

A Mr. le Prof. Ed. Van Beneden
hommage amical
Léon Fredeking

BIBLIOTHÈQUE
VAN BENEDEN

1005

BIBLIOTHÈQUE SCIENTIFIQUE CONTEMPORAINE

La Lutte
POUR L'EXISTENCE

Chez les Animaux Marins

LIBRAIRIE J.-B. BAILLIÈRE ET FILS

Bibliothèque Scientifique Contemporaine

Nouvelle collection de volumes in-16, comprenant 350 à 400 pages, imprimés en caractères elzéviens et illustrés de figures intercalées dans le texte.

PRIX DE CHAQUE VOLUME: 3 FR. 50

40 volumes sont en vente.

DERNIERS VOLUMES PARUS

- L'Artillerie actuelle en France et à l'étranger, canons, fusils, poudres et projectiles, par le colonel GUK.*
Les Ancêtres de nos animaux dans les temps géologiques, par ALBERT GAUDRY, professeur au Muséum, membre de l'Institut.
L'Origine des arbres cultivés et utilisés par l'homme, par le marquis DE SAPORTA.
L'Archéologie préhistorique, par le baron J. DE BAYE.
Phénomènes électriques de l'atmosphère, par G. PLANTÉ, lauréat de l'Institut.
Les Tremblements de terre, par F. FOUCÉ, professeur au Collège de France, membre de l'Institut.
La Navigation aérienne et les Ballons dirigeables, par H. DE GRAFFIGNY.
La Lumière et les Couleurs au point de vue physiologique, par AUG. CHARPENTIER, professeur à la Faculté de Nancy.
Sous les mers, campagnes d'exploration du TRAVAILLEUR et du TALISMAN, par le marquis DE FOLIN.
L'Homme avant l'histoire, par CH. DEBIERRE.
La Photographie et ses applications aux sciences, aux arts et à l'industrie, par JULIEN LEFÈVRE, professeur à l'École des sciences de Nantes.
La Galvano-plastie, le Nickelage, la Dorure, l'Argenture et l'Électro-métallurgie, par E. BOUANT.
Les Minéraux utiles et l'Exploitation des mines, par L. KNAB, répétiteur à l'École centrale.
L'Électricité à la maison, par JULIEN LEFÈVRE.
Les Anomalies de la vision, par IMBERT, professeur à l'École supérieure de pharmacie de Montpellier.
Ferments et Fermentations, par L. GARNIER, professeur à la Faculté de médecine de Nancy.
La Coloration des vins par les couleurs de la bouille, par P. CAZENUVE, professeur à la Faculté de médecine de Lyon.
La Science expérimentale, par CLAUDE BERNARD, membre de l'Institut.
Le Cuivre et le Plomb dans l'alimentation et l'industrie, par ARMAND GAUTIER, professeur à la Faculté de médecine de Paris.
Le Lait, études chimiques et micro-biologiques, par E. DUCLAUX, professeur à la Faculté des sciences.
Microbes et Maladies, par J. SCHMITT, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Nancy.
L'Alcool au point de vue chimique, agricole, industriel, hygiénique et fiscal, par A. LARBALETRIER, professeur à l'École d'agriculture.

LYON. — IMPRIMERIE PITRAT AINÉ, RUE CENTIL, 4.

77. 710 A

La Lutte

POUR L'EXISTENCE

Chez les Animaux Marins

RECHERCHES DE PHYSIOLOGIE COMPARÉE EXÉCUTÉES AUX LABORATOIRES
DE ROSCOFF ET DE BANYULS

PAR

LÉON FREDERICQ

PROFESSEUR DE PHYSIOLOGIE A L'UNIVERSITÉ DE LIÈGE

Avec 37 figures intercalées dans le texte



PARIS

LIBRAIRIE J.-B. BAILLIÈRE ET FILS

RUE HAUTEFEUILLE, 19, PRÈS DU BOULEVARD SAINT-GERMAIN

1889

Tous droits réservés

A MONSIEUR LE PROFESSEUR

HENRI DE LACAZE-DUTHIERS

MEMBRE DE L'INSTITUT

Créateur des Laboratoires de Roscoff et de Banyuls
Fondateur des *Archives de Zoologie expérimentale et générale.*

HOMMAGE DE RECONNAISSANCE ET D'ADMIRATION

AVANT-PROPOS

J'ai réuni sous ce titre commun : *La Lutte pour l'existence chez les animaux marins*, quelques recherches de zoologie expérimentale que j'ai exécutées à différentes reprises aux laboratoires de Roscoff.

Le texte primitif a été revu et remanié de manière à perdre un peu de son aridité technique.

J'ai cherché également, par de nombreuses additions étrangères, à établir un lien entre les différents extraits empruntés à mes propres travaux et à en former un ensemble présentant quelque homogénéité. J'ai principalement utilisé pour ce travail de remaniements et d'intercalations, les résultats des expériences faites également à Roscoff ou à Banyuls par MM. Jolyet, Delage, Joyeux-Laffuie, Girod, de Varigny, Charles

Richet, Félix Plateau, E. Yung, Patrick Geddes, Vitzou, etc.

L'intérêt du sujet m'a parfois entraîné au delà des limites que je m'étais primitivement tracées : il m'est arrivé à plus d'une reprise de quitter momentanément le monde de la Mer pour faire une excursion dans le domaine de l'Entomologie.

Ces quelques mots d'explication n'auront pas été inutiles au lecteur non prévenu, qui, sur la foi du titre *la Lutte pour l'existence*, s'attend peut-être à trouver dans les pages suivantes un exposé didactique des théories darwiniennes de l'évolution, théories basées principalement, comme on le sait, sur les faits de concurrence vitale et de *struggle for life*.

Ce petit livre a des visées plus modestes : il se borne à présenter quelques épisodes de la vie des animaux marins, étudiés au point de vue de la Physiologie comparée. La matière s'y est laissé diviser assez naturellement en trois parties, intitulées respectivement :

- I. Le Champ de bataille;
- II. L'Attaque;
- III. La Défense.

La première partie comprend l'étude de quelques unes des conditions physiques du milieu liquide qui sert de *Champ de bataille* aux animaux marins.

L'influence de la salure, celle de l'aération, celle

de l'éclairage et celle de la température de l'eau de mer sont successivement passées en revue.

La deuxième partie, intitulée *l'Attaque*, traite des armes de combat si variées dont disposent les assaillants. La question de la rapidité et de la force des mouvements d'attaque y est exposée avec quelques détails.

Enfin la troisième partie est consacrée à la stratégie de la *Défense*. Les moyens mécaniques de protection et les curieux faits de Mimétisme et d'Autotomie font l'objet de chapitres spéciaux.

D'ailleurs un coup d'œil jeté sur la table des matières, en dira plus sur le contenu du livre qu'un long préambule.

Crévecoeur-Tiéf (province de Liège), le 15 août 1888.

La Lutte pour l'Existence

CHEZ LES ANIMAUX MARINS

Première Partie

LE CHAMP DE BATAILLE

CONDITIONS PHYSIQUES DE LA VIE AU SEIN DES MERS

CHAPITRE PREMIER

LA SALURE DE L'EAU DE LA MER

- I. *Salure des différentes mers.* — Composition chimique de l'eau de mer. Affinité élective de certains organismes marins pour le fer, le cuivre, le manganèse, le potassium, le sodium, l'iode. Constance dans la proportion relative des différents sels de l'eau de mer. Variations dans leur proportion absolue. Mers polaires et tropicales. Mers intérieures. Dessèchement progressif des lacs de l'Asie centrale. Enorme proportion de matériaux solides dans l'eau de la mer Morte. Chotts algériens, marais salants, mines de sel gemme, lacs amers. Salure élevée de la Méditerranée et de la mer Rouge. Double courant du détroit de Gibraltar. Faible salure de la Baltique, devenue par sa faune un lac d'eau douce. Bancs fossiles d'huitres.
- II. *Animaux d'eau douce et animaux d'eau de mer.* — Concentration par le vent et le soleil des flaques d'eau de la grève, dilution par la pluie. Mélange d'eau douce et d'eau salée à l'embouchure des fleuves. Grande richesse de la faune de l'eau salée. Groupes zoologiques exclusivement marins. Faune des eaux douces. Exceptions à la règle de l'habitat exclusivement marin ou lacustre des espèces aquatiques: Poissons, Crustacés. Pauvreté zoologique des eaux à faible salure. Expériences de F. Plateau sur l'immersion des Crustacés et des Insectes d'eau douce dans l'eau de mer. Empoisonnement par les chlorures de sodium et de magnésium. Absorption de ces substances toxiques par les téguments chez les animaux à peau mince. Absence d'absorption cutanée chez les Coléoptères à peau coriace.

III. *Accoutumance au poison de l'eau de mer.* — Mithridate, fumeurs d'opium et de tabac, morphinomanes, arsénicophages. Accoutumance au poison de l'eau de mer. Expériences de Beudant. Expérience de F. Plateau sur les Aseles. Les Mugils et les Labrax du lac d'Arcqua. Voyages de *Cordilophora lacustris*.

Dessiccation progressive ou complète de l'eau de mer. Expériences d'Engelmann. Animaux ressuscitants. Spallanzani. Dugès, Pouchet. Protoptères. Nécessité de la dessiccation préalable des œufs d'Apus et des semences d'Eichhornia. Résistance de certaines graines à la chaleur et à la dessiccation. Plantes grasses.

IV. *Influence de la salure de l'eau de mer sur la proportion de sels du sang des Invertébrés marins.* — Sang des Crustacés, sang du Poulpe. Équilibre salin établi à travers la membrane de la branchie entre le sang et l'eau extérieure. Saturation des tissus. Degré de salure du sang identique chez les Poissons d'eau salée et d'eau douce. Action élective de la membrane branchiale des Poissons. Expériences de Schmankewitsch. Transformation d'*Artemia salina* en *Branchipus stagnalis*.

I. SALURE DES DIFFÉRENTES MERS

L'eau de la mer¹ doit son goût salé et amer à la forte proportion de sels qu'elle contient. Un litre d'eau de mer de Roscoff, évaporé à sec, laisse environ 34 grammes de résidu sec, blanc, cristallin. La plus grande partie est du sel de cuisine ou chlorure de sodium, que l'on reconnaît à la forme cubique des cristaux et à leur goût franchement salé. Le reste, qui présente une forte amertume, est formé surtout de chlorure et de sulfate de magnésium (sel anglais), de gypse ou sulfate de chaux et de chlorure de potassium.

On y a découvert également de petites quantités

¹ L'eau des océans recouvre les huit onzièmes de la surface du globe terrestre : comme la profondeur moyenne des mers est de plus de 3500 mètres, il s'ensuit que leur masse totale représente plus de mille millions de kilomètres cubes.

des matières suivantes : silice, acide borique, brome, iode, fluor, nickel, cobalt, manganèse, aluminium, zinc, argent, plomb, cuivre, baryum, strontium, arsenic, or, lithium, rubidium.

Enfin l'eau de la mer contient des gaz : de l'acide carbonique libre et combiné, de l'azote et de l'oxygène dissous. On y rencontre également une proportion variable et très minime de matières organiques.

On remarquera que le fer ne figure pas sur cette liste. Il est cependant certain que l'eau de mer en contient des traces. Beaucoup d'animaux marins en renferment dans leur sang des quantités notables, par exemple les Cétacés, les Poissons, les Annélides à sang rouge et à sang vert, etc. On peut sans exagération évaluer à plusieurs centaines de grammes la quantité de fer contenue dans le sang d'une grande Baleine. Tout ce fer était primitivement dissous dans l'eau de mer et en a été extrait par les animalcules dont la Baleine fait sa nourriture. Ces animaux ont donc su retirer du fer d'un liquide où les réactifs du chimiste se sont jusqu'à présent montrés impuissants à déceler la présence de ce métal.

Chaque être vivant choisit ainsi dans les sels de l'eau de mer ceux qui lui conviennent particulièrement. Beaucoup de Plantes et de Spongiaires se chargent d'iode : pendant longtemps les cendres de Varech ont été la principale ressource des chimistes pour l'extraction de cette substance. D'autres végétaux prennent de préférence des sels de soude ou de

potasse (*Salsola kali*, *Salsola sodae*). Les Mollusques Céphalopodes et Gastéropodes, beaucoup de Crustacés savent retirer le cuivre de l'élément liquide dans lequel ils vivent et l'accumulent dans leur sang. Enfin, chez quelques Mollusques Lamellibranches (*Pinna squamosa*), l'organe de Bojanus est si riche en manganèse, qu'une trace des concrétions qu'il contient, chauffée avec une parcelle de borax, suivant le procédé grossier d'analyse des minéralogistes, fournit la perle caractéristique, violette au feu d'oxydation, incolore au feu de réduction (recherches de Krukenberg); 100 parties de sels¹ extraits de l'eau de mer par évaporation contiennent :

¹ La totalité du sel contenu dans l'ensemble des mers représenterait un bloc de dix millions de kilomètres cubes, ou environ quatorze fois et demi la masse totale du continent européen émergé au-dessus du niveau de la haute mer.

En prenant pour unité le poids de mille kilomètres cubes d'eau (million de tonnes), on calcule que l'ensemble des mers doit contenir :

Chlorure de sodium.	35 990.
— de magnésium.	5 034
Sulfate de magnésie.	1 292
— de chaux.	1 666
— de potasse.	1 147
Bromure de magnésium.	100
Carbonate de calcium.	160
Chlorure de rubidium.	025
Iode	0 03

Quoique l'iode soit un élément peu abondant, on voit que la mer en contient cependant le chiffre fort respectable de trente milliards de tonnes.

Consulter sur la composition de l'eau de mer. — FORCHHAMMER, *Phil. Trans.*, 1865. — OSCAR JACOBSEN, *Ann. der Chem.*, 1873. — DEN NORSKE *Nordbavs Expedition*, 1876-78. — *Physics and Chemistry of the Voyage*

Chlorure de sodium.	77	758
— de magnésium.	10	878
Sulfate —	4	737
— de chaux.	3	6
— de potasse.	2	465
Bromure de magnésium.	0	217
Carbonate de chaux.	0	345
	100	000

D'après les recherches du professeur Roux, de Rochefort, la proportion relative de ces différents sels serait la même, quelle que soit la provenance de l'eau de mer.

Par contre, la proportion absolue des sels dissous, c'est-à-dire le degré de salure de l'eau des océans, n'est pas partout la même. Dans les mers polaires, des quantités considérables d'eau douce, viennent, sous forme de pluie, de neige et de glace, s'ajouter constamment à la masse des eaux de la mer. Cette dilution n'est nullement compensée par l'évaporation qui est ici presque nulle.

Dans les régions tropicales, nous observons les phénomènes inverses : apport minime d'eau douce et évaporation intense de l'eau de la surface, favorisée par la température élevée et par les vents secs (vents alizés) qui viennent des régions plus froides.

Aussi la proportion des sels dissous descend généralement au dessous de 30 pour 1000 dans les mers.

of H. M. S. « Challenger », 1884. — *Narrative of the Cruise of H. M. S. « Challenger »*, 1885. — Article *Sea Water* dans *Encyclopaedia Britannica*, 1886, vol. XXI.

polaires, tandis qu'elle dépasse 35 pour 1000 dans les mers des pays chauds. Cette différence dans le degré de salure serait encore bien plus marquée, si des courants puissants ne mélangeaient constamment l'eau très salée des régions chaudes du globe avec celle plus douce des régions glacées.

Dans les mers intérieures, qui ne présentent aucune communication avec l'Océan, comme la mer Morte, la mer Caspienne, les effets de l'évaporation sont uniquement combattus par l'eau douce que déversent les rivières et autres affluents. Dans la mer d'Aral et la plupart des lacs salés, c'est l'évaporation qui l'emporte : par conséquent, ces mers intérieures se dessèchent progressivement et leurs eaux deviennent de plus en plus salées. Ce phénomène s'est fort accentué dans les trente dernières années : on a proposé pour y remédier de déverser au moyen d'un canal une partie des eaux du Don dans le cours du Volga, ou même d'établir une communication entre la mer Noire et la mer Caspienne ¹.

L'eau de la mer Morte a une densité de 1.227 et contient l'énorme proportion de 264 grammes de matériaux solides pour 1000 parties de liquide. Le chlorure de sodium ne figure que pour 31 grammes dans cette masse saline. On y trouve du brome en assez grande quantité.

¹ Le niveau de la mer Caspienne est de 25 à 30 mètres moins élevé que celui de la mer Noire qui représente à peu près le niveau général de l'Océan. L'eau y est à peine salée surtout dans la partie septentrionale.

Il existe, dans certains Chotts algériens, d'immenses nappes de sel desséché : ce sont des restes d'anciens lacs ou mers intérieures d'où le soleil brûlant de l'Afrique a pompé l'eau, ne laissant que le sel. C'est par le même mécanisme de l'évaporation que le sel se dépose dans les marais salants. Beaucoup de couches naturelles de sel gemme, renfermées dans les profondeurs de la terre, ont eu la même origine et nous représentent des mers desséchées aux périodes géologiques antérieures. Ce phénomène de dessiccation des mers s'est exercé sur une vaste échelle à l'époque triasique.

Le fond des lacs amers, dans l'isthme de Suez, est constitué par un puissant banc de sel gemme. Ce banc a diminué d'épaisseur depuis que l'ouverture du canal de Suez a établi une communication entre l'eau des lacs et la mer.

La Méditerranée, qui ne communique avec l'Océan ou réservoir commun que par un étroit passage, le détroit de Gibraltar, offre le même phénomène de dessèchement progressif. La Méditerranée se trouve dans une région relativement chaude, où l'évaporation est considérable. Les rivières qui y versent leurs eaux sont peu nombreuses : le Nil, le Rhône, l'Èbre et les fleuves italiens sont les seuls cours d'eau importants qui s'y jettent. La quantité d'eau douce que ces fleuves apportent, celle qui vient de la mer Noire par le Bosphore et les Dardanelles est inférieure au volume d'eau enlevé par l'évaporation.

Aussi, le niveau de la Méditerranée baisserait de siècle en siècle, si l'Atlantique ne suppléait à la perte par le détroit de Gibraltar : on y observe un courant superficiel puissant dirigé de l'Océan vers l'intérieur. Cette eau qui vient de l'Océan renferme des sels qui, une fois entrés dans le bassin fermé de la Méditerranée, n'en sortiront plus. La salure de l'eau et sa densité doivent donc augmenter progressivement. Actuellement déjà, la différence est très sensible. Un litre d'eau pris à Banyuls ou à Naples laisse à l'évaporation un résidu de près de 40 grammes, c'est-à-dire 6 grammes de plus que l'eau de Roscoff. Ajoutons cependant que les eaux plus lourdes de la Méditerranée s'échappent en partie par le détroit de Gibraltar, où elles forment le courant sous-marin inférieur dirigé vers l'Atlantique. Le débit de ce courant inférieur de sortie est plus faible que celui du courant supérieur d'entrée.

La mer Rouge se trouve dans des conditions encore plus favorables à la concentration progressive de l'eau que la Méditerranée. L'air y est sec et chaud, les pluies peu abondantes; malgré le développement considérable de la surface de ses côtes, la mer Rouge ne reçoit pas un seul cours d'eau important. On y trouve au delà de 43 grammes de sel par litre d'eau.

Certaines mers intérieures, telles que la mer Baltique, nous présentent un phénomène inverse. La surface d'évaporation de la mer Baltique n'est pas très considérable; le climat est froid et brumeux; la

perte d'eau par évaporation est bien inférieure à l'énorme apport d'eau douce qu'amènent annuellement l'Oder, la Vistule, la Duna, la Néva et les rivières qui descendent des montagnes de la Suède. Le niveau de la Baltique devrait constamment s'élever, si le trop plein ne s'écoulait vers la mer du Nord et l'Océan à travers les détroits danois, les Belts et le Cattegat, entraînant vers l'extérieur une certaine quantité d'eau salée. La mer Baltique se desale donc; on n'y trouve plus, dans beaucoup d'endroits, que 4 à 5 grammes de matériaux solides par litre d'eau (c'est-à-dire près de dix fois moins que dans la Méditerranée⁴). C'est presque un lac d'eau douce. On rencontre les Lymnées ovale et auriculaire, et la Nératine fluviatile sur la côte de Bornholm; des Unio, des Anodontes, des Cyclas en plusieurs autres localités, notamment sur la côte de Livonie. Le Dr Braun (cité par Semper, *Die natürl. Exist. d. Thiere*, I,

⁴ La composition de l'eau de la mer Baltique varie dans des limites fort larges suivant les lieux, les saisons et aussi la profondeur. L'eau de la surface est toujours moins salée; ainsi, dans les environs de Stockholm, l'eau de la surface contient 58^r,919 de sels par litre, tandis que dans la profondeur on trouve 78^r,182 de matériaux solides. A l'entrée du golfe de Finlande, l'eau de la surface contient 38^r,552, celle puisée à une cinquantaine de mètres contient 48^r,92 de sels par litre. L'eau du golfe de Bothnie est potable au printemps et en été, alors que la débâcle des fleuves et la fonte des neiges exagère l'apport d'eau douce. On assure que vers la Noël elle contient six fois plus de sel qu'en été. Outre les courants superficiels de sortie qui poussent l'eau relativement douce de la Baltique vers la mer du Nord, il y a donc des courants profonds dirigés en sens inverse et qui introduisent une certaine quantité d'eau très salée empruntée à la mer du Nord (contenant 323^r,823 de sels par litre.

p. 186, 1880) affirme que la Grenouille se rend à la mer, près de Greifswald pour y déposer ses œufs.

Le phénomène de la dilution de l'eau de la mer Baltique a fait des progrès considérables depuis que l'homme habite ses bords. A une époque relativement récente, l'eau était encore assez salée pour que divers mollusques, notamment l'Huître comestible, pussent y vivre, dans des endroits où on ne les trouve plus. On connaît plusieurs bancs fossiles d'huîtres au fond de la Baltique : les écailles de ces mollusques se rencontrent en abondance dans *les débris de cuisine* provenant des repas de l'homme de l'âge de la pierre polie¹.

La mer Noire est dans le même cas que la Baltique, elle reçoit plus d'eau douce par le Danube, le Don, le Dniéper et le Dniester qu'elle ne peut en évaporer; aussi deverse-t-elle son trop plein par le Bosphore, la mer de Marmara et les Dardanelles. L'eau de la mer Noire est déjà à moitié dessalée : elle ne contient plus que 15^{gr},89 de sels par litre, contre 34 grammes que contient l'eau de l'Océan.

¹ Möbius. *Die Auster und die Austernwirtschaft*, 1877.

II. ANIMAUX D'EAU DOUCE ET ANIMAUX D'EAU DE MER

Ces phénomènes de dessèchement partiel par l'action du vent et des rayons solaires, ceux de dilution par l'addition d'eau de pluie, peuvent se produire sur une échelle plus modeste dans les flaques d'eau que la mer abandonne sur la grève en se retirant entre deux marées.

A l'embouchure des fleuves, il se produit également un mélange d'eau douce et d'eau salée. Au moment du *flot*, l'eau salée remonte contre le courant de l'eau douce dont elle arrête plus ou moins l'écoulement. Au *jusant*, l'eau salée se retire et le courant fluvial reprend son cours.

Jusqu'à quel point les animaux qui vivent dans les flaques d'eau de la grève ou ceux qui habitent à l'embouchure des fleuves, supportent-ils ces changements plus ou moins brusques et plus ou moins étendus dans le degré de salure de leur milieu extérieur? La question ne manque pas d'intérêt. Chacun sait en effet que les animaux des eaux douces sont entièrement différents de ceux de l'eau de mer. Les Poissons, les Mollusques, les Crustacés de nos rivières, de nos étangs, de nos lacs, ne ressemblent nullement à leurs congénères qui peuplent l'Océan. La faune marine est infiniment plus riche et plus variée que celle des eaux douces : certains groupes zoologiques impor-

tants, ceux des Échinodermes comprenant les étoiles de mer, les Ophiures, les Oursins, etc., des Annélides Polychètes, des Tuniciers, des Mollusques Brachiopodes et Céphalopodes, sont exclusivement représentés par des formes marines. D'autres groupes, comme celui des Éponges et des Cœlentérés (Méduses et Polypes), si riches en espèces marines, ne présentent qu'un nombre des plus restreints de types d'eau douce. (*Spongilla fluviatilis*, *Cordylophora lacustris*, *Hydra fusca*, *Hydra viridis* et deux petites Méduses provenant des eaux douces des pays chauds.)

Parmi les animaux aquatiques exclusivement confinés dans l'eau douce, on ne peut citer qu'une classe importante, celle des Batraciens. Mais dans les différents groupes zoologiques, on rencontre un certain nombre de genres et de familles dont tous les représentants habitent l'eau douce. Citons les Mélanies, les Planorbes, les Lymnées, les Mulettes (Unio) et les Anodontes parmi les Mollusques; les Écrevisses et les Aselles parmi les Crustacés; les Cyprinoïdes parmi les Poissons.

Chaque espèce aquatique est donc adaptée exclusivement pour la vie dans l'eau douce ou pour celle dans l'eau de mer. Ces notions sont d'une application courante en géologie; pour décider si un calcaire ou tout autre roche sédimentaire est d'origine marine ou lacustre, il suffit d'en connaître la faune, d'avoir à sa disposition quelques fossiles provenant des couches en litige.

Il y a cependant, à cette règle de l'habitat exclusivement marin ou lacustre des espèces aquatiques, un certain nombre d'exceptions. Les Épinoches paraissent vivre indifféremment dans l'eau douce ou dans l'eau saumâtre et même dans l'eau tout à fait salée. Beaucoup de petits Crustacés marins peuvent vivre à l'embouchure des fleuves dans de l'eau presque douce. Ainsi les Chevrettes (*Palæmon*) se pêchent dans l'Escaut jusque bien au-dessus d'Anvers. F. Plateau en a même pris à Gand. Il existe à Roscoff, au fond de l'anse de Pouldu, des prés salés séparés de la grève par une simple digue. Dans les fossés qui coupent ces prés, j'ai pêché d'un même coup de filet des Grenouilles et des Crabes (*Carcinus mænas*).

D'autres animaux, peu nombreux également, vivent alternativement dans l'eau douce et dans l'eau salée. Les Anguilles de nos rivières doivent descendre à la mer pour frayer: les jeunes Anguilles nées dans l'eau salée, pénètrent ensuite à l'embouchure des fleuves et remontent ceux-ci en colonnes serrées.

Les Saumons au contraire vivent ordinairement dans l'eau de mer et ne remontent chaque année les fleuves et les ruisseaux que pour y déposer leurs œufs. Ils ne prennent aucune nourriture pendant tout le temps que dure leur voyage dans l'eau douce et retournent à la mer fortement amaigris.

Mais ce sont là des exceptions. Quoique les eaux douces soient presque toujours en communication directe avec la mer, on peut dire que la limite entre

les deux domaines, n'est pour ainsi dire jamais franchie par les animaux. En outre l'eau saumâtre n'est habitée que par un petit nombre de formes appartenant presque toutes à l'eau salée, quelques-unes à l'eau douce et seulement par un très petit nombre de formes propres. L'extrême pauvreté zoologique des mers à faible salure, telles que la Baltique ou la mer Noire a été signalée depuis longtemps. La faune de la mer Noire ne comprend plus une seule espèce de Cœlentéré, ni d'Echinoderme. Les côtes de la mer Baltique sont presque aussi pauvres, si l'on en excepte cependant la baie de Kiel où le professeur Möbius a rencontré une faune locale aussi variée que celle des bords de la mer du Nord.

Quelle est la raison de cette répartition des êtres aquatiques? Quelle est la cause qui empêche les Poissons, les Crustacés marins de remonter les rivières et de venir s'installer dans des eaux riches en proie vivantes et où par leur force et la dureté de leurs téguments, ils règneraient bientôt en maîtres.

On le sait depuis longtemps, l'eau douce est un poison pour l'immense majorité des animaux marins, et réciproquement l'eau de mer, tue promptement les animaux d'eau douce qu'on y plonge.

Les expériences de F. Plateau, faites sur des Crustacés et des Insectes d'eau douce, ont montré que l'action nuisible de l'eau de mer était due principalement à la présence des chlorures de sodium et de magnésium. Ces sels toxiques sont facilement absorbés

à travers la peau mince et surtout à travers la surface des branchies. Si l'immersion dans l'eau salée a été de courte durée et si l'on replonge ensuite l'animal dans l'eau douce, il se rétablit en général rapidement. Il se débarrasse alors peu à peu dans l'eau douce de l'excès de sels qu'il avait absorbé, comme le prouve l'analyse chimique de cette eau. L'action toxique de l'eau salée est surtout rapide chez les Crustacés et Insectes d'eau douce à téguments minces ou mous, se laissant facilement traverser par les sels en question. Les animaux à peau épaisse et coriace, tels que les gros Coléoptères aquatiques, les Dytiques, les Hydrophiles, les Acillies supportent impunément le séjour dans l'eau de mer, parce que chez eux l'absorption cutanée est nulle. J'ai conservé pendant plus d'un mois dans des solutions empoisonnées (de curare ou de strychnine) des Dytiques vivants, animaux qui cependant sont très sensibles à l'action de ces poisons quand on les leur injecte en substance sous la peau. Une Grenouille que l'on plonge dans la même solution de strychnine ne tarde pas à présenter tous les symptômes de l'empoisonnement et meurt au milieu d'accès de convulsions tétaniques. C'est que chez la Grenouille la peau est mince, perméable et absorbe facilement les substances dissoutes dans l'eau. Aussi la Grenouille meurt, quand on la plonge dans l'eau de mer ou dans une eau contenant plus de 1 pour 100 de sels.

III. ACCOUTUMANCE AU POISON DE L'EAU DE MER

Mithridate, dit-on, s'était habitué à prendre du poison. Sans remonter si loin, on peut citer des exemples courants d'accoutumance à des substances nuisibles. Les fumeurs d'opium, les morphinomanes arrivent à absorber impunément des quantités de morphine suffisantes pour tuer d'emblée une personne non initiée. Les paysans de la Carniole, s'habituent pareillement à manger de l'arsenic. Il faut chez la plupart des fumeurs de tabac, une certaine période d'entraînement ou d'accoutumance pour que le cigare soit toléré.

Il en est de même pour le poison de l'eau de mer. Ainsi Beudant (1816) trouva que plusieurs Mollusques d'eau douce, (*Lymnæus*, *Physa*, *Planorbis*, *Ancylus*), qui meurent immédiatement quand on les plonge directement dans l'eau salée, peuvent peu à peu s'habituer à vivre dans un milieu liquide contenant jusqu'à 4 pour 100 de sel. Le changement dans la composition saline de l'eau avait été produit fort lentement dans l'espace de plusieurs mois (de septembre à avril). D'autres Mollusques, *Paludina vivipara*, *Bythinia tentaculata* et *Neritina fluviatilis*, montrèrent une mortalité plus grande dans l'eau salée que dans l'eau douce. Quant aux *Unio*, *Anodonta* et *Cyclas*, soumis à la même expérience, ils moururent tous

avant que l'eau eût atteint sa plus grande concentration.

Beudant eut l'occasion de réaliser à Marseille l'expérience inverse, c'est-à-dire de soumettre des animaux marins à l'influence d'un milieu où la quantité de sel diminuait lentement et graduellement, de manière à constituer au bout de plusieurs mois de l'eau absolument douce. Plusieurs de ces formes marines notamment : *Balanus striatus*, *Patella vulgata*, *Purpura lapillus*, *Cardium edule*, *Ostrea edulis* et *Mytilus edulis*, supportèrent parfaitement le séjour dans l'eau douce, et n'y présentèrent pas une mortalité beaucoup plus grande que dans l'eau de mer. Pas une seule des Moules ordinaires ne mourut pendant la durée de l'expérience. *Haliotis tuberculata*, *Buccinum undatum*, *Tellina incarnata*, *Pecten varius*, etc., ne supportèrent par le changement de salure de l'eau. Tous moururent avant la fin de l'expérience.

Je citerai également, comme exemple de cette accoutumance, une expérience de F. Plateau¹ faite sur des *Asellus aquaticus*, petits cloportes très communs dans toutes les eaux douces stagnantes (fig. 1).

Au début de l'expérience, les Aselles furent placées dans un mélange contenant dix-neuf parties d'eau douce et une partie d'eau de mer. Tous les deux ou trois jours, le liquide était remplacé par un nouveau

¹ *Rech. physico-chim. sur les Art. aquat. (Mém. Acad. Belg., XXXVI, 1871).*

mélange contenant 1/20 d'eau de mer en plus que le précédent, de manière à atteindre au bout de deux mois et demi la composition saline de l'eau de mer pure.

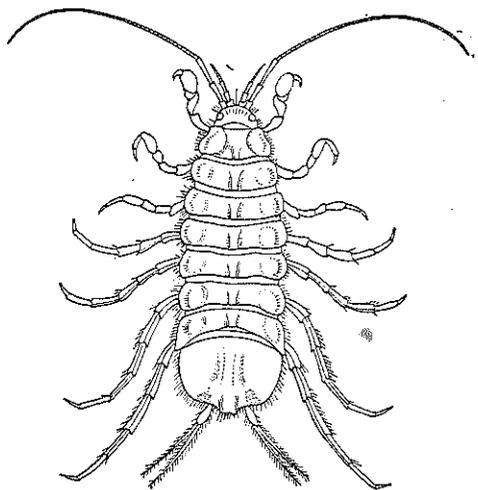


FIG. 1. — *Asellus aquaticus*, grossi dix tois.

Des Crustacés se reproduisirent pendant la durée de l'expérience et F. Plateau constata que les jeunes Aselles, nées dans cette eau saumâtre, présentèrent une résistance beaucoup plus grande que les individus adultes du début. Non seulement ils supportèrent l'expérience jusqu'à la fin, c'est-à-dire jusqu'à ce que l'eau douce eût été entièrement remplacée par de l'eau de mer, mais vécutent encore plus de cent huit heures dans cette dernière. Des Aselles, venant directement de l'eau douce et que l'on fait passer sans transition

ACCOUTUMANCE AU POISON DE L'EAU DE MER 29
dans l'eau de mer, ne résistent au maximum que cinq heures à cette immersion brusque.

Des expériences analogues ont été reprises récemment par H. de Varigny. Ce dernier auteur a constaté que les animaux marins qui supportent le mieux une diminution de la salure de l'eau, sont des espèces littorales (Crabes, Actinies, etc.), qui, précisément à l'état de nature, sont exposées à de brusques changements par suite de la dessiccation partielle des flaques dans lesquelles elles vivent ou par l'adjonction de l'eau de la pluie.

On connaît d'ailleurs plusieurs faits qui montrent que certaines espèces animales peuvent s'accoutumer à vivre dans des milieux assez différents de celui dans lequel elles vivaient primitivement.

Le lac d'Arcqua, près de Padoue, ne contient que de l'eau douce : on y élève, depuis des siècles, plusieurs espèces de poissons marins (*Labrax lupus* et cinq espèces de Mugil), qui y prospèrent admirablement et représentent une source de revenu importante.

Un Polype d'eau salée ou tout au moins d'eau saumâtre, *Cordylophora lacustris*, s'est depuis quelques années acclimaté dans l'eau douce. Il est devenu fort abondant dans plusieurs rivières ou étangs de France. On le trouve notamment dans les bassins du Jardin des Plantes et dans la Seine près de Paris.

¹ H. de Varigny. *Centralbl. f. Physiol.*, 1887. Voir aussi : V. Graber, *Biol. Centralbl.*, 15 octobre 1885.

Lorsque l'eau de mer est abandonnée à elle-même, elle se dessèche lentement par évaporation. Engelmann a montré que beaucoup d'animaux inférieurs étaient capables dans ce cas de continuer à vivre dans des liquides contenant au delà de 10 pour 100 de sel,

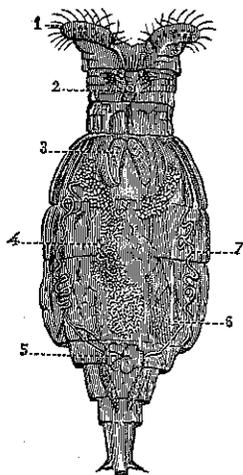


FIG. 2. — Rotifère commun, fortement grossi. Animal d't resuscitant.

à condition que la concentration du liquide salin se produisît lentement. Il y a là un phénomène d'accoutumance qui rappelle l'expérience des Aselles de F. Plateau.

C'est ici le lieu de dire quelques mots d'une question intéressante, celle de la dessiccation complète des animaux dits *ressuscitants*, question qui n'a été résolue que dans ces derniers temps.

Spallanzani, Dugès, Doyère, etc., avaient cru cons-

tater que les Rotifères, les Tardigrades et d'autres êtres de petite taille pouvaient se dessécher complètement sans perdre la faculté de revenir à la vie lorsqu'on les humectait de nouveau. Certains échantillons de Rotifères avaient ainsi subi plus de vingt fois alternativement la dessiccation et la reviviscence.

Les recherches récentes de G. Pouchet, confirmées par celles de Ludwig Plate et de Zacharias¹, etc., ont montré que la résurrection n'est qu'apparente. Les Rotifères, les Tardigrades adultes meurent sans retour quand on les dessèche. Mais les œufs qu'ils ont généralement dans le corps ne sont pas dans le même cas. Ces œufs conservent leur vitalité malgré l'absence d'eau. Placés ensuite dans un milieu convenable et humide, ils se développent avec rapidité et donnent naissance à une nouvelle génération de jeunes animaux que l'on avait à tort considérés comme résultant de la reviviscence du corps de leurs parents.

Le Protoptère, qui habite les eaux douces de l'Afrique tropicale, supporte également *en apparence* une dessiccation complète, pendant la saison sèche, alors que les marécages dans lesquels il vit, ne contiennent plus une goutte d'eau et sont transformés en déserts arides.

Ce singulier poisson s'enfonce dans la vase et s'enkyste dans une espèce de capsule formée de mucus et de boue desséchée. Il passe plusieurs mois

¹ O. Zacharias. *Biol. Centralbl.*, 15 juin 1886.

dans cette étroite prison attendant le retour de la saison des pluies qui doit le délivrer. L'intérieur de la capsule reste toujours humide et l'animal lui-même n'est en aucune façon soumis à la dessiccation.

Quant aux œufs de Crustacés, dans beaucoup de cas, la dessiccation, non seulement ne leur fait aucun tort, mais est même indispensable. Les œufs d'*Apus* par exemple ne se développent pas, s'ils n'ont pas été desséchés pendant quelque temps. Les *Apus* sont d'assez gros Crustacés d'eau douce qui vivent dans de petites mares où ils sont fréquemment exposés à des alternatives de sécheresse et d'humidité.

La même particularité a été signalée pour plusieurs espèces de spores et de graines de végétaux. Les semences d'*Eichbornia crassipes* doivent avoir été desséchés au moins une fois avant de germer. Celle de *Grimmia pulvinata* peuvent sans inconvénient être chauffées pendant une heure à la température de 95-100° en présence d'un corps avide d'humidité tel que le chlorure de calcium.

Beaucoup de plantes adultes supportent également une dessiccation complète et prolongée. Le Nostoc, que l'on a conservé dans l'exsiccateur pendant des mois, végète à nouveau s'il est humecté d'eau. D'autres végétaux résistent énergiquement aux tentatives de dessiccation. La plupart des plantes dites grasses, sont dans ce cas et continuent souvent à végéter dans les herbiers, au grand désespoir des

botanistes collectionneurs. De Candolle a cité l'exemple d'un *Sempervivum caespitosum* qui, après dix-huit mois de séjour dans l'herbier, produisit un petit bourgeon à l'extrémité de sa tige. D'après A. Braun, l'*Isoetes setacea*, plante qui croit en Algérie sur les monticules de sable, peut reverdir après deux années de conservation dans l'herbier. Des bourgeons d'*Opuntia*, conservés pendant quatre mois dans l'exsiccateur n'avaient perdu que 48-68 pour 100 de leur poids¹.

IV. INFLUENCE DE LA SALURE DE L'EAU SUR LE SANG DES ANIMAUX MARINS

Mais revenons à nos animaux aquatiques et à l'influence qu'exerce sur eux un changement dans la composition saline du milieu qui les entoure. Quand on les place dans de l'eau plus salée que celle à laquelle ils sont habitués, ces animaux absorbent les sels dissous, comme nous l'avons vu, et se mettent pour ainsi dire en équilibre de composition chimique avec le milieu extérieur. Comme l'excès de sel qu'ils ont absorbé leur est généralement nuisible, ils en meurent. De même les animaux marins que l'on transporte dans l'eau douce cèdent à celle-ci une partie des sels dont ils sont imprégnés; ils se desalèrent littéralement comme on peut le constater par

¹ Schröder. *Unsters. botan. Inst. Tübingen*, 1836.

l'analyse chimique de cette eau. Ces faits ont été mis en lumière par les expériences de F. Plateau. Ils s'accordent fort bien avec les résultats des recherches que j'ai entreprises à Roscoff sur la composition saline du sang des animaux marins¹.

J'ai constaté que la proportion de sels contenue dans le sang des Crustacés varie dans des limites fort larges (de 0,94 à 3,37 pour 100 soit plus que du simple au triple). Elle est au minimum chez l'Écrevisse de rivière (0,94 pour 100), au maximum (3,37 pour 100) chez les Crustacés de Naples, vivant dans l'eau très salée de la Méditerranée. La preuve qu'il s'agit bien ici d'une influence exercée par la composition saline du milieu extérieur, nous est fournie par ce fait qu'une même espèce animale, le *Carcinus maenas*, présente dans la composition chimique de son sang des différences analogues, suivant que l'animal vit dans l'eau saumâtre ou dans l'eau de mer. J'ai trouvé 3,07 pour 100 de sels dans le sang des Crabes de Roscoff (eau de mer) et seulement 1,48 pour 100 dans le sang de Crabes provenant de l'embouchure de l'Escaut (eau saumâtre). De même le sang du Crabe *Maja* de Naples vivant dans une eau très salée fournit 3,37 pour 100 de sels solubles, tandis qu'à Roscoff, le sang du même animal ne contenait que 3,045 pour 100 de sels.

Il y a plus : on peut à court intervalle faire varier

Léon Fredericq, *Livre jubilé. Sec. méd. Gal. d.*, 1879, et *Arch. zool. exp.*

dans des limites fort larges la composition du sang des *Carcinus maenas* en les transportant successivement dans de l'eau de mer plus ou moins diluée. Ceux qui vivent à Roscoff dans l'eau de mer ont plus de 3 pour 100 de sels dans leur sang. Placés dans de l'eau de mer (ayant une densité de 1026) diluée avec de l'eau douce de manière à ne plus marquer que 1015 à l'aréomètre et à contenir environ 1,9 de sels, ces Crabes se dessalèrent à tel point que leur sang ne contenait plus que 1,99 pour 100 de sels solubles. Dans de l'eau de mer plus diluée encore, cette proportion s'abaissa à 1,56 pour 100 de sels solubles.

Comme je l'ai dit plus haut, c'est vraisemblablement à travers les téguments et surtout à travers les branchies (quand les téguments sont épais) que s'établit cet échange de sels entre le sang et l'eau extérieure.

La mince membrane branchiale jouerait là un rôle analogue à celui de la membrane d'un dialyseur. Cependant chez les Crustacés, l'équilibre n'est jamais complètement atteint entre les deux liquides en présence : sang et eau de mer, séparés seulement par la membrane de la branchie. Chez l'Écrevisse et chez les Crabes, vivant dans l'eau saumâtre, le sang contient notablement plus de sels que l'eau extérieure. Au contraire le sang des Crustacés d'eau de mer est toujours un peu moins riche en sels que l'eau qui baigne la branchie.

Les autres Invertébrés aquatiques paraissent éprouver, de la même façon que les Crustacés, l'in-

fluence de la composition saline du milieu extérieur. Le sang des Mollusques d'eau douce est pauvre en sels, tandis que celui des Mollusques marins a exactement le même goût que l'eau de mer dans laquelle ils vivent. Ainsi le sang du Poulpe contient près de 3 pour 100 de sels à Roscoff.

Un fait assez curieux c'est que la chair, c'est-à-dire les muscles, les glandes, etc., des animaux marins est infiniment moins riche en sels que leur sang, et n'est guère plus salée que la chair des animaux d'eau douce. Ainsi je n'ai trouvé que 1,127 pour 100 de sels solubles dans les muscles du Homard, alors que le sang du même animal en contient plus de 3 pour 100.

Un fait encore plus étonnant m'a été révélé par l'étude du sang des poissons. Ici l'influence de la composition saline du milieu extérieur se fait à peine sentir : le sang des Poissons de mer n'est guère plus salé que celui des Poissons d'eau douce. Le sang d'un grand squalé ne m'a fourni que 1,3 pour 100 de sels solubles.

A défaut d'analyses précises, et en l'absence de l'outillage chimique nécessaire, chacun de nous peut utiliser les papilles gustatives de sa langue comme réactif chimique permettant d'apprécier des différences assez délicates dans la quantité et la qualité des sels contenus dans différents liquides. On constatera par exemple de cette façon que le sang du Homard et celui du Poulpe ont exactement le même goût salé et amer que l'eau dans laquelle ils vivent,

que le sang de la Morue au contraire n'est pas plus salé que celui du Brochet, de la Grenouille ou de l'Écrevisse.

Ce fait que le sang des Poissons n'est pas beaucoup plus salé chez les espèces marines que chez celles d'eau douce est d'autant plus singulier, qu'il y a dans les branchies des Poissons contact presque immédiat sur une large surface entre le sang de l'animal et l'eau extérieure. Ces deux liquides ne sont séparés à ce niveau que par une mince membrane ; et, cependant à l'inverse de ce qui se passe dans la branchie des Crustacés, aucun échange salin ne paraît s'établir ici entre le sang et l'eau. La membrane de la branchie qui se laisse traverser si facilement par les gaz de la respiration, qui permet à l'acide carbonique accumulé dans le sang de s'échapper au dehors, et qui laisse pénétrer l'oxygène dissous dans l'eau de mer, cette même membrane constitue pour les sels une barrière pour ainsi dire infranchissable. Des recherches nouvelles éclairciront sans doute un jour ce fait en apparence paradoxal.

Avant d'abandonner cette étude sur l'influence de la salure de l'eau de la mer, je tiens à dire quelques mots des intéressantes expériences de Schman-kewitsch sur l'*Artemia salina*¹. Les *Artemia* sont de petits Crustacés qui vivent dans l'eau des marais

¹ Schman-kewitsch. *Zeitsch. f. wiss. Zoob.*, XXII, 1877.

salants et des salines. On en connaît plusieurs espèces, notamment *Artemia salina* qui vit dans l'eau modérément salée, marquant 4° B et *Artemia Milbauserii* qui ne se trouve que dans de l'eau beaucoup plus salée, marquant par exemple 25° B. Les deux espèces sont suffisamment différentes, pour que jamais il ne soit venu à l'esprit d'aucun zoologiste de les confondre. D'ailleurs, comme nous venons de le dire, les conditions physiques de leur habitat sont différentes. Or, Schmankewitsch a réussi à transformer au bout de quelques générations une espèce dans l'autre, rien qu'en modifiant les conditions de salure du milieu ambiant. *Artemia salina* placée dans de l'eau dont la concentration fut peu à peu augmentée, fournit une série de générations qui se modifièrent de plus en plus, et finirent par se transformer complètement en *Artemia Milbauserii*.

L'expérience fut également tentée en sens inverse et couronnée de succès. En diluant graduellement l'eau dans laquelle vivait *Artemia Milbauserii*, Schmankewitsch put la transformer en *Artemia salina*.

Schmankewitsch poussa l'expérience plus loin, il soumit plusieurs générations d'*Artemia salina* à des milieux de moins en moins salés, par addition graduelle d'eau douce, de manière à aboutir finalement à de l'eau tout à fait douce. Il vit peu à peu les caractères distinctifs du genre *Artemia* disparaître et faire place à ceux du genre *Branchipus*; il obtint finalement une forme semblable à *Branchipus stag-*

nalus, petit crustacé commun dans toutes les eaux douces et connu depuis longtemps.



FIG. 3. — *Artemia salina*, grossie.

Quoique voisins, les genres *Branchipus* et *Artemia* diffèrent cependant par des caractères tranchés et constants. Les antennes des mâles sont fort différentes, ainsi que la forme et le nombre des articles

abdominaux; on en trouve huit dans le genre *Artemia* et neuf dans le genre *Branchipus*.

Voilà donc un exemple authentique de transformation d'animaux d'espèces différentes, les uns dans les autres. Les adversaires du darwinisme qui, paraît-il, n'attendent pour se convertir aux doctrines transformistes qu'un exemple actuel de changement d'espèces, ne sont nullement embarrassés par ces faits. Jusqu'à présent, répondent-ils, les zoologistes s'étaient trompés en faisant d'*Artemia salina*, *Artemia Milhausii* et *Branchipus stagnalis*, trois espèces différentes. Les expériences de Schmankewitsch prouvent précisément qu'il s'agit seulement de trois variétés d'une seule et même espèce, puisqu'on observe le passage de chacune de ces formes aux deux autres.

C'est là un cercle vicieux. Il ne reste qu'à répondre avec Semper, que, si les caractères d'*Artemia salina*, *Artemia Milhausii* et *Branchipus stagnalis* ne sont plus jugés suffisants pour différencier spécifiquement ces formes, les carcinologistes peuvent dorénavant renoncer à toute distinction d'espèces et de genres, attendu que les caractères sur lesquels ils ont l'habitude de baser leurs descriptions d'espèces et de genres nouveaux, sont précisément de même valeur que ceux que l'on récuse lorsqu'il s'agit d'*Artemia* et de *Branchipus*.

CHAPITRE II

LA LUMIÈRE

- I. *Action de l'eau sur les rayons solaires.* — Absence de couleur de l'eau considérée sous un petit volume. Le bleu est la couleur propre de l'eau. Expériences de Bunsen, Tyndall, Beetz, Spring et Secchi. Promenade en scaphandre. Profondeur à laquelle les rayons lumineux pénètrent dans l'eau. Observations du capitaine Bérard. Expériences du P. Secchi, de Forel, Fol et Sarasin sur le lac de Genève, dans la Méditerranée. Obscurité des grands fonds.
- II. *Faune des abîmes sous-marins.* — Opinion de Forbes, de Darwin sur l'absence de faune abyssale. Pêche des requins à Sétubal. Sondages de Ross et Wallich. Rupture d'un câble télégraphique. Richesse de la faune des grands fonds. Voyages du *Porcupine*, du *Challenger*, du *Travailleur* et du *Talisman*.
- III. *Paradoxe du développement de la vie au fond des mers en l'absence de lumière.* — Nécessité de la lumière pour le développement des végétaux. Les végétaux indispensables à l'alimentation des animaux. L'alimentation des animaux des grands fonds ne peut venir que de la surface. Chute des débris au fond de l'eau. Globijerine Ooze. Vase à Pteropodes. Hypothèse de Möbius. Pauvreté de la faune abyssale de la Méditerranée. Hypothèse de de Folin.

I. ACTION DE L'EAU SUR LES RAYONS SOLAIRES

« Vue sous une épaisseur relativement faible, dit W. Spring¹, l'eau limpide paraît absolument incolore. Les manipulations auxquelles on soumet journalie-

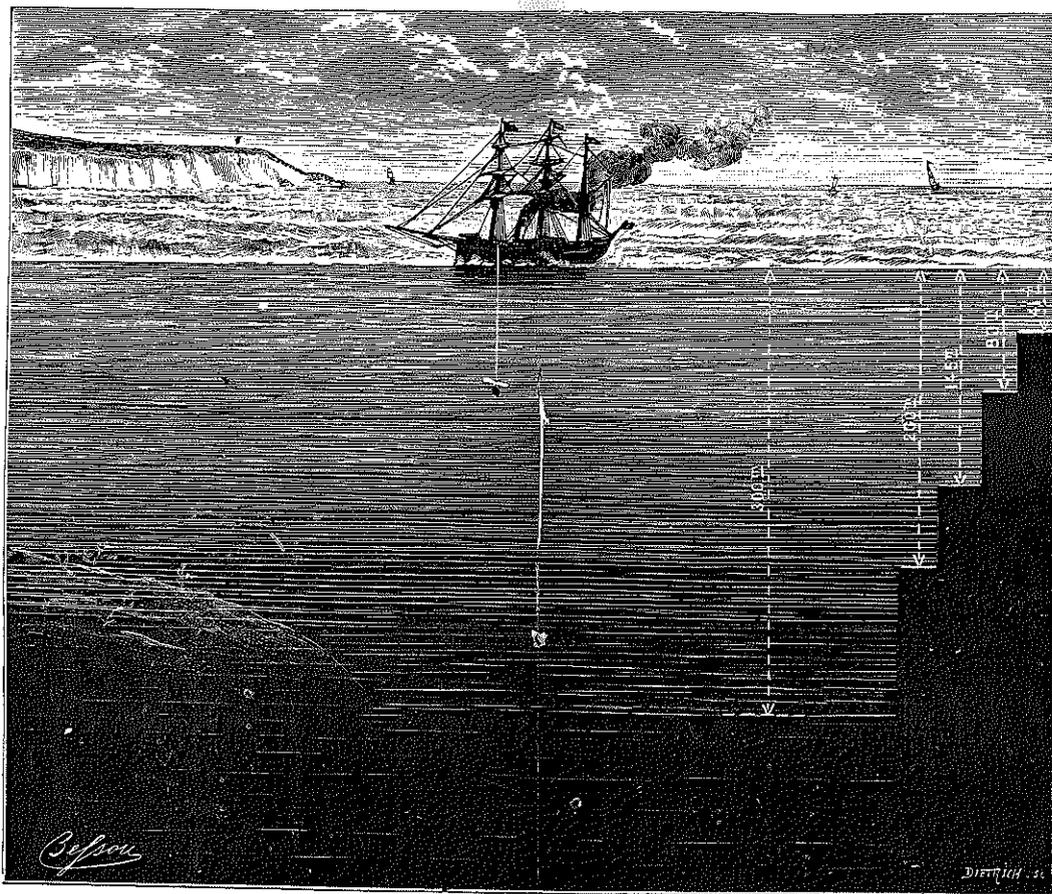
¹ W. Spring. *La Couleur des eaux*. Bull. Acad., Bruxelles, janvier 1883.

ment ce liquide, tant pour les usages industriels que pour les besoins domestiques, n'ont presque jamais fourni l'occasion d'observer des couches épaisses d'eau : aussi la croyance à l'absence complète de toute couleur de l'eau a-t-elle été générale de tout temps. Les anciens s'expliquaient même la transparence de certains corps en admettant qu'ils participaient de la nature de l'eau. Ne disons-nous pas encore aujourd'hui d'un diamant qu'il a une belle eau, pour marquer sa parfaite transparence et tout à la fois son absence de couleur propre ?

« Mais si au lieu de considérer l'infime volume d'eau que nous pouvons manipuler, nous observons les masses imposantes de la nature, les mers, les lacs et même les fleuves, nous arrivons à un résultat tout autre.

« Non seulement l'eau nous paraît alors colorée, mais sa couleur est variée et les nuances qu'elle présente sont de la plus riche diversité. La Méditerranée est du plus bel indigo, l'Océan est bleu-céleste, le lac de Genève est célèbre par la beauté et la transparence de ses eaux d'azur ; le lac de Zurich et le lac de Lucerne ont des eaux tout aussi transparentes, mais plus vertes que bleues, et le petit Kloenthaler-See, près de Glaris, se distingue à peine des prairies qui l'entourent, tant ses eaux ont la couleur de l'herbe qui le borde... »

Bunsen est le premier qui ait nié, en connaissance



J.-B. BAILLIÈRE ET FILS.

LYON. IMP. PITRAT AINÉ.

FIG. 4. — Pénétration de la lumière dans l'eau.
(Commission adriatique

expérience, de MM. Wolff et Suksch, sur l'*Heria*
austro-hongroise).

« Ce qui frappe tout d'abord lorsqu'on descend en scaphandre, dit le professeur Yung, de Genève¹, c'est la beauté des couleurs, le bleu domine partout, mais dans le bleu on distingue les teintes les plus riches, les nuances les plus variées; puis, lorsqu'on a atteint le fond, ce bleu général, qui n'est autre que la couleur de l'eau sous différentes épaisseurs, s'émaille d'autres teintes empruntées aux algues, aux hydriques, aux bryozoaires qui forment sur les rochers d'énormes touffes mousseuses, aux crinoïdes, aux étoiles de mer, aux mollusques, aux crustacés qui rampent ou s'ébattent entre leurs ramuscules. Les Poissons aux écailles miroitantes s'approchent sans crainte du nouvel hôte de la mer, à tel point qu'on pourrait avec un peu d'habileté les capturer à la main ou dans une courte filoché, à la manière des papillons aériens. La transparence de l'eau est si grande jusqu'à une profondeur de 8 à 10 mètres qu'on peut apercevoir les plus petites particularités d'un animal ou d'une plante et en retenir les moindres détails. On peut s'aider de la loupe et saisir à la pince les objets les plus ténus. Il faut remarquer que le scaphandre, et c'est en cela que cet appareil est vraiment admirable, si lourd, si massif, si incommode alors qu'on est encore à l'air, laisse au contraire une grande facilité de mouvements dans l'eau. La pression seule du vêtement en caoutchouc est gênante au premier abord, mais on finit par s'y habituer assez rapidement

¹ E. Yung. *Archives des Sciences physiques et naturelles*, 1880, p. 334.

et avec un peu d'habitude un plongeur réussirait à accomplir sous l'eau les tours élémentaires de la gymnastique. Cette aisance parfaite des mouvements permet de pénétrer entre les fentes des rochers, de se glisser au-dessous de leurs saillies et d'y poursuivre, jusque dans leurs recoins les mieux cachés, les algues et leurs hôtes ordinaires. »

A quelle profondeur les rayons du soleil pénètrent-ils dans la mer ou, en d'autres termes, quelle est l'épaisseur d'eau nécessaire pour éteindre tous les rayons du spectre, même les rayons bleus? La première tentative pour résoudre cette question par l'expérience appartient, paraît-il, à un simple capitaine de navire, du nom de Bérard. Bérard, croisant dans le Pacifique, faisait descendre dans la mer une assiette blanche et notait les profondeurs auxquelles l'assiette échappait à la vue. Ces expériences furent reprises par le Père Secchi au moyen d'un dispositif analogue, l'assiette étant remplacée par un grand disque de 4 mètres de diamètre, formé d'une toile blanche, tendue sur un grand cerceau de fer. L'image du grand disque blanc s'enfonçant dans la mer vira successivement au vert clair, puis au bleu et au bleu sombre et finit par disparaître à la profondeur de 42 mètres environ.

Cette question a été reprise par différents expérimentateurs. Citons les recherches de Forel, de Fol et de Sarasin sur la profondeur à laquelle la lumière du jour pénètre dans les eaux du lac de Genève, celles des deux derniers expérimentateurs sur la transpa-

rence de l'eau de la Méditerranée, celles des savants de la *Commission adriatique* austro-hongroise, etc. (Voir fig. 43).

Fol et Sarazin ont opéré à bord de l'avis de la marine française, le *Corse*, au large du cap du mont Boron, qui sépare la rade de Villefranche du golfe de Nice. La méthode employée consistait à rechercher l'effet produit sur des plaques au gélatino-bromure par une exposition de dix minutes (ou d'une durée plus longue) à différentes profondeurs de la mer.

« La plaque est disposée ¹ dans un châssis en laiton qu'on intercale dans la ligne de sonde et que la traction du plomb de sonde suffit à maintenir fermé. Dès que le plomb touche le fond, la traction cesse, et, le châssis s'ouvrant par l'action d'un ressort antagoniste, la plaque se trouve exposée dans une position horizontale jusqu'au moment où l'on commence à rentrer la ligne. » Le châssis se referme alors.

Voici, comme exemple, les résultats d'une série d'expériences entreprises le 6 avril 1886, entre 1^h15 et 1^h25^m (heure du lieu) par un soleil éclatant et un ciel d'une grande pureté:

- La plaque n° 1, exposée à 430 mètres ne présente aucune trace d'impression lumineuse.
- | | | |
|---------|---|---|
| — n° 2, | — | de 390 à 393 mètres, une trace extrêmement faible, mais pourtant nette. |
| — n° 3, | — | à 350 mètres, une impression encore faible. |
| — n° 4, | — | à 310 mètres, une impression forte. |
| — n° 5, | — | à 270 mètres, une impression très forte. |
| — n° 6, | — | à 230 mètres, complètement noircie ainsi que les suivantes. |

¹ Fol et Sarasin. *Comptes Rendus*, 3 mai 1886.

Ainsi, dans des circonstances d'éclairage favorables, la limite à laquelle pénètrent dans l'eau de la Méditerranée les rayons photo-chimiques paraît se trouver très exactement vers 400 mètres de profondeur.

Il n'est pas impossible que certains rayons solaires, sans action sur le gélatino-bromure des plaques photographiques pénètrent à une profondeur encore plus grande. Mais il est évident que leur intensité lumineuse doit être extraordinairement faible: une nuit sans lune et sans étoiles, la plus sombre que nous puissions imaginer nous paraîtrait brillante de lumière, comparée à l'obscurité qui règne sans doute au fond de la mer, à plusieurs milliers de mètres de la surface.

II. FAUNE DES ABIMES SOUS-MARINS

Tous les naturalistes admettaient encore il y a un petit nombre d'années que ces profondeurs de l'Océan ne sont habitées par aucune créature vivante. L'obscurité à peu près complète de ces abîmes, l'énorme pression hydrostatique, qui, sur les fonds de 4000 mètres, atteint 400 atmosphères, paraissait incompatibles avec les manifestations si délicates de la vie. D'ailleurs les plantes ont besoin de lumière pour végéter et en l'absence des plantes, le développement du règne animal devient impossible, puisque l'animal attend du végétal sa pâture indispensable. Forel a constaté

dans le lac de Genève qu'à la profondeur de 180 mètres toute vie végétale cesse. En mer, c'est également l'extrême limite à laquelle on rencontre encore des plantes à chlorophylle.

En 1841, le célèbre naturaliste anglais, Édouard Forbes, assignait la profondeur de 450 mètres comme limite extrême de la vie des organismes marins. Darwin considérait même cette évaluation comme entachée d'exagération.

Pendant, alors déjà, on pêchait couramment sur la côte du Portugal, à Setubal, à Arabida, à de grandes profondeurs, de grands squales appartenant aux genres *Centrophorus*, *Centrocygnus*, etc., au moyen de lignes longues de près d'un kilomètre. Cette pêche singulière y constitue même la principale industrie de plusieurs petits ports de mer. Le fait, sans doute, était inconnu des naturalistes.

La sonde de Ross et Wallich, descendue à la profondeur de plus de 1000 mètres dans la baie de Baffin, avait également ramené sur le pont du navire plusieurs espèces animales. Mais on admettait que c'étaient des débris morts provenant des couches superficielles et tombés au fond : quant aux poissons vivants auxquels cette explication n'était pas applicable, ils étaient censés s'être laissés prendre près de la surface au moment de la remonte de l'appareil.

Qui eût osé rêver à cette époque qu'on pêcherait un jour des poissons vivants à 4000 et 5000 mètres

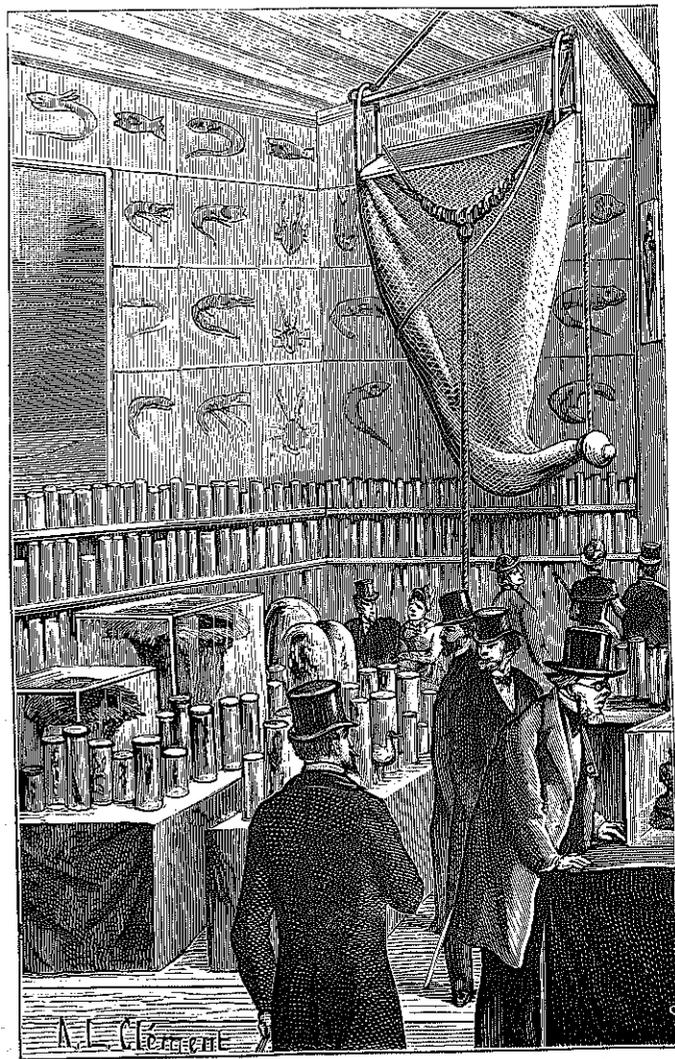


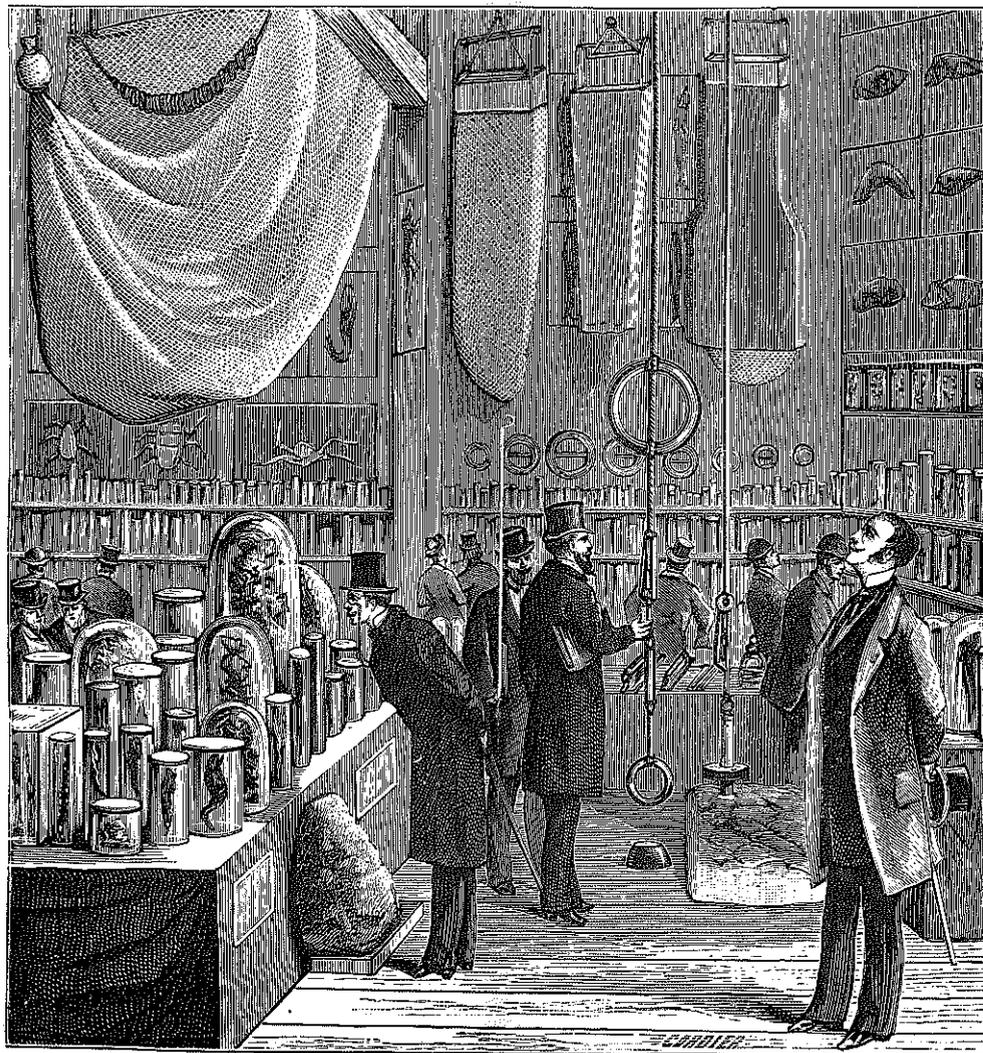
FIG. 5. — Exposition du *Talisman*.

de profondeur (*Bathypobis ferox* capturé à 3019 mètres par l'expédition du *Challenger*; *Bylhytes crassus*, à 4255 mètres, expédition du *Talisman*) et que le chalut traîné à ces affrayantes profondeurs ramènerait de certains endroits un butin aussi abondant que celui que les pêcheurs obtiennent en promenant leurs engins à quelques brasses de profondeur.

Un accident arrivé en 1860 au câble télégraphique qui reliait la Sardaigne à l'Algérie fut l'occasion d'une véritable révolution dans les idées reçues au sujet de la prétendue absence de vie dans les profondeurs de la mer. Le câble s'était rompu à 2000 mètres de profondeur : grand fut l'étonnement quand on en releva les bouts, de les trouver recouverts de colonies entières d'animaux vivants, en notable partie inconnus et dont plusieurs rappelaient des formes éteintes que l'on n'avait jusqu'alors rencontrées qu'à l'état fossile.

Le professeur A. Milne-Edwards publia à ce sujet une étude qui fit sensation¹ : il insista sur le haut intérêt que présenterait au point de vue zoologique, une exploration méthodique du fond de la mer et adressa un appel pressant au gouvernement français, appel qui, soit dit en passant, ne fut entendu que vingt ans plus tard, alors que les Américains et les Anglais avaient déjà pris l'avance (Recherches de Louis et Alex. Agassiz, expédition du *Porcupine*, voyage de circumnavigation du *Challenger*, etc.).

¹ Académie des Sciences, séance du 15 juillet 1861.



J.-B. BAILLIÈRE ET FILS.

FIG. 6. — Exposition du *Talisman*.

LYON, IMP. PITRAT AÏNÉ

Tout Paris a pu admirer, il y a quelques années, au Muséum, l'exposition des richesses zoologiques ramenées du fond de la mer par les expéditions françaises du *Travailleur* et du *Talisman* (voir fig. 5 et 6). Il y avait là des milliers et des milliers d'êtres en grande partie inconnus jusqu'alors : poissons aux formes fantastiques, les uns aveugles, les autres garnis de plaques phosphorescentes, ou présentant des yeux

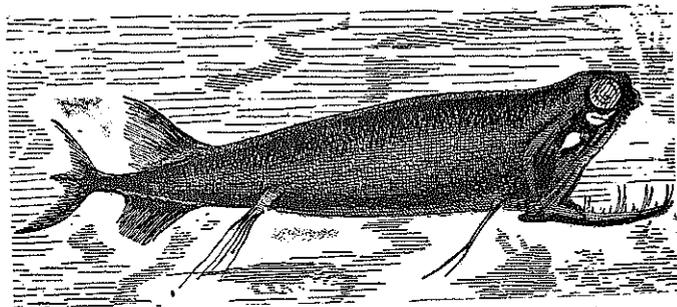


FIG. 7. — *Malacostus niger*, Poisson muni de plaques phosphorescentes, ramené par la drague d'une profondeur de 1.400 mètres (campagne du *Talisman*).

énormes, d'innombrables Crustacés blancs, noirs, pourpres ou rouge cardinal à réjouir Jules Janin dans sa tombe, des Échinodermes, des Actinies, des Coraux, des Éponges, des Foraminifères aux formes les plus variées et en nombre prodigieux. Beaucoup de ces animaux rappelaient des êtres éteints depuis longtemps et dont on ne connaissait les analogues qu'à l'état fossile.

La plupart de ces animaux avaient été arrachés du fond de l'océan Atlantique, au moyen des engins

les plus perfectionnés. On avait tour à tour employé

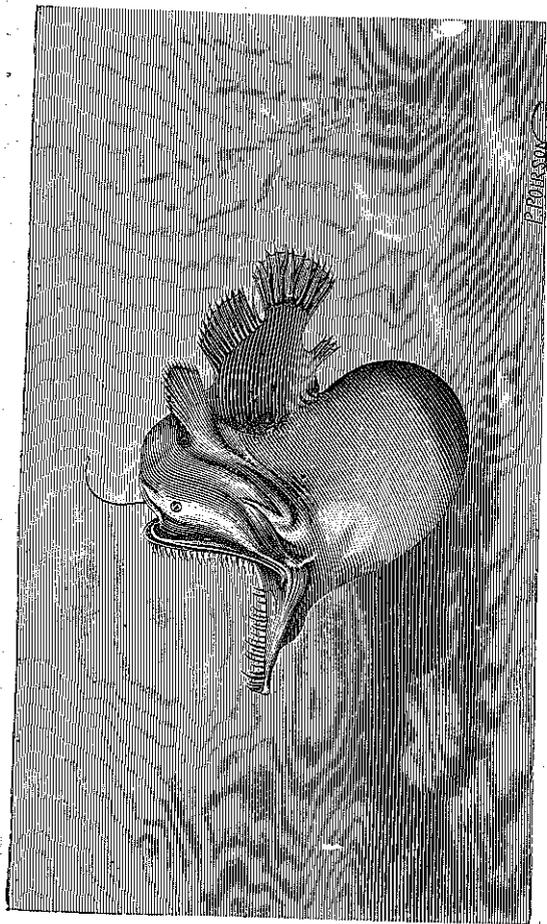


FIG. 8. — *Melanocetus de Johnson (dragages du Talisman).*

le Chalut, le Faubert, dont M. de Lacaze-Duthiers a introduit l'usage et surtout la Drague, cette main

artificielle que l'homme étend à plusieurs milliers de mètres de profondeur pour fouiller le fond des abîmes de la mer.

Le marquis de Folin a consacré un volume à la relation des campagnes d'exploration du *Travailleur* et du *Talisman*. Je puis donc renvoyer à cet ouvrage le lecteur désireux de plus de détails à ce sujet¹. Je me borne à reproduire ici, à titre d'exemple, une couple de formes appartenant à la faune abyssale et choisies parmi les plus intéressantes (fig. 7 et 8).

III. PARADOXE DU DÉVELOPPEMENT DE LA VIE AU FOND DES MERS EN L'ABSENCE DE LUMIÈRE

Il est cependant un point sur lequel je tiens à m'arrêter un instant : c'est le paradoxe du développement de la vie au fond des mers, en l'absence de lumière.

Si le soleil s'éteignait, toute vie ne tarderait pas à disparaître de la surface du globe terrestre. Les parties vertes des plantes se décolorent en quelques jours : or, ce sont elles qui nourrissent la plante, en transformant en substances utilisables les matériaux

¹ Folin, *Sous les Mers, Campagnes d'exploration du « Travailleur » et du « Talisman »*, 1887. Bibliothèque scientifique contemporaine.

On lira également avec intérêt : *Narrative of the Cruise of H. M. S. « Challenger »*, 1885. Pagenstecher. *La Faune des profondeurs de la mer. Revue intern. des Sc.*, 15 octobre 1879.

bruts puisés dans le milieu extérieur. C'est dans les parties vertes des végétaux que l'énergie des rayons solaires est absorbée, emmagasinée pour ainsi dire : cette énergie est employée directement à décomposer l'acide carbonique, à vaincre l'affinité qui retient ensemble le charbon et l'oxygène. Le charbon mis en liberté sert à édifier les tissus de la plante.

Mais l'énergie solaire, absorbée par les tissus du végétal, lors de la décomposition de l'acide carbonique, n'a pas été détruite : elle a seulement changé de forme, elle existe à l'état latent, à l'état virtuel dans le charbon qui s'est fixé dans le corps de la plante. Cette énergie redeviendra sensible sous forme de chaleur le jour où l'on brûlera le bois du végétal.

En considérant l'économie générale de la nature, on peut donc assigner au végétal pour fonction, celle consistant à faire du combustible, c'est-à-dire des composés riches en charbon et en hydrogène, et cela au moyen des produits de la combustion, anhydride carbonique et eau, en restituant à leurs éléments, charbon et hydrogène, grâce aux rayons du soleil, l'énorme provision d'énergie qu'ils avaient perdue en brûlant.

Supprimez la lumière et tout ce travail d'épargne devient impossible : les végétaux meurent et ne tardent pas à disparaître. Mais la disparition du règne végétal entraîne fatalement celle du règne animal. En effet, l'organisme de l'animal ne peut vivre qu'en détruisant, qu'en brûlant du combustible ; et, comme il est incapable de fabriquer lui-même ce combusti-

ble à la manière de la plante, c'est à cette dernière qu'il l'emprunte, soit directement, soit indirectement. Le bœuf mange l'herbe et nous mangeons le bœuf. Comme on l'a dit sous une forme pittoresque, le végétal est une fabrique de conserves alimentaires à l'usage de l'animal.

La vie de l'animal est la contre-partie de celle du végétal. Le second fait des provisions d'énergie solaire sous forme de dépôts riches en charbon et en hydrogène. L'animal s'empare de cette épargne lentement accumulée et la dissipe libéralement. Il la brûle et, dans son corps, l'énergie solaire redevient chaleur animale, mouvement mécanique, électricité, parfois même lumière.

La vie des animaux n'est donc qu'une forme de transformation de l'énergie solaire. Toutes leurs manifestations cinétiques sont empruntées en dernière analyse à ce réservoir universel de force.

Les animaux des grands fonds, Poissons, Crustacés, Vers, Échinodermes, Mollusques obéissent aux mêmes lois physiques que ceux de la surface. Ils absorbent de l'oxygène et exhalent de l'acide carbonique : comme nous, ils brûlent du charbon au sein de leurs tissus ; comme nous aussi, ils trouvent dans cette combustion la source de l'énergie mécanique qu'ils déploient. Mais ce charbon, ils doivent, comme nous, l'emprunter au dehors, c'est-à-dire au monde végétal. Or, la vie de la plante n'est pas possible dans la nuit éternelle des profondeurs sous-marines, même

en admettant avec Pouchet et E. Verril que l'obscurité n'y soit pas absolue. Le combustible destiné à l'alimentation des animaux ne saurait donc se former au fond de l'Océan : il faut bien que ce combustible vienne du dehors, c'est-à-dire de la surface de la mer, où la vie animale et végétale est répandue à profusion, grâce à l'influence directe des rayons du soleil. Tout ce qui meurt à la surface, Poisson ou organisme microscopique, tout détritit animal ou végétal tombe au fond de l'eau et peut y servir à l'alimentation. Les animaux des profondeurs vivent ainsi des miettes du festin servi à leurs confrères mieux partagés de la surface. L'idée que nous émettons ici n'est pas une hypothèse gratuite. Dans plusieurs régions du globe, on a trouvé le fond de la mer littéralement tapissé de carapaces, de coquilles, de débris provenant de la surface. Les Anglais ont donné le nom de *Globigerine-ooze*, vase à Globigérines, aux détritit remplis de Foraminifères que la drague ramène en certaines régions du fond des abîmes sous-marins. Il se forme là encore actuellement des sédiments crayeux rappelant ceux de l'époque crétacée. C'est à ces dépôts calcaireux que l'on attribue généralement la grande richesse en chaux qui caractérise l'eau de mer puisée à une grande profondeur.

Dans d'autres régions, le fond de la mer est couvert de débris mous. Je relève dans le récit de la campagne du *Talisman* que, le 22 juin 1883, au large d'Agadir, le dragage par 2200 mètres produit une

assez grande quantité de vase présentant une apparence grasse; lavé et tamisé, le résidu se montre principalement composé de Ptéropodes de plusieurs espèces. Les Ptéropodes sont des mollusques pélagiques, c'est-à-dire habitant la pleine mer. On les rencontre, quand il fait beau, voguant par troupes nombreuses à la surface.

Le même fait avait été observé en 1881, dans la Méditerranée, lors de la deuxième campagne du *Trauilleur*: « Le 12 juillet, dit le marquis de Folin¹, après avoir reconnu les cimes neigeuses du col de Tende, interrompant notre course dirigée vers l'est, nous changeons de route, mettant le cap au large et nous dirigeant vers la Corse.

« Sur notre chemin nous rencontrons des fonds situés par plus de 2000 mètres et sur lesquels la drague est envoyée. Nous allons donc voir ce qu'ils sont au point de vue zoologique. L'instrument ne ramène que des vases dans lesquelles nous ne parvenons à trouver que des Ptéropodes qui, après leur mort, ont été précipités, puis se sont déposés, et cela en si grande quantité que les couches qu'ils forment sont d'une incroyable épaisseur. »

Dans les dragages qui se firent les jours suivants, on ne recueillit également « que des restes d'animaux habitant la surface des eaux, entassés dans les profondeurs »².

¹ Marquis de Folin. *Sous les Mers*, 1887, p. 281.

² Marquis de Folin. *Sous les Mers*. p. 154.

Le professeur Möbius, de Kiel, qui s'est beaucoup occupé de cette même question, admet que les particules organiques provenant de la décomposition des cadavres d'animaux et de plantes de la surface sont transportés au fond de la mer par des courants spéciaux, courants qu'il attribue à des différences de température entre la surface et la profondeur.

Je ne ferai pas ici la critique détaillée de cette théorie de Möbius que je ne connais d'ailleurs que par le résumé qu'en a donné Semper dans son livre intéressant sur les *conditions naturelles d'existence des animaux* ?

A mon sens, la chute au fond de l'eau de débris d'animaux provenant de la surface doit, dans la majorité des cas, s'expliquer par leur densité. Pour la plupart des animaux marins, cette densité est plus élevée que celle de l'eau de mer : tous les naturalistes qui se sont occupés d'installations d'aquariums savent que les cadavres des animaux morts se retrouvent au fond de leur prison et nullement à la surface de l'eau. Dans le grand aquarium naturel constitué par la mer, il n'en va pas autrement : tout ce qui meurt tombe au fond. La plupart des animaux pélagiques ne se maintiennent à la surface que par des efforts continuels de natation.

Évidemment ces couches immenses de cadavres de Ptéropodes dont nous avons parlé, et qui tapissent le

¹ Semper. *Die natürlichen Existenzbedingungen der Thiere*, 1880, p. 65. *Bibliothèque scientifique internationale.*

fond de la mer dans certaines régions de la Méditerranée, remonteraient à la surface, si leur densité élevée ne les maintenait au fond de l'eau. Ils y sont tombés dès que la cause (mouvements de natation) qui les maintenait artificiellement à la surface, a cessé d'agir.

Peut-être la pauvreté de la faune abyssale dans certaines mers à eau fort salée, comme celle de la Méditerranée s'explique-t-elle uniquement par le fait de cette salure et de la densité élevée de l'eau qui en est la conséquence. Plus l'eau est lourde, moins les débris organiques auront une tendance à descendre au fond. Il pourra arriver que beaucoup de ces débris présentent une densité inférieure à celle de l'eau de la Méditerranée, et qu'ainsi les couches profondes sous-marines reçoivent un apport trop faible de matériaux nutritifs venus de la surface, pour y entretenir la vie exubérante qui règne sur certains fonds de l'océan Atlantique, là où l'eau est moins salée et moins dense. C'est une pure hypothèse que j'émetts ici ; elle me paraît plus plausible que celle du marquis de Folin qui attribue la pauvreté de la faune abyssale de la Méditerranée, à la présence au fond de la mer d'émanations volcaniques toxiques. Si cette hypothèse est exacte, elle est sans doute applicable à la mer Rouge où l'eau est encore plus salée, et plus dense que dans la Méditerranée, et où, par conséquent, la faune des grandes profondeurs devrait être singulièrement pauvre.

CHAPITRE III

LA TEMPÉRATURE

- I. *Variations de température de l'eau de mer.* — Saison, heure de la journée, profondeur de l'eau, courants. Climat de Roscoff. Richesse de la faune de Roscoff. Uniformité de la température des parties profondes de l'Océan. Température du fond des mers intérieures.
- II. *Action du froid sur les animaux.* — Expériences de congélation. Froid de -130° supporté par *Helix pomatia* (E. Yung). Congélation des muscles, de l'œuf de poule. Expériences de F. Plateau sur les articulés aquatiques. Insectes vivant sur la neige et la glace. Richesse de la faune profonde des mers glaciales.
- Relation entre l'activité vitale et la température extérieure. Température minimum et optimum pour la croissance de la Lymnée des étangs. Expériences de Rossbach sur la vésicule pulsatile des infusoires.
- III. *Températures élevées.* — Maximum supporté par divers animaux. $+19^{\circ}$ pour *Chirocephalus Braueri*, $+23^{\circ}$ pour l'Écrevisse, $+25^{\circ}$ à $+30^{\circ}$ pour beaucoup de Poissons. Expériences de Plateau, de Varigny et Ch. Richet. Animaux des sources thermales.

I. TEMPÉRATURE DE L'EAU DE MER

La température de l'eau de la mer varie dans des limites assez larges, suivant le degré d'insolation (climat, saisons, heures de la journée), la direction des courants marins et la profondeur à laquelle on puise l'eau.

La température de l'eau de la mer peut atteindre

à la surface $+30^{\circ}$ dans les régions les plus chaudes du globe, tandis que dans nos climats elle ne dépasse guère en été $+18^{\circ}$ à $+20^{\circ}$. La mer gèle en hiver dans les régions froides; on y observe par conséquent des températures inférieures à 0° , puisque l'eau de mer, contenant 35 pour 1000 de sel, gèle à $-2^{\circ},5$ environ.

La direction des courants exerce également une grande influence sur la température de l'eau. Les courants qui, dans l'océan Atlantique, amènent vers le Sud les eaux froides et les glaces flottantes des régions polaires septentrionales, abaissent notablement la température sur les côtes des États-Unis dans le voisinage de Terre-Neuve. Les côtes océaniques de France, d'Angleterre, d'Irlande jouissent au contraire en hiver d'une température plus douce que ne le comporte leur latitude, grâce au courant d'eau tiède émané du Gulf stream. Sous ce rapport, Roscoff est dans une situation vraiment privilégiée. La gelée y est inconnue en hiver: aussi la végétation des bords de la Méditerranée: Aloès, Lauriers, Figuiers, Lauriers-roses, Camélias, y prospère en pleine terre. La faune marine y est d'une richesse et d'une variété inouïes. C'est précisément pour ce motif que M. le professeur de Lacaze-Duthiers a choisi Roscoff entre toutes les localités des côtes de la Manche et de l'Atlantique, pour y établir ses laboratoires de zoologie expérimentale.

Les variations annuelles de la température et

celles qui sont dues à la position géographique du lieu s'effacent à mesure que l'on descend dans des couches sous-marines plus profondes. D'après Prestwich¹, le fond de l'Océan présente, été comme hiver, une température uniforme de $+ 1^{\circ},67$ ($+ 35^{\circ}$ Fahr.) — et non de $+ 4^{\circ}$ (température du maximum de densité de l'eau douce), comme la plupart des traités élémentaires de physique et de météorologie l'indiquent.

Dans les mers intérieures, comme la Méditerranée, la mer Caspienne, la température des couches profondes varie suivant des causes locales et paraît en rapport avec la température hivernale du lieu. Cette température a été trouvée de $+ 13^{\circ}$ dans tous les sondages au-dessous de 1000 mètres que le *Travailleur* a exécutés dans la Méditerranée.

Comme on le voit, les animaux marins de nos climats sont soumis à des variations annuelles de température beaucoup moins étendues que celles que supportent les animaux d'eau douce. Ce n'est guère que dans les flaques d'eau de mer abandonnées sur la grève, entre deux marées, que l'on rencontre des températures dépassant $+ 25^{\circ}$ en été ou descendant en hiver en dessous de 0° . Les animaux littoraux seuls ont à subir ces extrêmes de température.

¹ *Philos. Transactions*, vol. LXV.

II. ACTION DU FROID SUR LES ANIMAUX

La plupart des animaux supportent beaucoup mieux un abaissement qu'une élévation de la température de leur milieu habituel. Beaucoup de Poissons, d'Amphibiens, d'Insectes, de Crustacés, de Mollusques, de Vers, d'Actinies, etc., peuvent subir la congélation complète, dit-on, sans perdre la faculté de revenir à la vie, lorsqu'on les dégèle avec précaution¹. Émile Yung a montré récemment que l'Escargot des vignes peut supporter pendant plus de quatre jours les froids artificiels les plus intenses que nous sachions produire ($- 150^{\circ}$, froid obtenu par évaporation de l'acide carbonique solide), à condition que l'on opère pendant le sommeil hivernal, sans réveiller l'animal et sans altérer son épiphragme. Les tissus de l'Escargot ne sont pas détériorés par la congélation, si celle-ci n'est pas brusque et si l'animal a été lentement réchauffé.

Kühne a montré que les muscles de Grenouille extraits du corps peuvent être transformés par la gelée en bloc dur et glacé: après dégel, ils sont encore susceptibles de se contracter quand on les excite. L'œuf de poule peut être gelé complètement sans perdre la propriété de se développer ultérieure-

¹ Schmarda. *Tbiergographie*, cité d'après Semper. Pouchet a nié que la vie pût se maintenir après congélation. Voir *Journal de l'Anatomie et de la Physiologie*, 1866, p. 1.

ment sous l'influence de l'incubation. Certains œufs d'insecte ne se développent convenablement qu'après avoir traversé une période de congélation ou tout au moins de froid assez intense.

D'après les expériences de F. Plateau, les insectes aquatiques supportent fort bien une température de 0° ; ils ne meurent que s'ils sont emprisonnés dans la glace.

Un certain nombre d'Articulés de petite taille vivent à la surface de la neige et de la glace des glaciers : *Desoria glacialis*, *Degeeria nivalis*, *Chionea araneoides*, etc.

La faune des mers glaciales est fort riche : il en est de même des profondeurs sous-marines où règne cependant une température peu élevée ($+ 1^{\circ},67$). D'après Möbius, les animaux qui vivent au fond de la mer glaciale sont même en général plus vigoureux que les exemplaires des mêmes espèces provenant de nos climats tempérés.

Cependant chez beaucoup d'animaux Invertébrés de nos climats, il faut que la température de l'eau atteigne $+ 10^{\circ}$ à $+ 15^{\circ}$ pour que leurs manifestations vitales se produisent avec quelque intensité. D'après Semper, la Lymnée des étangs ne digère et n'assimile convenablement qu'à partir de la température de $+ 14^{\circ}$ à $+ 15^{\circ}$. C'est à $+ 20^{\circ}$ que la croissance de ce Mollusque est le plus rapide.

Il y a ainsi pour chaque espèce animale une tem-

pérature *optimum* à laquelle l'activité organique est à son maximum, et une température *minimum* pour laquelle les manifestations vitales se trouvent suspendues. Ces températures varient dans des limites fort larges d'une espèce à l'autre. On observe, à partir de la température *minimum* jusqu'à la température *optimum* et au delà, une corrélation étroite entre l'activité de chaque organisme et la température du milieu extérieur. L'activité organique croît à mesure que la température monte. Citons comme exemple les expériences de Rossbach sur l'influence que la température extérieure exerce sur la rapidité des contractions de la vésicule pulsatile des Infusoires :

Chez *Stylonychia pustulata*, on observe entre deux contractions successives, un intervalle de :

19 secondes à	+ 4°
16 —	+ 6°
15 —	+ 7°
14 —	+ 10°
10 —	+ 13°
9 —	+ 16°
8 —	+ 18°
7 —	+ 19°
6 —	+ 21°
5 —	+ 24°
4 —	+ $27-30^{\circ}$

III. ACTION DES TEMPÉRATURES ÉLEVÉES SUR LES ANIMAUX

Il y a également pour chaque espèce animale un maximum de température qui ne peut être dépassé sans mettre la vie en danger. Ce maximum est extrêmement peu élevé pour un grand nombre de nos animaux d'eau douce et d'eau de mer, notamment pour les Poissons.

Beaucoup de petits Crustacés qui vivent dans l'eau provenant de la fonte des neiges ou des glaciers ne supportent pas une température de plus de $+ 19^{\circ}$ (par exemple *Chirocephalus Braueri*, d'après Brauer). L'Écrevisse ne peut vivre dans de l'eau à plus de $+ 23^{\circ}$ et beaucoup de Poissons meurent à des températures comprises entre $+ 25^{\circ}$ et $+ 30^{\circ}$. Les températures les plus élevées, supportées par quelques Articulés aquatiques, oscillèrent entre $+ 33^{\circ},5$ et $+ 46^{\circ},3$, dans les expériences de F. Plateau. De Varigny a constaté à Banyuls que *Pagurus Prideauxii* ne supporte pas l'immersion dans de l'eau à $+ 31^{\circ}$.

Ch. Richet a fait à Roscoff quelques expériences analogues. Il a constaté que la plupart des Poissons et autres animaux marins meurent bien avant que la température de l'eau ait atteint $+ 30^{\circ}$. Il a cependant trouvé sur la grève des Poissons et des Crustacés parfaitement vivs dans des flaques d'eau dont la température atteignait $+ 25^{\circ}$ et même $+ 27^{\circ}$.

Il est essentiel de tenir compte de ces faits dans les installations d'aquariums. L'eau dans laquelle on tient les animaux en captivité ne peut jamais dépasser notablement la température de $+ 20^{\circ}$, ce qui est une condition parfois difficile à remplir en été.

Certains animaux aquatiques paraissent supporter des températures beaucoup plus élevées que celles qui ont été citées précédemment. Le fait a été affirmé pour les animaux de plusieurs sources naturelles très chaudes. On assure que *Sparus Desfontainesii* vit à Tozer et Cafra en Tunisie, dans des sources thermales dont l'eau atteint $+ 75^{\circ}$, c'est-à-dire une température suffisante pour cuire des œufs.

Le fait paraît difficilement croyable quoiqu'il soit affirmé par des témoins dignes de foi. En effet on admet en général que le protoplasme animal ne peut supporter une température supérieure à $+ 50^{\circ}$, par la raison que plusieurs matières albuminoïdes qui entrent dans sa constitution subissent vers cette température une altération chimique amenant leur coagulation.

Pour les végétaux inférieurs, Hoppe-Seyler¹ admet la température de $+ 53^{\circ}$ comme limite supérieure compatible avec la vie. Seules, les Bactéries supporteraient des températures dépassant $+ 60^{\circ}$. Hoppe-Seyler a appelé l'attention sur les causes d'erreur auxquelles on est exposé dans les observations de

¹ Hoppe-Seyler, *Pfluger's Archiv.* XI. p. 113.

ce genre. Il a rencontré dans un fossé alimenté par des sources chaudes près de Battaglia, un grand nombre de petits Poissons vivants. Le thermomètre plongé dans l'eau près de la surface marquait $+ 44^{\circ}3$ à 45° . A première vue donc, on aurait été tenté d'admettre que les Poissons peuvent supporter cette température de plus de $+ 44^{\circ}$. En y regardant de près, Hoppe-Seyler constata que les petits Poissons se tenaient tous dans les couches profondes et que ceux qui s'approchaient de la surface, s'empressaient de retourner vers le fond ou mouraient brusquement. En effet, l'eau des couches profondes ne marquait que $+ 25^{\circ},15$ c. alors qu'à la surface le thermomètre était de $44^{\circ}3$ à 45° . Tripier a fait des observations analogues aux sources de Hamman-mes-Kortin près d'Alger.

CHAPITRE IV

AÉRATION DE L'EAU DE MER

- I. *Gaz de l'eau de mer.* — Gaz dissous dans l'eau de la surface et dans l'eau des grandes profondeurs. Influence de la température sur la solubilité de l'oxygène. Nécessité de l'oxygène pour le développement de la vie animale. Respiration branchiale comparable à la respiration aérienne ou pulmonaire. Absorption d'oxygène et exhalation d'acide carbonique.
- II. *Animaux à respiration active.* — Combinaison de l'oxygène avec l'hémoglobine ou matière rouge des globules sanguins dans l'organe respiratoire. Dissociation de cette combinaison au contact des tissus vivants qui sont avides d'oxygène. Distribution de l'hémoglobine dans le règne animal. Chlorocruorine de Ray Lankester. Hémérythrine de Krukenberg. Hémocyanine ou substance respiratoire cuprifère du sang des Mollusques céphalopodes et gastéropodes, des Crustacés et des Arachnides. L'Hémocyanine forme dans la branchie du Poulpe une combinaison oxygénée qui est bleue. Le sang qui va à la branchie est incolore, celui qui en revient est bleu, tant que la respiration se fait sans entraves. Le cuivre comme remède de l'anémie chez le Poulpe. Innocuité de l'absorption journalière de petites quantités de cuivre.
- III. *Plantes et animaux.* — Absorption de l'acide carbonique par les plantes avec fixation de carbone dans leurs tissus et élimination d'oxygène. La respiration des animaux est la contre-partie de celle des végétaux. L'association de plantes et de végétaux dans un aquarium rend l'aération et le renouvellement de l'eau inutiles.
- Animaux à chlorophylle. Recherches de Patrick Geddes sur *Convolvula Schultzii*. Production d'oxygène et d'amidon dans le corps de cette Planaire.
- Recherches de Cienkowsky et de Brandt sur la Symbiose des Radiolaires et des Algues vertes. Symbiose des Lichens. Symbiose chez *Spongia cartilaginea*. Microbe de la phosphorescence du Siphon des Pholades.

I. GAZ DE L'EAU DE MER

L'eau de mer contient toujours une certaine quantité de gaz dissous; ces gaz sont les mêmes que ceux de l'air: oxygène, azote et acide carbonique¹. Les savants de l'expédition norvégienne de 1876-78 ont trouvé la moyenne de 21 centimètres cubes de gaz par litre d'eau de mer. Un tiers de ce gaz, c'est-à-dire 7 centimètres cubes, était de l'oxygène.

Buchanan a extrait, d'après le procédé imaginé par Jacobsen, les gaz dissous dans un grand nombre d'échantillons d'eau de mer recueillis à bord du *Challenger*. Il a constaté que l'eau des grandes profondeurs est parfois extrêmement pauvre en oxygène. Certains échantillons analysés contenaient moins d'un centimètre cube d'oxygène par litre d'eau. Cette faible proportion dépend de l'importante consommation d'oxygène que suppose le développement de la vie animale dans les profondeurs sous-marines.

Buchanan a déterminé aussi quel était la quantité de gaz que l'eau de mer était capable de dissoudre aux différentes températures, en la supposant exactement saturée d'air. Il a trouvé qu'un litre d'eau de mer peut dissoudre :

à 0°, 15^{cc},60 d'azote et 8^{cc},18 d'oxygène
à 10°, 12^{cc},47 d'azote et 6^{cc},45 d'oxygène
et à 20°, 10^{cc},41 d'azote et 5^{cc},31 d'oxygène.

¹ L'acide carbonique est en partie dissous, en partie combiné.

L'oxygène est le seul des gaz de l'eau de mer qui présente de l'intérêt au point de vue spécial de nos études. Sans oxygène, la vie animale s'éteindrait immédiatement; nous l'avons déjà dit, l'énergie déployée par les êtres vivants n'est pas créée en eux de toutes pièces; elle est empruntée à des réactions chimiques qui absorbent de l'oxygène et mettent de l'acide carbonique en liberté. Suivant l'expression si juste et si pittoresque de Lavoisier: « Les animaux sont des corps combustibles qui brûlent et se consomment. »

Il faut donc que l'oxygène dissous dans l'eau de mer pénètre dans le corps des animaux, de manière à y entretenir la vie et le mouvement. Un grand nombre d'animaux aquatiques présentent un organe spécial, la Branchie, destinée à faciliter les échanges gazeux entre le milieu extérieur, l'eau de mer et le sang ou milieu intérieur, comme l'appelle Claude Bernard.

La branchie est généralement formée de feuillets membraneux à double paroi, attachés au corps de l'animal et flottant dans l'eau. Le sang circule entre les deux parois de chaque feuillet; il n'est donc séparé de l'eau de mer que par une mince membrane, à travers laquelle il absorbe l'oxygène de l'extérieur et rejette pareillement au dehors l'acide carbonique provenant de la combustion organique. Ces échanges gazeux s'expliquent suffisamment par les lois de la diffusion physique des gaz dissous dans des liquides différents séparés par des membranes minces.

Le sang renouvelé au contact de l'eau extérieure, c'est-à-dire chargé d'oxygène et débarrassé d'acide carbonique, retourne ensuite, en vertu de l'impulsion circulatoire, dans l'intérieur du corps de l'animal, pour distribuer à tous les tissus l'oxygène vivifiant.

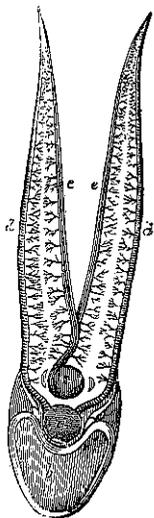


FIG. 9. — Lamelles de la branchie d'un Poisson.

Cette respiration des animaux aquatiques est donc fort semblable à celle des animaux aériens et les Branchies d'un Poisson, d'un Poulpe ou d'un Crustacé fonctionnent en somme comme nos Poumons. Dans nos Poumons aussi, se trouvent de minces cloisons dans l'épaisseur desquelles circule le sang;

seulement dans nos Poumons, l'air se trouve en nature au contact du sang, au lieu d'être dissous dans l'eau.

II. ANIMAUX A RESPIRATION ACTIVE

L'oxygène, avons-nous dit, est dissous dans le sang pour servir aux besoins de la respiration. C'est rigoureusement vrai pour un grand nombre d'animaux relativement inférieurs, à respiration peu active, pouvant se contenter de peu d'oxygène. Ce gaz, en effet est fort peu soluble dans l'eau et dans les solutions aqueuses telles que le sang. Un litre d'eau saturée d'air par agitation, ne dissout que sept centimètres cubes d'oxygène, c'est-à-dire seulement la cent quarantième partie de son volume.

Pour beaucoup d'êtres à respiration active, un si minimum apport d'oxygène serait absolument insuffisant. L'homme et les animaux supérieurs, par exemple, périraient immédiatement asphyxiés s'ils n'avaient à leur disposition que l'oxygène simplement dissous dans le sang. Mais, grâce à la présence de la matière colorante rouge du sang, ce liquide est capable d'absorber des quantités relativement considérables d'oxygène et de les faire servir à la respiration. Chez les Mammifères le sang peut contenir plus de 20 pour 100 (en volume) d'oxygène, c'est-à-dire le cinquième de son volume.

Chez presque tous les animaux vertébrés, le sang

est formé d'une partie liquide, incolore, le plasma dans lequel nagent une infinité de globules microscopiques colorés : c'est à eux que le sang doit sa belle teinte vermeille : c'est à leur matière colorante rouge, qu'il doit la propriété de se charger d'oxygène. La matière rouge ou *hémoglobine* est une substance voisine de l'albumine, mais contenant du fer en proportion notable. L'*hémoglobine* au contact de l'air ou des liquides qui contiennent de l'oxygène, se combine à ce dernier gaz et forme ainsi un composé des plus instables appelé *hémoglobine oxygénée*. Cette combinaison, formée dans l'organe respiratoire, est ensuite transportée par le mouvement de la circulation dans les différents organes. Les organes, formés de substances avides d'oxygène, enlèvent ce gaz à l'*hémoglobine oxygénée*, et la font repasser à l'état d'*hémoglobine réduite*. Les globules rouges se chargent ainsi d'oxygène pendant leur passage à travers les branchies ou les poumons, puis ils s'en vont distribuer cet oxygène à tous les tissus du corps, par dissociation de leur *hémoglobine oxygénée*.

L'*hémoglobine oxygénée* a une belle teinte rouge vermeille : c'est la couleur du sang artériel, c'est-à-dire du sang qui a passé par l'appareil respiratoire, tandis que l'*hémoglobine réduite* et le sang veineux qui en est riche, ont une teinte beaucoup plus foncée, plus noirâtre.

Tel est le mécanisme élémentaire de la respiration chez tous les animaux vertébrés : Mammifères,

Oiseaux, Reptiles, Batraciens et Poissons. Un petit nombre de Poissons appartenant au genre *Leptocephalus* font seuls exception à la règle et présentent un sang incolore.

L'*hémoglobine* a été rencontrée également en dehors de l'embranchement des Vertébrés, chez un petit nombre d'animaux appartenant aux groupes zoologiques les plus divers⁴. Tout le monde sait que le ver de terre ordinaire a le sang du même rouge que le nôtre. Ici l'*hémoglobine* n'est pas fixée à des corpuscules solides, elle est dissoute directement dans le liquide sanguin, mais elle joue le même rôle respiratoire. On retrouve de même l'*hémoglobine* dans le sang de beaucoup d'Annélides marines; chez d'autres, au contraire, elle est remplacée par une matière verte, contenant également du fer et susceptible de former une combinaison respiratoire peu stable avec l'oxygène : c'est la *chlorocrurine* de Ray Lankester.

Chez beaucoup d'autres animaux, Mollusques Céphalopodes et Gasteropodes, Crustacés et Arachnides, la respiration de l'oxygène se fait par l'intermédiaire d'une substance albuminoïde très analogue à l'*hémoglobine*, mais contenant du cuivre

⁴ Ray-Lankester et, plus récemment, Krukenberg ont publié des listes d'animaux invertébrés chez lesquels on a rencontré l'*hémoglobine*. On y voit figurer des Turbellariés dendrocèles, des Némertines, des Hirudinées, des Géphyriens, un grand nombre d'Annélides chétopodes, trois Crustacés, une larve d'insecte (*Chironomus*) et quelques Mollusques.

au lieu de fer. Cette substance forme pareillement avec l'oxygène une combinaison peu stable : elle prend alors une belle teinte bleue, ce qui lui a valu le nom d'*Hémocyanine*¹. Tout comme l'Hémoglobine, l'Hémocyanine oxygénée perd facilement son oxygène au contact des corps réducteurs, notamment des tissus vivants. L'Hémocyanine redevient alors incolore.

Il est facile de constater que, chez le Poulpe (*Octopus vulgaris*), par exemple, la substance bleue du sang ou Hémocyanine sert d'intermédiaire, de véhicule entre l'oxygène de l'eau extérieure et les tissus du corps, qui en sont avides. Fixons un Poulpe vivant, sur une planchette, de manière qu'il se présente à nous par sa face ventrale et immergeons le tout dans un baquet rempli d'eau de mer bien aérée. Pratiquons une fenêtre donnant accès dans les deux cavités respiratoires ; enlevons à cet effet un lambeau de chair rectangulaire, comprenant la peau et les parois du manteau. L'animal supporte fort bien cette opération. Après avoir exécuté quelques mouvements d'expiration forcée, il reprend le rythme habituel de ses mouvements respiratoires. A travers la plaie béante, on aperçoit de chaque côté la branchie élégamment découpée, et à sa base, les gros troncs vasculaires. On distingue parfaitement à chaque branchie le vaisseau afférent, c'est-à-dire amenant le sang

¹ Léon Fredericq. *Archives de zoologie expérimentale*, 1878.

veineux du corps. Ce vaisseau charrie un liquide incolore, ne contenant par conséquent que de l'hémo-

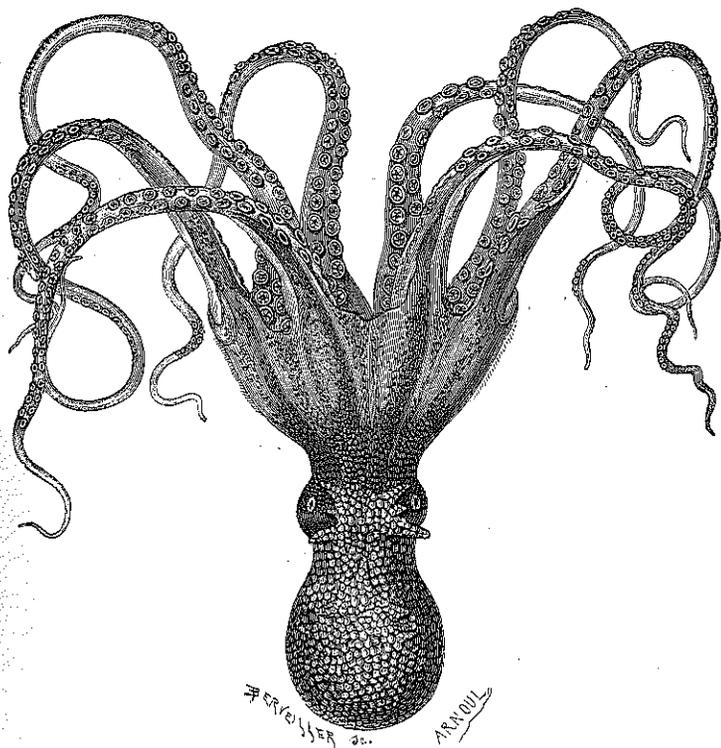


FIG. 10. — Poulpe commun.

cyanine réduite ou privée d'oxygène. Le vaisseau efférent, au contraire, celui qui ramène au corps le sang artérialisé par son passage à travers la branchie, est rempli d'un sang bleu foncé qui, à en juger d'après

la teinte, doit être saturé d'oxygène. Le sang du Poulpe se charge donc d'oxygène pendant son passage à travers l'organe respiratoire.

C'est bien au fait de la respiration qu'est dû ce changement de coloration du sang veineux dans la branchie du Poulpe. Pour le prouver, on peut faire sur cet animal, une expérience calquée sur celle qui servit à Bichat à démontrer que chez les Mammifères, les différences de coloration du sang artériel et du sang veineux sont dues au fait de la respiration pulmonaire. Il mit à nu, chez un chien vivant, la carotide et la trachée, et introduisit dans cette dernière une large canule métallique munie d'un robinet, Chaque fois qu'il empêchait l'accès de l'air dans les poumons en fermant le robinet, la carotide ne fournissait que du sang veineux, pauvre en oxygène et de teinte foncée. Dès qu'il ouvrait le robinet, le sang de la carotide reprenait sa belle couleur vermeille.

De même chez le Poulpe, le sang artériel est bleu foncé, tant que l'animal respire librement, et que l'eau se renouvelle abondamment autour des branchies. Dès qu'on retire l'animal de l'eau ou dès qu'on l'empêche de respirer, tout en le laissant dans l'eau, ce changement de coloration n'a plus lieu dans la branchie; le sang qui en revient est incolore comme celui qui y arrive. On peut empêcher les mouvements respiratoires en coupant les nerfs palléaux qui animent les muscles du manteau; on peut également s'opposer à l'effet utile des mouvements respiratoires,

en comprimant les branchies entre les doigts, de manière à empêcher leur contact avec l'eau aérée. Ces opérations ont toujours pour effet de décolorer le sang qui revient de la branchie.

L'Hémocyanine, avons-nous vu, est une espèce d'Hémoglobine sans fer mais avec cuivre. Ce dernier métal joue donc le même rôle respiratoire dans le sang du Poulpe que le fer dans le nôtre. C'est du cuivre et non du fer qu'il faudrait faire prendre à un Poulpe atteint d'anémie si on voulait le soumettre à un traitement curatif.

La Langouste, le Homard, l'Ecrevisse, les Crabes, les Crevettes, l'Escargot et plusieurs autres animaux que nous mangeons, contiennent pareillement du cuivre dans leur sang. On sait d'ailleurs que la chair du Poulpe entre pour une large part dans l'alimentation des pêcheurs des bords de la Méditerranée. Il ne semble donc pas que ce métal, introduit en petites quantités dans notre corps, soit en aucune façon nuisible: ceci pour rassurer les personnes qui auraient encore des scrupules à user de conserves reverdies au cuivre ou d'aliments préparés dans des casseroles en cuivre. Le plomb et le mercure au contraire sont de vrais poisons. L'introduction journalière dans notre organisme de minimes parcelles de ces corps finit par produire à la longue une intoxication des plus graves¹.

¹ Voyez Arm. Gautier. *Le Cuivre et le Plomb (Bibl. scient. contemp.)*.

III. ANIMAUX ET VÉGÉTAUX

Mais revenons à la respiration des animaux et comparons-la à celle des végétaux. La plante, avons-nous vu, consomme de l'acide carbonique et de l'eau et décompose ces combinaisons, grâce à l'action des rayons solaires; elle utilise le charbon et l'hydrogène pour l'édification de sa propre substance et rejette l'oxygène à l'extérieur. La plante est un appareil de réduction.

L'animal au contraire est le siège de phénomènes incessants d'oxydation; il absorbe de l'oxygène et brûle, au moyen de celui-ci, le charbon et l'hydrogène de ses tissus, et rejette au dehors l'eau et l'acide carbonique formés. Dans l'économie de la nature, le végétal refait donc constamment ce que l'animal a défait : les deux règnes se complètent mutuellement.

Il est bon d'avoir ces faits présents à l'esprit quand on s'occupe d'installations d'aquariums. On recommande d'y placer à côté des animaux vivants, des Algues, des Ulves et d'autres plantes marines. Si la proportion relative de plantes et d'animaux a été judicieusement observée, de manière que l'acide carbonique formé par les derniers soit décomposé par les premiers et que l'oxygène soit restitué par les plantes à mesure que les animaux le consomment, le renouvellement de l'eau ou l'aération deviennent

superflus. Un tel aquarium nous montre pour ainsi dire en raccourci une image fidèle du mouvement de la vie à la surface de notre planète, — à condition toutefois que l'impulsion première qui vient du soleil lui soit assurée. Pour que plantes et bêtes continuent à prospérer dans ce microcosme, il faut, en effet, l'action de la lumière solaire. En l'absence de tout éclairage, les plantes s'étiolent et les animaux aussi ne tardent pas à mourir.

Un petit nombre d'animaux cumulent pour ainsi dire les fonctions chimiques essentielles des plantes et des animaux; ils consomment de l'oxygène et produisent de l'acide carbonique comme tous les autres représentants du règne animal; mais en même temps, grâce à la chlorophylle, ou matière verte végétale qu'ils contiennent, ils sont capables, à l'instar des vraies plantes, de décomposer ce même acide carbonique en charbon et en oxygène. Chacun de ces animaux est un petit microcosme, réalisant en lui-même l'image réduite de l'action simultanée et réciproque de la vie animale et végétale à la surface du globe. On n'a jusqu'à présent trouvé la chlorophylle ou ses analogues, la xanthophylle, etc., que chez quelques animaux invertébrés d'une organisation peu élevée. Citons, parmi les Protozoaires : *Euglena viridis*, *Stentor viridis* et la plupart des Radiolaires, parmi les Cœlentérés, l'Hydre d'eau douce verte (*Hydra viridis*), enfin

parmi les vers *Vortex viridis*, M. Sch. et *Convoluta Schultzii*, *Spongilla fluviatilis* var. *viridis*.

D'autres animaux verts tels que *Anthea cereus*, var. *Smaragdina*, *Mesostomum viride*, *Bonellia viridis*, *Chaetopterus Valenciennii*, *Idotea viridis* et beaucoup d'insectes verts paraissent colorés par des pigments qui n'ont aucune relation avec la chlorophylle.

L'une de ces formes singulières a été étudiée à Roscoff par un naturaliste écossais, Patrick Geddes¹.

Quand on se promène à marée basse sur les grèves sablonneuses au nord-est de l'île de Batz, en face de Roscoff, on rencontre au fond des petits sillons qui séparent les ondulations du sable produites par le mouvement des vagues, un dépôt brun verdâtre qui, examiné à la loupe, se montre formé d'un nombre immense de petits vers plats ou Planaires (*Convoluta Schultzii*, O. Schin.). Ces Planaires contiennent dans leurs tissus des grains de matière verte présentant les caractères spectroscopiques de la chlorophylle végétale. Ici, comme chez les végétaux, la chlorophylle jouit de la propriété de décomposer l'acide carbonique et de mettre l'oxygène en liberté. Cette fonction chorophyllienne atteint son maximum d'activité, si l'on expose l'animal à une vive lumière : il produit alors au moyen de ses grains de chlorophylle

¹ Geddes, *Sur la Chlorophylle animale et sur la physiologie des Planaires vertes*. *Arch. de zool. exp. et gén.*, t. VIII, 1879, p. 51.

beaucoup plus d'oxygène que son corps tout entier ne peut en consommer. Patrick Geddes, en réunissant un grand nombre de ces animaux dans des vases de verre remplis d'eau de mer et en exposant le tout au soleil, a constaté, à la surface des Planaires vertes, un vif dégagement de petites bulles gazeuses.

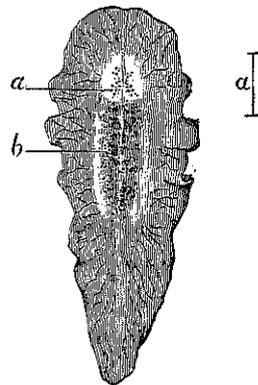


FIG. 11. — *Polycelis modeste*, exemple de Planaire.

Il a pu recueillir une quantité suffisante de ce gaz pour constater qu'il est formé en majeure partie ou tout au moins pour plus de moitié d'oxygène. En effet, ce gaz rallume une allumette ne présentant plus qu'un point en ignition; il est absorbé par le pyrogallate de potassium (et non par la potasse seule) et colore ce corps en brun.

La production d'oxygène n'est pas d'ailleurs la seule ressemblance que la Planaire de Roscoff offre

avec les plantes; elle aussi est capable de fabriquer synthétiquement dans ses tissus de l'amidon aux dépens du carbone. Patrick Geddes démontre la présence de ce corps en coagulant une certaine quantité de Planaires par l'alcool, et en faisant bouillir le résidu avec de l'eau distillée. La solution aqueuse filtrée fut traitée par l'eau iodée et donna la coloration bleue foncée caractéristique de l'amidon. Cette coloration bleue disparut par l'élévation de la température du liquide et revint après le refroidissement. Les grains amorphes d'amidon, se colorant en bleu par l'iode, peuvent d'ailleurs s'observer dans une préparation microscopique fraîche des tissus de la Planaire.

« Dans la même préparation des tissus frais traités par l'iode, dit Geddes, on peut constater la présence de glycogène, qui se trouve en abondance dans les cellules amœboïdes incolores du parenchyme du corps; il est très curieux de voir ainsi côte à côte, dans le champ du microscope, l'amidon animal et l'amidon végétal associés dans le même organisme. »

Ajoutons cependant que, d'après des recherches récentes, la chlorophylle, de plusieurs animaux verts, notamment celle des Radiolaires, n'appartiendrait pas en propre au corps de l'animal. D'après Cienkowsky, Brandt, etc., ce qu'on a pris jusqu'ici pour des grains de chlorophylle, sont de petites algues vertes unicellulaires, vivant au sein du protoplasme animal,

à l'état de parasites, de commensaux ou plutôt d'associés.

L'oxygène que les animaux verts produisent à la lumière, l'amidon qu'ils forment, appartiennent en réalité aux pensionnaires végétaux logés dans leur intérieur.

Le problème offert par les Radiolaires verts n'en est pas moins intéressant, quoiqu'il semble avoir changé d'aspect. Nous avons là un exemple curieux, d'une association constante d'un organisme animal avec un végétal. On a donné le nom de *Symbiose* à ce genre de mutualisme anatomique et physiologique. On en connaît plusieurs exemples. Le plus fameux est celui des Lichens.

De tout temps les Lichens ont été considérés comme formant une classe ou famille naturelle de plantes cryptogames, famille se subdivisant en tribus, genres et espèces. Or la plupart des botanistes sont aujourd'hui, d'accord pour rayer avec Schwendener et de Bary¹, la classe des Lichens du système botanique. Un Lichen représente non un végétal autonome, mais un cas de symbiose, d'association organique d'un champignon incolore avec une algue verte. Chaque espèce de Lichen représente une colonie d'algues d'espèce particulière vivant sur un Mycelium d'espèce déterminée de champignon.

¹ Reess. *Les Lichens dans Revue intern. des Sc.*, 15 octobre 1879. De Bary. *De la Symbiose*, *ibid.*, 15 avril 1879.

On connaît également chez les animaux plusieurs autres exemples de *symbiose*. Semper a signalé, chez *Spongia cartilaginea*, Esper, l'association d'un Spongiaire et d'une Algue floridée. Raphaël Dubois a récemment découvert que le phénomène de la phosphorescence du Syphon des Pholades était dû à la présence, dans l'épaisseur des tissus du Mollusque, de Microbes spéciaux. Le Mollusque fournit la matière lucigène et le Microbe engendre le ferment qui provoque la phosphorescence de cette matière. C'est également un cas de *symbiose*.

Deuxième Partie

L'ATTAQUE

CHAPITRE PREMIER

ARMES OFFENSIVES

- I. *Armes offensives à action mécanique*. — Animaux herbivores et carnivores. Becs, mâchoires, dents, crochets, pinces, griffes, lames, dards, piquants, tentacules, cirrhes, ventouses, suçoirs. Dents servant uniquement à la mastication. Dents stomacales du Serpent gobeur d'œufs.
- II. *Armes empoisonnées*. — Poisons de flèches, curare. Septicémie des Baleines. Armes empoisonnées des animaux. Organes urticants. Suçoir du Cousin, aiguillon des Hyménoptères, crochets de la Scolopendre, chélicères des Araignées, dard du Scorpion, poils urticants des chenilles processionnaires, dents venimeuses des Vipères et Serpents, lame tranchante de la Vive.
- Acide formique du venin de l'Abeille, du liquide corrosif de *Cerura vinula*. Insectes engourdis par la piqûre des Sphex. Instinct du *Cerceris ornata*. *Cerceris arenaria* volé par *Hedychrum lucidulum*. Le Philanthe apivore. *Chorion compressum*. *Pompilus*. Acide du venin de la Vive. Alcaloïde du venin de la Salamandre. Principe actif du venin de la Vipère. Cellules urticantes des Cœlentérés et des Mollusques.
- Recherches de Joyeux-Laffuie sur la piqûre du Scorpion. Glande à venin. Tactique de combat. Action du venin sur les Vertébrés, les Mollusques, les Articulés. Le suicide du Scorpion. Expériences de M. Bourne. Immunité du Scorpion pour son propre venin. Suicide des Serpents.
- III. *Armes ne produisant pas de lésion matériels*. — Décharge électrique de la Torpille. Un cas d'électrothérapie sous Tibère. Liste des Poissons électriques. Identité de la décharge avec le courant électrique. Décharge de la Torpille allant du dos au ventre et foudroyant à distance. Combat des Chevaux sauvages et des Gymnotes de Calabozo. Analogie anatomo-

mique, embryologique et physiologique du muscle et de l'organe électrique. — Décharge provoquée par excitation du bout périphérique du nerf électrique coupé ou par excitation directe de l'organe électrique. Torpille empoisonnée par le curare, par la strychnine. Phases du choc électrique comparées à celles de la secousse musculaire. Discontinuité provoquée de la décharge naturelle et de la contraction musculaire volontaire.

IV. *Ruses et pièges*. — Entonnoir du Fourmillon. Filets des Araignées. Curiosité exploitée par la Baudroïte. Poissons pêchant à la lumière. Le Loup affublé de la peau de l'Agneau. Araignées myrmecophagés.

I. ARMES OFFENSIVES A ACTION MÉCANIQUE

« La faim et l'amour, a-t-on dit, sont les deux grands mobiles des actions humaines. » Cet aphorisme, discutable en ce qui concerne l'homme, résume admirablement l'activité vitale du règne animal tout entier. Si nous faisons abstraction de ce qui se rapporte à la reproduction et à la conservation de l'espèce, dont les *manifestations* sont intermittentes, nous pouvons dire que la préoccupation constante des animaux peut se résumer en ces deux termes : manger et éviter d'être mangé, attaquer et se défendre. Les herbivores sont mangés par les carnivores, qui, eux-mêmes, se dévorent entre eux.

Des troupeaux entiers de Poissons, de Mollusques, d'Échinodermes, etc., broutent paisiblement les prairies de Zoostères ou les forêts sous-marines de Laminaires et de Fucus. D'autres animaux, fixés pour toujours au rocher natif, se contentent de happer au passage les détritiques flottants et les êtres microscopiques amenés par les courants. Beaucoup de Crustacés vivent de charognes et s'abattent comme une nuée de Corbeaux sur tout cadavre abandonné.

Mais il existe d'innombrables légions d'êtres organisés pour la chasse, qui doivent conquérir par la ruse ou la force la pâture quotidienne. La lutte est leur élément; beaucoup sont revêtus d'une armure protectrice, tous savent mettre au service de leur insatiable appétit les armes de combat les plus variées et les plus perfectionnées. Nous serions entraînés trop loin s'il nous fallait décrire en détail les différentes variétés de becs ou de mâchoires garnies de dents en scie, en lime, en râpe, en pavés, en crochets, etc., les pinces et griffes, les lames tranchantes, les lancettes, les dards et piquants, les tentacules, les cirrhes, les trompes, les ventouses, les suçoirs, etc.¹. Nous choisirons un exemple entre

¹ Soit dit en passant, au point de vue auquel nous nous plaçons, il ne faut pas confondre les dents carnassières qui servent à attaquer et à maîtriser la proie, avec les dents qui, chez beaucoup d'animaux, ont uniquement pour fonction de diviser, de mouler les aliments. Les premières sont des armes, les secondes sont de vrais outils. Il peut arriver qu'un animal herbivore traqué de près, se retourne vers ses agresseurs et cherche à se défendre en mordant. Mais il est assez rare que les outils de la mastication se transforment ainsi en armes de combat. Dans beaucoup de cas, d'ailleurs, la disposition des dents ne permet pas de les employer à un autre usage que celui de la division des aliments. En voici un exemple curieux. Les couleuvres africaines du genre *Dasypheltis* se nourrissent exclusivement d'œufs d'oiseaux, qu'elles avalent en entier sans entamer la coquille. De cette façon, pas la moindre partie liquide et nutritive de l'œuf ne se répand au dehors. Arrivée dans l'estomac la coquille est brisée par de véritables dents contre lesquelles l'œuf vient buter. Ces dents qui font ainsi saillie dans l'estomac sont fixées à la face inférieure de la colonne vertébrale. C'est le seul exemple connu de dents implantées ailleurs qu'à la surface des os de la bouche. Évidemment ici ces dents ne peuvent jamais être utilisées dans un but défensif.

mille et nous consacrerons un chapitre à l'étude du fonctionnement de la pince du Crabe et du Homard. Nous nous occuperons surtout de la force et de la vitesse avec lesquelles s'exécutent les mouvements d'ouverture et de fermeture de la pince.

II. ARMES EMPOISONNÉES

Toutes les armes offensives dont nous venons de parler sont destinées à saisir, à pincer, à broyer, à déchirer la proie, en un mot à la maîtriser par action mécanique. Cette action vulnérante directe peut être parfois insignifiante au point de vue des lésions produites et causer cependant des blessures redoutables, parce que l'arme était empoisonnée. Beaucoup de sauvages trempent leurs flèches dans le suc de plantes vénéneuses : plusieurs de ces poisons sont tellement actifs qu'il suffit d'une piqûre légère pour tuer en peu d'instant un animal de forte taille. L'un de ces poisons de flèches de l'Amérique méridionale, le Curare, est célèbre à cause de son emploi en physiologie et en médecine.

Les pêcheurs d'un petit Fjord de la Norvège conservent précieusement des harpons dont la pointe est infectée d'un microbe redoutable. Chaque année, une Baleine pénètre dans le golfe : aussitôt les chaloupes armées prennent la mer et la chasse commence. La Baleine est bientôt atteinte : il suffit

qu'un des harpons s'implante dans les chairs de l'animal pour inoculer à celui-ci la *Septicémie*, maladie redoutable qui doit le tuer en quelques heures ou tout au moins en peu de jours. La Baleine vient mourir sur la grève et fournit à toute la population riveraine une ample provision d'huile, de fanons, d'os, etc. C'est également le moment de renouveler la provision de poison pour la prochaine chasse. Ce poison n'est autre que le sang chargé de microbes de l'animal malade, sang dans lequel on trempe la pointe des harpons. A différentes reprises on a proposé de chasser la Baleine dans le Nord en se servant d'autres engins empoisonnés, par exemple en lançant au moyen d'un petit canon des projectiles explosifs renfermant une dose de strychnine suffisante pour foudroyer le gigantesque gibier.

La nature a pareillement doué un certain nombre d'animaux d'armes empoisonnées. Citons au hasard les organes urticants des Méduses, des Actinies et de quelques autres organismes marins, et qui leur ont valu le nom d'*Orties de mer*, le suçoir du Cousin, l'aiguillon de la Guêpe et de l'Abeille, les crochets des Scolopendres, les chélicères des Araignées, le dard du Scorpion, les poils urticants des Chenilles processionnaires, les dents venimeuses de la Vipère et de beaucoup de Serpents des pays chauds, la lame tranchante de la Vive, etc.

L'action mécanique de la blessure produite est presque toujours insignifiante, comparée à l'action

toxique du poison inoculé. On sait que le principe actif du venin de l'Abeille et de la plupart des insectes, n'est autre chose que de l'acide formique. Les récentes recherches de E. Poulton ¹ sur la sécrétion défensive de la chenille de la *Cerura (Dicranura) vinula*, ont mis le fait hors de doute. Cette chenille est fréquemment attaquée par les Ichneumonides, espèce de guêpes qui lui percent la peau, et pondent leurs œufs à l'intérieur de son corps. Les larves qui naissent de ces œufs exercent dans les tissus de la chenille des ravages épouvantables : elles la dévorent toute vive et ne quittent leur victime que lorsqu'elles en ont mangé l'intérieur et qu'il ne reste plus que la peau. La chenille de la Dicranure se défend contre les attaques des guêpes Ichneumonides en leur lançant à distance un jet vigoureux d'un liquide incolore très corrosif. M. Poulton a pu recueillir une assez grande quantité de ce liquide, il a constaté par des analyses soigneuses, que c'était une solution aqueuse d'acide formique pur, contenant jusqu'à 40 pour 100 d'acide anhydre. Une grosse Chenille bien nourrie et qui n'a pas eu à employer ce moyen de défense depuis plusieurs jours est capable, lorsqu'on l'irrite, de lancer à plusieurs pouces de distance un demi-gramme de liquide corrosif.

Cela rappelle le vitriol, dont l'emploi tend à se généraliser parmi les modernes Arianes, qui ont à

¹ *Nature*, 20 octobre 1887, p. 593.

se plaindre d'un infidèle amant. Mieux partagée que les jalouses filles d'Ève, l'intéressante Chenille fabrique elle-même son vitriol. Ce liquide est sécrété par une petite glande dont le canal excréteur s'ouvre à la surface de la peau au niveau du segment prothoracique du corps.

L'acide formique exerce dans certains cas une action toxique toute particulière, comme le montre l'exemple des *Sphex*, *Ammophila*, *Pompilus*, *Bembex*, *Cerceris* et autres Guêpes fouisseuses. Les Guêpes fouisseuses ou *Sphégides* de Latreille creusent un nid dans le sable, l'argile ou le bois; les femelles y pondent leur œuf et ont toujours soin de déposer à côté de celui-ci un insecte Coléoptère, une Chenille ou une Araignée qu'elles ont percé de leur dard. Cette proie est simplement engourdie par la piqûre envenimée de la Guêpe; elle peut continuer à vivre pendant plusieurs semaines, sans remuer et sans maigrir notablement : elle est destinée à nourrir la larve qui sortira de l'œuf. On a affirmé que les *Sphex* choisissent pour la piqûre, l'endroit du corps de leur victime qui correspond au système nerveux, et qu'elles avaient soin de plonger leur dard dans chacun des ganglions nerveux de cette dernière. Cette particularité a été contestée récemment.

M. Paul Marchal a montré, dans une intéressante étude sur l'instinct du *Cerceris ornata*, que cet insecte n'enfonce nullement son dard à des endroits du corps de sa victime, déterminés par la position des



ganglions nerveux¹. Le *Cerceris* tâtonne jusqu'à ce qu'il rencontre le défaut de la cuirasse; il pique là où il trouve une solution de continuité entre les anneaux durs qui protègent le corps de sa victime. Les piqûres empoisonnées atteignent de cette façon, non les ganglions de l'Insecte à paralyser, mais bien les cordons nerveux qui relient les ganglions entre eux.

Un autre *Cerceris* (*Cerceris arenaria*, L.) est lui-même exploité par une Guêpe, l'*Hedychrum lucidulum*. Le *Cerceris arenaria* place ordinairement dans son nid un petit Charançon (*Strophosomus squamulatus*) destiné à nourrir sa larve. Pendant l'absence du *Cerceris*, *Hedychrum lucidulum* pénètre dans son nid et dépose son œuf à côté du butin que le légitime propriétaire destinait à sa propre progéniture, et que l'intrus dévorera sans scrupule, après sa sortie de l'œuf.

On le voit, l'histoire des Sphégides est déjà suffisamment merveilleuse par elle-même, sans qu'il soit nécessaire d'en augmenter l'intérêt par l'adjonction de particularités apocryphes. Le monde des Insectes nous offre d'ailleurs un grand nombre d'exemples curieux d'instincts spéciaux analogues à celui du *Cerceris ornata*.

Le *Philanthe apivore* s'attaque aux abeilles comme son nom l'indique, mais il ne les dévore pas. Il leur fait une piqûre qui n'est pas mortelle. Fabre assure

¹ Archives de zoologie expérimentale, 1887, p. 26.

que le *Philante* presse le jabot de l'Abeille qu'il a paralysée, pour lui faire dégorger son miel, et lécher ensuite tout à l'aise la langue de l'Abeille qui s'étale en dehors de la bouche.

Le *Chorion compressum* approvisionne son nid de Blattes vivantes qu'il paralyse par un procédé différent: il leur arrache les ailes et les pattes. Certains *Pompilus*, d'après Goureau, coupent de même les pattes aux Araignées qu'ils capturent.

Mais revenons à l'étude des armes empoisonnées.

Les recherches de R. Dubois ont montré que la blessure de la *Vive* doit également sa gravité à la présence d'un acide qui est versé dans la plaie. Le liquide sécrété par la peau de la Salamandre contient un alcaloïde toxique auquel on a donné le nom de *Samandarine*.

Cependant on ignore dans la plupart des cas, la nature du poison animal: ainsi, pour le venin de la Vipère, on a tour à tour considéré le principe actif comme un alcaloïde, comme une ptomaine, ou comme formé simplement de matières albuminoïdes: c'est cette dernière opinion qui tend à prévaloir actuellement. Dans tous les cas, il semble prouvé que les Bactéries que l'on trouve toujours dans le venin frais des Serpents ne jouent aucun rôle.

On ne sait pas non plus à quelle substance chimique est due l'urtication produite par le contact des Méduses, des Polypes, des Actinies (fig. 12, 13 et 14).

Ces animaux présentent dans l'épaisseur de leur peau un grand nombre de petits organes connus sous le nom de *cellules urticantes* ou *nématocystes*. Les cellules urticantes contiennent un filament élastique replié sur lui-même, ou plutôt enroulé en spirale et armé à sa pointe ou sur son étendue d'épines lui donnant l'aspect d'une petite flèche barbelée.

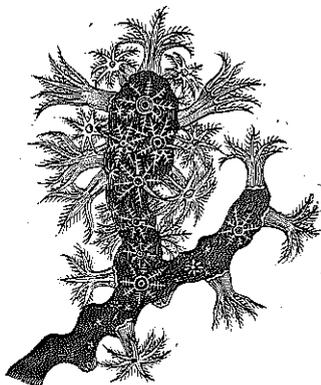


FIG. 12. — Branche de Corail, d'après le Professeur de Lacaze-Duthiers.

Au moindre contact extérieur, ou sous l'influence de la volonté de l'animal, la paroi extérieure de la cellule se rompt, le filament se déroule et se projette au dehors en s'étendant raide comme un dard, et va atteindre la proie. La capsule de la cellule urticante contient un liquide corrosif ou vénéneux qui pénètre dans la petite plaie faite par le filament aigu.

Les cellules urticantes sont réunies par groupe et

constituent de véritables batteries urticantes à la surface des tentacules ou des filaments pêcheurs, qui ont

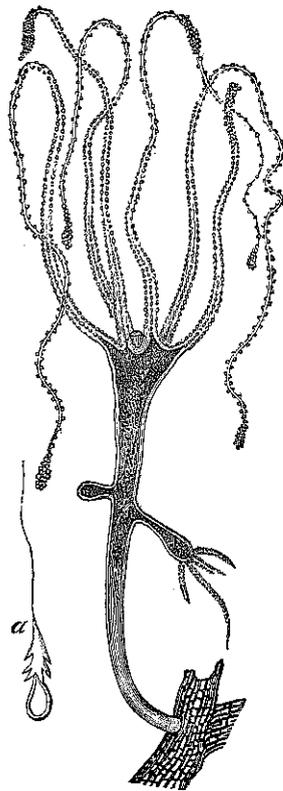


FIG. 13. — L'Hydre brune, fortement grossie; a, organe urticant.

pour fonction de capturer la proie. Grâce à ces armes insidieuses, les Méduses, les Actinies, les

Polypes ne craignent pas de s'adresser à des animaux de taille considérable et parviennent sans peine à les immobiliser et à les capturer.

Je dirai quelques mots de la piqûre du Scorpion, ayant eu la bonne fortune, pendant un des séjours que j'ai faits à Roscoff, d'assister aux expériences de mon collègue et ami, le professeur Joyeux-Laffuie¹.

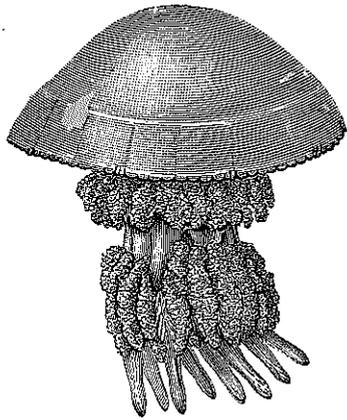


FIG. 14. — Rhizostome. Exemple d'animal muni d'organes urticants.

On sait que les grandes espèces des pays tropicaux comme le *Scorpio afer* peuvent atteindre jusqu'à deux décimètres de long : leur piqûre est dangereuse, parfois même mortelle pour l'homme, au dire de certains

¹ Joyeux-Laffuie, *Venin du Scorpion. Thèse et Arch. de zool. exp.*, 1883.

auteurs. Les expériences de M. Joyeux-Laffuie ont été faites sur une espèce d'assez petite taille, le *Scorpion occitanien* qui est très commun aux environs de Banyuls-sur-Mer. Le gardien du laboratoire de zoologie expérimentale, Francis Tanguy, en faisait régulièrement de nombreux envois à Roscoff où les animaux arrivaient en bonne santé.

L'appareil à venin du Scorpion est constitué par le dernier segment abdominal qui est renflé et piriforme ; il se termine par un aiguillon recourbé, de couleur foncée, à extrémité très aiguë, destinée à inoculer le venin à travers deux petits orifices ovales que l'on distingue à la loupe. Le liquide empoisonné est le produit de sécrétion d'une glande logée dans le segment abdominal.

On sait que le Scorpion attaque sa proie, l'abdomen entièrement recourbé vers le haut, de sorte que le dard empoisonné se replie en avant, au-dessus de la tête de l'animal. C'est dans cette attitude menaçante que le Scorpion occitanien se précipite sur les Mouches, les Araignées et les Insectes dont il fait sa nourriture, et qu'il foudroie par sa piqûre.

M. Joyeux-Laffuie a fait des expériences nombreuses sur l'activité du venin du Scorpion. Une goutte de venin, soit pure, soit mélangée à une petite quantité d'eau distillée et injectée sous la peau d'un Lapin au moyen d'une petite seringue, amène rapidement la mort. Les Oiseaux et les Batraciens sont aussi facilement tués que les Mammifères. Avec une

seule goutte de venin on peut faire périr sept à huit Grenouilles. Les Poissons, et surtout les Mollusques, paraissent beaucoup plus réfractaires à son action ; par contre, les animaux articulés, Crustacés, Insectes, Arachnides, sont d'une susceptibilité étonnante. La centième partie d'une goutte suffit pour tuer immédiatement un Crabe de forte taille.

Le venin du Scorpion agit comme poison du cerveau et des muscles ; il produit d'abord des convulsions auxquelles succède bientôt la paralysie et la mort.

A l'étude du venin du Scorpion se rattache une question intéressante qui, dans ces derniers temps, a beaucoup occupé le monde scientifique, celle du *Suicide du Scorpion*. En Espagne, les enfants qui ont réussi à s'emparer d'un Scorpion vivant, se font un jeu barbare de le placer au centre d'un cercle de charbons ardents, pour jouir du spectacle de ses souffrances et de ses contorsions. C'est une croyance très répandue dans le Midi que le Scorpion, après avoir vainement cherché à franchir le cercle enflammé qui l'étreint, se perce lui-même de son dard dans un accès de désespoir et se suicide pour échapper aux tortures du feu.

M. Bourne a fait à ce sujet des expériences nombreuses ; il a constaté que le Scorpion se pique parfois lui-même quand il se trouve dans une situation critique : mais il paraît bien que la piqûre n'a dans ce cas rien d'intentionnel. L'animal violemment excité

brandit son dard dans toutes les directions, et peut dans son affolement atteindre une partie non protégée de son propre corps.

Ces blessures n'offrent aucun danger d'empoisonnement pour lui, car il est complètement réfractaire à l'action de son venin. M. Bourne a pu injecter à un Scorpion des doses considérables de poison prises sur le Scorpion lui-même, ou provenant d'animaux de même espèce, sans l'incommoder.

C'est la chaleur qui tue le Scorpion quand il est entouré de charbons allumés. Ainsi, non seulement l'animal ne se suicide pas, mais il serait même incapable de se donner la mort, en s'inoculant son propre venin.

On sait que les Scorpions sont d'humeur fort batailleuse, on ne peut en mettre deux ensemble, sans qu'ils se livrent des combats acharnés, pendant lesquels ils se transpercent fréquemment de leur dard. Le plus fort finit par mettre le plus faible en pièces et par le dévorer ; d'après ce qui vient d'être dit, le poison n'a pas d'influence sur l'issue du duel.

On a prétendu, dans ces derniers temps, qu'un Serpent venimeux de l'Amérique septentrionale, placé comme le Scorpion dans une situation désespérée, se suicidait en s'enfonçant dans le corps ses crochets empoisonnés. Il est probable que cette histoire est le produit d'observations inexactes.

III. ARMES NE PRODUISANT PAS DE LÉSION MATÉRIELLE

Certains Poissons ont à leur disposition un agent plus redoutable que les armes matérielles : ils commandent à la foudre et paralysent leur proie à distance par une violente secousse électrique.

La Torpille (fig. 15) était connue des anciens. Aristote et Pline décrivent les effets de son choc sur les Poissons et sur l'Homme. Sous le règne de Tibère, Anthero fut guéri de la goutte par les secousses de la Torpille. On ne s'attendait sans doute pas à trouver dans l'antiquité un exemple d'électrothérapie.

Nous connaissons aujourd'hui plusieurs autres Poissons électriques¹. Outre les Torpilles (20 espèces) et les Raies (35 espèces) qui sont des Poissons marins, on peut citer le *Gymnotus electricus* des eaux douces de l'Amérique tropicale et plusieurs Poissons du Nil et de quelques autres fleuves africains : *Malapterurus electricus* (fig. 16), *Mormyrus electricus* et *Gymnarchus niloticus*. La dénomination d'*electricus* paraît avoir été donnée à tort à d'autres poissons : *Trichiurus electricus*, *Tetrodon electricus*, *Rhinobatis electricus* et à un Myriapode *Geophilus electricus*.

¹ La petite Torpille ocellée n'est pas rare à Rcscoff. Les aquariums du laboratoire de zoologie expérimentale en contiennent ordinairement un ou plusieurs exemplaires.

L'analogie entre le choc de la Torpille et la foudre



FIG. 15. — Torpille marbrée.

avait depuis longtemps frappé les Arabes, comme le montre le nom de *Raad*, c'est-à-dire *foudroyant*, qu'ils appliquent à cet animal. Mais il faut remonter à la seconde moitié du siècle passé, et aux débuts de l'étude scientifique de l'électricité pour apprendre quelque chose de positif sur la décharge de la Torpille. L'identité de cette décharge avec celle de la machine électrique fut démontrée en premier lieu par Walsh et Ingenhousz (1773), par l'identité des effets physiologiques de sensibilité et de mouvement qu'elles produisent sur le corps humain. Depuis cette époque jusqu'à nos jours, l'étude des Poissons électriques a occupé un grand nombre de physiiciens et de physiologistes éminents, Hunter, Humboldt, Cavendish, Davy, Faraday, Gay-Lussac, Matteucci, Becquerel, du Bois-Reymond, Marey, etc.

Si l'on réunit le dos d'une Torpille à son ventre au moyen d'un fil électrique, on constatera que le fil est traversé par une série de décharges électriques, chaque fois que l'on excite l'animal. Ces courants électriques vont du dos au ventre dans le conducteur métallique extérieur, comme le montre le sens de la déviation de l'aiguille aimantée soumise à leur influence. Si l'on rompt le circuit au moment de la décharge, on pourra obtenir une ou plusieurs étincelles électriques. La décharge de la Torpille présente à la fois les caractères de l'électricité à haute tension et de l'électricité de quantité. Les effets physiologiques sont des plus énergiques : la proie est fou-

droyée à distance. Tous nous avons lu la pittoresque



FIG. 16. — Malapterure électrique.

description que de Humboldt a donnée du combat des

chevaux sauvages et des Gymnotes électriques dans les marais de Calabozo⁴.

L'électricité est produite chez la Torpille et chez les autres Poissons électriques dans des organes qui présentent avec les muscles une grande analogie au point de vue de la structure, des connexions nerveuses, du développement embryonnaire et surtout du fonctionnement.

De même que le muscle produit du mouvement, l'organe en question produit de l'électricité. Cette production d'électricité est, comme le mouvement musculaire, gouvernée par la volonté de l'animal. La décharge est commandée par des nerfs dits *électriques*, comparables aux nerfs *moteurs* des muscles. Comme ces derniers, les nerfs électriques naissent des racines antérieures des nerfs spiraux ou de leurs analogues.

Une fois les nerfs électriques coupés, la Torpille n'a plus le pouvoir de produire la décharge; elle est *paralysée*, dirait-on, s'il s'agissait de nerfs moteurs ordinaires. Mais sur un animal ainsi mutilé, l'expérimentateur peut, à son gré, provoquer la décharge en excitant le bout périphérique du nerf coupé, absolument comme on détermine la contraction d'un muscle dont le nerf moteur est coupé, en irritant le bout périphérique de ce nerf.

⁴ Sachs qui fut envoyé, il y a une douzaine d'années par l'Académie de Berlin, dans l'Amérique tropicale pour étudier sur place les Gymnotes de Calabozo, affirme que jamais on n'y a pêché de Gymnote au moyen de chevaux et que la description de Humboldt est une pure fiction.

On provoque également la décharge en excitant directement le tissu de l'organe électrique. Comme pour les muscles, l'expérience réussit encore sur l'organe électrique entièrement séparé du corps de l'animal.

On sait que chez une Grenouille paralysée par le curare, les extrémités des nerfs moteurs seules sont empoisonnées. Les ordres de la volonté ne peuvent traverser la partie empoisonnée et ne parviennent plus aux muscles; mais ceux-ci ont conservé intacte la propriété de se contracter, quand on porte l'excitant directement sur eux. Il en est de même pour l'organe et les nerfs électriques. Comme l'a montré Sachs, le Gymnote paralysé par le curare a perdu la propriété de lancer la foudre autour de lui. De plus, sur un animal ainsi empoisonné, l'excitation artificielle des nerfs électriques reste sans effet entre les mains de l'expérimentateur, tandis que l'excitation directe de l'organe électrique produit la décharge.

La strychnine qui, chez la Grenouille et le Lapin, produit, au moindre attouchement, des accès de convulsions tétaniques, agit de même chez la Torpille. De plus, chez cette dernière, on a en même temps des attaques de décharges électriques.

Enfin, si l'on étudie au moyen des appareils enregistreurs, les phases d'une décharge de Torpille soit naturelle, soit artificiellement provoquée, pour les comparer aux phases de la contraction musculaire, on observe les mêmes analogies.

En ce qui concerne les décharges obtenues artificiellement, chaque excitation du nerf électrique provoque un choc électrique. On peut ici, comme pour la contraction simple ou secousse musculaire, distinguer trois périodes dans ce choc : 1° une période d'*énergie latente*, représentant le temps, fort court d'ailleurs (un ou deux centièmes de seconde), qui s'écoule entre le moment précis de l'excitation artificielle et celui du début du flux électrique; 2° une période d'*énergie croissante*, également très courte, correspondant au temps pendant lequel le flux électrique atteint son maximum; 3° une période d'*énergie décroissante*, plus longue, correspondant à la disparition graduelle du courant électrique.

Une série d'excitations artificielles, se succédant à court intervalle, produiront une série de chocs électriques rappelant la décharge naturelle de la Torpille. En effet, et c'est là une nouvelle analogie entre le fonctionnement des muscles striés et celui de l'organe électrique, la décharge de la Torpille, amenée par la volonté de l'animal, n'est pas un flux instantané et unique comparable à la décharge de la bouteille de Leyde, mais se compose d'une série de flux se succédant rapidement. La décharge naturelle volontaire est donc un phénomène discontinu, tout comme la contraction musculaire volontaire. Cette dernière se compose, comme on sait, d'une série de secousses ou contractions musculaires simples, plus ou moins fusionnées.

Le parallélisme est donc complet entre le fonctionnement du muscle et celui de l'organe électrique. Tout se ressemble dans ces deux organes, sauf que l'un produit du mouvement et l'autre de l'électricité.

La contraction musculaire est d'ailleurs, comme nous l'ont appris les belles recherches de du Bois-Reymond, accompagnée d'une production d'électricité, assez faible il est vrai, mais constante et connue sous le nom de *variation ou oscillation négative*.

Nous pouvons donc considérer l'organe électrique comme un muscle modifié au point de vue anatomique et physiologique. La propriété de produire du mouvement et du travail mécanique s'est perdue aux dépens de la propriété de fournir de l'électricité, propriété qui a acquis chez les Poissons électriques un développement extraordinaire.

Beaucoup d'animaux carnassiers ne se fient pas exclusivement à l'action mécanique des armes dont la nature les a doués; ils construisent des pièges et usent de mille moyens pour attirer et maîtriser leur proie.

La larve du Fourmi-lion, blottie au fond de son entonnoir de sable mouvant attend le passage d'une imprudente fourmi. Dès que cette dernière a franchi le bord de l'entonnoir fatal, elle est perdue, elle dégringole jusqu'au fond, où elle tombe sous les mandibules carnassières.

Quelle variété dans la façon dont les différentes

espèces d'Araignées tissent et suspendent leurs toiles pour prendre les moucheron au vol!

La vie des animaux marins nous offre également des exemples de ce genre.

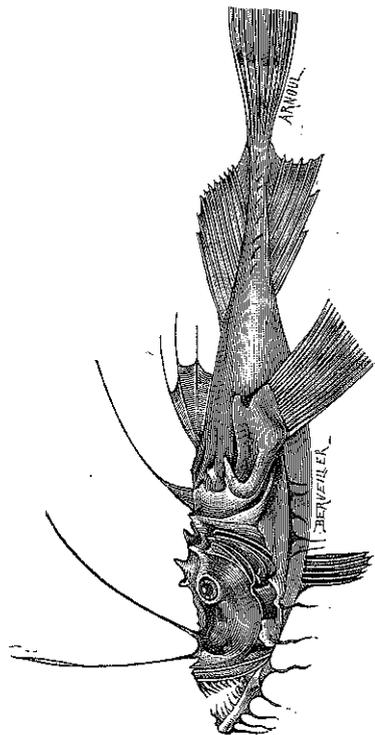


FIG. 17. — Beudroie.

La Beudroie pêcheuse ou Diable de mer (fig. 17) se tient généralement au fond de l'eau, à moitié enfouie dans la vase ou le sable, ne laissant passer au dehors que les rayons de la nageoire dorsale. Le premier de

ces rayons d'une longueur démesurée, est armé près de son extrémité de petites banquettes membraneuses. La Beudroie agite ces banderolles et attire ainsi la curiosité des petits Poissons du voisinage. Dès qu'ils sont réunis assez près d'elle, la Beudroie ouvre son immense gueule, et englutit d'un trait ces badauds d'un nouveau genre.

Les Poissons des grands fonds ont la tête ou le corps orné de fanaux allumés. Ils « pêchent à la lumière » et attirent leur proie par les feux de leurs plaques phosphorescentes.

D'autres animaux lumineux de la mer utilisent au contraire cette propriété comme moyen de défense. Les pêcheurs assurent que la présence d'une méduse lumineuse dans leurs filets, suffit pour mettre les Poissons en fuite et compromettre le succès de la pêche.

Plusieurs faits de *mimétisme* devraient trouver leur place ici. Comme nous leur consacrons plus loin un chapitre spécial, nous nous bornerons à en donner un couple d'exemples.

On a signalé sous les Tropiques un genre de petites Araignées qui se nourrissent de Fourmis. Ces Araignées sont elles-mêmes si semblables aux Fourmis, qu'elles peuvent approcher de leur proie sans exciter la défiance de celle-ci.

Bates a trouvé sur les bords du fleuve des Amazones une espèce de Mante qui ressemble parfaitement aux Termites dont elle fait sa nourriture. C'est le loup qui s'est affublé de la peau de l'agneau.

Charles Dilke a observé à Java une autre Mante couleur chair, qui, au repos, ressemble exactement à une fleur d'Orchidée de la même couleur. Elle se tient immobile pour guetter sa proie, et sa ressemblance avec une fleur lui sert à attirer les insectes dont elle se nourrit. Cette espèce vit particulièrement de Papillons, et elle représente ainsi un piège vivant, qui forme en même temps son propre appât¹.

¹ Wallace. *La coloration des animaux et des plantes. Revue intern. des Sc.*, 15 juillet 1879.

CHAPITRE II

LA FORCE ET LA RAPIDITÉ DES MOUVEMENTS D'ATTAQUE

Force apparente des muscles des Invertébrés. — Recherches de F. Plateau sur la force des Insectes. Force prodigieuse des petits Coléoptères — Recherches de F. Plateau sur la force des muscles adducteurs des valves chez les Mollusques lamelibranches. Le Rat et l'Huitre. Les Tridacnes de Léon Vaillant. Effondrement de la coquille de la Mye. *Ostrea hippopus* supportant un poids de dix-sept kilogrammes avant de s'entrebaïller. *Tellina solidula* supportant cinq cents fois son propre poids.

Recherches de F. Plateau sur la force des Crustacés. *Carcinus Maenas* traînant cinq fois son poids. Accidents causés par la pince du Crabe et du Homard. Structure de la pince. La pince du *Carcinus Maenas* soutenant plus de trente fois le poids de l'animal. Dispositif des expériences.

II. *Force absolue des muscles des Invertébrés.* — Calculs et corrections auxquels il faut soumettre les résultats numériques des expériences. Nécessité de rapporter la mesure de la force d'un muscle à l'unité de section transversale du muscle. Force absolue des muscles des Mollusques et des Crustacés du même ordre que celle des muscles des Vertébrés. Force apparente énorme des petits muscles et des petits animaux. Chez eux le facteur H du produit $P \times H$ représentant le travail musculaire est petit, le facteur P a une valeur importante. Dans le produit $P \times H$, qui représente le travail des muscles d'un animal de grande taille, P est petit, H est grand.

III. *Rapidité des mouvements d'attaque.* — Temps perdu dans le cerveau, dans les nerfs, dans les muscles. Sa détermination par la méthode graphique. Cylindre enregistreur. Papier enfumé passant devant les plumes qui marquent le moment où l'on excite un muscle et le moment où il commence à se raccourcir. Temps perdu dans le muscle fléchisseur du doigt mobile de la pince du Homard. Vitesse de propagation de l'excitation motrice dans les nerfs du Homard. Infériorité des Crustacés en ce qui concerne la rapidité des mouvements.

I. FORCE APPARENTE DES MUSCLES
DES INVERTÉBRÉS

Un savant qui porte un nom aujourd'hui doublement illustre¹ a mesuré, il y a quelques années, dit M. Delbœuf², la force musculaire des Insectes. Il a expérimenté sur des Carabes, des Hannetons, des Nécrophores, des Donacies. Ses travaux eurent un retentissement mérité. Rien de plus ingénieux que ses procédés. Il confectionna pour ces petits animaux de petits harnais et s'assura, par des expériences préalables, de la manière la plus avantageuse de leur attacher le trait qui les unissait à leur charge. Il les déposait ensuite sur un chemin qui leur était préparé d'avance et qui ne leur permettait aucun écart. Là, sous l'aiguillon de leur conducteur, ils cheminaient, élevant par l'intermédiaire d'une poulie, un léger plateau de balance. Ce plateau était par lui chargé progressivement de sable, jusqu'à ce que la résistance fut égale à leur maximum d'effort.

Je ne parle pas de la multiplicité des épreuves et des mille précautions qu'il a prises pour éviter les moindres causes d'erreur. Alors déjà il donnait un remarquable spécimen de la conscience scrupuleuse et du

¹ F. Plateau. *Sur la force musculaire des Insectes* (Bulletin de l'Académie de Belgique, 2^e sér., t. XX, n^o 11 et t. XXII, n^o 11).

² Delbœuf. *Nains et Géants. Revue scientifique*, p. 100, t. XXXI, 27 janvier 1883, et *Bulletin de l'Académie de Belgique*.

soin méticuleux avec lesquels il devait plus tard exécuter toutes les recherches qui l'ont fait connaître.

Il a résumé le résultat de ses expériences dans les deux lois suivantes :

« 1^o A part le cas du vol, les Insectes ont, par rapport à leur poids, une force énorme comparative-ment aux Vertébrés.

« 2^o Dans un même groupe d'Insectes, la force varie d'une espèce à une autre en sens inverse du poids. » En d'autres termes, les plus petits sont les plus forts.

On est véritablement surpris des résultats mis au jour. C'est à peine si la force d'un Cheval pesant six cents kilogrammes, mesurée au dynamomètre Regnier, est des deux tiers de son poids, soit quatre cents kilogrammes. Or il y a des Hannetons pesant un sixième de gramme qui font équilibre à soixante-six fois leur propre poids, soit plus de dix grammes. Voilà donc un humble et lourd scarabée cent fois plus fort proportionnellement que le fier et robuste animal dont nous nous sommes asservi le courage et la vigueur. Avec quarante mille de ces Hannetons, on aurait la valeur d'un solide Cheval de gros trait. Quelle perspective ! Un petit Ontophage, qui pèse un demi-décigramme, va jusqu'à pousser près de cent fois son poids ! A ce compte, nous devrions jongler avec des poids de six mille kilogrammes, et l'Éléphant devrait remuer des montagnes.

Tenez un Géotrupe dans votre main fermée, vous

serez frappé des efforts qu'il fera pour l'ouvrir. Qui n'a vu des Fourmis traîner des objets deux, trois et quatre fois aussi gros qu'elles !

Tous ceux qui ont cherché à ouvrir des Huitres ou même des Moules, savent quels efforts énormes on déploie parfois sans parvenir à vaincre la contraction des muscles adducteurs qui maintiennent les valves fermées. La grande force apparente que ces muscles sont capables de développer, est un fait qu'on trouve rappelé d'une façon pittoresque dans la fable de La Fontaine, *le Rat et l'Huitre*.

« Pêcheurs de profession et naturalistes, dit M. Plateau, ont fait à ce sujet des remarques souvent très intéressantes. Ainsi, Charles Darwin, parlant des grandes *Tridacnes* des mers chaudes, dit que l'imprudent qui introduirait la main entre leurs valves, serait incapable de la retirer tant que vivrait l'animal. »

« Léon Vaillant raconte que les plongeurs qu'il employait à Suez et qui lui procuraient des *Tridacna elongata*, lui recommandèrent de ne point toucher ces animaux du côté de l'ouverture de la coquille. Il rapporte aussi, mais en faisant la part de l'exagération, que les matelots prétendent que les grands Bénitiers (*Tridacna gigas*) sont capables de couper les cables d'une ancre. »

« Moi-même, ajoute M. Plateau, j'ai été témoin, chaque fois que je l'ai voulu, chez la *Mya arenaria*

d'un fait fort surprenant à première vue : si, chez ce Mollusque vivant, on casse, à l'aide d'un couteau et d'une pince, une région peu étendue de la coquille dans le voisinage de la charnière, un craquement se fait entendre et on voit les valves s'effondrer, se brisant en grands éclats sous l'influence de la traction des muscles adducteurs.

M. Plateau a déterminé à Roscoff, au moyen d'un dispositif fort simple, l'effort de traction nécessaire pour provoquer l'ouverture des valves, c'est-à-dire pour vaincre la contraction des muscles adducteurs qui les maintiennent fermées¹. Les expériences ont porté sur un assez grand nombre de Mollusques lamelibranches : la façon de procéder est des plus simples. Deux crochets en métal A et B sont introduits entre les bords des valves : l'un de ceux-ci A sert à suspendre le Mollusque, l'autre B soutient un plateau de balance P que l'on charge graduellement de poids, jusqu'à ce que les valves commencent à bailler et s'écartent nettement d'un millimètre. Comme on devait s'y attendre, les valeurs que l'on obtient par ce moyen sont énormes. Ainsi, c'est un spectacle des plus curieux de voir une *Huitre pied de cheval* (*Ostraea hippopus*) soutenir sans s'ouvrir une masse de poids de cuivre et de fonte de plus de dix-sept kilogrammes ! La *Venus verrucosa*, la *Clovisse* des Marseillais, porte

¹ *Bulletins de l'Académie royale de Belgique*, 3^e série, t. VI, nos 9-10, 1883.

au delà de cinq kilogrammes, et la Moule peut résister à des efforts de traction de trois kilogrammes. Ces Mollusques supportent ainsi plusieurs centaines de fois leur propre poids. Le rapport le plus élevé a été fourni par *Pectunculus glycymeris* et par *Tellina solidula*. Les exemplaires de la première espèce supportèrent en moyenne 492 fois leur propre poids, tandis que la seconde fit équilibre à 346 fois son poids, coquille comprise.

Si des Insectes et des Mollusques, nous passons aux Crustacés, nous trouvons également des exemples de force musculaire, dépassant en apparence considérablement les efforts dont sont capables les Animaux supérieurs. Le *Carcinus maenas*, marchant sur une planche horizontale sur laquelle sont clouées de petites règles transversales régulièrement espacées, et destinées à servir de point d'appui à ses efforts de traction, arrive, d'après M. Plateau, à entraîner des poids cinq fois plus lourds que lui.

La pince du Crabe est une arme dangereuse; la force avec laquelle se referme cette tenaille vivante est considérable. Dans tous les ports de mer de Bretagne, on vous citera des histoires de pêcheurs imprudents, dont les doigts ou les orteils ont été littéralement broyés, avec écrasement des phalanges osseuses, entre les mors des formidables pinces d'un gros Tourteau ou d'un Homard. M. Plateau raconte qu'il a vu lui-même à Bruges un marchand de Poissons cruellement blessé

à la joue par la pince d'un Homard manié sans précautions. Ceux qui font le commerce des Crustacés au bord de la mer lient souvent les pinces des Homards qu'ils expédient vers l'intérieur, moins peut-être pour éviter les accidents chez les personnes imprudentes, que pour empêcher ces animaux belliqueux de se battre entre eux, et de se manger les uns les autres. C'est dans le même but que les pêcheurs opèrent les Homards qu'ils capturent. Ils coupent à chaque pince le tendon du petit muscle qui produit l'écartement du doigt mobile. L'animal ainsi mutilé ne peut plus ouvrir la pince, et ne s'en servira pas pour attaquer ses voisins et les détruire.

Chez le Homard et chez le Crabe, la pince est portée par la première paire de pattes, dont elle représente les deux derniers articles, c'est-à-dire le cinquième et le sixième. Le cinquième article ou *propodite* qui forme l'une des branches de la pince, peut être considéré comme fixe; le sixième article (*dactylopodite* qui constitue l'autre branche, est seul mobile. Ce sont les mouvements d'écartement (extension) ou de rapprochement (flexion) de ce doigt ou branche mobile qui constituent l'ouverture ou la fermeture de la pince. Ces mouvements de bascule du sixième article se font entièrement dans la charnière ou articulation qui l'unit au cinquième article.

La base de l'article mobile présente deux saillies terminées chacune par un tendon dur, auquel s'attache un muscle. L'un de ces muscles (muscle fléchisseur)

est gros et volumineux et remplit presque toute la cavité de l'article fixe : c'est ce muscle qui par sa contraction produit la flexion du sixième article sur le cinquième, c'est-à-dire la fermeture de la pince. L'autre muscle (muscle extenseur), logé également dans l'intérieur du cinquième article, est beaucoup plus grêle ; il produit par sa contraction l'écartement du doigt mobile, c'est-à-dire le relâchement ou ouverture de la pince.

M. Plateau a fait sur la pince des Crabes une série de recherches physiologiques du plus haut intérêt, et dont nous allons rapporter les résultats¹.

Il a constaté que la force de contraction de la pince pouvait chez le *Carcinus Mænas* dépasser 2 kilogrammes. Il a trouvé 2322 grammes comme poids moyen auquel la contraction des muscles fléchisseurs de la pince gauche fait équilibre et 1959 grammes pour la pince droite. Si nous rapportons ces valeurs au poids de l'animal, nous trouvons que la pince droite du Crabe (la plus faible) est capable de soutenir près de trente fois le poids du corps tout entier, tandis qu'un homme adulte (poids 70 kilog.) serrant le dynamomètre avec la main droite, ne développe qu'une force de 50 kilogrammes environ, c'est-à-dire d'un peu plus des deux tiers de son propre corps.

Les Crabes tourteaux (*Platycarcinus pagurus*) qui

¹ *Bulletins de l'Académie royale de Belgique*, 3^e série, t. VII, no 5, 1884, et *Archives de zoologie expérimentale*.

sont de vrais géants comparés aux *Carcinus Mænas*, n'ont cependant pas fourni dans ces expériences des valeurs de force de contraction très supérieures : 1633 grammes pour la pince droite et 2544 grammes pour la pince gauche, en moyenne. Chez un énorme tourteau, pesant 2 kilg. 607, la moyenne fut seulement de 3848 grammes, c'est-à-dire à peine le double de ce qu'elle est chez le petit *Carcinus Mænas*.

Voici par quel procédé ces valeurs ont été obtenues. Le Crabe en expérience est attaché sur une planchette placée verticalement. L'avant-dernier article de la pince sur laquelle on expérimente, c'est-à-dire la partie immobile de la pince, est solidement fixé horizontalement au moyen d'un fil de laiton. Au doigt mobile laissé libre, on fixe assez près de son articulation un second fil de laiton se prolongeant inférieurement en une tige verticale à laquelle est suspendu un plateau de balance que l'on peut charger de poids (Voir fig. 18.)

« Le Crabe maintient, en général, la pince fermée. Des poids, puis de la grenaille de plomb, sont versés dans le plateau jusqu'à ce que la pince commence à s'ouvrir. Mais si l'on se contentait d'agir ainsi, on n'arriverait souvent qu'à des résultats fautifs. Il faut obliger l'animal à mettre en jeu son maximum d'énergie musculaire. Dans ce but, on introduit un petit stylet entre l'abdomen repley en avant et la paroi sternale du thorax. C'est, je m'en suis assuré par bien des essais, le meilleur moyen d'amener une grande

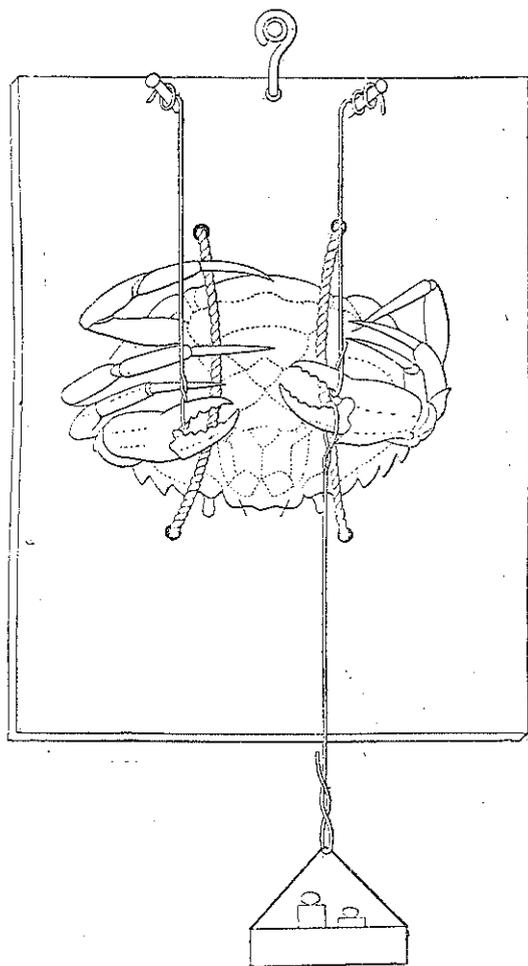


FIG. 18. — Dispositif des expériences de Plateau.

excitation. Le Crabe furieux ferme ses pinces avec force, soulève le poids et fréquemment le tient soulevé.

« On augmente la quantité de grenaille de plomb, puis on excite encore le Crustacé ; et ainsi de suite, jusqu'à ce qu'on ait atteint un poids limite que l'animal ne soutient que pendant un temps fort court¹. »

C'est ce poids limite qui sert de mesure à la force de contraction de la pince.

II. FORCE ABSOLUE DES MUSCLES DES INVERTÉBRÉS

Les muscles des Insectes, ceux du Crabe, ceux de l'Huître et de la Moule sont donc en apparence infiniment plus vigoureux que les nôtres ou que ceux des Animaux vertébrés en général. En est-il réellement ainsi, et les différences dans la force des Animaux doit-elle s'expliquer par une différence spécifique des propriétés de leurs fibres musculaires ?

Pour pouvoir répondre à cette question, M. Plateau a dû soumettre les résultats numériques pour ainsi dire bruts des expériences que nous venons de relater, à une série de corrections et de calculs de mécanique élémentaire.

Dans l'expérience de la pince du Crabe, par exemple, le doigt mobile de la pince est un levier pour lequel la distance du point d'appui à la puissance

¹ F. Plateau. *Bulletin de l'Académie des sciences de Belgique*. VII, 3^e série, 1884.

(c'est-à-dire au point d'insertion du muscle fléchisseur) est très différente de celle du point d'appui à la résistance, c'est-à-dire au point où le poids est suspendu. Ces distances doivent être mesurées avec soin; il faut également tenir compte du degré d'obliquité des fibres musculaires, c'est-à-dire la direction dans laquelle elles exercent leur traction sur le tendon.

Enfin, et surtout, il faut tenir compte des dimensions du muscle en expérience. Les dimensions qu'il importe de connaître ici, sont uniquement celles qui permettent de mesurer ou de calculer la surface de la coupe transversale du muscle. La longueur du muscle n'y fait rien.

Rappelons ici un principe de physiologie auquel nous sommes conduits par le simple raisonnement, et que l'expérimentation confirme d'ailleurs. Si nous supposons un muscle idéal, c'est-à-dire formé de fibres rigoureusement semblables, le poids qu'un tel muscle est capable de soulever dépend uniquement du nombre de fibres qu'il contient, c'est-à-dire de l'étendue de sa surface de section. Si une fibre souève un centigramme, dix fibres, placées côte à côte, souèveront dix centigrammes.

Quant à la longueur des fibres qui composent le muscle, elle n'a d'influence que sur la hauteur à laquelle le poids est soulevé. En effet, si une fibre d'un centimètre de long souève un centigramme à la hauteur d'un millimètre, une fibre de dix centimètres, c'est-à-dire dix fois plus longue, ne souèvera que le

même poids d'un centigramme, seulement elle le souèvera à une hauteur dix fois plus grande. Un muscle long n'est donc pas capable de soulever un poids plus considérable qu'un muscle court de même section, c'est-à-dire composé du même nombre de fibres. En d'autres termes, la hauteur à laquelle un fardeau est soulevé dépend de la longueur du muscle, tandis que le poids maximum du fardeau dépend de l'épaisseur du muscle.

L'unité à laquelle nous devons rapporter les chiffres qui expriment *la force de traction* des muscles, c'est donc l'unité de surface transversale, le centimètre carré et non l'unité de poids du muscle ¹.

M. Plateau a trouvé d'après ces principes que le muscle fléchisseur du doigt mobile de la pince du *Carcinus Mænas*, supposé réduit à un centimètre carré de surface transversale, ferait équilibre à un poids d'un peu plus de mille grammes.

¹ Un gramme de substance musculaire formant un muscle court et épais pourra faire équilibre à un poids de plusieurs kilogrammes, mais ne souèvera ce poids qu'à une hauteur très faible, une fraction de millimètre par exemple. Un autre muscle du même poids d'un gramme, mais long et mince, ne contiendra qu'un nombre relativement peu élevé de fibres et ne souèvera qu'un poids de quelques grammes, mais il le souèvera à une grande hauteur.

Dans les deux cas, le travail du muscle évalué par le produit $P \times H$ du poids soulevé P par la hauteur H à laquelle ce poids est soulevé, pourra être le même. Pour un muscle court, P est considérable, mais h est petit. Pour un muscle long, p est petit, mais H a une valeur considérable. Il est fort possible que $P \times h = p \times H$.

Le Crabe tourteau a fourni des chiffres voisins de celui-ci.

La force des muscles adducteurs des Mollusques lamellibranches, rapportée également par M. Plateau au centimètre carré de surface de section, est représentée en grammes par les chiffres suivants :

<i>Venus verrucosa</i>	12431 grammes
<i>Pectunculus glycymeris</i>	10152 —
<i>Mytilus edulis</i>	7984 —
<i>Ostrea hyppopus</i>	6365 —
<i>Ostrea edulis</i>	5867 —
<i>Cardium edule</i>	2856 —
<i>Anodonta cygnea</i>	702 —

Ces valeurs sont du même ordre que celles qui représentent la force des muscles de l'homme ou celle des muscles de la Grenouille. Les muscles du mollet de l'homme sont en effet capables de faire équilibre par centimètre carré de surface transversale à 9000-10 000 grammes, ceux de la Grenouille à 3000 grammes environ.

Les muscles des Animaux inférieurs ne sont donc pas plus puissants que les nôtres à égalité de surface transversale. Si, à égalité de poids de substance musculaire, ils paraissent capables d'efforts énormes, cela provient précisément de leur petitesse, c'est-à-dire du peu de longueur de leurs fibres musculaires. Nous avons vu en effet que le travail exécuté par un muscle court, c'est-à-dire le produit du poids soulevé P par la hauteur h à laquelle il est soulevé : $P \times h$, que ce

travail présentait cette particularité que le poids P atteint une valeur considérable, tandis que la hauteur h à laquelle ce poids sera soulevé est peu considérable. Les mouvements se font chez les petits Animaux avec beaucoup de force, mais ils ont peu d'étendue.

L'Homme, le Cheval et les Animaux de grande taille représentent un autre type de moteurs vivants: ici les fibres musculaires sont très longues et par conséquent moins nombreuses par unité de poids de substance musculaire. Les mouvements se font avec moins de force mais avec infiniment plus d'étendue. Dans le produit $p \times H$ qui représente le travail accompli par l'unité de poids de force musculaire, p , la valeur du fardeau soulevé est peu considérable, mais H , la hauteur à laquelle il est soulevé, a une valeur relativement énorme.

Le Coléoptère qui soulève un fardeau représentant cinquante fois son propre poids, n'est pas nécessairement plus fort que l'Homme qui ne remue que la moitié du sien. Le travail exécuté de part et d'autre sera au contraire rigoureusement le même toute proportion gardée, si l'Homme élève sa charge à la hauteur de cinquante centimètres dans le temps où le Coléoptère fait monter la sienne d'un demi-centimètre. Dans le premier cas, celui du Coléoptère, le travail exécuté par unité de poids p de l'animal pourra être représenté par $50 p \times \frac{1}{2}$, alors que le

travail de l'Homme sera par $\frac{1}{2} p \times 50$. Or $50 p \times \frac{1}{2}$
 $= \frac{1}{2} p \times 50$.

III. RAPIDITÉ DES MOUVEMENTS D'ATTAQUE

La force est, certes, un élément de succès dans la lutte pour l'existence, mais la rapidité des mouvements en est un autre qui présente également son importance. Dans un duel à l'arme blanche, l'avantage n'est pas au biceps le plus volumineux, mais bien au bras le plus agile. Chacun sait que par l'exercice journalier des armes, on peut réduire au minimum le temps nécessaire à un mouvement d'attaque ou de riposte : mais au delà d'un certain minimum, ce temps ne peut plus être diminué. Il y a à cela une raison physiologique fort simple. L'élaboration dans notre cerveau d'un acte de la volonté demande un temps très appréciable, au moins un dixième de seconde. En outre les muscles n'obéissent pas instantanément aux ordres de notre volonté ; le transport de ces ordres du cerveau au muscle, le long des nerfs demande un certain temps. Enfin les muscles eux-mêmes présentent un certain degré d'inertie : ils n'obéissent pas immédiatement à l'excitation motrice, d'où une troisième fraction de temps perdu.

Soit dit en passant, l'exercice n'a aucune action sur le temps perdu dans les muscles ou dans les nerfs, il n'influence que le temps perdu dans le centre ner-

veux, le cerveau, pour l'élaboration des ordres de la volonté.

Les différents temps perdus dont nous avons parlé se mesurent au moyen d'appareils enregistreurs, suivant une méthode imaginée par Helmholtz. Un cylindre enregistreur en métal placé verticalement, tourne autour de son axe, d'un mouvement uniforme de rotation. Le cylindre est recouvert d'une feuille de papier glacé que l'on a légèrement enfumé à la flamme d'une bougie. Deux petites plumes écrivantes, formées chacune d'une pointe sèche, sont placées exactement l'une au-dessus de l'autre, au contact du cylindre enregistreur. Les deux plumes frottent légèrement contre le cylindre tournant, elles enlèvent donc le noir de fumée et laissent sur le papier enfumé une trace blanche circulaire.

Le cylindre fait par exemple un tour en une seconde, et a une circonférence de 100 centimètres. En ce cas, la longueur de papier qui passe devant les plumes en une seconde sera de 100 centimètres. Chaque décimètre de papier correspondra donc à une durée de passage devant les plumes d'un dixième de seconde et chaque centimètre, chaque millimètre de papier représenteront respectivement un centième, un millième de seconde. L'appareil ainsi constitué peut servir à mesurer exactement les phases de phénomènes de très courte durée, au moyen de signaux s'inscrivant sur le papier enfumé. On l'a utilisé pour étudier les phases de la contraction musculaire chez différents animaux.

Les muscles extraits du corps ne meurent pas immédiatement; ils conservent pendant un certain temps la propriété de se contracter quand on les excite, chaque fois par exemple qu'on fait passer à travers leur substance un choc électrique. Cette contraction provoquée artificiellement est du même genre que les contractions normales physiologiques.

Comme nous l'avons dit, cette contraction n'est pas instantanée: il s'écoule un certain intervalle de temps entre le moment où l'on excite le muscle par l'électricité et celui où le muscle commence à se raccourcir. Supposons qu'il s'agisse de mesurer au moyen de l'appareil enregistreur le temps perdu dans le muscle qui ferme la pince du Homard, c'est-à-dire le fléchisseur du doigt mobile¹.

Nous ferons dans la coque du cinquième article de la pince deux petits trous qui nous permettront d'amener les fils électriques au contact du muscle fléchisseur. Le courant électrique qui sert ici d'excitation au muscle, actionnera en même temps par l'intermédiaire d'un petit électro-aimant, l'une des deux plumes placées en regard de notre cylindre enregistreur. Au moment précis où se produit le choc électrique, la plume sera brusquement soulevée et inscrira un petit trait en forme de crochet oblique sur le papier enfumé du cylindre tournant. Le moment où

¹ Léon Fredericq et G. Vandeveldé. *Bull. Acad. Belgique*, 1879, et *Arch. zool. exp.*, 1879.

le doigt mobile commence son mouvement de flexion sera pareillement marqué par la seconde plume, d'un trait oblique. Il faudra pour cela attacher directement la seconde plume au doigt mobile, après avoir immobilisé solidement la pince entière, et surtout le cinquième article dans le voisinage immédiat du cylindre enregistreur. Tant que le doigt reste au repos, la plume qu'il porte laisse une trace circulaire horizontale sur le papier de l'enregistreur. Dès que le doigt bouge, la plume se détache de la ligne horizontale et inscrit un trait ascendant.

Les deux plumes, avons-nous dit, ont leurs pointes exactement sur une même ligne verticale. Si l'inscription des deux signaux (d'excitation électrique et de contraction musculaire) était simultanée, les deux traits obliques devraient se correspondre et être placés exactement l'un au-dessus de l'autre. En fait, le signal de contraction retarde sur celui d'excitation et le retard est d'un centimètre de papier environ, c'est-à-dire d'un centième de seconde.

Des expériences analogues faites sur des muscles de Grenouille ou sur des muscles d'Homme (dans ce dernier cas, sans mutilation, bien entendu) conduisent au même résultat. La valeur du temps perdu est à peu près la même que pour les muscles du Homard, c'est-à-dire d'un centième de seconde environ.

Mais d'ordinaire, chez l'Animal vivant, les muscles se contractent sous l'influence d'ordres de la volonté, c'est-à-dire d'excitations qui leur sont amenées du

cerveau ou des centres nerveux par l'intermédiaire des nerfs moteurs. Ceux-ci jouent le rôle de véritables fils télégraphiques reliant le cerveau aux muscles et aux autres organes.

Le Crabe, le Homard ont également des centres nerveux comparables à notre cerveau, à notre moelle épinière. Leurs fonctions ont été étudiées avec beaucoup de soin à Roscoff par M. le professeur Emile Yung, de Genève. De ces centres nerveux partent également des nerfs qui se distribuent aux différents organes. Chaque pince reçoit un gros tronc nerveux qui parcourt toute la longueur de la patte et anime entre autres le muscle fléchisseur du doigt mobile.

On peut mettre ce nerf à découvert et l'exciter par l'électricité. Si l'on a eu soin de couper au préalable le tendon de l'extenseur, on verra à chaque irritation du nerf, le doigt se refermer brusquement. Le dispositif décrit précédemment permet de constater qu'ici aussi le mouvement n'est pas instantané et qu'il y a un certain temps perdu dans le nerf et dans le muscle.

Ce temps perdu est d'autant plus long que l'on excite le nerf plus loin du muscle, c'est-à-dire plus près du tronc de l'Animal, ce qui n'est pas étonnant, puisque dans ce cas, l'excitation doit franchir une longueur de nerf plus grande pour atteindre le muscle.

Les différences dans le retard de la contraction sur le moment de l'excitation du nerf, suivant que l'on excite celui-ci tout près du muscle ou très loin du

muscle, permettent de déterminer le temps perdu dans le nerf seul, c'est-à-dire la vitesse de la propagation de l'excitation dans le nerf.

Chez la Grenouille, Helmholtz avait trouvé que l'excitation se propage avec une vitesse de 27 à 30 mètres par seconde, dans le nerf sciatique qui anime le muscle du mollet. Cette vitesse croît très rapidement lorsqu'on élève la température du nerf. Ceci nous explique pourquoi chez l'Homme et les Animaux à sang chaud, cette vitesse dépasse notablement 30 mètres par seconde et peut atteindre une valeur double.

J'ai constaté à Roscoff, dans une série d'expériences faites en commun avec M. Vandeveld, que chez le Homard l'excitation chemine beaucoup plus lentement dans le gros nerf de la pince. Les vitesses trouvées oscillèrent entre 6 et 12 mètres par seconde. Ici aussi les chiffres les plus élevés furent obtenus en été par les journées les plus chaudes. L'influence de la température était manifeste.

Les Crustacés présentent donc au point de vue de la propagation des excitations le long des nerfs, c'est-à-dire de la transmission des ordres de la volonté, une certaine infériorité sur les animaux supérieurs. Mais comme leur taille n'est pas très considérable, les nerfs n'atteignent jamais une grande longueur et la fraction de temps perdu dans ces nerfs n'offre aucune importance.

Il en serait tout autrement si les Crustacés pou-

vaient atteindre la taille colossale d'une baleine. En supposant des nerfs de 10 à 15 mètres de long, les excitations motrices mettraient une à deux secondes à parvenir aux muscles. Un Crustacé luttant dans ces conditions avec un Animal supérieur de même taille et de même force aurait un désavantage marqué et arriverait toujours trop tard à la parade ou à la riposte.

Troisième Partie

LA DÉFENSE

CHAPITRE PREMIER

STRATÉGIE DE LA DÉFENSE

- I. *L'Animal chassé se cache.* — Abris recherchés par les Animaux. Richesses zoologiques cachées sous les pierres plates de la grève. Animaux enfouis dans la vase, le sable.
- Commensalisme. — Pinnothère protégé par la Moule. La Donzelle et l'Holothurie, l'Aptérychte ocellé et la Beaudroie. Poissons et Anémones de mer, Poissons et Étoiles de mer, etc. Le Pilote. La pêche au Rémora sur la côte de Zanzibar. Le Crabe de Christophe Colomb. Palémons et Actinies, Bernard l'Hermite et Actinie. Le Palais de Cristal des Phronimes. *Pagurus jacobii*, Anilocres, Crustacés Copépodes et Ascidies. Mollusques coralligènes, Magiles. Rhizochilus.
- Parasites. Migrations des Vers cestoides, des Anodontes. Recherches de Delage sur la Sacculine.
- Castration parasitaire chez le Bernard l'Hermite, la Lymnée des étangs, les Ecureuils d'Amérique.
- Déguisements. Mimétisme. Animaux qui font le mort.
- II. *L'Animal chassé échappe par la fuite.* — Course, natation, saut, vol, etc. Autotomie.
- III. *L'Animal chassé résiste à l'attaque.* — Armes défensives. Carapaces et armures. Sécrétion de produits corrosifs ou repoussants. Bêtes crachantes, Canonnier, Mouffette.
- Expériences de Poulton sur la protection résultant pour beaucoup d'Insectes, de leur mauvais goût, de leur odeur nauséabonde, de leur aspect terrifiant ou de leur ressemblance avec des êtres mieux armés. Éducation autonome des Animaux insectivores au sujet du choix de leur nourriture. Moyens de défense destinés à démoraliser l'assaillant. Guêpes copiées par les Sésies. Attitude menaçante de beaucoup d'Animaux. Simulacres d'armes
- Classification des moyens de défense par Seitz.

I. L'ANIMAL CHASSÉ SE CACHE.

La stratégie de la défense est tout aussi variée, tout aussi intéressante que celle de l'attaque. La tactique habituelle consiste à éviter la bataille, à se cacher ou à fuir devant l'ennemi. En général les faibles évitent la lumière : tous ceux qui sont condamnés au rôle ingrat de gibier, c'est-à-dire l'immense majorité des êtres vivants, recherchent les abris ignorés, les recoins obscurs où nul œil indiscret ne viendra les découvrir. Chaque touffe de varech, chaque crevasse de rocher, chaque pierre sert de retraite à des légions d'Animaux lucifuges.

Retourner les pierres à marée basse pour voir ce qu'il y a dessous, constitue, sur les plages océaniques, une des occupations ordinaires et très fructueuses de ceux qui s'intéressent aux Animaux marins, qu'ils soient pêcheurs ou naturalistes. Quelle aubaine chaque fois que l'on rencontre dans une flaque un gros caillou bien creux par dessous et qui, à cause de son poids, n'a plus été *chaviré* depuis des années. On s'attelle à plusieurs, on s'aide au besoin du pic et du levier. La pierre est lourde, cependant elle remue, elle se soulève ; on s'arcboute, on pousse avec ensemble. Victoire ! la pierre bascule majestueusement puis se renverse en éclaboussant bruyamment les alentours. Poissons et Crustacés troublés dans leur

quiétude, Motelles, Blennies, Congres, Chabots, Chevrettes frétilent dans la flaque à présent découverte et errent affolés à la recherche d'un abri, tandis que Crabes, Annelides et Actinies s'enfoncent prestement dans le sable. Ce petit monde a beau se cacher de nouveau : il sera pêché et récolté suivant les règles de l'art et ira enrichir nos aquariums et nos cuves d'expériences.

La pierre elle-même est toute tapissée à sa face inférieure d'Ascidies aux couleurs les plus vives, de Botrylles violets, orangés, bruns, de Clavelines transparentes, de tubes d'Annelides, d'Actinies, de colonies de Bryozoaires et de Polypiers.

Beaucoup d'Animaux vivent constamment enterrés dans la vase ou le sable, ne risquant à l'extérieur que l'équivalent du *bout du museau*, c'est-à-dire une houppe de tentacules, une extrémité de siphon, etc. A la moindre alerte, les tentacules explorateurs rentrent dans le trou. D'autres se mettent à l'abri des poursuites en se plaçant sous la protection d'êtres plus forts ou mieux doués qu'eux. Le petit crabe Pinnothère s'enferme dans la coquille d'une Moule vivante et paraît faire excellent ménage avec le Mollusque chez lequel il a élu domicile. L'association tourne à l'avantage de tous les deux : la Moule fournit le logement au Crabe et celui-ci lui abandonne les miettes de ses festins. Le petit Crabe des Moules a été bien à tort accusé des indispositions si connues de tous les amateurs de ce Mollusque. On sait aujourd'hui

d'hui que l'urticaire provenant de l'ingestion des Moules est due à un poison particulier voisin des ptomaines, qui se développe dans la chair même de la Moule.

M. le professeur P. J. Van Beneden a donné le nom de *commensalisme* à ce genre d'association entre Animaux d'espèce différente. Le commensal ne vit pas aux dépens de son hôte : tout ce qu'il désire, c'est un gîte ou les restes des repas de cet hôte : ainsi le commensal est fréquemment reçu à la table de son voisin pour partager avec lui les produits de la pêche.

La plupart de ces Animaux qui vivent en bonne intelligence et qui, sans se nuire, sont installés les uns sur les autres, sont regardés à tort par la plupart des naturalistes, comme parasites. Aujourd'hui que les rapports de plusieurs d'entre eux sont mieux appréciés, on connaît de nombreux Animaux qui se réunissent entre eux pour se prêter un mutuel secours, à côté d'autres qui vivent, comme les pauvres, de miettes qui tombent de la table des grands.

Citons quelques exemples de commensalisme : nous les empruntons presque textuellement au beau livre que M. P. J. Van Beneden a consacré aux *Commensaux et Parasites dans le Règne animal*.

Parmi les commensaux libres, on peut citer plusieurs Poissons, notamment une forme gracieuse, nommée *Donzelle* qui va chercher fortune dans le corps d'une

Holothurie. Les naturalistes le connaissent depuis longtemps sous le nom de *Fierasfer*. Il a le corps allongé, semblable à celui d'une Anguille, tout couvert de petites écailles, et, comme il est comprimé latéralement, on l'a comparé à l'épée que les saltimbanques s'enfoncent dans l'œsophage. On en trouve dans différentes mers qui ont exactement les mêmes habitudes. Ce Poisson, logé dans le tube digestif de son hôte, prélève sa part de tout ce qui entre. Les *Fierasfer* ont trouvé le moyen de se faire servir par un voisin mieux outillé qu'eux pour la pêche. Les *Fierasfer*, qui sont déjà passablement gloutons sont fréquemment encore accompagnés dans le même Animal par des Palémons et des Pinnothères. Le professeur C. Semper a vu aux îles Philippines, des Holothuries, qui ressemblaient assez sous ce rapport, à un hôtel avec table d'hôte.

Les *Fierasfer* ne sont pas les seuls Poissons qui réclament du secours à des Holothuries : à Zamboanga vit une espèce à laquelle on a donné le nom spécifique de *Scabra*, et dans le ventre de laquelle, dit J. Müller, vit communément un Poisson myxinoïde, *Enchelyophis vermicularis*.

Ce qui est moins dégradant pour un Poisson, c'est de demander du secours à un Animal de son rang. La Méditerranée nous en offre un curieux exemple. Risso a vu, vers le commencement de ce siècle, à Nice, le monstrueux Poisson connu sous le nom de *Beaudroie*, loger dans son énorme sac branchial un Poisson de la famille des Murénides ou Anguilles, l'*Apterychte*

ocellé. Il se trouve là évidemment en qualité de commensal. Quoique les Anguilles en général trouvent aisément à se nourrir, la Beudroie possède des engins de pêche qui leur manquent et, blottis tous les deux dans la vase, elle fait des pêches assez abondantes pour encore partager avec d'autres. Cette même Beudroie vit dans la mer du Nord, et là, elle loge un Crustacé amphipode.

Dans la mer de Chine, le docteur Collingwood a vu une Anémone de mer qui n'a pas moins de deux pieds de diamètre, et dans l'intérieur de laquelle loge également un petit Poisson très frétilant dont il n'a pu dire le nom.

Le lieutenant de Crispigny a observé une Anémone de mer (*Actinia crassicornis*) vivant en bonne intelligence avec un Poisson malacoptérygien, le *Premnas biaculeatus*. Ce Poisson pénètre dans l'intérieur du corps de l'Anémone, les tentacules se resserrent autour de lui et il reste ainsi enfermé un certain temps dans une tombe vivante.

On trouve également dans la mer des Indes un Poisson connu sous le nom d'*Oxybeles lombricoïdes*, qui prend modestement quartier dans une étoile de mer, l'*Asterias discoïda*. Un autre cas de commensalisme nous a été révélé par le professeur Reinhardt de Copenhague : un Siluroïde du Brésil, du genre *Platystome*, habile pêcheur, grâce à ses nombreux barbillons, loge dans la cavité de sa bouche de tout petits Poissons (*Stegophilus insidiatus*) que l'on a pris long-

temps pour de jeunes Silures; on supposait que la mère couvait sa progéniture dans la cavité de la bouche, comme les Marsupiaux dans la poche abdominale et comme le font d'autres Poissons. Ces commensaux sont parfaitement développés et adultes, mais au lieu de vivre du produit de leur propre travail, ils préfèrent s'installer dans la bouche d'un complaisant voisin et prélever la dîme sur les succulentes bouchées qu'il avale. On voit que dans le règne animal, ce ne sont pas toujours les grands qui exploitent les petits.

Un Crustacé, le *Cymothoa*, mal organisé pour pêcher au large, mais plus habile à happer au passage tout ce qui passe à sa portée, installe son domicile dans la cavité buccale d'une autre espèce de Poisson du même genre *Stegophilus*.

Les *Physalies*, ces charmants bouquets vivants des mers tropicales, logent également dans leurs cavités, ou au milieu de leurs longs cirrhes, de petits Poissons adultes et complets, qui appartiennent à la famille des Scomberoïdes. Ces Papillons de la mer balancent ainsi, au gré de leur hôte, leur indolente individualité. Des voyageurs rapportent que l'on en voit par douzaines blottis dans ces festons animés. M. Al. Agassiz¹ a signalé un autre fait tout aussi extraordinaire, observé dans la baie de Nantucket, aux États-Unis : c'est une Pélagie nocturne (*Dactylometra quinquecirra*

¹ Catalogue illustré.

Ag.) toujours accompagnée, pour ne pas dire escortée, par une espèce de Hareng. Les deux voisins constituent entre eux une association qui tourne probablement à l'avantage de l'un et de l'autre.

Sans quitter notre littoral, nous voyons une association du même genre entre de jeunes Poissons (*Caranx trachurus*) et une charmante Méduse (*Chysaora isocela*). Cet Acalèphe renferme souvent plusieurs jeunes Caranx que l'on est tout surpris de voir sortir pleins de vie du corps transparent de ces Polypes. Il n'est pas rare du reste de trouver d'autres Poissons dans les Méduses.

Un Poisson qui a fait beaucoup parler de lui, c'est le *Pilote*; sa pêche fait un des principaux délassements des matelots pendant les longues traversées. Les uns prétendent qu'il vient happer l'appât, sans toucher au fer meurtrier qui menace le Requin, et comme il ne quitte jamais son acolyte, d'autres en avaient conclu qu'il se nourrissait des restes abandonnés par lui. Aucune de ces deux suppositions n'est exacte, et, comme le Requin n'a évidemment pas besoin qu'on lui indique les écueils, nous nous bornerons à constater cette association curieuse sans essayer d'en apprécier le but.

On a quelquefois confondu avec le *Pilote*, un Poisson bien différent, le *Remora* qui se tient, non dans le voisinage du Requin, mais qui s'établit sur lui et s'amarre à ses flancs à l'aide d'un appareil particulier agissant à la façon d'une ventouse. Le *Remora* reste



FIG. 19. — Remora.

on pourrait même dire pour la durée d'un voyage.

Le Remora est amarré simplement à son hôte et ne lui demande que le passage. Il se borne comme le Pilote à pêcher dans les mêmes eaux que le Requin qui le transporte. M. le professeur Van Beneden a ouvert plusieurs Remora et a trouvé dans leur estomac des morceaux de Poisson qui avaient servi d'amorce, de jeunes Poissons avalés en entier et quelques débris de Crustacés.

Il existe au sujet du Remora une croyance singulière. Les matelots sont convaincus que si l'un de ces Poissons s'attache au navire, il n'y a pas de puissance humaine capable de faire avancer celui-ci et qu'il doit nécessairement s'arrêter. Ce qui n'est pas douteux, c'est que les pêcheurs du canal de Mozambique mettent à profit cette faculté d'adhésion, pour pêcher des Tortues marines et certains grands Poissons. Ils passent dans la queue du *Remora* un anneau auquel est attachée une corde, et le lancent à la poursuite du premier passant jugé digne d'être saisi. Cette pêche est en quelque sorte le pendant de la chasse au Faucon.

Un petit Crabe, le *Turtle-crabe* de Brown se rencontre en pleine mer sur la carapace des Tortues marines et quelquefois sur les fucus. Il est à supposer qu'il profite de la carapace de son voisin pour se transporter à peu de frais dans divers parages, et l'on prétend que la vue de ce Crustacé a donné confiance à Christophe Colomb, dix-huit jours avant la découverte du Nouveau Monde. Il y a du reste toute une société qui choisit ce séjour mobile; indépendamment

des Cirrhipèdes, nous trouvons aussi des Tanais qui ne sont pas condamnés à y vivre toujours.

Les Décapodes macroures sont plus rarement *commensaux*; cependant on trouve un Palémon sur le corps d'une Actinie, un autre dans la cavité branchiale d'un Pagure. Ce qui est plus connu, c'est la présence dans la superbe éponge, *Euplectella aspergillum*, du Palémon qui loge dans ce palais féerique.

Parmi les diverses associations, aucune n'est aussi remarquable que celle du Pagure ou Bernard l'Hermite avec une Actinie. On sait que les Pagures sont des Crustacés décapodes, à abdomen mou, qui se logent dans des coquilles abandonnées et transportent partout avec eux leur demeure d'emprunt (fig. 20). Sur cette demeure se trouve fréquemment fixée une Actinie ou Anémone de mer (*Adamsia*) dont la bouche est toujours située vis-à-vis de celle du Crustacé. La meilleure entente règne, paraît-il, entre le Pagure et son acolyte: le premier pourrait être cité comme modèle d'amphitryon; il ne manque jamais d'offrir pendant la pêche les meilleurs morceaux à sa voisine, et s'assure très souvent pendant la journée, si elle n'a pas faim.

On sait que le Pagure, à mesure qu'il grandit, change de demeure: c'est à ce moment surtout qu'il redouble de soins et d'attentions vis-à-vis de sa compagne. Il manœuvre avec toute la délicatesse dont il est capable pour faire changer l'Anémone de coquille; il vient à son aide pour la détacher, et si par hasard la

nouvelle demeure n'est pas goûtée, il en cherche une autre jusqu'à ce que l'Anémone soit complètement satisfaite. Outre l'Anémone, le Pagure est généralement accompagné d'une Annélide de la famille des Néréides; sur le corps du Crustacé s'établit souvent



FIG. 20. — Bernard l'Hermite logé dans une coquille.

un Cirrhipède singulier et enfin à l'extérieur de la coquille, on voit ordinairement une colonie de Polypes (Hydractinies) de couleur rose ou jaune, qui s'étend comme un tapis vivant autour de cette habitation.

A côté des Pagures qui s'installent dans une coquille aux parois épaisses et complètement opaques, on connaît des Crustacés de l'ordre des Amphipodes, les

Phronimes, qui se choisissent non plus une bicoque abandonnée, mais un vrai palais de cristal. Elles s'enfoncent de force dans le corps transparent d'un Salpa, d'un Beroë ou d'un Pyrosome; et de l'intérieur de cette loge, elles se livrent au plaisir de la pêche. Le jour pénètre partout à travers les parois de leur demeure vivante, et c'est à peine si l'on aperçoit dans l'eau que leur corps est prolongé par un étui.

Un autre Pagure appartenant à une espèce nouvelle, *P. Jacobii*, se loge dans une colonie vivante d'Epizoanthes qui se développent en même temps que lui, et qu'il traîne forcément partout où il va. Ce Pagure a été ramené par le chalut, d'une profondeur de 5000 mètres au large des Açores, lors de la campagne du *Talisman*.

Dans le groupe des Crustacés Isopodes, nous trouvons plusieurs nécessiteux, qui, trop fiers pour demander des aliments, se contentent de prendre place sur quelque Poisson bon nageur; si leur hôte les conduit dans des régions qui ne leur conviennent pas ou qu'ils aient à se plaindre de lui, ils l'abandonnent et recommencent avec un nouveau collègue leurs pérégrinations maritimes. Ils conservent toujours tout leur attirail de voyage et de pêche. Souvent ces Crustacés s'identifient si complètement avec leur hôte qu'ils semblent en être une dépendance et prennent jusqu'à sa coloration; ce n'est pas un signe de servilité, c'est un moyen de passer inaperçu et de se dérober à la vue de l'ennemi qui les guette. Les naturalistes ont donné

le nom d'*Anilocres* à quelques uns de ces commensaux libres.

Mentionnons encore les Crustacés copépodes que l'on trouve fréquemment dans la cavité branchiale ou dans la cavité péribranchiale de presque toutes les espèces d'Ascidies simples et composées. Chez certaines petites espèces d'Ascidies composées, le Crustacé commensal est plus gros que son hôte : il se trouve littéralement emprisonné dans le corps de ce dernier, et est obligé d'y finir ses jours à moins que la mort de l'Ascidie ne le mette en liberté. Chaque espèce d'Ascidie héberge en général une espèce déterminée de Crustacé : cette association est si constante, que lorsqu'il y a doute sur la détermination spécifique de l'Ascidie, ce doute se trouve parfois levé quand on connaît le Crustacé logé dans l'Ascidie. C'est souvent une ressource précieuse dans les cas embarrassants. En effet, les Crustacés conservés dans l'alcool, comme le sont les échantillons de collection, sont toujours faciles à déterminer : il n'en est pas de même des Ascidies qui perdent leurs couleurs et leur forme par l'immersion dans l'alcool, et ne présentent plus alors leurs caractères distinctifs.

Les Mollusques, quoi qu'en dise leur nom, sont de tous les Animaux de rang inférieur, ceux qui montrent le plus d'indépendance ; non seulement ils se contentent de la lenteur de leur marche, comme de la pauvreté de leur nourriture, mais ils ne demandent que bien rarement du secours à leurs voisins. Il n'est

pas rare cependant d'en trouver vivant dans des coraux ; on les a même désignés sous le nom de Mollusques coralligènes.

Tous les conchyliologistes connaissent les coquilles des Magiles, si recherchées encore dans les collections. Ce Gastéropode se loge de bonne heure dans l'épaisseur d'un Madrépore qui croît plus vite que lui, et, pour ne pas mourir étouffé dans ce mur vivant, le Magile fabrique un tube calcaire comme la coquille, dont il semble être la continuation et qui permet à l'Animal de puiser dans l'eau, l'air et la nourriture.

Une autre association singulière est celle d'un Mollusque gastéropode, *Rhizochilus antipathum*, Steenst. avec une Gorgonide. Dans son jeune âge, le Mollusque est libre et possède une coquille rappelant celle du Buccin. A une certaine période de son développement, il se fixe à la surface d'une colonie d'Antipathes ; le bord de la coquille commence alors à se déformer et à pousser des prolongements irréguliers, qui vont à la rencontre des branches du Polypier et se soudent à elles. Le *Rhizochilus* est alors fixé définitivement.

M. le professeur de Lacaze-Duthiers pendant qu'il étudiait le corail sur la côte d'Afrique, a rencontré un jeune Polype qui généralement a besoin d'un autre Polype pour parcourir les premiers temps de sa jeunesse. L'Animal auquel il a donné le nom de *Gerardia Lamarckii* vit sur des Gorgones qu'il envahit et étouffe comme les lianes étranglent l'arbre sur lequel elles

s'étaient. Mais ces mêmes *Gerardia* peuvent aussi se développer sur les filaments des œufs de *Plagiostomes* et sont donc capables de vivre séparément. Sur ces *Gerardia* vit en parasite ou en commensal un Crustacé dégradé, le *Laura Gerardiae*, auquel le professeur de Lacaze-Duthiers a consacré une étude magistrale.

Beaucoup de commensaux trouvent donc un abri dans la profondeur du corps de leur hôte. Il en est de même de la plupart des parasites vrais qui se trouvent ainsi soustraits aux dangers de la lutte pour l'existence. Nous connaissons par les belles recherches de P. J. Van Beneden, les étonnantes migrations des Versces toïdes, qui dans leurs âges successifs doivent pour se développer passer par le corps de différents hôtes. Le Cysticerque de la Ladrerie du Porc devient chez l'Homme *Tænia solium* ou Vers solitaire. Le Cysticerque logé dans les muscles ou le tissu cellulaire du Porc est à l'abri de toute attaque. Celles-ci ne peuvent d'ailleurs que lui être utiles; en effet le Cysticerque attend tranquillement que son hôte soit dévoré par l'Homme pour passer dans le corps de ce dernier, s'y développer et être élevé à la dignité de ver sexué. On connaît un grand nombre d'exemples de ce genre.

Certains Animaux ne sont parasites que pendant une partie de leur existence. Les larves des Moules d'eau douce (*Unio*, *Anodonta*) après avoir abandonné le corps de l'individu qui leur a donné naissance, se fixent à la peau d'un Poisson. Elles y produisent une

irritation locale et une petite tumeur qui finit par leur constituer une enveloppe les entourant complètement. La Larve reste enkystée pendant plusieurs mois et subit dans cet état la transformation en Mollusque bivalve. Elle quitte ensuite le Poisson qu'elle avait accompagné dans ses voyages et rampe librement au fond de l'eau.

La Sacculine, ce parasite formant sous la queue de beaucoup de petits Crabes, une tumeur en forme de sac arrondi, nous présente l'exemple inverse de celui des *Unio* et des *Anodontes*. A l'état adulte c'est un parasite, et un parasite tellement déformé, que son interprétation morphologique a fort embarrassé les zoologistes et a été fort longtemps mal comprise. Dans le jeune âge au contraire, la Sacculine est libre et présente la forme d'un *Nauplius*, c'est-à-dire d'un embryon nageur prototype des Crustacés. L'histoire de la Sacculine a été élucidée par Y. Delage.

« Ce qu'il fallait chercher à connaître, dit le professeur de Lacaze-Duthiers, dans le résumé qu'il donne du travail de Delage, c'était le mode de fixation du *Nauplius* au Crabe, afin de suivre l'évolution et les transformations du fils de la Sacculine reconduisant au sac primitif d'où il était sorti.

« On savait que le *Nauplius* chez les Glands de mer, se métamorphose et, prenant un test à deux valves, devient une *Cypris* : il fallait obtenir cette forme et la suivre.

« La fixation de cet embryon Cypriforme s'accomplit la nuit ou à l'obscurité sur un point quelconque du corps du Crabe. La Cypris se cramponne à l'un des poils du Crabe et se transforme alors en une masse arrondie presque informe, que protègent ses deux valves. Dans un point particulier de cette masse est sécrété un tube de chitine, une sorte de canule aiguë, taillée en biseau, qui pénètre dans les tissus mous des téguments entourant la base du poil. Alors la masse sphérique tout entière passe par cette canule et s'injecte d'elle-même, pour ainsi dire, dans le corps du Crabe.

« La Sacculine, dès ce moment, est interne; et, par suite de son développement ultérieur, s'attache par d'innombrables racines au tube digestif, puis, peu à peu, s'approchant de la surface du corps, vient faire hernie sur la face antérieure de la queue du Crabe, la seule partie qui reste molle et dépourvue des incrustations calcaires caractéristiques du Crustacé.

« Trois années d'expériences et d'observations sans interruption aucune, ont été nécessaires pour arriver à ces résultats aussi curieux qu'inattendus. »

Quelques parasites produisent par leur présence chez l'hôte qui les porte, des modifications anatomiques variées. C'est fréquemment la glande génitale qui paraît avoir à souffrir de leurs attaques. L'altération du tissu de cette glande et la castration qui en résulte peuvent amener des changements importants dans la conformation extérieure des Animaux. Les mâles qui

ont subi cette castration parasitaire n'acquièrent pas les signes distinctifs de leur sexe et restent semblables à des femelles.

C'est ainsi que d'après Fraisse et Fr. Müller, les Crustacés parasites du genre *Peltogaster* détruisent les glandes génitales chez les Bernardes l'Hermites qui les hébergent. Semper a observé pareillement chez la Lymnée des étangs, des cas fréquents de castration par le fait du développement parasitaire de larves de Trématodes. Aux États-Unis, la larve d'une Mouche appelée d'un nom caractéristique, *Cutereba emasculator*, s'attaque aux testicules de l'Écureuil et en détruit complètement le tissu, sans que la santé générale de l'Animal paraisse affectée (D' Hagen). Les exemples précédents sont empruntés à l'ouvrage de Semper sur les conditions naturelles d'existence des Animaux. A. Giard a récemment appelé de nouveau l'attention sur ces faits et cité de nouveaux cas de *castration parasitaire*.

Il n'est pas toujours nécessaire de fuir le grand jour pour échapper à l'œil du chasseur; on peut se cacher sous un masque, un déguisement, se couvrir de grains de sable, de pierres, de plantes. Beaucoup d'Animaux marins réussissent ainsi à se rendre invisibles. D'autres font mieux encore; ils prennent eux-mêmes la couleur ou la forme d'objets inanimés, de manière à passer inaperçus ou dédaignés. Nous en avons déjà cité un exemple. D'autres poussent la dissimulation

jusqu'à copier la livrée et les allures d'êtres mieux doués qu'eux et partant peu exposés aux attaques. Ils sont pris pour leurs sosies et bénéficient par exemple de la terreur que ces derniers inspirent. Ces adaptations remarquables de forme et de couleur ont été baptisées par les Anglais de *mimicry*; on leur donne en français le nom de *mimétisme*. Nous ne nous arrêterons pas pour le moment aux faits si intéressants de mimétisme, attendu que nous leur consacrerons un chapitre spécial.

II. L'ANIMAL CHASSÉ ÉCHAPPE PAR LA FUITE

Un certain nombre d'Animaux font le mort et persistent à se tenir coi lorsque l'ennemi les a découverts. Beaucoup d'Insectes, d'Arachnides qui vivent sur les feuilles, se laissent tomber à terre à la moindre alerte, puis y restent immobiles. On a cité quelques faits analogues se rapportant à des Animaux aquatiques. Les Nérîtines sont de petits Mollusques dont on connaît des espèces d'eau douce et d'eau salée. Elles rampent d'ordinaire à la surface des pierres submergées, auxquelles elles peuvent s'attacher avec une grande force; certaines d'entre elles se détachent dès qu'on les touche et tombent au fond de l'eau. Quelques Crustacés font également le mort dans des circonstances analogues.

Mais ce sont là des cas exceptionnels et l'on peut

dire que la fuite constitue la ressource habituelle du gibier que l'Animal chasseur a découvert. Nombreux et variés sont ici les modes de locomotion. Nous ne ferons pas l'énumération fastidieuse des différentes façons de courir, de voler, de nager, de sauter, etc., employées par les Animaux qui fuient, ni des ruses qu'ils savent déployer à l'occasion pour échapper à la poursuite et chercher un abri protecteur.

Même lorsque les ruses ont été déjouées et que le carnassier chasseur a enfin saisi sa proie, il reste parfois à celle-ci dans ce danger mortel, une ressource unique et suprême. Un certain nombre d'Animaux jouissent de la propriété singulière de pouvoir casser à propos l'extrémité saisie par l'ennemi et de se libérer en faisant le sacrifice de la partie captive. L'Orvet, le Lézard se sauvent en brisant leur queue, le Crabe, la Langouste, l'Araignée s'amputent les pattes, les Étoiles de mer perdent leurs bras pour échapper à l'étreinte de leurs ennemis. Ce singulier moyen de défense est aujourd'hui connu sous le nom d'*autotomie*; nous lui consacrerons également un chapitre spécial.

III. L'ANIMAL CHASSÉ RÉSISTE A L'ATTAQUE PAR LA FORCE OU LA RUSE

Mais on ne peut toujours fuir ou se cacher, et si bien caché qu'on soit d'ailleurs, il peut arriver des moments où l'on se trouve face à face avec un être affamé qui compte sur vous pour le menu de son déjeuner. Il ne suffit donc pas de se soustraire à l'attaque par la dissimulation ou par la fuite; il faut pouvoir repousser le choc de l'ennemi et lui résister vaillamment par la force ou la ruse.

La plupart des armes d'attaque dont nous avons parlé à la deuxième partie, peuvent être utilisées également pour la défense. Le Crabe qui se sert de ses pinces pour happer et dépecer de plus chétifs que lui, saura à l'occasion employer les mêmes tenailles pour se défendre, quand du rôle de chasseur il passe à celui de gibier. Les Poulpes sont très friands de Crabes : ils en font une consommation effrayante, si l'on en juge d'après le nombre de Carapaces vides qui jonchent les alentours de leur repaire, mais les Congres, à leur tour, mangent volontiers du Poulpe. Les ventouses de ce Mollusque constituent à la fois son principal moyen d'attaque et de défense.

La lutte pour l'existence est féconde en surprises et l'on se tromperait souvent si l'on cherchait à prévoir

l'issue d'un combat singulier engagé entre deux Animaux, en se basant sur leur force présumée ou sur leur place dans l'échelle zoologique. L'humble Actinie, fixée pour toujours au rocher, capture d'agiles Poissons. La Lymnée des étangs, Mollusque herbivore d'aspect innocent, s'attaque aux Tritons que l'on place avec elle dans l'aquarium et fait ainsi de grands ravages parmi ces Batraciens en apparence si bien doués.

Nous consacrons le chapitre suivant à l'étude des carapaces et armures diverses dont beaucoup d'Animaux sont revêtus et qui constituent pour eux un moyen mécanique de protection des plus efficaces.

D'autres êtres sécrètent des produits corrosifs ou repoussants, lorsqu'ils sont attaqués. Nous ne nous arrêterons guère à ce moyen de défense, forcément assez peu répandu chez les Animaux marins, en raison même des conditions physiques de leur existence. Pour réaliser par ce procédé une protection efficace chez les êtres vivant dans l'eau, il faudrait d'énormes dépenses de liquide corrosif, en raison de la dilution inévitable par l'eau de mer, dilution enlevant immédiatement au liquide son activité et sa vertu défensive. Bornons nous à citer les quelques exemples suivants se rapportant à des Animaux aériens. Plusieurs Chenilles sont sujettes à être attaquées par les Hyménoptères de la famille des Ichneumonides. L'Ichneumon transperce la peau de la

Chenille pour y déposer ses œufs. Les Larves qui naîtront de ces œufs à l'intérieur de la Chenille sont destinées à se nourrir de son corps et à dévorer complètement leur prison vivante. La Chenille du Papillon blanc du chou (*Pieris brassicae*) attaquée par un Ichneumon, vomit une grande quantité de mucus, qui suffit souvent à engluer l'assaillant.

Dans les ménageries, les Chameaux et les Lamas punissent les visiteurs indiscrets qui les molestent, en leur crachant à la figure.

Le petit Coléoptère connu sous le nom de Canonnier (*Brachinus expulsores*), lorsqu'il est serré de trop près par quelque Insecte chasseur, lance à la tête de l'assaillant, le contenu gazeux de son intestin terminal et arrive à s'esquiver en profitant de l'émoi causé par cette explosion dans le goût rabelaisien. On connaît un grand nombre d'Insectes qui laissent suinter à la surface de leur corps, lorsqu'on les saisit, des gouttelettes de liquides plus ou moins nauséabonds. Chez aucun Animal ce genre de protection n'est poussé au même degré que chez les Mammifères nommés Mouffettes ou Méphitis, précisément en raison de l'odeur désagréable qu'ils répandent. Les Méphitis se fient tellement à ce moyen de défense, qu'ils ont, paraît-il, perdu l'habitude de fuir; ils attendent tranquillement l'attaque, sûrs du dégoût qu'ils inspirent.

E. B. Poulton a fait un grand nombre d'expériences et d'observations sur la protection qui revient à

beaucoup d'Insectes, vivement colorés d'ailleurs, du fait de leur mauvais goût ou de leur odeur nauséabonde. Il a constaté qu'en général la Grenouille, le Caméléon, le Lézard, la Salamandre, les Oiseaux insectivores et le Marmouset refusent de manger ces Insectes, une fois qu'ils en ont goûté. Un Marmouset ayant très faim, mangea une Larve nauséabonde de *Liparis salicis*; il en fut tellement dégoûté, qu'il refusa immédiatement après la Larve de *Portbesia auriflua* qui n'a ni le mauvais goût, ni l'odeur de celle de *Liparis salicis*, mais qui lui ressemble extérieurement. Cependant, quelques jours auparavant, il avait mangé de bon appétit quatre Larves de *Portbesia auriflua* l'une après l'autre. Il y a d'ailleurs de grandes différences dans la facilité avec laquelle les Animaux cités plus haut se déterminent, quand ils ont faim, à manger les Insectes dégoûtants. Les Grenouilles et les Oiseaux, chez lesquels le sens du goût est peu développé, paraissent le moins scrupuleux à cet égard. Les Lézards sont plus difficiles. Enfin c'est le Marmouset qui, de tous ces Animaux, se montre le plus exigeant; c'est aussi probablement celui dont le goût est le plus délicat.

Les expériences de Poulton semblent prouver que les Animaux insectivores ne distinguent pas d'instinct les Insectes comestibles ou dangereux de ceux qui ne le sont pas, et que leur éducation se fait par expérience personnelle.

La plupart des Oiseaux refusent de toucher à la

Larve absolument inoffensive de *Chaerocampa (Deilephila) elpenor*, sans doute à cause de l'aspect terrifiant qu'elle présente (Weissmann). Un grand Lézard mis par Poulton en présence de cette Larve, l'examina de loin avec beaucoup de prudence, s'en approcha peu à peu, puis la mordit légèrement et se retira immédiatement après, pour attendre le résultat de cette attaque. Il recommença le même manège plusieurs fois : ce n'est que lorsqu'il se fut convaincu de l'absence de danger, qu'il se décida à saisir la Larve et à l'avaler.

Des Sésies (*Sesia bembeciformis* et *apiformis*), Papillons présentant une grande ressemblance avec des Hyménoptères porte-aiguillons, tels que Guêpes et Abeilles, furent offertes à un Lézard. La première fois, le Lézard n'approcha du Papillon qu'avec la plus grande réserve, l'examina avec soin, puis le saisit avec précaution par la tête et le thorax, exactement comme il l'aurait fait pour un Insecte dont la piqure était à craindre. Le Lézard évidemment se demandait s'il avait affaire à un Insecte dangereux. Peu de jours après, une seconde Sésie fut offerte au même Lézard, qui cette fois la prit et la mangea sans aucune hésitation. Il avait profité de la première leçon.

De même, un Caméléon s'était jeté gloutonnement sur la première Abeille qu'on lui présentait et l'avait attrapée au moyen de sa langue, mais avait été immédiatement piqué. On eut beau, dans la suite, lui présenter d'autres Abeilles : il ne se décida plus jamais

à y toucher. Les Insectes à goût franchement nauséux furent en général mangés une première fois, très rarement une seconde fois et jamais une troisième fois.

Dans la plupart des cas, donc, une seule expérience désagréable faite sur une espèce nuisible d'Insecte suffit pour en dégoûter à tout jamais le Caméléon, ce qui suppose chez cet Animal un remarquable développement de la mémoire et probablement aussi une excellente vue, facultés qui rendent superflue l'existence d'un instinct inné.

Il nous reste à dire quelques mots des moyens de défense purement imaginaires et destinés seulement à démoraliser l'adversaire.

Un grand nombre d'êtres en apparence peu favorisés de la nature, paient d'audace en faisant croire à l'existence d'armes cachées.

Nous venons de citer l'exemple des Sésies, Papillons absolument inoffensifs qui copient exactement la livrée et les allures d'êtres mieux doués qu'eux. Les Abeilles et les Guêpes sont ainsi l'objet de nombreuses contrefaçons de la part d'autres Insectes non pourvus d'aiguillons ; tel un faux brigand, dont la rapière ou le poignard serait représenté par un simple simulacre, une poignée sans lame. Nous en reparlerons au chapitre du *mimétisme*.

Beaucoup d'autres Animaux cherchent à effrayer l'ennemi, en prenant eux-mêmes une attitude mena-

cante; on les voit hérissier plumes ou poils, ouvrir la gueule, grincer des dents, mettre en évidence griffes et becs. Le Poulpe, lorsqu'il est attaqué, change de couleur et se couvre de papilles saillantes : en même temps ses bras battent l'eau. Plus d'un Reptile inoffensif se redresse en sifflant et en dardant la langue et met en fuite les personnes peu ferrées sur l'erpétologie.

Les cornes des Chenilles inermes simulent des armes redoutables : il en est de même des pointes et des épines qui ornent la carapace de certains Coléoptères lamellicornes et des filaments rouges que les Chenilles des *Harpya* font sortir lorsqu'on les inquiète.

Les Papillons crépusculaires du genre *Sphinx* doivent précisément leur nom à l'attitude habituelle de leur Chenille, attitude plus ou moins forcée et rappelant celle d'un Reptile ou d'un Animal qui se prépare au combat. D'autres Larves ne prennent la position de combat que lorsqu'elles sont menacées. La Chenille du *Deilephila eipenor* a perfectionné le procédé : à la moindre alerte, elle rentre la tête et forme de toute la partie antérieure du corps une seule masse, simulant la tête d'un Animal beaucoup plus gros. La Chenille en question présente sur les côtés du corps une tache circulaire qui devient l'œil du gros Animal. La Larve de *Porgessa Crösus* agit de même d'après Dewitz.

Nous arrêterons ici cette esquisse forcément incomplète des principaux moyens de défense adoptés par

les Animaux dans la lutte pour l'existence, nous réservant de traiter avec un peu plus de détails quelques uns de ces moyens dans les chapitres concernant la protection par moyens mécaniques, le mimétisme et l'autotomie.

Disons en terminant que nous pourrions, à l'exemple de A. Seitz de Giessen, classer tous les faits énumérés précédemment, en un petit nombre de rubriques. Cet auteur distingue les cas suivants :

I. La collision entre l'Animal chasseur et sa proie ne se produit pas :

a). parce que l'Animal chassé échappe à l'œil de l'ennemi en se cachant simplement ou en se dissimulant par mimétisme.

b). l'Animal échappe par la fuite.

II. La collision se produit, mais le danger peut être atténué :

a). l'Animal attaqué repoussant l'agresseur, au moyen d'armes réelles.

b). l'Animal attaqué effrayant l'ennemi par des défenses imaginaires.

Dans les pages précédentes, nous avons suivi à peu près l'ordre indiqué dans cette classification, et nous avons emprunté quelques uns de nos exemples au travail de Seitz.

attaques. La plupart des Poissons sont cuirassés d'écaillés, qui parfois atteignent une épaisseur et une dureté considérables. Il en est qui sont couverts de piquants et d'aspérités, tel le Hérisson de mer (*Diodon Hystrix*) dont nous donnons une figure.

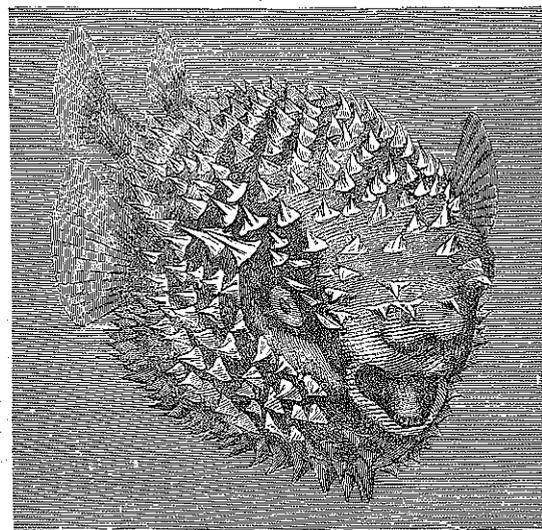


FIG. 21. — Hérisson de mer.

Le rôle défensif de beaucoup de ces boucliers vivants se trouve accru par les mouvements appropriés exécutés par l'Animal. Le Hérisson, le Porc-épic, quand ils sont inquiétés, rentrent la tête et les pattes et présentent de toutes parts une surface hérissée de pointes. Les Pangolins, les Tatous, les Tortues savent pareille-

CHAPITRE II

MOYENS MÉCANIQUES DE PROTECTION

- I. *Armures et Carapaces.* — Mouvements appropriés augmentant le rôle protecteur de ces boucliers vivants. Coquilles des Mollusques. Carapaces, toisons. Pédicellaires et piquants du test des Oursins.
- II. *Construction d'enveloppes protectrices destinées à suppléer à l'absence de Carapace naturelle.* — Ascidies, Annélides tubicoles, Térébelles, Larves de Phryganes, Dromies, Dorippes, *Hypoconcha tabulosa*, Pagures. Les Cénobites de Noordwachter.
- III. *Problème de l'accroissement du corps chez les Animaux à enveloppe dure et inextensible.* — Phénomène de la mue chez les Crustacés. Ecrevisse, Homard, Crabe. Recherches de Vitzou. Formation de la nouvelle carapace. *Oculi Cancerorum*. Mue intestinale. Mue chez les Larves d'Insectes, Ephémères. Mue chez les Reptiles. Accroissement du corps chez les Mollusques, chez l'Oursin.

I. ARMURES ET CARAPACES

Une place d'honneur parmi les moyens mécaniques de protection revient évidemment aux armures diverses dont beaucoup d'Animaux sont revêtus et dont l'impénétrabilité semble défier parfois toutes les

ment enchâsser entre les vides de leur carapace les parties dures de la tête et des pattes, de façon à constituer un test résistant et continu. Les Armadillo, les Glomeris se roulent en boule.

Les Huitres, les Moules et les Mollusques Lamelli-branches en général referment les deux valves de leur coquille à la moindre alerte. Ces coquilles atteignent chez quelques espèces des dimensions et un poids réellement colossaux. On connaît des valves de Tridacne ou Bénitier pesant plus d'un quintal : celles de l'église Saint-Sulpice à Paris sont célèbres sous ce rapport. Elles furent autrefois données au roi François I^{er} par la république de Venise.

Les Mollusques Gastéropodes se retirent pareillement dans leur conque ; beaucoup d'entre eux poussent la précaution jusqu'à boucher par une petite porte ou opercule l'entrée de leur retraite. Ainsi font les Buccins, et les Littorines ou Bigourneaux du bord de la mer, les Paludines et les Bythinies des eaux douces et un petit Mollusque terrestre, très commun dans les pays de collines, le Cyclostome élégant.

Les Mammifères et les Oiseaux sont revêtus d'une épaisse toison de poils ou de plumes. Les Reptiles, les Poissons et beaucoup d'Animaux inférieurs sont couverts d'écailles ou de plaques dures. Les Crustacés doivent précisément leur nom à l'épaisseur et à la dureté de leur carapace, dont l'agencement rappelle les armures du moyen âge. Cette carapace est fréquemment hérissée de pointes ou d'aspérités tran-

chantes, par exemple chez la Langouste et chez les Crabes connus sous le nom d'*Araignée de mer*.

Les plaques qui constituent le test des Oursins sont couvertes de piquants mobiles ; de plus, entre les piquants sont implantées une infinité de petites tiges également mobiles, les *pédicellaires*, terminées chacune par une pince à deux ou à trois branches. A la

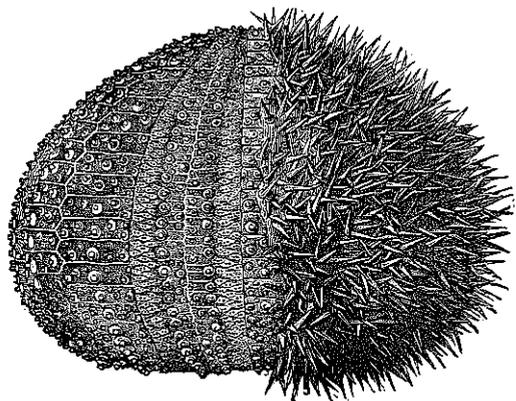


FIG. 22. — Oursin comestible.

moindre attaque, les piquants s'abaissent comme autant de lances dans la direction de l'agresseur, lui présentant partout un rempart de pointes aiguës ; les pédicellaires font de même et agitent les mors de leurs pinces avec des gestes de menace.

Ce jeu des pédicellaires et des piquants se produit par l'intermédiaire de petits muscles et de petits nerfs cachés sous la peau qui revêt extérieurement le test

ou carapace de l'Oursin¹. Leurs mouvements de défense sont jusqu'à un certain point indépendants de l'Animal. On les observe encore sur des fragments de carapace entièrement séparés du corps de l'Animal. C'est un spectacle étrange de voir sur un tel fragment isolé de carapace, la moindre blessure, une simple piqûre d'aiguille provoquer immédiatement l'inclinaison des piquants et des pédicellaires, dans la direction de l'endroit lésé.

Les voies de transmission nerveuse entre l'endroit irrité et les muscles qui meuvent les piquants et les pédicellaires, sont situées dans l'épaisseur du tégument externe qui revêt la carapace. Car, en traçant avec un fin scalpel des entailles linéaires dans la couche molle de la peau, on limitera l'étendue du champ qui prend part au mouvement de défense. On peut circonscrire des espaces en forme de triangle, de quadrilatère, et suivant que l'on irrite un point situé à l'intérieur ou à l'extérieur de la surface ainsi délimitée, les piquants ou les pédicellaires s'y mettent seuls en mouvement ou restent seuls immobiles.

II. CONSTRUCTION D'ENVELOPPES PROTECTRICES DESTINÉES A SUPPLÉER A L'ABSENCE DE CARAPACE NATURELLE

Bon nombre d'Animaux aquatiques mous suppléent à l'absence de carapace ou de coquille natu-

Léon Fredericq. *Arch. zool. exp.* V. 1876.

relle, en se construisant, de matériaux divers, des enveloppes protectrices. Les Ascidies simples auxquelles le professeur de Lacaze-Duthiers a donné le nom

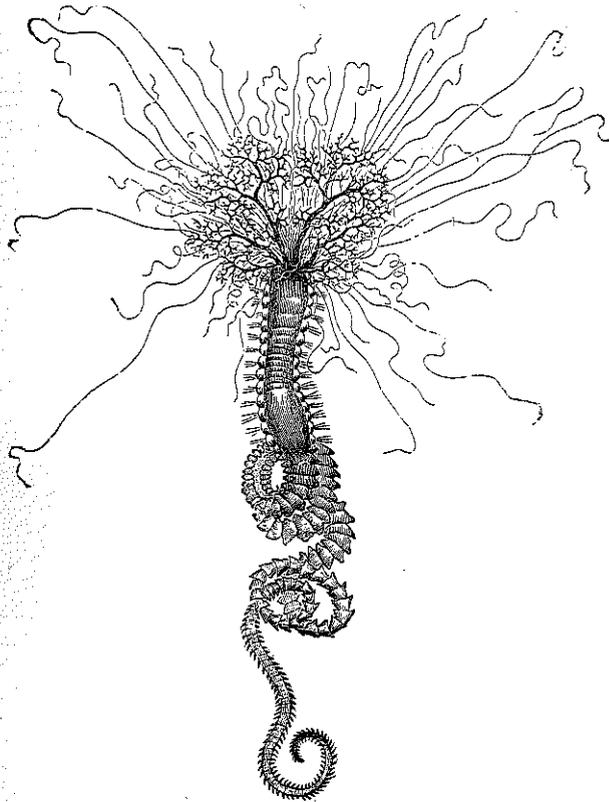


FIG. 23. — Térébelle.

d'*Anourella Roscovita*, s'incrustent la peau de grains de sable; d'autres espèces s'entourent de gravier, de pierres plus ou moins volumineuses.

FREDERICQ, La Lutte pour l'exist.

L'une d'elles, une *Cynthia*, englobe de la sorte une foule de corps étrangers minéraux, végétaux et animaux qui la cachent entièrement. La richesse et la variété de ce revêtement a valu à l'espèce le nom de *Microcosmus* ou *petit monde*.

Les Annélides tubicoles se construisent des étuis formés de matières organiques, de débris de coquilles, de grains minéraux, etc. Parmi les espèces les plus intéressantes sous ce rapport, nous citerons les Térébelles nébuleuse et coquillière (*Terebella nebulosa*, *T. conchilega*) que l'on rencontre fréquemment à Roscoff sous les pierres. La Térébelle nébuleuse est un Ver d'une belle couleur chair, long d'un décimètre, présentant du côté de la tête une chevelure de tentacules longs et déliés. Lorsqu'ils sont déployés autour de l'Animal, celui-ci disparaît dans un véritable nuage de filaments, d'où le nom de *nébuleuse* donné à l'espèce. Le tube dans lequel vit la Térébelle coquillière est formé de débris de coquilles et de grains de sable agglutinés.

Si l'on retire un de ces Animaux de son tube et si on le place avec du sable et un peu d'eau de mer dans un vase plat, une assiette creuse par exemple, l'Annélide se remet immédiatement à la besogne pour reconstituer son étui protecteur. Les longs tentacules sont envoyés dans toutes les directions en éclaireurs. Tout grain de sable, tout débris solide utilisable est aussitôt saisi et ramené au corps de l'Animal: en peu d'heures l'étui protecteur est reconstitué.

Les Larves de Phryganes, si abondantes au printemps dans les eaux douces de nos fossés et de nos étangs, se construisent pareillement des étuis formés de débris végétaux et de coquilles.

Les petits Crustacés appelés Dromies, se dissimulent sous une Éponge ou un Alcyon qu'ils maintiennent sur leur dos à l'aide de leurs pieds postérieurs, relevés à cet effet et armés d'ongles aigus. Ce n'est pas seulement un bouclier qu'ils portent ainsi, mais aussi un déguisement, destiné à inspirer au menu peuple du voisinage une confiance trompeuse. La Dromie, prise pour l'innocent Polype qui la cache, se précipite sur sa proie, avant que celle-ci ait eu le temps de revenir de sa surprise.

Il en est de même des Dorippes et de plusieurs autres Crustacés plus agiles, qui portent perpétuellement sur leur dos quelque objet propre à les cacher, soit aux yeux de leurs ennemis, soit à ceux de leur proie. Cette particularité a valu à une des espèces de Dorippe l'épithète de *Facchino*, porte-faix, que lui donnent les pêcheurs italiens.

Les Larves de *Cassida* portent avec elles leurs excréments sous lesquels elles se cachent.

Un Crabe, *Hypoconcha tabulosa*, dont la carapace est trop tendre pour lui permettre de sortir nu, se couvre de la coquille d'un bivalve. Nous avons vu précédemment que d'autres petits Crabes, les Pinnothères se logent à l'intérieur même de Mollusques vivants.

Les Pagures ou Bernards l'Hermitte dont nous avons déjà parlé, sont des Crustacés décapodes, très communs sur toutes les côtes de France, semblables à des Homards en miniature, mais présentant sur toute la partie postérieure du corps une carapace absolument molle.



FIG. 24. — Pagure ou Bernard l'Hermitte.

Les Pagures protègent leur abdomen en s'introduisant à reculons dans les coquilles abandonnées, Littorines, Natices, Buccins, Troques, etc., qu'ils trouvent au fond de l'eau ou au bord de la mer. Les jeunes se contentent de toutes petites habitations; à mesure qu'ils grandissent, ils ont besoin de se mettre

à l'aise et doivent de temps en temps abandonner leur loge devenue trop étroite et l'échanger contre une coquille vide plus spacieuse.

Le Pagure transporte partout avec lui sur le dos la coquille qui lui sert d'hermitage. Dès qu'un danger le menace, il se retire entièrement sous son bouclier d'emprunt, de manière à ne présenter à l'entrée de sa retraite, qu'une panoplie vivante de lances et de tenailles propres à tenir l'ennemi à distance respectueuse.

Le rôle de chasseur rentre d'ailleurs bien plus dans ses goûts batailleurs que celui de gibier. Ici la coquille lui sert à la fois d'armure et de déguisement. Ainsi affublé en Mollusque, le terrible Pagure présente un aspect si bénin qu'il s'introduit partout sans éveiller la défiance de la proie convoitée.

Les Cœnobites sont des Crustacés terrestres dont les mœurs rappellent celles des Pagures. Le D^r Brock a publié récemment à leur sujet d'intéressantes observations.

« En avril et mai 1885, dit-il, je me trouvais sur l'île Noordwachter, à environ 50 milles marins au Nord-Ouest de Batavia. C'est une petite île, formée par un récif de corail, dont la superficie ne dépasse guère un quart de kilomètre carré. A l'exception du point, sur lequel se trouve érigé un phare avec ses dépendances, que nous habitons, toute l'île est couverte d'une épaisse forêt. Dans cette forêt vivent de grands Pagures terrestres, appartenant au genre *Cœnobite*.

Ces Crustacés se logent généralement dans la coquille d'une grande espèce de Mollusque du genre *Bulime*. L'île de Noordwachter étant relativement éloignée de Java, le nombre de Mollusques pulmonés terrestres de grande taille, qui l'habitent, est loin d'être considérable. Aussi les Pagures sont-ils contraints à rechercher pour leur servir de demeure, les coquilles de Mollusques marins. J'en ai souvent observé qui étaient à la recherche, au bord de la mer, des coquilles marines; souvent aussi j'en ai rencontré dans les sentiers du taillis, qui se trouvaient logés dans la coquille d'un grand *Troque* marin. Toutefois, l'endroit du bord de la mer, où sont rejetées en assez grande abondance les coquilles des grands Mollusques marins, est inaccessible aux Pagures terrestres. Aussi, plus d'un Cœnobite devait-il souvent être embarrassé, lorsqu'il se trouvait dans l'obligation de chercher une nouvelle demeure, la sienne étant devenue trop exigüe pour le contenir.

« Pour parer à cet inconvénient, voici ce que firent maints Pagures.

« Derrière l'habitation que je partageais avec les gardiens du phare, l'on déposait en un tas les ordures et les débris de notre ménage. J'y avais fait jeter entre autres choses des fragments de tubes de verre cassés, de toutes tailles, qui me servaient à collectionner mes matériaux d'études.

« Or j'ai rencontré, à différentes reprises, dans la forêt, des Cœnobites, qui avaient protégé leur

abdomen, en l'enfonçant dans un fragment de tube cassé. Il est à peine besoin de dire que l'Animal avait choisi dans les débris de tubes celui dont le diamètre lui convenait le mieux. Le morceau de tube suppléait par conséquent à l'absence de coquilles de Mollusques ».

Ce fait est des plus intéressants : il nous montre que l'instinct des Cœnobites sait s'adapter aux circonstances au milieu desquelles ces Animaux vivent. Il est probable que si les coquilles vides venaient à leur faire entièrement défaut, à la suite par exemple de la destruction totale de tous les *Bulimes* de l'île, les Cœnobites sauraient trouver dans la nature qui les environne un moyen de suppléer à ce qui leur manque; l'enveloppe d'un fruit, la capsule d'une graine quelconque leur servirait à loger leur abdomen, et jouerait le rôle de la coquille protectrice. Ici l'instinct confine réellement à l'intelligence.

III. PROBLÈME DE L'ACCROISSEMENT DU CORPS CHEZ LES ANIMAUX A ENVELOPPE DURE ET INEXTENSIBLE

L'étude des enveloppes résistantes qui servent de rempart protecteur aux parties molles des Animaux, nous conduit naturellement à une question intéressante, celle de la *mue*.

Chez les Crustacés, la carapace qui protège le corps, doit sa solidité et sa dureté aux sels calcaires dont elle est abondamment imprégnée. Cette cuirasse minéralisée est absolument inextensible : en outre elle ne peut s'accroître par additions interstitielles, comme le font les os des Animaux supérieurs. La coque rigide oppose donc chez le Crabe, le Homard, l'Ecrevisse, une barrière absolue à l'accroissement de l'Animal. Celui-ci, pour pouvoir augmenter de volume, en est réduit à muer, c'est-à-dire à se débarrasser périodiquement de la carapace ancienne devenue trop étroite et à en revêtir chaque fois une nouvelle. Tel un chevalier du moyen âge, prenant de l'embompoint échangeait l'armure ancienne dans laquelle il se sentait serré, contre un vêtement de fer plus ample.

D'après M. Chantran, la jeune Ecrevisse change pour la première fois de peau dix jours après son éclosion : elle présente sept autres mues dans le courant de la première année de son existence. Dans la seconde année, il y a cinq mues; dans la troisième, il y en a deux, la première en juillet, la seconde en septembre. A l'âge adulte, on retrouve les deux mues annuelles, chez l'Ecrevisse mâle, les femelles ne présentant que la mue d'automne.

En général, les Crustacés adultes, Homards, Langoustes, Crabes, changent de tégument au moins une fois l'an, ordinairement vers la fin de la belle saison. Cependant, il y a de nombreuses exceptions à cette règle : Quekett a rencontré des Crabes sur la carapace

desquels se trouvaient fixées des Huitres de trois ans. La dernière mue remontait évidemment ici à plus de trois ans.

L'opération de la mue constitue, surtout pour le Crustacé de grande taille, à tégument rigide, une redoutable épreuve dont il ne triomphe pas toujours. L'Animal qui doit procéder au renouvellement de sa carapace, semble avoir le pressentiment des dangers qui vont le menacer. Il est inquiet, il fuit la société de ses semblables et cherche une retraite obscure, pour y subir l'opération décisive, à l'abri des regards indiscrets et surtout des convoitises que ne manquent pas de provoquer la chair vive, fraîchement dépouillée de sa coque.

Chez le Homard, l'Ecrevisse, la Langouste et sans doute chez les Décapodes macroures en général, le phénomène de la mue débute par la production d'une fente transversale, ayant son siège sur le dos de l'Animal, entre le premier anneau de l'abdomen et la grosse pièce de la carapace recouvrant la partie antérieure du tronc ou *céphalo-thorax* (*tergum* et *épimères* réunis). On croyait autrefois que la queue, les pattes et les pinces présentaient également des fentes longitudinales, qui facilitaient la chute de l'ancienne peau. Il n'en est rien. Ainsi que l'ont montré les recherches de M. Vitzou, et quelque invraisemblable que le fait paraisse, au moment de la mue le corps tout entier du Homard avec tous ses appendices, antennes, pinces, pattes, branchies, etc.,

se dégage à travers l'unique déchirure dorsale de la membrane qui unit la queue au tronc¹.

L'Animal se couche sur le côté et exécute à la fois des mouvements du corps et de tous les appendices mobiles. Ces mouvements ont pour effet de rompre les adhérences qui peuvent encore exister entre la carapace et les tissus mous sous-jacents. Ces adhérences sont d'ailleurs peu intimes, car pendant les jours qui précèdent le moment de la mue, la carapace se sépare presque partout de la surface sous-jacente, par l'interposition d'une gelée semi-liquide et gluante.

Les efforts que l'Animal exécute pour sortir de son enveloppe, ont pour premier effet de détacher la partie antérieure du corps, et de retirer à moitié les pinces et les pattes de leurs coques respectives, à peu près comme on retirerait la main d'un gantelet de fer trop étroit. Ce n'est pas sans peine et souvent sans avaries, que le pauvre Homard parvient à faire passer les parties molles de ses énormes pinces à travers l'étroite filière constituée par les anneaux des premiers articles qui portent la pince. Aussi n'est-il pas rare de voir une ou plusieurs pattes arrachées par les efforts que nécessite cette terrible épreuve.

La mue des Chenilles est également pleine de dangers et se termine parfois par la mort de l'Animal. Ces opérations physiologiques rappellent la ponte des

¹ Vitzou, *Arch. zool. exp.* 1880.

œufs chez les Oiseaux ou l'expulsion du fœtus à terme chez les femelles des Mammifères. On dirait vraiment que la nature se plaît à réduire au minimum le diamètre des conduits par lesquels elle s'efforce de faire passer des corps solides de gros calibre. Aussi n'est-il pas étonnant que l'opération ne soit pas toujours couronnée de succès.

Le plus souvent le Homard réussit cependant à dégager complètement la partie antérieure du corps et apparaît à travers la fente dorsale, tout ému et tout meurtri. Il ne lui reste qu'à dégager et à retirer par le même passage, la partie postérieure du corps, ce qui lui est relativement facile. Il exécute pour cela un saut brusque en avant, étend son abdomen et l'arrache de ses anciennes enveloppes.

A ce moment, la mue est achevée : la carapace, éliminée d'une pièce, reprend en vertu de l'élasticité des articulations, sa figure ordinaire, et l'on croirait que l'on se trouve en présence de deux Homards, l'un dur et immobile, l'autre mou et vivant, tant le squelette abandonné a conservé l'intégrité de ses moindres parties.

Le mécanisme de la mue est un peu différent chez les Décapodes brachioures, c'est-à-dire chez les Crabes. Ici le bouclier dorsal (*Tergum* seul) qui constitue la partie supérieure et apparente de la carapace se soulève légèrement et se désarticule circulairement d'avec les pièces sous-jacentes ou *Epimères*. Chez le Crabe, la fente de dégagement de l'Animal se produit

donc entre le *Tergum* et les *Epimères*, tandis que chez le Homard, la fente se trouve située sous la pièce céphalo-thoracique unique, résultant de la soudure du *Tergum* avec les *Epimères*.

Les choses restent dans cet état pendant un certain

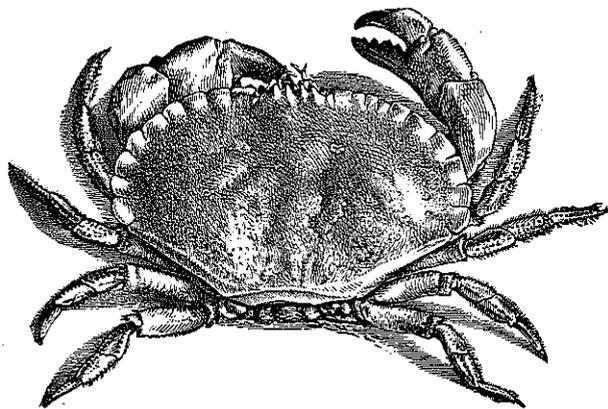


FIG. 25. — T^o Éteau ou Crabe pagure.

temps : ce n'est qu'au bout de plusieurs jours que se déclare le vrai travail d'expulsion de la carapace. L'Animal est couché sur le ventre et exécute des mouvements alternatifs des pattes et des antennes, ayant pour but de les débarasser de leurs coques. Mais à l'inverse de ce qui se produit chez le Homard, c'est toujours ici l'abdomen qui sort le premier, puis les pattes ambulatoires se dégagent ; enfin, après bien des tentatives, les pinces elles-mêmes finissent par être extraites de leur prison calcaire. Ici aussi, les éguments anciens abandonnés par le Crabe qui

vient de muer, sont remarquables par leur intégrité. L'opération de la mue active dure chez les Crabes vingt, trente, soixante minutes et même davantage.

Les Crustacés qui viennent de muer sont recouverts d'une peau entièrement molle ; ce n'est qu'au bout de vingt-quatre heures que les téguments commencent à prendre quelque consistance : il faut chez les petits Crabes ménades, trois à quatre jours avant que la nouvelle carapace soit complètement durcie par un dépôt de sels calcaires. Les gros Crabes tourteaux mettent plus de temps à consolider leur enveloppe, et les Homards et les Langoustes encore davantage.

Les quantités considérables de sels calcaires qui se déposent ainsi en quelques jours dans le nouveau tégument, après la mue, proviennent chez l'Écrevisse de deux masses discoïdes, formées de carbonates et de phosphates de chaux, qui se forment sur les parois latérales de l'estomac pendant les derniers temps qui précèdent la mue. Ce sont les *oculi Cancrorum* ou *yeux d'Écrevisse* de l'ancienne pharmacie. Au moment de la mue, ces pierres tombent dans l'estomac, s'y dissolvent et leur substance reprise par le sang est ensuite transportée par ce liquide et déposée dans la nouvelle carapace.

Chez le Homard, on trouve pareillement, à l'approche de la mue, contre la paroi stomacale, une réserve de sels calcaires, sous forme de nombreux petits bâtonnets oblongs tronqués. On n'a jusqu'à présent rien découvert de pareil chez le Crabe. On

ignore où il cache la provision de sels calcaires destinés à consolider la nouvelle carapace.

Comme nous l'avons dit plus haut, le phénomène de la mue est nécessité par l'accroissement de l'Animal, le contenu ne trouvant plus place dans le contenant. M. Vitzou a constaté en effet, par des mensurations exactes, que le Crabe et le Homard encore mous, sont manifestement plus longs et plus gros que la carapace qu'ils viennent de quitter et dans laquelle ils se trouvaient à l'étroit.

Le phénomène de la mue s'étend également chez les Crustacés à une bonne partie de la surface interne dure du tube digestif. Le revêtement chitineux de l'intestin terminal sort par l'anus; celui de la bouche et de l'intestin antérieur est littéralement vomé par la bouche.

Dans d'autres groupes d'Animaux articulés, chez beaucoup d'Insectes par exemple, dont les téguments sont inextensibles comme ceux des Crustacés, le problème de l'accroissement se trouve résolu d'une façon analogue. Tout le monde sait que les Vers à soie par exemple, changent de peau, muent un certain nombre de fois avant de se transformer en Chrysalide ou Nymphe. Parmi les Lépidoptères, les Larves des Diurnes ou Rhopalocères ont trois mues; la plupart des Nocturnes ou Hétérocères en ont quatre comme le Ver à soie, mais souvent on en compte davantage, parfois jusqu'à sept et huit.

La période critique de la mue s'accomplit ici aussi avec de pénibles efforts. La peau se plisse, puis se fend longitudinalement sur le dos. La Chenille se dégage peu à peu de son étroit fourreau. Cette opération n'est pas sans danger: il arrive plus d'une fois que l'ancienne peau présente des plis ou des étranglements et fasse périr la malheureuse Chenille en l'étouffant. L'éclosion du Papillon, le moment où l'Insecte parfait, rompant la coque qui le retenait prisonnier, s'élance dans les airs, représente une dernière mue.

Ces mues ne concernent en général que les Larves. L'Insecte parfait ne change pas de peau: aussi ne peut-il plus s'accroître. Il conserve strictement les mêmes dimensions depuis le moment de l'éclosion jusqu'à sa mort. C'est pour cela que les Insectes d'une même espèce ont tous à peu près même taille, même ceux qui vivent plusieurs années, comme les Abeilles, les Fourmis. Au reste, cette longue durée de l'existence de l'Insecte parfait constitue un fait exceptionnel. Un grand nombre d'Insectes ne vivent que quelques jours ou quelques heures. Plusieurs Papillons ne prennent même aucune nourriture pendant la courte durée de leur existence aérienne, consacrée tout entière aux soins de la reproduction. Les Ephémères doivent précisément leur nom à la courte durée de leur existence.

Le phénomène de la mue se rencontre également chez les Reptiles, spécialement chez les Ophidiens. Beaucoup de Serpents se débarrassent en une fois de toute leur peau ancienne.

Je possède une peau entière de Couleuvre à collier provenant de la mue, et ne présentant aucune déchirure. Cette peau a dû se détacher au pourtour de la bouche, puis l'Animal a passé par cet orifice buccal.

Si le changement de peau se trouvait empêché par une cause quelconque, il en résulterait le plus grand danger pour l'Animal, la résistance de la peau étant suffisante pour opposer un obstacle absolu à l'accroissement des corps. En effet, chez les Ophidiens, comme chez les Crustacés, la mue constitue une épreuve redoutable qui peut entraîner la mort de l'Animal.

Le mécanisme intime de la mue est ici des plus singuliers, il se forme dans la profondeur de l'épiderme une couche continue et uniforme de petits poils fins et serrés. Cette couche établit une séparation complète entre la portion superficielle de la peau qui est destinée à être soulevée et à tomber et la portion profonde qui reste et constitue le tégument nouveau de l'Animal¹.

¹ D'après le docteur Braun, la séparation de l'ancienne carapace se ferait chez les Crustacés par un mécanisme analogue, c'est-à-dire par la formation d'une couche continue de poils courts.

La mue chez les Reptiles est analogue à la désquamation épidermique et à la chute des poils chez l'Homme et les Mammifères, à la chute des plumes des Oiseaux, etc.

Le problème de l'accroissement du corps, malgré l'existence d'une enveloppe dure, protectrice, se trouve réalisé d'une façon très différente chez les Mollusques.

Chez les Gastéropodes à coquille univalve, tels que l'Escargot, cette coquille peut être ramenée à la forme schématique d'un tube cylindro-conique fermé à l'une de ses extrémités, ouvert à l'autre. Ici donc, l'enveloppe qui protège le corps n'est pas fermée; elle présente toujours une partie ouverte à bord libre. C'est par ce bord que se fait l'accroissement de la coquille.

Chez quelques espèces, la forme de la coquille simplement conique à base ouverte se trouve conservée. Les Patelles dont les nombreuses coquilles, en forme de grosse tête de clou saillante, garnissent les rochers à la limite des marées, nous en offrent un exemple vulgaire. A mesure que l'Animal de la Patelle s'accroît, le cône de la coquille augmente également de dimensions, par l'adjonction de nouvelles couches calcaires qui l'allongent et l'élargissent du côté de la base.

Chez la plupart des autres Gastéropodes, le tube de la coquille est enroulé autour d'un axe et conduit ainsi à la formation de coquilles spirales, comme

celle de l'Escargot, des Buccins, des Scalaires, etc. Ici aussi l'accroissement se fait exclusivement du côté de l'orifice, par addition de zones circulaires, dont les traces subsistent sous forme de stries à la surface de la coquille.

Chez les Lamellibranches tels que l'Huître, la Moule, la coquille bivalve ne représente pas non plus une cavité close. Les deux valves de la coquille s'écartent et baillent de plus en plus à mesure que la taille de l'Animal augmente. La coquille elle-même croît par les bords libres, et augmente en même temps d'épaisseur par adjonction de nouvelles couches calcaireuses sur sa face interne.

Enfin, chez beaucoup d'Animaux dont la carapace est formée d'un grand nombre de pièces soudées les unes aux autres, l'accroissement porte sur toutes ces pièces à la fois. Chacune d'elles augmente d'étendue principalement par les bords. C'est ainsi, par exemple, qu'on peut se rendre compte de l'augmentation du test de l'Oursin et de la carapace des Poissons connus sous le nom de *Coffres*.

CHAPITRE IX

MIMÉTISME

- I. *Adaptation des Animaux à la tinte du milieu dans lequel ils vivent.* — Livrée des Animaux des régions polaires, du désert, de la mer des Sargasses, des prairies de Zoostère, etc. Animaux pélagiques transparents comme l'eau. Les Animaux à couleurs voyantes ne sont pas bons à manger ou possèdent des moyens particuliers de protection. Papillons diurnes.
- II. *Ressemblance des Animaux avec des objets déterminés de leur entourage.* — Dessin granité de la peau des Crustacés et des Poissons, imitant le piqueté du sable. *Pontonia Diazona*, *Phyllopteryx* Chevallier, Papillons de nuit. Orthoptères et Papillons simulant des feuilles.
- III. *Mimétisme proprement dit, Mimicry. Imitation d'un Animal par un autre.* — Bourdons et Volucelles, Sésies et Hyménoptères porte aiguillon, *Eristalix* et Abeille, Héliconides et Leptalidés, *Diadema* et Danaïs, *Pliocerus aequalis* et *Elaps fulvius*, etc.
- IV. *Changements de coloration. Fonction chromatique et mimétisme passager.* — Diversité de nuances des larves et chrysalides de Papillons suivant la coloration du milieu ambiant. Hermine, Caméléon, Grenouille.
- Fonction chromatique chez les Poissons. Recherches de Pouchet. Expansion et retrait des chromatophores accommodant la nuance du Poisson à celle du fond. Aptitude chromatique des jeunes Turbots. Influence du système nerveux. Expériences de sections nerveuses. Système nerveux central, grand sympathique. Impression lumineuse rétinienne agissant comme point de départ des changements de coloration de la peau.
- Fonction chromatique des Mollusques céphalopodes. Le Polype d'Aristote. Russes des Sépioles. Projection de l'encre. Recherches de Girod sur la poche du noir. Le jeu des chromatophores chez le Poulpe. Émotion légère se traduisant par l'apparition d'une tache oculaire noire. Émotion forte amenant la coloration foncée et les saillies papillaires de la peau.
- Mécanisme des chromatophores des Céphalopodes. Muscles dilatateurs et leurs nerfs moteurs. Expériences de section et d'irritation des nerfs palléaux. Masse nerveuse sous-céphalique. Pâtes couleurs du Poulpe. Excitation directe des muscles des chromatophores par l'électricité, la

chaleur, les irritants chimiques. Observation microscopique du jeu des chromatophores sur des lambeaux isolés de peau.

V. *Utilité pratique des faits de mimétisme.* — Egré de développement du sens des couleurs et du sens de la vue chez les Animaux chasseurs. Sens des couleurs chez les héros d'Homère Daltonisme. Expériences de Paul Bert et John Lubbock sur la vision des Daphnies. Rayons ultraviolets recherchés par les Daphnies de préférence à l'obscurité. Les mêmes rayons évités par les Fourmis. Expériences de Graber sur le développement de l'aptitude à distinguer les couleurs.

Aptitude à distinguer la forme des objets Expériences de F. Plateau, Forel, Dahl, etc. s.r. la vision des Insectes. Araignées et Myriapodes. Erreurs des Araignées.

I. ADAPTATION DES ANIMAUX A LA TEINTE DU MILIEU DANS LEQUEL ILS VIVENT

Un grand nombre d'Animaux présentent une remarquable conformité de teinte avec le milieu dans lequel ils passent leur existence. L'Ours blanc, le Renard bleu, le Lièvre polaire et beaucoup d'autres habitants des régions arctiques sont blancs, au moins en hiver. La livrée couleur de neige qu'ils ont adoptée joue évidemment un rôle protecteur dans la lutte pour l'existence : elle permet à l'Ours et au Renard d'approcher de leur proie sans être vus; les Animaux chassés ont également avantage à se confondre avec le tapis de neige sur lequel ils vivent : ils ont ainsi plus de chances d'échapper à leurs ennemis.

Le Lion, la Gazelle ont la teinte gris fauve des sables brûlants de leur patrie. Cette *couleur du désert* est caractéristique pour toute la faune de l'Arabie et du Sahara.

Dans la mer des Sargasses, un grand nombre de

Crustacés, de Mollusques, d'Ascidies, etc., ont exactement la nuance olivâtre des végétaux flottants sur lesquels ils se trouvent. Les *Lucernaires* que l'on trouve à Roscoff sur les prairies de Zoostères, sont du même vert que ces dernières.

Sur le disque des Étoiles de mer et des Comatules, sur la carapace des Oursins, vit toute une population de petits Animaux qui ont uniformément adopté la couleur de leur hôte.

Combien n'a-t-on pas cité d'Animaux pélagiques transparents comme du cristal, ou plutôt comme l'eau de mer dans laquelle ils flottent et dont ils ne se distinguent en aucune façon. Le zoologiste qui se fierait à ses yeux pour les capturer, ne prendrait presque rien. Leur chasse se fait au moyen d'un fin filet de mousseline, que l'on promène à l'aveuglette.

Dans nos campagnes, les petits Mammifères qui habitent les champs labourés, Campagnols, Musaraignes, Belettes, Lièvres, ont également le pelage couleur de terre. Les tons verts au contraire sont fréquents chez les Insectes, les Reptiles, les Batraciens qui vivent dans l'herbe ou dans le feuillage, et contribuent certainement à protéger les Animaux qui en sont revêtus.

Cette adaptation de l'être vivant au milieu qui l'entoure est un fait tellement banal, tellement évident qu'il est superflu d'en multiplier les exemples. La plupart des exceptions connues à cette loi de protection par la couleur ont été étudiées et expliquées

d'une manière satisfaisante. On a montré, par exemple, que beaucoup d'Animaux revêtus de livrées éclatantes et qui semblaient devoir attirer les regards, étaient cependant protégés efficacement contre la dent ennemie par le goût répugnant de leur chair ou par l'odeur nauséabonde qu'ils répandent, ou par tout autre moyen analogue. (Voir plus loin l'exemple des Héliconides). Comme Wallace et Bates l'ont fait observer, la plupart des Animaux rendus très évidents par leur couleur, ne sont pas bons à manger.

Nos brillants Papillons de jour ne montrent leurs vives couleurs que lorsqu'ils volent. Au repos, ils tiennent les ailes verticales, appliquées les unes contre les autres, de manière à ne laisser voir que leur face inférieure, dont les tons sombres tranchent à peine sur ceux des objets environnants. Au repos, ils sont donc protégés par leurs couleurs peu voyantes. Dès qu'ils volent au contraire, ils attirent tous les regards, ils ne sont plus protégés : mais ils n'ont plus besoin de l'être. Leur vol saccadé doit rendre leur capture à peu près impossible aux Oiseaux insectivores. Les amateurs de Papillons savent que même avec un grand filet de 30 centimètres de diamètre, il faut une certaine habileté pour prendre les Papillons au vol. Or l'ouverture d'un tel filet représente certainement cinq cents fois la surface d'un bec d'Oiseau largement béant. L'Oiseau qui n'a qu'une chance sur cinq cents de saisir au vol le brillant Papillon, fait mieux de renoncer à cette chasse décevante et de se livrer à

des poursuites plus fructueuses. Les Oiseaux insectivores paraissent en effet ne faire aucune attention aux Papillons de jour.

II. RESSEMBLANCE DES ANIMAUX AVEC DES OBJETS DÉTERMINÉS DE LEUR ENTOURAGE

La ressemblance que présentent certains Animaux avec des objets déterminés de leur entourage n'est souvent pas limitée à la couleur générale du fond, mais s'étend fréquemment aux détails de la livrée et à la conformation extérieure tout entière¹.

Les Crevettes, les Crabes, les jeunes Plies et autres petits Poissons qui vivent sur les fonds de sable peu profonds, ont tous le corps gris clair granité de foncé, de manière à se confondre avec le piqueté du sable. On ne s'aperçoit de leur présence que lorsqu'ils se déplacent.

Lucien Joliet a décrit une petite Crevette (*Pontomia Diazonæ*) qui vit à la surface de certaines colonies transparentes d'Ascidies composées (*Diazona*) de Menton. La Crevette est transparente comme les Ascidies et présente comme ces dernières des dessins jaune d'ocre : l'imitation est si parfaite que lorsque la Crevette est appliquée sur la colonie de *Diazona*, il n'est plus possible de s'apercevoir de sa présence

¹ Léon Fredericq. *Arch. zool. exp.*, V, 1876.

que lorsqu'elle remue ou lorsqu'on sait d'avance où la chercher.

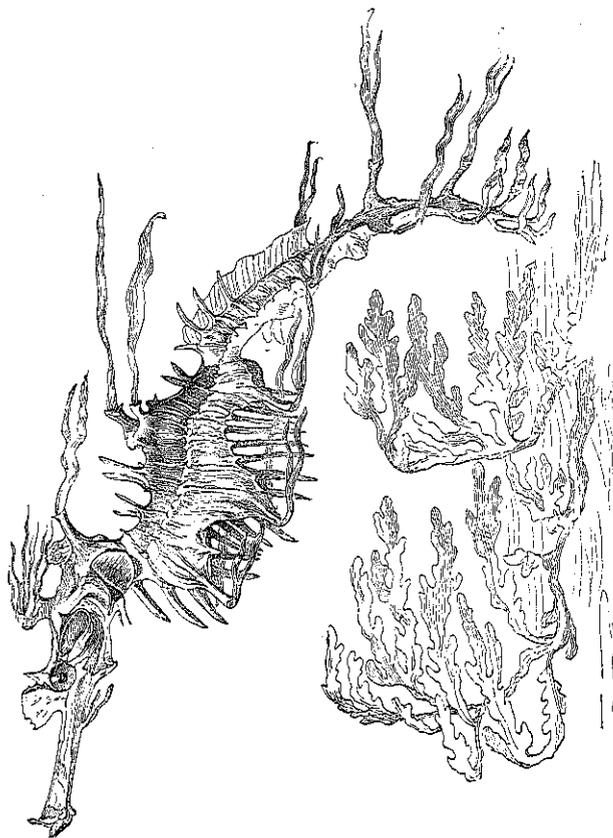


FIG. 26. — Phyllopteryx chevalier.

P. Hallez a fait une étude approfondie des faits d'adaptation et de mimétisme chez les Turbellariés.

La figure 26 représente le Phyllopteryx chevalier, Poisson lophotranche qui vit dans les Fucus et dont

la teinte et la forme s'harmonisent étonnamment avec celles de ces végétaux.

Chez les Papillons de nuit qui passent la journée fixés contre l'écorce des arbres, les ailes de dessus et les parties découvertes du corps présentent un fond de coloration grisâtre ou brunâtre avec des marbrures ou des taches plus foncées se confondant pour chaque espèce exactement avec la teinte de l'entourage.

Beaucoup d'Orthoptères des régions tropicales, appartenant à la famille des Phasmides, ont l'aspect de feuilles sèches ou de branches mortes. Les espèces du genre *Phyllium* qu'on élève à Java par curiosité ressemblent si parfaitement pour la couleur, la forme et les nervures à la feuille du Goyavier sur laquelle elles vivent en restant immobiles pendant le jour, qu'il est impossible de les en distinguer.

Les *Callima paralecta* et *Inachis*, etc., Papillons diurnes des pays chauds, ont l'habitude de se reposer sur les tiges d'arbrisseaux dont ils simulent alors une feuille. Les ailes inférieures se prolongent en une espèce de queue qui s'appuie contre le rameau véritable : c'est le pétiole de la feuille. La nervure médiane de la feuille et les nervures secondaires sont également indiquées par des lignes et des stries foncées. L'illusion est, paraît-il, complète.

III. MIMÉTISME PROPREMENT DIT IMITATION D'UN ANIMAL PAR UN AUTRE

Certains Animaux ressemblent à s'y méprendre à d'autres êtres dont parfois ils diffèrent notablement au point de vue de l'organisation interne. Tous ces faits ont pendant longtemps été cités à titre de simple curiosité, sans qu'on cherchât à se rendre compte de leur signification.

Kieby et Spence furent les premiers à découvrir l'utilité que ces coïncidences peuvent présenter. Ils montrèrent que la ressemblance étonnante que certaines espèces de grosses Mouches ou Diptères (Volucelles, Bombylius) présentent avec les Bourdons (qui appartiennent à un autre ordre d'Insectes, celui des Hyménoptères) permet aux premières de pénétrer dans le nid des Bourdons et d'y pondre leurs œufs, sans attirer l'attention des légitimes propriétaires. L'intruse est si bien déguisée qu'elle est prise par les Bourdons affairés pour un membre de la communauté. Les Larves qui naissent de ces œufs introduits en fraude, consomment le miel et les provisions que les industriels Bourdons destinaient à leur propre progéniture. Beaucoup d'Abeilles sauvages et de Bourdons sont ainsi exploités par les Volucelles; chaque espèce de Volucelle ayant exactement la livrée de l'espèce de Bourdon à laquelle elle s'attaque et dont ses Larves pillent les provisions.

Les Papillons absolument inoffensifs du genre *Sesia* ont la forme, la couleur et les allures des Guêpes et bénéficient probablement de la terreur que ces Hyménoptères porte-aiguillon inspirent à leurs ennemis. Les noms, assez mal choisis d'ailleurs, des différentes espèces de Sésiides sont destinés à indiquer ces ressemblances. *Sesia stomoxyliformis* est la copie d'*Ichneumon raptorius* et non de *Stomoxys*. *Sesia asiliformis* ressemble aux *Cerceris* et non aux *Asilus*. *Sesia empidiiformis* imite, non *Empis*, mais une petite Guêpe. *Sciapteron tabaniforme* reproduit la forme et les couleurs d'*Odynerus*, etc.

Les grosses Mouches brunes (*Eristalis tenax*) qui butinent en grand nombre pendant toute la belle saison sur les fleurs du moindre jardinet, à la façon des Abeilles, ont tant de ressemblance extérieure avec ces dernières qu'un naturaliste lui-même ne les saisira qu'avec précaution, de crainte d'être piqué. Cependant l'*Eristalis* n'a pas d'aiguillon : la ressemblance avec l'Abeille est d'ailleurs toute superficielle; l'*Eristalis*, en sa qualité de vraie Mouche ou Diptère, n'a que deux ailes, tandis que l'Abeille, et les Hyménoptères en général, en ont quatre.

La livrée et les allures des Guêpes et des Abeilles sont ainsi copiées avec plus ou moins d'exactitude par un grand nombre d'Insectes appartenant aux ordres des Hyménoptères, des Diptères, des Lépidoptères et des Coléoptères.

Ces faits de *mimétisme*, de *mimicry*, comme les a

appelés Bates, sont aujourd'hui connus en grand nombre, grâce aux recherches de Bates, de Wallace, de Fritz Müller, etc. Un des exemples les plus remarquables de protection par imitation est celui des Héliconides et des Leptaliés.

Les Héliconides sont des Papillons diurnes de l'Amérique méridionale, remarquables par les dimensions de leurs ailes et la longueur de leurs antennes, ainsi que par les couleurs brillantes dont ils sont revêtus. Ces teintes sont si voyantes qu'elles les font découvrir facilement, même après le coucher du soleil, entre les feuilles où ils se réfugient pour passer la nuit. On pourrait croire *a priori* que cette parure brillante constitue pour les Héliconides un don funeste, et qu'elle doit les vouer à une mort rapide en les signalant de loin à leurs ennemis, d'autant plus que leurs mouvements manquent absolument d'agilité. Cependant, parmi les innombrables débris d'Insectes qui jonchent le sol des forêts vierges du Brésil, on ne rencontre jamais une aile ni un fragment d'Héliconides. En effet, les Oiseaux et les autres Animaux insectivores évitent soigneusement de s'attaquer aux Héliconides, tant l'odeur que répandent ces brillants Papillons est nauséabonde, et tant le goût de leur chair est repoussant. La sécrétion fétide qui suinte de leur corselet et le dégoût qui en résulte constituent la meilleure des protections. L'Oiseau qui a goûté une seule fois d'un Héliconide, ne s'y laissera plus prendre une seconde fois. Quant au coloris brillant des Héli-

conides, c'est pour eux un véritable avantage, puisqu'il permet de les distinguer de loin des autres Papillons et qu'il contribue ainsi à les faire éviter des Animaux insectivores.

Or il existe dans les mêmes forêts d'autres espèces de Lépidoptères diurnes (*Leptalis*, *Erycina*, *Ithonia*), appartenant à la famille des Leptaliés et qui ressemblent étonnamment aux Héliconides, mais qui ne possèdent ni leur odeur ni leur goût repoussant. Les Leptaliés se trouvent protégés contre les Oiseaux et leurs autres ennemis par la seule ressemblance qu'ils présentent avec les Héliconides et bénéficient du dégoût que ces derniers inspirent.

La ressemblance des Leptaliés et des Héliconides est si frappante que des naturalistes exercés, tels que Bates et Wallace, s'y laissèrent prendre d'abord et confondirent pendant quelque temps les espèces des deux groupes. En y regardant de près, ces savants constatèrent que les Papillons, si semblables extérieurement, appartiennent en réalité à deux familles assez éloignées : ainsi les Héliconides n'ont que deux paires de pattes, la première étant atrophiée, tandis que les Leptaliés ont les six pattes bien développées.

Les Lépidoptères diurnes ont fourni un assez grand nombre d'exemples analogues de *mimétisme*. Trimen a publié une liste ne comprenant pas moins de 26 espèces de Lépidoptères africains (16 du genre *Diadema* et 10 du genre *Papilio*) qui reproduisent à s'y méprendre la forme et les couleurs d'autres Papil-

lons des mêmes contrées, appartenant aux groupes des Danaïdes et des Acraéïdes. Ces derniers Papillons présentent, comme les Héliconides, une sécrétion fétide qui les protège.

Dans certains cas, le bénéfice de ce mimétisme ne s'étend qu'à l'un des sexes d'une espèce. La femelle de *Diadema misippus*, par exemple, ressemble seule à une espèce fétide, le *Danaïs chrysippus*, tandis que le mâle de *Diadema misippus* ne lui ressemble pas. On a cherché à expliquer cette anomalie par la considération que la protection de la femelle présente au point de vue de la conservation de l'espèce une plus grande importance que celle du mâle. Peu importe que ce dernier périsse, une fois que la fécondation est accomplie; tandis que la femelle fécondée doit survivre quelque temps et chercher un endroit propice pour y déposer les œufs.

Wallace a montré que plusieurs espèces de Serpents venimeux du genre *Elaps* sont copiées au Brésil par des Couleuvres inoffensives: *Pliocerus æqualis* imite à s'y méprendre *Elaps fulvius* et *Pliocerus elapoides* reproduit la forme et la couleur du redoutable *Elaps lemniscatus*.

Bates, dans le récit de son voyage au Brésil, cite également le cas d'une grande Chenille qui lui causa une certaine frayeur par sa ressemblance avec la tête d'un Serpent venimeux.

Tous ces cas de *Mimétisme* ont ceci de particulier que l'Animal bien protégé qui sert de modèle est

commun, c'est-à-dire représenté par un très grand nombre d'exemplaires. L'Animal-copie vit dans les mêmes lieux et de la même façon que le modèle, mais à l'inverse de ce dernier, la copie est toujours beaucoup moins abondante. On n'en rencontre que des exemplaires isolés. C'est à ces cas d'imitation d'un Animal bien protégé par un autre qui ne l'est pas, que les naturalistes anglais réservent exclusivement, à l'exemple de Bates et de Wallace, le nom de *mimicry*. Le mot *mimétisme* me paraît avoir en français une signification plus large et pouvoir s'appliquer à tous les cas de protection des Animaux par imitation, que le modèle soit un autre Animal, une Plante ou un objet inanimé.

IV. CHANGEMENTS DE COLORATION

MIMÉTISME PASSAGER ET FONCTION CHROMATIQUE

Wood a découvert, en 1867, que les Chrysalides des Papillons blancs (*Pieris brassicæ*, *P. rapæ*) peuvent présenter une grande diversité de coloration et que celle-ci est en rapport avec la teinte de la surface sur laquelle la Chrysalide est fixée. Le fait a été confirmé par plusieurs autres observateurs et retrouvé chez la Chrysalide de la Petite-Tortue (*Vanessa urticæ*) et du Paon-de-jour (*Vanessa Io*), deux de nos brillants Papillons diurnes les plus communs.

Edw. B. Poulton a montré récemment que pour

obtenir à volonté des Chrysalides de *Vaessa urticae* noires, blanches ou dorées, il suffisait de tenir les Chenilles pendant les quelques heures qui précèdent la transformation en Chrysalide, sur une surface noire, blanche ou dorée. Il a constaté par des expériences variées, que les yeux ou ocelles des Larves n'interviennent pas dans la production du phénomène, et que très probablement les rayons de lumière émanant de la surface noire, blanche ou dorée agissent sur la peau de la Larve.

De même la Larve verte du Papillon demi-paon (*Smerinthus ocellatus*) présente une teinte variant du vert jaunâtre au bleu verdâtre suivant la teinte du feuillage sur lequel on l'a élevée.

On connaît une variété verte et une variété brune de la Larve de *Rumia crataegata*, sans parler des variétés de teintes intermédiaires entre le brun et le vert. E. Poulton a réussi à obtenir à volonté les variétés vertes ou brunes, en plaçant les jeunes Larves, dès leur naissance, dans des cylindres de verre entourés de papier vert ou de papier brun et remplis en partie de feuilles fraîches d'aubépine ou de branches de couleur foncée.

Ceci nous conduit naturellement à nous occuper des changements de couleur auxquels on pourrait appliquer le nom de *mimétisme passager*. L'Hermine, couleur de neige en hiver, fauve ou couleur de terre pendant la belle saison, nous en offre un exemple. Ici le changement se produit lentement par la chute

des poils d'une couleur et leur remplacement graduel par ceux de l'autre couleur.

Un grand nombre d'Animaux présentent une propriété analogue développée à un degré étonnant : ils accommodent, pour ainsi dire à chaque instant leur propre couleur à celle du milieu coloré dans lequel ils vivent. L'exemple le plus anciennement connu est celui du Caméléon. Les variations de cet Animal multicolore en ont fait le symbole de l'inconstance politique. Beaucoup de Poissons, de Reptiles, de Batraciens, de Crustacés et de Mollusques céphalopodes présentent la même propriété à des degrés variés de développement. Cette faculté a même valu à un Crustacé le nom de Crevette-Caméléon (*Mysis Chamæleon*). La Crevette est grise, lorsqu'elle se trouve sur le sable ; mais elle devient brune ou verte entre les herbes marines qui offrent ces couleurs.

Dès 1857, Lister avait constaté que les changements de coloration que présente la Grenouille sont en relation intime avec le sens de la vision de l'Animal. La section des nerfs optiques, ou l'extirpation des yeux abolit immédiatement ces changements de coloration. C'est donc par l'intermédiaire de la rétine que la lumière réfléchie par les objets qui environnent la Grenouille, peut influencer les cellules chargées de matière colorante dont les mouvements produisent les variations de teinte de la peau.

Mais la série la plus complète de recherches sur cet intéressant sujet est due à G. Pouchet. Le savant

professeur du Muséum a fait au laboratoire de Concarneau des expériences nombreuses sur les changements considérables, que l'on peut provoquer dans la couleur des Poissons, notamment des jeunes Turbots, en les portant alternativement dans des réservoirs à fond clair ou foncé. De tout temps ces faits avaient fixé l'attention des pêcheurs. « Le Poisson, disent-ils, prend la couleur du fond où il est. » L'affirmation présentée d'une façon aussi générale et aussi absolue est certainement exagérée. Ainsi que le fait remarquer Pouchet, les Turbots ne prennent pas à proprement parler la *nuance* du fond sur lequel ils vivent; ils harmonisent seulement le *ton* de leur peau avec celui du fond; ils lui donnent, pour parler le langage de la peinture, une valeur égale, la nuance restant différente.

C'est principalement par l'expansion ou le retrait alternatif d'une infinité de petites poches remplies d'une matière colorante foncée, brune ou noirâtre, et situées dans l'épaisseur de la peau que ces changements de coloration se produisent. Ces poches à pigment portent le nom de *chromatophores*. Tantôt elles sont rétractées en boule sur elles-mêmes, tantôt elles s'étendent en plaque mince et envoient de tous côtés des prolongements qui leur donnent une forme étalée plus ou moins rameuse. Quand ils sont revenus sur eux-mêmes, ces chromatophores ont un diamètre trop petit dans la plupart des cas pour modifier à notre vue la couleur pâle de l'Animal. Viennent-ils

à étendre leurs ramifications, les chromatophores présentent alors un diamètre beaucoup plus grand; ils couvrent toute la peau de l'Animal et lui communiquent pour notre œil la nuance du pigment qu'ils renferment. L'Animal pourra donc devenir alternativement foncé ou clair (si l'on suppose un pigment noir), sans que la quantité de matière colorante ait changé, uniquement parce qu'elle est plus ou moins étalée. « Qu'on imagine, dit G. Pouchet, une feuille de papier blanc placée à 15 ou 20 mètres, on n'y distinguera pas une gouttelette d'encre, grosse comme une tête d'épingle; mais qu'on vienne à étaler cette gouttelette sur le papier, on aura une tache parfaitement visible, sans que la quantité d'encre ait varié. » Sous la peau du même Animal se trouvent d'ailleurs des chromatophores contenant des pigments de diverses couleurs; ils peuvent être à divers états de contraction et produire une grande variété de tons colorés.

Les Turbots que l'on maintient sur un fond tapissé d'algues brunâtres présentent eux-mêmes une coloration sombre, par suite de la dilatation de leurs chromatophores. Place-t-on au contraire un jeune Poisson dans une vasque à fond de sable blanc, on constatera en général au bout de peu de temps que la peau de l'Animal pâlit graduellement. Elle finira par s'éclaircir de telle manière que le Turbot dont les tons foncés tranchaient nettement au début sur celui du fond, finit par s'en distinguer

à peine, et qu'il faut quelque attention pour l'apercevoir. Dans ce dernier cas, les chromatophores se resserrent comme nous l'avons dit et deviennent plus ou moins sphériques, de manière à occuper le moins de surface possible.

Les jeunes Turbots ne possèdent pas tous au même degré cette *aptitude chromatique*, comme l'appelle Pouchet. « Il importe que la fonction soit entretenue pour garder toute son intensité. Un Turbot vivant depuis longtemps sur le sable et placé sur fond brun, peut prendre jusqu'à cinq jours pour devenir foncé. Replacé alors sur le sable, il lui faut deux jours pour revenir à sa couleur primitive; mais si alors on le remet de nouveau sur fond brun, il acquerra en deux heures environ la teinte qu'il n'avait eue la première fois qu'au bout de cinq jours.

« On devra donc prendre la précaution de placer les Animaux qui doivent servir aux expériences dans des conditions telles qu'ils se trouvent d'eux-mêmes alternativement sur fond clair et sur fond brun, à courts intervalles. Ces conditions se sont trouvées réalisées par une sorte de hasard, sous mes yeux. Une cinquantaine de petits Turbots avaient été mis dans une vasque flottante à fond de planches, où l'on avait jeté quelques pelletées de sable. Celui-ci, peu à peu, s'était accumulé dans un des angles de la vasque où les Turbots, de leur côté, se pressaient les uns sur les autres. Le reste du fond, rempli d'algues avait une teinte vert obscur : chaque fois qu'un des

Turbots venait s'y poser, on le voyait trancher d'abord vivement sur ce fond verdâtre par sa couleur claire, puis il devenait brun. On appréciait aisément le changement qui s'était produit en lui, quand il retournait avec ceux qui étaient restés sur le sable, au milieu desquels il dessinait tout d'abord une tache foncée, qui peu à peu s'effaçait. Ces Animaux, forcés ainsi de changer de couleur presque chaque fois qu'ils changeaient de place, étaient dans d'excellentes conditions pour la recherche physiologique : c'est sur eux que j'ai fait la plupart de mes expériences. »

Ces expériences de Pouchet ont établi que les changements de coloration sont sous la dépendance du système nerveux central. C'est ainsi que les chromatophores de la peau de la tête sont reliés au cerveau et influencés par l'intermédiaire du nerf trijumeau. Vient-on à couper ce nerf, aussitôt la peau de la tête prend une teinte invariable d'un gris uniforme intermédiaire entre le blanc et le foncé, et ne participe plus aux changements de coloration du reste du corps. Des Turbots pris sur fond brun et jetés, après avoir subi la section du trijumeau, dans des vasques sablées, pâlirent de tout le corps, excepté de la tête qui resta foncée et comme couverte d'un masque.

Les cellules colorées des différentes régions du tronc sont pareillement mises en mouvement par les différents nerfs spinaux : la section de ces nerfs donne des résultats non moins nets que celle du trijumeau :

elle supprime toujours la fonction chromatique dans la portion de peau dont le nerf a été coupé¹.

Enfin Pouchet a montré que lorsqu'on place un Turbot sur fond de sable clair, le cerveau et les nerfs dont il vient d'être question n'interviennent pour amener le resserrement des chromatophores et la décoloration de la peau, que pour autant que les yeux de l'Animal soient intacts. Dès que le Turbot est aveuglé ou n'a plus l'usage des yeux, sa couleur propre perd sa mobilité : elle conserve alors le ton uniforme de la paralysie, quel que soit le degré d'éclairage du fond sur lequel est placé l'Animal. C'est par une action de la lumière sur la rétine du Turbot que le degré d'éclairage du fond réagit sur le système nerveux, et par son intermédiaire, sur les chromatophores et sur la teinte de la peau. Les excitations venues du dehors, c'est-à-dire les impressions reçues par la rétine sont donc susceptibles de retentir au loin dans l'économie et d'exercer une influence manifeste sur la coloration des Poissons.

C'est chez les Mollusques céphalopodes, Poulpe, Seiche, Sépiole, Calmar, etc. que la *fonction chromatique* atteint pour ainsi dire son maximum de développement. Les changements de coloration les plus

¹ Pour que la section de ces nerfs influence la fonction chromatique, il faut qu'elle les atteigne en dessous du point où ils reçoivent le filet du grand sympathique qui leur est destiné. C'est le grand sympathique qui gouverne la fonction : sa section paralyse les chromatophores, tandis que celle de la moelle épinière reste sans influence.

étendus s'opèrent chez ces Animaux par le jeu des chromatophores, avec la rapidité de l'éclair. Ces changements ont fréquemment, comme chez les Poissons, pour but d'harmoniser le ton de l'Animal à celui du fond sur lequel il vit et constituent donc des cas de *mimétisme*.

« Pour attraper les Poissons, dit Aristote, le Polype (c'est-à-dire le Poulpe) change de couleur et prend celle des pierres entre lesquelles il s'approche; la peur opère en lui un pareil changement de couleur ». Un Poulpe que l'on place sur un fond de sable vivement éclairé, prend lui-même une teinte claire surtout s'il est exposé au soleil. Ordinairement il ne se sent pas en sûreté à découvert; il rampe sur le fond à l'aide de ses long bras ou bien il nage par saccades à reculons, jusqu'à ce qu'il ait trouvé quelque réduit obscur, touffe de varech ou anfractuosité sous une pierre, où il puisse se cacher; il reprend alors la teinte foncée habituelle.

Les Sépioles (fig. 27) présentent un fait de mimétisme plus remarquable¹. On peut les observer en assez grand nombre à marée basse sur les grèves sablonneuses de la pointe Est de l'île de Batz, en face de Roscoff. Ces gracieux petits Animaux nagent de préférence sur les fonds de sable vivement éclairés du soleil, là où l'eau est peu profonde et chaude. C'est de juillet à octobre

¹ Léon Fredericq. *Arch. zool. exp.*, VII, 1873, et *Bul. acad. Belg.*, 1878.

qu'il faut se livrer à leur chasse. Elles fuient à reculons et par saccades pour échapper au filet de

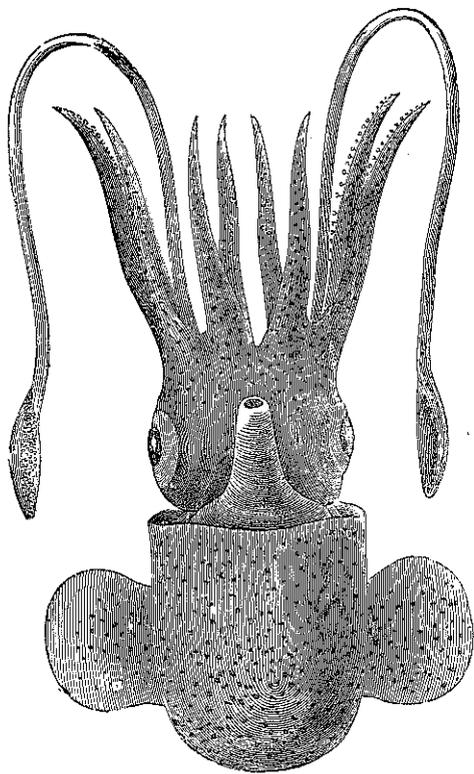


FIG. 27. — Sepiote de Rondelet, grossie quatre fois.

mousseline qui les poursuit. Leur corps presque transparent offre la teinte claire du fond de sable, de sorte que l'œil ne pourrait les distinguer et les suivre,

si leur ombre projetée sur le fond, ne les trahissait. Quand on les poursuit, elles lancent fréquemment leur encre sous forme d'un petit nuage noir qui reste suspendu dans l'eau sans se délayer. Avant de lancer leur encre, elles changent brusquement de couleur, deviennent presque noires pendant un temps fort court, puis reprennent immédiatement leur teinte claire, après avoir abandonné derrière elles leur nuage d'encre qui a à peu près les dimensions de leur corps. Celui qui assiste pour la première fois à cette petite scène, pourra se laisser prendre à leur stratagème, lâchera la proie pour l'ombre et saisira vivement le flocon d'encre alors que la Sépiole est déjà loin. Il arrive fréquemment que les Sépioles, après avoir lancé leur encre vont vivement s'enterrer dans le sable, en se recouvrant de grains ténus à l'aide de leurs longs bras rétractiles. Les yeux et la petite portion du corps qui reste à découvert se confondent alors à s'y méprendre avec le fond.

La combinaison des changements de coloration du corps avec la projection de l'encre et la formation d'un nuage artificiel prête, chez les Céphalopodes, à des ruses variées. L'encre que la Seiche, la Sépiole, le Poulpe peuvent à volonté lancer au dehors est un liquide extrêmement foncé, contenu dans une vaste poche, la *poche du noir*, située sur la face ventrale du corps. Ce liquide doit sa couleur noire à une infinité de particules foncées, extraordinairement ténues, qu'il

tient en suspension : on sait que l'encre de la Seiche est employée en peinture sous le nom de *Sépia*.

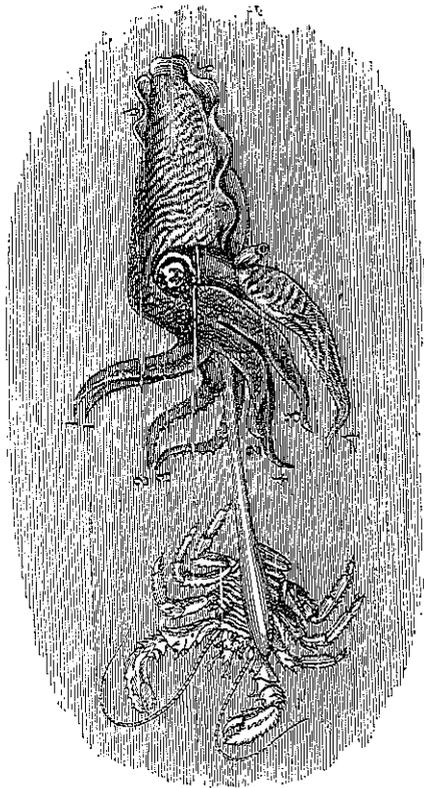


FIG. 28. — La Seiche saisit sa proie.

Le Poulpe se sert de son encre pour se dérober à ses ennemis quand il est serré de trop près. Il lance alors par un effort d'expiration un vigoureux jet de noir, qui, se délayant dans l'eau, forme un nuage

opaque ; puis il prend une teinte foncée et se perd dans l'ombre qu'il a créée lui-même. Ce nuage artificiel dont l'Animal s'enveloppe, nouvel anneau de Gigès, le rend momentanément invisible et lui permet d'échapper à ses ennemis déconcertés.

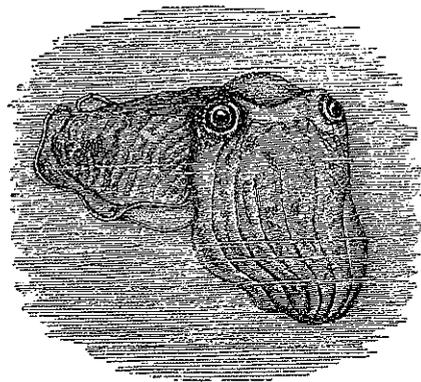


FIG. 29. — La Seiche après la capture.

« La Seiche (fig. 25), dit P. Girod dans son travail sur la poche du noir des Céphalopodes ¹, la Seiche emploie son encre, non-seulement pour se dérober, mais aussi pour s'emparer de sa proie. On la voit au milieu du nuage noir faire agir ses chromatophores, de manière à couvrir son dos de marbrures ondulées et mieux se fondre dans le liquide qui l'entoure. Ses deux longs bras, semblables à des harpons mobiles,

¹ P. Girod. *La Poche du Noir*. *Arch. de zool. exp.*

se décochent et saisissent les Crevettes qui passent à portée. La Seiche attaque ordinairement sa proie au-dessous de la tête. Le Calmar la saisit dans la région dorsale ».

D'après les observations et les expériences que j'ai faites chez le Poulpe, les variations de coloration me paraissent avoir le plus souvent chez cet Animal une autre signification et un autre but que celui d'harmoniser le ton de la peau avec celui du fond. Comme Aristote le remarquait déjà, ils servent à exprimer les diverses émotions, surtout la colère. Je comparerais volontiers leur action à celle des nerfs vaso-moteurs du visage humain : on sait que le rouge de la colère ou de la honte, la pâleur de la peur sont dûs à la dilatation ou au resserrement des petits vaisseaux cutanés de la face.

Un Poulpe qui respire paisiblement dans l'aquarium a souvent une teinte assez claire, et la peau du manteau presque lisse. Il suffit d'approcher à travers la glace le poing fermé dans la direction de l'Animal, pour voir immédiatement sous l'influence de ce geste de menace, les chromatophores de la peau entrer en action, principalement ceux qui bordent l'œil dans la direction de la longueur de la pupille : une tache foncée, presque noire, apparaît instantanément aux deux extrémités de la pupille : en même temps celle-ci se dilate.

Le phénomène disparaît presque aussi vite qu'il est apparu. L'expérience peut être répétée un certain

nombre de fois avec le même résultat, jusqu'au moment où l'Animal, fatigué d'être inquiet, quitte la place pour aller chercher le repos à l'autre extrémité de l'aquarium. Si on le poursuit à l'aide d'une baguette, si on l'excite plus fort, si par exemple on tente d'introduire la baguette dans la cavité respiratoire, il entre dans une grande fureur, ses bras battent l'eau, cherchent à saisir ou à repousser le corps vulnérant; tout son corps prend une teinte très foncée et les papilles qui couvrent son dos se hérissent. Dans cet état, il doit faire sur ses ennemis une impression particulièrement terrifiante. Souvent le Poulpe fuit à reculons en lançant un vigoureux jet d'eau par un brusque mouvement d'expiration; souvent aussi il lance son encre.

Le mécanisme des changements de coloration de la peau des Céphalopodes est encore mieux connu que chez les Poissons. Ici aussi, nous trouvons la peau parsemée d'un grand nombre de chromatophores ou poches à contenu coloré. Mais, chez les Céphalopodes, le mouvement d'expansion du chromatophore, qui amène la phase de coloration de la peau, est provoqué par de petits muscles rayonnants, attachés tout autour de la membrane du chromatophore. Ces petits muscles, en se contractant, se raccourcissent, tiraillent la membrane du chromatophore et étalent sur une large surface la petite poche remplie de liquide coloré. Dès que les petits muscles se relâchent, dès qu'ils cessent de tirailler la membrane du chromatophore,

celle-ci, en vertu de son élasticité, revient sur elle-même, prend une forme sphérique et réduit ainsi

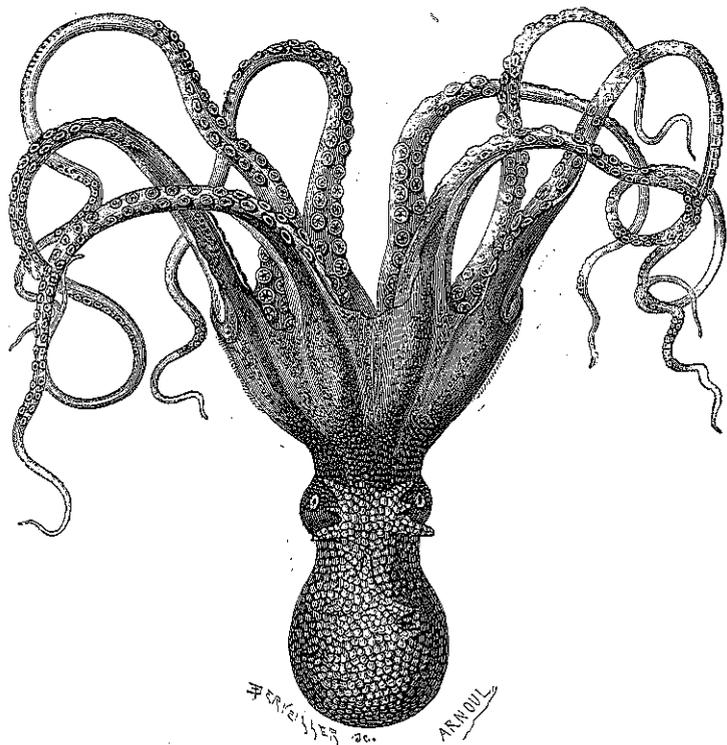


FIG. 30. — Poulpe.

au minimum la surface colorée visible du chromatophore. La peau qui est le siège de ce changement pâlit alors et se décolore : la phase de décoloration

est donc, chez le Poulpe (mais non chez les Poissons), un phénomène passif, répondant au repos ou à la paralysie des muscles qui agissent sur les chromatophores, tandis que la teinte foncée de la peau, qui est due à l'expansion des chromatophores, correspond à la phase d'activité ou d'excitation des muscles dilateurs des petits sacs à pigment ¹.

Ici, comme chez les Poissons, les changements de coloration sont sous la dépendance du système nerveux central. Il suffit de la section du nerf qui se rend aux muscles des chromatophores pour paralyser ces derniers, pour amener la phase passive, la phase de retrait des chromatophores. Toute la partie de la peau innervée par le nerf, pâlit immédiatement et présente alors le minimum de coloration. L'excitation du bout périphérique du nerf coupé, a précisément l'effet contraire. Dans ce cas, tous les chromatophores qui se trouvent sous sa dépendance sont amenés à l'état d'expansion par suite de la contraction des muscles radiés, et la partie correspondante de la peau présente le maximum de coloration.

Grâce à leur situation superficielle et à leur distribution étendue, les deux *nerfs palléaux* (droit et

¹ Le mécanisme du jeu des chromatophores, tel que je l'expose ici, correspond à l'opinion classique, basée sur les recherches anatomiques et physiologiques de R. Wagner, Kölliker, Brücke, Boll, Pelvet, Paul Bert, Klemensiewicz, Krukenberg, etc., et les miennes propres.

Harting, R. Blanchard et Physalix, ont donné de ce phénomène une explication notablement différente. La discussion de ce point spécial nous entraînerait trop loin.

gauche) du Poulpe se prêtent fort bien à la démonstration de ces faits. Chacun de ces nerfs, après avoir formé le ganglion étoilé, s'épanouit en un grand nombre de rameaux, qui président à la sensibilité et à la motilité dans la moitié correspondante du manteau ou sac respiratoire, et tiennent également sous leur dépendance les changements des chromatophores de cette moitié du manteau de l'Animal.

La section d'un nerf palléal paralyse les muscles de la respiration du même côté et y abolit complètement le jeu des chromatophores. La moitié du manteau pâlit immédiatement, et il n'est plus au pouvoir de l'Animal de changer la teinte claire et uniforme qui se produit alors, et qui tranche vivement avec le ton foncé de l'autre côté du corps. Si, au contraire, l'on excite, à l'aide de la pince électrique, le bout périphérique du nerf palléal coupé ou le ganglion étoilé, ou, ce qui revient au même, si on les froisse entre les mors d'une pince, toute la région correspondante du manteau reprend sa teinte foncée, par suite de l'expansion des chromatophores. Il n'y a pas d'expérience physiologique dont les résultats soient plus clairs et plus constants.

Cette innervation spéciale pour chaque moitié du manteau, se traduit souvent chez l'Animal vivant parfaitement intact. Si l'on examine attentivement un certain nombre de Poulpes nageant dans l'aquarium, on ne tardera pas à en trouver quelques-uns chez lesquels le manteau sera, au point de vue de la colo-

ration nettement divisé en deux moitiés : droite et gauche, dont l'une sera plus foncée que l'autre, la ligne de séparation suivant exactement la ligne médiane dorsale du corps. Cette différence de teinte est tout à fait passagère.

Les nerfs de l'entonnoir, les gros cordons nerveux des bras, se comportent de la même façon vis-à-vis des organes auxquels ils se rendent.

Le centre anatomique et physiologique de ses mouvements des muscles des chromatophores réside dans la masse nerveuse sous-œsophagienne.

La débilité causée par le manque de nourriture ou par l'aération insuffisante de l'eau, se traduit généralement, chez le Poulpe, par un relâchement des muscles des chromatophores; la décoloration de la peau, ce que l'on pourrait appeler *les pâles couleurs*, indique souvent un état maladif de l'Animal.

Mais la contractilité des muscles dilatateurs des chromatophores peut aussi être mise en jeu, autrement que par l'intermédiaire du système nerveux; ces muscles sont directement excitables par l'électricité, par la chaleur, par les irritants chimiques.

Il suffit de porter l'excitation électrique sur un endroit quelconque de la peau du manteau, pour voir immédiatement cette partie prendre une teinte foncée et la garder quelque temps. L'expérience réussit parfaitement sur un Animal mort, ayant séjourné dans l'eau pendant un certain temps (quelques heures, un jour ou même davantage); les chroma-

tophores, ou plutôt leurs muscles, sont en effet doués d'une grande résistance vitale et survivent assez longtemps après la mort de l'Animal. Dans ces conditions, la peau du Poulpe est en général toute décolorée et les muscles des chromatophores sont relâchés. Que l'on emploie un excitant électrique fort (chocs d'induction fournis par la bobine de l'appareil de du Bois-Reymond) et qu'à l'aide de la pince électrique on trace un signe quelconque, une croix, un cercle sur le manteau de l'Animal, on verra immédiatement noircir les points excités. Si l'on cesse l'excitation, les chromatophores qui n'ont pas été immédiatement en contact avec la pince reviendront au repos; mais ceux sur lesquels la pince aura passé, resteront dilatés pendant assez longtemps, et la croix, le cercle persisteront en noir pendant plusieurs minutes.

Les muscles des chromatophores se contractent également sous l'influence d'excitants thermiques. Si l'on approche un corps chaud (l'expérience réussit fort bien avec une cigarette allumée) à une petite distance de la peau d'un Poulpe mort récemment, on verra immédiatement s'y dessiner une tache foncée. Paul Bert avait déjà remarqué qu'une Seiche, plongée dans l'eau chaude, noircit sur toute la surface du corps.

Enfin, les excitants chimiques, les acides notamment, agissent énergiquement dans le même sens que la chaleur ou l'électricité. Une goutte d'acide nitrique au dixième, projetée sur la peau du Poulpe, y produit une tache noire.

Les jeux de couleur que présentent les Céphalopodes, longtemps après leur mort, et qui font passer comme des flammes ou des ondulations claires ou sombres sur leur peau, me paraissent dus à un mécanisme du même genre, c'est-à-dire à l'action irritante directe du contact de l'air et de la dessiccation, car on ne les observe guère sur les Animaux morts dans l'eau et qu'on y laisse séjourner.

Le retrait et l'expansion des chromatophores s'étudie fort bien au microscope sur des lambeaux de peau isolés que l'on dépose entre deux lames de verre. On voit tous les chromatophores de la préparation s'étaler en forme de plaque avec la rapidité de l'éclair, puis retourner à la phase de retrait avec une vitesse presque égale; et ces changements se produisent souvent pendant des heures, sans cause appréciable. De même que la circulation du sang dans le poumon de la Grenouille, et la contraction spontanée des fibres musculaires d'Insectes, le jeu des chromatophores compte parmi les spectacles les plus attachants qu'il soit donné d'observer au microscope.

V. UTILITÉ PRATIQUE DU MIMÉTISME
DÉVELOPPEMENT

DU SENS DE LA VUE CHEZ LES ANIMAUX CHASSEURS

Nous avons énuméré dans les pages qui précèdent, quelques uns des exemples les plus connus et les plus remarquables de *mimétisme*; il faut bien se persuader que ces faits ne constituent nullement des exceptions, et que la protection plus ou moins parfaite réalisée par la couleur de la livrée, la forme du corps ou le genre de vie, est l'apanage de la plupart des créatures vivantes. En effet, les Animaux en général ont intérêt à se cacher, soit qu'ils épient une proie, soit qu'ils cherchent au contraire à échapper à l'ennemi. Cette aptitude à se dérober aux regards est générale : il faut apprendre à découvrir les retraites cachées des Animaux et à dépister leurs ruses. C'est pour cela que dans les excursions zoologiques, ceux chez lesquels une longue pratique a développé le flair spécial du chercheur, ne tardent pas à remplir leurs bocaliers et leurs tubes de captures intéressantes, là où le profane et même l'apprenti naturaliste ne trouve rien ou presque rien. C'est pour cela aussi que, même en se limitant à un seul groupe zoologique, il faut généralement plusieurs années de recherches persévérantes pour réunir une collection comprenant le plus grand nombre des types, et pour

songer à dresser un catalogue même incomplet de la faune d'une localité déterminée.

Ici se place une question intéressante. C'est évidemment au sens de la vue que s'adressent les cas de mimétisme. L'adaptation de la teinte du gibier à celle du milieu ambiant, et qui dans beaucoup de cas est d'une exactitude remarquable pour notre œil, perdrait toute valeur protectrice si l'œil des Animaux chasseurs ne s'y laissait tromper comme le nôtre. Les Animaux voient-ils les couleurs comme nous et leur vision est-elle comparable à la nôtre?

En ce qui concerne la distinction des couleurs, la question est loin d'être oiseuse, puisque, déjà dans l'espèce humaine, le *sens des couleurs* est très inégalement développé. On a cru prouver que les héros d'Homère ne connaissaient pas les mêmes couleurs que nous. Le fait est controversé. Ce qui paraît certain, c'est que les jeunes enfants, qui distinguent fort bien la forme et l'intensité de l'éclairage des objets, n'ont aucune notion des couleurs. On sait aussi que chez les adultes, certains yeux sont si peu sensibles aux rayons rouges du spectre, qu'il en résulte une véritable infirmité, à laquelle on a donné le nom de *Daltonisme*. Pour les daltoniens, la couleur rouge des fraises ou des cerises ne tranche nullement sur celle du feuillage environnant. On comprend que, si un Insecte vivant sur le feuillage n'avait à craindre que des ennemis atteints de Daltonisme, il lui serait absolument indifférent d'être coloré en rouge cerise ou en vert.

Paul Bert a le premier (en 1869) cherché à résoudre par l'expérience cette question de la visibilité des couleurs. Ayant réuni dans un petit aquarium en forme de cuve allongée, un grand nombre de Daphnies ou Pucés d'eau (fig. 31), il projeta sur elles la lumière du soleil décomposée au moyen du prisme, de manière à former toutes les couleurs du spectre. Il constata au bout de peu de temps que la majorité des Daphnies s'étaient rassemblées dans la partie de la cuve éclairée

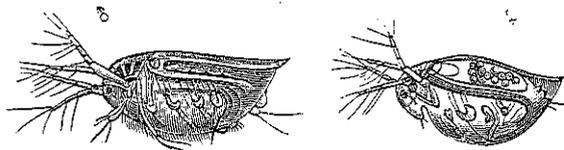


FIG. 31. — Daphnies grossies dix fois.

par les rayons orangés, jaunes et verts et que toutes sans exception se trouvaient dans les limites de la partie visible du spectre.

« En un mot, dit Paul Bert, la région la plus lumineuse du spectre, était, pour ces Daphnies, la même que pour nous. Ces Animaux se comportaient comme l'auraient fait une masse d'hommes qui, éclairés par un spectre immense, et voulant lire un livre, par exemple, s'approcheraient tous du jaune et s'éloigneraient du violet. »

Paul Bert tira de cette expérience les trois conclusions suivantes qui certainement dépassaient la portée des faits constatés par lui :

A. — Tous les Animaux voient les rayons spectraux que nous voyons.

B. — Ils ne voient aucun de ceux que nous ne voyons pas.

C. — Dans l'étendue de la région visible, les différences dans le pouvoir éclairant des différents rayons colorés sont les mêmes pour eux et pour nous.

John Lubbock répéta la même expérience au moyen d'un dispositif expérimental plus complet et démontra l'inexactitude des deux dernières conclusions auxquelles Paul Bert était arrivé. Il constata que les Daphnies se réunissent de préférence, non dans la région la plus éclairée du spectre, mais dans le vert ; de plus, elles sont sensibles aux rayons ultra-violetts que notre œil est incapable de percevoir. Si, dans l'expérience de Paul Bert, on arrête au moyen d'un écran toute la partie lumineuse du spectre, depuis le rouge jusqu'au violet, de manière à ne laisser tomber sur la cuve à Daphnies que les rayons de chaleur obscure (rayons ultra-rouges) et les rayons chimiques obscurs (rayons ultra-violetts), toute la cuve nous paraîtra également sombre, les rayons ultra-rouges et ultra-violetts ne faisant sur notre œil pas plus d'impression que l'obscurité parfaite. Les Daphnies, au contraire, sont sensibles aux rayons ultra-violetts : elles se rassemblent en nombre vingt fois plus grand dans la partie ultra-violette du spectre que dans la partie simplement obscure de la cuve.

John Lubbock démontra ensuite que les Fourmis perçoivent également les rayons ultra-violet; mais à l'inverse des Daphnies, elles fuient la lumière. Aucune région du spectre ne leur est plus antipathique que la région ultra-violette; c'est comme si cette dernière représentait pour les Fourmis la partie la plus lumineuse du spectre. Lubbock constata également que les Fourmis recherchent indifféremment l'obscurité ou la région ultra-rouge : on peut en conclure que cette dernière région est invisible pour elles comme pour nous. Ces expériences ont été répétées avec un égal succès par plusieurs expérimentateurs, notamment par Forel et par Graber.

Disons quelques mots des expériences de Vitus Graber. Le savant professeur de Czernowitz a constaté que la plupart des Animaux sur lesquels il a expérimenté font, comme les Daphnies et les Fourmis de John Lubbock, mais à l'inverse de l'Homme, la distinction entre l'obscurité complète et la région ultra-violette du spectre. Cette région attire le Porc, l'Abeille, les Papillons, tandis que le Triton, la Blatte et le Carabe doré lui préfèrent l'obscurité. Comme dans les expériences de John Lubbock, ces Animaux parurent indifférents aux rayons ultra-rouges.

Les Animaux voient donc des rayons que nous ne voyons pas : mais font-ils comme nous la distinction des couleurs ou des différentes régions du spectre, indépendamment de l'intensité de l'éclairage ?

Les expériences de V. Graber permettent encore de

répondre affirmativement à cette question. Chaque espèce animale montre une préférence marquée pour une couleur déterminée, en dehors de toute question d'intensité d'éclairage. Ainsi les Animaux algériens, et d'une façon générale ceux qui aiment la lumière, ont souvent une préférence marquée pour telle ou telle couleur, le bleu ou le vert, tandis que les Animaux lucifuges paraissent en général avoir moins d'antipathie pour le rouge que pour les autres couleurs, ou pour l'ultra-violet.

Ces recherches ont en outre confirmé un fait des plus étonnants, c'est que beaucoup d'Animaux inférieurs, naturellement aveugles, comme le Ver de terre, distinguent non-seulement la lumière de l'obscurité, comme on le savait, mais ont une préférence marquée pour certains rayons colorés; et font ainsi mentir l'expression populaire qui dénie aux aveugles le droit de parler des couleurs.

Beaucoup d'animaux ne voient donc pas les couleurs de la même façon que nous; mais distinguent-ils au moins la forme des objets? Les expériences de M. Plateau¹ faites sur un grand nombre d'Insectes Diptères, Hyménoptères, Lépidoptères, Odonates et Coléoptères, permettent d'affirmer que les Insectes diurnes ne distinguent pas la forme des objets ou la distinguent fort mal.

¹ *Bulletins Acad. Belg.*, 1^{er} août 1885, octobre, novembre, décembre 1887, janvier 1888.

J'emprunte textuellement à M. Plateau la description de son procédé d'expérience :

« Supposons une chambre un peu spacieuse, rendue obscure par des volets appliqués aux fenêtres; supposons pratiqué dans un de ces volets un orifice circulaire ou carré de quelques centimètres de largeur.

« Si on lâche dans cette chambre un Insecte diurne susceptible de voler, une mouche, par exemple, l'Animal volera, presque sans exception, directement à l'orifice lumineux.

« Admettons maintenant qu'au lieu d'un orifice éclairé de dimensions suffisantes, il y en ait deux, distants de quelques mètres dans le sens horizontal et sur la même paroi de la chambre, que ces orifices aient même surface, c'est-à-dire mesurent l'un et l'autre le même nombre de millimètres carrés, mais que, tandis que l'un, mettons celui de gauche, a une forme telle (carrée, par exemple) que l'Insecte puisse le traverser à plein vol, l'autre, celui de droite, a, au contraire, une forme combinée de façon à rendre le passage impossible; ainsi une longue fente très étroite, deux fentes plus courtes en croix, ou, mieux encore, un ensemble de petits orifices séparés par des barreaux larges et bien visibles.

« Ceci dit, lâchons des Insectes à l'autre extrémité de la chambre et répétons les expériences un grand nombre de fois pour éviter les erreurs d'interprétation ».

Si les Insectes voyaient distinctement la forme des

orifices, ils iraient toujours sans hésiter à l'ouverture qui peut largement leur livrer passage : or c'est ce qui n'a pas lieu, ils se trompent souvent et vont fréquemment se heurter contre les obstacles qui obstruent l'autre orifice.

Les Araignées ne sont pas mieux partagées que les Insectes sous ce rapport.

« Lorsqu'on observe, dit Forel ¹, une petite Araignée sauteuse faisant la chasse aux Mouches sur une fenêtre, on est étonné de voir combien sa vue est mauvaise; elle n'aperçoit la proie qui se promène tranquillement devant elle qu'à deux ou trois pouces, la cherche dans une fausse direction dès qu'elle s'éloigne un peu plus. Et, lorsque la Mouche se tient tranquille, cette petite Araignée qui ne possède que des ocelles peut passer encore bien plus près d'elle sans la voir. Si les Mouches n'étaient pas si stupides et si imprudentes, elles ne seraient jamais prises ». Il ajoute plus loin, en parlant des mêmes Araignées sauteuses : « Du reste, elles manquent cinquante Mouches pour une qu'elles atteignent. »

« Qu'on enlève soigneusement, dit encore Forel, à certaine Araignée qui court par terre, son gros sac blanc rempli d'œufs et qu'on le dépose à deux ou trois pouces d'elle; aussitôt elle se mettra à le chercher partout et l'on verra quelle peine elle aura d'ordinaire à le retrouver. »

¹ Forel. *Récueil zool. suisse*, IV, pl. XVIII, 1886. (Cité par F. Plateau.)

D'après Dahl¹, les Araignées ne reconnaissent la présence d'un Insecte et la position de celui-ci sur leur toile qu'à l'ébranlement mécanique du réseau et à la tension du fil auquel la proie est fixée. Dahl jette une Abeille sur la toile d'une Épeire. L'Araignée ne reconnut l'Hyménoptère que lorsqu'elle n'en fut plus qu'à un centimètre. L'expérimentateur ayant ensuite lancé sur la même toile un Diptère plus ou moins apiforme, (*Helophilus pendulus*) l'Épeire se trompa de nouveau et évita le Diptère comme elle aurait fait d'une Abeille. M. Plateau est arrivé à la même conclusion : les Araignées tendant des toiles ont une vue détestable à toutes les distances; elles ne constatent la présence et la direction de la proie qu'aux vibrations de leur filet, et cherchent à prendre de petits objets tout autres que des Insectes, dès que la présence de ces objets détermine dans le réseau des secousses analogues à celles que produiraient les mouvements d'Arthropodes ailés.

« J'introduis dans la toile d'une Tégénaire civile adulte, dit M. Plateau, un grossier simulacre de Mouche, formé par un petit fragment de plume d'un gris foncé noué à l'extrémité d'un fil. La torsion répétée de l'autre extrémité du fil, entre le pouce et l'index, imprime au morceau de plume de petits mouvements ayant une certaine analogie avec ceux d'une Mouche qui se débat.

¹ Dahl. *Versuch einer Darstellung der psych. Vorg. in den Spinnen*, p. 95-96. (Cité par F. Plateau.)

« L'Araignée arrive, capture cette proie singulière et la perce de ses crochets, mais la Mouche artificielle continuant à s'agiter, elle répète ses morsures. *J'en compte jusqu'à vingt*, séparées par de courts temps d'arrêt, pendant lesquels la Tégénaire recule pour s'élaner de nouveau. Je tire le fil à moi, l'Arachnide suit son faux gibier jusqu'à l'extrême limite de la toile. A ce moment une secousse un peu trop forte l'effraie et elle retourne rapidement au fond de son tube. »

Citons encore le fait curieux rapporté par H.-T. Hutchinson d'un *Epiblemum scenicum* poursuivant sa propre image sur un miroir.

CHAPITRE IV

L'AUTOTOMIE

I. *Autotomie ou mutilation active.* — Généralités.

II. *Autotomie chez les Crustacés.* — Endroit d'élection pour la cassure des pattes chez le Homard, chez le Crabe. Grande résistance des pattes à la traction.

Opinion de Huxley et de Parize. Expériences montrant que la rupture se fait par action réflexe, indépendante de la volonté de l'Animal. Autotomie chez les Crustacés décapités ou anesthésiés à moitié par le chloroforme.

Portion sensible de l'arc nerveux réflexe qui préside à l'autotomie. Distribution des fibres sensibles du nerf mixte de la patte. Excitation mécanique, chimique, thermique, électrique de ce nerf. Mesure du temps perdu dans l'autotomie réflexe. Centres nerveux réflexes contenus dans la masse ganglionnaire ventrale. Voie nerveuse centrifuge.

Mécanisme de la rupture. Structure des articles de la patte et disposition des muscles extenseurs et fléchisseurs. Expériences de section des tendons de ces muscles. Rôle important du muscle extenseur.

Utilité du réflexe d'autotomie. Absence d'hémorragie de la plaie. Régénération des pattes. Évolution et perfectionnement du mécanisme de l'autotomie, du Homard au Crabe.

III. *Autotomie chez les Insectes* — Rupture de la patte entre le fémur et le trochanter chez les Sauterelles. Autotomie chez la Sauterelle décapitée.

IV. *Autotomie chez les Arachnides.* — Expériences de P. Parize.

V. *Autotomie chez les Reptiles.* — Orvet et Lézard.

VI. *Autotomie chez les Calentérés, les Echinodermes, les Mollusques, les Vers.*

I

On assure que le Rat, lorsqu'il est pris au piège par une patte, n'hésite pas à sacrifier le membre

captif pour reconquérir la liberté, et pratique bravement l'amputation au moyen de ses propres dents. J'ignore si le fait est exact. Quoi qu'il en soit, des Animaux appartenant à des groupes zoologiques très différents usent parfois, pour échapper à leurs ennemis, d'un moyen de défense qui n'est pas sans présenter quelque analogie avec l'amputation pratiquée intentionnellement par le Rat. L'Orvet, le Lézard, brisent leur queue; beaucoup de Crustacés, d'Arachnides, d'Insectes cassent leurs pattes, les Étoiles de mer, les Comatules, les Ophiures perdent leurs bras avec la plus grande facilité, dans des circonstances pareilles, et sauvent ainsi leur vie en faisant le sacrifice d'un ou de plusieurs membres. J'ai proposé en 1882, d'appeler *Autotomie* (action de s'amputer soi-même, de αὐτός et τέμνω), cet acte au moyen duquel beaucoup d'Animaux échappent à l'ennemi qui les a saisis par un membre ou par la queue, en provoquant activement, mais d'une façon inconsciente, *par voie réflexe*, comme nous allons le voir, la rupture de l'extrémité captive. La dénomination a été adoptée et les exemples de ce curieux moyen de défense se multiplient depuis que l'attention des naturalistes a spécialement été attirée sur ce point¹.

¹ Léon Fredericq. *Revue scientifique*, 1886, II, p. 613 et 1887, I, p. 589. *Archives de zoologie expériment.* 1883; *Archives de Biologie*, III, p. 235. — H. Dewitz, *Biologisches Centralblatt*, 1er juin 1884. — De Varigny. *Revue scientifique*, 1886, II, p. 309. — P. Parize. *Revue scientifique*, 1886, II, p. 379. — D. Oerthel. *Revue scientifique*, 1886, II, p. 701. — Preyer. *Mittteil.* zool.

II. AUTOTOMIE CHEZ LES CRUSTACÉS

Tous ceux qui ont manié des Crabes vivants, savent avec quelle facilité ces Animaux perdent leurs pattes. Il suffit de saisir brusquement un Crabe (*Carcinus maenas*, par exemple), par une de ses extrémités, en la pinçant, pour que celle-ci casse près de la base et vous reste entre les doigts. L'Animal délivré par ce procédé original, profite de votre étonnement, et s'enfuit aussi vite que le lui permettent les pattes qui lui restent. Rattrapez-le, vous pourrez répéter l'expérience sur une seconde, une troisième patte et provoquer de cette façon sur le même Crabe, la rupture des dix pattes. Les formidables pinces des gros Crabes tourteaux (*Platycarcinus pagurus*) tomberont avec la même facilité que les membres grêles des Araignées de mer (*Maja squinado*).

La cassure est circulaire et des plus nettes; elle siège, non au niveau d'une articulation, mais dans la continuité du deuxième article à partir du corps. Cet article se trouve brisé en deux parties, l'une qui tombe avec la patte, l'autre qui reste adhérente au moignon. La portion conservée est la plus petite et ne forme qu'un anneau solide de peu d'importance.

stat. Neapel, VII, p. 205, 27 novembre 1887. — P. Hallerz. *Bull. scientifique du Nord*, 1887; *Revue scientifique*, 1887, I, p. 92. — Giard. *Revue scientifique*, 1887, I, p. 629; *Bull. scientifique du Nord*, XVII, p. 308.

Ce deuxième article des pattes du Crabe représente, en réalité, deux articles des pattes du Homard ou de

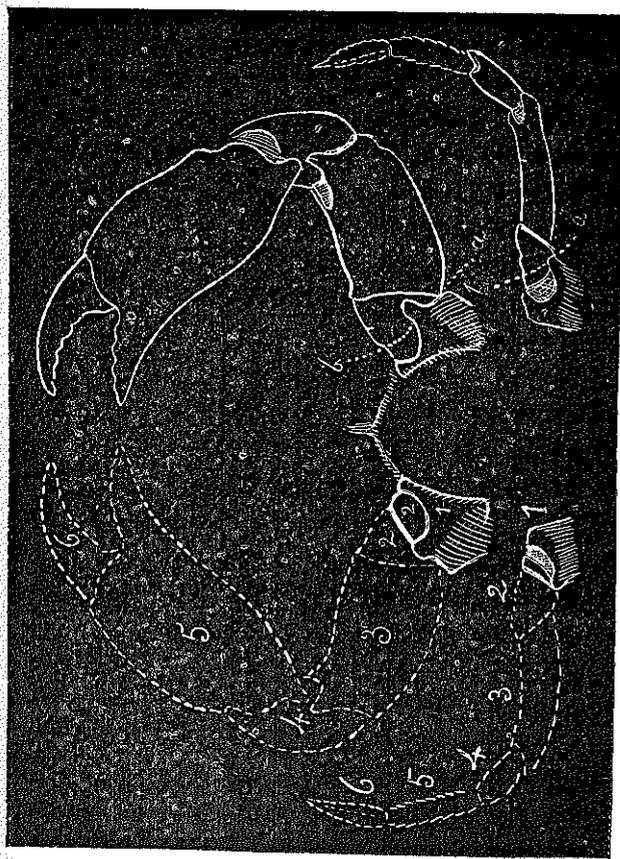


FIG. 32. — Les deux premières paires de pattes du Crabe, jointes vous par la face ventrale ($\frac{1}{3}$ de grandeur naturelle). — A, droite de la figure, la ligne pointillée a b indique le niveau auquel se fait la rupture. A gauche, le premier article et la portion du deuxième, qui reste adhérente au corps, sont seuls représentés en traits pleins. La portion caduque de la patte est indiquée en traits interrompus. — 1, Coxopodite ou premier article. — 2 2, deuxième article résultant de la soudure du basipodite et de l'ischiopodite.

l'Écrevisse (le deuxième ou *basipodite* et le troisième ou *ischiopodite*) soudés en une seule pièce. C'est au

niveau du sillon qui correspond à cette soudure, que se fait invariablement la rupture de la patte.

La figure 32 représente la première et la deuxième paire de pattes d'un Crabe tourteau vues par la face ventrale. A droite, la ligne *ab* indique sur chaque patte le niveau du deuxième article auquel se fait la rupture. A gauche, le premier article et la portion du second article qui reste adhérente, sont représentés par des traits pleins. La portion caduque de la patte est figurée par des traits interrompus.

Chez tous les Crabes que j'ai eu l'occasion d'examiner (*Carcinus*, *Platycarcinus*, *Portunus*, *Xantho*, *Maja*, *Hyas*, etc.) et chez la Langouste, la rupture se fait également dans la substance du deuxième article au niveau de la soudure du basipodite et de l'ischiopodite.

Chez le Homard et l'Écrevisse, la première paire de pattes qui porte la pince, présente seule cette disposition anatomique. Sur les quatre autres pattes, le basipodite et l'ischiopodite sont des pièces distinctes, mobiles l'une sur l'autre et reliées par une véritable articulation. C'est au niveau de cette articulation, entre le deuxième et le troisième article, que se fait la rupture des quatre dernières pattes chez le Homard, quand on réussit à la provoquer. Car le Homard se prête bien moins que le Crabe à cette étude, et l'expérience n'est pas toujours couronnée de succès. Il est nécessaire d'opérer sur des sujets fraîchement capturés et possédant toute leur vigueur,

comme l'étaient ceux qui étaient mis à ma disposition au Laboratoire de zoologie expérimentale de Roscoff.

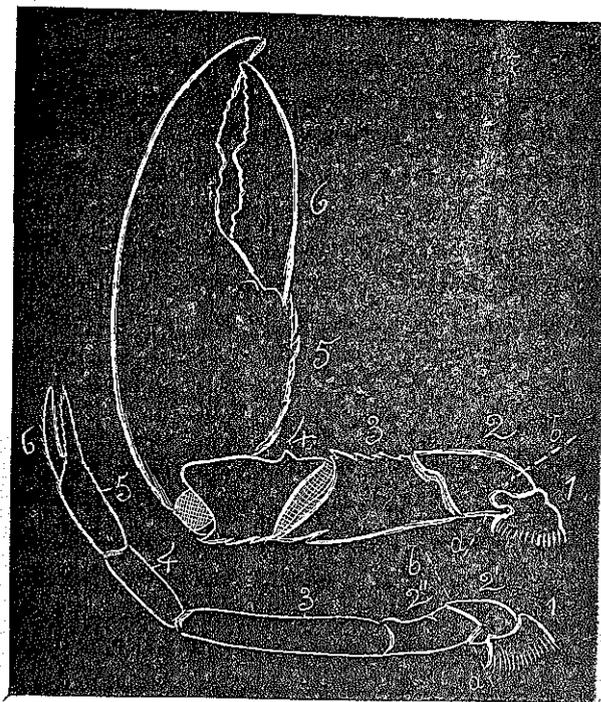


FIG. 33. Première et deuxième pattes de droite du Homard, vues par la face ventrale.

La première est constituée comme les pattes du Crabe. L'article n° 2 est formé par la soudure du basipodite avec l'ischiopodite réunis au niveau de la ligne pointillée *a b*. Sur la deuxième patte et sur les suivantes, le basipodite 2' est séparé de l'ischiopodite 2'' par l'articulation *a b*, au niveau de laquelle se produit la rupture de la patte.

L'Écrevisse paraît casser assez facilement la pince; la rupture des autres pattes ne m'a pas réussi, quoique

j'ai cherché à la provoquer sur une demi douzaine d'individus assez vigoureux.

La rupture des pattes n'est due en aucune façon à leur fragilité exagérée, comme on pourrait être tenté de le croire. L'expérience directe prouve que chez un Crabe mort, ou dont le système nerveux est paralysé, les pattes sont fort résistantes et supportent avant de se rompre un effort de traction représentant parfois jusqu'à cent fois le poids du corps entier de l'Animal.

Sur un petit *Carcinus Mœnas* (céphalothorax ayant 5 centimètres de large sur 4 de haut) à masse nerveuse ventrale détruite, la première patte portant la pince, résista à une traction de 3 kilogrammes et demi, mais fut arrachée par un poids de 4 kilogrammes. La deuxième patte céda entre 4 kilogrammes et demi et 5 kilogrammes. La troisième et la quatrième entre 3 kilogrammes et demi et 3,7 kilogrammes. La cinquième se rompit entre 3 kilogrammes et demi et 4 kilogrammes.

Lorsqu'on arrache une patte par traction sur l'Animal mort, elle se rompt d'ordinaire entre le céphalothorax et le premier article, parfois à l'articulation suivante. La surface de rupture porte souvent une houppe de muscles qui se sont détachés en même temps. On produit beaucoup moins souvent par traction, la cassure décrite précédemment et siégeant dans la continuité du second article.

L'amputation de la patte chez l'Animal vivant, n'est donc pas le résultat d'un accident dû au manque de

résistance de cet appendice. Comme nous allons le voir, elle est provoquée par un mouvement actif. Le Crabe rompt lui-même sa patte à l'endroit d'élection, par une contraction musculaire énergique.

Quelle est la signification du phénomène de rupture des pattes? Faut-il y voir un acte intelligent ou instinctif, dans lequel la volonté, l'émotion de l'Animal peuvent intervenir comme l'affirme Huxley dans son livre sur l'Écrevisse et comme M. Parize l'a répété?

« Lorsque cet Animal est retenu par une de ses pinces, dit l'illustre naturaliste anglais, de façon à ce qu'il ne puisse s'échapper, il est capable de résoudre la difficulté en rompant le membre qui reste dans la main du pêcheur, tandis que l'Écrevisse s'échappe. »

M. Parize¹ est encore plus catégorique :

« J'ai mis en présence de plusieurs *Cancer Mœnas* vigoureux un fort Poulpe (*Octopus vulgaris*), leur plus redoutable ennemi, qui en fait presque exclusivement sa nourriture sur nos côtes granitiques.

« J'ai observé que dès qu'un suçoir de Poulpe s'était fixé sur une patte de Crabe, celui-ci lui abandonnait son membre et s'enfuyait sous un abri. L'action des ciseaux du physiologiste remplacerait donc l'excitation violente produite par la peur chez la victime du terrible Octopus.

« Beaucoup d'Arachnides communes, des groupes des Thériidés et des Épeiridés savent abandonner

¹ *Revue scientifique*. 1886, p. 379.

leurs pattes lorsqu'elles les sentent engagées dans un piège : c'est ainsi qu'en présentant à un Animal de ces espèces une allumette enduite de matière poisseuse ou glutineuse, de manière à y faire adhérer quelques unes de ses pattes, celles-ci y demeurent sans que l'Insecte (*sic*) ait paru faire de contractions violentes. »

Les expériences suivantes me paraissent contredire formellement cette interprétation :

On enfonce à moitié une demi-douzaine de clous dans le fond d'un grand tiroir de bois, dont l'atmosphère est maintenue humide au moyen de plusieurs éponges mouillées. A chacun des clous est attaché par une patte un gros *Carcinus Mænas* possédant toute sa vigueur. Les uns ont la patte fixée directement contre le clou ; aux autres, on laisse un peu plus de liberté, en allongeant le bout de ficelle qui les retient. De temps à autre on imprime à leur prison une série de chocs brusques pour les exciter à fuir. Aussi les prisonniers font-ils des efforts violents, mais infructueux pour se détacher ; aucun d'eux n'a l'idée de se sauver en brisant le membre qui le retient captif.

Au bout de six heures, on met fin à l'expérience. La patte qui a été retenue si longtemps n'a pas perdu la faculté de se briser : il suffit de la pincer vivement en son milieu pour provoquer immédiatement la rupture à la base.

De même un Crabe qu'on retient par la patte sans écraser celle-ci, n'aura jamais recours à l'autotomie pour se délivrer. Il y a plus : si l'on coupe brusque-

ment, au moyen de ciseaux, l'extrémité d'une autre patte que celle qui retient l'Animal, le Crabe brisera non cette dernière patte, ce qui le rendrait à la liberté, mais la patte mutilée, celle dont la perte ne lui est d'aucune utilité. L'absence d'intention intelligente est manifeste ici : nous avons affaire à un mécanisme nerveux préétabli, qui fonctionne en aveugle, à la façon des centres réflexes des Animaux vertébrés.

Il m'est donc difficile de croire au fait signalé par M. Parize, du Crabe qui abandonne sa patte au Poulpe, afin d'éviter d'être dévoré en entier par lui.

Peut-être le Poulpe avait-il écrasé la patte du Crabe. Dans ce cas, l'organisme du Poulpe considéré au point de vue de la chasse au Crabe, demanderait à se perfectionner : quand on veut conserver un Crabe pour son déjeuner, il vaut mieux le saisir délicatement par une extrémité que de l'écraser brutalement. Plus fait douceur que violence.

Voici d'autres expériences qui parlent en faveur de mon interprétation. On pratique sur plusieurs Crabes la destruction des masses nerveuses sus-œsophagiennes ou l'ablation de toute la région dorsale et céphalique du corps. On sait, d'après les expériences d'Émile Yung, que la masse nerveuse sus-œsophagienne, est, chez les Crustacés, le siège de la volonté et de la coordination des mouvements : elle peut donc être comparée fonctionnellement au cerveau des Vertébrés. Or, la rupture des pattes s'obtient encore

avec la plus grande facilité sur les Crustacés décapités (*sit venia verbo*) ou privés de cerveau.

Plaçons un Crabe dans un bocal avec une éponge imbibée d'éther ou de chloroforme. Les vapeurs de la substance anesthésique provoquent d'abord une grande agitation chez l'Animal, puis les mouvements deviennent de moins en moins actifs. Si on soustrait le Crabe à l'action des vapeurs anesthésiques avant qu'il ne soit tout-à-fait paralysé, on pourra constater l'engourdissement des fonctions intellectuelles et la suspension des mouvements intentionnels : à ce stade, on obtient encore la rupture des pattes à l'endroit d'élection. Cette rupture paraît donc bien être ici un acte inconscient, dans la production duquel la volonté de l'Animal n'a aucune part.

C'est un acte purement réflexe, auquel président la masse nerveuse ventrale, les nerfs sensibles et moteurs de la patte. La rupture de la patte s'obtient chaque fois que le nerf sensible de la patte est vivement excité soit mécaniquement, soit par une action chimique, soit par l'électricité, soit par la chaleur.

Excitation mécanique du nerf sensible de la patte. — Pour obtenir à coup sûr la rupture spontanée de la patte, il convient d'opérer de la façon suivante : on soulève un Crabe vivant en le saisissant par le milieu d'une patte (au niveau du troisième article, par exemple), entre le pouce et l'index. Sur l'Animal ainsi suspendu, le corps en bas, on coupe brusquement

l'extrémité de la patte (au niveau du quatrième ou du cinquième article, par exemple) qui dépasse. L'excitation du nerf sensible, causée par la section, provoque immédiatement une violente contraction des muscles de la patte. Celle-ci se porte vivement dans l'extension forcée et casse aussitôt près de sa base, au niveau du deuxième article. Le bout de patte reste entre les doigts de l'opérateur, le Crabe tombe à terre et s'enfuit. On peut répéter la section sur chacune des dix pattes, que l'Animal rompra successivement lui-même.

L'expérience est plus étonnante encore si on place le Crabe sur le dos, sans le suspendre ni le fixer. L'Animal cherche à se retourner; pendant qu'il agite les pattes en signe de détresse, on coupe brusquement l'extrémité de l'une d'elles. Aussitôt la patte se porte dans l'extension forcée, vient butter contre la carapace et casse à l'endroit d'élection.

Le nerf sensible de la patte paraît ne pas s'étendre jusqu'à l'extrémité de l'avant-dernier article et manquer totalement dans le dernier article (doigt mobile de la pince, griffe qui termine les autres pattes). Ces parties sont insensibles à la section; on peut impunément couper le doigt mobile de la pince ou la griffe et l'extrémité de l'avant-dernier article des autres pattes. La patte ne se détache que si l'on coupe à partir des trois quarts internes du cinquième article ou plus près du corps. Il faut tenir compte de ce fait, lorsqu'on veut saigner des Crabes par la section

des pattes. Ils laisseront tomber toutes leurs pattes si l'on coupe celles-ci autre part qu'à leur extrémité. Les moignons résultant de l'amputation spontanée ne saignent presque pas.

Pour être efficace, l'excitation du nerf par la section de la patte doit être brusque : il faut employer des ciseaux bien tranchants.

Excitant chimique. — Si l'on comprime lentement la patte entre les lames des ciseaux, on écrasera le nerf graduellement et l'on pourra arriver à opérer la section complète, sans provoquer la rupture spontanée. Si l'on plonge alors l'Animal entier dans un liquide irritant, de l'alcool, par exemple, le nerf mis à nu sera excité, et l'on pourra dans quelques cas assister à la rupture de la patte.

Mon savant collègue Édouard van Beneden m'a raconté avoir plus d'une fois observé des faits analogues pendant son voyage au Brésil. De gros Crustacés marins abandonnaient leurs pattes au moment où il les plongeait dans l'alcool (dans un but de conservation).

Excitant thermique. — Il suffit d'approcher une patte de la flamme d'une bougie pour qu'elle se rompe immédiatement à la base. H. Dewitz a cité le cas d'écrevisses qui cassèrent leurs pinces au moment où il les plongeait dans l'eau chaude. Il ne parvint malheureusement pas à réussir l'expérience une seconde fois.

Excitant électrique. — Si l'on soulève un Crabe par

une patte et qu'on applique la pince électrique à l'extérieur, sur le trajet du nerf sensible, par exemple au niveau de l'articulation entre le troisième et le quatrième article, la patte se rompt brusquement à l'endroit d'élection, au moment où l'on tétanise le nerf par des chocs d'induction (chariot de du Bois-Reymond).

Il n'est pas difficile de mesurer, au moyen de la méthode graphique, la durée du temps qui s'écoule entre l'excitation électrique du nerf et la rupture de la patte. On suspend le Crabe par la patte vers le milieu d'un levier horizontal muni d'un style écrivant. Le levier est mobile dans un plan vertical et écrit sur le cylindre enregistreur placé verticalement; le levier est soutenu par un fil de caoutchouc ou tout autre ressort dont l'élasticité fait équilibre au poids du Crabe. Le ressort est chargé de relever brusquement le levier, en vertu de son élasticité, au moment où le Crabe tombera et de faire tracer à la plume, le signal de rupture de la patte sur le papier enfumé de l'appareil enregistreur. On inscrit sur le même cylindre tournant, le signal de rupture de la patte et le signal d'excitation électrique du nerf au moyen de l'appareil Marcel Deprez. Le retard du premier signal sur le second correspond au temps qui s'écoule entre l'excitation du nerf et la section de la patte. Ce temps m'a paru extrêmement variable, depuis quelques centièmes de seconde, jusqu'à une seconde entière et davantage.

A quel centre nerveux aboutit l'excitation provo-

quée dans le nerf sensible de la patte ? Ce ne peut être qu'à la masse ventrale, puisque l'expérience d'autotomie réussit tout aussi bien après destruction des ganglions sus-œsophagiens. Dès qu'on enlève la masse nerveuse ventrale, on supprime au contraire la réaction de rupture. On peut alors couper successivement toutes les pattes, exercer en même temps sur elles de fortes tractions, sans obtenir une seule fois la cassure si caractéristique qui se produit sur l'Animal intact.

Comme contre-épreuve, j'ai essayé à plusieurs reprises de porter l'excitant électrique sur la masse nerveuse ventrale ; dans un cas, j'ai pu provoquer la rupture d'une patte par irritation directe des ganglions de la masse ventrale.

L'amputation des pattes par voie réflexe suppose donc l'intégrité physiologique des parties suivantes : 1° *voie nerveuse centripète* : les fibres sensibles du nerf mixte de la patte ; 2° *centre nerveux réflexe* : la masse ganglionnaire ventrale, chez les Crabes, la chaîne ventrale, chez les Macroures, 3° *voie nerveuse centrifuge* : les nerfs moteurs des muscles dont la contraction provoque la cassure de la patte.

Il nous reste à étudier cette action musculaire et à déterminer par quel mécanisme s'opère la rupture.

Comme l'a montré Milne-Edwards dans ses belles recherches sur l'histoire naturelle des Crustacés, chaque article d'une patte de Crabe est constitué par

une coque dure en forme d'étui ou de tube plus ou moins cylindrique.

L'articulation de deux tubes voisins est disposée de façon à ne permettre que des mouvements de flexion ou d'extension. Les bases des deux articles voisins ne sont ni planes, ni circulaires ; elles ne se touchent que par deux points en saillie, situés aux extrémités du grand diamètre de cette base (axe de l'articulation). Ces deux points de contact servent comme de charnière à l'articulation. Les mouvements de flexion et d'extension de chaque article sur le précédent sont produits par l'action de deux muscles, un fléchisseur et un extenseur. Les fibres de ces muscles s'insèrent sur un tendon chitinisé qui aboutit à l'extrémité proximale de l'article à mouvoir ; d'autre part elles se fixent à la face interne de l'article précédent. Ainsi, pour prendre un exemple, l'extenseur et le fléchisseur du cinquième article sur le quatrième, se fixent d'une part à la base de ce cinquième article, et de l'autre sur toute la surface interne du quatrième article qu'ils remplissent presque complètement.

Le second article de la patte, au niveau duquel se fait la rupture, est constitué sur le même plan général. Il s'articule avec le premier article par deux saillies situées aux extrémités d'un diamètre de sa base ; c'est l'axe de l'articulation, autour duquel le second article exécute sur le premier des mouvements très étendus d'extension ou de flexion.

L'extenseur *a* et le fléchisseur *b* (fig. 34) s'attachent

au bord proximal du second article, suivant les extrémités d'un diamètre perpendiculaire à l'axe de l'articulation. Ces deux muscles s'insèrent donc sur la partie du second article qui n'est pas soutenue par le premier article et qui porte à faux. Tous deux inter-

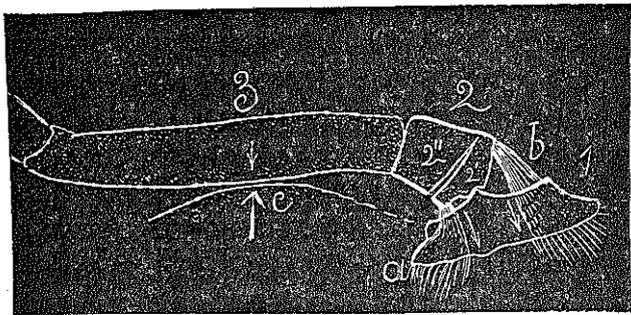


FIG. 34. — (Demi-schématique), destinée à illustrer le mécanisme de la cassure du deuxième article de la patte du Crabe ou de la Langouste. L'Animal est placé sur le dos; la figure représente une patte de droite, vue par sa face postérieure.

- 1, Premier article logeant le fléchisseur *b* et l'extenseur *a* du deuxième article.
- 2, Deuxième article; la fente entre 2' et 2'' indique le niveau de la rupture du deuxième article.
- 3, Troisième article.
- C, Carapace contre laquelle vient butter la patte par les contractions de l'extenseur *a*. La patte étant fixée, le muscle continue à se contracter et sépare 2' de 2.

viennent probablement dans la rupture de la patte; mais l'expérience directe prouve que l'extenseur seul est indispensable.

On peut, au moyen de ciseaux fins et pointus, que l'on glisse sous la membrane articulaire, sectionner le tendon du fléchisseur, sans empêcher

ultérieurement le réflexe de rupture. Au contraire, la section isolée du tendon de l'extenseur, pratiquée par le même procédé, m'a paru supprimer dans tous les cas le phénomène de cassure réflexe de la patte. Ce muscle est donc indispensable à cette cassure.

Voici comment je me rends compte de son mode d'action (V. figure 34, qui représente schématiquement l'action du muscle extenseur *a* et du fléchisseur *b*). Dès qu'on irrite le nerf sensible d'une patte, on provoque par voie réflexe une contraction énergique de l'extenseur (*a*) du deuxième article et probablement d'autres muscles, ce qui amène une extension forcée de la patte. La patte vient alors butter contre le bord de la carapace (en *c*, fig. 34), où son mouvement d'extension se trouve arrêté. L'extrémité distale 2'' du deuxième article, participe forcément à ce mouvement et se trouve fixée médiatement de cette façon. Le muscle extenseur *a*, continuant à se contracter, exerce une traction sur la partie proximale 2' (en forme d'anneau) du deuxième article et finit par la séparer de la portion distale 2'' qui se trouve retenue. Il existe là un sillon circulaire, entaillant plus ou moins profondément la paroi du deuxième article, surtout à sa face interne, et constituant un *locus minoris resistentiæ*, au niveau duquel s'effectue la rupture.

La condition *sine qua non* de la rupture est donc l'intégrité du muscle extenseur (*a*) du deuxième article. Il faut également que la patte et la partie distale du

deuxième article trouvent un point d'appui résistant soit contre la carapace de l'Animal, soit entre les doigts de l'expérimentateur qui a saisi la patte.

L'utilité du réflexe d'autotomie saute aux yeux. D'ailleurs le profit que le Crabe retire du sacrifice de sa patte est double: d'abord il échappe à un ennemi sérieux, puisque ce dernier avait entamé la coque dure de la patte, et atteint le nerf sensible. En outre, il n'est pas exposé à périr d'hémorragie. La plaie formée par la cassure ne saigne presque pas; je crois qu'il faut attribuer cette absence d'hémorragie à la contraction persistante du muscle extenseur; ce muscle, gonflé par la contraction tonique, bouche l'orifice qui correspond à la cavité de la patte, et ne permet pas au sang de s'écouler.

La coque du deuxième article, les nerfs et les vaisseaux sont déchirés, mais les muscles paraissent intacts: ceux qui meuvent le deuxième article sur le premier, restent en entier dans le moignon qu'ils fixent solidement et dont ils empêchent l'hémorragie. Ceux qui meuvent le troisième article sur le second, paraissent entièrement contenus dans la partie caduque.

On sait avec quelle facilité les pattes des Crustacés repoussent quand elles ont été arrachées. On trouve fréquemment des Crabes présentant une ou plusieurs pattes de formation récente, plus petites que les autres. Chez eux, la patte nouvelle est greffée sur le moignon

de l'ancienne, au niveau du milieu du deuxième article. C'est donc également là que se fait la rupture chez l'Animal vivant à l'état de nature.

Outre le Homard, l'Écrevisse, la Langouste, et les différents Crabes que j'ai cités précédemment, j'ai observé la rupture des pattes chez le Bernard l'Hermitte (Pagure) et chez les Palaemon et Crangon.

La rupture ne présente pas le même caractère étrange chez tous ces Crustacés. Ainsi, c'est par des contractions musculaires généralisées, par de violentes secousses imprimées à tout le corps, que le Homard, dont on pince une des quatre dernières pattes, se délivre en arrachant la patte au niveau de l'articulation entre le basipodite et l'ischiopodite. L'Animal me paraît incapable de provoquer cette rupture à la façon du Crabe, par la contraction d'un seul ou d'un petit nombre de muscles. Il est probable que la faculté de perdre les pattes par autotomie s'est développée peu à peu chez les ancêtres des Crabes, pour atteindre finalement le degré de perfection qu'elle présente chez les Crabes actuels et chez la Langouste, par suite de la soudure du deuxième et du troisième article des pattes. Le Homard et l'Écrevisse nous représentent un stade moins perfectionné au point de vue de l'évolution de ce moyen de défense.

III. AUTOTOMIE CHEZ LES INSECTES

Les Orthoptères sauteurs, les Diptères à longues pattes comme les Tipules, quelques Lépidoptères et beaucoup d'autres Insectes sans doute, perdent leurs pattes avec la plus grande facilité. Les expériences suivantes montrent que, chez les Sauterelles, la rupture des pattes se fait par *autotomie*, c'est-à-dire par voie réflexe inintelligente. Si l'on maintient une Sauterelle par une des pattes de derrière, en la saisissant par exemple à l'extrémité distale de la grosse cuisse (ou *fémur*), près de l'articulation avec la pièce appelée *tibia*, l'Animal fera des efforts pour s'échapper, mais ne rompra pas la patte, à moins que l'on n'ait serré trop fort et froissé les nerfs sensibles. La rupture s'obtient alors immédiatement, au niveau de l'articulation du *fémur* avec le *trochanter*. La partie caduque comprend donc le *fémur*, le *tibia* et le *tarse*. Comme chez le Crabe, la meilleure façon de provoquer la rupture, consiste à soulever l'Insecte en le saisissant délicatement par une cuisse et à couper brusquement aux ciseaux, l'extrémité distale de celle-ci. La cuisse se détache immédiatement à sa base et l'Animal tombe à terre. On peut répéter l'expérience avec le même succès sur l'autre patte de derrière. Les deux premières paires de pattes au contraire, beaucoup plus

courtes que la dernière, ne présentent pas le phénomène de la cassure.

De même que chez les Crustacés, c'est la chaîne ganglionnaire ventrale qui préside aux réflexes d'autotomie. Les grosses pattes du saut se rompent tout aussi facilement chez une Sauterelle décapitée que chez l'Animal intact.

Du reste la chaîne ganglionnaire ventrale des Insectes représente une série de centres nerveux capables de provoquer des mouvements réflexes ou automatiques parfaitement coordonnés. La Sauterelle décapitée conserve son attitude normale, se retourne quand on la met sur le dos, continue à respirer régulièrement, etc. Si on lui pince légèrement l'abdomen, les pattes sauteuses se détendent avec ensemble et font décrire au tronc, un bond qui ne le cède en rien à ceux qu'exécute l'Animal intact. Tout le monde sait qu'une Guêpe décapitée peut continuer à bourdonner, c'est-à-dire à exécuter des mouvements des ailes régulièrement coordonnés. L'expérience peut même réussir sur un corselet de Guêpe isolé avec pattes et ailes, mais privé de tête et d'abdomen.

Le bénéfice que la Sauterelle retire de son sacrifice involontaire est du même genre que chez le Crabe. L'Animal échappe au danger d'être immédiatement détruit. Cependant, les pattes une fois tombées, ne repoussent pas : une Sauterelle, privée d'une ou de deux pattes de derrière, sera donc pour toujours estropiée, et infiniment plus exposée aux causes de

destruction, que l'Animal entier et intact. Mais comme la durée de l'existence de l'Insecte parfait est en général assez courte, il suffit dans beaucoup de cas que la vie soit prolongée pendant quelques jours, pour que les produits sexuels arrivent à maturité et assurent la propagation de l'espèce. Peu importe ensuite que l'individu périsse ou reste en vie.

IV. AUTOTOMIE CHEZ LES ARACHNIDES

Mes expériences ont été faites sur des Phalangiens, sur des *Epeira diadema* et sur quelques autres Araignées communes. Ici aussi, l'Animal peut être maintenu captif par une ou plusieurs pattes, sans qu'il songe à les briser, si l'on a soin d'éviter tout froissement qui pourrait irriter les nerfs sensibles. Ici aussi, l'Animal soulevé par le milieu d'une patte, entre le pouce et l'index de l'expérimentateur, rompt celle-ci à la base, dès qu'on en sectionne l'extrémité au moyen de ciseaux. C'est un cas d'autotomie des mieux caractérisés. Comme chez les Crustacés et les Insectes, les moignons fort courts résultant de l'amputation provoquée ne saignent pas.

A l'exemple de M. Parize, dont j'ai cité plus haut les expériences, j'ai présenté à des Faucheurs, à des Epeïres et à plusieurs autres Araignées, des allumettes enduites de matières poisseuses (emplâtre à la glu, baume de Canada épais), de manière à faire adhérer

une ou plusieurs pattes. Aucun des Animaux retenus de cette façon, n'a abandonné une seule de ses pattes.

V. AUTOTOMIE CHEZ LES REPTILES

Chez l'Orvet, la rupture de la queue est également provoquée par une contraction musculaire et n'est pas due uniquement à la fragilité exagérée de cet appendice, comme pourraient le faire supposer les noms *Anguis fragilis* et *Serpent de verre*. Je citerai d'abord l'expérience suivante, faite sur un Orvet dont la mort remontait à vingt-quatre heures, et dont les muscles et les nerfs étaient définitivement paralysés. Je fixe à l'extrémité de la queue, au moyen de bandelettes collodionnées, un lien auquel je suspends un petit plateau de balance que je charge de poids. Je suis obligé d'exercer une traction de plus de 490 grammes avant de rompre la queue. L'Orvet pesait 19 grammes; il a donc fallu, pour arracher la queue, un poids vingt-cinq fois plus fort que celui de l'Animal entier.

L'Orvet vivant se comporta tout autrement. Suspendu par la queue la tête en bas, il se tordit dans différentes directions, mais sans chercher à s'échapper par la rupture de la queue. J'irritai alors vivement l'extrémité de la queue, en l'amputant par une section brusque au moyen de ciseaux tranchants. Aussitôt la portion de queue située au-dessous du point

par lequel l'Orvet était suspendu, exécuta une série de mouvements de latéralité ayant pour résultat de détacher complètement l'Animal, qui tomba à terre et s'enfuit.

Je repris l'Animal et le maintins suspendu en le saisissant par l'extrémité du reste de la queue, que je froissais vivement entre les doigts. L'Animal se brisa de nouveau immédiatement au-dessous du point saisi, par le même mécanisme de contractions alternatives du côté droit et gauche du corps. Je crois donc qu'il s'agit ici, comme chez le Crabe, d'une rupture active, d'un mouvement musculaire provoqué par voie réflexe, à la suite d'une vive irritation des nerfs sensibles de la queue.

Les fragments de queue enlevés par les ciseaux, ou amputés par l'Animal, frétilent pendant plusieurs minutes, exécutant des mouvements oscillatoires d'incurvation alternativement à droite et à gauche.

J'ai constaté au microscope que, dans la queue brisée de l'Orvet, la rupture des muscles s'était partout opérée au niveau des tendons, et jamais dans la substance contractile des fibres charnues.

Chez les Lézards, la queue se brise avec une facilité encore plus grande que chez l'Orvet. Aussi n'est-il pas très facile de retenir un Lézard vivant, par la queue saisie entre le pouce et l'index. Un mouvement involontaire de compression, une irritation légère de l'extrémité de cet appendice suffit pour provoquer sa rupture à la base.

On ne peut réussir à maintenir l'Animal captif par la queue qu'en évitant soigneusement tout froissement. A différentes reprises, il m'est arrivé de fixer au moyen d'emplâtre à la glu un lien à l'extrémité de la queue d'un Lézard des Souches fraîchement capturé, et de placer l'Animal ainsi attaché, sur une surface rugueuse, aux aspérités de laquelle il pouvait facilement prendre un point d'appui, dans ses tentatives de fuite ou de rupture de la queue. Dans ces conditions, l'Animal cherche à se dégager et s'épuise en efforts infructueux : jamais il ne se libère par la rupture de la queue.

L'autotomie chez le Lézard n'est donc pas non plus un acte intentionnel, provoqué par la volonté de l'Animal. S'il en fallait une preuve nouvelle, elle nous serait fournie par les expériences de mutilation du système nerveux. La rupture de la queue m'a réussi une fois chez un Lézard à hémisphères cérébraux enlevés. Cette opération supprime, comme on le sait, toute manifestation intellectuelle¹. L'autotomie ne se produit plus si l'on enlève tout l'encéphale, par décapitation par exemple. Il semble donc que la portion du système nerveux qui préside au mouvement réflexe d'amputation de la queue est située entre la moelle épinière et les hémisphères cérébraux.

¹ Chez le Lézard et chez l'Orvet, la décapitation ou la section de la moelle allongée suppriment assez rapidement les mouvements réflexes, contrairement à ce qui a lieu chez la Grenouille.

VI. AUTOTOMIE CHEZ LES CŒLÉNTÉRÉS,
LES ÉCHINODERMES, LES MOLLUSQUES, LES VERS

Les Mollusques n'ont jusqu'ici présenté qu'un petit nombre de cas d'autotomie. D'après Quoy et Gaimard, *Harpa ventricosa* est capable de s'amputer la partie postérieure du pied par un procédé tout à fait original. Cette partie est pressée contre le bord tranchant de la coquille qui la sépare comme le ferait une lame de couteau. D'après les mêmes auteurs, *Doris cruenta* peut également abandonner une portion de son manteau. Semper a rencontré aux îles Philippines un grand nombre de Colimaçons appartenant au genre *Hélicarion*. Tous savent échapper à l'ennemi qui les a saisis par l'extrémité du pied, en arrachant ce dernier par des mouvements convulsifs de latéralité. Les Mollusques Pulmonés terrestres du genre *Stenopus* jouissent d'après Guilding de la même propriété. M. D. Oertel, de Laval, citait récemment dans la *Revue scientifique*, d'après Gundlach, deux Hélices de Cuba (*Helix crassilabris* et *imperator*), chez lesquelles se fait également la séparation spontanée de l'extrémité postérieure du pied. Lui-même a fréquemment observé sur les plages vaseuses du Croisic « que, lorsqu'on saisissait brusquement la coquille d'un *Solen* vivant attiré à la surface du sol par la présence de quelques grains de sel, déposés à l'entrée

du trou, l'Animal par une contraction musculaire violente, détachait une partie de son pied qui tombait sur le sol. » Le fait avait déjà été mentionné, ajoutait-il, par Poli et les anciens auteurs, ainsi que par Fischer.

Il est probable qu'on retrouvera d'autres cas d'autotomie chez un grand nombre d'Invertébrés inférieurs.

Dans une conférence faite récemment à la Sorbonne, devant l'Association pour l'avancement des sciences, M. le professeur de Lacaze-Duthiers citait incidemment le cas d'autotomie présenté par la Bonellie.

« Cet Animal, disait-il, a fait mon tourment en Corse où je le voyais fort abondant sur les rochers, étalant sa longue bandelette fourchue verte et palpant avec ses cornes les environs de sa demeure : quand je voulais le saisir, il rentrait rapidement dans son gîte de granit, ne laissant entre mes mains que sa partie fourchue, prise par les anciens naturalistes pour sa queue, et qui, en réalité, est sa tête prolongée en trompe bifurquée. »

M. A. Giard¹ a énuméré d'autres exemples d'autotomie chez un certain nombre d'Echinodermes, d'Annélides, de Géphyriens, de Némertiens, d'Entéro-pneustes, etc.

L'autotomie est si fréquente chez les Annélides chétopodes qu'il est souvent difficile d'obtenir intacts

¹ Giard, *Revue scientifique*, 1886, II, p. 629.

les individus de certaines espèces appartenant aux familles des Clyméniens, des Polynoïdiens et des Térébelliens. M. Giard cite encore les *Balanoglossus Robinii* et *Salmoneus*, si abondants sur les plages de sable des îles Glenans. Ces Entéropneustes ne montrent à l'extérieur que leur extrémité anale. Si l'on veut par un coup de bêche rapide s'emparer de l'Animal, celui-ci s'échappe promptement, abandonnant une portion plus ou moins longue de sa région terminale.

M. Giard a proposé de subdiviser les divers cas d'autotomie en deux grands groupes.

I. *Autotomie défensive*, comprenant les exemples cités jusqu'à présent.

II. *Autotomie reproductrice*.

Beaucoup d'Étoiles de mer présentent cette seconde variété d'autotomie. Le professeur Preyer, d'Iéna, a fait un assez grand nombre d'expériences d'autotomie sur des Astérides, des Ophiures et des Comatules de la baie de Naples.

Voici quelques uns des faits signalés par M. Preyer :

Asterias tenuispina est une Étoile de mer à sept rayons, mais qui présente rarement les sept rayons égaux. En effet, l'Animal les perd avec la plus grande facilité, ordinairement par trois ou quatre à la fois qui se détachent d'une pièce, plus rarement par un ou deux à la fois. Les rayons détachés continuent à vivre, poussent bientôt de nouveaux bras et se complètent, de manière à reconstituer un individu à sept rayons inégaux. Les parties perdues repoussent également

chez l'individu souche. Ici l'autotomie a donc la signification d'un véritable mode de reproduction par division.

Asterias glacialis s'ampute les bras avec tout autant de facilité. Il suffit de saisir brusquement un rayon, de le blesser ou de l'exciter pour provoquer sa rupture. Un seul rayon isolé est capable de reproduire l'Animal entier.

On sait que Haeckel a comparé à des *Comètes* les Étoiles de mer produites ainsi tout entières par un bras détaché, lequel a dû par conséquent former à nouveaux frais le disque central et les autres bras. La prédominance de volume que le bras primitif conserve pendant longtemps sur les rayons et sur le disque de nouvelle formation rappelle la disposition de la queue d'une comète par rapport au noyau central du météore.

Les mêmes expériences furent répétées avec succès chez *Luidia ciliaris*. Les bras détachés de cette espèce sont eux-mêmes capables de se subdiviser ultérieurement en deux ou trois morceaux, sous l'influence d'une violente excitation électrique. L'autotomie peut donc être provoquée sans l'intervention de l'anneau nerveux pentagonal. Il suffit que la moelle nerveuse ventrale du rayon soit intacte.

Les Ophiures perdent leurs bras les uns après les autres avec une facilité encore bien plus grande que les Astéries, d'où le nom de *fragilis* donné à l'une des espèces (fig. 35). Chacun des bras amputés peut se casser lui-même en plusieurs fragments. Chez les

individus chloroformés, il suffit qu'un bras saisisse son voisin, pour que celui-ci se brise.

Enfin l'autotomie atteint chez les Comatules un degré de développement incroyable. Une Comatule,

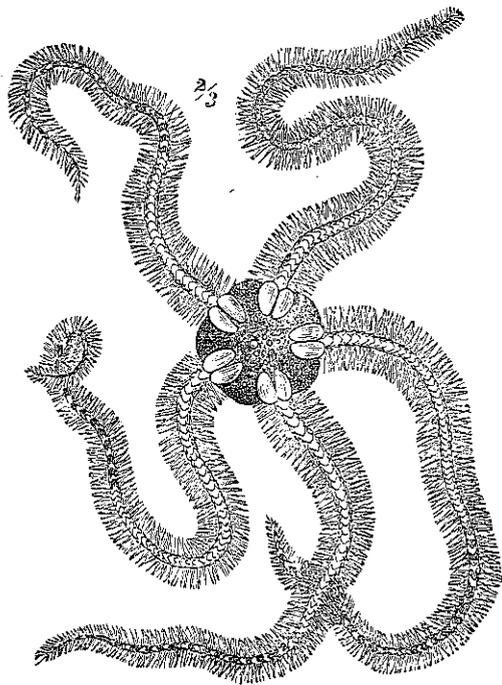


FIG. 35. — *Ophiotrix fragilis*.

dont on excite le disque central par l'électricité perdra ses bras les uns après les autres, jusqu'à ce qu'il ne lui en reste plus qu'un seul. Ce dernier se détachera à son tour, dès qu'on le touchera avec la pince élec-

trique. Tout bras excité par l'électricité se détache immédiatement, parfois en deux morceaux. L'endroit de la cassure est situé dans le voisinage de la partie excitée.

L'excitation électrique appliquée sur un bras déjà

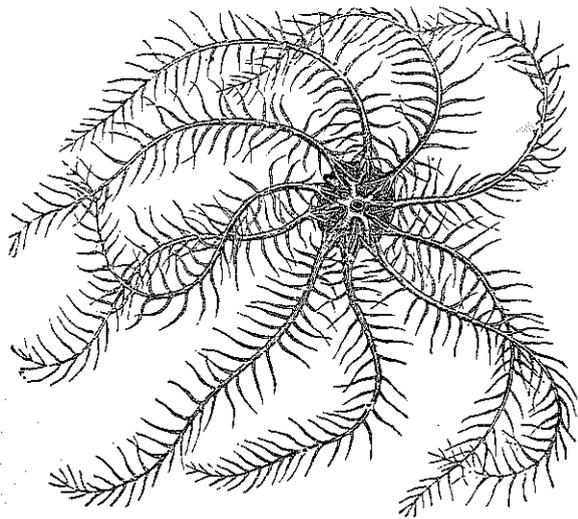


FIG. 36. — Comatule rosacée.

amputé peut y provoquer une nouvelle rupture transversale : cette cassure est cependant moins facile à obtenir que celle des rayons sur l'Animal entier.

Une Comatule (fig. 36) plongée vivante dans de l'eau de mer à 37° ou 38°, exécute encore des mouvements pendant quelques secondes, se roule souvent en boule, puis se brise en un grand nombre de mor-

ceaux, chacun des dix rayons, se subdivisant en plusieurs segments et perdant ses pinnules.

La liste des cas d'autotomie serait encore bien plus longue si l'on voulait appliquer cette dénomination à tous les cas où un Animal présente la séparation d'une partie de son corps.

La projection au dehors du filament armé des organes urticants des Cœlentérés, la séparation du bras hectocotylisé des mâles des Céphalopodes, et une foule d'autres phénomènes analogues devraient y figurer.

Les racines que les Crustacés parasites appartenant au groupe des Rhizocéphales (*Peltogaster*) envoient dans la cavité viscérale de l'Animal sur lequel ils vivent, et qu'ils abandonnent dans le corps de ce dernier, lorsqu'eux mêmes s'en détachent par les progrès de l'âge, devraient également figurer ici. Ces racines ainsi détachés et transplantées continuent à vivre dans le corps de l'hôte primitif du *Peltogaster*.

Quatrième Partie

LA STATION ZOOLOGIQUE DE ROSCOFF

Je ne crois mieux pouvoir terminer ce volume, qu'en donnant quelques détails sur la station zoologique de Roscoff où ont été exécutées la plupart des recherches énumérées précédemment.

Roscoff est une petite ville de Bretagne située à l'extrémité septentrionale d'une pointe granitique qui s'avance dans la Manche, vis-à-vis de l'île de Batz. La côte y est fort découpée et la mer semée d'un archipel d'îlots et de rochers servant de retraite à une faune des plus riches. A marée haute, la vague vient battre la jetée qui protège le port, ainsi que les murs des maisons de Roscoff. On voit passer les barques de pêche sous les fenêtres. Quand l'eau s'est retirée, ce n'est plus la mer avec ses innombrables récifs qu'on trouve au pied de la ville, c'est une grève immense s'étendant à perte de vue, parsemée de flaques d'où émergent des pierres isolées ou des monticules de

granit couverts d'algues marines. Il ne reste plus alors qu'un étroit chenal praticable entre l'île de Batz et le continent. Les noms de ces îlots Ti-Saouon, Per-Rok, Carrec-ar-vas, Carrec-ar-legoden, Bec-len, Dusen, etc., sont caractéristiques et nous rappellent que nous foulons ici le sol de la vieille Armorique. En effet, Roscoff fait partie du pays de Léon, en pleine Bretagne bretonnante.

La faune de Roscoff est d'une richesse dont nos côtes sablonneuses de la mer du Nord, ne peuvent donner aucune idée. Les grèves de sable ou d'argile, les prairies sous-marines de Zoostère, de Fucus et de superbes Laminaires, mais surtout les fonds rocheux servent de retraite à des milliers de formes animales.

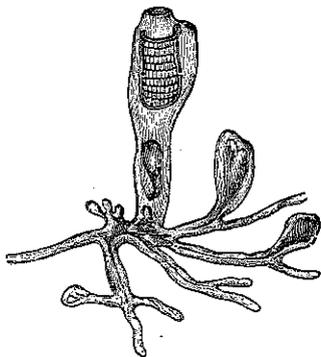


FIG. 37. — *Clavelina lepadiformis*.

Chaque fissure, chaque creux sous la pierre, et quelques-uns sont assez vastes pour mériter le nom de *grotte* lorsque le flot descendant les a laissés à sec,

recèle des colonies vivantes pressées les unes contre les autres, se disputant littéralement la place. Je me rappellerai toujours l'émotion que je ressentis lorsque je pénétrai pour la première fois dans une de ces grottes naturelles toutes tapissées d'Ascidies, de Bryozoaires et d'Actinies aux couleurs les plus vives, où les *Cynthia*, les *Botrylles*, les *Amarouques*, les *Clavelines* (fig. 37) rivalisaient d'éclat et de beauté. C'était une véritable orgie de tons écarlates, pourpres, violets, orangés, présentant des reflets d'or, de velours ou de satin.



FIG. 38. — Laboratoire de zoologie expérimentale de Roscoff.

Il suffit de feuilleter les *Archives de zoologie expérimentale*, où se publient les travaux scientifiques faits à Roscoff, pour se faire une idée des richesses zoologiques accumulées ici sur un espace restreint.

Tel est le cadre que M. le professeur de Lacaze-Duthiers a choisi, en 1872, pour y installer ses laboratoires de zoologie expérimentale.

La première fois que je le visitai, en 1876, l'établissement de Roscoff (fig. 38) ne comprenait que la grande maison de la place de l'Église adossée à la mer, la façade tournée vers l'intérieur. Derrière la maison, un jardin en terrasse qui domine la grève et dont un hangar vitré occupe le fond. C'est l'aquarium.

Le corps de logis principal comprend un rez-de-chaussée et deux étages. A droite en entrant se trouve le salon tapissé de cartes marines : sur la table, les publications scientifiques les plus récentes, une lorgnette et une excellente longue vue ; sur des rayons, une partie de la collection des Animaux de Roscoff. A gauche de l'entrée, une cuisine servant de laboratoire et de magasin. Au premier, la bibliothèque. Le reste est occupé par des chambres de travail qui servent en même temps de chambres à coucher ; car la station zoologique de Roscoff présente l'avantage inappréciable de loger ses pensionnaires. L'on peut au saut du lit reprendre une observation interrompue la veille. Chacun a là, sous la main, un microscope avec accessoires, loupes montées, instruments et baquets de dissection, réactifs, aquariums et cuvettes, papier, couleurs, etc., jusqu'à des enveloppes et du papier à lettre, le tout fourni par le magasin du laboratoire. Car tout est absolument gratuit à Roscoff. Français et étrangers y sont reçus avec une cordialité, avec

une libéralité, dont je suis, pour ma part, réellement confus.

Chaque travailleur a en outre sa place marquée dans l'aquarium, où des cuves de dimensions variées sont mises à sa disposition. Deux réservoirs qu'on remplit d'eau à marée haute occupent les angles au fond du hangar. Ils alimentent un système de canaux



FIG. 39. — La salle commune de dissection.

qui renouvelle nuit et jour l'eau dans les aquariums. Entreeux, la vue s'étend au loin sur la mer et les îles.

Je suis retourné à Roscoff en 1878, en 1879 et en 1882, et à chacun de ces voyages, j'ai été émerveillé des progrès rapides de la nouvelle station zoologique. « Ce qu'aucune plume ne saurait rendre, dit H. Fol,

c'est la somme énorme de peine et de sacrifices, que cette installation a dû coûter à son créateur, M. de Lacaze-Duthiers, l'énergie, la persévérance et le dévouement qu'il a dû déployer pour venir à bout d'une telle entreprise, avec des ressources toujours insuffisantes. »

Aujourd'hui, les laboratoires de zoologie expérimentale de Roscoff sont terminés.

Ils comprennent, outre la maison dont je viens de parler, deux autres immeubles également situés sur la place de l'Église et pouvant loger ensemble une quarantaine de travailleurs, un grand jardin, de vastes aquariums alimentés par une pompe à vapeur, un bassin à flot ou vivier et un parc sur la grève¹.

« Le parc, disait M. le professeur de Lacaze-Duthiers, en 1881², a été construit sur la grève, en face et au nord du jardin de l'État; il est adossé aux contreforts du sud de l'île Verte et en quelques minutes, à marée basse, on est rendu du laboratoire dans son intérieur. Il occupe, dans le canal, l'une des parties les mieux protégées contre la grosse mer du Nord.

« Il mesure 50 mètres de long sur 25 de large.

« C'est, en somme, un enclos limité par un mur de pierre sèche de un mètre de hauteur, et dans lequel les

¹ Les lignes précédentes étaient écrites et imprimées lorsque j'ai appris que la maison adossée à la mer sur la place de l'église ne fait plus partie des laboratoires de Roscoff, non plus que l'aquarium qui se trouvait derrière cette maison. Le nouvel aquarium est beaucoup plus vaste et mieux installé que l'ancien.

² La Station zoologique de Roscoff. (Arch. de zool. expérim. et Revus scientif., 1881).

habitants du littoral, à l'époque de la coupe des goémons, ne peuvent plus se livrer à des dévastations semblables à celles qui font ressembler la grève à un champ livré au pillage.

« Voici comment est aménagé l'intérieur de cet enclos: Quatre grandes allées sont tracées suivant la longueur, et de chaque côté d'elles sont des rangées de pierres plates, faciles à soulever parce qu'elles sont choisies et qu'elles reposent, non sur le fond, mais sur d'autres pierres leur servant de bases ou de supports vers leurs extrémités; de la sorte ont été créés de nombreux abris, semblables à ceux sous lesquels se fixent et se multiplient les Animaux dont les espèces abondent dans le voisinage, pour lesquels les causes de destruction agissant au dehors n'existeront plus.

Des expériences y seront faites facilement; déjà, MM. Delage et Joyeux-Laffuie y ont déposé et convenablement disposé pour des expériences, l'un des *Nauplius* de Sacculiné, qui y ont vécu mieux que dans les bacs de l'aquarium; l'autre des *Onchidies*, qui y ont supporté parfaitement une immersion prolongée et forcée.

« Des Huitres y ont été placées l'année dernière; non seulement elles y ont bien vécu, mais elles ont encore beaucoup grandi; leur *barbe*, pour employer l'expression des gens de mer, y a bien poussé. Et comment n'en serait-il pas ainsi? Pendant la construction du parc, en soulevant les roches pour régulariser l'enceinte, les ouvriers ont trouvé beaucoup de ces Mollusques

de fort belle taille; leur présence fournit la preuve incontestable que les conditions biologiques nécessaires à leur existence se trouvaient réunies dans la localité; on ne comprendrait donc pas pourquoi on ne pourrait voir se multiplier une foule d'espèces, et espérer de réussir dans plus d'une expérience pratique par exemple dans des essais d'ostréiculture.

Il y aura quelques mécomptes, cela est certain. Des courants apporteront du sable, qui évidemment, étant retenu par le mur, pourra peut-être embarrasser; mais il faut laisser le temps aux herbiers, aux fonds de se reformer et aux pierres de se revêtir des algues que la construction et le mouvement des matériaux ont détruites.

« Le parc sera encore à l'abri d'une autre sorte de dévastation.

« Les paysans bretons, pendant les grandes marées, quand il n'y a plus de goémons à couper, se répandent en foule sur les plages découvertes, armés de grandes barres, dont ils se servent comme leviers pour retourner les grosses pierres afin d'avoir les Poissons cachés au-dessous d'elles. Or, toute pierre retournée est pendant quelques années une pierre perdue pour le zoologiste, car la population d'Animaux fixés qu'elle portait sur sa face inférieure meurt invariablement.

« Que de pierres j'ai remises et fait remettre en place pour éviter ces destructions.

« Combien de fois ai-je recommandé aux zoologistes venus pour la première fois à Roscoff de remettre, comme elles l'étaient, les pierres qu'ils exploraient.

« Il faut bien que je le répète encore; si nous n'y prenons garde, nous appauvrirons certainement la faune des plages si admirablement riches et si facilement abordables sous les murs même du laboratoire.

« On le comprend, les inconvénients que je signale ne pourront nous atteindre dans notre enclos réservé, car les Animaux nécessaires aux études étant recueillis, on aura grand soin de poser les pierres comme elles l'étaient, et cela, parce qu'elles sont commodément disposées et qu'on aura un grand intérêt à les conserver riches en Animaux.

« Déjà l'on pourrait trouver beaucoup sous les pierres des allées, mais surtout sous celles qui ont été dressées contre les murs de clôture. Dans une visite que j'ai faite au mois d'août et une autre en novembre 1881, j'ai été frappé du nombre d'Annélides tubicoles, de Bryozoaires, d'Ascidies composées, d'Éponges, d'Hydraires qui se sont déjà développées.

« De nombreux Oursins y ont été placés à la suite des pêches et des excursions. Ils y vivent très bien, et durant l'hiver ils seront là sous la main pour les envois qui seraient demandés; mais, fait curieux, les Étoiles de mer sans doute plus vagabondes s'échappent et disparaissent.

« Une chose m'a frappé en visitant le parc :

« Les Annélides, les Bryozoaires, les Ascidies composées et simples qui commencent à y pulluler sont, si on peut le dire, plus propres que dans le reste de la grève. L'eau se renouvelant plus facilement sous

les pierres bien disposées, ne laisse point déposer la vase sur les Animaux. J'ai vu des Botrylles, des Pérophores d'une admirable netteté. M. Silliman qui cherchait des Planaires sur ces Animaux, a déjà pu constater le fait, mais surtout l'utilité du parc où la recherche des choses est très facile. »

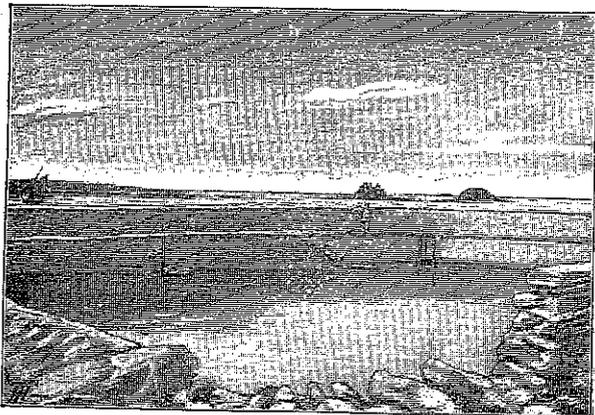


FIG. 40. — Le Vivier du laboratoire de Roscoff à marée basse.

« Le Vivier¹ est une vaste pièce d'eau (fig. 40) en forme d'amphithéâtre qui n'a pas moins de 36 mètres de largeur, à son côté intérieur. Un mur en fer à cheval, de 8 mètres de hauteur au moins, sert à garder les eaux qui y pénètrent à marée

¹ H. Fol. *Le Laboratoire de Roscoff en 1883* (*Revue scientif.*, p. 417, 1883).

haute et sont ensuite retenues par une écluse. Des caisses flottantes à claire-voie sont pleines de grandes Seiches et d'autres Animaux de forte taille, qui vivent fort longtemps et sont constamment à la disposition de tous ceux qui en ont besoin. Un bel exemplaire de *Limule* vit depuis longtemps dans le fond du Vivier et semble s'y complaire parfaitement ; tout au moins, ce grand Crustacé d'Amérique, dernier représentant de la classe des Trilobites, ne ménage pas ses gestes de désespoir, chaque fois qu'on l'arrache à ses occupations, en tirant la ficelle munie d'un flotteur attachée à sa queue, pour le faire admirer à quelque visiteur.

« Mais le Vivier n'est qu'un dépôt, qu'une réserve et ne saurait suffire à tous les besoins. L'approvisionnement principal est fourni par les Animaux que chacun doit aller chercher pour son compte sur la grève. Rien n'est, du reste, plus instructif que ces courses dans les champs que la mer vient d'abandonner, sous la conduite du personnel expérimenté du laboratoire qui vous montre les localités et les cachettes souvent difficiles à deviner dans lesquelles les Animaux se retirent. Le profit scientifique est plus grand encore lorsqu'aux guides habituels, Marty et Victor, se joignent des naturalistes expérimentés comme M. Joyeux-Laffuie, maître de conférences à la Sorbonne, ou M. Pruvot, préparateur du laboratoire de Roscoff. Au retour de ces excursions, une conférence de M. Joyeux-Laffuie ne manque pas de

réunir tout le monde et fait ressortir les aspects scientifiques de l'instruction acquise. Ces expéditions lointaines, faites en commun, n'ont qu'un défaut, celui d'être trop rares. Elles ne peuvent avoir lieu que chaque mois, pendant les jours de grande marée. C'est pourquoi l'on s'y prépare, l'on s'en préoccupe longtemps à l'avance. L'*Annuaire des marées* a été consulté; l'on sait, au décimètre près, à quel niveau la mer va descendre. L'eau va laisser à découvert des espaces qu'elle n'abandonne qu'une fois par mois, ou plus rarement encore, s'il s'agit d'une marée exceptionnelle, et là, on est sûr de rencontrer des espèces intéressantes qu'il est difficile ou impossible de trouver autrement. La carte a été étudiée, et l'on s'est longuement consulté sur les localités les plus favorables à la recherche de ce que chacun désire.

« L'heure du départ approche; on s'est muni des outils nécessaires, de la bêche et du râteau pour remuer le sable et la vase, du marteau, du ciseau et du levier, pour retourner les rochers ou en faire sauter les fragments. Détail important : on est vêtu de laine, et chaudement, car si le myrte et le figuier prospèrent à Roscoff, c'est grâce à l'égalité de la température qui n'est jamais ni très chaude, ni très froide; cependant même au gros de l'été, le vent de mer est assez frais pour que l'on prenne des précautions. On s'est chaussé d'espadrilles, car il faudra beaucoup marcher dans l'eau. La mer, en se retirant, ne laisse à sec que des parties rocheuses de peu

d'étendue. D'ailleurs ce sont des ruisseaux, des flaques petites ou grandes, de la vase mouillée et ce serait perdre son temps que de vouloir cheminer à pied sec.

« A Roscoff, le champ qui s'ouvre à l'explorateur à chaque marée, et surtout à chaque grande marée, est vraiment immense. De tous côtés et à perte de vue, c'est un monde d'îles, d'ilots et de rochers, séparés par des étendues de rocailles, des plaines de gravier ou de sable fin, des champs de vase recouverte de zostères, et, lorsque la mer descend très bas, l'on arrive jusqu'à des herbiers formés de grandes laminaires et de l'*Himantalia lorea* aux frondes immenses. Ce paysage varié rappelle vivement le littoral de la Norvège, avec cet avantage très grand, que, le fond étant moins accidenté, l'on peut faire des courses lointaines sans risquer à chaque instant de se voir la retraite coupée par des bras de mer étroits, mais profonds et parcourus par des courants violents. Par un soleil brillant, il y a là des points de vue splendides et bien dignes de tenter la palette d'un peintre; il en est même qui décourageraient l'artiste le plus audacieux, tant il y a de vivacité dans les couleurs. Le vrai naturaliste doit avoir des goûts artistiques, car sans cela, il n'aurait pas le vif sentiment des formes, ni la facilité à les reproduire avec le crayon et le pinceau, qui sont indispensables à tout morphologiste. Aussi n'est-ce qu'à regret qu'il détache ses yeux de ce grand spectacle pour les reporter sur le sol à explorer.

« Ici le tableau n'est plus aussi séduisant que celui du fond de la mer Méditerranée, par un temps calme, avec tous ses Animaux épanouis et montrant leur mille couleurs.

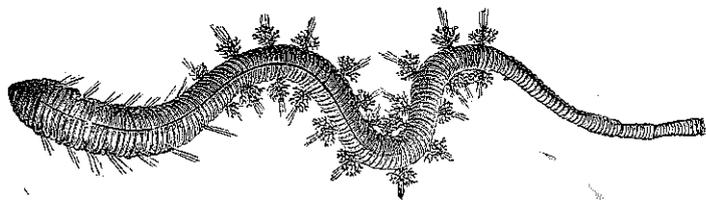


FIG. 41. — Arénicole des pêcheurs.

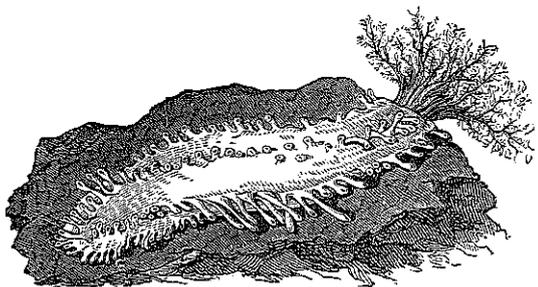


FIG. 42. — Holothurie tuberculeuse.

« A marée basse, tous sont cachés, qui sous les rochers, qui dans son trou ou dans son tube, enterré dans le sable ou dans la vase, et c'est à peine si l'on rencontre encore par ci par là une flaque d'eau dont les habitants montrent timidement leurs gracieuses corolles. Un novice pourrait errer longtemps, dans

les endroits qui fourmillent d'Animaux sans pouvoir les trouver. Il faut prendre des leçons des personnes expérimentées, pour apprendre à connaître les signes, souvent peu apparents, par lesquels l'hôte caché décèle sa présence. Mais une fois ces indices reconnus, quelle facilité pour la capture!

« Sur les plages sablonneuses, des boudins ou des tortillons de sable, de formes et de grosseurs diverses, indiquent clairement les endroits où se sont en-

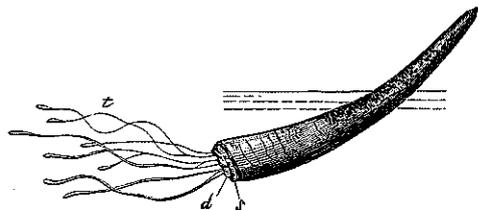


FIG 43. — Dentale.

fouies les Annélides du genre Arénicole (fig. 41) ou les Holothuries du genre Synapte, voire même le curieux Balanoglosse, ce Ver qui forme à lui seul une classe, sinon un embranchement du règne animal, et dont la structure est si étonnante. Les tubes parcheminés, dont on voit l'entrée béante, sont ceux d'un singulier Annélide : le Chétoptère. Avec quelque habitude, on parvient à extraire tous ces Animaux sans trop les blesser. Par places, on rencontre l'*Anurella roscovita*. Cette curieuse Ascidie, dont le têtard n'a pas de queue, et le Dentale (fig. 43), type

aberrant de l'embranchement des Mollusques, tous deux bien connus, grâce aux beaux mémoires de M. de Lacaze-Duthiers. Au surplus, le sable et la vase fourmillent d'Annelides les plus divers, depuis les Phascolosomes, qui mènent dans la vase une vie contemplative, jusqu'aux Néréides errantes (fig. 44) et carnassières et aux Myxicoles au gracieux panache orné des plus vives couleurs. Sous les pierres, se trouvent entre autres les Chitons (fig. 45), les Haliotis et les autres Mollusques attachés au rocher, en compagnie des petites Etoiles de mer du genre *Asteriscus* et de

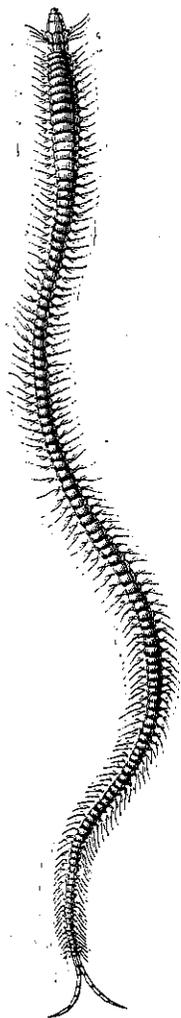


FIG. 44.
Nereis mentia.

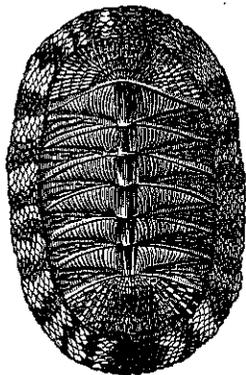


FIG. 45. — Chiton.

diverses sortes de Crabes qui se blottissent dans les anfractuosités les plus reculées; les Némertiens grands et petits, y traînent leur corps mou et sans consistance, et les Ascidies y ont élu domicile pour le reste de leurs jours. On n'a eu que le temps de fureter à une petite place et de remplir ses bocaux à la hâte, et déjà il faut, bon gré mal gré, se disposer au départ, car la mer monte rapidement, et il n'est guère agréable d'avoir à escalader les rochers de quelque îlot éloigné pour attendre que le prochain reflux vous remette en liberté.

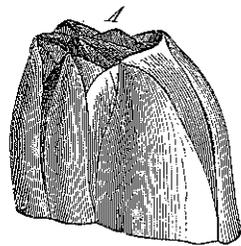


FIG. 46. — *Balanus balanotides*.

« En route, l'on peut encore récolter près de la limite supérieure des marées, dans les endroits que la mer ne recouvre que peu d'heures par jour, les Patelles et les Cirrhipèdes appartenant aux genres *Balanus* (fig. 46) et *Pellicipes*, ainsi que la curieuse Oncidie, qui doit sa renommée à un beau travail de M. Joyeux-Laffaie. Demain une excursion dans une autre direction nous fera rencontrer tout une série d'autres espèces, et ainsi de jour en jour nous ver-

rons se succéder toujours des formes nouvelles qui défilent devant nos yeux comme des images de kaléidoscope.

« Petit à petit les marées diminuent, l'époque des mortes eaux approche; mais la pêche ne va pas chômer pour cela. Les embarcations du laboratoire sont maintenant mises en réquisition pour trainer les engins et les filets en eau profonde. Le laboratoire possède deux belles et solides embarcations, le *Dentale* et la *Laura*, toutes deux faciles à manœuvrer et capables de tenir la mer par des temps qui épouvanteraient les riverains de la Méditerranée. La drague, lancée sur des fonds bien choisis, ramènera l'illustre *Amphioxus*, le *Palmipes*, des Ascidies; l'engin des corailleurs balayera les fonds de rochers et entortillera dans ses mailles les Gorgones, les Bryozoaires au squelette incrusté, les gros Oursins; enfin la senne prendra d'un seul coup des chargements de Plies, de Seiches et toute une collection de Poissons. »

Comme on le voit, la station zoologique de Roscoff offre aux naturalistes toutes les facilités de travail désirables: abondance et variétés de matériaux d'étude constamment renouvelés, engins pour la pêche, installations complètes pour la conservation des Animaux vivants, outillage scientifique des plus perfectionnés, enfin un personnel d'élite auquel le Directeur a su communiquer le feu sacré.

C'est grâce à ces avantages exceptionnels que tant de travaux intéressants ont pu être menés à bonne

fin dans un temps relativement restreint. Aussi, n'y a-t-il pas lieu de s'étonner de la vogue croissante de l'établissement zoologique de Roscoff. Le chiffre des admissions qui était de 3 en 1872 montait à 36 en 1881, et chaque année le nombre des demandes augmente. Les dix premières années (de 1872 à 1881) ont fourni un total de 150 personnes (dont 40 étrangers) reçues à Roscoff, soit pour y faire des recherches spéciales, soit pour y compléter leur éducation scientifique.

Les communications avec Paris sont devenues plus faciles depuis la création du chemin de fer de Morlaix à Roscoff, qui raccorde cette ville à la grande ligne de Paris à Brest. Le trajet de Paris à Morlaix se fait en treize heures. Il existe d'ailleurs un service régulier de bateaux à vapeur entre Morlaix et le Havre. Enfin une petite goëlette belge vient chaque semaine d'Ostende prendre à Roscoff un chargement de Homards. Les Belges ou les Hollandais qui se rendent à Roscoff peuvent profiter des voyages du homardier et faire le trajet par mer. C'est un mode de locomotion que je puis recommander aux amateurs de pittoresque, pour en avoir goûté.

Depuis quelques-années, M. le professeur de Lacaze-Duthiers a créé une seconde station zoologique sur la Méditerranée, le laboratoire Arago à Banyuls-sur-Mer, près de la frontière d'Espagne.

Les deux stations se complètent l'une l'autre et répondent à des besoins différents. La faune marine

et les conditions biologiques sont d'ailleurs à Banyuls tout à fait différentes de celles de Roscoff.

Quoique de création relativement récente, le laboratoire de Banyuls marche dignement sur les traces de son aîné. Bon nombre de travaux intéressants y ont déjà été exécutés. Ces travaux sont publiés avec ceux de Roscoff dans les *Archives de Zoologie expérimentale* de M. le professeur de Lacaze-Duthiers.

M. le professeur de Lacaze Duthiers a présenté en 1885 à l'Académie des sciences¹ divers appareils d'éclairage électrique qui ont été construits par M. Gustave Trouvé et qui sont appelés à rendre de réels services dans les stations zoologiques de Roscoff et de Banyuls.

« Il n'est pas douteux, dit-il, que les chimistes, les botanistes et les minéralogistes ne puissent, comme les zoologistes, en tirer un grand profit.

« Ces appareils se composent, comme le montre la figure 47, d'un vase cylindrique en cristal, au-dessous duquel est un miroir en glace argentée. Le vase est recouvert d'un réflecteur argenté, à surface parabolique, au centre duquel est suspendue une lampe à incandescence.

« Il est rempli d'eau de mer dans laquelle s'agitent des Comatules, des Térébelles, avec leurs longs tentacules, des Lucernaires; j'y ai ajouté une branche de corail dont les polypes sont épanouis.

¹ *Comptes-Rendus*, 1885, et *Science et Nature*, 3 octobre 1885.

« Entre le couvercle parabolique et le miroir du fond, il s'opère un renvoi de rayons dans une direction parallèle aux parois verticales du vase. L'éclairage

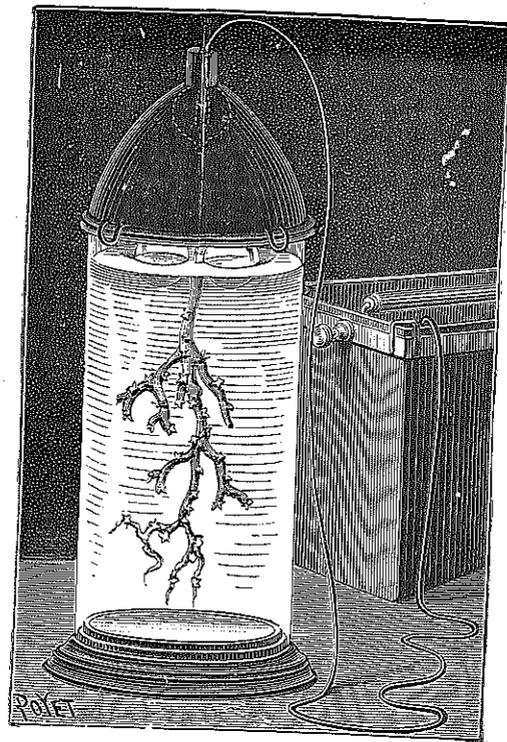


FIG. 47. — Appareil d'éclairage des liquides et des corps en suspens.

ainsi dirigé permet d'étudier ces animaux délicats jusque dans leurs détails les plus minutieux, avec une netteté surprenante, et de suivre tous leurs mouve-

ments. A l'aide de la loupe, les résultats de l'observation sont vraiment remarquables, si l'on considère la simplicité des organes mis en jeu. A Roscoff, comme au laboratoire Arago, la lumière électrique produite

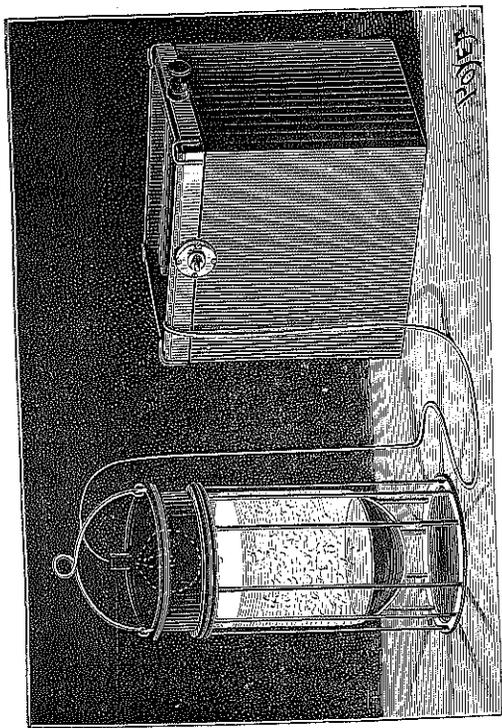


FIG. 48. — Appareil Trouvé, pour l'étude des ferments.

avec les appareils simples de M. Trouvé nous aidera beaucoup pour l'observation des animaux délicats et transparents qui flottent à la surface de la mer et que nous recueillons dans nos pêches pélagiques.

« Pour étudier les fermentations, l'appareil est un peu modifié; le couvercle réflecteur est vissé sur une garniture métallique scellée sur le bord supérieur du vase de cristal, pour mettre les préparations à l'abri de

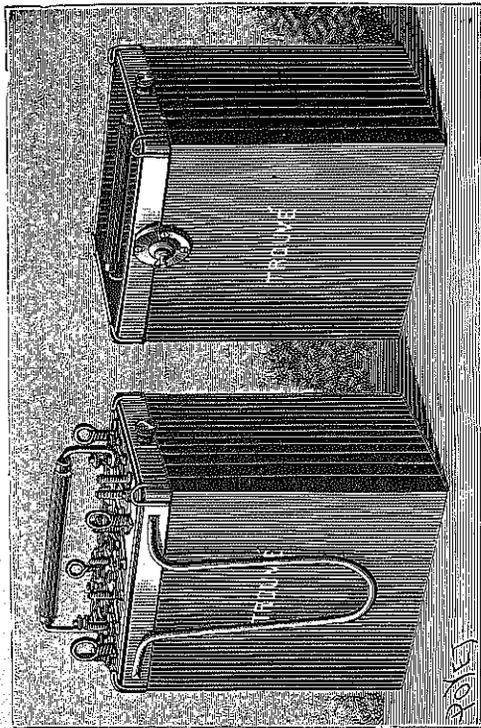


FIG. 49. — Batterie Trouvé, automatique, représentée en fonction et au repos.

l'air (fig. 48). Une chemise métallique en forme de lanterne met l'appareil à l'abri de tout choc extérieur.

« Le générateur d'électricité, qui met en jeu les organes des appareils que je viens de montrer à l'Aca-

démie, est peu encombrant; il pèse à peine 3 kilogrammes; néanmoins il m'a permis d'opérer avec une grande sûreté: c'est du reste la batterie universelle automatique (fig. 49).

« Voici un autre appareil (fig. 50), qui est le photophore électrique de MM. Hélot et Trouvé, modifié pour l'usage auquel je l'ai employé.

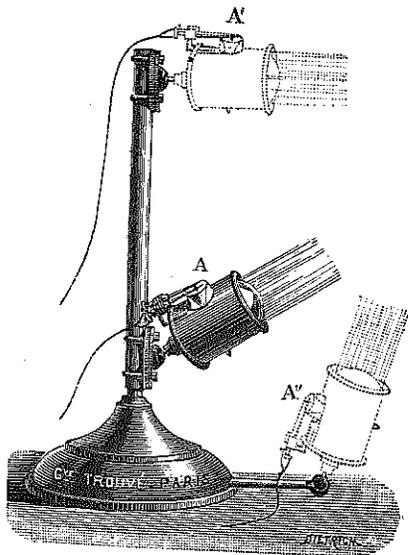


Fig. 50. — Photophore électrique de Hélot et Trouvé.

« Il permet d'opérer les dissections les plus fines en éclairant vivement les préparations. Il sera d'un grand secours dans les journées sombres qui sont fréquentes

à Roscoff en été et même à Banyuls en hiver, quand le manque de lumière interrompra un travail déjà commencé. Sa lumière n'altère en rien la couleur de ces animaux, qui apparaissent tels qu'ils sont au jour.

« Ce qu'il faut apprécier dans le photophore de M. Trouvé, c'est son petit volume et surtout son maniement très facile, qui permet de le placer comme on le désire, d'éclairer obliquement ou dans tout autre sens l'objet à examiner.

« Il est, par exemple, possible, en posant sur un pied un bocal rempli d'eau de mer où vivent des animaux, de rester plongé dans l'obscurité, tandis qu'on promène le pinceau éclatant de lumière sur telle ou telle partie du bocal qu'on examine à la loupe.

« En faisant varier les incidences de l'éclairage sous une loupe très grossissante, j'ai disséqué avec beaucoup de facilité des filets nerveux de la plus grande délicatesse et très difficiles à voir en plein jour. »

FIN

TABLE ALPHABÉTIQUE

DES NOMS D'AUTEURS

TABLE DES NOMS D'AUTEURS

- Agassiz (A.), 54, 149.
Agassiz (L.), 54.
Aristote, 110, 195, 215.
- Bary (de), 93.
Bates, 198, 204, 205, 207.
Becquerel, 112.
Beetz, 41, 47.
Bérard, 41, 49.
Bernard (Claude), 79.
Bert (Paul), 196, 223, 226, 230, 231.
Beudant, 26, 27.
Blanchard (Raphaël), 223.
Bois-Reymond (du), 112, 226.
Boll, 223.
Bourne, 95, 108, 109.
Brandt, 77, 92.
Brauer, 74.
Braun, 19, 192.
Braun (A.), 33.
Brock, 181.
Brücke, 223.
Buchanan, 78.
- Bunsen, 41, 42.
- Candolle (de), 33.
Cavendish, 112.
Chantran, 184.
Cienkowski, 77, 92.
Collingwood, 148.
- Dahl, 196, 230.
Darwin (Charles), 41, 124.
Davy, 112.
Delage, 7, 159, 277.
Delbœuf, 122.
Dewitz, 170, 239.
Dilke, 120.
Doyère, 30.
Dubois (Raphaël), 94, 103.
Dugès, 12, 30.
- Engelmann, 30.
- Faraday, 112.
Fischer, 265.

Fol, 41, 49, 50, 275, 279, 280.
 Folin (de), 41, 61, 65, 67.
 Forbes, 41, 52.
 Forchhammer, 14.
 Forel, 41, 49, 51, 196, 232, 235.
 Fraisse, 161.

 Gautier (Ar.), 87.
 Gay-Lussac, 112.
 Gaymard, 264.
 Geddes (Patrick), 8, 77, 90 et suiv.
 Giard, 7, 161, 240, 265.
 Girod, 7, 195, 219.
 Goureau, 103.
 Graber (V.), 29, 196, 232.
 Guilding, 264.
 Gundlach, 264.

 Haeckel, 267.
 Hagen, 161.
 Hallez, 200, 240.
 Harting, 223.
 Hoppe-Seyler, 75, 76.
 Humboldt (de), 112 et suiv.
 Hunter, 112.
 Hutchinson, 237.
 Huxley, 238, 245.

 Ingenhousz, 112.

 Jacobsen (O.), 14, 78.
 Jolyet (Lucien), 7, 199.
 Joyeux-Laffaie, 7, 95, 106 et suiv.,
 277, 281, 287.

 Kieby, 202.
 Klemensiewicz, 223.
 Kölliker, 223.
 Krukenberg, 14, 77, 83, 223.
 Kühne, 71.

 Lacaze-Duthiers (Henri de), dédicace,

5, 60, 69, 104, 157, 158, 159, 177,
 265, 273, 275, 276, 286, 289, 290
 et suiv.
 Lavoisier, 79.
 Lister, 209.
 Lubbock (John), 196, 232.

 Marchal, 101.
 Marey, 112.
 Milne-Edwards, 54, 252.
 Möbius, 20, 24, 41, 66, 72.
 Müller (Fritz), 161, 204.
 Müller (Johannes), 147.

 Oerthel, 239, 264.

 Pagenstecher, 61.
 Parize, 238, 239, 245, 246, 247,
 260.
 Pelvet, 223.
 Physalix, 223.
 Plate, 31.
 Plateau (Félix), 8, 11, 12, 23, 24,
 27, 28, 30, 34, 68, 72, 74, 121 et
 suiv., 196, 233 et suiv.
 Pline, 110.
 Poli, 265.
 Pouchet (Georges), 12, 31, 64, 71,
 195, 209, 211 et suiv.
 Poulton, 100, 167 et suiv., 207, 208.
 Prestwich, 70.
 Preyer, 239.
 Pruvot, 28.

 Quoy, 264.

 Ray-Lankester, 77, 83.
 Reess, 93.
 Reinhardt, 148.
 Richet (Charles), 7, 8, 68, 74.
 Risso, 147.
 Ross, 41, 52.

Roszbach, 68, 73.
 Roux, 15.

 Sachs, 114, 115.
 Sarasin, 41, 49, 50.
 Schmankewitch, 12, 37, 38.
 Schmarda, 71.
 Schröder, 33.
 Schwendener, 93.
 Secchi (Père), 41, 47, 49.
 Seitz (A.), 171.
 Semper, 19, 40, 66, 72, 94, 145,
 161, 264.
 Silliman, 279.
 Spallanzani, 12, 30.
 Spence, 202.
 Spring (W.), 41, 47.
 Suksch, 44, 45.

 Trimén, 205.
 Tripier, 76.

Tyndall, 41, 47.

 Vaillant, 121, 124.
 Van Beneden (Ed.), 250.
 Van Beneden (P.-J.), 146, 152, 158.
 Van de Velde, 138.
 Varigny (H. de), 7, 29, 68, 74, 239.
 Verril, 64.
 Vitzou, 8, 172, 185, 186, 190.

 Wagner (R.), 223.
 Wallace, 120, 198, 204 et suiv.
 Wallich, 41, 52.
 Walsh, 112.
 Weissmann, 168.
 Wolff, 44, 45.
 Wood, 207.

 Yung (Émile), 8, 48, 68, 71.

 Zacharias, 13.

TABLE DES MATIÈRES

DÉDICACE.	7
AVANT-PROPOS.	

PREMIÈRE PARTIE. — Le champ de bataille.

CHAPITRE PREMIER. — LA SALURE DE L'EAU DE LA MER.	11
I. Salure des différentes mer.	12
II. Animaux d'eau douce et Animaux d'eau de mer.	21
III. Accoutumance au poison de l'eau de mer.	26
IV. Influence de la salure de l'eau sur le sang des Animaux marins.	33
CHAPITRE II. — LA LUMIÈRE.	41
I. Action de l'eau sur les rayons solaires.	41
II. Faune des abîmes sous-marins.	51
III. Paradoxe du développement de la vie au fond des mers en l'absence de lumière.	61
CHAPITRE III. — LA TEMPÉRATURE.	68
I. Température de l'eau de mer.	68
II. Action du froid sur les Animaux.	71
III. Action des températures élevées sur les Animaux.	74
CHAPITRE IV. — AÉRATION DE L'EAU DE MER.	77
I. Gaz de l'eau de mer.	78
II. Animaux à respiration active.	81
III. Animaux et Végétaux.	88

DEUXIÈME PARTIE. — L'attaque.

CHAPITRE PREMIER. — ARMES OFFENSIVES.	95
I. Armes offensives à action mécanique.	96
II. Armes empoisonnées.	98
III. Armes ne produisant pas de lésion matérielle.	110
IV. Ruses et pièges.	117
CHAPITRE II. — LA FORCE ET LA RAPIDITÉ DES MOUVEMENTS D'ATTAQUE.	121
I. Force apparente des muscles des Invertébrés.	122
II. Force absolue des muscles des Invertébrés.	131
III. Rapidité des mouvements d'attaque.	136

TROISIÈME PARTIE. — La défense.

CHAPITRE PREMIER. — STRATÉGIE DE LA DÉFENSE.	143
I. L'Animal chassé se cache.	144
II. L'Animal chassé échappe par la fuite.	162
III. L'Animal chassé résiste à l'attaque par la force ou la ruse.	164
CHAPITRE II. — MOYENS MÉCANIQUES DE PROTECTION.	172
I. Armures et Carapaces.	172
II. Construction d'enveloppes protectrices destinées à suppléer à l'absence de carapace naturelle.	176
III. Problème de l'accroissement du corps chez les Animaux à enveloppe dure et inextensible.	183
CHAPITRE III. — MIMÉTISME.	195
I. Adaptation des Animaux à la teinte du milieu dans lequel ils vivent.	196
II. Ressemblance des Animaux avec des objets déterminés de leur entourage.	199
III. Mimétisme proprement dit. Imitation d'un Animal par un autre.	202
IV. Changements de coloration. Mimétisme passager et fonction chromatique.	207
V. Utilité pratique du mimétisme. Développement du sens de la vue chez les Animaux chasseurs.	228
CHAPITRE IV. — L'AUTOTOMIE.	238
I. Autotomie ou mutilation active	238

II. Autotomie chez les Crustacés.	240
III. Autotomie chez les Insectes.	258
IV. Autotomie chez les Arachnides.	260
V. Autotomie chez les Reptiles.	261
VI. Autotomie chez les Cœlentérés, les Echinodermes, les Mollusques, les Vers.	264

QUATRIÈME PARTIE. — La station zoologique de Roscoff.

TABLE ALPHABÉTIQUE DES NOMS D'AUTEURS.	297
--	-----

FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES