soleil, mais sa teinte change si le ciel se couvre de nuages, ou si, le soir, le Soleil couchant la colore de teintes vertes, roses, orangées. D'autre part, lorsque l'on fait une longue navigation dans un océan, on remarque que le bleu n'est pas partout le même; il peut être plus foncé, ou plus vert; c'est ce qu'on observe dans l'Atlantique où, en bordure de la mer des Sargasses, la région parcourue par le Gulf Stream est plus chaude, d'un bleu plus intense que les eaux voisines plus vertes. Ces colorations peuvent encore être

modifiées par les êtres microscopiques qui pullulent en certains points. Quoi qu'il en soit, des expériences précises ont montré que l'eau de mer pure est normalement légèrement bleue.

Nous avons vu que nombre d'animaux du plancton sont transparents; il en est d'autres qui sont franchement bleus; ces adaptations sont en rapport direct avec la transparence et la couleur de l'eau.

Tout ce qui précède nous conduit à des notions assez précises sur les teintes que présentent les téguments des animaux marins. Elles sont dues à des pigments colorés, sécrétés par les cellules de la peau, qui s'y déposent tantôt d'une façon uniforme, tantôt en certains endroits seulement. Il est rare que des animaux ne présentent aucun point pigmenté, ne serait-ce que leur rétine; il y a presque toujours quelque région dont la teinte diffère un peu du reste de la peau.

Nous avons déjà dit que dans les régions fortement ensoleillées la coloration de la peau se traduit par des marbrures, des bandes, des lignes, des dessins fort élégants. C'est le cas des Poissons, des Mollusques qui vivent dans les mers tropicales parmi les récifs de coraux. Ceux-ci ont également des colorations admirables par leur éclat, leur richesse, leurs reflets dorés. On a remarqué que nombre d'animaux, comme les Mollusques nudibranches, reproduisent par des dépôts de pigment cutanés la forme en rosette des polypes coralliaires, avec leurs couleurs. Il en résulte que ces animaux sont très difficiles à distinguer parmi les coraux où ils habitent; des Vers, des Poissons jouissent de la même particularité à laquelle on donne le nom de *mimétisme*. Ces colorations et ces ornements sont

considérés comme protecteurs. C'est dans ce même ordre de relation entre les animaux et le milieu qu'ils habitent qu'il faut ranger les animaux bleus du plancton superficiel qui les rend difficiles à distinguer sur le fond bleu de la mer. Les poissons de la mer des Sargasses ont le corps couvert de marbrures jaunes sur fond brun qui les font ressembler à ces algues flottantes, d'autant plus que ces appendices ramifiés de leur peau se confondent avec les petits rameaux colorés des algues, comme il a été dit précédemment.

Sur le littoral de presque toutes les mers on trouve des animaux de couleurs très variées; souvent ces teintes sont semblables à celles du fond sur lequel ils habitent : sable, vase, herbiers, rochers, etc. Mais on doit remarquer que dans les climats septentrionaux et peu ensoleillés les teintes sont plus grises, plus ternes, et n'ont pas l'éclat de celles des animaux analogues des mers chaudes. On doit remarquer aussi que nombre de poissons pélagiques ont le dos d'un très beau bleu et le ventre argenté; c'est le cas des Sardines, Anchois, Thons, qui vivent au large des mers tempérées et chaudes; au contraire, les Harengs qui vivent dans des eaux plus sombres et plus vertes ont le dos d'un bleu vert bronzé. Les reflets argentés sont dus à des cellules spéciales, les iridocystes, remplies de petits bâtonnets très fins qui leur donnent un aspect strié. Leur juxtaposition forme dans la peau une couche qui réfléchit la lumière comme un miroir; elle est particulièrement développée chez certains poissons et chez les Céphalopodes comme les Sèches.

Les animaux qui vivent dans la mer profonde ne reçoivent qu'une lumière très diminuée, très modifiée et finalement nulle ou réduite aux dernières radiations ultraviolettes. On observe que les animaux abyssaux, tout aussi bien ceux qui

vivent sur le sol que ceux qui sont flottants, perdent les teintes vives et bariolées que nous avons vu si développées chez les littoraux; leurs couleurs sont uniformes, le plus souvent foncées, variant du rouge vif au noir. Ce sont d'ailleurs les animaux rouges qui paraissent les plus fréquents; on en trouve surtout parmi les Crustacés et les Échinodermes; mais il y en a aussi de violets et de bruns; les teintes presque noires et noires se trouvent chez nombre de Poissons, d'Holothuries, de Céphalopodes, etc. qui habitent les très grandes profondeurs. Il semble probable que ces pigments foncés sont destinés à capter les dernières radiations du spectre, de jouer le rôle d'écran et de les utiliser, après leur transformation en radiations plus basses, pour le fonctionnement de leurs tissus. Il faut se souvenir enfin que les animaux rouges de mer profonde ne recevant plus aucune radiation rouge, éteinte depuis longtemps, doivent sembler complètement noirs aux êtres qui vivent avec eux à ce niveau.

Nous avons vu un phénomène analogue chez les algues des couches superficielles. Il est également probable que ces colorations foncées constituent une protection pour les animaux, qui, s'ils avaient des teintes claires, seraient trop facilement aperçus dans la presque complète obscurité par ceux qui les poursuivent.

Il va sans dire que nous ne pouvons faire que des hypothèses, puisque la moindre observation directe dans ces milieux inaccessibles nous est impossible.

La nature et la quantité de lumière qui, sous des états variés et progressivement atténués, pénètrent dans l'épaisseur des eaux détermine, comme nous l'avons dit, une succession de couches caractérisées par une condition biolo-

gique différente. Cet état de la luminosité a une très grande influence sur la composition de la faune de chacun des niveaux ainsi établis. Certains animaux ne vivent que dans la couche qui présente les conditions précises qui leur conviennent et ils ne la quittent pas. Dans les eaux profondes, la densité, la température, la salinité, la vitesse des courants ne varient pour ainsi dire pas en un point donné. Il y a là aussi une quantité de lumière toujours la même. On peut s'assurer au moyen d'engins spéciaux de capture qui s'ouvrent, fonctionnent et se ferment à une profondeur déterminée, que la faune s'y compose pour une bonne part d'animaux spéciaux qui ne se trouvent que là. Mais on a remarqué que dans les mers polaires cette faune se trouve à une profondeur beaucoup moindre que dans les mers tempérées; par exemple, dans les eaux de la Norvège, à 200<sup>m</sup> de profondeur, on capture les animaux qui ne se trouvent qu'à 600 ou 700<sup>m</sup> dans les eaux des Açores. Ils trouvent un éclaircissement des eaux profondes à peu près identiques à des profondeurs différentes, en raison des climats nébuleux et à nuit prolongée au Nord, ensoleillés et à luminosité intense au Sud.

En revanche, il y a d'autres animaux qui ne restent pas toujours au même niveau; ils fuient la lumière et recherchent l'obscurité; aussi, comme il a été dit à propos du plancton, constate-t-on la nuit, dans les filets de pêche, la présence près de la surface d'animaux que l'on n'y capture jamais le jour. Ils montent dès que le soleil se couche et redescendent à l'aurore. De là des indications faunistiques très différentes pour une localité selon que la pêche a été effectuée le jour ou la nuit.

Il n'y a d'ailleurs pas besoin d'engins et de navires com-

pliqués pour constater des faits analogues sur les plages et les rochers des côtes, où l'on peut capturer la nuit des animaux qui le jour sont cachés dans la vase ou dans les anfractuosités des rochers ou sont simplement contractés. Inversement, il y a des animaux qui ne peuvent vivre que dans des eaux très éclairées et chaudes, comme les coraux constructeurs de récifs des mers équatoriales.

Les êtres dont il vient d'être question ont une coloration fixe; ils ne peuvent pas la modifier; elle est due à des dépôts de pigments inertes accumulés dans les tissus cutanés. Mais il existe en outre, chez certains animaux, des pigments mobiles, susceptibles de se déplacer sous diverses influences physiques; dans certains cas ils se meuvent par action réflexe, dans d'autres, chez divers animaux par action de leur volonté. Ces pigments mobiles sont enfermés dans des cellules spéciales dites *chromatophores*, à l'intérieur desquelles ils peuvent se contracter; ils consistent en une petite quantité de protoplasma coloré et très contractile qui peut s'étaler sous l'action de fibrilles musculaires ou par simple étalement. La gouttelette de protoplasma, au repos, est plus ou moins sphérique; quand elle est en action sa forme devient étoilée; mais tantôt l'étoile a des bras très courts et le protoplasma prend l'aspect d'un polygone dont la surface est beaucoup plus grande que la gouttelette colorée primitive, tantôt l'étoile pousse des prolongements très longs et ramifiés. Dans tous les cas le protoplasma coloré en action recouvre une surface beaucoup de fois plus grande que pendant son repos. On conçoit que lorsque le chromatophore contracté est réduit à une toute petite gouttelette colorée il ne modifie la teinte générale de l'animal que dans une faible proportion. L'ensemble se réduit à un semis de grains

très espacés; au contraire, quand les chromatophores sont étalés, ils arrivent à se toucher, même à se superposer, et la couleur de l'animal est complètement changée.

Supposons qu'un animal incolore ou transparent soit porteur d'une couche de chromatophores disséminés sous la peau; le semis de petits points noirs espacés, quand ils sont au repos, n'altère que très peu sa transparence; mais lorsqu'ils s'étalent l'animal devient noir et opaque. Une complication de ce système d'appareils colorés consiste en ce que les chromatophores peuvent être de plusieurs couleurs; le plus souvent leurs teintes varient du jaune clair au noir, en passant par tous les tons du rose, du rouge, du brun, du violet, quelquefois ils sont bleus ou verts. L'animal peut les faire fonctionner indépendamment les uns des autres, n'étaler par exemple que les jaunes, ou bien les roses, en laissant tous les autres fermés. Il en résulte que tantôt il prend une coloration uniforme, tantôt il se couvre de marbrures de divers tons. Ceci est en rapport avec son pouvoir mimétique; s'il se trouve dans un milieu monochrome il n'étale que les chromatophores correspondant à la teinte de ce milieu; s'il se trouve dans un lieu à plusieurs tons, du sable jaune à coquillages blancs avec des cailloux bruns, il ouvre les chromatophores de ces couleurs, mais en les groupant par plaques de la taille approximative des taches faites par ces objets sur le sol. Les plus merveilleux de ces mimes sont les Céphalopodes qui adaptent instantanément la couleur et les marbrures de leur peau à celle du milieu où ils se déplacent. Les poissons peuvent aussi adapter leur coloration par le même procédé; mais l'opération est beaucoup plus lente et demande plusieurs heures. L'expérience classique consiste à mettre dans un aquarium,

dont le fond est semé de sable à éléments multicolore, des Soles ou des Plies. En quelques heures elles ont pris la teinte et le dessin des accidents du sol. Il est à remarquer que ces animaux sont toujours couchés sur le même côté et qu'une de leurs faces, celle du dessus, exposée à la lumière, modifie sa couleur, tandis que la face appliquée contre le sol, dépourvue de chromatophores, reste blanche.

Chez les Céphalopodes où ces organes atteignent le maximum de perfection, on les voit servir encore à exprimer les passions; la Pieuvre, par exemple, ouvre tous ses chromatophores rouges en même temps qu'elle hérissé toutes les papilles de sa peau, quand elle veut faire fuir un ennemi; elle prend une attitude menaçante, découvre son bec, et il n'y a pas de doute à conserver sur la nature de ses sentiments. Les chromatophores et les pigments modifient la couleur de la peau chez beaucoup d'animaux à l'époque de la reproduction; ils portent à ce moment des livrées généralement plus brillantes.

Nombre d'animaux de petite taille, de larves, voire même d'algues, sont pourvus d'un ou de quelques chromatophores qui jouent probablement un rôle pour l'absorption de diverses radiations de la lumière solaire. Notons enfin que les chromatophores dans la peau des larves ne sont pas répartis au hasard. Chez les jeunes poissons, les premiers apparaissent à un stade précis et dans des points constants de leur peau. Ils se multiplient ensuite, mais en suivant un ordre défini, pour constituer des groupements qui varient selon les espèces, mais sont toujours les mêmes dans une espèce; c'est un des meilleurs repères que les naturalistes possèdent pour arriver à différencier les jeunes poissons. Ces animaux sont toujours très difficiles à déterminer dans leur

jeune âge, et cette position fixe des chromatophores contribue à résoudre ces difficultés. Chez les jeunes Céphalopodes on constate les mêmes faits.

Nous trouverons plus loin, à propos des organes lumineux, une autre utilisation des chromatophores.

Tout ce qui vient d'être dit se rapporte aux rayons de la lumière solaire agissant dans leur ensemble ou sous forme de radiations distinctes; nous avons considéré que les dernières traces de cette luminosité s'éteignent avant d'avoir atteint le fond des océans, et qu'à partir d'un niveau que l'on peut provisoirement fixer entre 1000 et 2000<sup>m</sup> l'obscurité totale règne dans les eaux abyssales.

Est-ce absolument exact? En ce qui concerne la lumière solaire nous sommes certains que les radiations colorées du spectre ainsi que l'infrarouge ont disparu à 1000<sup>m</sup>; mais nous ignorons jusqu'où descend l'ultraviolet. Nous raisonnons ainsi en nous basant sur la vision humaine, qui s'effectue par l'intermédiaire d'appareils d'optique, nos yeux, faits pour fonctionner dans l'air et seulement le jour. Nous ne pouvons pas affirmer que la rétine des animaux abyssaux n'est pas sensible aux radiations ultraviolettes et ne leur fournit pas la vision, sinon précise, du moins suffisante, des objets voisins.

Mais nous savons maintenant, grâce aux précieux échantillons de la faune abyssale rapportés par les croisières océanographiques, qu'il y a un grand nombre d'animaux de mer profonde qui produisent de la lumière. Nous savons aussi qu'à la surface et sur le littoral il y a des êtres qui jouissent du même pouvoir; ils n'y sont pas très nombreux, et leur nombre augmente en même temps que la profondeur, et l'on peut considérer le phénomène comme continu de la

surface aux abîmes. Au début des recherches sur la faune marine, les premiers auteurs pensèrent que ces êtres producteurs de lumière étaient très rares, presque des cas exceptionnels et des monstruosités. On sait actuellement qu'un très grand nombre d'êtres sous-marins sont capables d'éclairer les eaux obscures, et que le pouvoir photogénique est une fonction normale chez ces animaux, pourvus d'appareils spéciaux, construits sur un plan uniforme, mais susceptible d'une infinité de variations.

Il est nécessaire de rappeler sommairement la genèse de ces découvertes. On se figurait jadis, il n'y a pas un siècle, que la vie était impossible dans les abîmes des océans, que l'on qualifiait d'insondables, en raison de la pression qui devait écraser et aplatir tous les objets qui y tombaient; on pensait aussi que la densité de l'eau augmentait tellement qu'elle finissait par devenir plus lourde que les objets solides et ceux-ci ne pouvaient plus toucher le fond. On ne supposait pas que des êtres quelconques puissent y vivre.

Les premiers dragages effectués dans la Méditerranée, qui, en sa qualité de mer close, a, comme nous l'avons dit plus haut, une faune très pauvre, confirmèrent cette opinion. Il fallut de longues années, des observations d'abord occasionnelles et éparses pour faire revenir sur cette opinion. En particulier la découverte de coraux vivants fixés sur le câble télégraphique sous-marin, à 2000<sup>m</sup> de profondeur, dans les eaux de la Sardaigne, fut un trait de lumière. Des expéditions scientifiques furent organisées dans divers pays pour rechercher la faune abyssale; toutes les espérances furent dépassées et en un demi-siècle de croisières tout un monde insoupçonné apparut à la surface.

Au début de ces expéditions on s'attendait à trouver une

faune caractérisée par l'absence des organes de la vue chez ses représentants; on pensait que ces êtres vivant dans le noir absolu n'auraient que faire d'organes de la vision, puisqu'ils ne pourraient fonctionner et que par suite ils auraient disparu. On trouva bien un certain nombre d'animaux aveugles, mais une très grande majorité d'animaux pourvus d'yeux; et, fait remarquable, il y en avait de toutes sortes, d'énormes, de moyens, de très petits; mais les gros yeux étaient les plus nombreux. Il fallut bien en conclure que ces organes ne sont pas inutiles, que leurs propriétaires doivent pouvoir s'en servir, et qu'il doit par conséquent exister une source de lumière abyssale. Puisque la lumière solaire est hors de cause, il fallut chercher ailleurs cette source d'éclairement. Et c'est alors que l'on pensa que, puisqu'il existe dans les eaux superficielles des êtres producteurs de lumière, rien ne s'oppose à ce que des êtres analogues, vivant dans la mer profonde et obscure jouissent du même pouvoir photogénique et constituent dès lors la source d'émission recherchée.

On a découvert dans un très grand nombre de familles d'animaux des êtres pourvus d'organes plus ou moins compliqués, spécialisés pour remplir cette fonction. Ils sont plus nombreux que chez leurs proches parents des eaux superficielles. Il faut aussi remarquer que ces animaux lumineux ne doivent pas être considérés comme localisés seulement à des niveaux profonds; nous avons précédemment noté les mouvements d'ascension de très nombreux êtres planctoniques qui montent la nuit à la surface et redescendent le jour; parmi eux sont des animaux photogènes qui sont capturés à la surface quand on fait des pêches de nuit, mais qu'on ne trouve qu'à plusieurs centaines de mètres

quand on fait des pêches de jour. Leur milieu normal est celui où ils trouvent l'obscurité qu'ils éclairent.

Il résulte des nombreux échantillons étudiés par les naturalistes que des organes lumineux se sont développés chez des animaux adaptés à la vie abyssale, très voisins d'autres qui sont restés dans les eaux éclairées de la surface et n'ont pas d'organes de ce genre; c'est une acquisition secondaire qui s'est produite chez les ancêtres de ces animaux à mesure qu'ils sont, de génération en génération, descendus plus profondément dans des eaux de plus en plus sombres.

On pourrait penser que l'éclairement des eaux abyssales par les animaux doit s'accroître à mesure que la profondeur augmente, puisque le nombre des animaux susceptibles de produire de la lumière est grand dans la faune qui s'y est établie. Il faut remarquer que plus elle descend plus la population devient clairsemée, pour aboutir à disparaître vers 7000<sup>m</sup>; il se produit un maximum d'éclairage dans une région caractérisée par le maximum de richesse de la faune; c'est probablement entre 1000 et 2000<sup>m</sup>; mais il faut se garder de trop préciser, car il est vraisemblable que les choses diffèrent dans les eaux équatoriales et dans les eaux polaires, en raison des différences des conditions physiques dont il a été précédemment question; l'ensemble du phénomène est très général, mais les limites de la zone du maximum de son intensité sont probablement variables.

Nous allons maintenant examiner rapidement les familles d'êtres marins qui fournissent des producteurs de lumière; nous n'indiquerons que les principales.

Les *Bactéries*, comme chacun le sait, sont des êtres tellement petits que nos meilleurs microscopes sont impuissants à définir d'une manière suffisante leur organisation; beau-

coup d'entre elles se ressemblent tellement que c'est seulement par les effets de leur activité que l'on peut arriver à les différencier. C'est ainsi que l'on a établi un groupement spécial pour les *Photobactéries* où l'on a réuni toutes les bactéries productrices de lumière, mais il est probable que c'est là une division artificielle et que l'on peut trouver, dans des bactéries très diverses, ce même pouvoir photogène. Beaucoup de ces bactéries lumineuses ont la forme d'un bâtonnet pourvu de cils vibratiles locomoteurs à l'un des bouts; d'autres sont ovales, ou sphériques; leur luminosité est intermittente. On les a trouvées dans toutes les mers, mais surtout sur le littoral, sur les matières organiques en décomposition; elles sont apportées dans les poissonneries et, en été, brillent sur les détritiques de poisson. On voit aussi devenir lumineux des animaux que l'on a récoltés à marée basse, sur les plages ou les rochers. Des petits crustacés laissent voir leurs organes internes, devenus brillants, à travers leur mince carapace translucide; ils ont été infectés par des bactéries lumineuses, entrées probablement par quelque petite plaie, et qui ont pullulé dans leurs tissus. On peut dans un laboratoire reproduire expérimentalement cette infection par inoculation d'une petite quantité de culture bactérienne sur les animaux les plus divers, et les rendre lumineux. L'illumination dans un verre à expérience débute d'abord faiblement, puis elle s'accroît et devient intense; elle disparaît ensuite ordinairement d'une façon brusque, d'autres fois plus lente. Il semble que des excitations, comme l'électricité, peuvent déclencher la luminosité. On peut les cultiver sur des bouillons de poisson où elles pullulent rapidement en consommant une grande quantité d'oxygène et produisent une abondante lumière qui s'éteint

aussitôt que la quantité d'oxygène dissous devient insuffisante. Elles exigent aussi une température assez basse; dès qu'elle s'élève la luminosité s'arrête. Elles ne s'éteignent pas si l'eau se congèle, et l'on peut obtenir ainsi de la glace lumineuse. Elles supportent sans périr de fortes pressions qui ont été poussées jusqu'à 200<sup>m</sup>. Ces particularités rendent possible, et même probable, l'existence des bactéries lumineuses sur le sol abyssal. Une seule condition leur paraît défavorable, c'est l'insuffisance de la nourriture. Mais si l'on réfléchit que nombre d'animaux vivent et prospèrent dans les mêmes conditions, il n'y a pas de raison pour croire que ce qui leur suffit ne suffirait pas également aux bactéries. Leur présence a d'ailleurs été constatée sur le sol abyssal; ce que nous ignorons, c'est si elles sont susceptibles d'y produire de la lumière.

Cette lumière des bactéries photogènes a été analysée et elle prend place dans le spectre solaire entre le jaune et l'indigo, sur une large bande qui recouvre le vert et le bleu. C'est une lumière qui impressionne fortement notre rétine et il n'y a pas de raison pour penser qu'il n'en est pas de même sur celle des yeux des animaux marins. Aucune trace de rayons caloriques n'a pu y être décelée; c'est donc une lumière froide.

Si donc, comme il est permis de le penser, les bactéries lumineuses vivent sur le sol sous-marin, elles doivent éclairer ce sol d'une faible lueur bleue ou verte; elles peuvent sur une petite épaisseur fournir un éclairage aux animaux qui rampent à plat sur la vase, en particulier à ces poissons mangeurs de boue que nous avons déjà signalés, dont beaucoup sont porteurs de très gros yeux. Ainsi s'expliquerait la grande taille des organes de la vue destinés à capter le

plus possible des lueurs émises par les bactéries photogènes. Mais ceci est du domaine de l'hypothèse, puisque aucune démonstration expérimentale n'est possible.

On s'est demandé si la lumière est produite à l'intérieur ou à l'extérieur de la bactérie, et, en généralisant le problème, si dans l'ensemble des êtres photogènes, la matière lumineuse, ou luciférine, est employée en dedans des cellules qui la fabriquent ou en dehors de ces cellules sous forme de sécrétions.

En ce qui concerne les bactéries, il semble aujourd'hui démontré que l'oxydation de leur luciférine se fait dans l'intérieur de leur corps et qu'il n'en transsude rien au dehors. Cette luciférine n'est pas une matière vivante, car si l'on tue la bactérie, elle conserve son pouvoir de produire de la lumière si on lui donne l'humidité et l'oxygène nécessaires; elle n'est pas une graisse; en revanche l'eau douce la détruit après que l'on a rompu la paroi de la bactérie.

La petite taille de ces bactéries pourrait faire croire que ces êtres n'ont pas grande importance au point de vue de la production de la lumière. Mais on sait aujourd'hui que les bactéries sont tellement répandues partout en quantités incommensurables, tellement associées à la plupart des phénomènes vitaux, que la connaissance de leurs fonctions est du plus grand intérêt pour élucider ce qui se passe dans les êtres plus compliqués. L'accumulation des minimes réactions produites par chacune d'elles finit, vu leur nombre, par les transformer en phénomènes immenses.

Nous laisserons de côté les bactéries pour étudier un autre groupe d'êtres marins, les *Protistes* lumineux, qui sont eux aussi très petits, mais cependant bien plus gros que les bactéries. Ils se rattachent aux plantes et aux animaux.

L'unique cellule qui constitue le corps de ces Protistes est, dans beaucoup de cas, capable de produire de la lumière; mais il faut remarquer que seuls les marins ont cette propriété, et que, parmi eux, seuls les planctoniques de faible profondeur sont photogènes. Ce sont seulement les plus élevés en organisation, les plus compliqués, qui contiennent les éléments nécessaires à cette fonction. On ne s'explique pas d'ailleurs pourquoi dans ce monde énorme de petits êtres pélagiques, dont tous les membres vivent dans des conditions identiques, il y en a beaucoup qui ne produisent pas de lumière, alors que leurs voisins les plus proches jouissent de cette faculté.

Les *Péridiniens*, dont nous avons eu déjà l'occasion de parler, sont sans doute des algues microscopiques à revêtement de cellulose; certaines espèces produisent une faible lumière blanche émise par des grains de luciférine; quand une excitation se produit, par exemple le choc des individus entre eux ou contre d'autres êtres flottants, ou contre le filet qui les capture, un éclair brillant vert se produit, et s'éteint rapidement; on a aussi remarqué que cette lumière ne se produit, même dans l'obscurité d'un laboratoire, que pendant les heures qui correspondent à la nuit; rien pendant celles qui correspondent au jour. Les bactéries au contraire brillent la nuit comme le jour.

Certaines espèces de *Péridiniens* forment des colonies en chapelet dont chacun des grains est lumineux. Ces longues chaînes peuvent être si abondantes qu'elles changent la couleur de l'eau qui, au jour, devient brunâtre, et la nuit est illuminée en bleu par ces Protistes. C'est, dit un des observateurs qui a décrit ce phénomène, un spectacle d'une beauté inimaginable pour les spectateurs à bord d'un pa-

quebot qui traversait un banc de ces Périidiniens; le navire fendait une mer de feu qui illuminait même l'intérieur des cabines.

Chez les *Radiolaires* on trouve dans les mers chaudes des

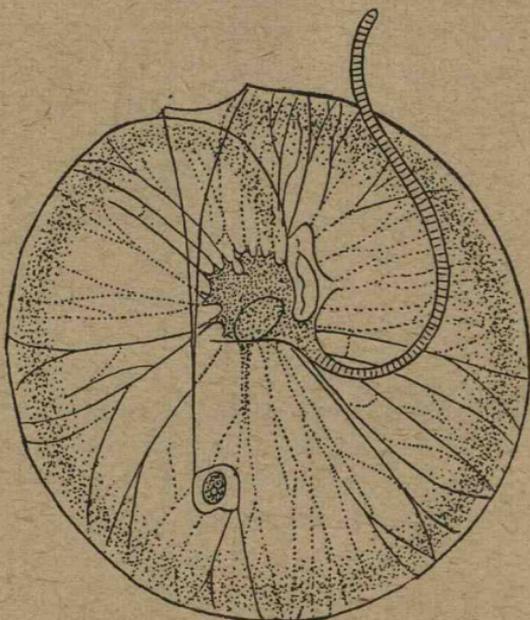


Fig. 40. — *Noctiluca miliaris*. Gross. 60 environ.

espèces qui sont lumineuses; dans la Méditerranée et dans l'Atlantique tempéré, on remarque notamment un *Collozoum* très abondant qui ressemble à de petits ballons lumineux; mais leur luciférine est peu abondante, s'use rapidement, et ils ont besoin d'un assez long repos pour la reconstituer.

Chez les innombrables *Flagellates*, nous trouvons beaucoup de producteurs de lumière; l'exemple classique est celui de la *Noctiluca miliaris* (fig. 40) qui, dans nos climats, est la cause

principale du magnifique phénomène de la mer phosphorescente. C'est un petit corps sphérique, gélatineux, transparent, que l'on peut comparer à un grain de tapioca. Sa lumière est produite par une multitude de petits grains brillants serrés en une calotte polaire qui s'étend progressivement sur ses bords en grains plus espacés. Ces noctiluques bourgeonnent des jeunes avec une extrême rapidité, de sorte qu'aux époques chaudes de l'été, quand les conditions atmosphériques sont favorables, il s'en fait en quelques heures une telle quantité que la surface de la mer en est épaisse. Le moindre choc, une poignée de sable, une pierre lancée dans l'eau déterminent un éclat intense de leur luminosité.

Dans le même groupe des Flagellates on peut signaler les *Pyrocystis* des mers tropicales qui produisent une lumière légèrement rouge.

Nous avons précédemment indiqué la grande variété de forme des animaux qui composent l'immense classe des *Cœlentérés*, répandue dans toutes les mers, à toutes les profondeurs, remarquable par la beauté, l'élégance, la richesse du coloris de beaucoup de ses représentants. A ces qualités esthétiques s'ajoute celle de produire de la lumière, très fréquente chez les Cœlentérés, aussi bien chez ceux du plancton que chez les fixés. Leur corps est entièrement recouvert par un épithélium formé de cellules de diverses sortes adaptées à des usages variés, en particulier à celui de produire de la lumière, soit dans la surface générale de l'animal soit seulement en des points particuliers.

Chez les *Méduses*, le type classique est la *Pelagia noctiluca* (fig. 41) qui vit en bancs immenses dans l'Atlantique et la Méditerranée; sa couleur est rouge brun, due à des taches

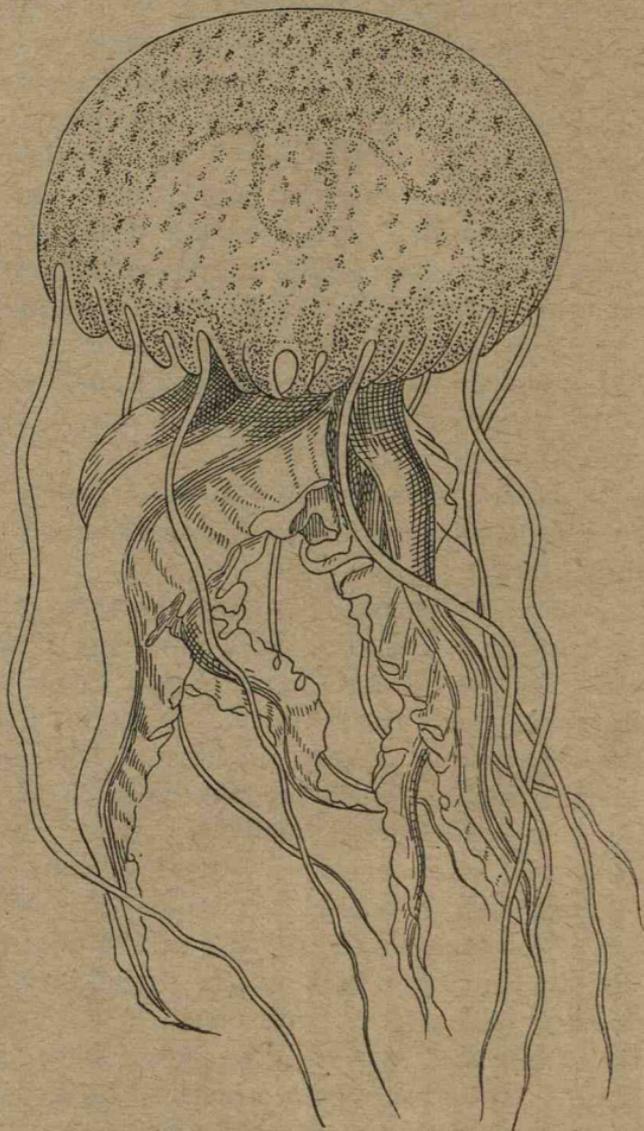


Fig. 41. — *Pelagia noctiluca*. Méduse lumineuse. Réduite de moitié.

disséminées sur le corps incolore. Quand une excitation se produit, l'illumination s'étend sur le dessus du globe en lueurs vertes qui durent quelques minutes et s'éteignent. Si l'on touche du bout du doigt la surface de la Méduse, le mucus qui s'y colle est lumineux, car il renferme des grains de luciférine produits par certaines cellules de la peau. Celles-ci les expulsent par suite d'une réaction nerveuse déterminée par une excitation venue de l'extérieur. Dans d'autres Méduses, ce sont les glandes génitales ou la base des tentacules qui brillent.

Les *Hydroïdes* arborescents et leurs méduses renferment aussi des espèces lumineuses dont les rameaux et les calices, quand ils sont en activité, sont fort élégants.

Les magnifiques *Siphonophores* promènent à travers les eaux des mers chaudes et même tempérées leurs guirlandes élégantes, et diverses espèces ont été vues produisant une vive lumière, mais on n'est pas renseigné sur les conditions de son émission.

Les *Cténophores* sont aussi fort brillamment doués sous ce rapport; leur corps transparent, pourvu de palettes vibratiles irisées, émet des lueurs de couleurs diverses, surtout bleues et vertes, lorsqu'il se produit une excitation. Il semble que dans les mers chaudes l'émission de lumière est instantanée et disparaît immédiatement; dans les mers froides elle dure quelques minutes, elle est plus intense chez les jeunes. Les cellules lumineuses sont disposées dans un canal qui suit les lignes de palettes vibratiles.

Parmi les nombreux Coelentérés qui vivent sur le sol et ne peuvent se déplacer, il faut citer les *Pennatules* qui ont fait l'objet de nombreuses observations; ces magnifiques animaux, en forme de plume, de couleur plus ou moins

rouge, dont les barbes supportent de petits polypes, ressemblent à des fleurs transparentes. Des feux étincelants partant du bas de la tige montent et s'étendent le long des barbes jusque dans les polypes, en suivant des cordons de cellules spéciales situés dans les canaux alimentaires. Ils sont généralement blancs, lilas ou violets. Dans les mers profondes, les *Virgulaires* produisent une lumière analogue, d'autres ont des lueurs bleues, les *Rénilles* en donnent de vertes. Les *Pavonaria*, qui ressemblent à de fort belles fleurs brillant d'une lumière violette, vivent en grand nombre sur des surfaces étendues où elles forment des parterres; ils doivent être d'autant plus merveilleux que des Ophiures en forme d'étoile abondent parmi elles et émettent des rayons verts dessinant leurs contours.

Nous avons eu déjà l'occasion de signaler les oasis dont la végétation est constituée par des *Gorgones* arborescentes de plusieurs mètres de hauteur, aux couleurs vives, dont les polypes sont également lumineux. D'après les observations de Folin, la lumière émise par ces êtres arborescents est assez intense pour que l'on puisse lire à plusieurs mètres d'eux; elle changerait de teinte, rouge, verte, violette, mais il est probable que ceci est dû à ce que plusieurs espèces diverses également arborescentes, des *Isis*, des *Mopsées*, étaient dans la drague mêlées aux *Gorgones*.

On a observé aussi des Coraux et des Actinies photogéniques; on peut donc dire que, dans son ensemble, toute la grande classe des Cœlentérés, dans chacune de ses sections, compte de nombreux et brillants producteurs de lumière.

Les *Échinodermes*, si largement représentés dans la faune abyssale, ne comportent pas, autant du moins que nous le savons actuellement, de producteurs de lumière chez les

*Crinoïdes*; parmi les *Échinides*, on a signalé chez un Oursin le *Diadema setosum*, des points irisés en ligne à la surface du corps; pour les uns ce sont des yeux à facettes, pour les autres des organes photogènes. Il faut noter que dans d'autres animaux, dont il sera question plus loin, les organes récepteurs et producteurs de lumière sont construits sur le même plan, et qu'il faut les observer vivants pour les différencier. La question reste en suspens pour cet Oursin, mais les quelques expériences faites sur elle sont négatives et l'on doit considérer pour le moment les Oursins comme dépourvus d'organes lumineux.

En revanche les *Ophiures* sont très brillantes sur les fonds variés où elles rampent au moyen de leurs cinq bras grêles et mobiles en répandant de vives lueurs vertes. Nous venons de les signaler dans les mers où elles vivent avec les Cœlentérés fixés; on en trouve de nombreuses espèces lumineuses à toutes les profondeurs, sous toutes les latitudes.

L'examen histologique de ces animaux a montré que les organes producteurs de lumière sont formés de cellules productrices de luciférine profondément situées dans les tissus des épines et des plaques cutanées; elles ne déversent pas de sécrétion au dehors et leur lumière est produite intérieurement sans contact avec l'eau de mer.

Des *Astéries* de mer profonde, dont le type est le genre *Brisinga*, sont signalées comme produisant de la lumière, mais on n'a pas d'observations récentes précises et il est possible qu'il y ait eu erreur sur ce point. Quant aux *Holothuries*, jusqu'à présent, on n'en connaît aucune lumineuse.

Parmi les *Vers* signalons les *Chétognathes*, abondants dans le plancton; ils n'ont pas été suffisamment étudiés sous le rapport de la luminosité; les *Annélides*, du groupe des *Sylli-*

*diens*, présentent quelques espèces lumineuses dont les cellules photogènes sont disséminées un peu partout ou sont groupées en certains points du corps, par exemple sur des tentacules de la tête dans lesquels pénètre le sang rouge de l'animal (*Polycirrus*); il s'en sert comme organe de défense. Un autre, *Odontosyllis*, n'est brillant qu'à l'époque de la reproduction, au moment où il émet ses œufs ou sa semence et il s'éteint ensuite; ceci se produit en été à des jours correspondant avec certaines phases de la Lune, le matin au lever du Soleil. Leurs cellules à luciférine se trouvent à la base des soies locomotrices; elles sont réunies à des cellules à mucus et à d'autres encore qui peut-être sécrètent une matière excitante dont la production déclenche la lumière de la luciférine. C'est la première fois que nous trouvons un organe lumineux bien défini et ne se composant pas seulement de cellules isolées, disséminées dans le tégument et plus ou moins rapprochées les unes des autres. Nous trouverons maintenant de véritables organes bien localisés et de plus en plus compliqués.

Il faut encore citer les Annélides, du groupe des *Polynoe*, qui ont des élytres en forme d'écaillés en double rangée sur leur face dorsale; ces appendices portent souvent des organes producteurs de lumière bleue ou verte qui fonctionnent par l'action d'un choc dans l'eau, du contact d'un corps solide, d'un changement de température, d'une excitation électrique. La vivacité de l'éclat augmente avec la température jusqu'à 40°; à ce moment l'Annélide meurt. Les cellules à luciférine forment de petits groupes isolés à la surface inférieure des élytres qui sont en outre entourées, sur leur bord postérieur, par un grand nombre de ces amas; ils sont tous réunis par un seul réseau nerveux partant du

centre de l'élytre. Au milieu de chacun des amas est une papille creusée d'un anal par lequel s'écoule la sécrétion de nature colloïdale, et non granuleuse, comme dans les animaux précédemment décrits.

Les *Tomopteris* sont de jolies Annélides pélagiques, transparentes, dont les nageoires portent des organes lumineux spécialisés. Signalons enfin le *Chétopère* qui vit dans un tube parcheminé qu'il sécrète dans le sable de nos côtes. Cette magnifique Annélide, aux formes singulières, émet par de nombreuses parties bien définies de son corps une forte lumière d'un beau vert.

Dans la classe des *Mollusques*, nous ne dirons que peu de chose des groupes inférieurs et nous laisserons de côté les plus perfectionnés, les Céphalopodes, que nous reprendrons un peu plus loin.

Chez les *Gastéropodes* les organes producteurs de lumière sont très peu répandus; tout récemment M. Risbec en a signalé sur les papilles dorsales d'un petit nudibranche de Nouméa; ils émettent des éclats intermittents; l'étude histologique n'en a pas encore été publiée. Un animal adapté à la vie pélagique, le *Phyllirhoe bucephalum*, transparent, aplati, qui vit dans la Méditerranée, a dans sa peau de grosses cellules glandulaires groupées, enfoncées dans le tissu sous-jacent, comme dans un sac, remplies d'un mucus granuleux, ouvertes à la surface par un petit pore. Des fibrilles peuvent comprimer la cellule pour en faire sortir le contenu qui, au contact de l'eau, brille d'un vif éclat.

Nous trouvons chez les *Pélécy-podes* ou bivalves un animal, la *Pholade*, qui a fourni à M. Dubois de très intéressantes observations sur la production de la lumière chez les Mollusques. La Pholade a deux coquilles rugueuses avec les-

quelles, fonctionnant comme une vrille, elle perce des trous dans les rochers de nos côtes, assez profonds pour s'y loger tout entière. Ses deux siphons peuvent seuls émerger et amener, l'un, l'eau pour son alimentation, l'autre évacuer cette même eau chargée des déchets de l'animal en même temps que de ses œufs.

Quand on ouvre le corps du Mollusque on trouve des régions de son tégument fortement épaissies par une structure glandulaire douée de la fonction de sécréter la matière photogène. Il y a deux longues bandes ondulées dans le siphon excréteur, une autre paire triangulaire se trouve contre les muscles rétracteurs; la troisième forme un ruban étroit sur les deux bords du manteau; ils viennent se rejoindre, de façon à simuler un fer à cheval. Ces glandes ne sont qu'une modification de la peau ciliée; elles renferment de grosses cellules dont chacune a un fin canal excréteur qui déverse au dehors ses produits qui sont de très fins granules de luciférine. D'autres cellules de même forme semblent remplies d'un mucus sans granules, contenant une matière spéciale, la luciférase. La réunion de la luciférine et de la luciférase produit une brillante lumière; ces deux matières réunies sont rejetées au dehors par le siphon excréteur dans un fort jet d'eau, qui semble un jet de feu bleu ou vert, quand l'animal se contracte. Dubois est arrivé à isoler les deux produits qui, séparément, ne brillent pas, mais forment une masse lumineuse dès qu'on les mélange.

Les *Crustacés* producteurs de lumière sont nombreux; nous dirons peu de chose des familles inférieures; comme pour les Mollusques nous parlerons un peu plus loin des types supérieurs. Presque tous ces Crustacés lumineux sont pélagiques. Les *Ostracodes*, en général très petits et enfermés

entre deux valves analogues à celles des Mollusques pélecypodes, vivent les uns dans le plancton, les autres sur le sol marin. Ils ont des glandes à luciférine qui évacuent leur produit dans l'eau, illuminée ainsi autour d'eux comme un petit nuage de lumière bleu ciel. Chez certains d'entre eux le produit des cellules s'accumule dans un réservoir qu'ils ne vident que dans certaines conditions. Il y en a quelquefois en telle quantité que de grandes étendues de la mer semblent en feu; les naturalistes japonais ont étudié et décrit ces animaux communs dans les mers de leur pays.

Les *Copépodes*, dont nous avons à plusieurs reprises signalé l'abondance et l'importance dans la vie océanique, malgré leur petite taille, sont aussi doués de la faculté photogénique. On en a observé au Spitzberg des bancs énormes depuis le large jusqu'à la côte, où les vagues les lançaient sur la neige des plages qui devenaient lumineuses et bleues. L'organe producteur est une glande placée derrière la tête, d'où s'échappe par intermittence la matière lumineuse. Chez d'autres espèces il y a plusieurs glandes, quelquefois un grand nombre, placées en des points divers du corps et construites sur le même modèle. Il est probable que la production de ce petit nuage lumineux est une manière pour l'animal d'échapper à la poursuite d'un ennemi qui se jette sur ce leurre brillant pendant que le Copépode s'enfuit.

Parmi les Tuniciers signalons les *Pyrosomes*, en forme de dé à coudre, qui, dans certaines espèces, dépassent 1<sup>m</sup> de long. Ces animaux pélagiques sont en réalité des colonies formées de milliers d'individus accolés dans la paroi gélatineuse du cylindre, et dont chacun est pourvu d'un petit organe producteur de lumière. Quand ils fonctionnent tous ensemble, ils produisent une sorte de flamboiement rouge,

bleu, violet, qui se déplace et donne un spectacle merveilleux.

Les organes lumineux que nous avons signalés jusqu'ici dans les classes les plus diverses d'animaux peuvent être groupés en deux catégories; la première est constituée par ceux qui, réduits à des cellules isolées, éparses en des points divers du corps, sécrètent la matière photogénique. La seconde comprend ceux qui sont pourvus d'appareils plus perfectionnés; les cellules sont groupées en glandes, ayant quelquefois un réservoir commun où leur sécrétion s'accumule en attendant d'être expulsée par les contractions de fibrilles musculaires.

Il nous reste une troisième et dernière catégorie comprenant les porteurs d'appareils beaucoup plus perfectionnés; leur lampe consiste d'abord en un organe producteur de lumière et, ensuite, en un appareil d'optique, formé de miroirs et de lentilles, destiné à modifier, à diriger les rayons fournis par la source lumineuse.

Il n'y a que trois groupes d'animaux qui présentent cette disposition compliquée : les *Crustacés supérieurs*, les *Céphalopodes*, les *Poissons*, et seulement chez leurs représentants de mer profonde pour les deux derniers. Dans ces trois groupes l'appareil lumineux est construit sur un plan uniforme, mais les variantes en sont extrêmement nombreuses, et l'on peut dire que chaque espèce diffère des autres par quelques détails de construction de ses appareils, sans toutefois modifier rien d'important dans le thème fondamental.

Ces appareils sont, en somme, construits comme un œil qui, au lieu de recevoir des rayons lumineux, est au contraire chargé d'en émettre. L'organe fondamental est, dans un œil, la rétine formée d'innombrables bâtonnets parallèles;

de même, dans un organe lumineux, la couche photogène est formée d'innombrables cellules allongées, grêles, ressemblant aux bâtonnets et disposées comme eux.

Si l'on veut avoir une idée sommaire de l'appareil il faut le comparer à un œuf de poule dont on enlèverait le gros bout; la coque solide constitue dans l'œil la sclérotique, dans l'organe lumineux une couche conjonctive épaisse à laquelle on pourrait donner le même nom. L'extérieur de la coque est recouvert d'un vernis noir ou très foncé, et l'intérieur est enduit d'une couche argentée mince analogue à la choroïde. Plaçons encore à l'intérieur une épaisse couche de tissu transparent, recouverte en dedans par la couche photogène analogue à la rétine. Ces deux couches tiennent la place du blanc de l'œuf. Enfin la place du jaune est occupée par une masse de tissu transparent, vitré, jouant le rôle de l'humeur aqueuse de l'œil. Nous avons enlevé le gros bout de l'œuf, remplaçons-le par une lentille de cristal biconvexe, appliquée contre le corps vitré central. Par le petit bout de l'œuf, faisons entrer un nerf très développé qui s'épanouit sur la couche photogène rétinienne.

Quand l'appareil fonctionne la couche photogène s'allume, les rayons émis ne peuvent sortir par le fond ou les côtés de l'organe qui sont recouverts de vernis noir; ils sont reflétés par la couche interne argentée et ne peuvent sortir qu'en traversant le corps vitré et la lentille biconvexe qui les transforme en un pinceau lumineux éclatant et parfaitement délimité comme par une lanterne à projection. Telle est, sommairement exposée, la structure de cet appareil; nous verrons quelques-unes des complications et des perfectionnements qu'il peut présenter; il peut aussi dans certains cas être plus simple par atrophie de quelque partie.

Les animaux qui en sont pourvus peuvent quelquefois n'en avoir qu'un seul, plus souvent une paire, dans beaucoup de cas un grand nombre s'élevant à plusieurs centaines, comme chez beaucoup de Céphalopodes et de Poissons. Ils peuvent être à la surface du corps ou enfoncés dans des tissus internes, le foie, la poche du noir.

Le premier naturaliste qui vit un grand Céphalopode vivant étinceler de feux multiples et diversement colorés fut Verany, de Nice; il décrivit en style lyrique ce merveilleux phénomène, mais, soit que l'on n'ait pas cru l'auteur, soit qu'on n'ait pas eu l'occasion de retrouver d'autres individus de cet animal des grandes profondeurs, on n'en parla plus pendant plus d'un demi-siècle. C'est seulement depuis une trentaine d'années que de nombreux savants étudièrent les animaux recueillis par les croisières, et depuis lors on a trouvé une foule de représentants de la faune abyssale pourvus de ces organes si remarquables.

Voyons comment le schéma général que nous venons d'esquisser se trouve réalisé dans les trois classes du règne animal où la présence d'animaux lumineux a été jusqu'à présent signalée.

Nous commencerons par les Céphalopodes chez lesquels ils atteignent le maximum de perfection. On sait que ces animaux se divisent en deux grandes sections : les Octopodes, dont le type est la Pieuvre, à 8 bras, et les Décapodes à 10 bras, dont les types communs sont le Calmar et la Sèche.

Les Octopodes porteurs d'appareils photogènes se réduisent jusqu'à présent à une seule espèce, entièrement noire, pélagique de mer très profonde, qui, contrairement à ce que l'on trouve chez les Décapodes, a une seule paire d'organes

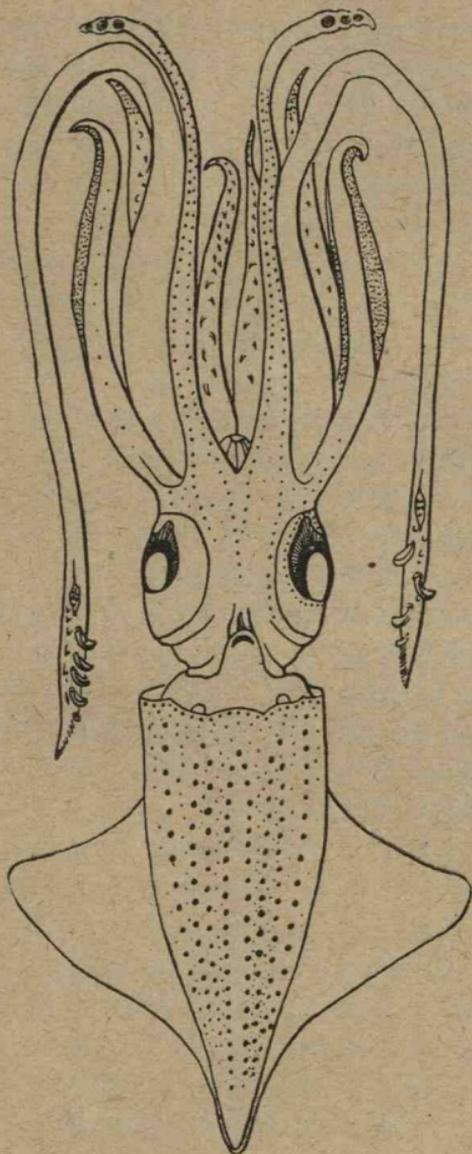


Fig. 42. — Céphalopode lumineux.  
*Abraliopsis Pfefferi* Joubin. Grand. nat.

lumineux sur le dos, construits d'ailleurs sur le plan général.

Les Décapodes ont leurs organes lumineux sur la face ventrale; souvent, quand il y en a beaucoup, ils débordent sur les flancs, quelques-uns même s'aventurent jusque sur le bord du dos. Ils en ont également sur les bras, ils peuvent même s'y grouper et se fusionner en masses compactes à la pointe et constituer alors de vastes flambeaux. Tous ces organes peuvent être ramenés à deux types; ceux dont les cellules à luciférine déversent leur sécrétion au dehors, ceux dont la luciférine n'est pas évacuée et brille par oxygénation due au sang qui circule autour de l'organe clos. Il est probable que dans ces appareils complexes la couche de cellules photogènes est dérivée de l'épithélium cutané comme chez les animaux inférieurs, et que toutes les autres parties complémentaires sont d'origine mésodermique.

Dans les types les plus simples la couche photogène n'est qu'un pli de la peau et elle s'ouvre largement au dehors.

Nous avons dit qu'entre le réflecteur argenté interne et la couche photogène comparable à une rétine il y a une lame épaisse de tissu transparent qui occupe la place du blanc dans un œuf. Dans les Céphalopodes à organes perfectionnés, cette couche devient extrêmement compliquée; les cellules qui la composent se transforment en petites lentilles biconvexes, transparentes, empilées sur un grand nombre de rangées, les plus petites près du centre de l'organe, les plus grandes en dehors, contre la couche argentée. Si l'on examine des coupes de cet organe, cet empilement de petites lentilles, disposées avec la plus grande régularité, forme comme une corbeille de vannerie dans laquelle se pose la couche photogène. Ces lamelles lenticulaires superposées

polarisent la lumière qui, réfléctée ensuite par la couche argentée, traverse la grosse lentille frontale pour sortir au dehors.

La lentille biconvexe qui ferme la lampe en haut est le plus souvent homogène, mais il arrive aussi qu'elle est composée, comme un cristallin, de couches transparentes emboîtées qui ne sont pas de même structure histologique et réalisent un système achromatique. Inversement, la lentille dans certains cas peut être rudimentaire.

Par-dessus la lentille passe l'épiderme transparent, très mince, qui joue le rôle de cornée. Quand on regarde à travers la cornée et le cristallin dans l'intérieur de l'organe, on aperçoit le réflecteur argenté qui tantôt est blanc, tantôt rouge, tantôt bleu. Ces couleurs ne paraissent que quand l'animal est frais; elles disparaissent après les fixations et par l'action de l'alcool. Dans certains Céphalopodes il y a des organes lumineux juxtaposés, notamment ceux qui sont fixés sur le globe de l'œil; ils n'ont pas la même couleur, et la position d'un organe bleu, par exemple, est toujours la même dans la même espèce. Ailleurs on trouve un organe rouge sur la poche du noir, deux organes bleus à la base des bras, un vert à la pointe des tentacules, etc. Ces caractères sont constants et sont utilisés pour la distinction des espèces.

A côté de l'appareil lumineux proprement dit peuvent se juxtaposer des organes accessoires. Le plus intéressant est un réflecteur externe qui consiste en une nappe de tissu conjonctif, constitué par une grande quantité de lamelles transparentes superposées. Ce miroir a la forme d'une ellipse légèrement concave, à l'un des foyers de laquelle se trouve la lentille du projecteur; les lamelles du miroir extérieur sont illuminées à la base, quand la lampe fonctionne,

et forment une nappe ovale lumineuse mais mate, tandis que l'orifice de la lampe brille comme une étoile. Cet éclairage des lamelles du miroir à leur base d'insertion est comparable au phénomène bien connu des fontaines lumineuses.

Ajoutons encore que des chromatophores de diverses couleurs viennent chez quelques Céphalopodes s'interposer entre l'épiderme et la lentille; quand ils s'étalent ils modifient la couleur du faisceau lumineux à sa sortie de la lampe, comme si, par exemple, un verre rouge venait se placer devant la lentille. Quand les chromatophores sont fermés, leur faible dimension ne peut altérer l'éclat de la lumière.

Nous avons vu, chez les Crustacés inférieurs, les organes photogènes simples; il nous reste à décrire les organes perfectionnés des Crustacés supérieurs. D'une manière générale ils ne diffèrent pas essentiellement de ceux des Céphalopodes.

Chez les *Schizopodes* ils sont très fréquents dans deux familles, les Euphausies et les Mysis, qui ont l'aspect général de crevettes; ce sont des animaux planctoniques vivant dans les mers froides près de la surface, mais qui, le plus souvent, sont bathypélagiques et descendent jusqu'au delà de 1500<sup>m</sup>; le plus grand nombre se tient à 300<sup>m</sup> de profondeur.

Leurs organes lumineux sont habituellement placés à la base des pattes abdominales, mais aussi sur les mâchoires, sur le thorax, ou même sont inclus dans l'intérieur des yeux; ils sont en petit nombre, ordinairement une dizaine, exceptionnellement il y en a davantage. Ils ressemblent à de petits yeux brillants, enchâssés comme une perle dans un cercle coloré, surtout en rouge. Des coupes pratiquées sur ces appareils nous montrent la cupule pigmentée,

tapissée en dedans par une épaisse couche lamelleuse, puis la couche des cellules photogènes, comme chez les Céphalopodes. Le centre est occupé par un corps vitré transparent, strié. La lentille, enchâssée au gros bout de la lampe en forme d'œuf, est plus compliquée et composée de diverses couches emboîtées transparentes, dont le dispositif varie avec les diverses espèces.

L'organe lumineux inclus dans l'œil est plus simple; cependant les mêmes éléments s'y retrouvent : la couche de pigment, le réflecteur, les cellules photogènes; mais les tissus de la lentille sont moins séparés en régions définies, les cellules sont plus éparses, bien que formant dans leur ensemble un amas transparent.

Tous ces crustacés, Mysis et Euphausies, vivent en bancs énormes et produisent une vive lumière, chaque individu lançant de petits éclats intermittents. Mais quand ils viennent s'échouer sur une plage leur lumière est assez longtemps continue avant de s'éteindre définitivement.

Parmi les Crustacés supérieurs se trouvent quelques types intéressants, les uns incolores, les autres du plus beau rouge, qui sont pélagiques entre 500 et 2500<sup>m</sup> de profondeur; beaucoup émettent des rayons lumineux généralement bleus, les uns sous forme de nuages dus à l'émission par des glandes d'une bouffée de luciférine qui s'illumine au contact de l'eau, les autres au moyen d'organes perfectionnés. Ceux-ci se trouvent chez divers *Sergestes* et *Pénéides*; ils sont constitués par les mêmes pièces que nous avons déjà trouvées chez les Céphalopodes, sans différences fondamentales : couche lumineuse, réflecteur, lentille formée par la cuticule de la peau. Ces organes sont enchâssés dans

une base de pigment qui est bleu sur l'animal vivant et devient rouge sous l'action des réactifs.

Les Poissons nous fournissent un contingent considérable de porteurs d'organes lumineux. Plus on étudie les collections, même anciennes, rapportées par les diverses expéditions océanographiques, plus leur nombre augmente, car autrefois on ne soupçonnait pas leur existence et ils passaient inaperçus dans les échantillons plus ou moins mal conservés. En reprenant leur examen, on a dû reconnaître leur très grande généralité.

Ces organes sont surtout fréquents chez les poissons osseux. Chez les cartilagineux il faut citer une torpille, qui vit dans l'océan Indien vers 1000<sup>m</sup> de profondeur; elle est aveugle mais porte une série de points lumineux sur le bord de son disque. Un requin, le *Spinax niger*, produit de la lumière; quelques autres squales ont de petites taches en forme de perles lumineuses enchâssées dans un cercle pigmenté.

Nous retrouvons encore chez les Poissons l'organe typique dont nous avons déjà parlé, avec des variantes innombrables sur le thème fondamental. Mais ils présentent un fait très spécial dans leur disposition à la surface du corps, c'est leur relation avec l'appareil connu sous le nom de *ligne latérale* et qui se trouve chez tous les poissons; seuls quelques organes photogènes isolés ne sont pas en rapport direct avec la ligne latérale, encore qu'il soit probable que des nerfs les y relie. Il faut remarquer que les appareils lumineux sont toujours placés sur le ventre et les côtés du poisson; on ne connaît que de rares exemples où quelques-uns sont dorsaux (*fig. 43*).

Si l'on examine un poisson quelconque, on distingue au milieu de ses flancs une série d'écaillés percées chacune d'un

petit trou, dont l'ensemble forme une ligne partant de la

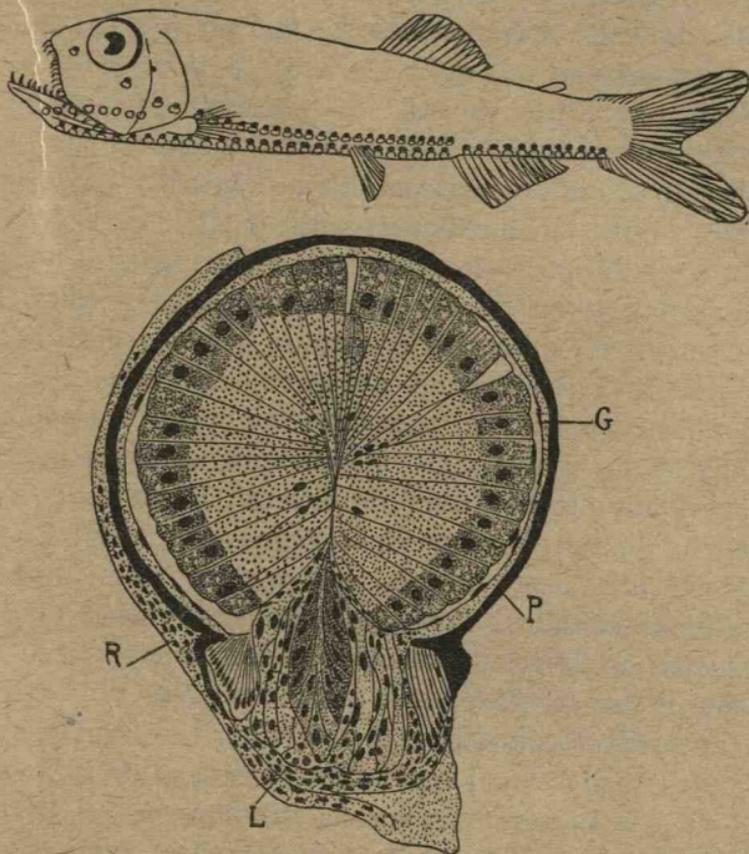


Fig. 43. — *Vinciguerria lucetia* Garm. Poisson lumineux, de 40<sup>mm</sup>, capturé jusqu'à 3200<sup>m</sup> de profondeur. En haut, l'ensemble de l'animal; en bas, coupe d'un organe lumineux, d'après Brauer. L, lentille; P, pigment noir; G, cellules glandulaires; R, réflecteur. Gross. 200 environ.

tête, derrière l'opercule, jusqu'à la nageoire caudale. Mais cette ligne se continue sur la tête par d'autres rangées de

trous disposés en séries à sinuosités variables dans les divers poissons; il y en a sur le bord des deux mâchoires, autour des yeux et des narines, sur le front, etc. Si l'on examine ces trous on voit qu'ils s'ouvrent dans un canal longitudinal, rempli de mucus, où viennent s'épanouir des bouquets de cellules ciliées sensorielles, en rapport avec un nerf partant du cerveau, le nerf latéral; son origine est très voisine de celle du nerf acoustique.

On suppose que cet organe, par l'intermédiaire du nerf latéral, fournit au poisson qui le porte une sensation de pression, de direction, dont nous ne pouvons nous rendre compte. Chez les poissons abyssaux, une adaptation de ces organes sensoriels les transforme en appareils lumineux; jamais on ne trouve cette modification chez les poissons d'eau douce ni chez ceux du littoral. Chez les poissons marins de grande profondeur, on constate toutes les variations possibles entre un très petit nombre, deux ou trois, et plusieurs centaines d'organes de la ligne latérale devenus lumineux; on en trouve sur tous les canaux muqueux dont il vient d'être question, mais ceux-ci peuvent se dédoubler en deux rangées parallèles; il y en a sur les barbillons, sur les papilles frontales, jusque dans l'intérieur de la bouche.

Nous n'insisterons pas sur la structure de ces organes qui ressemblent à ceux des Céphalopodes; les uns sont simples, les autres compliqués; nous y retrouvons la couche noire externe, le réflecteur interne, une couche de cellules productrices de lumière sécrétant une luciférine qui tantôt est évacuée au dehors par un canal, tantôt reste à l'intérieur de l'appareil. Le tout est recouvert par une lentille biconvexe. Chez certains poissons un repli noir de la peau du voisinage de l'organe peut se rabattre par-dessus et le masquer;

ailleurs il y a un réflecteur en dehors de l'organe photogène. On trouve aussi des appareils composés, formés de plusieurs organes distincts, réunis dans la même enveloppe noire; il y en a quelquefois tout contre l'œil, presque dedans; nous avons décrit un dispositif analogue chez les Céphalopodes et les Crustacés.

Signalons encore un poisson singulier de grande profondeur, l'*Ipnoptis Murrayi*, complètement aveugle, mais qui porte sur le dessus de la tête deux grandes plaques transparentes sous lesquelles sont placés deux organes photogènes.

Les organes lumineux de tous ces animaux ont plusieurs usages; ils sont évidemment destinés à éclairer autour d'eux une zone plus ou moins étendue, selon leur puissance. Cet éclairage est efficace, chez les gros Céphalopodes, à plusieurs mètres, comme nous en avons été témoin. Dans beaucoup de Céphalopodes et de Poissons, des organes disposés, souvent en groupes serrés, au bout des tentacules ou des barbillons buccaux, indiquent un dispositif destiné à attirer des proies dans le voisinage; c'est alors un piège pour la chasse. La disposition dans un ordre constant de certains organes, ayant diverses couleurs, brillant d'éclats ou de feux continus émis par des appareils situés toujours aux mêmes endroits, réalise une sorte de signe de reconnaissance entre individus de même espèce. Ils fonctionnent comme les feux de position et les signaux lumineux d'un navire dans l'obscurité. Peut-être est-ce encore un moyen de rapprochement des sexes; les individus se reconnaissent de loin dans la nuit; il est possible que les mâles et les femelles d'une même espèce n'aient pas le même dispositif optique. Ici nous ne pouvons faire que des hypothèses.

Le mode de pénétration de la lumière dans l'épaisseur

des eaux marines, qui se fait sous la forme compliquée dont nous avons essayé de donner un aperçu, entraîne des modifications importantes dans les organes chargés chez les animaux de percevoir ces radiations. La vision se trouve



Fig. 44. — *Eryonicus cæcus* Spence-Bate.

Crustacé aveugle de grande profondeur (jusqu'à 3000<sup>m</sup>). Grand. nat.

influencée par des conditions de milieu complètement différentes de celles où fonctionnent les organes visuels des animaux terrestres; de même ceux qui ne quittent pas la surface des eaux se trouvent dans des conditions très différentes de ceux des grandes profondeurs. Ceux dont la descente progressive dans les abîmes de la mer s'est effectuée trop brusquement se sont bientôt trouvés dans la double alternative de devenir aveugles par impossibilité de faire

fonctionner leurs yeux ou d'adapter ceux-ci aux conditions nouvelles par des modifications de détail de leur dispositif optique, sans toutefois les modifier de fond en comble; leur construction est, en effet, établie sur un plan fondamental immuable. Il faut aussi tenir compte, pour en expliquer le fonctionnement et les adaptations, que la lumière solaire n'est pas la seule qui éclaire le fond ou l'épaisseur des eaux obscures, et que les yeux des animaux doivent percevoir des points mobiles étincelants par éclats et diversement colorés. On vient de voir que les animaux lumineux réalisent ce mode d'éclairement des eaux abyssales.

Nous avons dit que lors des premières découvertes d'êtres vivants dans les grandes profondeurs on pensait n'y trouver que des animaux aveugles; on ignorait que certaines radiations du spectre peuvent descendre très bas dans la mer, et aussi l'existence d'êtres photogènes. Il fut prouvé plus tard que parmi les représentants abyssaux des familles d'animaux qui, à la surface, ont des yeux, certains, en effet, sont aveugles; mais un bien plus grand nombre ne le sont pas, tout au contraire.

Nous donnerons seulement quelques indications sur ces animaux atteints de cécité, pour montrer que ce ne sont pas des aveugles par accident, ou par malformation occasionnelle de l'organe de la vue, comme il y a des gens qui naissent dépourvus de bras, mais que cette atrophie est générale dans cette famille, où tous les représentants, actuellement connus, sont toujours aveugles. Il n'est pas possible de donner une explication précise de ce phénomène, nos connaissances sur l'embryologie de ces êtres étant plus que rudimentaires et même le plus souvent complètement nulles.

Cependant on peut dire que les êtres qui sont fixés sur

le sol marin, ou qui déambulent sur la vase sans jamais la quitter, ont une tendance à perdre leurs organes de la vue beaucoup plus marquée que ceux qui font partie du plancton, ou qui sont organisés pour se déplacer rapidement au moyen de pattes ou de nageoires. Mais, là encore, il y a quelques exceptions que nous ne pouvons expliquer. Remarquons encore que les animaux du fond ont très souvent des larves planctoniques qui viennent près de la surface passer la première partie de leur existence à la lumière où elles ont besoin d'yeux. Elles ne descendent dans les régions obscures qu'au moment de devenir adultes et leurs yeux alors peuvent disparaître ou s'atrophier.

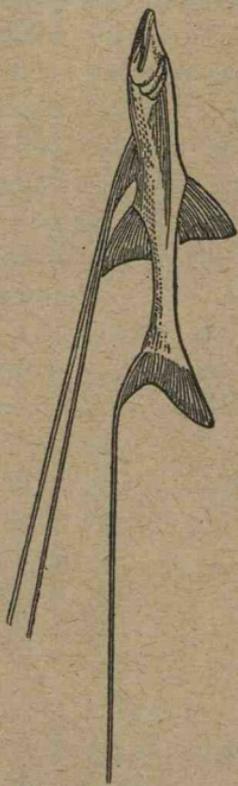


Fig. 45. — *Benthosaurus grallator*, Poisson aveugle, pourvu de longs appendices tactiles, capturé à 3000<sup>m</sup> de profondeur; d'après Murray. Grand. nat. = 70<sup>em</sup> environ.

Parmi ces êtres aveugles on peut citer quelques exemples : les *Pecten*, dont le représentant le plus connu est la coquille de Saint-Jacques, ont des yeux très perfectionnés chez les espèces côtières, tandis que celles des grands fonds en sont dépourvues ; d'autres Mollusques sont dans le même cas. Chez divers grands Crustacés (fig. 44), on remarque une atrophie des yeux qui ne leur permet plus de fonctionner, et l'on peut même suivre, dans une espèce, la disparition progressive des yeux quand on étudie des échan-

tillons pêchés à des profondeurs de plus en plus grandes. Quelques poissons ont encore des traces d'yeux privés de nerfs optiques qui par conséquent ne sont plus fonctionnels; chez d'autres ils ont totalement disparu (*fig. 45*).

On remarque donc qu'il y a des degrés de cécité; chez les uns l'œil est seulement plus petit, chez d'autres il commence à perdre certaines parties accessoires, mais non indispensables à une vague distinction entre la nuit et le jour; puis la rétine disparaît et dès lors ce qui reste de l'œil est inutilisable. Chez un Céphalopode abyssal les deux yeux ont quitté la symétrie latérale et se sont enfoncés sous les téguments; l'un d'eux est presque complètement atrophié, l'autre l'est moins, mais tous les deux sont incapables de fournir aucune image. Même chez certains Crustacés l'œil pédonculé disparu est remplacé sur sa base par une petite antenne qui, vraisemblablement, est un organe sensitif destiné, autant que nous pouvons l'imaginer, à suppléer par un moyen détourné au sens de la vue qui fait totalement défaut.

Les yeux sont particulièrement bien développés chez les Poissons, les Céphalopodes et les Crustacés; ce sont des organes de haute précision qui donnent à ces animaux des images d'une grande netteté avec la sensation du relief. Ils sont capables de voir dans l'obscurité et sont pourvus, pour cette fonction, d'adaptations analogues à celles que l'on observe chez les animaux nocturnes aériens.

On doit remarquer d'abord que chez les animaux abyssaux la dimension des yeux est fortement accrue; il y a des Poissons dont les yeux tiennent le tiers ou la moitié de la tête; souvent ils sont plus bombés; il en est de même chez les Crustacés et les Céphalopodes où beaucoup des espèces

de mer profonde se reconnaissent tout de suite à ce caractère. On dirait que ces animaux vivant dans un milieu où les radiations lumineuses sont très faibles ont agrandi leurs yeux pour en capter le plus possible. On sait, par exemple, que les anguilles ont de petits yeux tant qu'elles vivent dans les eaux douces, mais qu'au moment où elles vont entreprendre leur grande migration abyssale elles se transforment et doublent au moins le diamètre de leurs yeux. D'autres modifications se font aussi remarquer dans les organes qui servent à régler l'entrée des radiations lumineuses dans les yeux.

Une autre modification très remarquable des yeux se voit chez divers animaux planctoniques de grande profondeur; elle intéresse la forme de l'œil qui, habituellement sphérique, s'allonge et devient cylindrique; l'appareil lenticulaire placé à l'entrée de l'œil occupe alors l'un des bouts du cylindre, tandis que la rétine est refoulée à l'autre bout. En effet, dans un œil normal, la rétine tapisse presque les deux tiers de l'intérieur de l'œil, ici elle s'est atrophiée sur les côtés du cylindre et sa partie fonctionnelle est développée seulement au fond. Ces yeux sont qualifiés de *télescopiques*, et l'on connaît même un Céphalopode où il y a deux replis dans la peau du cylindre qui permettent à la moitié antérieure de l'œil de rentrer dans la postérieure comme les tubes d'une longue-vue. Les deux yeux juxtaposés de ces Céphalopodes, de même que chez divers Poissons, ont l'aspect extérieur d'une jumelle avec cette particularité chez le Céphalopode qu'il peut les incliner latéralement dans des sens différents. Il faut remarquer que dans ces yeux télescopiques le grand axe peut être vertical par rapport à l'axe longitudinal du poisson; la jumelle a l'air

d'être posée debout sur la tête de l'animal et braquée de telle sorte qu'il voie ce qui se passe au-dessus de lui; au contraire la jumelle peut être couchée sur la tête, dirigée selon la longueur et le poisson perçoit alors seulement ce qui se passe devant lui. Nous ne savons pas à quelles conditions spéciales d'existence correspondent ces dispositions si différentes de l'axe des yeux, si par exemple elles coïncident avec des mouvements de natation verticale ou horizontale de leurs porteurs; il est à noter que cette disposition ne se rencontre que chez des animaux à faible développement des nageoires qui sont, par conséquent, d'assez mauvais nageurs.

Chun, qui a étudié les yeux télescopiques, pense que leur disposition anatomique correspond à une grande myopie; leur situation sur la tête en deux tubes parallèles, avec la rétine développée seulement au fond, fournit les principes de la vision binoculaire, et doit donner la sensation du relief. Cet auteur estime aussi qu'elle fournit la notion de la variation des distances, ce qui paraît plus difficile à démontrer.

Les recherches de Brauer sont venues confirmer ce qui a été dit précédemment; chez les poissons pourvus d'yeux télescopiques, on ne trouve cette disposition que chez l'adulte; le jeune, qui naît et grandit dans les eaux de la surface, a des yeux construits comme ceux de tous les autres poissons; c'est seulement à l'époque où il a terminé sa croissance et qu'il descend dans les régions profondes et obscures que ses yeux deviennent télescopiques.

La plupart des yeux des animaux marins brillent d'un éclat argenté, bleu, vert, rose, qui apparaît le soir, aussi bien chez ceux du littoral que chez ceux des grandes profondeurs. Cet éclat est aussi très net chez les animaux

terrestres, qui sont plutôt nocturnes, notamment chez les chats. Il est dû à une membrane appelée *tapis* qui joue le rôle de miroir dans le fond de l'œil de tous ces animaux, et réfléchit les radiations venues du dehors. Mais cette explication ne paraît pas à elle seule suffisante; il est probable qu'il existe aussi une émission de lumière, faible certainement, due au tapis. Les yeux des animaux marins habitant les océans obscurs sont particulièrement brillants; certains poissons ont des yeux à reflets colorés en vert, d'autres en jaune.

Les Poissons et les Céphalopodes ont un gros cristallin à peu près sphérique formé de couches transparentes emboîtées; l'hémisphère antérieur et le postérieur n'ont pas la même courbure, et les tissus contractiles insérés à la limite des deux courbures, sur l'équateur de cette sphère transparente, modifient le rayon des deux lentilles composant le cristallin.

Les yeux des Crustacés sont absolument différents de ceux des autres types que nous décrivons en ce moment. Ils sont construits sur le plan fondamental des organes de la vision de tous les arthropodes supérieurs, Crustacés aquatiques et insectes terrestres, c'est-à-dire qu'ils sont composés d'une très grande quantité d'yeux élémentaires, quelquefois près de 20 000, accolés; ils donnent à la surface bombée l'aspect d'un fin réseau de tulle, dont chaque maille est une facette hexagonale. L'ensemble de toutes ces facettes prend l'aspect d'une grosse lentille réticulée enchâssée sur une base opaque et pigmentée, portée par un pédoncule articulé. Cette surface joue le rôle d'un gros cristallin composé d'une infinité de tout petits cristallins correspondant chacun à un œil élémentaire. Chacun de ces yeux élémentaires a la forme d'un prisme hexagonal, long et grêle,

dont la moitié supérieure est constituée par des lentilles et un cristallin transparent, et la moitié inférieure par un bâtonnet également transparent où vient s'épanouir la terminaison d'un filet du nerf optique. La moitié supérieure est entourée d'un étui de cellules pigmentées mobiles, qui peuvent s'allonger ou se contracter. La moitié inférieure est disposée de même et entourée d'une gaine d'autres cellules pigmentées mobiles.

Supposons que les cellules pigmentées (iridiennes) s'allongent vers le bas et les cellules pigmentées (rétiennes) s'allongent vers le haut; elles se rejoindront au milieu du chemin et tout l'œil élémentaire se trouvera enfermé dans un étui opaque complet. Si un rayon lumineux vertical entre par le cristallin du sommet dans cet œil il sera forcé d'y rester, l'étui pigmenté s'opposant à ce qu'il déborde dans les yeux voisins. Si au contraire les deux pigments sont rétractés, l'un au haut, l'autre au bas de l'œil élémentaire, rien ne s'oppose plus à ce qu'un rayon lumineux entré par le haut passe aussi chez les voisins et impressionne les terminaisons nerveuses de plusieurs yeux contigus.

Chez les animaux susceptibles de voir dans l'obscurité plus ou moins complète, les cellules pigmentées sont mobiles, et la faiblesse de la lumière qui entre dans l'œil est compensée par le fait qu'elle peut impressionner plusieurs terminaisons nerveuses. Chaque terminaison recevra donc plusieurs images superposées, venues des yeux voisins, et le cerveau percevra une image d'ensemble résultant de nombreuses images superposées. Quand il s'agit d'animaux ne vivant qu'à la lumière, les rayons pénétrant dans chaque œil élémentaire ne pouvant passer chez les voisins, il y aura autant d'images distinctes et séparées qu'il y aura eu d'yeux élémentaires impressionnés; c'est la vision par apposition,

et c'est le cerveau qui se charge de tirer une image d'ensemble en relief de toutes ces petites images.

La disposition du pigment quand il est fixe dans les yeux élémentaires permet de reconnaître si l'on a affaire à un animal vivant à la surface ou à un animal de profondeur. Mais il n'en manque pas dont le pigment change de place selon qu'ils montent ou qu'ils descendent dans la mer, la nuit ou le jour. Ceux qui ne peuvent modifier la position de leurs pigments restent cachés le jour parce qu'ils ne sont organisés que pour voir la nuit, et réciproquement d'autres se cachent la nuit parce qu'ils ne voient que le jour.

Mais il y a des Crustacés encore plus perfectionnés (*fig. 46*) dont la moitié supérieure de l'œil, de forme télescopique (F) est faite pour voir pendant la nuit, tandis que la moitié inférieure hémisphérique (L) est faite pour voir pendant le jour. Il faut même y ajouter un organe lumineux (P) enchâssé dans la moitié inférieure de l'œil, mais qu'une couche de vernis noir isole du reste de l'œil pour que ses rayons ne gênent pas la vision.

Des dispositions du pigment rouge analogues à celles dont il vient d'être question se trouvent autour des éléments de la rétine chez les Poissons et les Céphalopodes.

Il n'a été question dans ces dernières pages que des yeux des animaux supérieurs; mais il y en a une quantité d'autres plus simples chez une foule d'animaux marins. Ils peuvent se réduire à un dépôt de pigment dans une cellule superficielle de la peau; ailleurs ces cellules peuvent se grouper; il peut s'y adjoindre des parties accessoires, un ou plusieurs filets nerveux y pénétrer, un cristallin se développer. Il faudrait un ouvrage beaucoup plus volumineux que celui-ci pour en donner un aperçu sommaire.

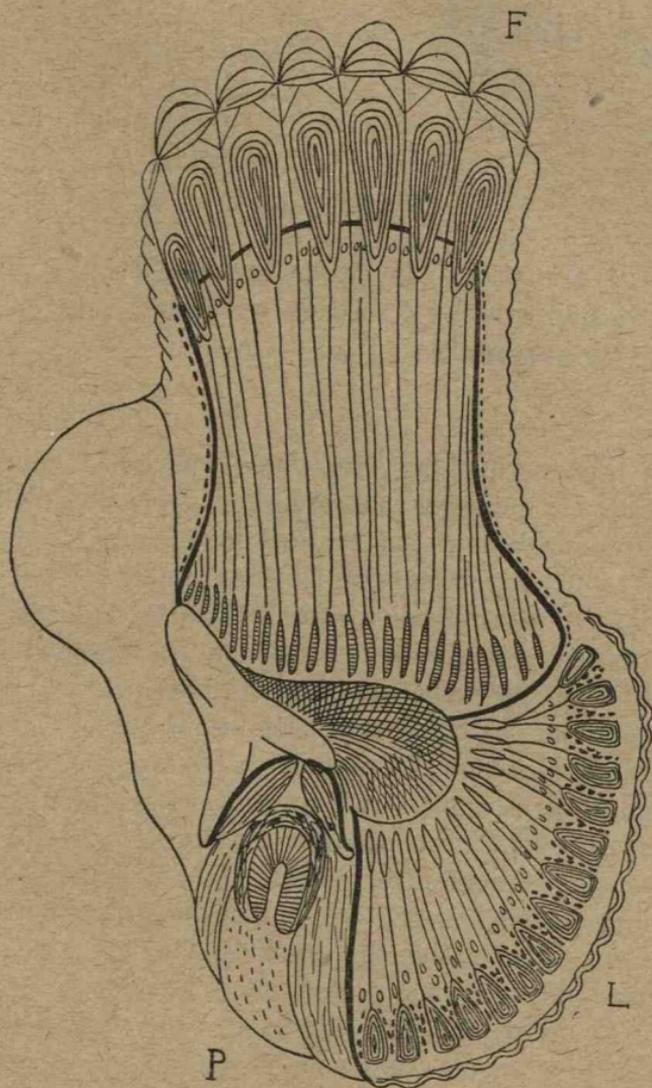


Fig. 46. — Section d'un œil du crustacé *Stylocheiron mastigophorum*, d'après Chun. F, partie frontale de l'œil composé; L, partie latérale; P, organe Photogène.



## CHAPITRE X.

### LA REPRODUCTION, LES MÉTAMORPHOSES, LES MIGRA- TIONS DES ANIMAUX MARINS ET LEURS APPLICATIONS AUX INDUSTRIES DE LA MER.

Les travaux que les naturalistes effectuent depuis un siècle sur les animaux marins ont eu pour but d'en connaître non seulement la structure, les mœurs, les rapports avec les différents milieux où ils vivent, mais aussi la reproduction, le développement et les métamorphoses. Mais ces recherches sont très lentes et exigent une grande patience en raison des difficultés que l'on éprouve à faire vivre les adultes et leurs larves dans des conditions qui ne s'éloignent pas trop de la nature. La plupart de ces êtres ne vivent pas en captivité, et ceux que l'on peut se procurer dans les engins de pêche sont presque toujours si détériorés ou dépaysés qu'ils meurent immédiatement. Il ne faut donc pas s'étonner du nombre relativement minime d'animaux dont l'évolution est entièrement élucidée. Quand il s'agit des habitants des grandes profondeurs, les documents sont encore beaucoup plus rares, et le plus souvent ce que l'on sait de l'histoire d'un petit nombre d'entre eux se réduit à des fragments difficiles à raccorder. Il est prématuré d'essayer d'en tirer des règles générales; nous sommes donc

conduits à ne tenir compte que des faits et à ne préciser que certains cas particuliers.

Les animaux marins se reproduisent les uns, et c'est le plus grand nombre, par voie sexuée; c'est-à-dire que les parents émettent l'un des œufs, l'autre des spermatozoïdes, dont la rencontre détermine la fécondation et la formation d'un nouvel être. Les autres donnent naissance à de nouveaux individus par voie asexuée, c'est-à-dire sans l'intervention de parents des deux sexes. Il y a divers modes de reproduction par ce dernier procédé; le plus simple consiste dans la division d'un individu qui se coupe en deux et dont chacune des moitiés n'a plus qu'à grandir, ce qui reconstitue deux nouveaux êtres semblables entre eux et au parent. Il peut arriver que les deux tronçons ne soient pas identiques; ceci arrive aussi bien chez les Protistes que chez des animaux beaucoup plus élevés dans l'échelle animale, par exemple les Étoiles de mer; alors chacun d'eux reforme ce qui lui manque, et ce bourgeonnement aboutit à la reconstitution de deux animaux identiques au premier, où même toute trace de cicatrice est effacée.

Dans beaucoup de cas, de petits bourgeons, d'abord très simples, se forment sur un individu, tantôt n'importe où, tantôt sur un point précis de son organisme. Ils sont d'abord rudimentaires et se bornent à contenir un peu des éléments de chacun des trois tissus fondamentaux; ils grandissent, se compliquent, à un certain moment rompent la communication avec le parent et finalement s'en vont vivre ailleurs, soit en rampant, soit en nageant. Mais dans d'autres cas les bourgeons restent en rapport avec leur parent, soit qu'ils s'en servent comme de simple support, ainsi qu'ils feraient d'une pierre, sans relations anatomiques,

soit, au contraire, que des communications vasculaires, nerveuses, tégumentaires, etc. persistent et les unissent. Ils constituent ainsi des colonies qui peuvent renfermer des milliers d'individus qui tantôt s'ignorent, tantôt ont certains rapports communs, et restent solidaires les uns des autres. Ces diverses colonies, avec d'innombrables variantes, se trouvent dans une foule d'êtres marins fixés ou flottants.

Ces deux modes de reproduction sexuée ou asexuée se trouvent souvent réunis sur des individus qui peuvent en user soit simultanément, soit successivement. Il en est de même des deux sexes qui sont ordinairement répartis chez des individus différents, mais qui peuvent aussi être réunis sur le même. Il n'en manque pas qui fonctionnent d'abord comme mâles pendant un certain temps, puis ensuite comme femelles, ou inversement. Il est enfin des cas où des femelles donnent des jeunes sans l'intervention du mâle.

A ces particularités il faut ajouter le phénomène que l'on connaît sous le nom d'alternance de génération; cette reproduction spéciale est réalisée de la manière suivante; on peut en prendre les types chez les Hydraires. Une larve nageuse de ces gracieux animaux se fixe sur une pierre et produit par des bourgeonnements successifs une colonie arborescente de petits polypes en forme de fleur; à un moment donné certains de ces individus, ne ressemblant pas aux autres, se forment sur les rameaux et finissent par constituer de petites méduses transparentes renfermant les œufs; elles se détachent et nagent au loin. C'est la forme libre et sexuée de l'animal. Plus tard la méduse meurt, les œufs qu'elle transportait deviennent libres et les larves qui en sortent vont se fixer sur le sol. Il y a donc eu dans l'existence de l'animal une phase fixée hydroïde et une

phase mobile médusoïde, et ainsi de suite alternativement. Ces êtres abondent dans la mer à l'état benthique d'abord, à l'état planctonique ensuite. Nous verrons des exemples analogues à celui des Hydroïdes dans d'autres familles, par exemple les Salpes.

Les œufs des animaux marins, comme d'ailleurs tous les œufs, ne sont autre chose qu'une unique cellule qui peut, dans certains cas, atteindre de très grandes dimensions ou, bien plus souvent, rester au contraire très petite. Il y a en effet, dans une foule d'animaux, des œufs que nous ne pouvons distinguer à l'œil nu; dans ce cas la mère en émet habituellement des quantités considérables; on cite la Morue, dont les œufs ont environ 1<sup>mm</sup> de diamètre; une seule femelle en pond 6 à 8 millions; une huître 2 millions. Dans la disposition inverse les œufs peuvent être très gros, dépasser largement la dimension d'un gros œuf de poule; c'est le cas des Raies et des Squales dont la ponte se borne à un très petit nombre d'unités. Entre ces deux extrêmes on peut intercaler toutes les variations de nombre et de dimensions.

Tous ces œufs peuvent être immédiatement émis dans l'eau par la femelle; ils sont tantôt pourvus d'une mince coque transparente unie ou ornementée, tantôt enveloppés d'une solide membrane gélatineuse ou cornée, translucide ou complètement opaque. Les œufs libres sont les plus répandus. Mais il en est qui peuvent être retenus en captivité, pourrait-on dire, par les parents et subir une sorte d'incubation. Cette particularité protectrice consiste dans le fait que les œufs aussitôt pondus sont enfermés dans une poche formée par un repli du tégument, ou dans une sorte de cage dont les barreaux sont des épines entre-croisées en grillage, ou sous une cloche constituée par la courbure de la

face ventrale de leur corps. Les phases larvaires libres, caractéristiques des animaux du même genre non incubateurs, sont ici supprimées, et le mode normal d'évolution de ces larves se trouve très modifié. On a remarqué que l'incubation est plus particulièrement fréquente chez les animaux des mers très froides.

Quand les œufs ne tombent pas tout de suite librement dans l'eau, ils sont réunis dans des gaines ou étuis spéciaux, dits *pontes*, dont les larves ne sortent que dans des états plus ou moins avancés de leur développement. Ces pontes sont de forme et de complication des plus variées; leur destination est de protéger les œufs délicats jusqu'au moment où les jeunes larves sont en état de se suffire à elles-mêmes en menant une vie indépendante. Tantôt les œufs sont collés les uns contre les autres, quelquefois en très grand nombre, sur un rocher, une algue, dans un trou. Ailleurs ils sont enveloppés d'une glaire transparente et molle dans laquelle ils sont plongés sans se toucher; dans d'autres cas la couche supérieure de cette glaire est un peu plus solide que son contenu. Ailleurs l'étui devient solide, corné, mélangé de grains de sable; nous avons déjà signalé un Mollusque du plancton, la *Janthine*, qui se fabrique un flotteur en collant des bulles d'air au moyen d'une sorte de vernis; elle fixe ensuite ses œufs sous ce radeau que les larves ne quittent qu'à leur éclosion.

Ces diverses pontes peuvent être flottantes, ou au contraire fixées à des corps étrangers; mais aussi la mère peut traîner son sac à œufs fixé généralement à l'arrière de son corps. Il en est parmi les Crustacés, dont les pontes, quelquefois bleues, sont de bien plus grande longueur que le corps entier de la mère; elles s'augmentent souvent à leur

base par l'addition de nouveaux œufs en remplacement de ceux qui sont éclos à l'autre bout. Les œufs libres flottent et font partie du plancton; ils y subissent leur évolution, et l'on peut en capturer de grandes quantités au moyen de filets de gaze dont le diamètre des mailles est calculé pour correspondre à celui des œufs que l'on veut capturer.

Mais il arrive aussi que les œufs ne restent pas flottants et tombent sur le fond où d'ailleurs la mère les dépose. C'est le cas des Harengs dont les œufs s'accumulent sur le sol en quantité énorme; ils sont dits œufs *démersaux*.

Quel que soit leur mode de ponte, de fixation, de flottement, leur dimension, les œufs ne constituent jamais qu'une unique cellule, contenant une provision de matière alimentaire grasse, le vitellus, et des gouttelettes d'huile. La cellule-œuf, le plus souvent, se charge dans l'ovaire maternel de cette réserve alimentaire; il arrive aussi qu'elle absorbe, étant encore contenue dans l'ovaire, des cellules voisines qui l'entourent, ou même que, dans une ponte, un œuf s'assimile tous les autres et reste seul pour constituer un embryon. Cette matière grasse et huileuse, plus légère que l'eau, constitue, en même temps qu'un aliment du début de l'évolution, une réserve pour les premiers besoins de la larve éclosée, et aussi un flotteur qui lui permet de ne pas tomber au fond; ce vitellus n'est autre chose que ce que l'on nomme le jaune de l'œuf de la poule, contenu dans la fine membrane d'une énorme cellule; l'ensemble constitue l'œuf proprement dit.

Ce vitellus peut être en minime quantité, et alors la larve est bientôt contrainte, bien qu'étant encore réduite à un état rudimentaire d'organisation, à pourvoir autrement à sa nourriture, en se livrant à la chasse d'organismes micro-

scopiques. Quand la provision de vitellus est considérable l'embryon y trouve les matériaux suffisants pour se constituer entièrement dans son œuf d'où il sort tardivement, ayant déjà une grande complexité et où il ressemble souvent complètement aux parents. C'est le cas des Raies.

Lorsque l'œuf, comme celui des Poissons pélagiques, est de petite taille et transparent, on peut dans un seul

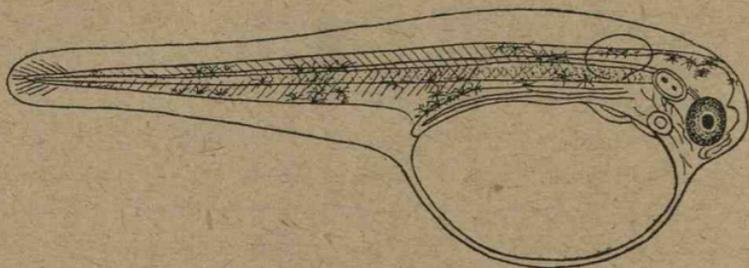


Fig. 47. — Larve de Morue.  
(*Gadus callarias*) venant d'éclore. Grand. nat. = 5<sup>mm</sup>.

coup de filet à plancton trouver des embryons à tous les états de développement et aussi de jeunes larves récemment écloses. C'est le cas des œufs de Morue dont on prend au moment favorable de la saison des quantités énormes; leur présence permet de reconnaître la place où se trouve la troupe des pondeuses. Après un temps variable selon les espèces, en rapport aussi avec les conditions physiques de l'eau, surtout de la température, ce ne sont plus les œufs, mais les larves qui en sont sorties que l'on capture (*fig. 47*). L'étude très délicate des larves de poissons, fort difficiles à distinguer les unes des autres quand elles sont très jeunes, conduit à des conclusions pratiques pour la pêche industrielle.

Dans un grand nombre de jeunes larves rudimentaires, la couche superficielle de leur corps est recouverte de cils vibratiles qui servent, par leurs battements, d'organes locomoteurs et dont quelques-uns, dans le voisinage de la bouche, sont adaptés à la capture de proies minuscules. Ces jeunes animaux, dont les organes ne sont qu'à peine ébauchés, peuvent continuer longtemps leur existence planctonique, et même rester définitivement toute leur vie adulte dans cet état; mais d'autres tombent sur le sol et se transforment en animaux de fond, rampant, marchant, s'enfonçant dans la vase et le sable ou enfin se fixant à un corps solide; leur vie pélagique a été transitoire et plus ou moins longue. Nous les retrouverons à propos de leurs métamorphoses.

Ces conditions variées de l'existence des embryons et des larves pendant leur premier âge sont très inégalement réparties dans les diverses familles d'animaux. On ne doit pas croire que tous les membres d'une même famille ont un développement identique; s'il en est souvent ainsi, le contraire est aussi très fréquent, et l'on voit dans une famille de proches parents qui se développent suivant des modes complètement différents; chez les uns toute la vie du début se passe librement dans l'eau avec des métamorphoses multiples, chez les autres toute la vie embryonnaire et larvaire se passe à l'abri de la coque de l'œuf d'où le jeune sort complètement formé et dont les métamorphoses sont atténuées ou supprimées.

Ceci nous amène à donner quelques indications sur les transformations que subit un embryon pour devenir adulte. Dans le cas le plus simple un embryon acquiert progressivement, par petites additions successives, ses organes qu'il

complète peu à peu, en les allongeant, en les perfectionnant ; cela se produit sans interruption et l'on peut suivre pas à pas les progrès du jeune animal. Mais dans beaucoup d'autres cas les choses ne marchent pas ainsi ; il y a des arrêts dans la croissance suivis de l'apparition d'un nouvel être qui ne ressemble plus au précédent. Il s'est fait une métamorphose, et le nouvel être a, en quelque sorte, détruit son prédécesseur dont il n'a gardé que quelques parties, et dont il a utilisé le reste comme de simples matériaux de construction. Sa forme extérieure a changé, ses organes se sont perfectionnés dans certains cas, mais pas toujours.

Les transformations et les disparitions d'organes qui viennent d'être signalées sont dues à un phénomène que les biologistes nomment *l'histolyse*. Il consiste dans ce fait que certaines cellules amiboïdes, comme les globules blancs du sang, se mettent à ronger et à détruire les tissus de l'animal dont ils font partie. Ils incorporent les débris de ces tissus, les digèrent et les accumulent dans leur intérieur comme une réserve. Quand il s'agit de reconstruire un nouvel organe, ces mêmes cellules reprennent ces réserves qui sont utilisées comme des aliments pour le nouveau tissu en voie de formation. Un phénomène analogue se passe dans les larves quand il s'agit de procéder à l'élimination de la vieille enveloppe, de constituer le nouvel animal dans l'intérieur de l'ancien, et enfin de supprimer les adhérences qui pourraient s'opposer à la libération du nouveau venu. Ce phénomène est extrêmement commun, on le trouve sous divers aspects dans tous les représentants du règne animal.

Il peut arriver dans certains cas que la larve ainsi détruite soit, dès la première métamorphose, remplacée par un jeune animal ayant acquis sa forme et sa structure définitives,

qui n'a plus qu'à grandir pour être en tout point semblable à ses parents. Mais il arrive aussi très souvent, et cela s'observe principalement chez les Crustacés, que cette première larve du début soit un état transitoire de courte durée; une seconde métamorphose donne une autre larve, d'aspect différent qui bientôt, par une nouvelle répétition du même phénomène, est remplacée par une troisième larve, puis par une quatrième, avant d'arriver à son état définitif. Il s'ensuit que, dans une pêche de plancton au filet fin, on peut récolter ensemble des êtres qui, au point de vue de la systématique zoologique, devraient être classés dans des genres différents, tant ils portent de caractères absolument distincts les uns des autres. Mais quand on a pu suivre l'évolution complète de l'un de ces êtres si dissemblables, on voit que chacune de ces formes n'est qu'un état larvaire de cette unique espèce. Il résulte de ces faits que les premiers observateurs ont décrit des êtres dont ils ne pouvaient connaître la véritable nature comme appartenant à des espèces d'animaux distinctes auxquelles ils ont donné des noms différents, si bien que finalement le même animal s'est trouvé désigné par plusieurs noms. De là des confusions, des contradictions dans la nomenclature, des discussions, ce qui n'était pas fait pour faciliter et avancer l'œuvre des naturalistes.

Il arrive que certaines de ces larves successives, à chaque mue, se rapprochent un peu plus du type définitif. Mais dans d'autres cas, chez la Langouste par exemple, la larve est tellement différente de l'adulte que pendant presque toute son existence il est impossible d'y rien trouver qui annonce l'animal définitif qui en sortira.

Nous venons de dire que dans l'ensemble des larves

l'organisme se perfectionne et se complique d'une phase à l'autre jusqu'à l'adulte, mais qu'il n'en est pas toujours ainsi; l'exception vise le cas des parasites. D'une manière

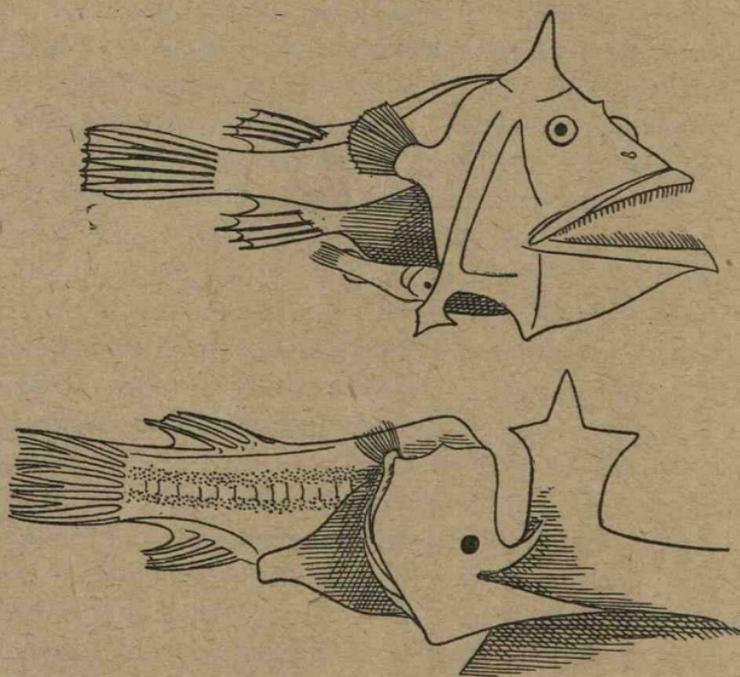


Fig. 48. — *Edriolychnus Schmidtii* Regan. En haut, le petit mâle attaché à la femelle au bas de l'opercule. Grand. nat. En bas, le mâle, grossi 4 fois. Profondeur 6000<sup>m</sup>.

générale ces êtres débutent par des larves normales, où l'on distingue tous les caractères du groupe zoologique auquel elles appartiennent; mais au moment où elles ont acquis leur état le plus élevé elles se fixent sur un hôte et perdent dès lors leurs caractères typiques, certains de leurs organes

s'atrophient, elles n'ont plus aucune apparence de symétrie régulière; elle sont devenues des parasites méconnaissables, dont l'étude de l'embryologie peut seule révéler la véritable nature. On trouve tous les degrés dans ces métamorphoses parasitaires, depuis de légères simplifications jusqu'à des transformations qui ne laissent rien apparaître du type normal. Des phénomènes régressifs du même genre, mais non dus au parasitisme, se rencontrent dans les Ascidies, dont les larves, après avoir évolué comme des Vertébrés, en perdent tous les caractères quand elles deviennent adultes; nous les retrouverons plus loin.

Signalons en passant le cas de divers animaux dont la femelle conserve la forme typique de l'espèce, tandis que le mâle, atrophié, réduit à ses organes reproducteurs, vit en parasite sur la femelle; un des plus curieux exemples est fourni par l'*Edriolychnus Schmidti*, poisson vivant à 6000<sup>m</sup> de profondeur (fig. 48).

Nous avons fait déjà mention d'animaux qui vivent adultes sur le sol sous-marin, notamment dans les grandes profondeurs obscures de la mer, mais dont les larves montent dans les eaux superficielles pour y subir à la lumière des transformations, après quoi, au moment de prendre leur état définitif, elles redescendent au fond. Mais entraînées par les courants, elles ne retombent pas à leur point de départ; elles vont s'établir, et plus tard se reproduire, plus ou moins loin du lieu de leur naissance. Ceci a pour résultat de remédier au manque de nourriture qui ne tarderait pas à se produire si les nouveaux venus s'accumulaient dans l'espace habité par leurs parents; ils finiraient par être trop nombreux et tous disparaîtraient en mourant de faim. En outre, ils seraient dans la nécessité de se reproduire par des unions

exclusives entre parents et enfants, ce qui ne tarderait pas à accumuler les tares dues à la consanguinité et à détériorer tellement la race qu'elle serait vouée à une prompt disparition. La dissémination des individus, l'obligation où ils se trouvent de se croiser avec d'autres qui ne leur sont pas parents, maintiennent l'espèce dans sa pureté. On a donné à cette loi de reproduction le nom d'*amphimixie*. Quand la dissémination n'est pas très grande, la reproduction se fait entre individus voisins, habitant une même localité; il s'ensuit la formation de races locales, ce qui n'a pas d'inconvénient pour l'espèce quand les individus sont innombrables, mobiles et par conséquent dispersés sur une aire très étendue; c'est le cas des Harengs et des Sardines dont il sera question plus loin. Ces races finissent par s'adapter aux conditions spéciales du milieu borné où elles s'établissent; cela entraîne quelques modifications dans des détails secondaires peu apparents dans l'ensemble, mais que l'on distingue cependant avec un peu d'habitude. C'est le cas, par exemple, des ostréiculteurs qui savent très bien reconnaître au simple aspect les huîtres d'Arcachon de celles de Cancale ou de celles de Zélande, alors qu'un acheteur non initié les trouve toutes pareilles.

Les groupements d'œufs innombrables, pondus à la même époque par des mères qui vivent en grandes troupes, expliquent la constitution de ces essaims immenses d'animaux ayant tous à peu près le même âge et la même taille; nous avons déjà eu l'occasion d'en parler à propos du plancton. La connaissance des mœurs de ces animaux, qui restent unis en grandes associations et se déplacent d'un même mouvement d'ensemble, a une grande importance au point de vue de la pêche; les Sardines, Anchois, Harengs, Morues,

Thons, Maquereaux et bien d'autres encore, vivent ainsi en essaims immenses; leurs mouvements, dont dépend l'abondance de la pêche, sont liés aux conditions variables de température, de salinité, de courants, dont nous avons plus haut donné un sommaire aperçu. On conçoit tout l'intérêt pratique que les industriels de la mer ont à connaître d'une façon précise les données de ce problème complexe.

Nous avons maintenant à résumer les métamorphoses les plus caractéristiques que subissent les larves d'animaux marins avant d'acquérir leur état adulte. Nous nous bornerons naturellement à faire un choix sommaire parmi les types les plus intéressants, en laissant de côté les détails qui nous entraîneraient tellement loin qu'il est impossible d'en esquisser aucun. Les généralités qui précèdent vont trouver leur application dans les pages qui suivent.

Les *Éponges* représentent une faune très abondante d'êtres répandus dans toutes les mers, à toutes les profondeurs; elles pondent des œufs qui nagent au moyen de cils vibratiles, et, à un moment donné, se retournent de manière à amener à la surface de leur corps le tissu qui jusque-là était à l'intérieur, et réciproquement, après quoi elles se fixent au fond de l'eau. Elles se reproduisent aussi par des bourgeons qui se détachent, rampent, et vont s'attacher plus loin à quelque corps solide ou s'enfoncer dans la vase.

Les *Cœlentérés* sont, comme on l'a vu, une des classes d'animaux marins les plus riches en animaux aux couleurs vives, aux formes variées et élégantes. Leurs larves sont aussi très intéressantes par les transformations compliquées et inattendues qu'elles subissent. Nous avons déjà parlé des Hydroïdes qui se reproduisent par l'intermédiaire de Méduses chargées de véhiculer leurs œufs. Ces élégantes petites

méduses, merveilles de délicatesse, de coloris et de précision, ne sont en réalité qu'un polype analogue à ceux qui, semblables à de petites fleurs, forment l'élément des colonies arborescentes; mais ce polype s'est adapté à la vie errante du plancton, et constitue sous sa seconde forme un moyen de dissémination conservatrice dont nous avons parlé à propos de l'Amphimixie. On trouve sur nos côtes, en abondance à la belle saison, ces petites Méduses dans les pêches de plancton. Quand leur rôle est terminé, quand elles ont donné la liberté aux œufs qu'elles véhiculent, elles disparaissent et il ne s'en produit plus jusqu'à la belle saison suivante.

Nous retrouvons encore chez certains *Siphonophores* des méduses analogues à celles des Hydraires; elles véhiculent les œufs et les laissent échapper quand ils sont devenus de petites larves ciliées qui se transforment en Siphonophore par bourgeonnement de jeunes individus. Comme chez les Hydraires, il y a alternance d'un état médusoïde avec un état polypoïde; mais ici, au lieu d'être fixée, la colonie est flottante.

Chez les *Acalèphes* qui sont de grosses méduses, quelquefois énormes, la complication est encore plus grande. Les grandes méduses portent des organes reproducteurs qui, à maturité, donnent des œufs puis des larves ciliées; après avoir nagé un certain temps, cette larve se fixe sur une pierre et se transforme en un petit polype allongé fixé par un bout, ayant une bouche entourée de tentacules à l'autre bout. Après quelques jours un pli se forme au-dessous du bout libre; il s'accroît et finit par détacher une tranche du polype qui devient libre, emportant la bouche et les tentacules (fig. 49). Le polype s'empresse de les recons-

tituer à la place occupée par la tranche disparue. Bientôt celle-ci se détache à son tour, et l'opération se renouvelle plusieurs fois. Mais le polype serait bientôt usé et le

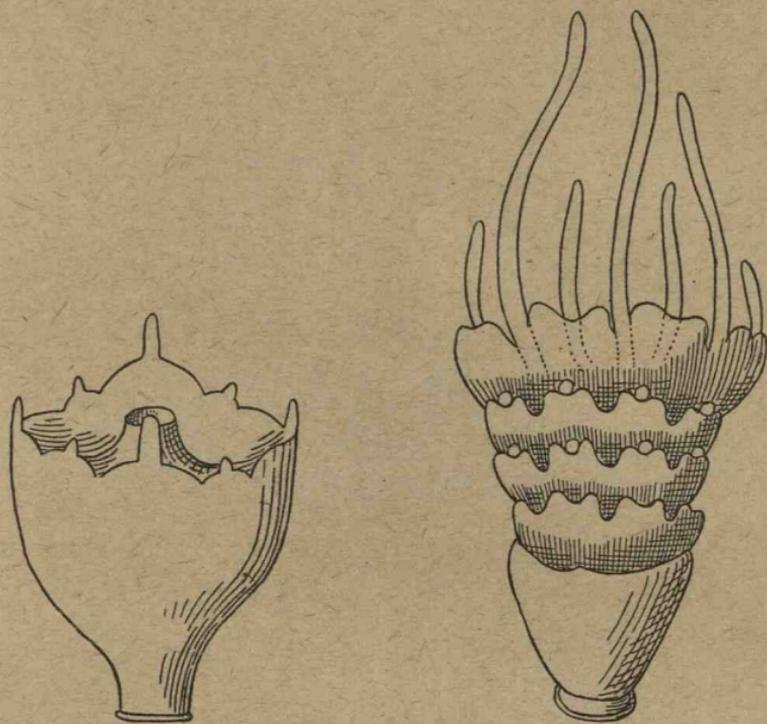


Fig. 49. — Deux stades du développement d'une méduse. *Aurelia aurita*. A gauche, jeune scyphistome; à droite, formation de la pile de jeunes méduses. Gross. 20 environ.

nombre des tranches produites serait minime s'il ne s'allongeaît par sa base fixée à mesure qu'il se raccourcit par son sommet libre. On a comparé cela à une pile de soucoupes festonnées dont on enlèverait la supérieure, en même temps

qu'on en ajouterait une à la base. Ces petites soucoupes devenues libres ne sont autre chose que des Méduses (*fig. 50*) qui sont d'abord simples et de 2 ou 3<sup>mm</sup> de diamètre, puis se compliquent, grandissent, changent d'aspect, et peuvent,

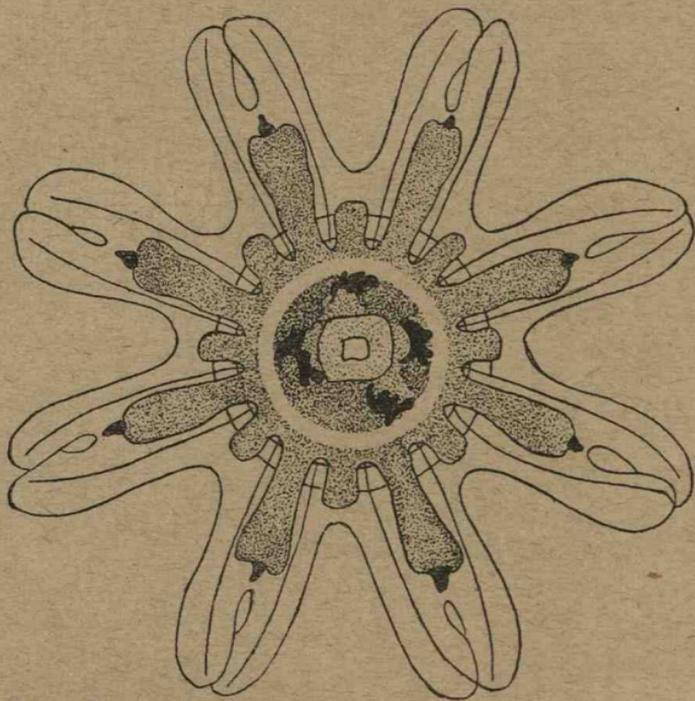


Fig. 50. — La méduse libérée du scyphistome de *Aurelia aurita*, d'après Fredemann. Gross. 20 diam. environ.

dans quelques espèces, atteindre 2<sup>m</sup> de diamètre. On retrouve donc ici l'alternance de l'état libre et de l'état fixé.

Les *Coralliaires* ont de petites larves ciliées, très simples, semblables à un minuscule ver blanc qui nage, se fixe et se transforme en une petite Actinie qui sécrète ensuite un

squelette calcaire. Ces larves abondent dans le plancton au voisinage des récifs de coraux.

Une quantité considérable d'animaux passe par une première phase dite *Trochosphère*, de structure très uniforme et très simple, qui se complique de façons multiples. On donne le nom de *Trochozoaires* à l'ensemble de ces animaux; lorsque l'on se contente de les examiner sous leur forme adulte, ils semblent n'avoir aucun rapport entre eux ni avec la larve *Trochosphère* qui leur est commune.

Cette *Trochosphère*, sous sa forme typique (*fig. 51*), est un petit corps en forme d'œuf de poule transparent, qui porte autour de sa partie la plus renflée une double couronne de cils vibratiles. Au sommet de son gros bout, il y a une touffe de longs cils sensitifs partant de cellules nerveuses souvent pigmentées qui sont l'origine du cerveau. En un point, sur le côté, dans la rainure étroite limitée par la double couronne de cils, s'ouvre une bouche où commence un petit tube digestif renflé au milieu en un estomac, qui se termine au bout de la larve ovoïde par un orifice anal; à l'intérieur sont deux tout petits organes excréteurs en forme de trompette, dont le pavillon s'ouvre dans la cavité de la larve, et le petit bout au dehors, près de l'anus.

On peut observer dans le détail de cette organisation schématique des variantes qui n'altèrent pas son plan fondamental. Cette petite larve éclôt de très bonne heure, se met à tourner au moyen de ses cils vibratiles et mène une existence vagabonde pour se nourrir. Mais pendant ce temps il se fait dans son organisme un travail de complication des tissus, de bourgeonnements divers, qui préparent sa transformation en animal définitif. Cette métamorphose

se fait souvent insensiblement, mais on voit aussi de brusques changements de spectacle; en quelques minutes, quelquefois,

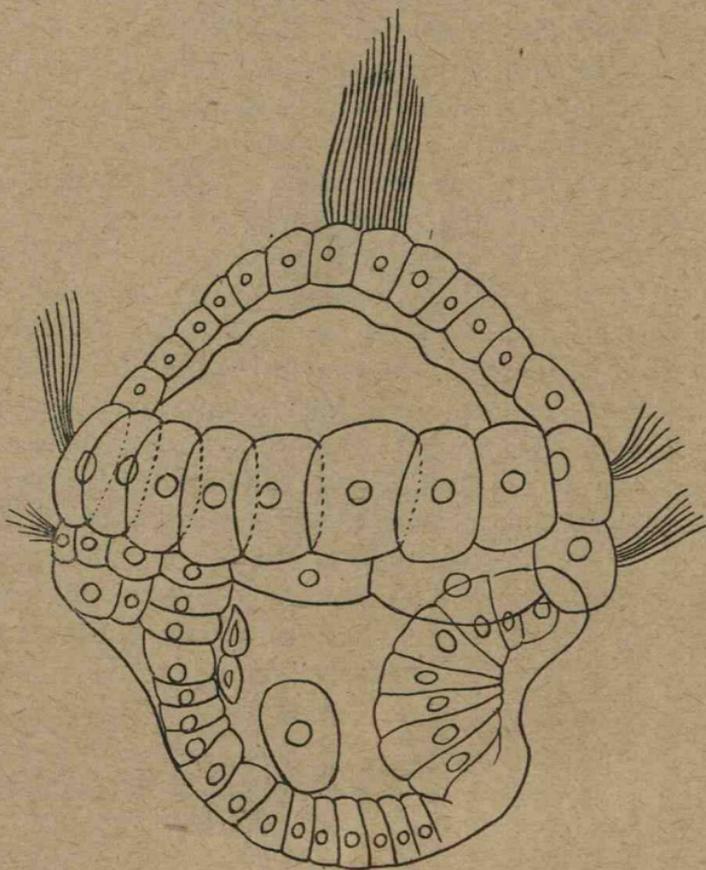


Fig. 51. — Larve Trochosphère de Patelle, d'après Wilson.  
Gross. 40 environ.

la larve trochosphère disparaît, éclate, pour laisser libre tout ce qui s'était lentement élaboré sous la protection de sa peau.

La Trochosphère ovoïde était une sorte de vésicule creuse dont la cavité était unique. Nous allons voir se former maintenant, à l'intérieur, une cloison un peu au-dessus de son petit bout, ce qui détermine deux compartiments inégaux que nous appellerons pour simplifier l'un, le plus gros, la tête, l'autre, le plus petit, la queue. Une seconde cloison va se former ensuite, au-dessus du bout de la queue, produisant un nouveau compartiment, intercalé entre la queue et les deux compartiments précédemment formés. Un troisième, un quatrième, un grand nombre, vont successivement se constituer par la même méthode, toujours au-dessus du bout de la queue où est la zone prolifique. Et l'on a bientôt un animal allongé dont les compartiments en nombre variable sont une fois pour toutes établis et ne peuvent en produire d'autres, tandis que l'allongement qui peut atteindre plusieurs mètres et plusieurs centaines de compartiments se produit toujours au-dessus du segment caudal. Il en résulte que de la larve ovoïde du début il ne reste en réalité que le sommet du bout rond supérieur qui constitue la tête et le bout pointu qui constitue l'extrémité de la queue; tout le reste, intercalé entre ces deux éléments, est de formation secondaire, et n'appartient plus à la Trochosphère du début. Disons en passant que d'autres animaux que les Trochozoaires ont un mode d'allongement tout à fait analogue, ce sont les Arthropodes, plus spécialement les Crustacés, et les Vertébrés.

Mais il y a des degrés dans cette formation des segments; quelques êtres, les Rotifères, restent à l'état de Trochosphère non segmentée; chez d'autres, les Brachiopodes et les Bryozoaires, il n'y a que trois compartiments; d'autres animaux en ont davantage; chez les Annélides certains en

ont des centaines. Ailleurs les cloisons, après s'être constituées, semblent se détruire par résorption.

Ces larves Trochosphères pullulent dans le plancton littoral à l'époque de la reproduction; on peut en trouver appartenant aux familles les plus diverses, qui présentent les états intermédiaires de leur évolution généralement très rapide.

Parmi les animaux à petit nombre de segments, nous n'en indiquerons que quelques-uns. Les *Phoronis* qui, adultes, ont l'aspect d'un ver allongé, à la tête surmontée de tentacules en panache, et logé dans un petit tube souple. Leur larve Trochosphère nage, puis elle allonge subitement un de ses flancs en une grande bosse, sans que ses parties céphalique et caudale changent de place, entraînant la partie moyenne de son intestin dont les deux bouts sont restés fixes. Elle perd ses appendices larvaires et sécrète le tube qui désormais la fixe; toute la métamorphose dure à peine un quart d'heure.

Les *Bryozoaires* vivent en colonies aux formes les plus variées; de petits individus, souvent plusieurs dizaines de mille, y sont accolés. Chacun d'eux est enfermé dans une petite logette, à l'ornementation aussi variée qu'élégante, ordinairement imprégnée de calcaire, d'où sort un petit panache de tentacules que l'animal peut faire rentrer par un orifice se refermant ensuite au moyen d'un petit couvercle articulé. Ces animaux présentent des modes de reproduction singuliers. Nous y trouvons d'abord la larve Trochosphère qui prend des couleurs et des aspects singuliers. Elle nage, puis se fixe au moyen d'une sorte de ventouse constituée dans son intérieur et qui ne fait saillie qu'au moment opportun; elle procède ensuite à la destruction de ses tissus lar-

vaires et les reconstitue avec leurs débris par un phénomène intense d'histolyse. Elle sécrète ensuite sa logette et devient l'initiale de la colonie en bourgeonnant de nouveaux individus qui bientôt font de même, si bien qu'en peu de temps il y en a des milliers.

Il arrive aussi qu'au bout d'un certain temps le locataire d'une logette vieillit, se ratatine en une petite boule brune confinée dans un coin; sur ces débris un jeune bourgeon apparaît, grandit et prend la place de son prédécesseur, dont il digère finalement les derniers restes.

Les *Brachiopodes* divisent leur trochosphère en trois segments (*fig. 52*); le premier, pourvu de quatre petits yeux, sert de tête; le troisième, en arrière, est très court; le moyen s'allonge, se recourbe comme une cloche qui recouvre le dernier, et porte sur son bord des touffes de grandes soies raides. La larve nage ainsi, puis, au moment voulu, elle retrousse sa cloche par-dessus sa tête, se fixe par le segment postérieur où pousse un pédoncule, et la métamorphose est terminée. Deux petites valves calcaires se forment sur la cloche retournée, et le Brachiopode définitif est fixé dans une place qu'il ne quittera plus jamais (*fig. 53*).

Les *Annélides*, qui pullulent dans les eaux littorales, le plancton et sur le sol des grands fonds, ont une larve Trochosphère qui répond au type normal; elle est toujours très petite et donne naissance à des vers dont les uns sont à peine visibles à l'œil nu, tandis que d'autres atteignent 2 ou 3<sup>mm</sup> de long; cette transformation se fait par la méthode qui vient d'être décrite d'intercalation successive de segments nouveaux. Chez les *Némertiens* la Trochosphère ressemble à un casque surmonté d'une pointe formée d'une houpe de grands cils vibratiles (*fig. 54*);

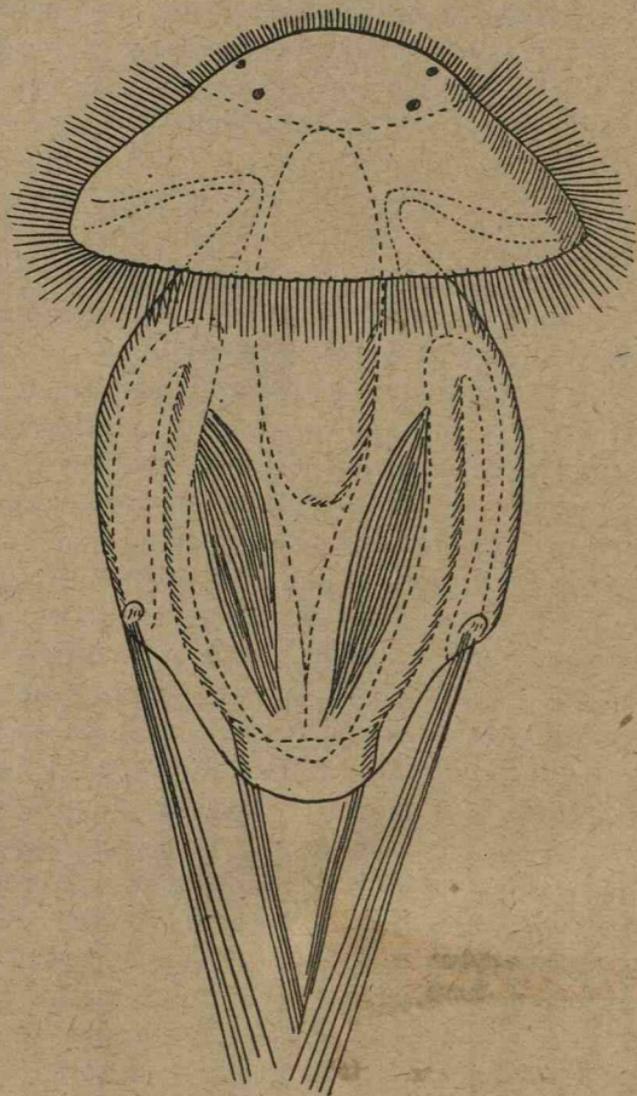


Fig. 52. — Larve de Brachiopode nageant, un peu avant sa métamorphose, d'après Kowalevsky. Gross. 30.

elle nage et laisse bientôt voir un petit bourgeon très compliqué formé dans son corps; il finit par s'isoler, déchire la paroi de la larve, devient libre, et tombe sur le fond. Cette larve planctonique, que l'on nomme *Pilidium*, réduite dès lors à une peau vide, ne tarde pas à disparaître.

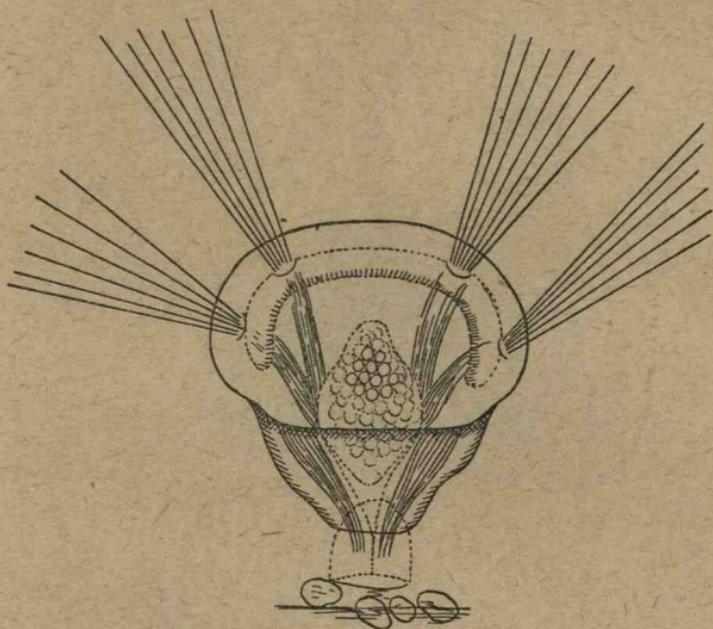


Fig. 53. — Larve de Brachiopode aussitôt après sa fixation, d'après Kowalevsky. Gross. 30.

Dans les mers polaires on trouve des Némertiens qui sécrètent une sorte de cocon verni et dur, dans lequel les œufs sont emballés, comme dans du coton, parmi les débris de leur mère, dont ils se nourrissent pendant l'hiver.

Parmi les Vers parasites, les *Cestodes* nous retiendront un moment. Leur larve ciliée et nageuse, modification de la

Trochosphère, se met à la recherche d'un animal à sa convenance, toujours le même pour chaque espèce, dont elle fera

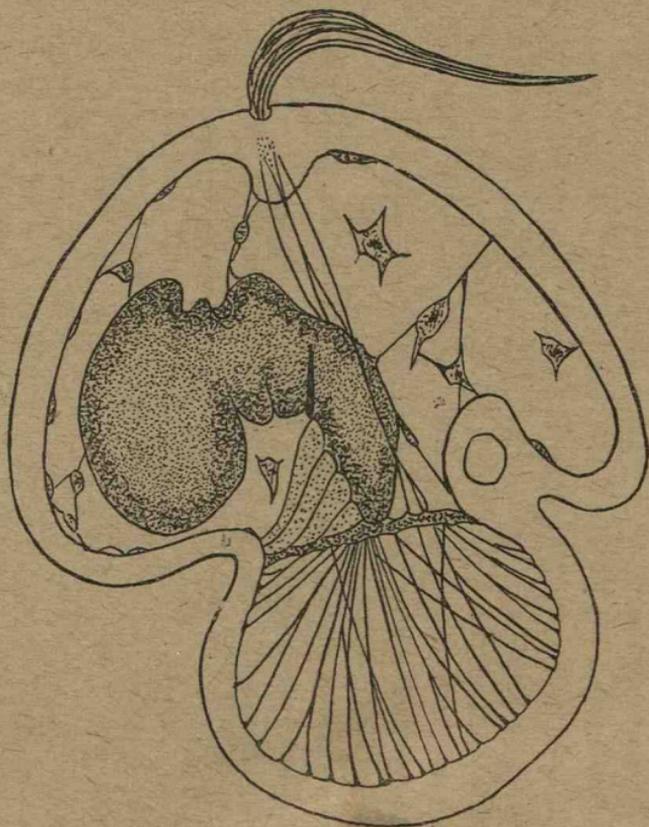


Fig. 54. — Larve *Pilidium* de Némertien, d'après Wilson. Gross. 25.

son hôte; quand elle l'a rencontré elle perfore ses téguments, y pénètre, et devient un parasite, qui s'insinue dans les tissus de sa victime; elle y subit des transformations diverses et compliquées, et reste ensuite, souvent très longtemps,

dans un état de repos jusqu'à ce qu'un autre animal carnassier dévore l'hôte et son parasite; dans l'intestin de ce carnassier la digestion des tissus de l'hôte met en liberté la larve qui s'accroche à sa paroi et devient un *Tenia* qui pond d'innombrables petits œufs. Ceux-ci sont évacués avec les matières fécales, se transforment en larves ciliées, et le cycle recommence. Un exemple fera mieux comprendre cette évolution compliquée; c'est celui de la Perle fine. La larve ciliée, sortie d'un œuf de Cestode, nage, rencontre une huître perlière et s'installe dans ses tissus. L'huître gênée cherche à étouffer le parasite en l'enveloppant de couches de calcaire, c'est la perle fine. Si l'huître infectée est mangée par un gros poisson, voisin des Raies, le parasite est mis en liberté dans l'intestin de cette Raie, s'y fixe, s'y transforme en un *Tenia*, qui produit des œufs. Ceux-ci tombent à l'eau, éclosent, donnent une larve ciliée qui se met à la recherche d'une huître perlière et le cycle recommence. On conçoit que les chances sont minimales pour une larve microscopique d'arriver à rencontrer une huître, et que justement celle-ci soit mangée par une raie spéciale. Mais ce peu de chances est compensé par l'énorme quantité d'œufs que le parasite peut produire incessamment pendant un très long temps.

Les *Mollusques*, qui pullulent partout, ont aussi une larve Trochosphère dont la tête se modifie par l'addition de deux lobes membraneux, le Voile, destiné à supporter la couronne de cils natatoires. Elle vit d'abord à l'état pélagique, puis perd son voile, tombe sur le fond, et se met à ramper. Cette larve est rapidement pourvue de la coquille caractéristique des Mollusques (*fig. 55*). La vie de la larve de l'huître est utile à connaître, car l'ostréiculture est entièrement

basée sur ses particularités très délicates; c'est un petit animal très exigeant qui n'accepte de se fixer sur le support qu'on lui présente que s'il lui convient par sa solidité, sa

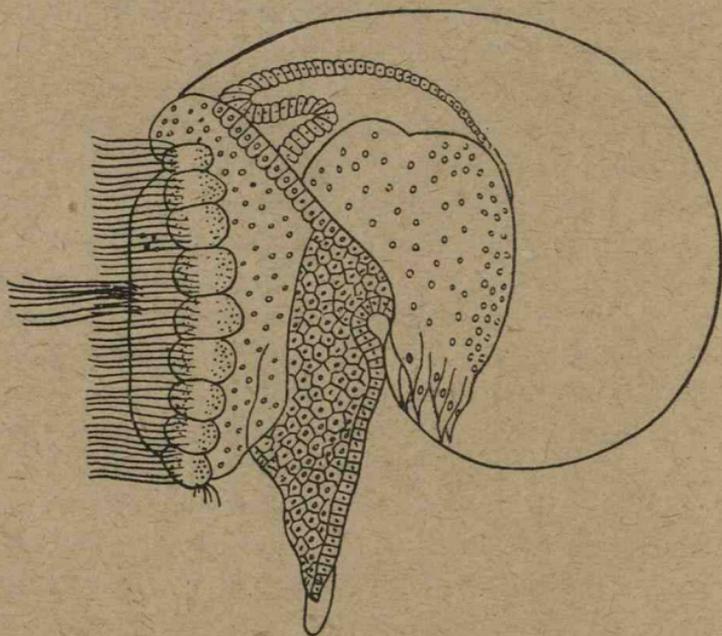


Fig. 55. — Larve véligère de Patelle, d'après Patten. Gross. 40 environ.

propreté et les qualités de température et de salinité de l'eau.

Quand l'œuf est gros, chargé de matière alimentaire, comme c'est le cas chez les Céphalopodes, la larve ne pourrait nager; la phase Trochosphère est alors supprimée, sauf dans des cas très exceptionnels où l'on en retrouve quelques indices. Les jeunes se forment lentement, à l'abri d'une épaisse coque, le plus souvent réunis en grand nombre

dans des pontes glaireuses ou en grappes, comme chez les Pieuvres et les Seiches. Mais souvent, surtout dans les espèces planctoniques, les jeunes, à l'éclosion, sont de forme

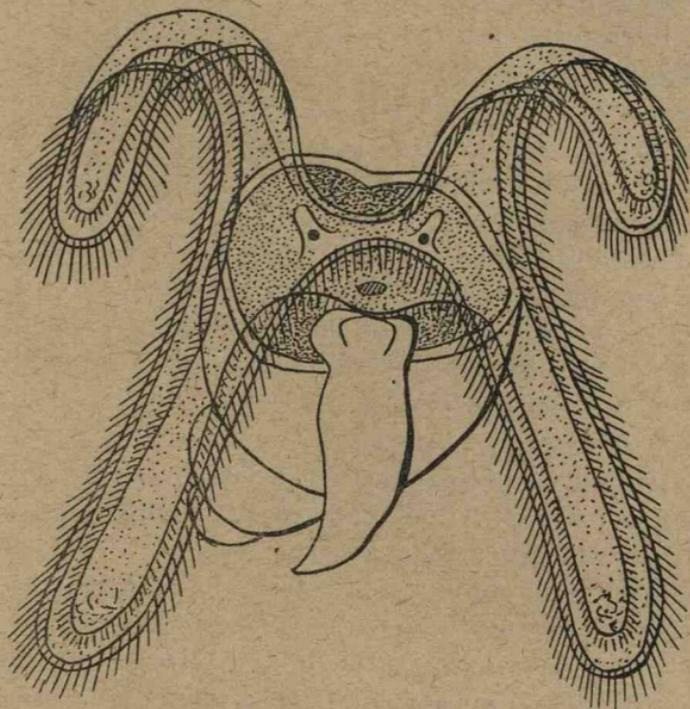


Fig. 56. — Larve véligère de Gastéropode  
d'après Mac Murrich. Très grossie.

très différente de ce qu'ils doivent devenir plus tard, et la transformation se fait progressivement par des stades compliqués.

Nous arrivons maintenant à la grande famille des *Arthropodes*, dont les représentants marins constituent la foule

immense des *Crustacés*, dont nous avons eu déjà maintes fois l'occasion de parler. Ils sont tellement variés qu'il est difficile de présenter un tableau d'ensemble des grandes lignes de leur reproduction.

Habituellement les sexes sont séparés, sauf chez les parasites, et les femelles émettent ordinairement des œufs très petits et groupés en pontes, soit dans des tubes, soit attachés par un fil solide, prolongement de la coque, à quelque appendice du parent. Les larves qui en sortent ne ressemblent que rarement à ce qu'elles seront quand elles seront adultes. Elles passent par des états successifs, entre lesquels, par des mues, elles perdent leurs téguments et modifient leurs organes, si bien qu'après chaque mue le nouvel animal a perdu son aspect précédent. Le nombre des mues est variable, et les détails changent suivant les espèces, et souvent les métamorphoses sont très compliquées. La plupart du temps les phases larvaires se passent à l'état planctonique; tantôt l'adulte continue ce genre de vie, tantôt il tombe ensuite sur le fond et y déambule, tantôt enfin il se transforme en parasite.

La forme larvaire typique des *Crustacés* est connue sous le nom de *Nauplius* (fig. 57); elle y est très généralement répandue, mais il y a cependant des cas où on ne la retrouve pas, soit parce qu'elle est très modifiée, soit parce qu'elle ne dure qu'un temps très court, soit enfin parce qu'elle est réellement omise. Ce *Nauplius* est un petit être transparent dont le corps ovale et garni de poils raides est pourvu de trois paires de membres et d'un œil médian composé de trois yeux juxtaposés. En réalité le corps se compose de deux segments, la tête et la queue, pour employer une comparaison imagée mais incorrecte; comme nous venons de le voir

pour la Trochosphère, tous les futurs segments du Crustacé viendront s'intercaler entre les deux initiaux en se formant

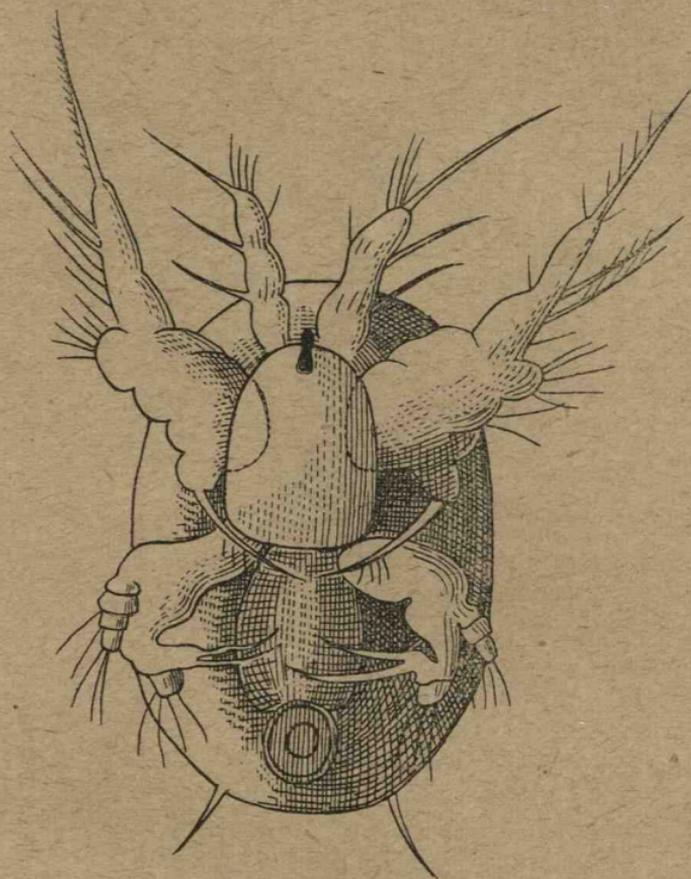


Fig. 57. — Larve *Nauplius* de crustacé, *Cyclops canthocarnoides*, d'après Claus. Vue de la face ventrale. Gross. 50 environ.

successivement près de l'extrémité de la queue. Les trois paires de membres qui viennent d'être signalés sont placés

autour de la bouche et consistent en une paire d'antennes simples, une paire d'antennes bifides, une paire de mandibules bifides; la base de ces appendices sert à broyer les aliments, la partie libre à nager. La carapace qui

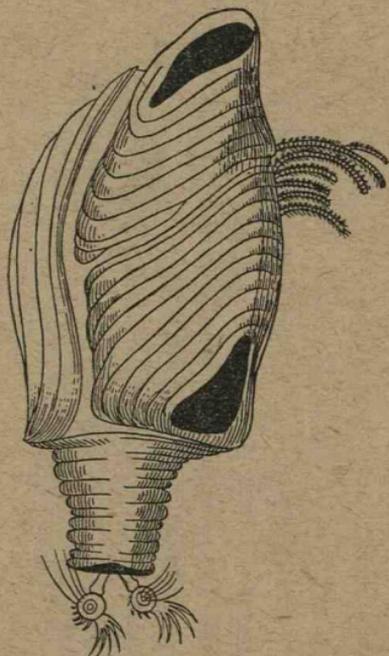


Fig. 58. — Larve de *Lepas* très grosse, venant se fixer au moyen des petites ventouses de sa base, d'après Willemoes-Suhm.

durcit en quelques secondes au contact de l'eau, à sa sortie de l'œuf, est sujette à des mues fréquentes; progressivement elle acquiert des segments et des appendices nouveaux, changeant son aspect, et caractérisant des états nouveaux.

Parmi les plus inférieurs des Crustacés nous trouvons

les *Cirrhipèdes*; d'innombrables représentants de ces animaux, les Balanes, recouvrent les rochers des côtes et, sous leur coquille conique, ne ressemblent en rien à des Crustacés; leurs larves, qui pullulent dans les eaux littorales, par leur forme *Nauplius*, donnent la clef du mystère. Les Anatifes, qui se fixent sur les objets flottants par un long pédoncule ressemblant à un tube de caoutchouc, sont dans le même cas. Les antennes de la larve, pourvues d'une ventouse qui sécrète une matière gluante (*fig. 58*), servent à cette fixation à la suite de laquelle l'animal adulte perd tout aspect de Crustacé.

A cette famille se rattache la *Sacculine*, parasite des Crabes; à la suite de métamorphoses extrêmement compliquées, la larve est inoculée sous la peau d'un jeune crabe; elle évolue dans la cavité du corps de son hôte où elle se ramifie sous forme de filaments qui pompent ses liquides organiques; elle n'apparaît que plus tard sous la queue du crabe, comme un gros sac à œufs, au moment de pondre. L'animal adulte n'a aucune apparence de Crustacé; c'est par l'étude de son *Nauplius* et des autres formes larvaires qui lui succèdent que l'on peut préciser la nature de la *Sacculine* (*fig. 59*).

Les innombrables *Copépodes* ne sont pas très éloignés, à l'état adulte, du *Nauplius* larvaire; ils se sont seulement un peu compliqués et restent souvent dans cet état; d'autres poursuivent la suite de l'évolution pour arriver à un stade *Cyclope* un peu plus perfectionné. Il y a dans les *Copépodes* de nombreuses espèces parasites d'autres animaux; signalons seulement les *Monstrilles* qui débutent par un *Nauplius* rudimentaire qui perce la peau d'une Annélide (*fig. 60*); il arrive à s'installer dans un de ses vaisseaux sanguins, perd tous

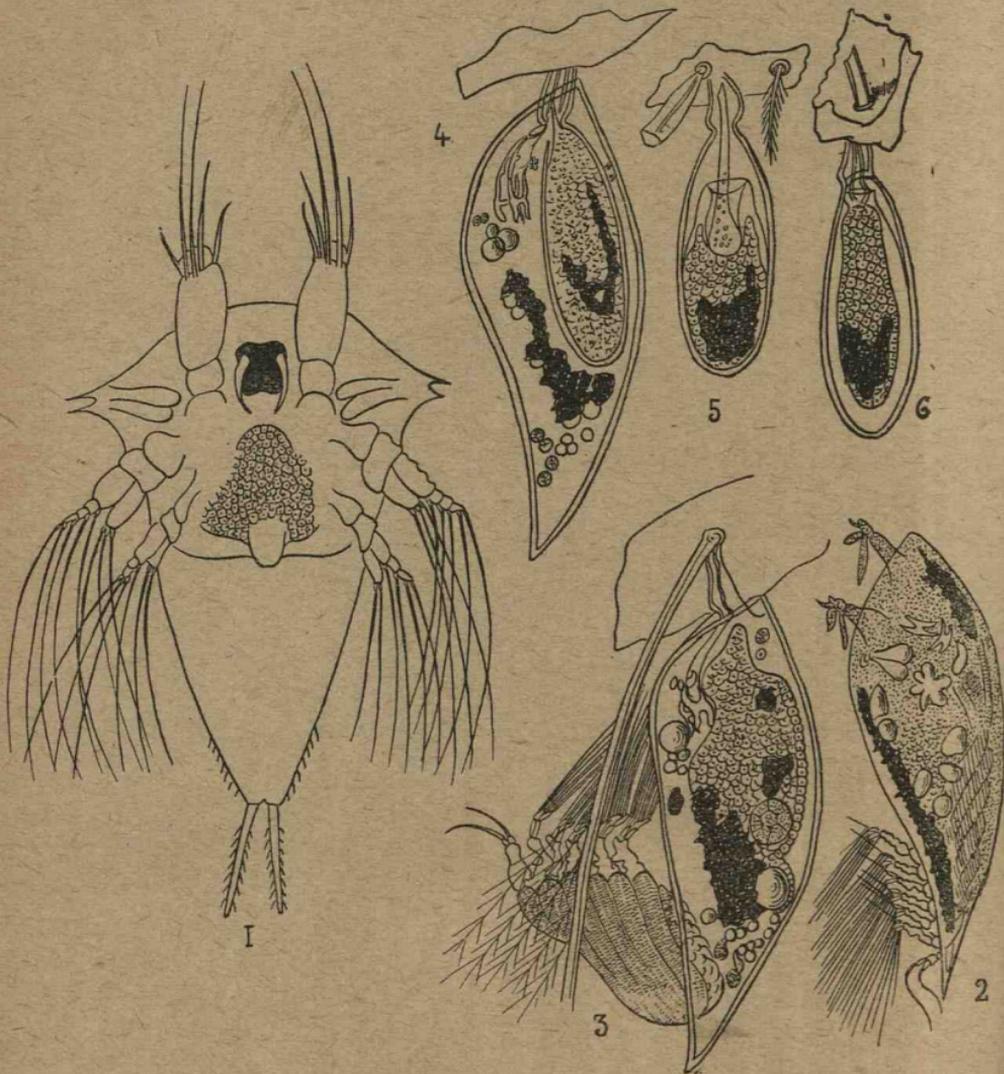


Fig. 59. — Larves successives de la Sacculine, d'après Yves Delage.  
 1. Larve au stade *Nauplius*; 2. Larve au stade *Cypris*; 3. Larve *Cypris* venant se fixer sur un jeune crabe; 4. Larve *Kentrogon*, 12 heures après sa fixation; 5. La même 3 jours après; 6. Inoculation du contenu de la larve dans le crabe.

ses appendices, se transforme en une masse de cellules sans organes précis, pousse une paire de longues antennes molles et creuses qui plongent dans le sang de l'Annélide où il puise les éléments de sa nutrition. Le Monstrille commence alors à former ses organes et finit par rompre le vaisseau de l'Annélide où il s'était installé; il déchire les tissus de son hôte et sort pour pondre des œufs d'où sortent des Nauplius, et le cycle recommence.

D'autres Copépodes parasites, les *Lernées* parasites des Poissons, les *Pénéelles* parasites des Cétacés, ont une évolution compliquée et ne ressemblant en rien, à l'état adulte, aux Crustacés libres.

Chez les *Isopodes* signalons les *Bopyres* qui forment une grosse tumeur sous le thorax des Crevettes; les larves de ces animaux nagent à la recherche d'une crevette; quand elles l'ont trouvée, elles se fixent dans sa chambre respiratoire; celles qui doivent devenir femelles sont beaucoup plus grosses, perdent leurs antennes et leurs yeux, et leurs appendices deviennent des lamelles destinées à incuber leurs œufs. Les

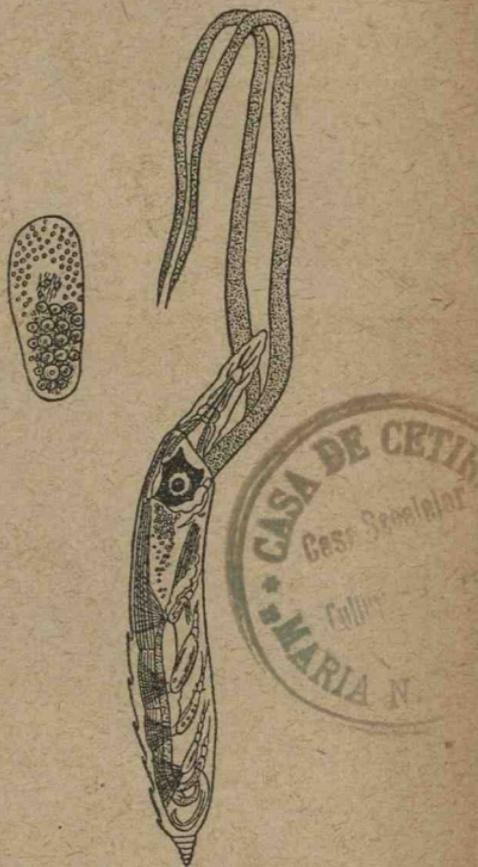


Fig. 60. — *Homocœra danæ*, à gauche, la larve *Nauplius*, ayant perdu ses appendices. A droite, l'animal installé dans le vaisseau sanguin de son hôte.

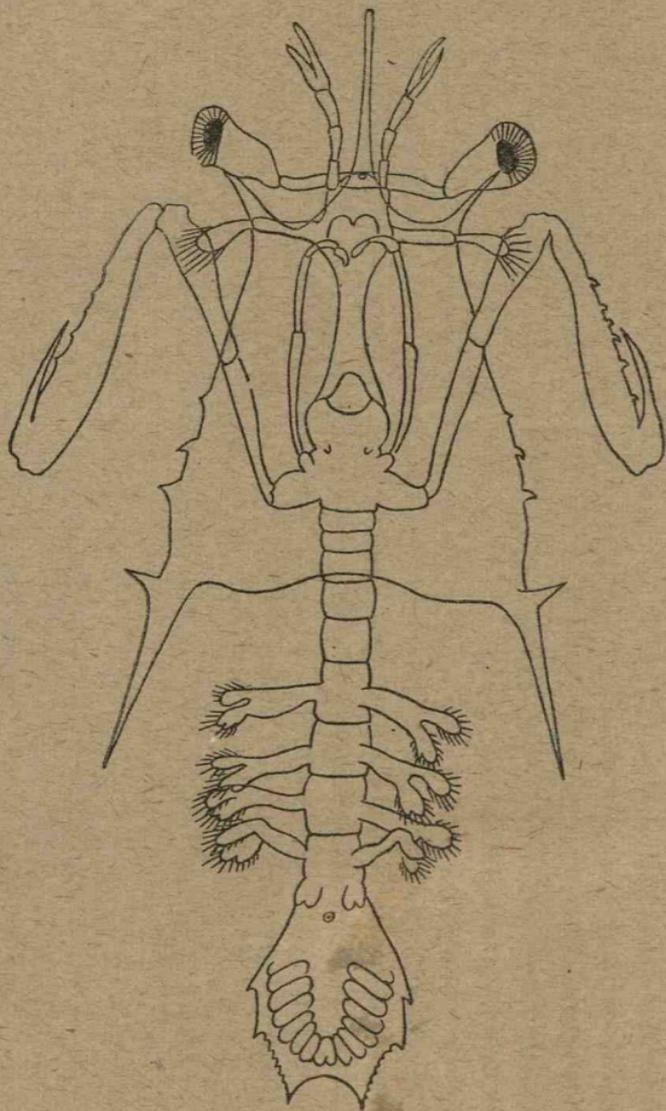


Fig. 61. — Larve de *Alima*, d'après Brooks. Fort grossissement.

mâles restent à l'état de tout petits êtres vermiformes segmentés qui s'installent en parasite sur les femelles et ne leur ressemblent nullement. Les *Portunions* vivent aussi sur les Crabes et sont encore plus déformés.

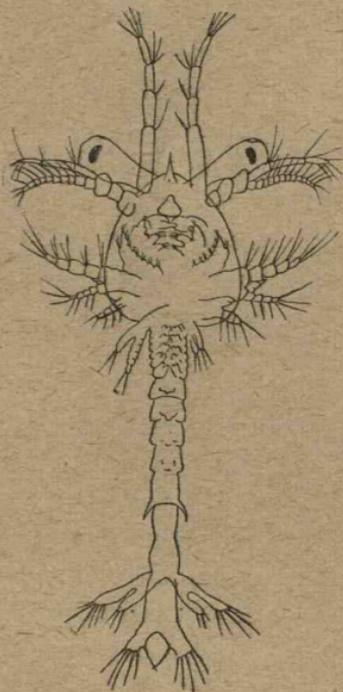


Fig. 62. — Larve Zoé d'un *Penæus*, d'après Claus. Fort grossissement.

La *Squilla* est un grand *Stomatopode* atteignant 30<sup>cm</sup> qui se trouve communément dans la Méditerranée où on le vend sur les marchés; la femelle porte ses œufs entre ses pattes-mâchoires; il en sort des larves pourvues d'énormes yeux pédonculés et d'un grand rostre en forme de scie; sa

carapace porte deux grandes pointes en arrière, et sa première paire de pattes est transformée en une arme en forme de peigne qui se rabat, comme une lame de couteau, dans son manche (fig. 61). Les métamorphoses sont nombreuses.

Parmi les Crustacés supérieurs, mentionnons la *Caramote* (*Penæus*) (fig. 62), grande crevette de 20<sup>cm</sup> de long dont les métamorphoses sont très compliquées, depuis le Nauplius ordinaire jusqu'à une phase commune à beaucoup de grands Crustacés, connue sous le nom de *Zoé* (fig. 63), dont les yeux sont pédonculés. Elle prend ensuite une nouvelle forme, dite *Mysis*, et arrive enfin à sa phase définitive de *Penæus*.

Les *Langoustes* et autres Crustacés voisins ont des métamorphoses du plus grand intérêt; nous nous contenterons de résumer celles de la Langouste. Les œufs, au nombre de plusieurs centaines de mille, sont attachés sous l'abdomen de la femelle; ils en sortent au stade *Mysis* sous forme d'un petit animal replié sur lui-même qui, au premier contact de l'eau, se déploie et prend l'aspect d'une lame mince, plate comme une feuille de papier transparent, à quatre grandes paires de pattes bifurquées et deux gros yeux saillants;



Fig. 63. — Larve *Zoé* de crabe. *Porcellana longicornis*, d'après Sars. Fort grossissement.

c'est la larve *Phyllosome* (fig. 64 et 65). Elle grandit à chacune de ses nombreuses mues, jusqu'à atteindre 3<sup>cm</sup>, et l'on distingue, tant elle est transparente, tous les détails de son anatomie. Au bout de quelques mois ce *Phyllosome*,



Fig. 64. — Larve *Phyllosome* de Langouste au début de son évolution, ayant environ 3<sup>mm</sup>.

arrivé à l'état parfait, commence à se ratatiner, à modifier son extérieur et à laisser voir sous sa peau une petite carapace. Puis l'enveloppe du *Phyllosome* tombe, les pattes, les yeux d'un nouvel animal se retirent de l'intérieur du précédent et finalement un petit Crustacé, que l'on a nommé *Puerulus* (fig. 66), long de 2<sup>cm</sup>, transparent, commençant à ressembler à une langouste, émerge de la peau

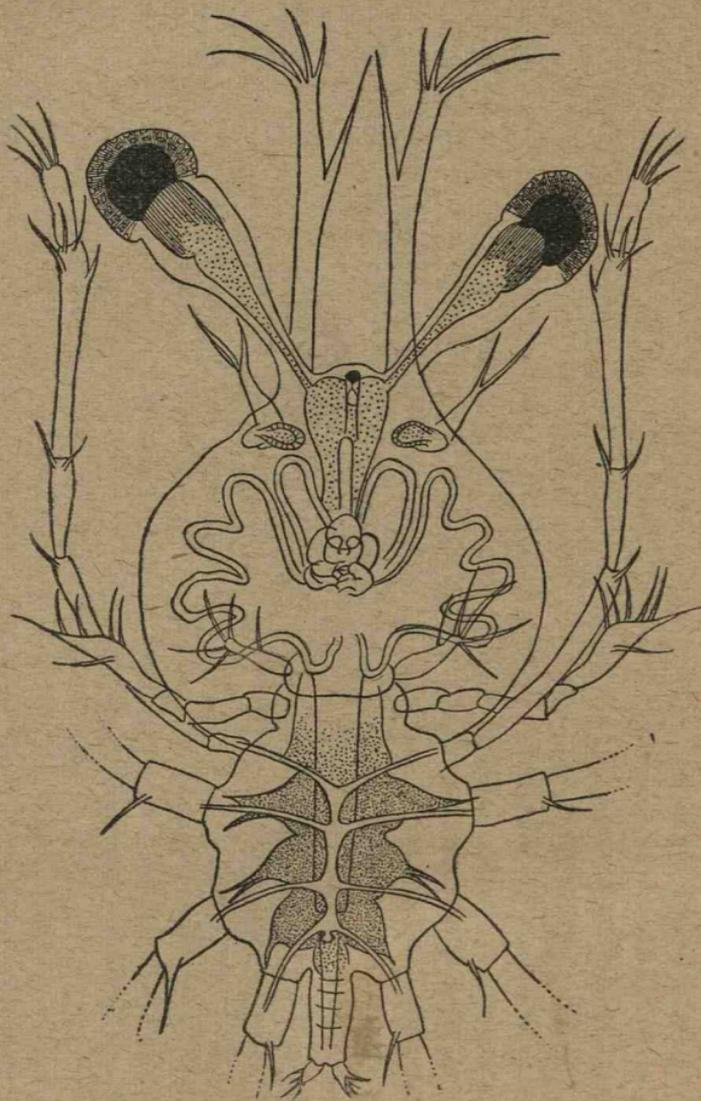


Fig. 65. — Jeune larve *Phyllosome* de *Scyllarus*, on a supprimé les grandes pattes, d'après Claus.

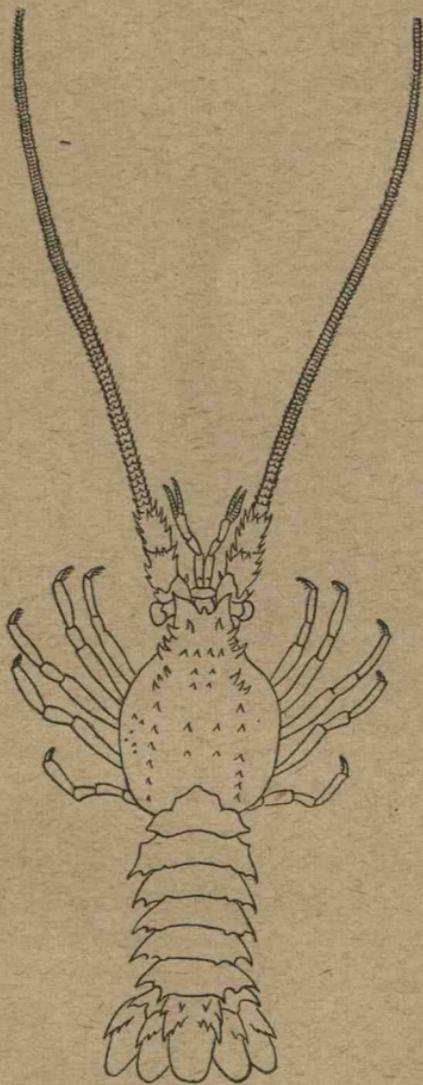


Fig. 66. — Larve *Puerulus* de la Langouste. Grand. nat. = 24<sup>m</sup>.

flasque du Phyllosome. Il nage pendant un certain temps, puis une dernière mue l'amène à l'état de jeune Langouste transparente qui tombe sur le fond, imprègne sa carapace de calcaire et devient opaque. La plus grande partie de cette histoire compliquée est due aux travaux du Professeur L. Bouvier.

Laissons maintenant les Arthropodes, sur lesquels il y aurait encore une foule de choses intéressantes à raconter, mais qui nous entraîneraient beaucoup trop loin, pour arriver à une classe très spéciale du Règne animal, les *Échinodermes*, répandus dans toutes les mers depuis la plus haute antiquité. Comme il a été dit, leur organisation générale est basée sur la symétrie à cinq rayons, leur corps étant formé de cinq parties semblables disposées en pentagone. Les Étoiles de mer, ou *Astéries*, en sont le type classique.

Les Échinodermes se reproduisent tous par des larves planctoniques qui, pendant leur existence errante, ne donnent aucune idée de ce que sera l'animal définitif. La larve, au début, a quelque analogie avec la Trochosphère, due surtout à ce qu'elle est adaptée aux mêmes conditions d'existence; à sa surface on remarque des cils vibratiles disposés en bandes flexueuses, qui bientôt se découpent en lobes saillants, forment des bras trapus autour de la larve qui est alors connue sous le nom de *Bipinnaria*. Ces appendices s'allongent et la larve, dite alors *Brachiolaria*, tout en nageant, commence à construire à son intérieur la jeune Astérie; quand celle-ci a pris un certain développement, la larve tombe sur le fond, toutes les parties qui lui servaient à nager disparaissent, et la petite Astérie, libérée de ses derniers vestiges, rampe sur le sol et n'a plus qu'à grandir.

Chez les *Oursins* les choses se passent à peu près de même ; la larve est un peu différente de celle des *Astéries* ; elle a des de longs bras soutenus par une fine aiguille calcaire, supportant des bandes ciliées ; c'est le *Pluteus* (fig. 67). Quand il est

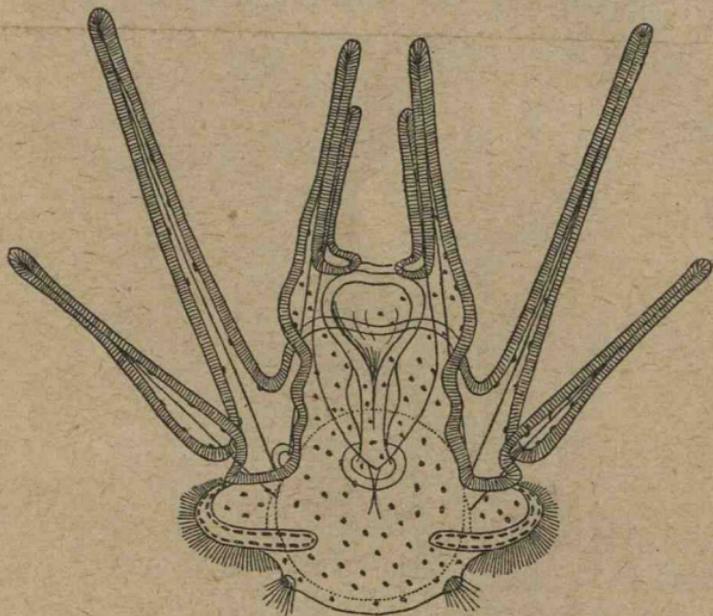


Fig. 67. — Larve d'Oursin.

*Echinus esculentus*, âgée de 23 jours, d'après Mac Bride. Très grossie.

complet c'est une larve compliquée, transparente, à l'intérieur de laquelle bourgeonne le jeune oursin, après quoi elle disparaît et, comme chez l'*Astérie*, le petit oursin tombe au fond.

Les *Holothuries* ont une larve un peu différente dont les bandes ciliées ne forment pas de bras. Elles ressemblent, après quelques transformations, à un petit tonnelet, cerclé

d'anneaux ciliés, puis acquièrent cinq tentacules et passent directement enfin à l'état d'Holothuries (fig. 69).

Les *Crinoïdes* ont une larve nageuse, à cinq bandes ciliées, qui plus tard se prolonge en un pédoncule au moyen duquel elle se fixe au fond, pareille à un bouton de fleur sur sa tige; de petits osselets calcaires se développent dans

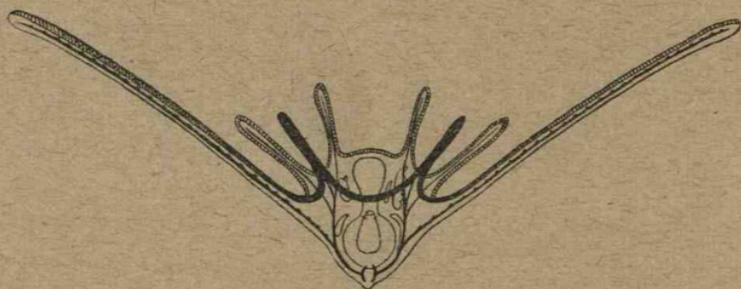


Fig. 68. — Larve d'*Ophiothrix fragilis*, complètement développée, âgée de 60 jours, d'après Mac Bride. Grossie.

la tige et le bouton, puis celui-ci s'ouvre pour laisser passer d'élégants tentacules; cette larve, en forme de fleur épanouie à cinq pétales, est connue sous le nom de larve *Pentacrine* (fig. 70). Dans certains Crinoïdes le jeune grandit et peut atteindre près de 1<sup>m</sup> de long. Mais dans d'autres la fleur du Pentacrine se détache de sa tige et l'animal, devenu libre, mène une vie errante.

Les *Tuniciers* servent de passage entre les Invertébrés et les Vertébrés; leurs larves possèdent cette remarquable particularité d'être plus proches par leur organisation des Vertébrés, c'est-à-dire de l'état supérieur, que les adultes qui sont revenus en arrière au moment de la métamorphose. Nous nous bornerons à citer quelques points de cette curieuse

évolution, sans entrer dans aucun détail pour éviter des justifications qui nous entraîneraient bien trop loin. Supposons donc une Ascidie fixée sur le sol; l'eau entre dans sa

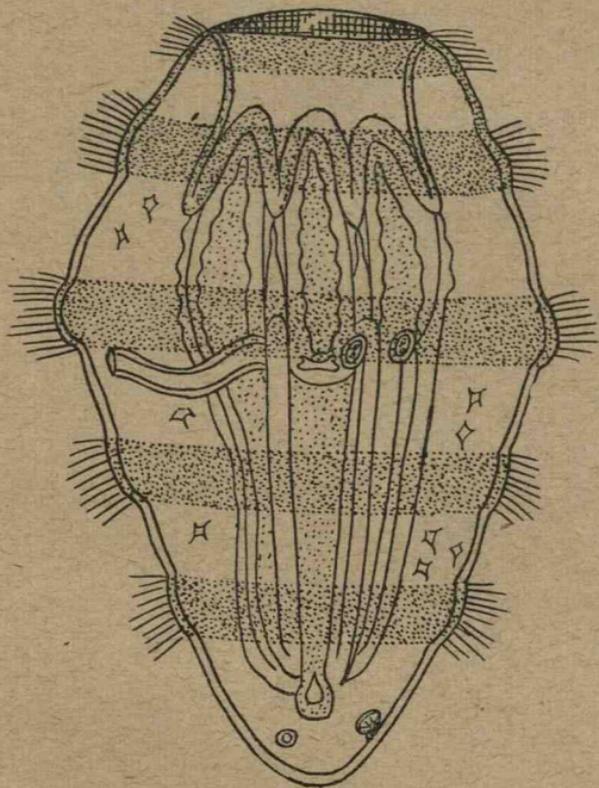


Fig. 69. — Larve d'Holothurie.  
*Synapta digitata*, d'après Metschnikoff. Très grossie.

cavité par un de ses siphons, et, après avoir traversé une  
branchie respiratoire, qui n'est autre que la première partie  
du tube digestif percé de fentes, elle sort, entraînant les



Fig. 70. — Larve Pentacrine fixée d'*Antedon rosacea*, d'après Carpenter. Grand. nat. = 3<sup>mm</sup>.

déchets et les œufs. Ceux-ci se développent et bientôt éclôt une petite larve qui a la forme d'un têtard de grenouille (fig. 71); elle possède un cordon nerveux creux, renflé à la tête, rudiment de l'axe nerveux des Vertébrés, qui repose sur un cordon cartilagineux, correspondant au premier état de la colonne vertébrale des Vertébrés, entouré de muscles. La larve perfectionne un peu ces éléments caractéristiques,

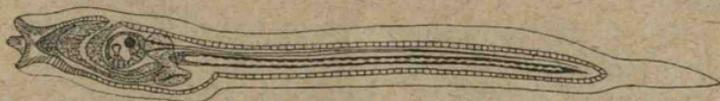


Fig. 71. — Larve de *Ciona intestinalis* à la phase de têtard, d'après Kowalewsky et Mac Bride. Très grossie.

elle nage, puis subitement elle fixe ce qu'on peut appeler sa tête sur un objet solide; sa queue disparaît, son cerveau et sa moelle épinière se réduisent à un vestige, l'organisation intérieure se modifie, et il ne reste plus rien dans la jeune *Ascidie* qui rappelle ses relations avec les Vertébrés.

Les espèces flottantes, comme les *Salpes*, les *Doliolum*, passent par des phases embryonnaires, avec des métamorphoses extrêmement compliquées; chez ce dernier l'adulte possède une sorte de bourgeon qui, par sa pointe, se coupe en tranches, tandis qu'il repousse par sa base. Les petites tranches se mettent en marche pour aller se fixer sur une sorte de queue extensible placée de l'autre côté de l'animal, et s'y transformer en petits individus; ils finissent par constituer une longue grappe, les plus âgés étant à la pointe, les plus jeunes à la base. Mais ces petits êtres se modifient de diverses façons pour jouer des rôles très différents. Il y en a d'abord qui n'ont autre chose à faire que de s'alimenter,

de digérer activement et de faire passer dans leur sang le produit de leur digestion; comme les vaisseaux de toute la colonie communiquent, ils sont en réalité les nourrices de toute la communauté. Ils alimentent en particulier l'individu mère qui, lui, a perdu au début de la période de reproduction tous ses viscères; pour fabriquer de nouveaux bourgeons il faut qu'on lui fournisse de quoi se maintenir, ce sont les nourrices qui s'en chargent. Une seconde sorte de petits individus, nés eux aussi de tranches du bourgeon maternel, différent des nourrices, mais actuellement ils se contentent de grandir, leur rôle ne commence que plus tard. A certains moments de petits amas de cellules, fournis par des tranches du bourgeon maternel, cheminent tout le long de la colonie et viennent se fixer sur ces individus inactifs; ce sont donc des individus de troisième sorte. Quand ils sont bien attachés leur porteur se détache de la colonie, se met à nager et devient ainsi un agent de dissémination qui emporte au loin ses petits frères parasites. Mais ces derniers commencent par se diviser en vingt morceaux, dont chacun va grandir et devenir un individu reproducteur porteur d'œufs, qui, fécondés, vont donner chacun un têtard, comme nous l'avons vu pour les Ascidies. Ce têtard nage, perd sa queue, et devient enfin un *Doliolum* adulte, ce qui ramène au point de départ.

Cet exemple permet de se rendre compte, malgré toutes les simplifications et suppressions de détails pourtant bien curieux, à quel degré de complication peuvent atteindre les Tuniciens au cours de leur développement.

Nous arrivons maintenant à l'importante classe des Poissons. Là encore nous sommes obligés de nous borner à quelques exemples.

Les Poissons cartilagineux, tels que les Requins et les Raies, ont, comme il a été dit, de très gros œufs, peu nombreux, qui se développent lentement, les uns déposés au fond de l'eau, les autres restant dans le corps de leur mère. Ce dernier cas est celui de l'Ange de mer, qui est vivipare et met au monde une dizaine de petits ayant à leur naissance plus de 20<sup>cm</sup> de long, entièrement semblables à l'adulte; il n'y a donc pas de métamorphoses chez les Poissons cartilagineux.

Chez les Poissons osseux les œufs sont toujours petits et très nombreux, généralement transparents; habituellement leur taille moyenne est voisine de 1<sup>mm</sup> à 1<sup>mm</sup>,5 de diamètre. Les plus gros sont ceux du Saumon qui ont environ 0<sup>cm</sup>,5 de diamètre.

Les uns sont pondus sur le sol ou dans quelque trou de rochers, d'autres sont légèrement collés entre eux ou fixés par une matière gluante à des plantes, sous de vieilles coquilles ou des pierres. Mais une grande quantité de ces œufs sont pondus librement dans l'eau et font partie du plancton. Leur réserve alimentaire étant faible, l'éclosion est rapide et la larve qui en sort est une frêle créature transparente, atteignant seulement quelques millimètres, et qui est dans un état rudimentaire d'organisation. Dès qu'elle a achevé d'absorber ce qui lui reste de son vitellus, sa bouche s'ouvre et elle cherche dès lors sa nourriture en chassant les Périidiniens, les Algues microscopiques, etc. Bientôt ses caractères se précisent, ses nageoires se complètent et sur sa peau apparaissent, dans un ordre déterminé pour chaque espèce, des chromatophores dont la disposition permet au naturaliste de distinguer les larves les unes des autres. La croissance de ces larves ne laisse guère de place

aux métamorphoses et, d'une manière générale, on peut dire que ces petits poissons ne tardent pas, après leur éclosion, à être semblables, en petit, à leurs parents.

Il y a cependant quelques exceptions. Par exemple chez les *Pleuronectes* adultes, tels que la Sole, la Plie, le Turbot, on remarque une face blanche et une face foncée en même temps que les deux yeux sont juxtaposés sur la face foncée et manquent sur la face blanche. Chez ces poissons les deux faces si dissemblables ne sont pas le dos et le ventre, mais les côtés droit et gauche. Quand la larve sort de l'œuf elle ressemble à celle de tous les autres poissons osseux, elle est symétrique et nage, sa nageoire dorsale en haut, et elle a un œil de chaque côté. Mais quand le jeune a acquis une certaine taille, il se couche sur le côté et se pose sur le sol. L'œil du côté appliqué sur le fond émigre, à travers les tissus, non sans complications diverses, sur l'autre côté, perce la peau et vient s'établir auprès de l'autre qui, lui, n'a pas bougé. La pigmentation se produit seulement sur le côté devenu supérieur, tandis que le côté appliqué contre le sol reste sans chromatophores; d'autres modifications se produisent dans les organes, notamment dans l'épaisseur des muscles et la forme de la bouche, pour compenser ce changement de position. Tous les *Pleuronectes* ne se couchent pas sur le même côté; les uns ont versé à droite, les autres à gauche.

Chez divers poissons les larves portent de grands appendices formés de lames minces de tissu cutané, sous forme de filaments, de crêtes de couleurs variées, qui disparaissent quand la forme adulte va se produire. Un des plus curieux exemples de ces modifications se remarque chez le *Poisson lune* (fig. 72), qui adulte est lourd, à peau dépourvue d'ap-

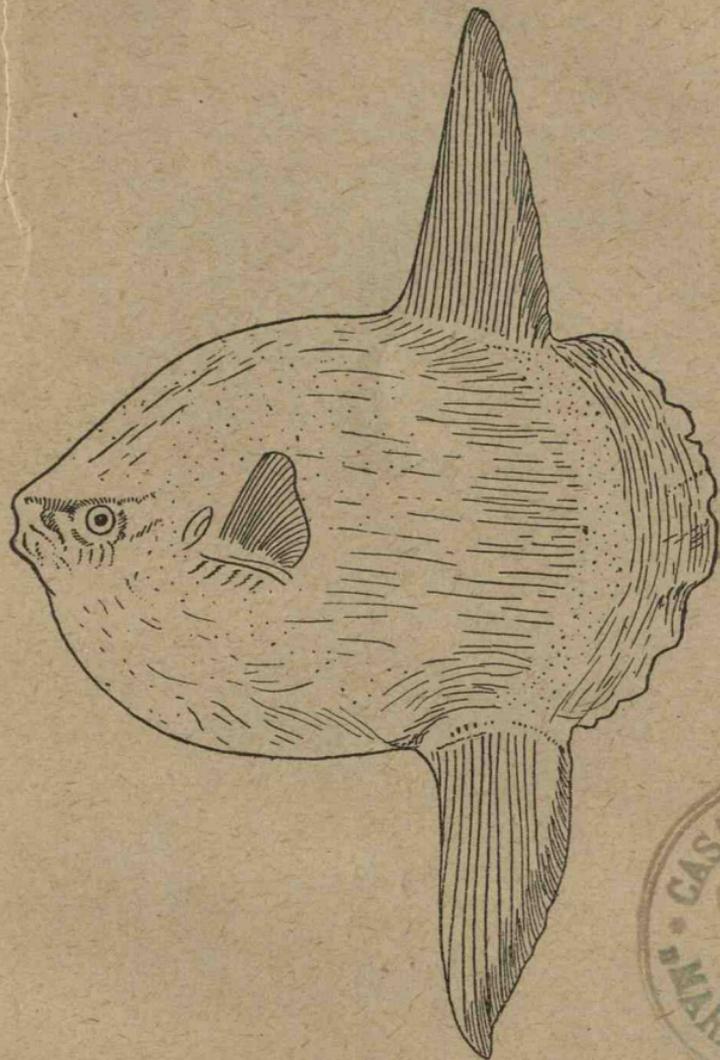


Fig. 72. — *Orthogoriscus mola*.

Poisson lune, très réduit. Grand. nat. = 1<sup>m</sup> à 1<sup>m</sup>,50.



pendices, tandis que dans son jeune âge il est couvert de

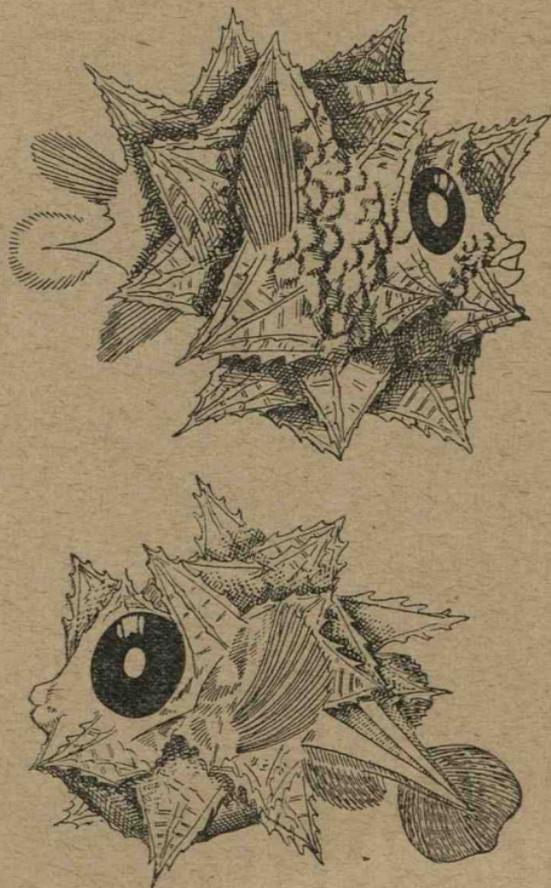


Fig. 73. — Deux larves de poisson lune. En bas, *Ranzania truncata*; en haut, *Mola lanceolata*, d'après J. Schmidt. Grand. nat. = 3<sup>mm</sup> environ.

crêtes élégantes, puis de piquants énormes, qui bientôt disparaissent (fig. 73 et 74). Ces changements dans le détail

affectent surtout l'aspect, mais ne modifient pas profondément l'organisation de l'animal et ne peuvent pas être qualifiés de métamorphoses. Ils sont dus simplement à ce que l'animal change sa façon de vivre, par exemple quand il renonce à l'existence planctonique pour se confiner sur le sol; il n'a plus besoin alors des petits appareils qui lui permettaient les évolutions pélagiques, et il les supprime.

Une mention spéciale est due à la famille des Anguillidés, où se trouvent non seulement l'Anguille, mais le Congre, la Murène, et certains autres qui vivent dans les grandes profondeurs des océans. Ces poissons subissent des métamorphoses extrêmement intéressantes qui, depuis longtemps, font l'objet des études de nombreux naturalistes. Le plus célèbre d'entre eux est le Dr Joh. Schmidt, de Copenhague, qui a élucidé le problème mystérieux de la vie de l'anguille.

Tous les poissons de cette famille sont marins, mais les Anguilles passent une partie de leur existence dans l'eau douce. Tous pondent dans la mer une grande quantité de très petits œufs pélagiques, transparents, d'où sort une toute petite larve allongée en un ruban extrêmement plat, cristallin, et tellement diaphane que l'on ne peut reconnaître sa présence dans l'eau que par ses deux petits yeux noirs surmontant une bouche à longues dents. Cette larve spéciale est connue sous le nom de *Leptocéphale* (fig. 75); le Dr Schmidt en a trouvé qui atteignent 50<sup>cm</sup> de long sur 4 ou 5<sup>cm</sup> de large et ressemblent à un ruban ondulé de cristal. Quand cette larve a atteint toute sa longueur, variable selon les espèces, par exemple environ 10<sup>cm</sup> pour l'Anguille et le Congre, elle subit une métamorphose complète; elle devient opaque, plus courte, perd sa forme rubanée pour devenir

cylindrique, sa peau se pigmente, ses viscères se transforment,

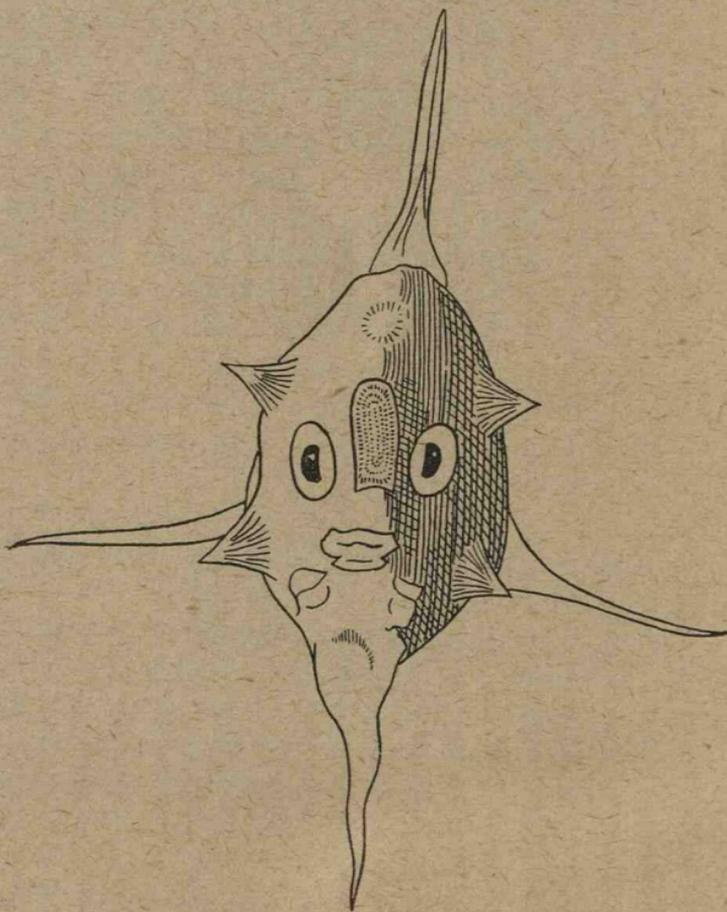


Fig. 74. — État postlarvaire du poisson lune *Mola lanceolata*.  
L'animal vu de face, d'après J. Schmidt. Grand. nat. = 5<sup>mm</sup>.

elle acquiert ainsi son état définitif, mais c'est un tout autre animal par sa structure et son aspect. Toute cette

évolution s'est passée dans la mer; les larves sont planctoniques, les adultes vivent sur le fond, depuis le littoral jusqu'aux abîmes. L'anguille seule fait exception et son



Fig. 75. — Larve Leptocephale d'Anguille, d'après J. Schmidt.  
Phase précédant la métamorphose. Grand. nat. = 10<sup>cm</sup>.

histoire mérite d'être sommairement racontée d'après les travaux du Dr Schmidt.

L'anguille que nous voyons en Europe vit dans tous les cours d'eau qui aboutissent à la mer, du cap Nord au Sénégal, y compris la Méditerranée, sauf toutefois la mer Noire dont les eaux profondes, chargées d'acide sulfhydrique, sont



Fig. 76. — Larve d'Anguille à l'état de Civelle  
précédant la pigmentation finale, d'après J. Schmidt. Grand. nat. = 8 à 9<sup>cm</sup>.

impropres à la vie. Une autre espèce analogue, très voisine, vit en Amérique, du Canada à la Guyane. Prenons l'histoire de l'anguille d'Europe au moment où elle se trouve, au printemps, sur nos côtes, dans l'embouchure des fleuves sous la forme d'un petit animal rose, vermiforme, long de 7 ou 8<sup>cm</sup>, que l'on vend en quantités énormes sur nos marchés du littoral, sous le nom de *Civelle* ou *Piballe* (fig. 76); on en exporte beaucoup en Espagne. Bientôt ces

petits poissons brunissent, deviennent vert-bronze, modifient leur organisation; les Civelles se sont transformées en petites anguilles. Elles commencent à entrer dans le fleuve et ses affluents, par grandes troupes. Les unes s'arrêtent non loin de la mer et s'installent dans les eaux saumâtres; elles ne deviendront jamais très grandes (environ 50<sup>cm</sup>), au bout de 5 ou 6 ans. Nous les retrouverons plus loin, ce sont les futurs mâles. Les autres continuent leur chemin, s'installent dans les rivières, les ruisseaux, les lacs et les étangs, même à de grandes altitudes; ce sont les futures femelles qui atteignent, en 6 ou 7 ans, 80<sup>cm</sup>. Tous ces animaux, très voraces pendant la belle saison, dorment en hiver dans la vase. Quand ces anguilles ont atteint leur taille, elles se suralimentent pendant un dernier été, puis se mettent, en automne, à descendre les cours d'eau vers la mer. En route elles changent d'aspect, leur ventre devient blanc *argenté*, leurs yeux doublent de taille, leurs nageoires changent de forme et s'allongent. Ces anguilles argentées, arrivées à l'embouchure du fleuve, y rencontrent les mâles qui ont subi une transformation analogue, et toute la troupe s'enfonce rapidement dans la mer, pour gagner à 6000<sup>km</sup> de l'Europe, en nageant sur le fond, une région située à l'ouest de la mer des Sargasses, au sud des îles Bermudes, où se fait la fécondation; elles pondent et meurent. Les œufs flottent entre 500 et 1000<sup>m</sup> de profondeur; il en sort une petite larve de 4<sup>mm</sup> de long, transparente, qui n'est autre que le début du Leptocéphale. Il se rapproche de la surface et se met alors en marche vers l'Europe, grandit en route, et au bout de 3 ans arrive, ayant environ 10<sup>cm</sup>, en vue des côtes d'Europe. Là se fait une nouvelle métamorphose qui transforme le Leptocéphale transparent en Civelle rose.

parce que le sang, jusque-là incolore, devient rouge. Par une nuit noire de mauvais temps, les Civelles arrivent dans l'embouchure des fleuves. Les larves ont donc parcouru, sous la forme planctonique, les 6000<sup>km</sup> que leurs parents avaient faits, en sens inverse, en rampant sur le fond. Là se ferme le cycle des métamorphoses; nous sommes revenus à la Civelle d'où nous étions partis pour décrire toute cette évolution dont les points fondamentaux ont été découverts par le Dr Schmidt. Il a aussi débrouillé l'histoire, tout à fait analogue, de l'Anguille de l'Amérique du Nord, et il est actuellement occupé à élucider les métamorphoses compliquées des trois espèces d'Anguilles du Pacifique.

Nous terminerons là cette courte revue des métamorphoses les plus caractéristiques des animaux marins. Il nous reste à parler des migrations de ces animaux et des applications de ces notions de biologie générale aux industries de la mer. Mais la connaissance des migrations est si intimement liée aux applications que les industries peuvent en faire que nous ne les séparerons pas.

Le mot de migration n'est plus compris par les naturalistes dans le même sens qu'autrefois, et comme le public continue à le comprendre. On se figure que migration veut dire départ en foule d'un banc d'animaux, à une époque fixe de l'année, pour un voyage circulaire très lointain d'où les mêmes animaux reviennent l'année suivante, sans que l'on puisse savoir où ils sont allés pendant ce temps. Il est vrai que l'on remplace trop souvent les notions positives par des romans fort curieux mais tout aussi inexacts. Peu à peu, à mesure que les connaissances de la biologie marine se sont précisées, il a fallu faire un choix entre les animaux qui font réellement un grand voyage, et ceux qui

se contentent de se déplacer seulement dans le voisinage.

C'est ici qu'il faut faire appel à ce qui a été dit dans les chapitres précédents; les variations de la température sont pour beaucoup dans le déplacement de certains animaux qui aiment une eau ayant un certain nombre de degrés et qui s'en vont plus au Nord si l'eau se réchauffe trop, plus au Sud si elle se refroidit trop, ou qui s'enfoncent plus ou moins profondément pour la même raison. Ici se place la nécessité pour les pêcheurs d'adopter un engin de pêche primordial, le thermomètre. Ils l'ont fait dans beaucoup de pays, mais pas partout; ils ont compris que ce n'est pas la peine d'essayer de prendre du hareng dans de l'eau trop chaude ou de la sardine dans de l'eau trop froide, de perdre ainsi leur temps et leur argent. On connaît maintenant les températures optima pour la plupart des poissons de grande pêche; l'intérêt des pêcheurs serait de suivre les instructions des océanographes. Il n'en sont pas encore là.

A cette question de la température se rattache celle des grands courants marins. Nous avons déjà parlé du Gulf Stream et des transgressions étudiées par M. Le Danois. Nous avons dit plus haut que cette sorte de marée annuelle qui, partant de l'Atlantique équatorial, remonte vers le Nord, explique beaucoup mieux les phénomènes biologiques de l'Atlantique septentrional que le bouquet théorique des ultimes rameaux du Gulf Stream. Le vrai courant du Gulf Stream ne dépasse guère le milieu de l'Atlantique.

Or la présence de cette nappe d'eau est facile à constater à la profondeur de 50<sup>m</sup>; dans nos parages elle atteint d'abord environ 15°; c'est à ce niveau qu'il faut la chercher pour éviter, à une moindre profondeur, les eaux influencées par

le soleil, le vent, etc. Avec cette eau qui glisse en nappe par-dessus l'eau froide descendue en sens inverse des mers polaires, arrive une foule d'animaux planctoniques, venant du Sud et différents de ceux qui habitent l'eau froide. Parmi ces animaux il y en a de fort importants, par exemple le Thon.

On sait que le Thon blanc de l'Atlantique, dont le vrai nom est Germon, est différent du Thon rouge de la Méditerranée qui est beaucoup plus gros. Le Germon arrive dans nos eaux, au large du golfe de Gascogne en juillet; il était un mois avant au large de Gibraltar, puis il remonte, avec la transgression chaude, jusqu'au sud de l'Irlande où on le pêche encore en octobre. A ce moment la transgression s'est refroidie; le Germon plonge dans les eaux profondes et disparaît vers le Sud, on le retrouve en décembre aux Açores; il y fait en quelque sorte escale, et disparaît encore. Où va-t-il, on n'en sait rien de précis; vraisemblablement il stationne pour y pondre dans les eaux de l'Amérique du Sud au large du Brésil. Quand il apparaît de nouveau l'année suivante, il est accompagné de jeunes qui font leur premier voyage. On a constaté aux Antilles la présence d'une variété de Germon qui est peut-être un rameau parti du centre brésilien comme celui d'Europe.

Ce n'est probablement pas l'influence de la seule température qui règle le voyage de ce poisson; c'est aussi une affaire de nourriture. Ces eaux chaudes de la transgression sont habitées par de nombreux animaux planctoniques spéciaux, des Crustacés, des petits Poissons dont beaucoup sont lumineux; le Germon s'en gave, et c'est à leur poursuite que cet animal suit la transgression. Quand celle-ci, très avancée vers le Nord, s'est refroidie, ces petits êtres

meurent, et le Germon, dont le corps est chargé de graisse, ne trouvant plus sa nourriture préférée, fait demi-tour et redescend vers les mers chaudes du Sud où il va pondre. Cette question d'alimentation est donc liée à celle de la température.

Mais la transgression ne s'arrête pas toujours à la même latitude; certaines années elle monte beaucoup plus haut, et les poissons de mer froide, comme le Hareng, fuient devant elle vers le Nord, ce qui est désastreux pour les pêcheurs, et ce à quoi ils remédient, quand ils ont un thermomètre, et ne s'obstinent pas à chercher le hareng dans l'eau chaude.

Le Thon rouge de la Méditerranée qui dépasse 400<sup>kg</sup>, tandis que le Germon ne dépasse guère 20<sup>kg</sup>, est encore assez mal connu quant à ses déplacements, et sa ponte est toujours mystérieuse. Il faut aussi remarquer que cette espèce n'est pas cantonnée dans la seule Méditerranée, mais qu'elle comprend plusieurs races distinctes, dont une spéciale à cette mer. Il y en a une autre qui vit au large de Gibraltar, une plus petite dans l'angle du golfe de Gascogne, une beaucoup plus grosse dans la mer du Nord. Celle de la Méditerranée, pour certains auteurs, s'y cantonne exclusivement; elle y vit tantôt en ordre dispersé, en dehors de la saison de reproduction, tantôt en rassemblements qui suivent sur les côtes d'Algérie et de Tunisie, à époque fixe, un itinéraire déterminé, pour aller pondre au sud de la Sicile dans les grandes profondeurs. On tend sur leur trajet littoral de grands filets, dits *madragues*, où se prennent ces thons. Quand ils ont pondu ils reviennent en sens inverse; on capture alors dans les madragues des individus, dits *thons de retour*, qui sont maigres et dépourvus d'œufs. Pour d'autres

auteurs les thons qui suivent la côte d'Algérie arrivent de l'Atlantique.

Les naturalistes espagnols pensent que le thon qui vit au large de Gibraltar vient pondre à l'entrée de la Méditerranée pour que ses larves y trouvent une eau plus chaude, plus salée, et un plancton spécial, mais ni les parents ni les jeunes n'y restent et ils s'empressent de rentrer dans l'Atlantique où on les capture dans les madragues de la côte du Maroc et du sud de la presqu'île ibérique. Quant à la race du golfe de Gascogne et encore moins celle de la mer du Nord, on ne sait pas grand'chose de précis sur leurs manières de se comporter.

On conçoit tout l'intérêt qu'il y a à obtenir de plus grandes précisions sur ces diverses races de thons, étant donné qu'ils forment la matière première d'une importante industrie des conserves qui atteint une grande valeur.

La famille des *Clupéides* renferme un grand nombre de poissons des plus importants au point de vue de l'industrie de la pêche; ce sont surtout les Sardines, les Anchois et les Harengs et quelques autres de moindre intérêt. Tous ces poissons pélagiques vivent en troupes énormes; ils constituent un exemple frappant des essaims dont nous avons parlé plus haut. Ils se déplacent ensemble, selon des conditions physiques de la mer, qui ne sont pas partout les mêmes, et là aussi on remarque des races locales différentes par quelques détails et par leurs mœurs. La température de l'eau joue un rôle considérable dans les mouvements de ces poissons.

La Sardine de la Méditerranée se pêche non loin des côtes pendant toute l'année; elle s'y reproduit par des œufs planctoniques donnant de petites larves transparentes

dont l'organisation est rudimentaire, qui ne s'alimentent pas en naissant tant qu'elles consomment le reste de leur vitellus, et un peu plus tard se nourrissent de microplancton. Quand elles ont quelques centimètres, on les pêche et on les vend sur les marchés du littoral sous le nom de *poutine*.

La Sardine de l'Atlantique ne se comporte pas de même; elle disparaît pendant une partie de l'année d'autant plus longue que la région est plus au Nord. Sur la côte du Maroc et du sud du Portugal la Sardine est presque toute l'année près de la surface. Sur nos côtes de Bretagne, elle ne s'y trouve que pendant la belle saison; les essaims qui s'en approchent à la portée des pêcheurs sont formés de poissons de tailles variées correspondant à leur âge. Ceux-là ne sont que des jeunes, non encore en état de maturité. Ce n'est que la troisième année que leurs ovaires se développent et que les grandes sardines, dites de dérive, pondent au commencement de l'hiver des œufs pélagiques.

On n'est pas exactement fixé sur ce que deviennent les Sardines de nos parages pendant la mauvaise saison. On a cru longtemps qu'elles émigraient en automne vers le Sud, et que ce sont elles que l'on prend en hiver sur les côtes du Maroc et du Portugal, d'où elles remonteraient dans nos eaux au retour de la belle saison. Mais il n'en est pas ainsi et l'on a constaté que les sardines marocaines constituent une race locale qui ne quitte pas ces parages. D'autre part, on pêche au chalut, assez souvent, pendant l'hiver au large de nos côtes, des sardines enfouies dans la vase. Est-ce ainsi qu'elles hivernent pour ne remonter que quand arrive, avec la belle saison, la transgression qui réchauffe les eaux superficielles? On ne saurait l'affirmer. Toujours est-il

qu'il leur faut une eau à la température d'au moins 15° pour qu'elles se montrent à la portée des pêcheurs.

Les Sardines de nos côtes atlantiques sont pêchées au moyen de nappes verticales de filets autour desquels on répand un appât, la rogue, qui n'est autre chose que la masse salée et conservée des œufs de la Morue encore contenus dans l'ovaire et exportés à grands frais de Norvège. Cet appât n'est pas utilisé dans la Méditerranée. Il est à remarquer que certaines années la pêche en Atlantique est nulle, et ce fait coïncide avec la moindre étendue de la transgression dont la nappe superficielle, pour des raisons encore insuffisamment précises, ne s'est pas rapprochée des côtes où l'eau trop froide et le plancton différent ne conviennent pas à la Sardine.

Le *Hareng* est un poisson de mer froide, vivant lui aussi en bandes immenses, mais dont les œufs démersaux sont pondus sur le fond, dans des localités toujours les mêmes, où les harengs les déposent en quantités incommensurables, sur les herbes, les pierres, etc.; sur une forte épaisseur le sol en est couvert au moment de la ponte. Il y a aussi chez les harengs des races spéciales très différentes par des détails et par la dimension; ainsi le hareng de Norvège est le double de celui de la Manche. Chacune de ces races a une aire de dispersion déterminée, dont elle ne s'écarte pas; on en connaît une dans la Baltique, une dans la mer du Nord qui descend jusqu'à Dieppe; une dans la Manche, une Écos-saise, puis celle de Norvège dont il vient d'être parlé. Le long des côtes du Canada et du nord des États-Unis, une race s'étend qui n'est qu'une variété de l'espèce européenne.

Les harengs sont très sensibles aux variations de la température; nous avons déjà fait remarquer que, certaines

années, quand la transgression chaude est plus forte que d'ordinaire et monte plus haut vers le Nord, les harengs fuient devant elle et sont refoulés dans les mers septentrionales. Le fait se produit d'une façon remarquable dans la mer qui s'étend de l'Irlande au pays de Galles. Pendant la saison froide les harengs, dits des *smalls*, se dispersent dans cette étendue; mais quand la transgression arrive, en suivant le fond de cette vallée sous-marine peu profonde, les harengs se réfugient sur ses bords que la transgression n'atteint pas. Il s'ensuit que, selon la saison, la pêche au hareng s'effectue soit dans le milieu de cette mer, soit dans les eaux littorales, du côté anglais et du côté irlandais.

Les bandes de harengs sont suivies par d'autres poissons qui se déplacent en même temps qu'elles, non parce que les changements de température ou de salinité les y forcent, mais, indirectement tout de même, puisqu'ils accompagnent les harengs. Ce sont par exemple les Haddock, qui dévorent des quantités considérables de jeunes harengs. Une foule d'Invertébrés du plancton, notamment les Méduses, les poursuivent aussi et en détruisent un grand nombre. Il en est de même du gros Thon de la mer du Nord jadis très rare, mais actuellement beaucoup plus abondant, qui, non seulement dévore les harengs pendant qu'ils nagent, mais trouve très commode de les cueillir dans les filets des pêcheurs en les déchirant et déterminant de sérieux dégâts.

Parmi les poissons de la famille des *Gadidés*, nous citerons seulement la Morue qui abonde dans les eaux norvégiennes et dans les eaux américaines.

Sur le banc de Terre-Neuve elle vit dans les eaux froides et s'y reproduit. Quand arrive la transgression chaude normale qui se fait sentir à la surface du côté américain,

comme du côté européen, les Morues restent au fond et viennent seulement de temps en temps dans la couche superficielle pour y pêcher l'Encornet, Céphalopode planctonique, voisin des Calmars, qui y pullule et dont elles sont très friandes. Si la couche chaude est plus épaisse et touche le sol du banc de Terre-Neuve, qui n'a qu'une centaine de mètres de profondeur, les Morues ne pouvant y vivre s'enfuient dans les mers profondes, au nord ou à l'ouest du banc, et les pêcheurs ne peuvent les atteindre. Si la transgression chaude reste en deçà du banc sans l'atteindre, il n'y a pas d'Encornets et les Morues ne trouvant pas la nourriture qu'elles recherchent s'en vont. Dans les deux cas la pêche est déplorable. Elle n'est bonne que quand la couche d'eau froide qui couvre le sol atteint approximativement la moitié de l'épaisseur de l'eau; les Morues y séjournent dans la couche profonde froide et trouvent dans la moitié supérieure de la nappe, chauffée par la transgression, les encornets dont elles ont besoin. Nous avons eu déjà l'occasion de signaler comment dans les eaux norvégiennes l'examen du plancton, la direction et la vitesse des courants, l'étude des larves qui fait connaître leur âge, permettent de préciser presque mathématiquement l'emplacement des bancs de Morues pondeuses, souvent à 200 milles des côtes.

Nous ne pouvons nous étendre longuement sur ces applications de l'Océanographie à la pêche; signalons cependant encore que les déplacements des bancs de Merlus sont réglés par les changements dans la salinité des eaux du fond. Il ne s'agit pas de grandes oscillations de cette salinité, mais seulement de quelques dixièmes de gramme de sel en plus ou en moins dans le total de ce qu'en contient un litre d'eau.

Une migration intéressante est à noter chez le Saumon.

Ces magnifiques poissons vivent normalement dans la mer, mais ils viennent se reproduire et passer leur première jeunesse dans les cours d'eau douce. Les reproducteurs, à la maturité, remontent les fleuves, les rivières, jusque dans les altitudes élevées où ils trouvent dans le voisinage de leur source des eaux pures, fraîches, courantes et très aérées; ils y pondent des œufs qu'ils déposent sur des fonds de sable, puis ils les abandonnent. Ils redescendent alors à la mer, mais ce ne sont plus les beaux poissons de la montée, ils sont flasques, maigres et fatigués; beaucoup meurent en route. Ceux qui atteignent la mer descendent à d'assez grandes profondeurs, se nourrissent abondamment et peuvent faire un second voyage l'année suivante. Les jeunes, en sortant de l'œuf, sont de petits poissons ayant encore sous le ventre une bonne partie de leur vitellus. Quand ils ont fini de l'absorber ils commencent à se nourrir de petits animaux d'eau douce; ils descendent progressivement vers la mer et ils l'atteignent au bout de 18 mois à 2 ans. Là ils disparaissent pendant 2 ou 3 ans; ils doivent s'y suralimenter car ils grandissent vite, et c'est alors qu'ils acquièrent l'aptitude à la reproduction. Les grands saumons ne s'alimentent pas tant qu'ils sont dans l'eau douce. Ils ne sont bons pour la pêche qu'à la montée; à la descente leur maigreur, la mollesse de leur chair, leur enlèvent leurs qualités.

Laissons ce qui a trait aux poissons pour prendre, parmi les Invertébrés, un exemple intéressant des résultats que l'on obtient par l'étude de la biologie marine. Il s'agit de l'ostréiculture. Jusqu'au milieu du siècle dernier on ne connaissait pas d'autre moyen de se procurer des huîtres que de les draguer sur les bancs, et comme cet aliment

était agréable, abondant et bon marché, on a si bien exploité les bancs plus vite que les huîtres n'étaient capables de se reproduire qu'ils ont disparu presque complètement des côtes d'Europe; il ne reste que des vestiges qui représentent actuellement l'immense banc qui s'étendait sur le plateau continental européen du Danemark au Portugal. Il fallait donc chercher un moyen de les faire se reproduire et de repeupler les anciens bancs. De longues et patientes études, qui continuent d'ailleurs, sur la formation des œufs, leur éclosion, leur fixation sur des supports artificiels, ont permis de préciser dans quelles conditions on peut arriver à des résultats pratiques.

On a d'abord étudié l'époque à laquelle se fait la reproduction; on a pu se convaincre qu'elle se produit en été, après une longue préparation depuis le printemps, et que les œufs émis par la mère sont incubés pendant six semaines, dans les replis de son manteau. Quand les petits naissains sont dans un état convenable de perfectionnement, l'huître les expulse par quelques battements de ses valves et un petit nuage gris, comprenant un à deux millions de larves, Trochosphères, s'échappe à la marée montante entraîné dans l'eau, à la recherche d'un endroit propice pour se fixer.

Ceci se passe ordinairement au début de juillet, mais l'époque change d'une ou deux semaines selon que la température de l'eau a été plus ou moins tôt remontée par le soleil. Pour que la fixation des naissains se produise il faut que l'eau atteigne au moins 18°. Si elle est au-dessous, les naissains nagent quelque temps, puis meurent sans se fixer; il est probable qu'au-dessous de 18° la réaction chimique nécessaire pour la sécrétion du calcaire de leurs

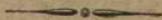
premières coquilles ne peut pas se faire. La récolte est donc nulle. Si les conditions de salinité, de température, sont convenables, l'embryon choisit une place propre, calcaire, sans vase, sans parasites, à l'abri de la lumière, où il se pose et subit une métamorphose; il perd ses organes larvaires locomoteurs qui ne lui sont plus d'aucune utilité, et se fixe au support qu'on lui a fourni, par une de ses valves qui se colle, devient calcaire, opaque et jaune. Toute cette opération est très vite faite. Tous les soins de l'ostréiculture se sont portés sur les collecteurs qui peuvent être de diverses sortes, tuiles ou planches revêtues d'un mince enduit de chaux, coquilles vides blanchies et très propres; pour poser ces collecteurs il faut choisir l'époque où les naissains sont mûrs, et les placer près du fond des baies contenant des bancs d'huîtres mères le jour de la grande marée la plus proche de la maturité, le plus bas possible, dans les conditions de courant, d'éclairement favorables. Il ne faut pas que l'opération soit faite trop tôt pour que la vase et les parasites n'aient pas le temps de se développer sur la chaux des collecteurs. Quand tout va bien de nombreux naissains, qui n'ont guère que 1<sup>mm</sup>, se fixent et s'accroissent; ils ont 10 à 12<sup>mm</sup> six mois après. On les détache alors délicatement du collecteur avec leur support de chaux et on les élève en prenant toutes sortes de précautions. On est arrivé par ces procédés à fournir une quantité d'huîtres, encore insuffisante, mais qui remédie partiellement à la disparition des bancs naturels.

Il reste encore toute une série d'industries sur lesquelles il serait utile d'attirer l'attention en raison des services que leur rend l'étude des conditions générales de la mer et de la biologie marine; c'est le cas des travaux d'embryologie

et des études sur les relations des embryons avec le plancton, l'alimentation des adultes, etc. Les Éponges, le Corail, les Algues sont dans ce cas. De même les études de parasitologie ont ouvert la voie sur la production des perles fines. Mais tout cela nous entraînerait beaucoup trop loin et dépasserait le cadre de ce petit livre.

Disons en terminant que toutes les études océanographiques sur la nature des fonds, la condition des eaux et l'influence de ces éléments sur les habitants, animaux et végétaux, ont amené les naturalistes à établir des cartes où ces diverses indications sont figurées; elles sont depuis longtemps commencées, mais on doit se rendre compte du temps énorme nécessaire pour exécuter de pareils travaux en raison de la difficulté que l'on rencontre à rassembler des documents précis, suffisamment nombreux et contrôlés, pour en tirer des conclusions.

Les premières cartes qui ont été publiées marquent un grand progrès; elles sont d'une incontestable utilité, mais elles ne sont encore qu'une première approximation; plus tard elles seront aussi complètes et aussi précises que les belles cartes marines, merveilles d'exécution et de netteté, que publie le Service hydrographique de la Marine de France.



---

## TABLE DES MATIÈRES

---

	Pages.
CHAPITRE I. — La composition de l'eau de mer. Exposé sommaire de ses caractères physiques et chimiques.....	I
CHAPITRE II. — Les matériaux en dissolution ou en suspension dans l'eau de mer.....	31
CHAPITRE III. — Aperçu de la flore et de la faune marines.	40
CHAPITRE IV. — Règles de la répartition des êtres vivants sur le sol sous-marin. Les êtres du littoral.....	56
CHAPITRE V. — La faune du sol abyssal.....	84
CHAPITRE VI. — Le rôle des êtres marins dans la constitution du sol océanique.....	119
CHAPITRE VII. — Le plancton : plantes et animaux qui le composent. Leurs adaptations et leurs mouvements. Répartition dans les mers.....	154
CHAPITRE VIII. — Le problème de l'alimentation.....	201
CHAPITRE IX. — La lumière. Son action sur les êtres	

	Pages
marins. Production de lumière par les végétaux et les animaux. La vision.....	233
CHAPITRE X. — La reproduction, les métamorphoses, les migrations des animaux marins et leurs applications aux industries de la mer.....	288

FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES.

BUT DE LA COLLECTION.

---

La science humaine, par suite de sa spécialisation extrême et sa technique très compliquée, devient de plus en plus difficilement accessible aux esprits avides de culture générale. Le dommage qui en résulte est infiniment regrettable, car les plus grandes conquêtes de l'esprit humain demeurent l'apanage d'un nombre relativement restreint d'individus, tandis que le reste continue à vivre comme ombres du passé

La Collection « Science et Civilisation » est destinée à remédier à ce grave inconvénient en faisant connaître au public cultivé les résultats obtenus dans tous les domaines où s'exerce l'activité de l'esprit humain. Les problèmes scientifiques et philosophiques, les lettres et les arts, les questions économiques et sociales, et tout ce qui se rattache à ces principales branches du savoir humain, y sont traités par les savants les plus éminents. Les sujets cependant ne sont pas empruntés uniquement au présent, les civilisations et les institutions du passé, qui sont si instructives et qui exercent un si puissant attrait sur les âmes, puisqu'elles résument les aspirations et les expériences des générations disparues, y figurent également.

Les savants qui collaborent à cette *Collection* s'efforcent d'exposer les sujets de leur domaine respectif d'une façon compréhensive et conformément à l'idéal de vérité scientifique. Ils ont soin de présenter, sous une forme aussi claire que possible, un tableau fidèle de l'état actuel des recherches et d'en dégager la signification philosophique.

La *Collection* « Science et Civilisation » forme ainsi une bibliothèque de culture générale dans le sens le plus élevé du terme. Elle offre une vue générale et synthétique des choses, qui est en parfaite harmonie avec ce que l'observation exacte et la recherche expérimentale ont pu établir.

M. S.

Ouvrages parus :

- THOMSON (J.-J.)**, Professeur de Physique expérimentale à l'Université de Cambridge, Membre de la Société Royale de Londres. — **Électricité et Matière**. Traduit de l'anglais par M. SOLOVINE. Préface de M. Paul LANGEVIN; avec un portrait de l'auteur et 19 figures . . . . . 10 fr.
- BEZANÇON (F.)**, Professeur à la Faculté de Médecine de Paris, Membre de l'Académie de Médecine. — **Les bases actuelles du problème de la Tuberculose**. . . . . 15 fr.
- THOULET (J.)**, Professeur honoraire à la Faculté des Sciences de Nancy. — **L'Océanographie**; avec 8 figures . . . . . 15 fr.
- GRANET (M.)**, Chargé de cours à la Sorbonne, Professeur à l'École des Hautes Études. — **La Religion des Chinois**. . . . . 15 fr.
- FICHOT (E.)**, Ingénieur hydrographe en chef de la marine, Membre de l'Institut. — **Les Marées et leur utilisation industrielle**; avec 5 figures. . . . . 15 fr.

- THIRRING (H.)**, Professeur de Physique théorique à l'Université de Vienne. — **L'Idée de la Théorie de la Relativité**; avec 8 figures. Traduit de l'allemand par M. SOLOVINE..... 15 fr.  
Opinion de M. EINSTEIN sur cet ouvrage : *Le livre de Thirring, qui s'adresse au grand public, contient un exposé des mieux réussis de la Théorie de la Relativité.*
- CLOUARD (H.)**. — **La Poésie française moderne. Des romantiques à nos jours**..... 15 fr.
- ROUSSY (G.)**, Professeur à la Faculté de Médecine de Paris, Médecin de l'Hospice Paul Brousse. — **L'état actuel du problème du Cancer**; avec 20 figures..... 15 fr.
- URBAIN (G.)**, Membre de l'Institut, Président de la Commission internationale des éléments chimiques. — **Les Notions fondamentales d'élément chimique et d'atome**; avec 14 figures et un tableau. 15 fr.
- LHERMITTE (J.)**, Professeur agrégé de Psychiatrie à la Faculté de Médecine de Paris. — **Les fondements biologiques de la Psychologie**; avec 6 figures..... 15 fr.
- JEANSELME (E.)**, Professeur à la Faculté de Médecine de Paris, Membre de l'Académie de Médecine. — **La Syphilis. Son aspect pathologique et social**; avec 24 figures, 1 tableau, 6 courbes et 3 plans.... 15 fr.
- JOUBIN (L.)**, Professeur au Muséum et à l'Institut Océanographique, Membre de l'Institut. — **Éléments de Biologie marine**; avec 76 figures.

Paraîtront successivement :

- LORIA (G.)**, Professeur de Mathématiques à l'Université de Gènes. — **Histoire des Mathématiques grecques.**
- MEILLET (A.)**, Professeur de Grammaire comparée au Collège de France, Directeur à l'École des Hautes Études. — **Théorie du Vocabulaire.**
- SOLOVINE (M.)**. — **L'évolution des problèmes philosophiques dans la Grèce antique.**
- BOREL (E.)**, Professeur à la Sorbonne, Membre de l'Institut. — **La science géométrique. D'Euclide à Einstein.**

---

PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS ET C<sup>ie</sup>

82240 Quai des Grands-Augustins, 55.

---

BIBLIOTECA  
CENTRALĂ  
UNIVERSITĂŢII "CAROL I"  
BUCUREŞTI

Envoi dans toute l'Union postale contre mandat-poste ou valeur sur Paris  
Frais de port en sus. (Chèques postaux : Paris 29 323.) R. C. Seine 22 520.

COLLECTION " SCIENCE ET CIVILISATION ".

- BEZANÇON (F.)**, Professeur à la Faculté de Médecine de Paris, Membre de l'Académie de Médecine, Membre de la Commission permanente de la tuberculose. — **Les Bases actuelles du problème de la Tuberculose**. Un volume in-8 de vi-200 pages; 1922..... 15 fr.
- CLOUARD (Henri)**, Homme de lettres. — **La Poésie française moderne des Romantiques à nos jours**. Un volume de 401 pages; 1924. 15 fr.
- FICHOT (E.)**, Membre de l'Institut, Ingénieur hydrographe en chef de la Marine, Membre du Bureau des Longitudes. — **Les Marées et leur utilisation industrielle**. Un volume in-8 couronne de vi-256 pages, avec 5 figures; 1922..... 15 fr.
- GRANET (M.)**, Chargé de cours à la Sorbonne, Professeur à l'École des Hautes-Études. — **La Religion des Chinois**. Un volume in-8 couronne de 204 pages; 1922..... 15 fr.
- JEANSELME (E.)**, Professeur à la Faculté de Médecine de Paris, Membre de l'Académie de Médecine, Médecin de l'Hôpital Saint-Louis. — **La Syphilis. Son aspect pathologique et social**. Un volume de vii-405 p., avec 24 figures, 1 tableau, 6 courbes et 3 plans; 1925..... 15 fr.
- LHERMITTE (Jean)**, Professeur agrégé de Psychiatrie à la Faculté de Médecine de Paris. — **Les Fondements biologiques de la Psychologie**. Un volume in-8 couronne de ii-241 pages, avec 6 figures; 1925. 15 fr.
- ROUSSY (G.)**, Professeur agrégé à la Faculté de Médecine de Paris, Médecin de l'Hospice Paul-Brousse. — **L'Etat actuel du problème du Cancer**. Un vol. in-8 couronne de 192 p., avec 20 fig.; 1924... 15 fr.
- THIRRING (H.)**, Professeur de Physique théorique à l'Université de Vienne. — **L'idée de la Théorie de la Relativité**. Traduit de l'allemand par M. SOLOVINE. Un vol. in-16 (19-14) de x-186 pages, avec 8 figures; 1923..... 15 fr.
- THOMSON (Sir Joseph-J.)**, Membre de la Société royale de Londres, Professeur de Physique expérimentale à l'Université de Cambridge. — **Electricité et Matière**. Traduit de l'anglais par Maurice SOLOVINE, Préface de M. Paul LANGEVIN. Un volume in-12 de x-136 pages, avec un portrait de l'auteur et 19 figures dans le texte; 1922..... 10 fr.
- THOULET (J.)**, Professeur honoraire à la Faculté des Sciences de Nancy. — **L'Océanographie**. Un vol. in-8 couronne de ix-288 pages, avec figures; 1922..... 15 fr.
- URBAIN (G.)**, Membre de l'Institut, Président de la Commission internationale des Éléments chimiques. — **Les Notions fondamentales d'Élément Chimique et d'Atome**. Un volume in-8 couronne de ii-172 pages, avec 14 figures et un tableau; 1925..... 15 fr.