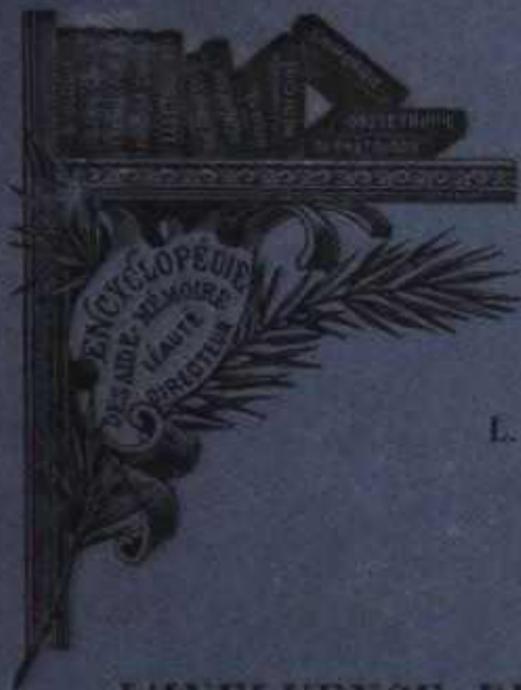


*Section du Biologiste*



L. GUÉNOT

L'INFLUENCE DU MILIEU

SUR LES ANIMAUX

G. MASSON

GAUTHIER-VILLARS ET FILS

## ENCYCLOPÉDIE SCIENTIFIQUE DES AIDE-MÉMOIRE

DIRIGÉE PAR M. LÉAUTÉ, MEMBRE DE L'INSTITUT

Collection de 300 volumes petit in-8 (30 à 40 volumes publiés par an)

CHAQUE VOLUME SE VEND SÉPARÉMENT : BROCHÉ, 2 FR. 50; CARTONNÉ, 3 FR.

## Ouvrages parus

## Section de l'Ingénieur

- R.-V. PICOU. — Distribution de l'électricité. Installations isolées.  
 A. GOULLY. — Transmission de la force par air comprimé ou raréfié.  
 DOUQUENAY. — Résistance des matériaux.  
 DWELSHAUVERS-DERY. — Étude expérimentale calorimétrique de la machine à vapeur.  
 A. MADAMET. — Tiroirs et distributeurs de vapeur.  
 MAGNIER DE LA SOURCE. — Analyse des vins.  
 ALHEILIG. — Recette, conservation et travail des bois.  
 R.-V. PICOU. — La distribution de l'électricité. Usines centrales.  
 ARMÉ WITZ. — Thermodynamique à l'usage des Ingénieurs.  
 LINDET. — La bière.  
 TH. SCHLÉSING fils. — Notions de chimie agricole.  
 SAUVAGE. — Divers types de moteurs à vapeur.  
 LE CHATELIER. — Le Grisou.  
 MADAMET. — Détente variable de la vapeur. Dispositifs qui la produisent.  
 DUBESOUT. — Appareils d'essai des moteurs à vapeur.  
 CRONEAU. — Canon, torpilles et cuirasse.  
 H. GAUTHIER. — Essais d'or et d'argent.  
 LECOMTE. — Les textiles végétaux.  
 ALHEILIG. — Corderie. Cordages en chanvre et en fils métalliques.  
 DE LAUNAY. — Formation des gîtes métallifères.  
 BERTIN. — État actuel de la marine de guerre.  
 FERDINAND JEAN. — L'industrie des peaux et des cuirs.  
 BERTHELOT. — Traité pratique de calorimétrie chimique.  
 DE VIARIS. — L'art de chiffrer et déchiffrer les dépêches secrètes.  
 LANGLOIS. — Le lait.  
 MADAMET. — Epures de régulation.  
 GUILLAUME. — Unités et étalons.  
 WIDMANN. — Principes de la machine à vapeur.

## Section du Biologiste

- FAISANS. — Maladies des organes respiratoires. Méthodes d'exploration. Signes physiques.  
 MAGNAN et SÉRISUX. — Le délire chronique à évolution systématique.  
 AUVARD. — Gynécologie. — Séméiologie génitale.  
 G. WEISS. — Technique d'électrophysiologie.  
 BAZY. — Maladies des voies urinaires. — Urètre. Vessie.  
 WURTZ. — Technique bactériologique.  
 TROUSSAUX. — Ophtalmologie. Hygiène de l'œil.  
 FÈRE. — Épilepsie.  
 LAVERAN. — Paludisme.  
 POJIN et LABIT. — Examen des éléments suspects.  
 BERGONIÉ. — Physique du physiologiste et de l'étudiant en médecine. Action moléculaires, Acoustique, Électricité.  
 AUVARD. — Menstruation et fécondation.  
 MÉGNIN. — Les acariens parasites.  
 DEMELIN. — Anatomie obstétricale.  
 CUENOT. — Les moyens de défense dans la série animale.  
 A. OLIVIER. — La pratique de l'accouchement normal.  
 BERGÉ. — Guide de l'étudiant à l'hôpital.  
 CHARRIN. — Les poisons de l'organisme. Poisons de l'urine.  
 ROGER. — Physiologie normale et pathologique du foie.  
 BROCC et JACQUET. — Précis élémentaire de dermatologie. Pathologie générale cutanée.  
 HANOT. — De l'endocardite aiguë.  
 WILL-MANTOU. — Guide du médecin d'assurances sur la vie.  
 DE BRUN. — Maladies des pays chauds. — Maladies climatiques et infectieuses.  
 BROCA. — Le traitement des ostéo-arthrites tuberculeuses des membres chez l'enfant.  
 DU CAZAL ET CATRIN. — Médecins légals militaires.

**Miguel Mejillo & Comp**  
EDITORES  
(Antiga Casa de Teixeira & Irmão)  
RUA S. PAULO  
S. PAULO  
RUA S. BENTO N. 65



Nº 14832

*Revue de la science*

ENCYCLOPÉDIE SCIENTIFIQUE

DES

AIDE-MÉMOIRE

PUBLIÉS

SOUS LA DIRECTION DE M. LÉAUTÉ, MEMBRE DE L'INSTITUT

*Ce volume est une publication de l'Encyclopédie  
scientifique des Aide-Mémoire ; F. Lafargue, ancien  
élève de l'École Polytechnique, Secrétaire général,  
46, rue Jœffroy (boulevard Malesherbes), Paris.*

ENCYCLOPÉDIE SCIENTIFIQUE DES ANDE-MÉMOIRE

PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION  
DE M. LÉAUTÉ, MEMBRE DE L'INSTITUT.

# L'INFLUENCE DU MILIEU SUR LES ANIMAUX

PAR  
L. CUENOT

Chargé de cours à la Faculté des Sciences de Nancy



G. MASSON, ÉDITEUR,

LIBRAIRE DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE

Boulevard Saint-Jacques, 120

GAUTHIER-VILLARS ET FILS

IMPRIMEURS-ÉDITEURS

Quai des Grands-Augustins, 55,

(Tous droits réservés)

du

26-12-1956  
"Pl. Pseudocitrus de Camargo"-d  
Q. 70,00

5915  
C965i

## INTRODUCTION

---

Ce vaste champ d'études, l'influence du milieu sur l'être organisé, a été ouvert, comme tant d'autres, à la suite des mémorables travaux de Lamarck et de Darwin ; avant eux, on s'était borné à de vagues et pompeuses considérations théologiques sur l'harmonie de la nature, sur l'admirable prévoyance qui avait donné des ailes aux Oiscaux et des nageoires aux Poissons. Bernardin de Saint-Pierre restera le type classique de cette philosophie qui nous paraît aujourd'hui si ridicule. Depuis, on a abandonné la déclamation plus ou moins entachée de métaphysique pour l'observation rigoureuse et l'expérience précise, et chaque pas en avant a été une nouvelle et éclatante vérification de la doctrine transformiste.

On sait maintenant que les animaux n'ont pas été créés de toutes pièces pour les milieux où ils vivent, mais que peu à peu, sous l'inflexible poussée de la lutte pour l'existence, ils ont évolué, se sont transformés progressivement, les espèces les mieux douées persistant seules, les formes de transition disparaissant graduellement. C'est cette *adaptation* qui donne le cachet caractéristique à la faune des îles, des grands fonds, de la surface des mers.

Le milieu, le mot étant pris dans son sens le plus large, réagit parfois d'une façon directe, immédiate sur les animaux qui l'habitent, de telle sorte que si l'on change un de ses composants, il se produit des modifications plus ou moins profondes dans les organismes, modifications portant non-seulement sur l'habitus extérieur, mais aussi sur les organes internes et même sur le sexe. Toute une école de transformistes, les néo-lamarckistes, comme Cope et Semper, attribuent même aux actions de milieu le rôle prépondérant dans la formation des espèces.

On voit par ces quelques remarques que l'étude des influences extérieures touche à une quantité de problèmes d'une haute importance philosophique, que je tâcherai de résumer de

façon à donner une idée suffisamment complète de l'état actuel de la science.

Ce livre est divisé en trois parties : dans la première, je traiterai de l'influence des *facteurs primaires*, température, lumière, nourriture, pression, salure, etc.; dans la deuxième, de l'influence du milieu sur la sexualité, la reproduction et le développement ; la troisième partie sera consacrée à l'examen des *adaptations*, c'est-à-dire aux modifications spéciales que présentent les animaux vivant dans les îles, à la surface des mers, dans les grands fonds, les lieux secs, etc. Enfin, en guise de conclusion, j'examinerai rapidement quelle est la part qui revient aux actions de milieu dans l'évolution de l'espèce animale.

---



## CHAPITRE PREMIER

---

### INFLUENCE DES FACTEURS PRIMAIRES

**1. La nourriture.** — L'influence de la *quantité* de nourriture sur les animaux est trop facile à prévoir pour qu'il soit utile d'insister; une quantité insuffisante amène une diminution de taille et de vigueur, qui peut retentir à son tour sur d'autres appareils, tels que les organes sexuels, et amener un retard ou une suppression complète de la conception; nous en reparlerons d'ailleurs dans de nombreux chapitres, car la plupart des influences de milieu se ramènent en somme à des différences de nutrition. La *qualité* de la nourriture a beaucoup plus d'intérêt, en raison des nombreuses modifications dont elle est l'origine.

On sait les profonds changements que le régime alimentaire a apportés dans les organismes les plus élevés, tels que les Mammifères, dont la classification est basée en grande partie sur les caractères des dents et du tube digestif (Carnivores, Insectivores, Rongeurs, Ruminants, etc.); nos races domestiques mêmes, si peu anciennes qu'elles soient, se séparent nettement des types sauvages par des caractères adaptatifs dus à la nourriture; ainsi les intestins des Chats domestiques sont plus larges et d'un tiers plus longs que ceux des Chats sauvages de même taille, en raison de leur régime moins carnivore; la longueur du corps est à celle des intestins dans la proportion de  $\frac{1}{9}$  chez le Sanglier,  $\frac{1}{14}$  chez le Porc domestique, et  $\frac{1}{16}$  chez le Porc de la race de Siam, ces animaux recevant des aliments plus abondants et moins faciles à digérer, ce qui exige une augmentation de séjour dans l'intestin. Chez les Lapins domestiques, le changement est inverse, car on leur fournit en captivité une nourriture beaucoup plus nutritive qu'à l'état de nature. Les poneys islandais mangent pendant l'hiver des têtes de morue salée, ce qui donne à ses dents une taille en biseau pointu, différente des dents de Chevaux européens exclusivement herbivores. Des changements très rapides ont même

été obtenus chez des Oiseaux ; on sait que les granivores ont un estomac broyeur (gésier) extrêmement musculéux et garni à l'intérieur d'une membrane cornée, qui n'existe pas chez les carnivores ; or, dans quelques cas, il semble que l'estomac glandulaire de ces derniers puisse se modifier rapidement en même temps que le régime ; ainsi, chez une Mouette des îles Shetland (*Larus argentatus*) qui se nourrit de graines en été et de poissons en hiver, il paraît que l'estomac change de nature à chaque saison, et Hunter rapporte que la couche musculaire de l'estomac d'un *Larus tridactylus* s'est fortement épaissie, une année où l'animal avait été surtout nourri de grains ; on a reconnu un pareil changement chez un Corbeau (Edmonstone) et le *Strix gallaria* (Ménétrières). D'autre part, Holmgrén rapporte que chez un Pigeon nourri pendant longtemps avec de la chair, l'estomac granivore s'est transformé en un véritable estomac de carnivore.

Certains aliments peuvent modifier les couleurs ; les matières colorantes ou produits spéciaux qu'ils renferment, au lieu d'être éliminés ou digérés, passent dans le sang, peut-être dissous dans des matières grasses, et vont se fixer dans la peau ou certains organes, en formant de véritables

pigments artificiels. Les expériences avec la garance sont célèbres : lorsqu'on mêle à la nourriture de Cobayes, Poules, Poissons, Céphalopodes des fragments de garance (*Rubia tinctorum*), de bois de campêche (*Hematoxylon Campechianum*), de *Caesalpinia echinata*, après quelques jours (quinze jours pour les Cobayes), les os et cartilages se colorent en rouge; employé de la même manière, le rhizome de *Curcuma* donne une coloration jaune; la racine du *Lachnanthes tinctoria* colore en rose les os des Porcs de Virginie qui s'en nourrissent naturellement (Darwin). On dit que les Bouvreuils et quelques autres Oiseaux deviennent noirs sous l'influence du chènevis. Les plumes rouges d'un Perroquet de l'Amazone (*Chrysotis festiva*) passent au jaune orangé quand les indigènes le nourrissent avec la graisse de certains poissons siluroïdes; le Lori rajah de l'archipel malais, à brillantes couleurs, n'est qu'une variété artificielle du *Lorius garrulus*, produite à volonté par un procédé analogue. On a mis dans le commerce une variété rouge-orangé de Canaris (habituellement jaunes), qui avait été obtenue en mêlant du poivre de Cayenne à la nourriture des jeunes; on peut aussi les faire passer au blanc, en leur donnant du carmin, et au rouge violacé avec la

racine de l'*Anchusa tinctoria*; de même, lorsqu'on donne du poivre de Cayenne à des poulets blancs, quelques plumes deviennent jaunes, et le jaune des œufs se colore en rouge vif. Un Escargot, l'*Helix aspersa*, devient plus sombre, paraît-il, quand on le nourrit avec de la laitue. Mais c'est surtout chez les Papillons que l'on a pu, en modifiant la nourriture des chenilles, obtenir des variétés nombreuses, dont quelques-unes étaient auparavant connues à l'état naturel : la chenille de *Vanessa polychloros* vit habituellement sur l'orme et celle de *V. urticae* qui en est fort voisine, sur l'ortie; or, si l'on nourrit des chenilles de *polychloros* avec cette dernière plante, les papillons qui en résultent présentent une assez grande ressemblance avec les *V. urticae*; il est donc probable que la différence des deux espèces est due au moins en partie à la nourriture. Les chenilles de *Melitæa artemis* nourries avec du chèvrefeuille donnent des papillons bien plus foncés que d'ordinaire; l'*Ennomos angularia* varie de couleur suivant que sa chenille s'est nourrie de lilas, de chêne, d'aubépine ou de tilleul. Parmi les très nombreuses variétés naturelles des *Chelonia hebe* et *caja*, quelques-unes ont pu être obtenues directement en modifiant la nourriture des chenilles (le noyer amène une prédominance du

brun, la laitue une abondance de taches blanches). Des changements notables dans la couleur et les taches ont été également constatés chez des papillons de *Vanessa* (*V. Io* (fig. 1), *urticæ*, *polychloros*) dont les chenilles, négligées pendant plusieurs jours, avaient dévoré les

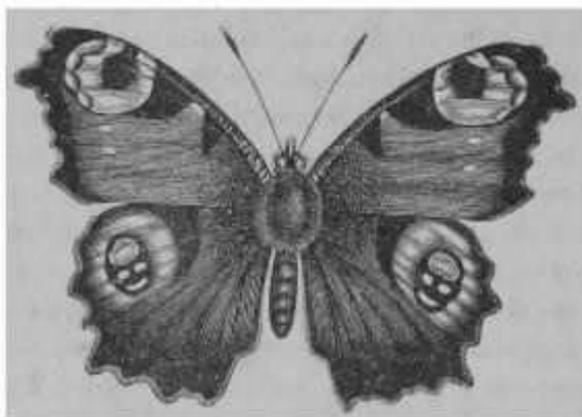


Fig. 1. — Vanesse Paon du jour, normal (*Vanessa Io*).

tiges et les feuilles mortes qui leur restaient, à défaut de feuilles fraîches.

Enfin l'expérience suivante, due à Poulton <sup>(1)</sup>, met bien en évidence le rôle de la nourriture dans la coloration des chenilles ; il a opéré sur *Tryphaena pronuba*, espèce à chenilles dimor-

(1) *Proc. of the Royal Soc. of London*, vol. LIV, 8 Juin 1893.

phes vertes ou brunes ; une ponte de *Tryphaena* est divisée en deux lots, nourris le premier avec des feuilles de chou vertes ou étiolées, le second avec les côtes blanches dépourvues de chlorophylle. Dans le premier lot, les chenilles sont devenues vertes et brunes comme en liberté, tandis que celles du second n'ont présenté qu'un peu de pigment sombre superficiel : la chlorophylle paraît donc être un élément nécessaire pour la formation de la couleur.

On sait que beaucoup d'animaux, pour échapper à la vue de leurs ennemis, ont exactement la même couleur que la plante sur laquelle ils vivent (*homochromie*) <sup>(1)</sup> ; il n'est pas impossible que, dans certains cas, cette homochromie ait pour cause directe le passage du pigment de la plante dans l'animal ; ainsi la chenille du *Bryophila algae* est verte quand elle mange un lichen vert, et jaune sur un autre lichen de même couleur ; un petit Ver (Syllidien) qui vit dans l'Éponge (*Reniera aurantiaca*) a la peau colorée par le même pigment orange que l'Éponge. Il est bien certain que l'homochromie a, en général, une

---

(1) CUÉNOT. — *Les Moyens de défense dans la série animale* (Encyclopédie Scientifique des Aide-Mémoire, 1892).

origine bien plus complexe, mais ce passage direct du pigment chez quelques types n'a rien d'in vraisemblable.

**2. La température.** — La température est certainement l'un des facteurs primaires les plus importants, par suite de son action sur tous les



Fig. 2. — Blatte commune mâle  
(*Periplaneta orientalis*).

phénomènes vitaux, et le moins séparable du facteur nutrition. Il y a pour chaque espèce une température dite *optimum*, qui met l'organisme dans des conditions d'activité maxima et favorise d'une manière spéciale la nutrition et par suite la croissance et la multiplication ; toutes les fois que l'on s'éloigne de l'*optimum*, soit en mon-

tant, soit en descendant, l'activité diminue, la croissance se ralentit, et l'animal, s'il ne peut échapper à cette influence néfaste en tombant en vie latente, finit par se désorganiser et mourir. Ainsi les Infusoires commencent à se multiplier de 4 à 7°, mais leur *optimum* est aux environs de 25°

(*Leucophrys patula*, d'après Maupas, meurt à 28-29°); même optimum pour la Blatte (*fig. 2*) (*Periplaneta orientalis*), dont les limites extrêmes sont d'un côté à 5-6°, et de l'autre à 41-42°. La *Limnea stagnalis* ne commence à se nourrir et à croître que lorsque l'eau marque 12°, et son optimum de croissance est à 25°; il en résulte que si des Limnées sont transportées dans un pays froid, où la température n'arrive pas à l'optimum, la maturité sexuelle arrivera avant que la coquille ait atteint toute sa croissance, et il se sera formé ainsi une race naine par simple action du climat; c'est vraisemblablement pour cette raison que les espèces des montagnes et des pays glacés sont de très petite taille, par rapport aux individus de la plaine ou des zones tempérées.

L'influence de la température sur le développement est non moins certaine; il y a encore pour chaque espèce un optimum (25° pour œufs d'*Ascaris megalocephala*) pour lequel la durée de l'évolution est minima. Les œufs de Grenouille éclosent en 10 jours à 15°, en 21 jours à 10°; une température de 5° arrête le développement; la métamorphose dure 73 jours à 15° et jusqu'à 235 jours à 10°. Les œufs d'*Apus* éclosent au bout d'une semaine à 16-20°, et en 24 heures

seulement à 30°, etc. Le tableau suivant, relatif au temps d'éclosion des œufs de la Locuste voyageuse, est remarquable par la régularité avec laquelle ce temps diminue quand la température

Temps de l'éclosion	Température
65 jours.	10°
60 "	15°
55 "	20°
50 "	25°

augmente (Cleveland). On a fait des observations identiques sur les chrysalides des Papillons, divers Insectes, etc.; le fait est absolument général. La vie elle-même devient plus courte, l'animal déployant une activité plus considérable : ainsi un petit Copépode d'eau douce (*Viguiereilla cæca*), étudié par Maupas, vit 77 jours à 18° et la moitié moins (38 jours) à 26°.

Quand la température dépasse l'optimum, l'activité des animaux diminue, et quelques-uns même, le Tanrec (*Centetes*) de Madagascar, des Serpents, Crapauds et Lézards du Brésil, le plus grand nombre des Mollusques terrestres africains et méditerranéens, des Insectes, des Araignées, etc., s'engourdissent et tombent en vie latente pen-

dant la saison chaude, exactement comme nos animaux hibernants pendant l'hiver; d'autres émigrent et vont chercher plus loin un milieu convenable, comme les Truites qui, au-delà de 15°, quittent les rivières pour remonter dans les ruisseaux frais et ombragés.

Les changements brusques amènent toujours la mort, c'est pour cela que les poissons que l'on retire d'une certaine profondeur, comme les Harengs et Sardines, arrivent inertes à la surface, qui est souvent de 15 à 20° plus chaude que le fond; mais si le changement est graduel et lent, l'animal peut parfaitement s'adapter à une température relativement élevée; ainsi en chauffant de l'eau bien aérée, Regnard a pu amener un poisson rouge (*Cyprinopsis auratus*) à 39°; c'est d'ailleurs un poisson très vigoureux, un bon *eurytherme* suivant l'expression technique, qui résiste aussi bien aux hivers rigoureux de la Chine qu'aux chaleurs de l'été; il se multiplie abondamment dans des bassins d'usine (Angleterre) qui marquent 26°. Toutefois pour beaucoup d'espèces, il y a un maximum qui ne peut être dépassé sans dangers, 23° pour l'Ecrevisse, 19° pour un petit Crustacé (*Cheirocephalus Braueri*) qui vit dans l'eau de fonte des neiges, 6-7° pour les œufs des Salmonides, etc.; c'est ce

qui explique la mortalité considérable qui survient dans les étangs et les petites rivières après de grandes chaleurs. Les animaux marins du littoral sont naturellement beaucoup moins susceptibles que ceux du fond, qui vivent à une température très uniforme, et en effet sur les plages, on peut trouver des Poissons et Crustacés bien vifs dans des flaques d'eau chauffées par le soleil à 25 et même 27°. Les sources thermales ont même leur petite faune, mais on ne sait pas exactement la température maxima supportée, en raison des différences de chaleur qui existent presque toujours entre les couches superposées de ces eaux (<sup>1</sup>); des Rotifères et spécialement *Philodina roseola* abondent dans les eaux bi-carbonatées sodiques de Nérès, à 35° et même à 45°, ainsi que des Infusoires et des Vers. Les Insectes et Mollusques sont particulièrement résistants, *Melania tuberculata* vit dans des sources d'Algérie à 32°, *Physa acuta* à Dax dans des eaux à 30-35°; une larve non déterminée de Stratiome dans les sources salées d'Aidipsos (Ile d'Eubée) de 35 à 40°. Il y a lieu de considérer comme douteux les chiffres

---

(<sup>1</sup>) H. DE VARIONY. — *Les températures extrêmes dans la vie des espèces animales et végétales*. Revue Scientifique, 27 mai 1893.

supérieurs (un Coléoptère, *Hydrobius orbicularis*, et des Barbeaux dans les eaux d'Hamмам-Meskoutine à 50°, divers Mollusques des eaux thermales d'Albano à 55°; *Neritina thermophila* de l'île New-Ireland à 60°, etc.). En somme, le maximum supportable paraît être compris entre 40-45°; on sait d'ailleurs qu'à 50°, le protoplasma (au moins chez les animaux d'organisation un peu élevée) se coagule partiellement, ce qui amènerait forcément la mort de tout être vivant.

Dans quelques cas, l'adaptation s'accompagne de changements dans la forme du corps (la nourriture et d'autres conditions interviennent sans doute en même temps que la température) : les Bouledogues anglais, importés dans l'Inde, perdent au bout de deux ou trois générations une partie de leur vigueur, le museau devient plus fin et le corps plus léger; des Chiens couchants écossais, de la deuxième génération indienne, ont les narines plus contractées que le type, le museau pointu, la taille moindre et les membres plus grêles. Le *Pisidium thermale* (Lamelli-branche) des eaux chaudes de Bagnères n'est qu'une variété adaptative du *P. casertanum*, comme la *Limnea thermalis* des eaux chaudes des Vosges dérive de la commune *Limnea peregrina*. Les *Limnea vulgaris* des environs de Lyon

ont 10-12 millimètres de diamètre dans les eaux froides, tandis que dans des eaux d'usine chauffées à 25°, ils n'en mesurent guère que 5-6. On rapporte que des *Physa acuta*, qui vivaient dans une eau de puits artésien à 32-33°, étaient de petite taille et fréquemment déformées; elles sont revenues au type normal, lorsque l'eau s'est refroidie au bout de deux ans par suite de l'obstruction des conduites.

Le froid paraît être supporté plus aisément que la chaleur, notamment par les animaux à sang froid, que la congélation même n'empêche pas de revenir à la vie; des Insectes, Crustacés, Actinies, Grenouilles et Poissons ont pu être gelés sans dommage (pourvu qu'on les dégèle avec précaution), de même que des Mollusques à coquille (*Anodonta cygnea*, *Paludina vivipara*); des chrysalides nues, c'est-à-dire non entourées d'un cocon, supportent jusqu'à - 20° (*Pieris brassicæ*); l'*Helix pomatia* pourvu de son épiphragme peut même supporter pendant quatre jours - 130°, la température la plus basse que l'on puisse obtenir (Yung). En plein hiver, dans les mares recouvertes de glace, de nombreux animaux, Poissons, Limnées, Planaires, restent bien vivants dans l'eau non congelée; les pêches sont souvent très fructueuses dans la mer polaire qui descend

au-dessous de  $0^{\circ}$ , et l'on sait quelle riche faune habite les grands fonds dont la température n'est pas très différente. Des milliers de petits Crustacés (*Metridia armata*) vivent au Spitzberg dans une neige imprégnée d'eau de mer, qui marque de  $-2$  à  $-10^{\circ}$ ; la neige des hautes montagnes a aussi sa faune spéciale de petits Arthropodes et de Rotifères, parfaitement adaptés à cette gelée éternelle.

La vie n'est donc pas incompatible avec une basse température, mais elle est rendue difficile



Fig. 3. — Marmotte (*Arctomys marmota*).

par la pénurie des vivres; aussi la plupart des animaux terrestres, lorsqu'ils ne peuvent émigrer comme les Oiseaux, s'enfoncent en terre, et y passent la mauvaise saison dans le *sommeil hibernant* (divers Rongeurs comme la Marmotte (fig. 3), les Ours, Hérissons, Tortues, Lézards, Serpents et

Batraciens, presque tous les Arthropodes et Mollusques terrestres, etc.); pendant l'hibernation, caractérisée par le ralentissement des échanges respiratoires et l'abaissement de la température du corps, l'animal vit sur ses réserves et ne dépense que très peu; il ne reprend son activité qu'au retour de la belle saison. Les Batraciens et Reptiles s'engourdissent quand la température moyenne descend au-dessous de  $10^{\circ}$ , l'*Helix pomatia* vers  $10-12^{\circ}$ , les Insectes adultes et les chenilles, vers  $3$  ou  $4^{\circ}$ . En maintenant les animaux dans une chambre chaude, avec une nourriture suffisante, on peut facilement leur conserver toute leur activité estivale, ou du moins raccourcir beaucoup la période de sommeil.

Chez d'autres types, l'espèce est devenue annuelle pour échapper au froid: ce sont alors des œufs bien protégés par leur coque ou leur cocon, ou des chrysalides, qui passent l'hiver et perpétuent l'espèce. Il se produit même ce fait curieux que certains œufs (Ver à soie) ne se développent pas si on les maintient à partir de la ponte dans une étuve à  $20^{\circ}$ ; il leur faut absolument traverser une période de basse température pour éclore. Les œufs, notamment ceux des Insectes, supportent les froids les plus intenses et les plus prolongés; c'est ce qui explique

pourquoi la Sibérie, malgré son long et cruel hiver, a une riche faune de Lépidoptères pendant son court été brûlant.

On voit que dans nos climats, par suite même de l'alternance des saisons, il se produit chez les animaux non annuels, une alternance de vie active et de vie latente ; la reproduction est forcément localisée à la belle saison. Rien de pareil ne se produit dans les climats tropicaux (sauf le court sommeil estival) et encore moins dans la mer, dont la température est remarquablement constante.

L'action du froid donne des caractères spéciaux non seulement à la faune des montagnes et des pays septentrionaux, mais aussi aux animaux qui y sont importés ; la taille surtout diminue, comme on le voit bien chez les Chevaux des pays froids et même les Hommes (Esquimaux) ; beaucoup de Mollusques communs à la France et à l'Algérie (*Helix aspersa*, *vermiculata*, *Physa contorta*, etc.) atteignent en Afrique une taille presque double ; le *Bulimus decollatus* y devient même neuf fois plus grand qu'en Europe ; les gigantesques Bulimes et Achatines sont inconnus en dehors des tropiques. De même, à mesure que l'on s'élève sur les montagnes, la taille des Mollusques diminue, ainsi

que l'épaisseur du test et le nombre des tours de la coquille (dans les eaux froides des montagnes, la *Limnea auricularia* n'a que 4 tours de spire au lieu de 5), phénomènes qui s'expliquent très bien par l'apparition de la maturité sexuelle avant l'optimum de croissance. Il paraît que l'*Helix pomatia* des montagnes de l'Auvergne a une spire plus conique que dans la plaine. Sur les montagnes, les animaux à métamorphoses, en raison de la courte durée de la belle saison, ne peuvent achever leur évolution dans le cours de l'année; ainsi, si l'on transporte au sommet du Ventoux (1 912<sup>m</sup>) des larves d'un Hyménoptère (*Osmia cornuta*), le retard n'est pas moindre de 117 jours par rapport à la plaine d'Avignon, de telle sorte que les adultes, ne trouvant plus les plantes habituelles, sont forcés pour subsister de s'adapter à une autre nourriture; beaucoup de Chenilles, les têtards de Batraciens, hibernent une ou deux fois avant d'arriver à l'état adulte, ce qui est l'origine de cas intéressants de *néoténie* (voir pour l'explication de ce mot au § 18). Pour la même raison, beaucoup d'espèces de Papillons, qui ont deux générations par an dans les pays chauds, n'en ont plus qu'une lorsqu'elles remontent vers le Nord.

La température affecte directement le poil des

Mammifères, non seulement chez les animaux qui nous entourent, habitués à la succession régulière des saisons, et dont le poil s'épaissit notablement à l'approche de l'hiver, mais aussi chez ceux qui sont transportés brusquement sous un autre climat. Dans les vallées basses et chaudes des Cordillères, la toison des Moutons mérinos non tondus se détache par flocons, et est remplacée par un poil court et brillant analogue à celui de la Chèvre; le même poil apparaît chez les Moutons importés d'Europe dans les Indes occidentales et la côte occidentale d'Afrique dès la troisième génération, ainsi que chez les Moutons touaregs adultes, bien que les agneaux aient comme d'habitude une toison blanche, touffue et frisée. Les Dogues et Chèvres du Thibet, amenés de l'Himalaya au Kaschmir, perdent aussi leur fine laine; en Colombie, les Poules adultes perdent leur couverture de plumes; on a affirmé que des Chevaux restés plusieurs années dans de profondes mines de houille (Belgique) s'étaient recouverts d'un poil velouté, analogue à celui de la Taupe.

Le froid a naturellement, l'effet inverse: les Mammifères à poil ras des régions tropicales qui vivent dans nos jardins zoologiques acquièrent pendant l'hiver une bourre laineuse; dans des

climats plus rigoureux, au Pamir par exemple, la Chèvre et le Chien sont couverts d'une toison touffue ; cette particularité devient même héréditaire dans la race Angora (Chèvres, Chiens de bergers et Chats d'Angourieh en Anatolie), à poil fin et laineux, dont on attribue l'épaisseur aux hivers rigoureux. La couverture argentée de la Poule commune de Guinée se transforme en Europe en longues plumes. Enfin les cornes des Ruminants peuvent aussi se modifier : elles sont courtes et petites chez les bestiaux qui vivent au voisinage des glaciers, et bien développées chez ceux de la plaine, exposés à une température plus douce.

Une action moins compréhensible du climat, mais non moins prouvée, a trait aux changements de couleurs ; si des chrysalides sont gardées, les unes à une basse température, les autres à une chaleur modérée, les papillons qui en sortent sont en général un peu plus sombres dans le premier cas, plus clairs ou plus brillants dans le second (chez *Polyommatus phleas* l'action de la chaleur ou du froid sur les chrysalides produit juste l'effet inverse). Cette action de la température explique pourquoi dans certaines régions ce sont les anomalies mélaniques (teintes foncées) qui prédominent, comme en Angleterre

(Noctuelles et Phalènes), tandis qu'ailleurs c'est au contraire l'albinisme (teintes jaunes ou blanches). Le mélanisme est d'ailleurs fréquent chez les Insectes des montagnes, ainsi que le manque de netteté des couleurs et la confusion des marques des ailes (Lépidoptères) ; notre Limace commune, l'*Arion empiricorum*, rouge dans les régions moyennes, devient toute noire dans les montagnes, ainsi d'ailleurs que les autres Limaciens (Simroth). Par contre, la coloration pâlit généralement chez les Escargots des régions alpestres (la plupart des espèces de 1 000 à 1 200 mètres, sauf *Helix arbustorum*, sont presque blanches).

L'influence du climat est pour beaucoup, sans doute, dans les changements de couleur qui se produisent chez certains animaux à l'approche de l'hiver, le *climatochromisme* comme l'a appelé Frauenfeld ; on sait, par exemple, que l'Ecureuil commun (*Sciurus vulgaris*) d'un beau roux en été (fig. 4), a le dos brun grisâtre et le ventre blanc en hiver ; divers Mammifères polaires, le Renard bleu (*Vulpes lagopus*), l'Hermine, le *Lepus variabilis*, un Lemming (*Cuniculus torquatus*), deviennent entièrement blancs en hiver et reprennent une couleur plus voyante après la mauvaise saison ; il est certain que ce chan-

gement de couleur doit être considéré comme un cas d'*homochromie défensive*, déguisant parfaitement l'animal au milieu des neiges ; toutefois il est bon de remarquer que le changement n'est pas si régulier qu'on le croit d'ordinaire ; on trouve de jeunes Renards blancs en plein été, et quelquefois à robe foncée en plein hiver. Mais



Fig. 4. — Ecurouil commun (*Sciurus vulgaris*).

si le froid n'est pas la cause directe, il est sûrement le *réactif* qui détermine l'apparition de la teinte blanche, car si l'on transporte ces animaux dans des climats plus doux, le changement de couleur ne se produit plus que rarement.

Le dimorphisme saisonnier<sup>2</sup> de certains Insectes se rattache de très près au climatochromisme des Mammifères : le type classique est celui d'un Papillon (*Vanessa*) qui offre deux formes produites par des chenilles identiques, formes assez différentes pour qu'autrefois on en ait fait deux espèces distinctes : un type coloré en noir, *Vanessa prorsa*, né en juillet de chrysalides à courte existence, un type fauve, *V levana*

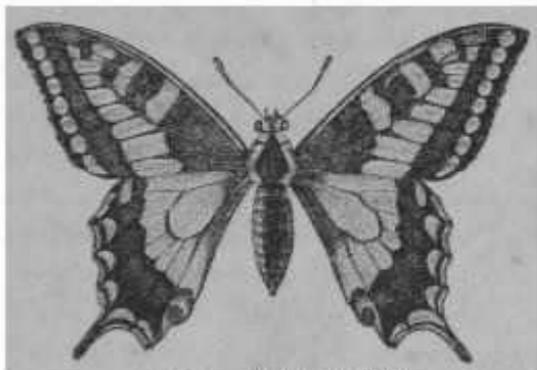


Fig 5. — *Papilio Machaon*.

né au printemps de chrysalides ayant passé l'hiver ; or, si l'on retarde par une cave froide les chrysalides de *prorsa*, on peut obtenir en plein été soit des *levana*, soit une variété intermédiaire, dite *porima*, qui éclôt parfois en septembre et octobre des chrysalides de *prorsa* ; d'ailleurs le type *prorsa* coloré en noir ne

se produit, en juillet que dans les années sèches et chaudes, tandis que dans les années pluvieuses, les sujets tendent à se rapprocher du type fauve du printemps (*levana*) et surtout de la variété *porima*. Le dimorphisme saisonnier est donc dû, au moins partiellement, à un effet de température sur la chrysalide. Ce dimorphisme se retrouve chez quelques autres Papillons, *Anthocharis belia-ausonia*, *Ant. belemia-glauce*, *Papilio Machaon* (fig. 5), *Lycæna polysperchon-aminas*, et chez une Araignée (*Meta segmentata* du printemps donne en été *M. Mengei*).

**3. La lumière.** — On trouve dans la nature des expériences toutes faites sur l'action de la lumière; en effet, de très nombreux animaux habitant les cavernes, les eaux souterraines, les grands fonds des lacs, vivent dans l'obscurité absolue, et ce sont principalement leurs modifications que nous étudierons, modifications qui portent sur deux points : 1° les yeux ; 2° les pigments.

Tandis que les habitants des milieux peu éclairés, Oiseaux et Carnassiers nocturnes, Poissons des faibles profondeurs, ont des yeux plus grands et plus puissants que d'ordinaire, ces mêmes organes dégénèrent ou même disparaissent complètement dans l'obscurité complète, compensés par un développement considérable

des organes tactiles. Les yeux de la Taupe, comme on le sait, sont recouverts par la peau percée d'un tout petit canal oblique; le *Ctenomys* (Amérique du Sud) encore plus souterrain que la Taupe, est très souvent aveugle, de même que les *Spalax* de Russie et le Chrysochlore du Cap. Les yeux sont dégénérés ou absents chez les Lézards, Serpents et Batraciens qui vivent sous terre (un *Rhinophis*, le *Typhlops* et les Cécilies) comme chez ceux des cavernes, le Protée des grottes de la Carniole, de nombreux Poissons des grottes de l'Amérique du Nord (*Amblyopsis speleus*, *Typhlichthys*, *Apterichthys cæcus*), etc. Une quantité énorme d'Invertébrés vivant dans les mêmes conditions sont dépourvus d'organes visuels, des Crustacés comme les *Cambarus* des caves d'Amérique, *Cecidotea stygia*, *Gammarus puteanus*, *Cran-gonyx*, *Asellus Sieboldii* et *cavaticus*, le *Bradya Edwardsii* (petit Crustacé des eaux souterraines des environs de Paris), des Araignées, des Myriapodes, des Insectes (*Anophthalmus*, *Lathrobium*, le *Claviger* des fourmilières), des Mollusques comme les *Zospeum*, petits Gastéropodes des couloirs les plus reculés des grottes d'Adelsberg, les *Cæcilianella* qui vivent enfouis dans la terre, de nombreux Vers (*Nais*, *Phreatotrix*)

des Turbellariés (*Planaria cavatica*), etc. C'est une règle-presque absolument générale. Comme on peut s'y attendre, on trouve tous les intermédiaires entre les yeux ordinaires et leur absence complète : une Crevette (*Troglocaris Schmidtii*) et une Ecrevisse (*Cambarus stygius*) de la Carniole ont des yeux, en apparence normaux, mais la cornée est opaque et les éléments nerveux sont remplacés par du tissu conjonctif ; en fait, ils sont donc absolument aveugles ; quelques Coléoptères (*Trechus*, *Bythinus*) ont seulement 50 à 80 facettes sur leurs yeux composés, alors qu'il en existe plusieurs centaines chez les espèces terrestres voisines ; quelques Insectes et Araignées des cavernes, des Planaires des eaux souterraines, ont même conservé des yeux bien développés. Toutes ces différences s'expliquent facilement : les espèces émigrées depuis longtemps dans les cavernes ont eu le temps de perdre toute trace d'organe visuel, tandis qu'il peut en rester des vestiges chez celles d'introduction récente ou qui ne vivent pas loin des orifices de sortie. Chez des individus de *Niphargus stygius* (d'ordinaire aveugle) qui vivaient à l'entrée des cavernes, éclairée d'une lueur crépusculaire, Joseph a même trouvé des yeux normaux, quoique très petits. C'est encore

sans doute l'époque de l'introduction qui explique pourquoi certaines espèces aveugles ont des embryons munis d'yeux (*Troglacaris Schmidtii*) et d'autres des embryons sans yeux (*Branohippus pellucidus*, *Estheria cæca*, *Cypris stygia*, divers *Cyclops*, *Cambarus stygius*, etc.); l'adaptation dans ce cas a été assez profonde pour faire disparaître toute trace héréditaire de l'organe.

Dans quelques cas, pour compenser la perte de l'organe visuel ou simplement pour utiliser le nerf optique devenu inutile, il s'est formé à sa place un organe tactile; ainsi chez des Coléoptères (*Amaurops*, *Anophthalmus capillatus*) et une Araignée (*Siro cyphopselaphus*), il y a à la place des yeux une soie très fine portée sur un petit tubercule; il y a de même un organe sensoriel à la place de l'œil chez des Plannires aveugles des eaux souterraines de Prague (*Stenostoma unicolor* et *ignavum*).

Il est tout à fait certain que la faune des cavernes et des eaux souterraines provient d'émigrations de la surface, et souvent on a pu tracer la filière qui réunit le type superficiel à sa variété profonde, modifiée par ses nouvelles conditions d'existence : ainsi le *Gammarus pulex* présente dans les caves de Clausthal une variété

*subterraneus* qui présente des indices de dégradation des yeux ; l'*Asellus aquaticus* des ruisseaux, en descendant dans les profondeurs des lacs de Genève et du Bourget, devient l'*A. Forelli*, à yeux absents ou rudimentaires, et dans les grottes de Falkenstein l'*A. cavaticus*, plus petit et complètement aveugle. Les *Trechus*, petits Insectes qui vivent sous les pierres et les amas

de feuilles mortes, deviennent dans les cavernes les *Anophthalmus* aveugles, qu'on ne trouve absolument que là, etc.

L'absence de lumière agit de la même façon sur les parasites (Trématodes, Nématodes, Cestodes, Crustacés, etc.) et les commensaux qui vivent à l'intérieur d'animaux opaques (par



Fig. 6.

Hydre d'eau douce à algues symbiotiques  
(*Hydra viridis*).

exemple les *Pinnotheres*, qui vivent à l'intérieur de Moules, d'Ascidies, d'Holothuries) : les yeux sont absents ou atrophiés chez les adultes, bien

que les embryons, qui mènent la vie libre, en soient très souvent pourvus.

Naturellement les plantes vertes ne peuvent subsister dans l'obscurité, aussi dans les cavernes ne trouve-t-on que quelques champignons; leur disparition retentit sur quelques animaux (Hydre (*fig. 6*) et Spongille) dont les tissus renferment à l'air libre des algues vertes symbiotiques, qui manquent naturellement chez les individus des eaux obscures.

Il nous reste à traiter une question fort difficile et mal connue, celle de l'influence de la lumière sur les couleurs; en général, dans l'obscurité, elles disparaissent presque totalement; aussi tous les types des fonds de lacs et les cavernicoles, Planaires, Crustacés, Insectes, Poissons, Batraciens, sauf de rares exceptions, sont incolores ou entièrement blancs, les organes internes apparaissant à travers la peau transparente. Ceux qui conservent encore quelques teintes sont infiniment plus pâles que leurs congénères de l'extérieur, tandis que les *lucicoles* qui vivent près des orifices de sortie, sont un peu moins décolorés que les vrais cavernicoles. La disparition du pigment est plus rapide que celle des yeux; ceux-ci existent encore, à peine dégénérés chez les *Gammarus pulex*, var. *subterraneus*,

dont le corps est déjà devenu d'un blanc laiteux, laissant apercevoir le corps adipeux également décoloré. Les exceptions à la règle sont fort peu nombreuses : outre les Mammifères, qui paraissent peu sensibles à l'action de l'obscurité, je citerai quelques Planaires des eaux souterraines (*Polycelis nigra*, *Planaria polychroa*, *Dendrocaelum lacteum*) qui conservent leurs couleurs normales et un Serpent (*Rhinophis oxyrhynchus*) à brillantes couleurs rouges et jaunes (bien que les yeux soient dégénérés).

Sans recourir à la faune des lieux obscurs, de nombreuses observations montrent que l'absence



Fig. 7. — Larve de Hannelon ou Ver blanc (*Melolontha vulgaris*).

de lumière correspond généralement à une absence de pigments; on n'a par exemple qu'à comparer les chenilles décolorées de Sésies, de *Cossus ligniperda*, qui vivent à l'intérieur de troncs d'arbres, à celles qui se nourrissent de feuilles en pleine lumière. Les larves de Coléoptères (Ver

blanc du Hannelon, fig. 7), de Diptères (Asticots), etc., qui vivent sous terre ou dans des milieux opaques, les parasites internes (Nématodes, Trématodes, Cestodes), sont habituelle-

ment blancs ou à peine colorés (fig. 8). La face ventrale des Poissons, qui reçoit certainement moins de lumière que la dorsale, est toujours beaucoup plus claire que celle-ci ; c'est l'inverse



Fig. 8. — Parasite interne décoloré : Ascaride de l'homme  
(*Ascaris lumbricoides*)

qui se produit chez le Rémora, dont la face ventrale est au moins aussi foncée que l'autre ; mais ce n'est qu'une exception qui confirme la règle, car le Rémora vit toujours sous des corps flottants, de sorte que le dos est tout à fait dans l'ombre, et lorsqu'il nage, il se tient constamment le ventre en haut. La partie cachée des plumes d'Oiseaux est toujours d'une teinte plus ou moins terne, aussi bien que la bouffe laineuse placée sous le pelage des Mammifères. L'expérience suivante est encore plus démonstrative : on prend de jeunes Coléoptères immatures, c'est-à-dire qui sortent de la puppe, et dont les téguments, qui n'ont point encore subi l'action de la lumière, sont peu ou point colorés ; on colle un morceau de papier opaque sur l'une

des élytres, et on laisse ensuite l'Insecte exposé à l'air libre ; au bout de quelques jours, on constate que les élytres sont fortement colorées, tandis que la petite portion abritée par le papier est encore très pâle, comme au début.

Nous pouvons donc accepter comme loi générale que l'absence de lumière tend à faire disparaître plus ou moins totalement les couleurs des téguments ; ce sont d'ailleurs les seules qui soient influencées, car on sait qu'il y a des pigments qui se développent dans une obscurité absolue, par exemple à l'intérieur du corps des Poissons, Batraciens, Lézards, etc. Il y a certainement couleurs et couleurs.

Pour compléter la démonstration, quelques expériences montrent que, sous l'influence de la lumière, du pigment se développe là où il n'y en avait pas auparavant : le Protée, d'un beau blanc rosé dans les cavernes de la Carniole, ne tarde pas à noircir en captivité, lorsqu'il est exposé à une lumière même diffuse, et le noircissement est d'autant plus rapide que celle-ci est plus intense. Cunningham a élevé des Soles dans des aquariums munis au fond d'un miroir, de sorte que la face inférieure du corps, qui ne reçoit pas habituellement de rayons lumineux, était largement éclairée ; au bout de quelque

temps, il a constaté que du pigment foncé s'était développé sur cette face, autrefois toute blanche. Les larves d'*Axolotl* sont pâles au sortir de l'œuf, et noircissent peu à peu en grandissant; le noircissement est fortement retardé quand on les garde à l'obscurité ou dans une lumière rouge.

Si l'on enlève la coquille droite d'une *Huitre*, sans tuer l'animal, et qu'on expose à la lumière la face du corps qu'elle abritait, on constate, au bout d'une quinzaine de jours, que l'épiderme primitivement incolore de toutes ces parties mises à nu, branchies et manteau, s'est fortement pigmenté en brun sombre (Schiedt<sup>(1)</sup>). Dans toutes ces expériences, l'excitation lumineuse fait apparaître constamment un pigment noirâtre dans des tissus où il n'en existait auparavant que des traces.

Il est jusqu'à présent très difficile d'expliquer clairement cette influence de la lumière; certainement il existe deux catégories de couleurs, les unes sur lesquelles celle-ci n'a aucun effet (pigment noir du mésentère, poils colorés des Mammifères, etc.), et d'autres qui tendent à disparaître dans l'obscurité. D'autre part, certaines

---

(1) *Proc. Acad. Nat. Sc. Philadelphie*, 15 novembre 1892.

couleurs prennent une part notable à la défense de nombreux animaux, couleurs protectrices (homochromie), mimétiques et prémonitrices, dont nous avons parlé dans un livre précédent<sup>(1)</sup>, sans compter les couleurs dites de reconnaissance qui permettent aux espèces sociales de se reconnaître de loin, et les couleurs sexuelles qui différencient le mâle et la femelle. Bien qu'on ne connaisse presque rien à ce sujet, on entrevoit vaguement que les substances sensibles à l'obscurité, quelle que soit leur utilité apparente, jouent un rôle dans l'absorption des rayons lumineux, dont l'énergie est probablement transformée et utilisée à l'intérieur de l'animal, de même que la chlorophylle permet aux plantes de décomposer l'acide carbonique et d'assimiler le carbone. Une expérience de Heim apporte une demi-preuve à cette manière de voir : si l'on recouvre d'un vernis opaque le céphalothorax et l'abdomen de Crustacés Décapodes, ils ne tar-

---

(1) Dans cette étude sur l'action de la lumière, j'ai laissé complètement de côté les phénomènes relatifs à la défense de l'animal au moyen des *chromatophores*, comme chez les Caméléons, divers Crustacés et Poissons. La lumière agit par l'intermédiaire du système nerveux, et non pas directement (voir *Les Moyens de défense dans la série animale*, Encyclopédie Scientifique des Aide-Mémoire, 1892).

dent pas à mourir, même dans des conditions hygiéniques excellentes, tandis que si le vernis, bien qu'imperméable, est transparent, l'animal ne semble pas s'en porter plus mal pendant plusieurs semaines.

Dans cette hypothèse, on comprend assez bien que l'absence de lumière amène la disparition des pigments devenus inutiles, de même que la chlorophylle n'apparaît pas dans les plantes tenues à l'obscurité. La grande différence entre les animaux et les plantes, c'est que ces dernières ne peuvent vivre longtemps dans ces conditions, puisque la chlorophylle représente leur tissu assimilateur, tandis que les premiers pourront compenser de quelque manière le profit qui résultait pour eux de l'absorption des rayons lumineux. Il est probable que les couleurs défensives, sexuelles et de reconnaissance sont des adaptations à deux fins des pigments absorbants, et que si elles disparaissent dans l'obscurité, c'est pour la raison que je viens d'exposer, et non point parce qu'elles n'ont plus de raison d'être au point de vue défensif ou social. Les pigments qui n'appartiennent pas à la série absorbante, pourront subsister dans l'obscurité ; c'est peut-être pour cela que certains animaux des caves ou des eaux souterraines restent colo-

rés, alors même que la disparition des yeux indique une adaptation de longue durée. Je répète que je n'ai exposé cette théorie que faute de mieux et à titre de pure hypothèse.

Ce qui montre bien l'influence énorme de la lumière sur les phénomènes vitaux, influence variable suivant les espèces et les pigments, c'est le fait que certains animaux la recherchent avec avidité, tandis que d'autres la fuient ; ainsi les Infusoires (1), les Hydres, les Etoiles de mer, certaines larves de Crustacés se dirigent toujours vers les parties éclairées du vase qui les contient (héliotropisme positif), tandis que les Poissons d'eau douce, les Ecrevisses, les Blattes, beaucoup de larves d'Insectes, les Vers de terre, et en général les animaux nocturnes, sont *lucifuges* et paraissent incommodés par une lumière

---

(1) Chez les Paramécies, leur amour de la lumière tient à une cause particulière : *Paramecium bursaria* renferme dans son corps des algues symbiotiques à chlorophylle qui dégagent de l'oxygène à la lumière en décomposant l'acide carbonique ; or tant que l'eau contient une proportion normale d'oxygène, les Paramécies paraissent fort indifférentes à l'éclairément ; ce n'est que lorsque la provision du gaz s'épuise, qu'elles s'agitent et se rendent aux parties éclairées, plaçant ainsi leurs algues dans une situation favorable à la fabrication de l'oxygène, dont elles profitent ensuite.

trop vive (1). C'est sans doute par une préférence analogue que certains animaux ne s'accouplent ou ne pondent qu'à des heures déterminées du jour ou de la nuit; de même, beaucoup d'Actinies, contractées pendant le jour, ne s'épanouissent qu'à l'obscurité.

Les divers rayons du spectre agissent même d'une façon différente; on sait que chez l'Homme (surtout chez les malades atteints de pellagre), un vif éclairement de la peau par de la lumière bleue ou violette qui contient fort peu de rayons calorifiques ou par de la lumière blanche qui en a été dépouillée par un passage à travers une couche d'eau, suffit pour y déterminer de la rougeur et même dans quelques cas des phlyctènes (Bouchard). Si l'on fait tomber différentes lumières colorées sur des vases où se dévelop-

---

(1) Chez les animaux supérieurs, la lumière agit quelquefois comme excitant par l'intermédiaire des yeux; c'est pour cela que les éleveurs de volailles tiennent dans l'obscurité ou même aveuglent les animaux qu'ils veulent engraisser, afin d'éviter la dépense de force produite par les excitations visuelles. Les Chevaux employés dans les galeries de mines, sont beaucoup plus gras et mieux portants que ceux de la surface. Par contre, le développement des Batraciens est plus lent à l'obscurité qu'à la lumière, peut-être parce qu'ils ne trouvent pas facilement leur nourriture.

pent des œufs et larves de Grenouilles (*Rana esculenta* et *temporaria*), de *Salmo trutta*, de Mouches, de *Limnaea stagnalis*, on constate que la portion la plus réfrangible du spectre, et en particulier les rayons bleus et violets, accélèrent le développement des œufs (par rapport à ceux qui sont placés dans la lumière blanche ordinaire), tandis que les rayons rouges le retardent et que les verts l'arrêtent. Mêmes conclusions pour les pontes de *Loligo vulgaris*, *Sepia officinalis* et *Ciona intestinalis*, à cela près que la lumière verte, bien que défavorable, n'arrête pas entièrement l'évolution de ces animaux (Yung). Pleasonton, expérimentant sur des Cochons et un Taureau, a constaté également qu'ils s'accroissent plus vite dans la lumière violette que dans la blanche.

Chaque espèce, indépendamment de toute question d'intensité d'éclairage, montre une préférence marquée pour certaines couleurs du spectre, qui lui procurent sans doute une sensation générale de *mieux être*, en rapport avec les modifications des phénomènes vitaux. Si l'on projette les différentes couleurs du spectre sur un aquarium renfermant des Daphnies, on constate qu'elles se portent de préférence dans la région éclairée (orangé, jaune, vert) et spé-

cialement dans le vert. L'Etoile de mer, d'après Graber, fuit énergiquement les rayons rouges (érythrophobie). En général, les animaux qui aiment la lumière, préfèrent généralement le bleu (comme les Abeilles) et le vert, tandis que les lucifuges, comme les Fourmis, ont moins d'antipathie pour le rouge que pour les autres couleurs ; le Protée, animal des cavernes, se place de préférence dans l'obscurité, puis dans le rouge, le jaune, le vert, le violet, le bleu et le blanc.

Dans les cas précédents, la lumière agit sans doute comme surexcitant des phénomènes respiratoires ; en effet, des Grenouilles aveugles et d'autres intactes dégagent dans le même temps, les premières 100 volumes d'acide carbonique, les secondes 114. Le tableau suivant, emprunté à Perrier, montre bien l'influence des divers rayons du spectre sur les volumes d'acide carbonique produits dans un temps donné :

Espèces	Obscurité	Rouge	Blanc	Violet
Grenouille .	100	103,5	112	115
Moineau, Canari.	100	128	142	139
Sourmulet .	100	111	137	140

On comprend que chez des animaux bien

nourris, cette surexcitation produit un effet bien-faisant en activant les phénomènes vitaux, ce qui explique les préférences remarquées. Il est aussi très compréhensible que les animaux privés de nourriture meurent plus tôt dans le violet que dans le rouge.

Des expériences semblables ont été tentées par Yung sur des animaux vivant en symbiose avec des Algues, tels que la *Convoluta* et l'*Hydre* verte; il a constaté que pour la *Convoluta Roscoffensis* la lumière violette ne convient pas mieux que la verte; l'*Hydra viridis* se développe plus vite et mieux à la lumière rouge qu'à la lumière blanche; cette dernière est à son tour plus avantageuse que le vert, et surtout que le violet; l'obscurité arrête tout développement. Ces résultats sont fort compréhensibles si l'on songe que le maximum d'assimilation de la chlorophylle correspond à la lumière rouge-orangé, où se trouvent ses plus fortes raies d'absorption. La bonne santé des Algues parasites profite évidemment aux animaux symbiotes d'une façon ou d'une autre, probablement par suite de leur production d'oxygène, comme précédemment pour les Paramécies.

**4. La pression.** — Les habitants des grands fonds de l'Océan supportent des pressions for-

midables, jusqu'à 800 atmosphères, qu'ils ne sentent d'ailleurs pas plus que nous ne percevons la pression atmosphérique, leurs liquides internes étant au même taux que l'eau extérieure; ils ne paraissent pas présenter de modifications en rapport avec la hauteur de la colonne d'eau qui les surmonte.

Il n'en est pas de même chez les animaux terrestres; l'habitant des plaines, transporté brusquement à une grande altitude, met un certain temps à s'acclimater et à se débarrasser du *mal des montagnes*. Le phénomène le plus caractéristique de l'acclimatation est la multiplication prodigieuse des globules rouges du sang, dont le nombre par millimètre cube peut monter de 5 millions à 8 et même au delà, tandis que leur volume diminue, ce qui amène une augmentation considérable dans la surface d'absorption de l'oxygène, et compense la diminution de tension de ce gaz; bien que la quantité absolue d'hémoglobine ne soit que faiblement augmentée, le sang des Mammifères acclimatés est aussi riche en oxygène que chez ceux de la plaine, grâce à ces modifications.

Regnard a pu reproduire *in vitro* tous ces phénomènes constatés par Viault et d'autres sur les hauts plateaux du Pérou et de la Bolivie; un

Cochon d'Inde est gardé pendant un mois dans une cloche, à une pression moitié plus faible que la pression normale ; au bout de ce temps, le sang s'est acclimaté et ses globules présentent une diminution de volume et une augmentation de nombre.

**5. Influence de l'espace.** — Lorsqu'un certain nombre d'individus sont enfermés dans un petit espace, toute question de nourriture mise à part, il est rare qu'ils atteignent une taille aussi considérable que ceux qui ont à leur disposition une grande place ; il semble que les dimensions de leur monde influent sur les leurs. Les pêcheurs disent que la Truite et les autres Poissons sont plus petits dans les petits cours d'eau et plus grands dans les grandes rivières ; nous verrons plus tard à propos des Iles que leurs habitants (au moins ceux d'une certaine taille, tels que les Mammifères), sont plus petits que sur les continents.

Semper, puis Whitfield et de Varigny, ont montré expérimentalement chez les Limnées (*Limnea auricularia*, *megasoma*, *stagnalis* (fig. 9)) que la taille était réellement en rapport avec les dimensions de leur aquarium. Semper place de jeunes *Limnea stagnalis*, toutes identiques, dans une série d'aquariums de même forme, conte-

nant respectivement 0<sup>l</sup>,1, 0<sup>l</sup>,25, 0<sup>l</sup>,6 et 2 litres, avec une nourriture surabondante; au bout de peu de jours, on peut déjà reconnaître une différence dans la croissance, ce qui devient tout à fait évident après deux mois; les tailles respectives des coquilles, toutes bien nourries et de même âge, sont alors de 6, 9, 12 et 18 millimètres, la progression correspondant parfaitement à la progression de volume des aquariums. C'est entre 0<sup>l</sup>,1 et 0<sup>l</sup>,4 que la différence est la plus sensible; Semper pense que l'optimum de volume, où la Limnée n'éprouverait plus de modifications de taille, doit être compris entre 4 et 5 litres.



Fig. 9. — Limnée des étangs  
(*Limnaea stagnalis*).

Yung a également constaté que si l'on place dans un même volume d'eau, avec une nourri-

ture surabondante, d'un côté, 10 têtards de Grenouille, de l'autre, 20 têtards, ce seront les premiers qui s'accroîtront le plus vite et subiront tout d'abord la métamorphose.

Pour *Limnea auricularia*, de Varigny a montré que le volume d'eau avait en réalité peu d'importance et que l'influence était exercée uniquement par la surface libre de l'eau : de jeunes Limnées ont été placées dans des vases de volume égal, mais de forme très différente, l'un étant plat et large et présentant une grande surface libre, l'autre sphérique n'en présentant qu'une très petite. Au bout de quelques jours, il y a déjà une différence manifeste dans la croissance, et finalement la Limnée du premier vase devient beaucoup plus grande que l'autre. L'expérience ne donne pas les mêmes résultats avec les *Limnea stagnalis* qui acquièrent toujours les mêmes dimensions dans un volume égal d'eau, quelle que soit la forme des vases. Il est probable que dans le premier cas le nanisme est en rapport avec un défaut d'exercice, car *Limnea auricularia* rampe habituellement sur la surface horizontale de l'eau, tandis que *Limnea stagnalis* se tient plus volontiers en dessous de cette surface.

Il faut avouer que si l'influence du volume environnant sur la taille des animaux est indiscutable,

on ne voit guère comment elle peut agir; l'aération et la nourriture ne sont pas en cause; il n'est guère possible non plus que, dans tous les cas, ce soit le défaut d'exercice qui amène le nanisme. L'hypothèse de Semper (produit énigmatique renfermé dans l'eau qui favoriserait la croissance, et serait naturellement plus abondant dans un grand volume), est invraisemblable et a d'ailleurs été réfutée expérimentalement. Il vaut mieux convenir de notre ignorance à cet égard et attendre de nouvelles recherches.

**6. Influence du mouvement de l'eau.** — Le mouvement de l'eau qui a un si grand effet sur les plantes aquatiques ne paraît pas agir beaucoup sur les animaux. Il est vrai que Clessin a attribué les nombreuses déformations des *Limnea tumidus* des lacs de Constance et de Starnberg aux mouvements constants des vagues, mais cela ne me paraît point prouvé. D'après Locard, les Mollusques (*Unio*, *Anodonta*, *Dreissensia*) des eaux courantes ont un galbe plus ou moins allongé, tandis que, dans les eaux tranquilles, les mêmes genres sont plus volontiers bréviformes. Mais l'observation la plus positive est celle de Camerano, sur les têtards de *Rana muta* (régions alpestres); il a remarqué que ceux qui vivaient dans de l'eau fortement courante avaient la queue

beaucoup plus large et plus longue que ceux de l'eau tranquille et qu'ils pouvaient nager très vivement contre le courant ; c'est certainement une modification individuelle, et non héréditaire, car dans la localité observée par Camerano, les eaux tranquilles et courantes étaient très voisines, de sorte que les *Rana muta* adultes, quelle que soit leur origine, devaient pondre indifféremment dans les unes ou les autres. Il a d'ailleurs pu produire expérimentalement une modification analogue sur des têtards de Crapauds, en les élevant dans une eau courante ; beaucoup (30 %) ne s'y habituent pas et meurent à divers états ; ceux qui résistent et peuvent lutter contre les courants ont la queue bien plus développée que d'habitude, conséquence naturelle de l'exercice musculaire auquel cet organe doit se livrer.

**7. Influence des sels de chaux sur l'organisme.** — Un certain nombre d'animaux ont besoin de sels de chaux, soit pour la coquille de leurs œufs, soit pour leur propre squelette ; aussi la disparition plus ou moins complète de ces substances les modifie-t-elle considérablement quand elle ne rend pas la vie impossible. Il est connu de tout le monde que les Poules, lorsqu'elles ne trouvent pas de sels calcaires à leur portée, dans les pays granitiques par exemple,

sont stériles ou pondent des œufs à coquille mince et fragile. Toutefois, lorsqu'elles peuvent absorber du sulfate de chaux (plâtre des maisons) ou encore mieux du phosphate, les œufs ont une coquille normale; elles peuvent donc transformer ces sels en carbonate (Irvine et Woodhead). De même, sur les sols siliceux, notamment sur les granits et porphyres de la Corse, les Mollusques terrestres sont plus rares, plus dispersés; leur test est très mince, comme parcheminé, presque transparent, avec moins de tours que d'habitude, et présente souvent de l'albinisme héréditaire. La difficulté de se procurer des matériaux pour leur coquille amène naturellement la diminution de celle-ci; un *Helix pomatia*, nourri avec des plantes silicicoles ou calcicoles, pourra varier du simple au double. On observe la même diminution de taille chez les *Planorbis corneus* et *Limnea stagnalis* élevés sur un fond siliceux. Les Crabes empruntent naturellement le calcaire de leur épaisse carapace à l'eau de mer; mais, en l'absence de carbonate de chaux, contrairement à ce qui se passe pour les Poules, ils ne peuvent, semble-t-il, utiliser le sulfate de chaux, mais seulement le chlorure de calcium; aussi, lorsqu'on les élève dans une eau de mer sans carbonate de chaux, mais à laquelle on a ajouté ce dernier

sel, la carapace s'encroûte comme d'habitude. Dans le même ordre d'idées, on peut encore citer les expériences de Pouchet et Chabry sur les larves d'Oursins (*Pluteus*) élevées dans de l'eau de mer dépourvue de carbonate de chaux (précipité par l'oxalate de potasse); les œufs se développent, mais les *Pluteus* ne peuvent former leurs spicules (baguettes calcaires qui leur constituent un squelette interne) et meurent rapidement.

Un excès de carbonate de chaux produit des effets presque aussi fâcheux que son absence. Tout le monde a remarqué l'extrême pauvreté de la faune des sources incrustantes qui contiennent en dissolution beaucoup de sels calcaires; les Limnées qui s'y trouvent parfois, restent très petites, sans doute parce que la coquille s'encroûte et ne peut plus se développer. Pourtant, Semper a constaté expérimentalement que les Limnées se développent normalement dans une eau saturée de carbonate de chaux ou de sulfate de magnésie <sup>(1)</sup>.

---

(1) Voir aussi l'important travail de Herbst sur l'influence de divers sels, et notamment des sels de lithine, sur le développement des larves d'Oursins (*Experimentelle Untersuchungen, etc., auf die Entwicklung der Thiere, Zeits. für wiss. Zool., Bd 55, 1893.*

**8. Influence de l'humidité sur les animaux terrestres.** — Sans expériences, il est très difficile de savoir si l'humidité agit sur les animaux terrestres, car il y a en même temps changement d'un grand nombre de facteurs, nourriture, température, etc. On dit généralement que l'humidité favorise le développement du pigment noir, des variétés dites *métaniques* ; en effet, il est fort ordinaire que les animaux des îles ou du bord de la mer (Lézards, Serpents, Oiseaux, Papillons des Galapagos, des Hébrides, de Bretagne, etc.), aient des teintes plus ou moins sombres, mais rien ne prouve que cela doit être attribué à l'influence seule d'une plus grande humidité. Il en est de même pour la variété sombre (*valezina*) d'un Papillon, l'*Argynnis paphia*, spéciale aux contrées boisées et humides. Une observation plus positive de Smith rapporte qu'à la Nouvelle-Zélande, à la suite d'une sécheresse prolongée, il est apparu des variétés pâles de Papillons ; il paraîtrait que, dans cette région, les Papillons sont d'autant plus sombres que l'humidité est plus grande. D'après Leydig, l'*Helix nemoralis* est d'un beau jaune citron dans les vignobles ensoleillés de la vallée du Mein, tandis qu'il est brun chocolat aux environs de Bonn et près du Rhin, où le climat est plus humide ; le

fait est que les Pulmonés aquatiques ou ceux qui vivent près des cours d'eau, comme les Limnées, les Planorbes, l'*Helix arbustorum*, l'*Helix hispidum*, etc., ont le corps coloré en noir plus ou moins intense, tandis que les *Helix* des pays secs ont plus volontiers des teintes pâles, mais il y a des exceptions qui empêchent de généraliser. Les bœufs de la race Dishley, au voisinage de la mer, ont de larges taches noires sur la face et les oreilles, tandis que leurs descendants élevés sur le continent, à Lyon par exemple (ville cependant très humide), sont toujours d'un blanc pur.

On voit que dans tous les cas précédents, il est impossible de séparer l'influence de l'humidité des autres circonstances qui l'accompagnent. Je crois donc plus sage de garder un peu de scepticisme à ce sujet.

**9. Adaptation des animaux marins à l'eau douce.** — Lorsqu'on transporte brusquement un animal marin dans de l'eau douce, il meurt plus ou moins rapidement, la règle ne comporte aucune exception. Les Poissons, les Mollusques nus meurent très vite, en quelques instants, tandis que les Crustacés, protégés par leur cuirasse à peu près imperméable, résistent beaucoup plus longtemps; les animaux se desalèrent littéralement; une grande quantité d'eau

douce passe par osmose dans les tissus qu'elle détruit, et augmente notablement le poids total. Chez les Poissons, la mort est un simple phénomène asphyxique ; en effet, après immersion dans l'eau douce, les branchies ne sont plus capables de laisser passer les gaz, leur revêtement épithélial gonflé et trouble arrêtant totalement les échanges respiratoires ; si l'on retarde la mort de cet épithélium, en ajoutant du sucre ou du sulfate de magnésie à de l'eau douce, de façon à lui donner une densité ou une concentration analogue à celle de l'eau de mer, les Poissons marins pourront vivre quelques heures dans ce nouveau milieu, le courant osmotique ne s'établissant plus que très lentement.

Quand on opère avec une gradation suffisante, on peut modifier assez rapidement, sans que l'animal en souffre, la composition saline de son sang. Les *Carcinus maenas* de Bretagne ont normalement plus de 3 % de sels dans le sang ; placés dans de l'eau de mer diluée renfermant 1,9 de sels, ils se dessalent partiellement sans mourir et le sang ne renferme plus que 1,99 % de sels solubles ; placés dans de l'eau de mer plus diluée encore, la proportion s'abaisse jusqu'à 1,56 % de sels (Fredericq) ; le Crabe tend donc constamment à se mettre en équilibre avec

le milieu ambiant, le tégument et surtout les branchies jouant le rôle d'une membrane dialysante. Les résultats expérimentaux sont d'ailleurs confirmés par l'observation : les *Carcinus* vivant dans l'eau de mer ordinaire ont 3,07 % de sels dans leur sang, tandis que ceux de l'embouchure de l'Escaut (eau saumâtre) n'en ont plus que 1,48 %. De même, les Crabes de la Méditerranée ont plus de sels dans leur sang que les individus de la même espèce qui vivent dans l'Atlantique, mer moins salée.

On peut aller plus loin encore et de nombreux auteurs ont tenté de faire vivre des animaux marins dans de l'eau tout à fait douce, en modifiant très lentement le milieu. Les anciennes expériences de Beudant sont classiques à cet égard : il a pris un grand nombre d'individus de diverses espèces et les a partagés en deux groupes, afin de comparer la mortalité, le premier vivant dans de l'eau de mer ordinaire, le second dans de l'eau de mer additionnée lentement d'eau douce, si bien qu'au bout de neuf mois, l'eau était devenue tout à fait douce : un certain nombre d'espèces, *Patella vulgata*, *Turbo neritoides*, *Purpura lapillus*, *Arca barbata*, *Venus maculata*, *Cardium edule*, *Ostrea edulis*, *Mytilus edulis*, *Balanus striatus*, ont parfaite-

ment supporté ce changement sans présenter plus de mortalité dans l'eau de mer que dans l'eau douce, et ont vécu quinze jours dans ce dernier milieu ; *Mytilus edulis* est spécialement à noter, car il n'est pas mort un seul individu durant toute l'expérience. Au contraire, d'autres espèces, *Haliotis tuberculata*, *Buccinum undatum*, *Tellina incarnata*, *Pecten varians*, une *Fissurella*, une *Chama* n'ont pu résister et tous les échantillons de la seconde catégorie sont morts avant la fin.

Schmankewitsch, Gogorza et de Varigny ont repris ces expériences sur divers animaux, Crustacés, Mollusques, Echinodermes, Cœlentérés, et ont constaté, comme Beudant, que beaucoup d'espèces mouraient avant d'arriver à l'eau douce, tandis que quelques autres, comme *Tapes decussata*, *Artemia salina*, pouvaient s'adapter parfaitement à ce nouveau milieu ; *Carcinus maenas* et *Actinia mesembryanthemum* vivent parfaitement, ainsi qu'un petit Poisson de nos côtes (*Lepadogaster Gouanii*) dans 80 % d'eau douce. D'autre part, Eisig, dans des expériences analogues, n'a pu parvenir à adapter deux Annélides, *Capitella capitata* et *Spio fuliginosus*, qui sont morts au bout de quatre mois, bien avant que l'eau ne fût tout à fait douce.

De ces diverses expériences, on peut tirer les conclusions suivantes : 1° il y a des animaux marins qui peuvent s'adapter avec facilité à l'eau douce, et d'autres pour lesquels cela parait impossible, quelles que soient les précautions prises ; 2° il y a pour les espèces de cette seconde catégorie une sorte de *point critique* qu'elles ne peuvent dépasser ; quand la salure a diminué dans une certaine proportion, variable pour chaque espèce, tous les individus meurent à peu près en même temps, comme si leur organisme se détraquait subitement (Paul Bert a remarqué que la mort arrive le plus souvent lorsque la salure a diminué environ d'un tiers).

Comme on peut s'y attendre, les espèces qui s'adaptent sont toutes ou presque toutes des espèces *littorales*, *Carcinus mænas*, Balane, Patelle, *Actinia mesembryanthemum*, qui, par leur habitat même, sont exposées à l'état de nature à de brusques changements de salinité, à la suite de fortes pluies ou de crues de rivières ; il est à remarquer aussi que ces espèces littorales, lorsqu'elles sont transportées brusquement dans l'eau douce, résistent beaucoup plus longtemps que les espèces des eaux profondes : ainsi *Lepidogaster Gouanii*, poisson du littoral, n'est tué qu'au bout de 12 ou 15 heures (Guitel), alors que

d'autres espèces vivant au large meurent presque immédiatement.

Ces résultats permettent de comprendre comment se constituent et se localisent les faunes, pourquoi certaines espèces ne peuvent s'établir sur le littoral, en raison de leur susceptibilité, et sont condamnées aux eaux profondes ; pourquoi des espèces littorales peuvent passer dans les eaux saumâtres, comme le *Carcinus mænas*, et même gagner les eaux tout à fait douces,

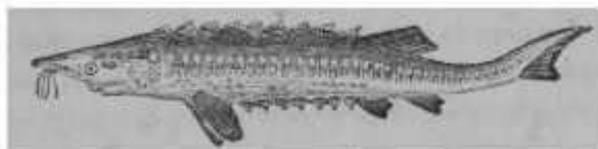


Fig. 10. — Esturgeon (*Accipenser sturio*).

comme les Harengs, les Esturgeons (fig. 10), les Limandes, etc., qui remontent dans les fleuves. C'est aux embouchures que se fait l'adaptation, l'animal marin s'y habitue peu à peu à la diminution de la salinité, absolument comme dans les expériences rapportées plus haut.

On sait d'ailleurs, les expériences mises à part, que les animaux marins peuvent passer dans l'eau douce ; toute notre faune de rivières, Cœlentérés, Crustacés, Vers, Mollusques, Poissons, etc., provient en effet de la mer, mais l'adaptation

remonte si loin dans la nuit des temps, que les animaux ont eu le temps de se modifier et présentent actuellement un faciès très particulier; mais à côté de ces types caractéristiques de l'eau douce, on rencontre aussi un grand nombre d'animaux vraiment marins, appartenant à des genres bien représentés dans l'eau salée, qui habitent maintenant les rivières ou les lacs, soit par suite d'immigrations, soit par suite de l'isolement des bras de mer où ils vivaient.

On peut trouver un bon type de faune saumâtre dans la mer Baltique, qui se dessale sensiblement, mais très lentement, depuis qu'elle n'est plus en communication avec l'Océan que par le Sund; aussi y rencontre-t-on un mélange très singulier d'espèces franchement marines avec des types tout à fait d'eau douce, comme l'*Isellus aquaticus*, *Limnea peregra*, des larves de *Chironomus*, même des Ecrevisses et des Grenouilles, des Poissons (*Esox lucius*, *Lucioperca sandra*, *Leuciscus rutilus*, *Abramis brama*, etc.) (1). La caractéristique de la faune saumâtre, c'est d'être peu riche en espèces, comme on l'a remarqué depuis longtemps pour la Baltique et la mer

---

(1) On trouvera un bon résumé de cette faune dans le livre de Simroth, *Die Entstehung der Landthiere*.

Noire, bien que chacune soit représentée par de nombreux individus; cela se comprend aisément, puisque l'eau saumâtre ne peut renfermer que des espèces adaptâbles provenant soit de la mer soit des fleuves, et que ces espèces sont relativement en petit nombre. C'est ainsi que, dans la Baltique, certains groupes qui exigent des eaux salées et pures manquent plus ou moins complètement (Brachiopodes, Ptéropodes, Céphalopodes, Echinodermes).

Parmi les lacs, il en est un grand nombre qui se sont séparés graduellement de la mer et dont l'eau est devenue tout à fait douce par suite du passage continu des eaux de rivière; une partie de la faune marine a persisté et s'est adaptée à ces nouvelles conditions d'existence: c'est ce que l'on appelle la *faune de reliquat* ou *faune résiduelle* (1). Dans les lacs suisses, le Peïpous, etc., on trouve des Turbellariés à facies marin, *Plagiostoma Lemani* (lac de Genève), *Monotus morgiensis et relictus*, et même une Némerte (*Tetrastemma*) à peine distincte du *T. obscurum* de la mer du Nord; dans le grand lac de Nicaragua, qui mesure 9 000 kilomètres carrés, il y a une

---

(1) Au sujet des « Reliktenseen », voir ZACHARIAS. — *Ueber ein interessantes Kapitel der Seenkunde*. Biol. Centralblatt, 1<sup>er</sup> avril 1890.

Némerte (*Nemertes polyhopla*, Schmarda) et un Requin (*Pristis* ou Poisson-Scie); dans le lac Paléostome en Mingrèlie des *Nereis*, Némertes, plusieurs Balanes; dans le lac Tanganika, une faune de Gastéropodes marins (notamment un *Trochus*), une Méduse, etc.; dans les lacs Onéga, Ladoga et Saïma, ainsi que dans le lac Baïkal, la mer Caspienne et la mer d'Aral, on trouve des Phoques (*Phoca annellata*, *baicalensis*, *cas-pica*).

La faune des lacs Wener et Wetter, en Suède, des lacs Ladoga, Onéga et Saïma, ainsi que celle



Fig. 11. — Crabe d'eau douce (*Telphusa*).

des grands lacs de l'Amérique du Nord (Michigan, Supérieur, Ontario) comprend beaucoup d'animaux voisins de ceux de l'Océan glacial arctique. Dans le lac de Garde, dans les lagunes

de la Vénétie, il y a des Crustacés (*Palemon*, *Telphusa* (fig. 11), *Spheroma*), des Poissons (*Blennius*), très affinés avec les animaux méditerranéens. Il est donc bien certain que ces habitants de l'eau douce dérivent directement de leurs voisins marins, soit qu'ils constituent véritablement le résidu de l'ancienne faune d'un bras de mer devenu lac, soit qu'ils proviennent d'immigrations, comme on tend assez à le croire pour les lacs intérieurs très éloignés des côtes. En tous cas, le point intéressant, c'est-à-dire l'adaptation de formes marines à l'eau douce, n'en est pas moins hors de doute.

Enfin de nombreux animaux marins passent dans l'eau douce par immigration : des Requins vivent dans le Gange, le Zambèze et le Tigre, des Raies (*Trygon*) dans l'Amazone, un Dauphin (*Globiocephalus*) dans l'Iraouaddy ; le Hareng a été vu à 120 kilomètres de l'embouchure de l'Oder ; la Limande a été prise dans la Loire à Nevers et même dans l'Allier, à 450 kilomètres de la mer ; on a pêché des Esturgeons dans Paris même ; je laisse de côté le Saumon, l'Alose, la Truite de mer, qui sont pourtant de vrais poissons de mer, mais qui ne reviennent dans les rivières que pour frayer (*Anadromes*). En Norvège, en enfermant les Saumons dans des étangs clos, on

les a empêchés de retourner à la mer, et l'expérience a fort bien réussi (on a eu moins de succès en maintenant les mêmes Poissons dans des enclos marins; on sait d'ailleurs que leurs œufs ne peuvent se développer dans l'eau salée). Le *Palémon* (fig. 12) remonte dans l'Escaut jusqu'à Anvers; aux îles Philippines, à plus de 1000 mètres au-dessus du niveau de la mer, Semper a

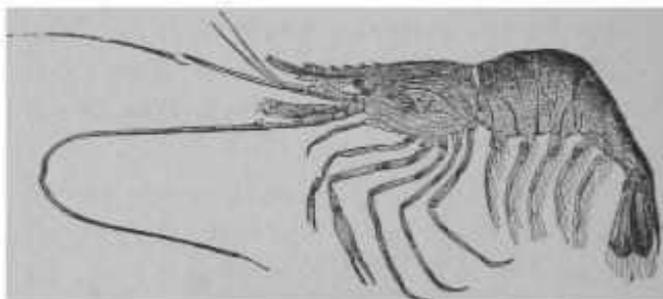


Fig. 12. — Palémon.

trouvé des Palémons, présentant même leur parasite habituel, le Bopyre, qui s'est adapté en même temps que son hôte à l'eau douce. Divers Mollusques d'eau saumâtre de l'Indo-Chine et de la Malaisie se propagent dans les fleuves (*Teredo*, *Arca*, *Solenocurtus*); les *Dreissensia* (Mollusque) et un Hydraire, le *Cordylophora lacustris*, émigrent depuis longtemps dans l'eau douce, où ils se multiplient prodigieusement.

L'homme a même tiré parti de la faculté d'acclimatation de certaines espèces : les Cottés, parait-il, ont été introduits avec succès dans les grands lacs de la Suède ; le Bar, poisson d'embouchure, prospère dans les étangs qui entourent Arcachon ; en Vendée, des Bars, des Soles et des Plies (fig. 13) ont été acclimatés dans des fossés d'eau douce, où ils atteignent une taille plus considérable que dans la mer. Dans le lac d'Arcqua, près Padoue,

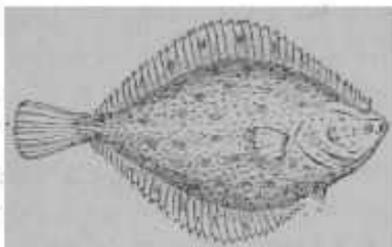


Fig. 13. — Plie (*Pleuronectes platessa*).

on élève depuis des siècles le *Labrax lupus* et cinq espèces de *Mugil* qui prospèrent assez pour donner un revenu important.

Il n'y a que quelques groupes qui ne présentent absolument aucune forme d'eau douce, notamment les Brachiopodes, les Géphyriens et les Céphalopodes ; elles sont fort rares chez les Echinodermes (même dans les portions salées de la Baltique, les Oursins, Astéries et Ophiures sont rares et de petite taille), les Tuniciers (une Mollusque de Port-Dickson, trouvée dans l'expédition de Nordenskiöld) et les Annélides Polychètes

(une Serpule et quelques Néréidiens d'eau saumâtre). Il semble que ce soient les Crustacés qui se prêtent le plus facilement à l'adaptation, et cela se comprend aisément, puisque la carapace rend extrêmement lents les échanges osmotiques.

Pour terminer ce paragraphe, il ne nous reste plus qu'un point important à traiter : le passage dans un milieu différent amène-t-il chez l'individu des modifications notables ? Il est bon de remarquer qu'en même temps que la salinité, la température ambiante et la nourriture se modifient aussi, de sorte qu'il est difficile de faire la part du premier facteur. Beaucoup d'espèces vivent indifféremment dans l'eau douce ou salée, sans se modifier aucunement, non seulement les Poissons cités plus haut, mais aussi divers Crustacés, *Palaemonetes varians*, *Gammarus locusta*, plusieurs espèces de *Temorella*, une Sangsue de l'Amérique du Nord (*Cystobranchus viridus*), etc. Quelques-unes présentent des transformations : l'exemple le plus connu est celui d'un petit Crustacé, l'*Artemia salina*, qui vit dans des eaux modérément salées, à 3,8 ‰. Schmankewitsch, dans des expériences célèbres, a élevé plusieurs générations d'*Artemia* dans des milieux de moins en moins salés par addition graduelle d'eau douce ; l'*Artemia* s'est aussi graduel-

lement modifiée, et finalement est devenue une autre espèce, connue depuis longtemps dans les mares, le *Branchipus stagnalis*, plus grande et à membres natatoires plus développés. Au point de vue mécanique, la raison d'être de cette adaptation est compréhensible, puisque, en raison de la différence de densité de l'eau douce et de l'eau salée, il faut des membres plus puissants et plus vigoureux pour nager dans le premier milieu, à égalité d'efforts.

Les *Gasterosteus* (*G. aculeatus* et *pungitius*), petits Poissons armés de piquants, présentent aussi des changements notables; la première espèce a deux variétés très différentes suivant qu'elle vit en mer ou en rivière: la variété marine (*trachurus*) est grande, avec des piquants bien développés, et une cuirasse de plaques latérales qui va jusqu'à la queue; la variété d'eau douce (*leiurus*) est moitié plus petite, avec de courts piquants et une cuirasse qui n'atteint pas la queue. Le *Gasterosteus pungitius* présente aussi une grande variété *trachurus* dans l'eau salée (6 centimètres de long) et une petite *leiurus* dans l'eau douce (de 4 à 5 centimètres). Les *Cottus scorpius* d'eau saumâtre sont modifiés d'une façon analogue par rapport aux individus marins.

Les Mollusques de la mer Baltique sont un peu plus petits que d'habitude, la réduction étant maxima dans les bassins orientaux plus dessalés ; ainsi *Mytilus edulis* a 8 ou 9 centimètres de long à Kiel, et à peine 3 ou 4 centimètres dans la Baltique orientale. Une Méduse (*Cosmetira salinarum*) qui vit dans le canal saumâtre des salines de Cette n'est qu'une réduction en miniature de l'espèce méditerranéenne *C. punctata*. D'après Bouchard-Chantereaux, le *Purpura lappillus* de nos côtes est plus petit et à test plus mince dans l'eau saumâtre. La minceur du test est aussi très notable chez *Mytilus edulis* et *Telina baltica* de la Baltique orientale.

Toutes ces modifications, à part le cas exceptionnel de l'*Artemia*, s'expliquent facilement par de mauvaises conditions de nutrition, d'où diminution de taille et amaigrissement de la coquille ; comme tous les animaux qui n'ont pas l'optimum des conditions ambiantes, ils deviennent sexués avant que le corps ait atteint toute sa croissance, ce qui amène les modifications des *Gasterosteus*, des *Cottus*, etc. Quant aux espèces qui ne changent pas en changeant de milieu, c'est qu'elles trouvent une nourriture aussi abondante ou des conditions aussi favorables dans l'eau salée et l'eau douce, de sorte que le

type spécifique n'a pas de raison de se modifier.

**10. Adaptation des animaux d'eau douce à l'eau salée.** — Les phénomènes observés sont tout à fait parallèles à ceux de l'adaptation des animaux marins à l'eau douce ; un animal d'eau douce, transporté brusquement dans la mer, meurt plus ou moins rapidement ; la mort est plus rapide chez les Poissons et les Grenouilles dont la peau est nue (une Grenouille vit 24 heures dans une solution de sel à 1,5 ‰, 7 heures dans une solution 2 ‰ et 2 heures et demie dans une solution 5 ‰), plus lente chez les Crustacés à carapace, et l'Anguille, dont la peau est revêtue d'un mucus protecteur (si le mucus de l'Anguille est enlevé en quelque point du corps, la mort ne tarde pas à se produire). Leur poids diminue d'une façon notable, l'eau du corps étant entraînée par un courant osmotique ; ainsi une Grenouille plongée dans l'eau de mer y perd rapidement un cinquième de son poids. On avait supposé autrefois que le chlorure de sodium agissait à la façon d'un poison, mais il me semble que l'explication purement physique, l'asphyxie d'abord, puis la désorganisation des tissus par perte d'eau est infiniment plus logique. P. Bert fait remarquer

qu'on peut *drainer* une grenouille, suivant son expression, c'est-à-dire lui enlever de l'eau, puis la tuer, en plongeant tout simplement une de ses pattes dans l'eau salée, ce qui supprime presque totalement la possibilité d'absorption du sel. Si l'on prépare trois solutions renfermant un même poids de sulfate de magnésie, de chlorure de magnésium et de chlorure de sodium, et qu'on y plonge des animaux d'eau douce, on constate que la mort survient d'abord dans la troisième solution, puis dans la seconde et enfin dans la première ; cela tient à ce que ces sels ont une affinité différente pour l'eau (*coefficient isotonique*), le chlorure de sodium étant celui qui en est le plus avide (Massart).

En opérant avec une suffisante gradation, on peut habituer des animaux d'eau douce à de l'eau plus ou moins salée, comme l'a bien montré Beudant. Un grand nombre de Mollusques sont divisés en deux groupes ; l'un est laissé dans l'eau douce, l'autre dans de l'eau à laquelle on ajoute chaque jour un peu de sel, si bien qu'au bout de cinq mois, l'eau contient 4 ‰ de sels (plus que l'eau de mer ordinaire) : certaines espèces, des *Limnea*, *Planorbis*, *Ancylus lacustris*, *Physa fontinalis* ont présenté dans les deux cas une mortalité sensiblement égale et se sont par

conséquent bien adaptés ; d'autres, *Paludina*, *Neritina fluviatilis*, *Bythinia* ont présenté une mortalité plus grande dans l'eau salée que dans l'eau douce ; enfin les *Unio*, *Anodonta* et *Cyclas* sont tous morts bien avant la fin de l'expérience. Il est à remarquer que les individus qui ont le mieux résisté sont des Gastéropodes Pulmonés, dont le corps est fort peu perméable et la respiration entièrement aérienne, ce qui supprime beaucoup de chances d'osmose.

Une expérience analogue s'est faite naturellement au lac d'Osségor (Basses-Pyrénées) envahi par les eaux de la mer, mais avec moins de succès, peut-être parce que la transition a été trop brusque. Les Limnées et Physes qui y vivaient ont présenté une diminution considérable de taille, en même temps que de singulières déformations, puis ont disparu complètement après un mois (de Folin).

D'après Yung, les têtards de Grenouille en voie de développement s'habituent difficilement à l'eau salée ; ils évoluent encore dans de l'eau renfermant de 0,2 à 0,8 % de sels, mais d'autant plus lentement que la solution est plus concentrée ; 1 ou 1,2 % arrêtent le développement, sauf lorsque l'eau est agitée à la surface par des moyens artificiels, ce qui doit l'oxygéner et com-

penser peut être l'influence défavorable de la salure.

Plateau a expérimenté sur un Crustacé Isopode, l'*Asellus aquaticus*, en opérant comme Beudant : l'expérience a duré deux mois et demi ; les animaux se sont reproduits pendant ce temps et les jeunes Aselles nés dans l'eau saumâtre, ont parfaitement résisté jusqu'à la fin, pendant que les adultes mouraient, et ont même vécu plus de quatre jours dans l'eau de mer pure. P Bert a constaté un fait analogue sur les Daphnies ; au bout de 45 jours, l'eau renfermant 1,5 % de sels, tous les animaux sont morts, mais leurs œufs ont survécu et la nouvelle génération de Daphnies qui en est sortie a parfaitement vécu dans ce milieu fatal aux parents. J'ai essayé d'adapter à l'eau de mer un petit Oligochète (*Naïs elinguis*) ; il vit admirablement dans l'eau salée à 1,35 %, mais un peu au-dessus se trouve un point critique et tous les individus meurent presque en même temps, En général, le point critique avoisine 1 % de sels ; les animaux vivent assez bien jusque-là, mais après il est beaucoup plus difficile de les acclimater.

D'ailleurs, on a depuis longtemps trouvé dans la nature de vrais animaux d'eau douce, habitant la mer ou l'eau saumâtre ; dans la Baltique

à salure réduite (0,4 ‰ et même moins dans le golfe de Bothnie), il y a des Turbellariés (*Microstomum lineare*), des Hirudinées (*Piscicola geometra*, *Clepsine*), l'*Asellus aquaticus*, des Mollusques (*Neritina fluviatilis*, *Limnea peregrina*), des Poissons (Brochet, Brème, Lotte, Perche, *Cobitis fossilis*, etc.) qui se retrouvent aussi dans la mer Caspienne, etc.; on affirme que la Grenouille se rend à la côte de Greiswald pour y déposer ses œufs. Sur la côte de Livonie, il y a des *Cyclas*, des Unios, des Anodontes et même des Ecrevisses; des Anodontes sur les côtes de Suède et de Norwège, des



Fig. 14. — Brochet (*Esox lucius*).

Unios, des Corbicules, des *Melanopsis* dans les eaux saumâtres du lac de Tibériade. Le Brochet (fig. 14) a été pêché dans l'Océan glacial et dans les lagunes du nord de l'Adriatique. La descente à la mer se produit d'ailleurs régulièrement pour toute une série de Poissons d'eau douce (*Catadromes*), tels que les Anguilles qui vont frayer en mer, et les Ombres-Chevaliers et les Lottes, qui ne dépassent pas les embouchures.

On a trouvé un Planorbe (*Planorbis glaber*)

en pleine Méditerranée près du cap Tenez (Alger), de petits Oligochètes (genre *Pachydrilus*) dans les salines de Kreuznach et de Kissingen, l'*Anodonta piscinalis* dans le lac salé de Haarlem (Hollande), etc. Les Néritines et les Mélanies s'adaptent surtout avec facilité ; on en connaît un grand nombre d'espèces qui vivent dans les eaux saumâtres ou même très salées (*Neritina Matonia* à Nice). En somme, il n'y a qu'un fort petit nombre d'espèces qui peuvent quitter l'eau douce pour l'eau saumâtre, et il y en a encore moins dans l'eau de mer pure, soit que l'adaptation ne soit pas possible, soit surtout parce qu'elles y rencontrent des concurrents mieux armés qui les suppriment rapidement.

Dans quelques cas, toujours comme dans le paragraphe précédent, le passage d'un milieu à un autre amène des modifications ; un Gastéropode, la *Neritina Mortoniana*, qui vit dans toutes sortes d'eaux, est paraît-il, muni de piquants dans l'eau saumâtre et douce, et toujours lisse dans la mer. Les Daphnies nées dans l'eau salée (expérience de P. Bert) sont plus petites que leurs parents d'eau douce. Mais ce sont encore les expériences de Schmankewitsch qui nous apprennent le plus de choses à ce sujet : un petit Crustacé voisin des Daphnies (*Moina rectirostris*)

vit indifféremment dans l'eau douce et dans des lacs salés à 4 et 8 ‰; la température varie en même temps, étant en moyenne plus basse dans l'eau salée que dans l'eau douce, de sorte que les formes salées acquièrent la propriété de vivre et de multiplier à une température où on n'en trouve plus dans l'eau douce; de plus, elles diffèrent des autres par de petits détails de structure et de couleur. En somme, les formes salées, tout en atteignant la maturité sexuelle, rappellent davantage les jeunes de la forme d'eau douce, non encore capables de reproduire. Le *Branchipus ferox* qui habite aussi les eaux salées et douces, présente de petites différences dans la longueur du sac ovifère, la forme des segments du corps, la longueur des lobes qui terminent l'abdomen et la disposition des soies qui les couvrent. *Daphnia degenerata* d'eau salée n'est qu'une variété dégénérée de *Daphnia magna* d'eau douce; l'*Artemia salina* dont nous avons déjà parlé, n'est que la variété d'eau salée de *Branchipus stagnalis*, variété si différente qu'on a pu la placer dans un autre genre.

Il me semble que ces modifications s'expliquent, comme dans le paragraphe précédent, par l'arrivée de la maturité sexuelle avant la fin de la croissance (néoténie), les conditions ambiantes

ne favorisant pas cette dernière. *Artemia*, à certains égards, est comparable aux jeunes des *Branchipus*, sa taille est plus petite, les membres et les soies sont moins développés, il n'y a que huit segments abdominaux au lieu de neuf, etc.

**11. Adaptation à l'eau sursalée.** — On a également tenté d'adapter des espèces marines ou d'eau douce à de l'eau renfermant plus de sel qu'il n'y en a d'ordinaire dans la mer. Beudant, le premier, a réussi à faire vivre des Mollusques marins dans une eau fortement sursalée; P. Bert a expérimenté avec le même succès sur des Poissons et des Crustacés; les animaux les plus résistants (Vieilles ou Labres) ne sont morts que lorsque la quantité totale de sel était double de celle de l'eau de mer. En opérant très lentement (en cinq mois), avec un seul des sels de l'eau de mer, Regnard a pu aller plus loin encore; il a réussi à faire vivre une Carpe, animal d'eau douce, dans une eau renfermant 5 % de sulfate de magnésie (il n'y en a que 2,5 % dans l'eau très salée de la Méditerranée), et une autre dans de l'eau contenant 4 % de sulfate de soude, sel qui ne se trouve pas dans la mer.

Les expériences avec les liquides sursalés montrent, comme précédemment, qu'il y a

quelques espèces facilement adaptables, et d'autres qui ne peuvent supporter ce changement; mais il y a une limite encore mal connue, où toute vie devient impossible; la mer Rouge (4,3 % de sels) a encore une faune très riche, mais au delà de ce chiffre, elle diminue considérablement. Dans les eaux saturées des marais salants (le fond étant recouvert de sel cristallisé), on trouve encore un Flagellé rouge (*Chlamydomonas Dunalii*), des Artémies et parfois un Mollusque du genre *Hydrobia*; dans des eaux sursalées du nord de l'Afrique, vivent des *Melania* et *Melanopsis*, Mollusques primitivement d'eau douce. Mais il n'y a plus un seul animal vivant dans la mer Morte (de 15 à 42 % de sels); tous ceux qu'y amène le Jourdain meurent, bien que la transition soit assez graduelle; cependant, tout à côté de la mer Morte, dans des sources fortement minéralisées, il y a de nombreux poissons (*Cyprinodon*), des larves de Diptères et quelques Mollusques. Le grand lac d'Utah en Amérique, analogue comme salure à la mer Morte, ne renferme que quelques Foraminifères. Les eaux très salées du golfe de Kara-Boghoz dans la Caspienne, ne contiennent pas non plus d'animaux; d'après Reclus, les Poissons qui y sont entraînés par les courants y deviennent aveugles au bout de

quelques jours, par suite de l'action du sel sur le cristallin.

Dans quelques cas, le passage dans l'eau sur-salée s'accompagne de modifications notables, comme Schmankewitsch l'a constaté pour l'*Artemia salina* du lac salé de Kujalnik, aux environs d'Odessa. Une digue qui séparait un lac d'eau salée à 3,8 ‰, d'un autre plus concentré (25 ‰) s'est rompue en 1871; par suite du mélange, l'eau du second lac n'a plus renfermé que 8 ‰ de sels, et de nombreuses *Artemia salina*, entraînées par le flot, ont pu y vivre et s'y multiplier. Après réparation de la digue, l'eau s'est concentrée lentement dans le second lac, si bien qu'en 1874, elle était revenue à son taux primitif de 25 ‰. Les *Artemia* se sont modifiées en même temps et se sont finalement transformées en une autre espèce, *Artemia Milhausenii*, à taille plus petite et à branchies plus grandes, dont l'abdomen ne présente pas les lobes terminaux et les soies qui garnissent celui de l'*Artemia salina*. Schmankewitsch a même pu faire l'expérience inverse et obtenir des *Artemia salina* en élevant des *Milhausenii* dans de l'eau de moins en moins concentrée.

Bateson a suivi également les modifications de *Cardium edule* qui vivaient aux environs de

la mer d'Aral et en Egypte, dans des lacs sursalés par évaporation lente; comparés aux types marins ordinaires, ces échantillons offraient une minceur relative de la coquille, colorée plus vivement, une forme un peu différente et une notable diminution de taille. On reconnaît facilement l'influence des mauvaises conditions ambiantes, qui amènent un retard de développement analogue à celui que nous avons constaté dans les deux paragraphes précédents.

**12. Remarques sur les trois paragraphes précédents.** — Il n'est pas inutile de résumer d'une manière synthétique les résultats de l'adaptation des animaux aquatiques à un milieu différent du leur. On a vu que certaines espèces seulement pouvaient passer impunément d'un milieu dans un autre; la grande majorité des animaux, quel que soit le temps mis à l'expérience, s'y refuse absolument, et on remarque même qu'il y a pour chaque espèce un point critique qu'elle ne peut guère dépasser. Il faut chercher vraisemblablement la cause de ces différences dans la constitution variable du protoplasma de chaque type: il y a certainement des protoplasmas résistants qui peuvent changer d'organisation et continuer à vivre après qu'on leur a ajouté ou retiré du sel par voie osmotique, et des proto-

plasmas délicats qui se désintègrent et meurent dans les mêmes conditions. Ainsi une solution alcaline d'argent tue les Infusoires (protoplasma sensitif), tandis qu'elle est réduite en partie par les cellules du rein de la Grenouille, et énergiquement par les algues du genre *Spirogyra* (protoplasma résistant). Il est probable que les espèces, d'ailleurs peu nombreuses, qui vivent à la fois dans les eaux douces et salées, ont un protoplasma résistant qui peut perdre ou regagner du sel sans se désorganiser; il ne doit pas en être de même pour celles qui sont localisées dans un milieu donné, peut-être même dans un tant pour cent de sels, et n'en peuvent pas sortir.

Ce sont ces propriétés qui empêchent actuellement le mélange des faunes dans de grandes proportions, mais il y a encore une autre raison, plus puissante encore; il ne suffit pas qu'une espèce soit adaptable pour qu'elle puisse envahir un milieu différent du sien, il faut encore qu'elle puisse s'y maintenir et résister à ses concurrents; or, comme ces concurrents sont installés depuis fort longtemps et ont eu tout le temps de s'adapter aux conditions ambiantes, il y a beaucoup de chances pour que les immigrants ne puissent prendre le dessus et soient finalement éliminés;

en effet, les espèces émigrées qui ont pu prospérer dans leur nouveau milieu (*Cordylophora lacustris* et surtout *Dreissensia polymorpha*) constituent une infime minorité.

Quelques formes sont réellement à citer pour leur adaptabilité extraordinaire : *Palemonetes varians* qui vit à la fois dans les eaux salées, saumâtres et douces, et surtout *Branchipus stagnalis*, qui passe de l'eau douce à l'eau salée (forme *Artemia salina*), à l'eau sursalée (forme *A. Milhausenii*), et même dans les lacs de natron d'Égypte; il est vrai que ces espèces n'habitent que des milieux à faune assez pauvre, où la concurrence est peu à redouter.

Pour les Insectes, une autre explication s'impose; leur peau chitineuse oppose un obstacle infranchissable à l'osmose, de sorte que, au moins pour les espèces à téguments épais, la composition chimique du milieu leur est absolument indifférente; c'est ainsi qu'il y a de nombreux Coléoptères dans les chotts salés d'Algérie, des larves de Stratiomes, des Dytiscides dans les eaux saturées de sel des marais salants, une larve de Diptère (*Ephydra californica*) sur les rives de lacs sodiques très concentrés d'Amérique. Encore mieux : Fredericq a conservé pendant un mois des Dytiques vivants dans une eau empoi-

sonnée par le curare ou la strychnine, alors que les Grenouilles plongées dans la même solution mouraient en quelques minutes. Il est évident que, pour les Insectes, la composition du milieu ne sera jamais un obstacle à leur extension, comme il arrive pour les animaux à téguments perméables.

---

## CHAPITRE II

---

### INFLUENCE DU MILIEU SUR LA SEXUALITÉ LA REPRODUCTION ET LE DÉVELOPPEMENT

**13. Différenciation du sexe.**—Étant donnés deux œufs fécondés ou deux jeunes embryons, quelle est la cause déterminante de leur futur sexe? On a depuis longtemps abandonné les théories théologiques et métaphysiques, et il est maintenant admis que ce problème relève directement de l'analyse scientifique. Au début, les organes génitaux sont absolument identiques, et ils ne se différencient comme testicules et ovaires qu'à une époque plus ou moins avancée du développement. Les jeunes têtards éclos, comme nous le verrons tout à l'heure, paraissent encore

indifférents, tandis que chez des animaux supérieurs (Mammifères, Oiseaux), la différenciation s'établit à une époque très précoce de la vie embryonnaire. Bien que le sujet soit encore loin d'être élucidé, on peut, dès à présent, affirmer que la cause déterminante du sexe est d'ordre purement physique, et que, dans plusieurs cas, en modifiant certaines conditions du milieu, on peut créer à volonté des mâles ou des femelles.

*Expériences sur les têtards* (Born et Yung).— Born a opéré sur des œufs de *Rana fusca* fécondés artificiellement qu'il a placés dans un certain nombre d'aquariums ; les têtards ont reçu de la nourriture végétale et de la viande, consistant en têtards hachés ou en fragments de grenouille. A l'un des vases, outre la viande et les végétaux, du limon a été ajouté. Dans l'ensemble des aquariums, les têtards métamorphosés ont fourni une proportion extraordinaire de femelles : 95 contre 5 mâles ; dans quelques-uns même, il y avait 100 femelles sur 100. Le vase à limon, fournissant une nourriture différente des autres, avait un peu plus de mâles : 28 %. Comme dans la nature le nombre des femelles est égal à celui des mâles, il s'ensuit que la nourriture a considérablement influé sur la production du premier sexe.

Yung, opérant sur *Rana esculenta*, a obtenu des résultats analogues, mais il a mieux précisé que Born les conditions de l'expérience. A l'état normal, chez cette espèce, il y a environ 57 % de femelles. Yung a nourri un premier lot de têtards avec de la viande de bœuf, un deuxième avec du poisson, un troisième avec de la chair de grenouille. Il a obtenu 78 % de femelles dans le premier cas ; 81 % dans le deuxième et 92 % dans le troisième. Il en conclut que la nourriture animale, qui est certes bien plus favorable au développement que la nourriture végétale, favorise considérablement la production du sexe femelle.

*Expériences sur les Rotifères (Maupas).* — Maupas a mis en relief, avec une précision qui ne laisse rien à désirer, l'influence de la température sur la sexualité d'un petit Rotifère, l'*Hydatina senta*. Chez cette espèce, les mères non fécondées pondent les unes exclusivement des œufs destinés à devenir des mâles, les autres des œufs destinés à devenir des femelles. Le problème consiste donc à déterminer sous quelle influence s'établissent ces états de pondeuses d'œufs mâles et de pondeuses d'œufs femelles. Maupas a pris des jeunes *Hydatina*, n'ayant pas encore pondu, et en met

une moitié dans une chambre chaude à 26-28°, l'autre moitié dans une chambre froide à 14-15°. La première moitié pond des œufs qui donnent naissance à 97 % de pondeuses mâles et 3 % de pondeuses femelles ; les œufs de la seconde moitié donnent la proportion inverse : 5 % de pondeuses mâles et 95 % de pondeuses femelles. Il a pu faire encore mieux, et en alternant la température, produire à volonté la prédominance de l'un et l'autre sexe ; dans une ponte au chaud, il a même obtenu 100 % de pondeuses mâles. L'élévation de la température joue donc un rôle capital ; elle agit uniquement sur les jeunes œufs, alors qu'ils sont en voie de développement dans l'ovaire de la mère. Une fois les œufs développés ou pondus, aucun agent, ni la nourriture, ni la lumière, ni la température elle-même, rien ne peut plus changer le sexe des jeunes qui en sortiront.

Bien que les statistiques portant sur la race humaine soient extrêmement sujettes à caution, j'en rapporterai cependant une qui parait bien montrer l'influence du climat ; à Java, les filles blanches européennes sont dans la proportion de 5 contre 2 mâles ; dans le Yucatan, de 8 filles contre 2 garçons.

*Expériences sur les Papillons* (Gentry, Mary

Treat), *les Mammifères* (Girou). — Des chenilles, mises quelque temps à la diète avant de chrysalider, donnent des papillons mâles, tandis que des chenilles de la même ponte, fortement nourries, donnent des femelles. Girou a divisé en deux lots égaux un troupeau de 300 brebis ; la première moitié très bien nourrie et saillie par deux jeunes béliers, a donné 70 % d'agneaux femelles ; la seconde, maigrement nourrie et saillie par deux vieux béliers, a donné seulement 40 % de femelles ; bien qu'il y ait eu deux facteurs réunis, cette expérience semble bien montrer l'influence de la nourriture. Il paraît d'ailleurs que les agneaux femelles proviennent d'ordinaire des plus grosses brebis.

*Remarques de von Siebold sur une Guêpe.* — Les observations de von Siebold sur une espèce de Guêpe (*Nematus ventricosus*), ont montré que l'apparition des femelles était en rapport avec la température et la nutrition. Les œufs fécondés de cette espèce donnent à la fois des mâles et des femelles, tandis que les œufs non fécondés (parthénogénétiques), produisent une grande majorité de mâles et une petite proportion de femelles ; or, dans les éducations d'œufs fécondés, on constate que le nombre de ces dernières augmente graduellement du printemps au mois d'août pour

diminuer ensuite : 12 % de femelles le 15 juin ; 72 % en juillet ; 83 % fin août, puis 50 % en septembre. Les œufs non fécondés donnent des résultats analogues ; les femelles, quoique toujours peu nombreuses, n'apparaissent que lorsque la nutrition est très abondante.

Je me bornerai à citer ces résultats, encore peu nombreux, mais bien positifs, sans chercher à en tirer une conclusion encore prématurée. Geddes et Thomson sont d'avis que les circonstances favorables, optimum de température et de lumière, abondance de nourriture, déterminent la production de femelles, tandis que les circonstances défavorables favorisent la production de mâles. Bien qu'ils aient pu citer de nombreux arguments à l'appui de leur thèse, je crois que c'est une solution trop simple, trop généralisée pour un problème aussi complexe. La fécondation seule suffit quelquefois pour modifier le sexe, comme chez les Hyménoptères (Abeilles, *Polistes*, *Vespa*), *Hydatina senta*, dont certains œufs non fécondés donnent naissance à des mâles (parthénogénèse arrénoïque), tandis que les mêmes œufs après fécondation donnent des femelles. Ces faits me semblent montrer que Geddes et Thomson se sont trop pressés d'édifier une théorie générale, et que le déterminisme des

conditions qui favorisent l'un ou l'autre sexe n'est pas encore complètement fait.

**14. Influence du milieu sur la stérilité.**—

La fonction reproductrice est la plus délicate de toutes, comme l'a très justement remarqué Darwin; chez quelques espèces, un changement insignifiant en apparence suffit pour amener la stérilité; ainsi, beaucoup d'animaux tenus en captivité, même surabondamment nourris, ne se multiplient que rarement (Ours, Renards, beaucoup de Rongeurs, Éperviers, Vautours, Hiboux, Faucons, Perroquets, etc.), ou si cela arrive, les petits naissent difformes et malingres, le lait tarit; l'Éléphant même, si complètement apprivoisé, ne reproduit pas en captivité, à moins qu'on ne laisse les femelles errer dans les forêts. Par contre, les animaux vraiment domestiques, auxquels on donne une nourriture copieuse et régulière, sont plus féconds qu'à l'état de nature; tandis que le Lapin sauvage a quatre portées par an, de quatre à huit petits chaque, le Lapin domestique en a six ou sept, chacune de quatre à onze petits; le chiffre de huit petits par portée pour la truie est un minimum, tandis que c'est un maximum pour le Sanglier sauvage. Il en est de même pour les Chiens, les Chats, le Furet domestiqué, les Poules, Pigeons et bien d'autres.

On comprend facilement qu'une nourriture insuffisante arrête plus ou moins complètement la conception, car cette fonction utilise pour ainsi dire l'excès de nourriture du corps ; c'est pour cette raison que dans les îles du nord de l'Ecosse, à maigres pâturages, on a reconnu qu'il était désavantageux de faire porter les vaches avant l'âge de quatre ans ; les brebis qui ne donnent qu'un agneau par portée sur les montagnes,



Fig. 15. — Abeille ouvrière  
(*Apis mellifica*).

donnent souvent des jumeaux dans les gras pâturages des plaines.

On sait que dans les ruches d'Abeilles, il y a des femelles parfaites, les reines, et des femelles imparfaites ou stériles, les ouvrières (fig. 15), incapables de se reproduire ; le développement des organes génitaux chez les premières est uniquement dû à la nourriture spéciale qui leur est donnée durant la vie larvaire. L'analyse suivante de von Planta montre bien les différences de régime pour les aliments solides : les reines reçoivent un peu moins d'azote et de sucre, mais le double de graisse.

Cela est si vrai, que chez les larves logées aux

environs de la cellule royale, qui reçoivent par hasard des miettes de cette nourriture particulière la fonction reproductrice peut parfois se développer : elles deviennent alors des *ouvrières fécondes*. De même, on peut transformer en

Aliments	Reines	Ouvrières
Azote . . . . .	45,14	51,21
Graisse . . . . .	13,55	6,84
Glucose . . . . .	20,39	27,65
Cendres . . . . .	4,06	

quelques jours une larve neutre en reine, en lui donnant de la gelée royale, comme l'a fait Huber ; c'est ce que font naturellement les ouvrières dans les ruches qui ont perdu accidentellement leurs reines.

Aux effets de la nutrition se rattache l'action des parasites, ce que Giard a appelé la *castration parasitaire*. Le développement des produits sexuels est souvent arrêté totalement par de petits parasites, d'un volume insignifiant par rapport à la masse du corps de l'hôte (*Pellogaster paguri*, parasite des Pagures ; Bopyriens, parasites des Décapodes, etc.), parce qu'ils absorbent à leur profit l'excès de nourriture destiné à la formation des produits génitaux. Quelquefois

même, chez des animaux hermaphrodites, la castration opérée par les parasites n'a son effet que sur les ovaires, qui exigent une grande dépense de matériaux, les testicules moins exigeants restant indemnes (castration d'*Amphiura squamata* par les Orthonectides). Je mentionne pour mémoire l'observation de Whitfield sur des *Limnea megasoma* devenues naines, à la suite du confinement de plusieurs générations dans une petite quantité d'eau; d'hermaphrodites qu'elles sont normalement, les Limnées, paraît-il, étaient devenues exclusivement femelles.

La température qui accélère le développement et les phénomènes vitaux, a naturellement une grande influence sur la maturité sexuelle; tout le monde sait que dans les pays chauds, les filles sont nubiles bien plus tôt (à 12 ans à Cuba) que dans les pays froids ou tempérés. Il est possible, en maintenant des animaux à une température exceptionnellement favorable et en leur fournissant une abondante nourriture, de déterminer beaucoup plus tôt que d'habitude l'apparition de la maturité sexuelle, le temps de la croissance restant à peu près le même (progénèse), ce qui pourra être l'origine de cas de néoténie, dont le processus est tout différent de celui que nous exposerons au § 18.

**15. Influence du milieu sur la multiplication asexuelle.** — Un grand nombre d'animaux inférieurs se multiplient activement par division ou bourgeonnement, lorsqu'il y a un excès de matériaux nutritifs utilisables, et en général un optimum de circonstances extérieures. L'Hydre d'eau douce émet sans relâche des bourgeons (fig. 16)

lorsqu'on lui fournit constamment des proies; la division de quelques Turbellariés (*Microstoma*, *Planaria subtentaculata*), très prospère dans les moments d'abondance, s'arrête lorsque la nourriture devient rare. Les Infusoires, comme l'a si bien

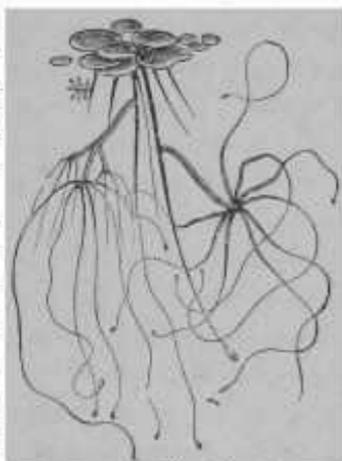


Fig. 16. — Hydre d'eau douce en voie de bourgeonnement.

montré Maupas, se divisent continuellement, presque sans s'arrêter, tant que la culture leur fournit un milieu favorable, et la scissiparité s'arrête lorsqu'elle s'épuise.

Ce sont là des faits tellement connus, et l'influence des conditions favorables est si directe

et si évidente qu'il me paraît inutile d'insister.

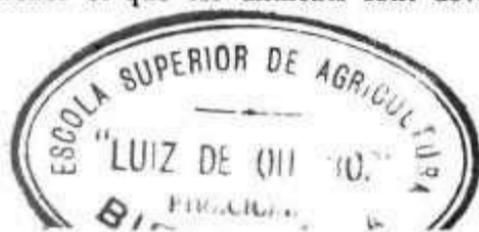
L'arrêt des conditions favorables, chez les types qui peuvent se multiplier par voie asexuelle, amène le développement des organes génitaux et le retour de la production sexuelle. Ainsi, chez les Planaires (Zacharias), les Microstomes, l'Hydre d'eau douce, on a remarqué que l'arrêt dans la nutrition précédait la chute des anneaux ou bourgeons et la maturité sexuelle; chez les Infusoires (Maupas), la conjugaison, qui est en somme l'équivalent des actes sexuels des animaux plus élevés, n'intervient que lorsque la nourriture est épuisée, et que la multiplication par division n'est plus possible. Ce sont des phénomènes absolument parallèles à ceux que l'on connaît chez les plantes, dont les fleurs sont souvent le dernier effort produit lorsque la croissance est arrivée à son maximum.

**16. Influence du milieu sur la parthénogénèse saisonnière.** — Les Pucerons qui se multiplient si rapidement sur nos plantes cultivées, fournissent un bon exemple de l'influence du milieu sur le mode de reproduction. Pendant les mois d'été, quand la nourriture est abondante et la température élevée, les Aphides se reproduisent par l'intermédiaire d'œufs non fé-

condés (*parthénogénèse*) qui ne donnent naissance qu'à des femelles, dont les générations se succèdent sans interruption. A l'approche de la mauvaise saison, les mâles apparaissent, ainsi que des femelles ailées spéciales, ce qui amène le retour de la reproduction sexuelle. Ce qui prouve bien que la cessation de la parthénogénèse est due aux conditions ambiantes défavorables, c'est qu'on a pu obtenir une succession parthénogénétique ininterrompue de femelles pendant 4 ans, en maintenant artificiellement la température et la nourriture au taux de l'été.

La *parthénogénèse saisonnière* se retrouve aussi chez de petits Crustacés fréquents dans les mares, les *Daphnies*. Pendant l'été, les femelles pondent sans interruption de petits œufs non fécondés, à coquille mince, qui donnent des mâles ou des femelles (*œufs d'été*). A l'approche de la mauvaise saison, les femelles sont munies d'une cavité incubatrice spéciale (*ephippium*) où elles pondent un gros œuf à coquille dure (*œuf d'hiver* ou *œuf durable*), qui est fécondé par les mâles; cet œuf durable est très résistant et peut attendre longtemps le retour de circonstances favorables (voir § 20, *Résistance à la dessiccation*). L'apparition de ces femelles dites éphippiales est due à une pure action de milieu, ou pour

être plus précis, à la diminution de nourriture, comme l'a prouvé M. de Kerhervé. En maintenant des *Daphnia psittacea* dans des conditions favorables, il a pu obtenir pendant 2 ans 18 générations parthénogénétiques, sans apparition de femelles éhippiales ni de mâles ; Réaumur et Kyber, en maintenant l'optimum de nourriture et de température, ont même pu élever, pendant 3 ou 4 ans, 50 générations parthénogénétiques continues de Daphnies. L'expérience inverse n'est pas moins démonstrative ; si on vient à diminuer la provende de *Daphnia magna* qui donnaient auparavant de nombreux œufs d'été, on voit apparaître bientôt des mâles, puis les embryons évoluent en majorité (94 %) non plus en femelles ordinaires, mais bien en femelles éhippiales ; *Moina rectirostris*, placé dans les mêmes conditions défavorables, a donné 83 % de femelles éhippiales. On voit que l'intervention de la reproduction sexuée qui se produit régulièrement à l'approche de la mauvaise saison, peut avoir lieu à n'importe quelle époque, lorsque la nourriture vient à manquer ; si dans une mare, on trouve des Daphnies éhippiales, on peut être sûr d'avance que la vie s'y est raréfiée et que les aliments sont devenus rares.



L'apparition des mâles et des œufs durables est amenée aussi par les conditions défavorables chez d'autres Crustacés voisins des Daphnies, les *Apus*, *Branchipus* et *Artemia*. Les Rotifères sont dans le même cas que les Crustacés ; lorsque la vie est facile, il n'y a que des pondeuses parthénogénétiques ; dès la saison froide, ou dès que les mares se dessèchent, au printemps, en automne ou même en plein été, apparaissent les mâles et les pondeuses d'œufs durables.

On voit qu'il y a un parallélisme parfait, au point de vue des influences extérieures, entre la reproduction parthénogénétique et la multiplication asexuelle ; dans des conditions optimum, multiplication rapide ; dans des conditions défavorables, arrêt du processus et rentrée en scène de la reproduction sexuelle et de la fécondation.

**17. Pœcilogonie.** — Giard a appelé *pœcilogonie* la particularité que présentent certains animaux d'offrir deux modes différents de développement, suivant les conditions de milieu des parents et les réserves nutritives renfermées dans l'œuf. Un exemple classique est fourni par les animaux qui pondent deux sortes d'œufs, comme les Crustacés et les Rotifères. Les œufs d'été d'un Crustacé (*Leptodora hyalina*), à vi-

tellus abondant, ont un développement dit condensé, dans lequel les phases larvaires habituelles sont à peine indiquées ou supprimées; tandis que les œufs d'hiver, à vitellus peu abondant, ont un développement dilaté, l'embryon éclo-sant bien plus tôt sous la forme Nauplius; la réserve nutritive de l'œuf n'étant pas suffisante pour lui permettre d'arriver à l'état adulte, il faut bien qu'il sorte plus tôt de l'œuf pour chercher sa nourriture. Portschinski a montré que *Musca corvina* présente des œufs et des larves complètement différents aux environs de Saint-Pétersbourg et dans le sud de la Russie, qui n'ont pas le même climat. L'influence des milieux est tout à fait manifeste dans le cas du *Palaemonetes varians* (Boas); ce petit Crustacé, dans le Midi (Italie), vit surtout dans l'eau douce; dans les pays du Nord (France, Dane-mark) dans l'eau saumâtre ou salée; ce changement de milieu n'altère pas la forme des adultes, qui sont exactement semblables dans les deux cas, mais seulement le développement. La forme marine a de petits œufs; les embryons les quittent sous la forme de *Zoés* sans branchies, passent par un stade *Mysis* normal et prennent de la nourriture dès leur naissance. La forme d'eau douce a des œufs huit fois plus gros, ses

embryons naissent comme *Zoés* bien développées, munies de branchies, et il n'y a qu'une indication du stade *Mysis*. En somme il y a abréviation du développement due à ce que les embryons de l'eau douce emportent avec eux une quantité suffisante de vitellus pour les nourrir quelque temps.

Brooks et Herrick (1) ont constaté encore des cas de pæcilogonie chez d'autres Crustacés marins, *Alpheus heterochelis* et *Saulcyi*; pour la première espèce, les individus de trois localités différentes, côtes de la Caroline du nord, îles Bahama, et Key West, ont présenté trois développements différents, la métamorphose disparaissant même totalement dans le dernier cas; il est bien probable qu'ici encore on a affaire à une influence de milieu. Pour *Alpheus Saulcyi*, dont les individus habitent à l'intérieur de deux espèces d'Éponges croissant parfois sur le même rocher, il y a un type de développement caractéristique pour les habitants de l'une de ces Éponges et un autre un peu différent pour leurs voisins. Et cependant, dans les deux cas, les adultes de diverses provenances ne présentent aucune différence sensible.

---

(1) *Americ. Journ. of Sc.*, Février 1893.

**18. Néoténie.** — Chez beaucoup de Batraciens, la période larvaire, durant laquelle ils portent des branchies ou ont la forme têtard, peut se prolonger au-delà des limites normales sous l'influence de certaines conditions extérieures; cet arrêt dans la métamorphose ne porte pas sur tous les organes, car il arrive souvent que les organes génitaux se développent et que la reproduction a lieu, comme sous l'état adulte. C'est ce phénomène que Kollmann a désigné sous le nom de *néoténie*.

On a constaté la prolongation de la vie larvaire chez la plupart des espèces d'Europe, des Urodèles (*Triton*, *Salamandra*) et des Anoures (*Pelobates*, *Pelodytes*, *Hyla*, *Alytes*, *Rana* et *Bufo*); elle est aussi bien connue chez un Urodèle acclimaté, l'Amblystome (Axolotl). Les Axolotl (*fig. 17*), communs dans les aquariums, sont bien reconnaissables à leur teinte noire, leur grande crête caudale et leurs branchies; on les a longtemps considérés comme des animaux adultes, d'autant plus qu'ils ont des organes génitaux développés et pondent des œufs qui évoluent normalement; mais en 1865, au Museum, on a constaté que des Axolotl se métamorphosaient dans certaines conditions en un animal déjà connu et bien différent, l'*Amblys-*

*toma tigrinum*, dépourvu de branchies et de crête dorsale, à tête plus large et à corps parsemé de taches d'un blanc jaunâtre. Ces Amblystomes mènent généralement une vie aquatique, mais ils sont capables de rester à terre et de mener la vie terrestre, ce qui est à peu près impossible aux Axolotl ; les Amblystomes peuvent aussi se reproduire et leurs œufs donnent naissance à des petits Axolotl branchifères ; il est



Fig. 17. — Axolotl (larve d'*Amblystoma*).

donc bien certain que ces derniers ne sont qu'une larve néoténique d'Amblystome. Quant à l'influence qui détermine la métamorphose, elle n'est pas encore très bien éclaircie ; on suppose généralement que c'est par suite du manque d'eau que la respiration aérienne prend la prédominance ; en effet, dans les aquariums où on garde les Axolotl avec une quantité suffisante d'eau, nourris assez maigrement, il est extrêmement rare d'observer leur métamorphose.

D'autre part, M<sup>lle</sup> de Chauvin, en plaçant six Axolotl très bien nourris dans une petite quantité d'eau avec de la mousse humide, les a vus se transformer tous les six assez rapidement en Amblystomes. Toutefois Duméril, Weismann et Vaillant, en plaçant des individus, les uns dans beaucoup d'eau, les autres dans une petite quantité avec un dispositif leur permettant d'en sortir, ont constaté que quelques Axolotl seulement, en nombre sensiblement égal dans les deux cas, se métamorphosaient; il est vrai que la question de nourriture et de température intervient peut-être et qu'on ne semble pas en avoir tenu compte. Duméril a essayé aussi de forcer six Axolotl à la respiration aérienne en coupant les branchies; sur les six, dans l'espace de quatre à dix mois, trois individus ont évolué en Amblystomes, chiffre bien supérieur à la proportion habituelle.

Les Axolotl sont fort communs au Mexique; mais ils paraissent ne se transformer que rarement, tandis que cela arrive constamment dans l'Amérique du Nord. Au Mexique, la sécheresse des hautes plaines rend difficile l'existence de Batraciens terrestres, et il y a évidemment avantage pour les Amblystomes des grands lacs à reproduire seulement sous la forme Axolotl. En

somme, si le déterminisme des conditions extérieures, nourriture, manque d'eau, n'est pas encore bien fait, il est certain qu'elles ont une très grande influence sur la persistance des branchies.

On trouve quelquefois dans des mares, des Tritons (*T. taeniatus*, *alpestris*, *cristatus* (fig. 18) dont la coloration et la taille rappellent les adultes normaux, et dont les organes génitaux sont bien développés, qui ont gardé leurs branchies larvaires.



Fig. 18. — Triton à crête (*Triton cristatus*).

res ; dans certaines localités alpestres, la persistance des branchies devient même un caractère spécifique local (*T. alpestris* d'Andermatt) et se présente alors chez presque tous les individus. Dans les cas précédents, la néoténie a pour cause des conditions locales, une eau bien aérée, une nourriture abondante dans l'eau et pauvre sur terre, des difficultés à sortir de l'eau qui font qu'il y a avantage pour l'animal à rester adapté à la vie aquatique plutôt que de devenir terrestre. Comme pour l'Axolotl, en gardant des

jeunes Tritons et Salamandres dans un aquarium disposé de façon à ce qu'ils ne puissent facilement sortir de l'eau, on prolonge aisément la période branchiale bien au-delà des limites normales.

La néoténie est plus intéressante encore chez les Anoures, parce que leur forme larvaire têtard dif-

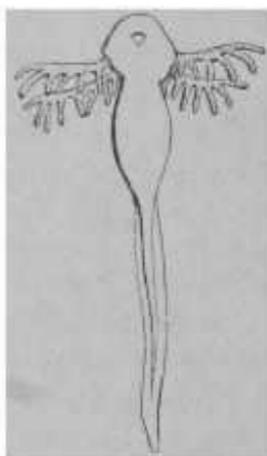


Fig. 19.  
Têtard de Grenouille  
peu après l'éclosion  
muni de branchies externes.

fére plus complètement de l'état adulte (fig. 19); on en a cependant observé de nombreux cas naturels : dans les régions alpestres ou les pays froids, il arrive souvent que les têtards (*Rana muta*), au lieu d'achever leur développement en une année (fig. 20), mettent deux, trois et même quatre ans à devenir adultes. L'été alpestre est trop court pour qu'ils aient le temps d'évoluer, et ils

sont surpris par l'hiver avant la métamorphose, d'autant plus que la nourriture est fort peu abondante sur les hauteurs et allonge d'autant l'évolution. Il n'est d'ailleurs pas très difficile

en nourrissant maigrement des têtards de les garder à cet état dans des aquariums pendant une ou deux années ; on y arrive aussi en les empêchant de venir respirer à la surface de l'eau (expérience de W. Edwards) ; c'est ce qui se produit parfois naturellement dans certaines

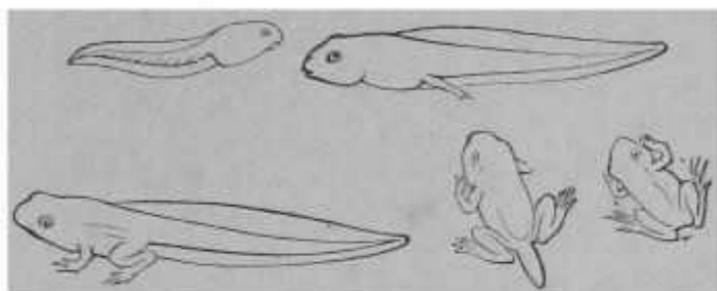


Fig. 20. — Métamorphoses normales de la Grenouille.

mares couvertes de végétation, dans lesquelles les têtards atteignent sans se métamorphoser une taille double ou triple de la taille ordinaire.

Chez les Anoures, il est fort rare que les branchies persistent longtemps sur les têtards, et en tous cas cela ne devient jamais comme chez les Urodèles un caractère d'adaptation locale ; dans ce cas, les organes sexuels n'arrivent pas à maturité et il se produit un désordre dans l'évolution générale.

Je citerai encore comme exemple de néoténie les *Rana esculenta* de Sete Cidades (Açores) ;

Boettger en a trouvé de parfaitement adultes, mais avec la queue larvaire bien colorée et douée de mouvement, accompagnées de têtards quadrupèdes, à branchies réduites et possédant encore le bec corné. Ces caractères néoténiques sont sans doute en rapport avec le défaut de nourriture (ces têtards se trouvent parqués en grand nombre dans de petites mares produites par le retrait des eaux d'un lac), et peut-être aussi avec l'humidité très grande de l'atmosphère (degré hygrométrique de 90 %) qui ne provoque en aucune manière la chute des branchies (1).

On voit l'influence énorme des conditions extérieures, difficulté de la vie terrestre, froid, nourriture peu abondante, sur le développement des Batraciens, influence qui va si loin que les Axolotl et les Tritons alpestres peuvent reproduire encore à l'état larvaire. Il est facile de comprendre quelle a pu être l'origine de la néoténie : on sait que des larves ou têtards de la même portée et mis dans les mêmes conditions se développent en des temps très variables ; dans

---

(1) E. OLIVIER (*Revue Scientifique du Bourbonnais*, juin 1893) a représenté un Crapaud adulte (*Bufo vulgaris*), pris dans le département de l'Allier, et muni encore d'une très longue queue.

les localités où la vie terrestre était fort difficile, il est évident que les individus qui se métamorphosaient le plus lentement étaient avantagés et ont dû survivre dans bien des cas, quand les autres succombaient, en léguant à leur progéniture cette propriété qui est allée en s'accroissant de plus en plus, jusqu'à la disparition possible de la vie terrestre. Beaucoup d'auteurs regardent deux groupes de Batraciens, les Pérennibranches et les Dérotèmes, dont les premiers ont des branchies toute leur vie et les seconds des fentes branchiales persistantes, non point comme des types anciens primitifs, mais comme des formes néoténiques revenues à la vie aquatique parce qu'elle leur offre plus d'avantages (*néoténie totale*). Le fait est que Schreïbers, en maintenant les Protées (Pérennibranches) dans une eau peu profonde, a vu les branchies s'atrophier plus ou moins complètement, tandis que les poumons devenaient plus grands et plus vasculaires; on pourrait les adapter probablement à la respiration de l'air libre. *Amphiuma* est considéré aussi comme une forme néoténique des Cécilides auxquels il ressemble beaucoup par son corps serpentiforme. Cette manière de voir permettrait de comprendre pourquoi les *Siren*, *Proteus* et *Amphiuma* ont des membres nuls ou rudimen-

taires comme les têtards néoténiques des Anoures.

Toutes les causes qui retardent la croissance, défaut de nourriture, de lumière, de mouvement, etc., amènent chez les animaux des indices de néoténie ; mais nulle part les phénomènes ne sont aussi clairs et aussi multiples que chez les Batraciens. Les espèces modifiées des faunes saumâtres (voir §§ 9, 10 et 11), des climats froids (voir § 2), etc., sont sans doute des variétés néoténiques dérivées des espèces originelles placées dans de meilleures conditions.

On connaît d'ailleurs un grand nombre d'ani-



Fig. 21. — *Stylops* mâle.

maux chez lesquels les deux sexes sont dissemblables au point de vue du développement ; ainsi les mâles nains des Bonellies, des Cirripèdes, des Rotifères, etc., peuvent être considérés à bon droit comme des larves arrivées à maturité sexuelle, de même que les femelles aptères

des Pucerons, des *Stylops* (fig. 21), des Lampyres (fig. 22), et surtout de certains Papillons (*Heterogynis*, Psychides), où elles ont gardé ou peu s'en faut l'apparence de chenille. L'autre sexe au contraire dépasse ce stade et



Fig. 22. — Ver luisant (*Lampyrus noctiluca*).

Le mâle est un Coléoptère normal, tandis que la femelle a conservé l'apparence d'une larve.

présente la forme adulte complète. Dans ces cas, il y a eu néoténie (ce que Giard appelle la *pro-génèse*, reproduction plus ou moins précoce) pour un seul sexe.

## CHAPITRE III

—

### ADAPTATIONS AUX DIFFÉRENTS MILIEUX

**19. Convergence.** — On désigne sous le nom de *convergence* (ressemblance analogique de Darwin) la similitude remarquable qui existe entre des animaux éloignés, par adaptation aux mêmes conditions d'existence. Les espèces, dans leur évolution incessante due à la lutte pour la vie et à la sélection qui en découle, modifient, perfectionnent constamment leurs armes, leurs outils, leurs moyens de locomotion ; et comme, dans un milieu donné, l'idéal est toujours le même, il arrive logiquement que quel que soit le point de départ, le résultat final est à peu près semblable, même pour des formes très éloignées. Dans la race

humaine, par exemple, il est certain que beaucoup de races sauvages et primitives ont cherché à se fabriquer des armes pour se défendre contre leurs ennemis, et bien que travaillant indépendamment les unes des autres, elles sont presque toutes arrivées à des résultats identiques, à la lance, à la hache, etc.; il n'y a que des détails d'exécution qui diffèrent : ici, la lance est en os de poisson, là, en pierre taillée ou en bois très dur ; la hache est en jade, en silex, en métal, etc.

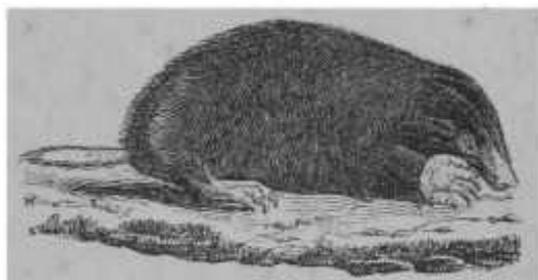


Fig. 23. — Taupes commune (*Talpa europea*).

Il en est exactement de même chez les animaux, à cela près que c'est le perfectionnement sélectif qui remplace l'intelligence humaine. Je ne saurais trouver un meilleur exemple que les membres antérieurs de deux animaux très éloignés : un Mammifère, la Taupe (*fig. 23*), et un Insecte, la Courtilière (*fig. 24*). Ils creusent tous deux des galeries souterraines, et doivent être munis d'ou-

ils capables à la fois de piocher et de rejeter latéralement les déblais ; ce sont les membres antérieurs qui remplissent cet office, et ils sont devenus presque absolument identiques, ayant at-



Fig. 24. — Courtilière (*Gryllotalpa vulgaris*).

teint vraisemblablement l'idéal du genre. De longues et fortes griffes trouent la terre, et une partie élargie qui les supporte la rejette comme une pelle. La différence ne porte que sur les ma-



Fig. 25. — Chauve-Souris oreillard (*Plecotus auritus*).

tières premières utilisées : chez la Courtilière, l'outil est formé par l'enveloppe de la patte,

de la chitine très épaisse ; chez la Taupe, il a comme parties dures le squelette de la main et du bras.

On pourrait citer à l'infini des exemples analogues de convergence : dans divers groupes, il y a



Fig. 26. — Ptérodactyle restauré  
(le fond noir indique le contour présumé de la peau).

des animaux qui se sont adaptés au vol et se sont munis d'ailes, comme les Chauves-Souris (fig. 25), les Oiseaux, les Ptérodactyles (fig. 26), les Poissons volants (fig. 27), quelques Insectes ; ces divers appareils, si dissemblables comme point de départ, ont entre eux une grande ressemblance ;

en effet, ils sont toujours formés par des ner-



Fig. 27. — Poisson volant (*Dactylopterus volitans*).

vures rigides, les axes des plumes, les doigts des Chauves-souris, les nervures des Papillons, reliées par des parties intermédiaires, de façon à former une lame solide, à bord antérieur résistant, qui peut agir sur l'air. Chez beaucoup d'espèces arboricoles, il s'est développé des parachutes, leur permettant des sauts à une grande distance, et constitués essentiellement sur le même plan : chez les Galéopithèques (Singes (fig. 28), le Pteromys, l'Anomalure et le Sciuroptère (Rongeurs), le Pétauriste (Marsupiaux), le



Fig. 28. — Lémurien à parachute (*Galeopithecus volans*).

*Draco volans* (Lézards (fig. 29). Les Cétacés adaptés à la vie aquatique sont tellement semblables aux

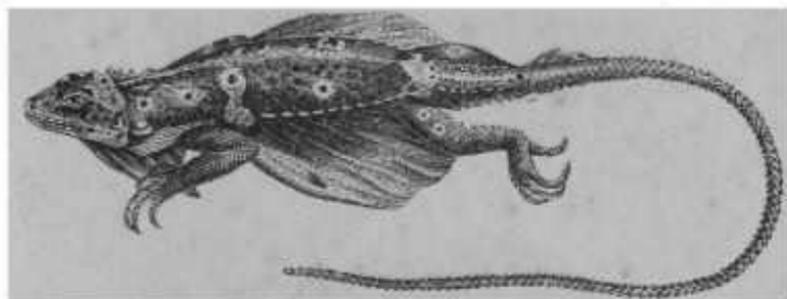


Fig. 29. — Lézard à parachute (*Draco volans*).

Poissons par leur forme extérieure, leurs nageoires, que les anciens naturalistes les réunissaient dans un même groupe (fig. 30). Il n'y a pas si long-

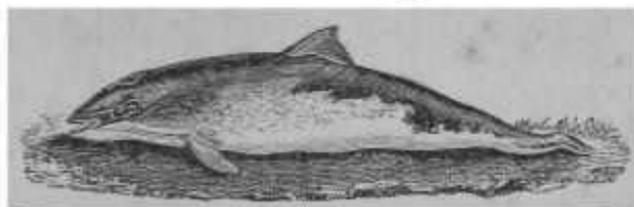


Fig. 30.

Mammifère devenu pisciforme par adaptation à la vie aquatique.  
Manotain (*Phocaena communis*).

temps qu'on a séparé les Synaptés (Échinodermes) et les Sipunculien, de groupes extrêmement éloignés, qui se ressemblent beaucoup extérieurement,

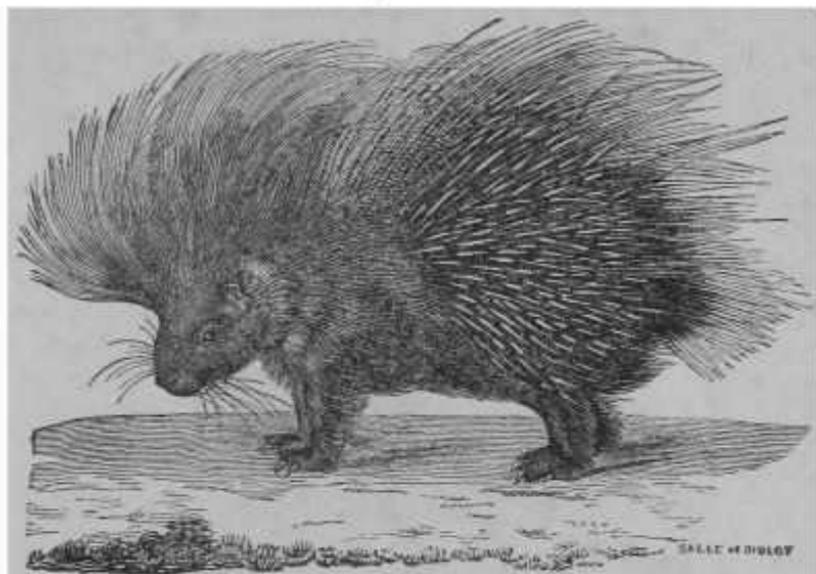
parce qu'ils sont adaptés tous deux à la vie dans le sable où on les trouve souvent côte à côte. Les animaux qui vivent dans la terre sont tous plus ou moins vermiformes, comme les Cécilies parmi les Batraciens, l'Orvet parmi les Lézards, les Poissons anguilliformes, les Lombries, etc. Un Papillon du Brésil, le *Macroglossa Titan*, qui fréquente les mêmes fleurs que certains Coli-



Fig. 31. — Hérisson (*Erinaceus europaeus*).

bris, est devenu si semblable à ceux-ci, qu'un naturaliste comme Bates a pu se tromper et frapper l'un en croyant attraper l'autre. Il est impossible, à moins de les avoir étudiés spécialement, de ne pas confondre à première vue les *Glomeris* (Myriapodes) et les *Armadillo* (Crustacés Iso-podes, voisins des Cloportes), qui vivent tous deux sous les pierres et s'enroulent en boule de

la même manière lorsqu'on les inquiète. Les piquants défensifs des Hérissons (*fig. 31*), des



*Fig. 32.* — Porc-Épic (*Hystrix cristata*).

Porcs-Épics (*fig. 32*), de l'*Echidna hystrix* sont aussi des ressemblances par convergence.

Les Marsupiaux isolés dans les îles australiennes se sont différenciés parallèlement aux Mammifères des continents, de façon à occuper toute la place disponible et à se faire le moins de tort réciproque; il y a chez eux des rongeurs, comme le Wombat; des herbivores rappelant

plus ou moins nos Ruminants, comme le Kangourou (*fig. 34*); des carnassiers, comme le Thylacine-loup qui ravage les troupeaux de moutons;



*Fig. 33.* — Marsupial arboricole : Sarigou (*Didelphys*).

des singes arboricoles comme le Koala et les Sarigues (*fig. 33*). Ce qui est extraordinaire, c'est qu'il n'y ait pas en Australie un Homme marsupial.

Dans des localités très éloignées, on trouve

parfois des variétés identiques, ce qu'on ne peut attribuer qu'à l'action de milieux semblables ; c'est ainsi qu'un Papillon d'Angleterre, le *Colias edusa*, présente une variété plus pâle (*helice*) qui se retrouve identiquement chez le *Colias lesbia* de la République Argentine. Dans le même

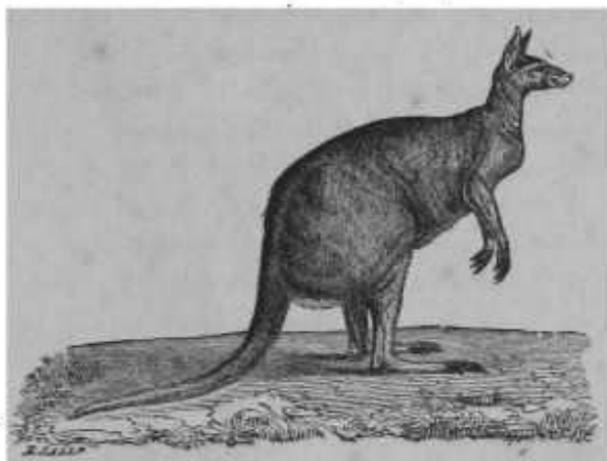


Fig. 34. — Marsupial herbivore Kangaroo (*Macropus major*).

pays, une espèce de *Phyciodes*, semblable à notre *Vanessa levana*, présente une variété identique à la variété *prorsa* de cette dernière espèce.

Toutes nos races de Parcs améliorées ont les mêmes caractères : gros corps arrondi, presque dénué de poils, petits crocs, jambes courtes et

museau court, parce que l'homme, dans tous les pays, a eu en vue le même idéal et a sélectionné toujours dans le même sens.

Chez divers Mollusques Gastéropodes (*Titiscania* parmi les Nérítacés, *Acteon* parmi les Nudi-branches, Limaces et Oncidies parmi les Pulmonés) la coquille a disparu pour une raison ou pour une autre, de sorte que les animaux, bien que très différents anatomiquement, se ressemblent beaucoup extérieurement, et exigent une analyse attentive pour permettre de les classer.

Il n'est pas jusqu'aux organes les plus complexes qui ne puissent se retrouver identiques dans des formes éloignées. Il est évident que nous ne pouvons pas comprendre un organe visuel parfait autrement qu'avec un cristallin, une rétine, une sclérotique, etc., aussi ne doit-on pas s'étonner que l'œil des Céphalopodes ne soit pas sensiblement différent de celui des Vertébrés supérieurs; ils ont convergé tous deux vers l'idéal commun, en suivant des routes différentes. Darwin a cité aussi comme exemple typique de convergence les organes électriques des Poissons, d'origines indépendantes, et cependant très semblables. La vie parasite, en supprimant les organes de relation, simplifie beaucoup les organismes, et est encore une source de con-

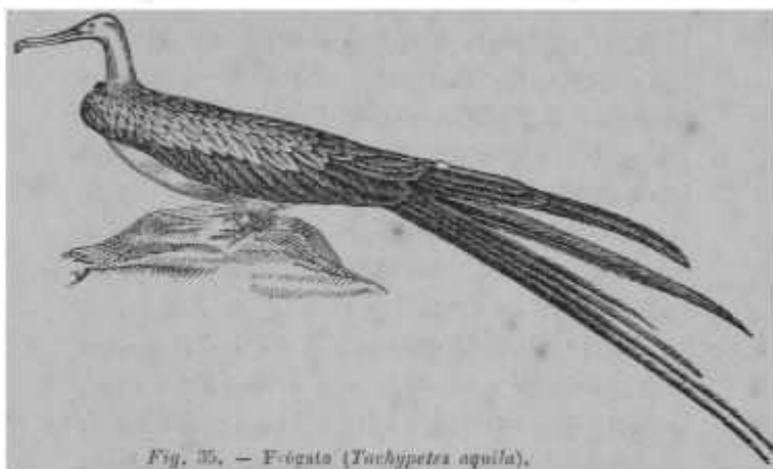
vergence; l'*Entoconcha* (Mollusque) et la Sacculine (Crustacé) sont réduits tous deux à des sortes de sacs renfermant seulement des organes génitaux et le système nerveux.

Si la convergence portait sur tous les organes, il n'y aurait plus moyen de retrouver les véritables affinités des animaux; mais elle agit surtout sur les formes extérieures, sur les organes de défense, de locomotion, d'attaque et les organes des sens, tandis que d'autres échappent, en général, à son action, notamment le système nerveux, les organes génitaux, l'appareil circulatoire, etc. En effet, s'il est avantageux à un animal fouisseur d'avoir un outil de telle forme, il est absolument indifférent que cet organe soit innervé par un ganglion ventral ou un nerf dorsal, qu'il ait des lacunes ou des vaisseaux, etc. L'un des plus grands progrès de la classification moderne a été de distinguer nettement les caractères *adaptatifs*, modifiés comme une pâte molle suivant les besoins (caractères *cœnogénétiques*) des caractères *primitifs* (caractères *palingénétiques*), beaucoup moins modifiables, qui donnent des renseignements certains sur les affinités réelles des espèces. Ainsi, on dira que les deux paires de membres que possèdent tous les Vertébrés sont hérités à titre palingénétique, tandis

que les formes qu'ils ont prises en s'adaptant à la nage (Cétacés, Phoques), au vol (Oiseaux), à la vie arboricole (Singes), à la vie souterraine (Taupes), au saut (Gerboises, Kangourous), à la course (Cervidés), etc., sont des caractères cœnogénétiques.

Si la convergence paraît être une loi très générale, et d'ailleurs parfaitement logique au point de vue transformiste, il est bon de dire que dans certains cas des animaux s'accoutument à des conditions très différentes de vie, sans éprouver de modifications notables. Il est probable que ce ne sont que des exceptions apparentes, et que si ces types trouvaient des concurrents mieux adaptés, ils ne tarderaient pas à être éliminés. De petits Moutons laponais, avec leurs estomacs de ruminants, mangent avec délices la chair en putréfaction des Baleines ; un Perroquet de la Nouvelle-Zélande, *Nestormirabilis*, bien qu'ayant conservé tous les caractères d'un granivore, a pris goût au sang frais des moutons et est devenu un ennemi redoutable des troupeaux. Beaucoup d'oiseaux carnivores (*Podiceps minor*, *Corvus corax* et *cornix*, *Alcedo*, etc.), ont un estomac avec des muscles puissants et une épaisse cuticule intérieure comme s'il devait broyer des graines. Le Cincle (Merle d'eau), qui pêche sa

nourriture en plongeant sous l'eau, n'a absolument rien du facies des plongeurs. Les Foulques et les Grèbes, qui nagent constamment, ont aux pattes une palmure très incomplète, tandis que la Frégate (*fig. 35*) qui se pose très rarement sur l'eau, peut-être même jamais, a une palmure bien



*Fig. 35. — Frégate (Tachypetax aquila).*

étendue. Il est possible aussi que, dans ces cas exceptionnels, l'adaptation soit trop récente pour que la sélection ait eu le temps de modifier l'organisme ; cette explication est probablement vraie pour le *Nestor* de la Nouvelle-Zélande.

**20. Résistance à la dessication, au manque d'eau.** — Dans la nature, presque tous les animaux d'eau douce sont exposés à se trou-

ver plus ou moins longtemps à sec, par suite de l'évaporation du liquide dans les mares, lacs et chotts qui se dessèchent régulièrement pendant l'été, sur les bords des rivières qui baissent considérablement, etc. Aussi présentent-ils des dispositions qui assurent le repeuplement rapide, soit que les animaux s'enfoncent dans le sol et tombent en vie latente, soit par l'intermédiaire d'œufs très résistants ou de bourgeons particuliers qui peuvent attendre très longtemps le retour de conditions favorables. Rien de pareil ne se produit pour les espèces marines.

Quelques Lamellibranches peuvent vivre très longtemps à sec en fermant hermétiquement leurs valves ; c'est ainsi qu'une Anodonte (*A. sempervivum*), enveloppée dans du papier au Cambodge, a été retrouvée vivante huit mois après. On connaît des faits analogues pour des Unios. Les petits Planorbes et quelques Limnées sécrètent en plein été un *épiphragme* qui ferme leur coquille, quand le niveau de la mare ou de l'étang qu'ils habitent, baisse d'une façon menaçante. D'ailleurs Locard a trouvé à l'intérieur d'une vase argileuse bien sèche à la surface, à peine humide au fond, des *Limnea peregra* bien vivantes qui avaient ainsi passé plusieurs mois en dehors de l'eau.

D'autres animaux s'enferment dans un cocon imperméable, comme les *Protopterus annectens* de la Gambie et du Sénégal : pendant la saison des pluies, ils vivent dans des marais, mais pendant la saison sèche, ils se retirent dans la vase à environ 50 centimètres de profondeur, entourés d'une sorte de cocon muqueux qui les enferme hermétiquement. La motte de terre où ils se trouvent est traversée par un canal en trou de souris, à paroi lisse, qui aboutit à une région du cocon plus mince et plus perméable que le reste. A l'intérieur du cocon, le *Protopterus* est replié sur lui-même, toute la surface de son corps étant revêtue d'une couche très mince de mucus coagulé ; sa queue, très élargie et d'une coloration rouge intense, recouvre toute la partie antérieure du corps, juste vers le point où vient se terminer le canal d'aération ; il est probable qu'outre le poumon, la queue joue un rôle très important comme organe respiratoire. A la fin de la saison sèche qui ne dure pas moins de neuf mois, les marais se remplissent d'eau et les *Protopterus* sortent de leur état de torpeur pour reprendre leur vie aquatique.

Au lieu de tomber en vie latente, quelques espèces bien douées mènent la vie terrestre lorsque l'eau a disparu ; c'est ce que font les Gre-

nouilles et les Tritons de nos mares dont la respiration cutanée devenue alors nulle est remplacée par les poumons. Il en est de même chez un Poisson des rios brésiliens, le *Callichthys*; quand les rivières se dessèchent, ses branchies lui deviennent inutiles, mais il continue à respirer en avalant l'air, le tube intestinal garni de houppes vasculaires jouant le rôle de poumons.

Les Gastéropodes pulmonés, comme les Escargots, les Limaces, etc., bien qu'étant des animaux terrestres, ont besoin d'une certaine humidité; aussi, à la suite de sécheresses prolongées, tombent-ils en vie latente (sommeil estival) exactement comme les animaux aquatiques. La plupart se retirent sous les feuilles mortes, dans la terre, en fermant la coquille par un opercule temporaire (*épiphragme*). Le *Zonites candidissimus* des régions chaudes ne se fabrique même cet épiphragme que durant la courte période de sécheresse, et non pendant l'hiver. La Testacelle s'enfonce en terre pendant les chaleurs et s'enferme dans des cocons muqueux, comme en hiver. La plupart du temps, lorsque la sécheresse arrive, les animaux des marais ou des milieux humides meurent, mais en laissant après eux des œufs, bourgeons ou kystes extrêmement résistants qui pourront renouveler l'espèce au

retour de conditions favorables. Beaucoup d'Infusoires<sup>(1)</sup>, d'Héliozoaires, de Foraminifères (*Euglypha*) s'enferment dans des kystes imperméables ; les œufs d'Hydre d'eau douce, qui n'apparaissent d'ailleurs qu'à l'automne, ont une épaisse coque chitineuse, comme ceux des Trématodes, Nématodes, Copépodes et Ostracodes ; les œufs des Sangsues, des Dendrocœles sont enfermés dans des capsules ovigères de formes variées ; ceux des Tardigrades, également munis d'une coque épaisse, restent enfermés dans le corps desséché de la mère. Beaucoup d'autres animaux présentent même deux formes d'œufs ; les uns dits œufs d'été, à développement rapide à l'intérieur du corps de la mère, sont destinés à multiplier l'espèce durant la bonne saison : les autres, œufs d'hiver ou œufs durables, qui n'apparaissent qu'à l'approche des mauvaises conditions vitales, sont rejetés très tôt au dehors, enveloppés dans une épaisse coque, et peuvent rester très longtemps

---

(1) Les kystes des Infusoires se présentent surtout chez les espèces carnivores (*Gastrostyla*, *Spathidium*, *Stylonichia*, *Oxytricha*) et chez quelques herbivores ; ils se forment surtout lorsque la nourriture est épuisée dans l'eau où vivent ces animaux, de façon à les prémunir contre la disette imminente. Ce n'est donc qu'accessoirement qu'ils défendent l'espèce contre une dessiccation prolongée.

en vie latente. Les œufs durables se présentent chez les Rhabdocèles, les Gastrotriches, les Rotifères, beaucoup de Crustacés (Branchiopodes, Cladocères), tous animaux d'eau douce, et manquent chez les espèces marines.

La résistance des kystes et des œufs enveloppés d'une coque est vraiment extraordinaire ; les kystes de Colpode, humectés une fois par an, peuvent rester jusqu'à sept ans en vie latente. De la terre, recueillie au sommet des Alpes et conservée sèche pendant quatre ans, a fourni à Ehrenberg des Nématoïdes, des Rotifères et des Tardigrades; on obtient facilement un petit Nématode, *Rhabditis aceti*, qui vit dans la colle en putréfaction, en semant de la colle desséchée depuis trois ans (et renfermant de ses œufs) sur de l'empois frais d'amidon. Des cultures de terre sèche rapportée des pays lointains fournissent facilement et sûrement toutes les espèces d'eau douce qui y ont laissé des œufs; de la boue renfermant des œufs durables d'Artémies et d'*Estheria* a donné des jeunes cinq et huit ans après ; des Branchiopodes ont été obtenus en mettant en culture de la boue desséchée depuis dix ans ; un *Diaptomus* a été obtenu à Christiania par la culture d'une vase sèche d'Australie. La dessiccation est même devenue indispensable à ces œufs durables; ainsi

ceux de l'*Apus* ne se développent pas s'ils n'ont été desséchés préalablement un certain temps. La coque est perméable aux gaz, mais non point aux liquides; Hallez a vu des œufs d'*Ascaris megalcephala* continuer leur évolution dans l'acide osmique à 1 %; une Daphnie peut être tuée par l'alcool absolu ou digérée par une Hydre sans que ses œufs durables soient aucunement atteints. Les œufs de Rotifères et de Tardigrades peuvent même supporter quelque temps une température sèche de 110° sans périr.

On a cru pendant longtemps à l'existence d'animaux réviscents, tels que les Rotifères, Tardigrades, Nématodes; on sait maintenant que lorsque la sécheresse arrive, le corps de la mère meurt et se dessèche, enfermant à son intérieur les œufs durables qui résistent, et ce sont seulement ces derniers qui, éclosant sous l'influence de l'humidité, donnent de nouveaux individus, et font croire à la résurrection des animaux desséchés.

Les *gemmules* des Eponges d'eau douce (existant aussi chez quelques espèces marines) sont des sortes de bourgeons, des amas cellulaires enfermés dans une coque extrêmement solide et épaisse, qui persistent lorsque l'Eponge meurt, soit à la suite de sécheresses, soit pour une autre

raison. Comme les œufs durables de tout à l'heure, ils peuvent rester très longtemps en vie latente ; ils paraissent se produire spécialement lorsque l'espèce est exposée à de mauvaises conditions ; Potts, par exemple, signale en Floride des Eponges d'eau douce (*Meyenia fluviatilis*)

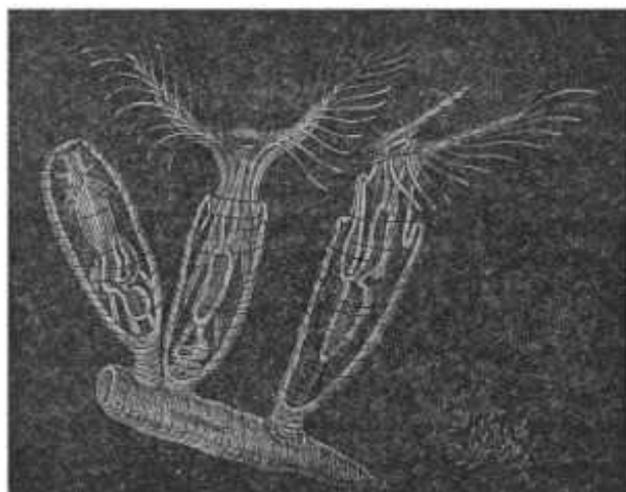


Fig. 36. — Bryozoaires d'eau douce à statoblastes (*Pomatella*).

poussant sur des herbes qui peuvent être desséchées pendant des semaines et des mois, et qui sont remarquables, paraît-il, par l'abondance extraordinaire des gemmules. Les *statoblastes*, qui ne se rencontrent que chez les Bryozoaires d'eau douce (fig. 36), sont des formations analogues, mu-

nies de flotteurs et même de piquants qui peuvent les accrocher aux corps environnants; chez la *Paludicella*, autre Bryozoaire d'eau douce, ils sont remplacés par des bourgeons particuliers (*hybernacula*) qui, à l'approche de l'hiver, arrêtent leur développement et s'enveloppent de chitine. La résistance des gemmules et statoblastes n'est pas moindre que celle des œufs; on a pu en transporter à sec à de grandes distances, sans les altérer, de Paris à Odessa, d'Australie à Christiania (Sars); les statoblastes d'une *Pectinatella* des Etats-Unis ont éclos à Hambourg (Kræpelin), etc.

Il n'est pas besoin d'insister, je crois, sur l'extrême importance de ces formations durables, quelle que soit leur nature, œufs, kystes ou bourgeons, non seulement pour la résistance à la sécheresse, mais aussi pour la dissémination de l'espèce; transportés par le vent, les oiseaux, etc., à de grandes distances, ils éclosent dès qu'ils trouvent des conditions favorables; aussi tous les types qui en possèdent ont-ils une répartition géographique très étendue que les recherches nouvelles accroissent de jour en jour. Les îles volcaniques n'ont dans leurs eaux douces que des espèces facilement disséminables; l'archipel des Açores, bien étudié par de Guerne, en est un exemple frappant; il semble que tous les repré-

sentants de groupes munis d'œufs durables s'y soient donné rendez-vous ; les Cladocères et les Rotifères dominant, puis viennent des *Chætonotus* et des Tardigrades ; on trouve avec eux des Protozoaires, un Bryozoaire muni de statoblastes (*Plumatella repens*), des Ostracodes, une Hirudinée à cocon (*Nepheleis*), des Planaires à capsules ovigères résistantes, enfin des Nématoïdes ; il n'y a que les Spongilles à gemmules qui manquent encore.

Comme appendice au paragraphe précédent, se placent naturellement les modifications présentées par certains Batraciens pour parer au manque d'eau (1) : comme on sait, ces animaux adultes mènent presque tous la vie terrestre, dans des endroits plus ou moins humides ; mais leurs larves sont entièrement aquatiques, et au moment de la ponte, les Batraciens se portent vers les marais ou les rivières pour y déposer leurs œufs. Il y aura évidemment avantage, pour les espèces qui vivent éloignées des cours d'eau, à garder leurs œufs le plus longtemps possible afin d'attendre un moment favorable. C'est ce qui arrive chez la Salamandre terrestre,

---

(1) Voir un résumé complet de cette question : L. CUÉNOT. — *De l'adaptation au manque d'eau et à la vie terrestre*, Le Naturaliste, 1<sup>er</sup> juillet 1893.

dont les œufs se développent dans l'oviducte; les jeunes y restent jusqu'à ce que la mère ait rencontré des mares; de même, le mâle d'un Crapaud (*Alytes obstetricans*) porte enroulé autour de ses deux pattes postérieures l'amas des œufs dans lesquels se développent les têtards, qui en sortent dès qu'ils sont plongés dans l'eau. La *Salamandra atra* des montagnes est dans de plus mauvaises conditions, car les eaux sont rares sur les hauteurs; les œufs restent et se développent dans l'oviducte; mais deux seulement arrivent à maturité et se nourrissent des autres œufs qui tombent en dégénérescence; les larves, vivant dans le corps de la mère, sont munies de longues branchies, et pour elles le liquide nourricier de l'oviducte remplace l'eau des marais; d'ailleurs quand on les extrait du corps de la mère avant leur naissance, elles sont capables de vivre dans l'eau et d'y respirer avec leurs branchies. Une Grenouille, l'*Hylodes martinicensis*, qui vit à la Martinique, pays sans eaux stagnantes, où il n'y a que des torrents taris rapidement, accomplit entièrement sa transformation à l'intérieur des œufs, attachés aux feuilles de plantes terrestres ou déposés sur le sol; les *Hylodes* sortent de l'œuf à l'état adulte avec un rudiment de queue, ayant évité complètement

la période de vie aquatique. Il en est à peu près de même chez les *Pipa* (Guyane, Brésil) et le Nototrème à bourse (régions chaudes de l'Amérique du Sud); les femelles du dernier portent les œufs dans une poche dorsale; celles des *Pipa* dans de petits godets creusés également sur son dos et remplis de liquide.

Une Rainette de la Guyane (*Hyla luteola*) tourne la difficulté d'une autre manière; elle pond ses œufs dans les troncs creux d'une Tiliacée qui renferment toujours une certaine quantité d'eau, et c'est dans ce marais en miniature que se développent les têtards.

**21. Résistance aux vents et aux courants.** — Dans les contrées très exposées aux tempêtes, telles que certaines régions tropicales, les îles nues, etc., la faune se composera naturellement soit de très bons voiliers, comme les nombreux Palmipèdes du bord de la mer, soit d'animaux terrestres qui peuvent se cramponner solidement au sol, ou se réfugier dans des terriers. Au § 24 (*La vie dans les îles*), je parlerai d'ailleurs des modifications spéciales présentées par les Insectes pour ne pas être enlevés par le vent et jetés à la mer: la plupart ont perdu leurs ailes et sont devenus par conséquent tout-à-fait terrestres, tandis que le petit nombre de ceux

qui les ont gardées en ont de plus grandes que d'habitude.

Il parait que les Échassiers de la région de l'Amazone, où il se produit parfois des bourrasques subites, ont un moyen original de se garantir : ils se précipitent contre terre, en ayant soin d'enfoncer leur bec tout entier dans le sable et de laisser traîner leur jambes grêles, de façon à ne donner aucune prise au vent, qui ne peut qu'ébouriffer leurs plumes au passage <sup>(1)</sup>.

La faune des eaux très courantes ne comprend naturellement que des espèces fixées ou enfoncées dans le sol ou des Poissons bons nageurs. De même, les animaux qui vivent à la limite des marées, exposés à la violence des vagues, présentent des modifications particulières qui leur permettent d'adhérer solidement à leur support ; les Moules se fixent par leur épais byssus ; les Balanes sont attachées à demeure par une sécrétion calcaire ; les Patelles, pourvues d'un pied puissamment musculéux, ont une coquille conique qui donne peu de prise au flot ; les Oursins (*Strongylocentrotus*), comme les Pholades et quelques autres animaux, se creusent, même dans les roches les plus dures,

---

(1) MARCOY.—*Voyage de l'Océan Pacifique à l'Océan Atlantique*. Le Tour du Monde, t. 12, 1865.

des logettes qui peuvent les renfermer presque en entier, et qui, de plus, leur assurent une quantité suffisante d'eau lors de la basse mer. Dans les récifs de polypiers, ceux qui forment la muraille extérieure, exposée aux coups de mer, sont uniquement des polypiers massifs, à surface plus ou moins arrondie (Porites, Méandrine, Astrées), qui abritent derrière eux les polypiers branchus et délicats.

**22. La vie pélagique.** — On appelle *animaux pélagiques* ceux qui habitent constamment les eaux de l'Océan ou les grands lacs (par opposition à ceux du fond ou des rivages), voguant soit activement soit passivement au gré des courants et des vents, à la surface ou à une certaine profondeur, le plus souvent en bandes nombreuses que les tempêtes rejettent parfois à la côte. Il y a parmi les pélagiques marins des représentants de beaucoup de groupes, des Protozoaires (Radiolaires, Foraminifères, Infusoires), les Cténophores, les Méduses (*fig. 37*), les Siphonophores et quelques Actinies, beaucoup de Vers comme le *Pelagonemertes* (Némertes), les *Sagitta* (Chétognathes), les Alciopes et *Tomopteris*, des Mollusques (Hétéropodes, Ptéropodes, beaucoup de Céphalopodes comme les Calmars (*fig. 38*), les Nautilus et les Argonautes), des

Crustacés (Schizopodes, Copépodes, Ostracodes



Fig. 37. — Méduse (*Pelagia noctiluca*).

Anatifes (fig. 39), etc., des Tuniciers comme les Appendiculaires, les Salpes et les Pyro-

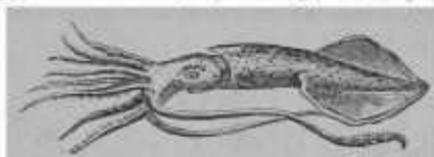
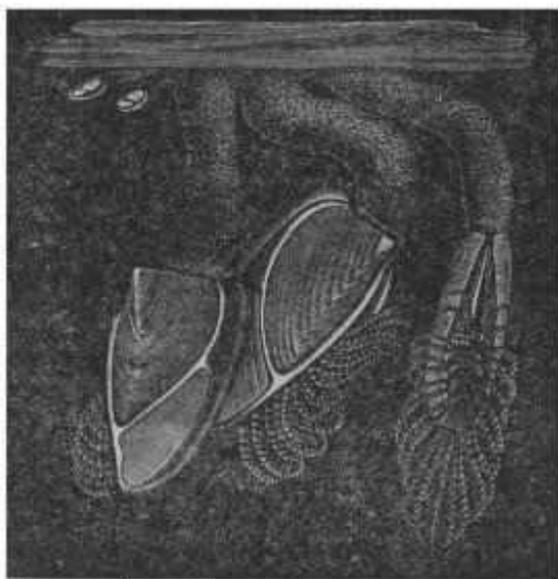


Fig. 38. — Calmar commun (*Loligo vulgaris*).  
Type de pélagique actif

somes, quelques Poissons et quelques plan-

tes, sans compter les œufs et les larves des Crustacés Décapodes (*fig. 41*), Echinodermes, Turbellariés, Bryozoaires, Mollusques, les jeunes Poissons, etc. On y joint encore les Cétacés et les Tortues de mer (*fig. 40*), ainsi que les Insectes



*Fig. 39.* — Anatifes (*Lepas anatifera*)  
suspendus à un morceau de bois flottant au large;  
type de pélagique passif.

de la famille des *Halobatidæ* qui marchent sur les vagues à la façon des *Gerris* de nos mares. Les pélagiques des lacs sont des Rotifères et

surtout des Crustacés Copépodes et Cladocères (*Leptodora*, *Daphnia*, *Diaptomus*, *Bytrotrepes*, etc).

Le caractère le plus saillant de la faune pélagique est certainement l'extrême transparence des tissus, qui rend les animaux presque invisibles au milieu de l'eau (Siphonophores, Méduses, Cténophores, Hétéropodes et Ptéropodes, Salpes, Pyrosomes, Tomopteris et Alciopie, Crustacés

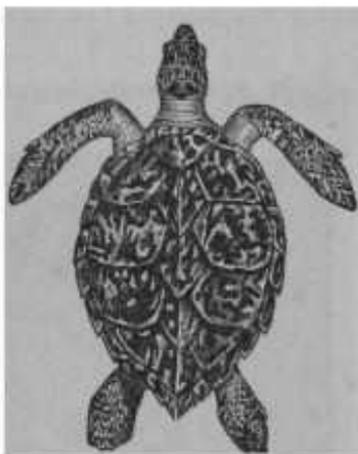


Fig. 40. — Tortue en mer ; Carcès (*Chelone imbricata*).

(fig. 41), larves de Congre ou Lepiocéphales); quelques espèces sont colorées en bleu, comme le *Minyas cyanea*, les Porpites, les Physalies et les Vélelles parmi les Cœlentérés, les *Glaucus*, *Cavolinia*, *Carinaria* et les Janthines parmi les Mollusques, le *Sapphirina* parmi les Copépodes; cette couleur les rend difficilement visibles pour les Oiseaux qui volent au-dessus des vagues. On considère habituellement la transparence ou la

teinte bleue comme des moyens de défense (homochromie), destinés à dissimuler leur possesseur aux yeux de ses ennemis, et cela paraît en effet fort plausible. Mais il est difficile de généraliser l'explication : en effet, il n'y a pas de raison pour que les Siphonophores, les Physalies et d'autres se dissimulent, car ils sont si

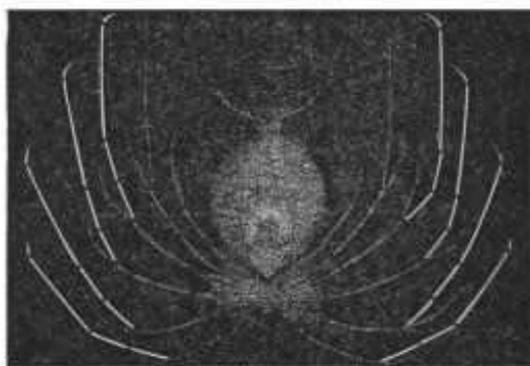


Fig. 41. — Larve pélagique (Phyllosome) de Langouste (*Palinurus vulgaris*).

formidablement armés par leurs nématocystes vénéneux qu'aucun ennemi ne doit oser les attaquer ; d'ailleurs beaucoup d'entre eux, bien que très transparents, sont néanmoins rendus fort visibles par le développement des organes génitaux opaques ou par des zones d'une vive couleur. L'homochromie ne paraît non plus être

utile aux petits animaux, Crustacés, Salpes, Vers, qui sont engloutis en nombre immense par les Poissons et les Cétacés, ni aux Vélelles bleues, dévorées en masse par les Albatros, les Tortues et les Janthines. Il est donc possible que ces couleurs prétendues homochromiques soient dues en réalité à une influence adaptative et non à un besoin de protection.

Comme les pélagiques sont des animaux essentiellement nageurs,

on doit s'attendre à trouver chez eux de nombreuses modifications mécaniques : les organes locomoteurs, rames des Annélides, pied des Mollusques (fig. 42), nageoires des Poissons, présentent un grand développement ; le corps s'allège par des accumulations de graisse



Fig. 42. — Mollusque pélagique (*Cleodora*) à ailes pédieuses très développées.

comme chez les Cétacés, par la diminution de la coquille devenue très mince chez les Janthines, les Carinaires et les Calmars, ou même complètement absente ; par l'adjonction de flotteurs remplis d'air, comme le pneumatophore de divers

Siphonophores, le flotteur pédieux des Actinies pélagiques (*Dactylominyas flava*), le radeau de bulles d'air auquel est suspendu la Janthine, etc. Chez beaucoup d'Invertébrés, le corps se gélifie, de façon à avoir une densité fort peu supérieure à celle de l'eau de mer (c'est peut-être l'explication de la transparence des pélagiques). Les organes internes, tube digestif et organes génitaux, se condensent le plus souvent en une petite masse opaque (*nucleus*) appendue au corps transparent (Salpes et Appendiculaires, Mollusques Hétéropodes, etc.), de façon à réduire le poids mort au minimum pour ne pas entraver la marche.

Les organes des sens sont habituellement très développés et constituent souvent les seuls points visibles de l'animal; les yeux notamment atteignent un haut degré de différenciation chez les Alciopes, *Tomopteris* et divers Crustacés pélagiques de surface, tandis qu'ils sont nuls ou rudimentaires chez les pélagiques profonds, vivant dans un milieu peu ou point éclairé. Il y a des otocystes (organes capables de percevoir les vibrations du milieu ambiant) chez beaucoup d'espèces, ainsi que des appendices tactiles extrêmement longs (notamment chez les Crustacés qui vivent à une certaine profondeur). Enfin

la phosphorescence se présente chez les Noctiluques, nombre de Méduses, chez les Salpes et Pyrosomes, et chez un Mollusque (*Phyllirhoe bucephala*); il est assez douteux que ce soit un moyen de protection capable d'éloigner les assaillants, comme on l'a pensé.

En somme, à part les particularités mécaniques, il est assez difficile d'expliquer beaucoup de modifications présentées par les pélagiques, ou pour mieux dire on ne saisit guère la relation qui les unit aux conditions spéciales de leur milieu.

**23. La vie dans les grands fonds.** — On admet généralement que la faune des grands fonds commence à partir de 400 mètres, bien que certaines espèces puissent remonter jusqu'à 150 mètres et même au delà; mais ce n'est qu'à partir de 2 000 mètres qu'abondent les formes à adaptations très spéciales, la véritable *faune abyssale* <sup>(1)</sup>. Elle vit dans des conditions très

---

(1) D'après les expériences de Regnard, c'est entre 2 000 mètres et 4 000 mètres de profondeur que se trouve le point critique qui sépare la faune dite profonde de la vraie faune abyssale; les animaux littoraux et leurs œufs peuvent supporter sans grand dommage jusqu'à 200 et 300 atmosphères de pression, tandis qu'ils sont tués au-delà.

spéciales : pas de lumière solaire, température voisine de 1°, pas de courants, absence presque totale de végétaux, un fond tapissé d'une vase résistante et généralement dépourvu de roches anfractueuses et de cailloux, enfin une énorme pression. Quelques-unes de ces conditions ont marqué d'une empreinte spéciale la faune des grands fonds, maintenant bien connue à la suite des grandes explorations sous-marines.

Il est certain qu'il ne pénètre pas trace de lumière solaire dans les abysses, et cependant la faune ne présente aucun des caractères (perte constante des yeux et des couleurs) qui sont si nets chez les animaux des cavernes ou des eaux souterraines (voir § 3). Les couleurs sont souvent fort vives : le violet, le rouge, le pourpre et le blanc porcelaine sont les couleurs dominantes ; le jaune est fréquent chez les Echinodermes (Comatules et *Calamoerinus*), l'écarlate chez les Crustacés ; beaucoup de genres abyssaux ont des œufs d'un bleu brillant, bien que cette couleur soit extrêmement rare dans la nature ; les Poissons sont le plus souvent violets, passant au brun, au noir ou à une teinte verdâtre ; les Annélides ne diffèrent pas comme coloration de leurs alliés littoraux. On a même cité quelques cas d'homochromie et de mimétisme,

qui seraient incompréhensibles en l'absence de lumière; ainsi quelques Poissons paraissent avoir les teintes brunes, grises ou noires de leur entourage; un Crabe allié aux Maiadés ressemble à un fragment de vase couvert de coraux, sur lequel serait planté une branche de Gorgonien blanc (*Isis*).

Quant aux yeux, ils sont normalement développés chez beaucoup d'espèces et atrophiés chez d'autres, ce qui semble une contradiction singulière: les Poissons de 5 000<sup>m</sup> ont des yeux absolument normaux comme dimensions et structure (ils ne sont modifiés singulièrement que chez une seule espèce, *Ipnops murrugi* Günther). Il est vrai que la plupart d'entre eux sont ou phosphorescents ou munis de plaques lumineuses qui éclairent leur route et leur permettent d'utiliser leurs yeux; ces derniers même brillent d'un éclat tout spécial chez les Requins de Sétubal (1 200 à 2 000<sup>m</sup>). Le *Bathypterois longipes*, qui n'est pas phosphorescent, a de très petits yeux, mais il est pourvu de deux longs filaments tactiles (premiers rayons des nageoires pectorales), avec lesquels il peut tâter les corps qui l'environnent de manière à suppléer au sens visuel qui est si peu développé.

Les yeux disparaissent parfois chez les Crus-

tacés ; quelques Décapodes, *Munidopsis*, *Nephropsis*, *Orophorhynchus* ont la cornée opaque et sans facettes ; chez un Crabe, le *Cymonomus granulatus* (800<sup>m</sup>), les pédoncules oculaires subsistent, mais les yeux qui devraient être au bout font défaut ; une espèce d'Ecrevisse (*Thaumastocheles zaleuca*, 820<sup>m</sup>) et les *Wilmœsia* n'ont ni pédoncules ni yeux, comme si le tout avait été habilement extirpé ; le *Lyreidus Channeri* (Crabe de 500 à 700<sup>m</sup>) est encore plus extraordinaire, car l'œil droit est complètement avorté, tandis que le gauche a gardé son aspect normal, à cela près que la cornée est opaque et sans facettes. Il n'y a pas de taches oculaires chez les Pycnogonides des grands fonds. Mais à tout prendre, ces types ne sont que des exceptions ; la plupart des espèces ont des yeux bien développés et même fort grands, notamment chez le *Bathynome géant* (Isopode de 1 740<sup>m</sup>) où ils comptent jusqu'à 4 000 facettes ; on connaît même des cas d'yeux supplémentaires comme chez les *Gnathophausia*, où il en existe sur une paire de pattes mâchoires, comme pour examiner la nourriture de plus près. Bien qu'un certain nombre de Crustacés soient munis de plaques phosphorescentes, il est assez difficile de comprendre pourquoi les yeux se sont conservés

dans la plupart des cas et atrophiés dans d'autres.

De nombreux Mollusques des abysses sont aveugles (*Fusus abyssorum* de 4 735<sup>m</sup>, *Pecten fragilis* de 3 000<sup>m</sup>) alors que les espèces littorales possèdent des yeux.

Il est donc certain que, pour certains animaux, il y a dans les abysses une nuit profonde, et que pour d'autres il y a une demi-lumière qui leur permet d'utiliser leurs yeux. La meilleure preuve que cette demi-lumière existe, c'est que les pigments sont conservés, ce qui n'arriverait pas dans l'obscurité complète (voir § 3); il est probable qu'elle est due à la phosphorescence si fréquente chez les animaux des grands fonds. Perrier remarque que la cécité frappe surtout les animaux marcheurs, tels que les Crustacés, les Pycnogonides et les Mollusques, tandis que les nageurs, tels que les Crevettes et les Poissons, conservent leurs yeux, aidés souvent par un luxe remarquable d'appareils tactiles. Cette remarque est très juste, mais il n'en reste pas moins incompréhensible que ces organes aient disparu dans certains cas, alors que les pigments ont continué à exister.

Les organes du tact, conséquences de la demi-obscurité, prennent chez certains Crustacés,

Pycnogonides et Poissons un développement tout à fait extraordinaire ; le *Nematocarcinus gracilis* (Crustacé Macroure) a de si grandes pattes qu'il semble perché sur des échasses ; il en est de même chez les *Colossandeis* et beaucoup d'autres.

Les Mollusques à coquille ne paraissent pas rencontrer dans les grands fonds des conditions bien favorables ; ils y sont d'ailleurs rares, la coquille est petite, mince et fragile, et généralement fort terne ; ainsi le *Pecten opercularis* qui sur le littoral mesure plus de 45<sup>mm</sup> et a de vives couleurs, n'a plus que 10<sup>mm</sup> à 1 000<sup>m</sup> de profondeur, en même temps qu'une teinte terne et pâle. Ce n'est point défaut de calcaire, car dans les mêmes fonds il ne manque pas d'Echinodermes et de Polypiers dont le squelette très épais est formé entièrement de carbonate de chaux.

Les espèces qui s'abritent dans des tubes fabriqués de toutes pièces ou empruntés à d'autres animaux trouvent difficilement dans les grands fonds les matériaux qui leur sont nécessaires ; aussi se modifient-elles assez profondément ; les Annélides Sédentaires, au lieu de fabriquer des tubes en petits cailloux comme les Térébelles de nos côtes, utilisent la vase et les débris à leur portée, grands spicules d'Eponges,

Foraminifères, et même, dans les mers du Japon, de longues feuilles de Conifères amenées par les cours d'eau. Les Pagures ou Bernards-l'Hermitte de nos côtes abritent leur abdomen mou dans une coquille à leur taille, qu'ils changent lorsqu'ils grandissent, mais dans les grands fonds, les coquilles sont rares et toujours petites, aussi les *Catapagurus* des abysses gardent-ils la même pendant toute leur vie, traînant à l'extrémité de leur gros corps une petite coquille les abritant très incomplètement ; les *Xylopagurus* (500 à 700<sup>m</sup>) s'établissent à l'intérieur de morceaux coulés de bois ou de bambou, fermant l'orifice inférieur avec l'extrémité durcie de l'abdomen ; les *Pomatocheles* et *Pylocheles* sont libres ou se construisent un abri de sable agglutiné ; les *Ostraconotus* (300<sup>m</sup>) et les *Tylaspis* (4346<sup>m</sup>) replient simplement leur abdomen mou sous leur céphalothorax, sans chercher à le protéger autrement.

Enfin beaucoup de Paguriens abyssaux, ne pouvant trouver d'abris convenables, vivent en commensalisme soit avec des Actinies simples, soit avec des colonies d'Epizoanthes, qui leur assurent une protection efficace.

L'absence de corps solides rend difficile la fixation au sol ; les animaux sédentaires sont

donc forcés de prendre racine dans la vase, ce qui explique la présence de longs pédoncules à la base des Eponges (*Hyalonema*, *Euplectella*) et des Cœlentérés (*Virgularia*, *Umbellularia*) ; c'est pour cette raison que les Crinoïdes à tige munie de racines (*Rhizocrinus*, *Bathycrinus*, *Hyocrinus*), et les Ascidies et Bryozoaires pédonculés sont plus fréquents dans les grands fonds que partout ailleurs. Les Cirripèdes (Lepadides) qui adhèrent habituellement à des objets flottants (fig. 39) ou à des rochers, se fixent dans les grands fonds sur des Crustacés ou d'autres animaux.

La faune profonde des grands lacs est, comme on peut s'y attendre, beaucoup moins différente de la faune de surface puisque quelques centaines de mètres à peine les séparent ; s'il y existe quelques espèces modifiées, on reconnaît aisément leur parenté avec une espèce superficielle. C'est ainsi que l'*Asellus Forelli* des profondeurs (lacs Léman et du Bourget) dérive d'*Asellus aquaticus* ; les *Limnea profunda* et *abyssicola*, des *Limnea stagnalis* et *palustris*, etc. D'ailleurs il doit y avoir constamment une émigration de la surface vers le fond, de sorte qu'il est assez difficile qu'une faune à caractères très tranchés puisse s'y établir. Tous les groupes

d'eau douce sont représentés dans la faune profonde, pauvre en espèces, mais assez riche en individus.

La lumière ne pénètre pas dans les lacs au-delà de 200<sup>m</sup> (impression des plaques photographiques), et déjà à 170<sup>m</sup> l'obscurité est comparable à celle d'une nuit sans lune; aussi quelques espèces sont-elles aveugles ou à yeux rudimentaires (*Asellus Forellii*, *Gammarus puteanus*, etc.). Forel a trouvé, dans le lac de Genève, des *Dendrocaelum lacteus* et *fuscus* aveugles avec d'autres individus munis encore d'yeux (1). Les conditions défavorables d'existence modifient sensiblement les *Pisidium* (Lamellibranches) du lac de Genève (25 à 300<sup>m</sup>) dont les individus profonds ont par rapport à leurs congénères de la surface une taille exiguë et la charnière de la coquille très simplifiée. Le cas d'adaptation le plus caractérisé est celui de la *Limnea abyssicola* (234<sup>m</sup>), dont le poumon au lieu de renfermer de l'air comme à la surface est constamment rempli d'eau.

**24. La vie dans les îles.** — Les îles appartiennent à deux catégories bien distinctes : les

---

(1) Voir § 3 pour l'étude de la faune souterraine, qui présente des rapports intimes avec celle des fonds de lacs.

unes faisaient autrefois partie de continents, et en ont été détachées à une époque plus ou moins ancienne (Iles Philippines, Iles de la Manche) ; les autres sont des formations entièrement nouvelles, madréporiques ou volcaniques, sorties telles quelles du sein des mers (Canaries, Açores, Iles du Cap Vert). La composition de la faune sera nécessairement très différente dans les deux cas : dans le second, il n'y aura absolument que des animaux importés par les courants, les vents, les Oiseaux migrants, etc. ; dans la première, outre la faune d'importation, il pourra y avoir une faune de premier fond, identique à celle du continent dont l'île a été détachée.

Les conditions spéciales de la vie dans les îles donnent à leurs habitants des caractères assez spéciaux, d'autant plus accentués que l'île est plus petite : souvent une diminution dans la taille des Mammifères, soit que l'influence de l'espace se fasse sentir, soit plutôt parce que la nourriture est peu variée et même peu abondante. En Corse, le *Cervus corsicanus* (qui descend du grand *Cervus elaphus*), les Chevaux et les Bœufs sont de petite taille, de même que les Éléphants fossiles de Malte. Dans l'une des plus petites des Iles Canaries, le Bœuf y est plus petit que dans les autres, bien qu'ils soient tous de la

même race, et il en est de même, paraît-il, pour les Chevaux et même les Hommes. Cette constatation est encore plus frappante pour certaines espèces dont on connaît la date d'importation, comme pour les Chevaux importés d'Espagne dans les îles Falkland, en 1764, et les Lapins importés dans l'île de Porto-Santo près Madère en 1419 et dans l'île Lipari. Certains animaux ont dû changer leur régime alimentaire pour pouvoir subsister : un Rongeur, le *Myopotamus Coypu* qui, en terre ferme, mange des racines, a adopté aux îles Chono (côte ouest de l'Amérique du Sud) une nourriture animale, consistant surtout en coquilles marines. Un Oiseau, le *Larus argentatus* des îles Shetland, se nourrit en été de grains, en hiver de poissons (Edmonstone). Enfin une variété bleu noirâtre de *Lacerta muralis*, qui vit dans l'île Ayre, l'une des Baléares, sur un sol dégarni où on ne trouve pas un Insecte durant les mois secs (juin à octobre), a été forcé de se rejeter pendant ce temps sur les végétaux (herbes et fruits) ; Semper en a nourri quelques exemplaires pendant plusieurs mois, uniquement avec des fruits doux et juteux. Dans le même ordre d'idées, on peut encore citer les Poneys islandais qui, pendant l'hiver, ne trouvant plus d'herbes, ont été forcés de se rabattre

sur les têtes de morues salées qu'ils dévorent avidement. Il est certain que toutes les espèces importées qui se sont maintenues ont dû changer notablement non seulement de régime, mais même de mœurs pour rester en harmonie avec le milieu ; on rapporte à ce sujet une observation intéressante sur les Pinsons apportés à la Nouvelle-Zélande et mis en liberté ; ils ont construit un nid d'une forme particulière, prolongé en une poche qui pend le long de la branche qui le soutient, rappelant celui des *Baltimore* vulgaires (*Icteridæ*), sans doute parce que n'ayant aucun individu de leur espèce qui puisse les renseigner, ils ont copié le premier type de nid qu'ils ont trouvé. Le climat généralement plus doux que sur les continents, ou en tous cas plus uniforme, amène généralement la disparition des couleurs hivernales : ainsi le Coq de bruyère rouge (*Lagopus scoticus*) particulier aux Iles Britanniques, ne diffère du *Lagopus albus* qu'en ce qu'il ne devient pas blanc pendant l'hiver ; sa teinte est même plus sombre durant cette saison.

Deux modifications très caractéristiques des Iles portent sur la couleur et la perte de la faculté de voler : que ce soit une influence de l'humidité (voir § 8) ou autre chose,

un certain nombre d'animaux ont des teintes sombres : les *Lacerta muralis*, qui présentent des variétés différentes presque dans chaque île, sont très généralement bruns, ou plus ou moins maculés de noir (Glénans, îles de la Méditerranée, île d'Yeu, comme en terre ferme à la pointe de Raz et aux Sables d'Olonne) ; le *Lacerta Simonyi* de l'une des Canaries (probablement *L. ocellata* modifié) est tout noir ; des Papillons des Hébrides (*Larentia*, *Melanippe*) sont gris ou noirs. La faune des îles Galapagos est encore plus remarquable à cet égard : des Oiseaux, parmi lesquels une Chouette (*Asio galapagoensis*), un Héron de nuit (*Nycticorax pauper*), une Mouette (*Larus fuliginosus*), un Lézard Igua-noïde (*Oreocephalus*), un Serpent de Robben Island (*Coronella phocarum*) ont des teintes très sombres (je ferai remarquer cependant que les Galapagos sont formées par des roches noires ; il est possible que la couleur analogue des animaux soit un pur phénomène d'homochromie défensive ou offensive, et n'ait pas de rapport avec l'influence hypothétique de la vie insulaire.) D'autre part, Wallace a attiré l'attention sur la fréquence des marques blanches sur les Papillons et les Oiseaux de certaines îles ; or le blanc est une couleur très voyante qui doit attirer

l'attention de leurs ennemis ; Wallace pense qu'il est moins nuisible dans les îles que partout ailleurs en raison de la rareté positive des Mammifères et Oiseaux de proie, et de l'exubérance de la végétation tropicale ; par suite, il a pu être conservé comme couleur de reconnaissance.

Les Insectes des îles sont fort souvent incapables de voler. Sur cinq cent cinquante espèces de Coléoptères de Madère, deux cents ont les ailes très imparfaites ; sur les vingt-neuf genres indiqués comme propres à Madère, il n'y en a pas moins de vingt-trois dont toutes les espèces présentent ce caractère (Wollaston). Dans la même île, on n<sup>e</sup> trouve pas les groupes d'Insectes dont la vie nécessite un vol fréquent (Cicindélides, Melolonthides, Elatérides, etc.) ; par contre, les quelques espèces qui volent sur les fleurs (Lépidoptères et certains Coléoptères) ont des ailes plutôt agrandies. A l'île de Kerguelen, le peu d'Insectes qui s'y trouvent sont tous incapables de voler et beaucoup n'ont plus d'ailes (Phalènes, quelques Mouches, nombreux Coléoptères). On a constaté des faits analogues aux Canaries. La raison d'être de cette modification se comprend aisément : il y a beaucoup d'ouragans à Madère, de même qu'à Kerguelen, île sans forêts et très exposée aux tempêtes ; les Insectes qui volent constamment étant

donc exposés à être entraînés par le vent et jetés à la mer, un certain nombre de groupes ont dû être exclus par cela même. Dans les autres, les individus mauvais voiliers, à ailes courtes ou se servant peu de ces organes, avaient plus de chance que les autres de survivre, et par sélection naturelle, le caractère utile a été toujours en s'accroissant jusqu'à la disparition plus ou moins totale. C'est pour la même raison que la *Vanessa urticæ* de l'île de Man a la moitié des dimensions normales des individus d'Angleterre et d'Irlande ; de même, la *Vanessa callirhoe* est plus petite à Porto-Santo, île dénudée, qu'à Madère, île adjacente, mais plus grande et plus boisée. On comprend également que dans les genres où les ailes ont persisté, celles-ci ont pris une surface plus considérable que d'habitude, afin de pouvoir mieux résister au vent.

Ce qui donne un caractère très spécial à la faune de certaines îles, ce sont les places vides qui y existent, c'est-à-dire l'absence de tel ou tel groupe terrestre, et leur remplacement par des animaux adaptés ailleurs à un tout autre genre de vie. Ainsi dans les îles de formation récente, il y a absence presque complète de Mammifères (sauf les Chauves-souris qui peuvent y arriver en volant), en raison de la difficulté de l'immigra-

tion ; la place qu'occupent habituellement les Mammifères sur la terre est donc vacante ; ils sont remplacés par des Oiseaux, des Reptiles qui prennent plus ou moins leurs habitudes et leur manière de vivre. C'est ainsi que les Oiseaux coureurs à ailes rudimentaires sont fréquents dans les îles : à la Nouvelle-Zélande, les gigantesques *Palapteryx* et *Dinornis* aujourd'hui disparus, l'*Apteryx*, des Rallides comme l'*Ocydromus australis* et le *Notornis Mantellii*, aux îles Mascareignes, le Dronte (*Didus ineptus*), le Solitaire (*Pezophaps solitaria*), le Géant (*Leguatia gigantea*), l'Oiseau-bleu, des Ocydromes, etc. ; la Poule d'eau de Tristan d'Acunha, qui n'a pas d'ennemis terrestres à redouter, voltige encore un peu, mais pour fuir se sert surtout de ses jambes. Les grandes Tortues terrestres se rencontrent aux Galapagos, également sans Mammifères ; le *Macroscincus*, géant des Sauriens, se trouve seulement dans deux îles désertes de l'archipel du Cap Vert. Il est facile de prévoir que lorsque les Mammifères importés par l'homme pénètrent dans ces îles, ils reprennent rapidement leur place et éliminent les Oiseaux et Reptiles moins bien adaptés qui les remplaçaient ; aussi nombre de ces espèces insulaires ont-elles déjà disparu depuis l'époque

historique, et il n'y a pas de raison pour que la disparition ne soit pas totale.

En raison de la dimension restreinte des îles, la lutte pour l'existence y est plus âpre que partout ailleurs pour les divers individus d'une même espèce ; aussi fait-elle rapidement disparaître les formes mal adaptées et conserve toutes les variations individuelles qui diminuent la concurrence. En effet, il est bien connu (Wallace) que plus grande est la diversité des organismes habitant une région donnée, plus grande sera la somme totale de vie que nourrira la terre. C'est pour cette raison que dans les petites îles, les Insectes et les Mollusques sont extraordinairement variés, bien qu'ils appartiennent à un petit nombre de groupes ; toutes ces variétés sont localisées dans des vallées, des plis de terrain ; ainsi dans les îles d'Hawaï on compte en tout trois cents espèces de coquilles terrestres, presque toutes des Achatinelles, dont chacune occupe un petit espace bien limité auquel elle est sans doute parfaitement adaptée. Dans la région boisée d'Oahu, une des Hawaï, les cent soixante-quinze coquilles terrestres qui s'y trouvent comptent jusqu'à sept et huit cents variétés, toutes étroitement localisées dans des vallées.

C'est pour une raison analogue, la lutte sévère pour l'existence amenant une adaptation parfaite aux conditions ambiantes, que chacune des îles d'un archipel a pour ainsi dire ses espèces spéciales, bien qu'elles dérivent toutes d'un type commun. Il en est ainsi pour les Papillons de l'archipel malais (Wallace), pour la faune malacologique de Madère, des Açores, des îles du Cap Vert, de Sainte-Hélène, pour les espèces des Coléoptères *Olisthopus* et *Pimelia* des Canaries, les Tortues et les Lézards des Galapagos, les Lézards des îles méditerranéennes, etc. Un exemple classique de transformation particulièrement rapide due aux conditions spéciales de la vie insulaire, nous est fourni par le Lapin de Porto Santo. Des Lapins domestiques lâchés dans cette île vers 1419 par un navigateur, se sont multipliés à un point tel qu'on a dû abandonner l'île, qui n'était auparavant habitée par aucun carnassier ou animal terrestre; ils se sont modifiés considérablement, si bien que maintenant, quatre cents ans après, ils pourraient constituer une espèce distincte (*Lepus Huxleyi* d'Hœckel). Bien que les conditions ambiantes leur soient très favorables, les Lapins de Porto-Santo sont plus petits que les Lapins anglais et ont perdu presque la moitié de leurs poids; leur coloration

est un peu différente (elle revient rapidement à la couleur habituelle sous le climat d'Angleterre, en moins de quatre ans sur un même individu); ils sont extraordinairement actifs et sauvages, et ont des habitudes nocturnes à un haut degré. Fait remarquable : les mâles de cette nouvelle espèce de Lapins, dérivée certainement du Lapin domestique, refusent maintenant de reproduire avec les femelles des autres races (Darwin). C'est sans aucun doute par des transformations analogues que sont nées les nombreuses espèces spéciales des archipels.

**25. Remarques sur les autres milieux.** — Dans les cinq paragraphes qui précèdent, j'ai examiné un certain nombre de milieux dont les habitants ont dû prendre des habitudes ou des caractères particuliers, qui les distinguent nettement; parmi les sujets à traiter, j'ai choisi les moins connus et les plus intéressants, mais on comprend facilement que j'en ai laissé beaucoup de côté; il faudrait, pour être complet, passer en revue toute l'anatomie comparée, car en somme presque toutes les particularités d'organisation résultent d'adaptations aux exigences extérieures. La vie arboricole (Singes, Lémuriens, Paresseux, etc.), le séjour dans des terriers (Taupe, Tatous, Courtilière, etc.), marquent d'une em-

preinte caractéristique les animaux les plus variés, les font *converger* vers un même idéal commun. Parmi les sujets les plus importants, je citerai surtout l'adaptation des animaux terrestres à la vie aquatique (Cétacés, Phoques, Reptiles, nombreux Insectes), l'adaptation des animaux aquatiques à la vie terrestre (nombreux Vers, Mollusques, Crustacés), l'adaptation à la vie aérienne (Mammifères à parachute, Chauves-Souris, Reptiles et Poissons Volants, Insectes), etc.; on trouvera de bons renseignements à ce sujet dans la plupart des livres de zoologie, et notamment dans la *Zoologie* de Perrier, à laquelle je renvoie le lecteur.

Enfin un certain nombre de paragraphes qui trouveraient ici leur place logique ont été traités ailleurs, à propos de l'influence des facteurs primaires; l'adaptation à la chaleur et au froid à propos de la température (§ 2); la vie dans les eaux souterraines et les cavernes à propos de la lumière (§ 3); l'adaptation des animaux marins à l'eau douce, des animaux d'eau douce à l'eau salée, et enfin la vie dans les eaux sursalées, dans les §§ 9, 10 et 11; l'influence des sols siliceux sur les animaux qui y vivent dans le § 7.

---

## CONCLUSION

—

La longue étude que nous avons faite dans le Chap. I montre d'une façon indiscutable que lorsqu'on change les conditions de milieu d'un individu donné, il arrive souvent, *mais pas toujours*, que cet individu, ou tout au moins sa progéniture immédiate, se modifie d'une façon plus ou moins profonde soit dans un sens progressif et avantageux, soit dans un sens régressif ; je comparerai volontiers l'animal en question à une réaction chimique qui, dans des circonstances définies, donne toujours les mêmes produits, tandis que si l'on change quelque-une de ces circonstances, ou si l'on ajoute un nouveau réactif, elle donne des produits différents.

Si l'espèce ainsi modifiée peut vivre dans son nouveau milieu, si elle ne rencontre pas des concurrents mieux armés qui la suppriment, on

aura assisté ainsi à la création d'une variété ou d'une espèce plus ou moins distincte du type originel et due à un pur effet de milieu : cette explication est vraisemblablement très admissible pour les espèces dites climatériques, si fréquentes chez les Papillons, pour les types plus ou moins profondément modifiés des eaux souterraines et des fonds de lacs, des eaux saumâtres ou sursalées, peut-être même pour certains habitants des îles, etc.

Mais il serait imprudent d'exagérer, comme le fait actuellement l'école des néo-lamarckistes américains et français, la part qui revient aux influences extérieures dans la formation des espèces ; si quelques traits d'organisation, d'une importance secondaire, quelques détails de couleur ou de forme peuvent être déterminés par le milieu, le rôle principal revient, comme le pensent les darwinistes purs, à la sélection naturelle, qui choisit et conserve les variations favorables dans la lutte pour l'existence, et élimine les défavorables. C'est ainsi que naissent ces adaptations si curieuses des animaux des grands fonds, des îles, du littoral, etc., que nous avons rapidement retracées, et qui, par leur précision même, avaient donné naissance à l'illusion finaliste.

On confond beaucoup trop souvent la *modification* amenée par le passage dans un milieu donné, avec l'*adaptation* à ce même milieu. Qui dit adaptation dit transformation utile de l'espèce, lui permettant de se maintenir et de prospérer; tandis que la modification s'opère dans un sens quelconque, et peut parfaitement aller à l'encontre de l'adaptation future. La première est du ressort de la sélection naturelle; la science future, il faut l'espérer, démontrera que la seconde est un phénomène purement physique ou chimique, et en éclaircira les lois.

---



## BIBLIOGRAPHIE

---

La bibliographie relative aux actions de milieu est tellement considérable que j'ai dû renoncer à en donner même un résumé ; on la trouvera d'ailleurs à peu près complète dans un ouvrage de Thomson, cité plus bas. Cette liste ne comprend qu'un certain nombre de travaux d'ensemble, dont chacun a condensé un grand nombre de renseignements, et quelques mémoires ou récents ou d'une importance exceptionnelle. Si le lecteur veut approfondir quelqu'un des sujets résumés dans ce livre, il pourra faire assez facilement la bibliographie en se reportant d'abord à Semper et à Thomson, puis aux travaux d'ensemble ayant traité la question.

- AGASSIZ. — *General Sketch of the expedition of the Albatross*. Bull. Mus. Comp. Zool., vol. 23, 1892 (renseignements sur la faune abyssale et pélagique).
- BATESON. — *On some variations of Cardium edule apparently correlated to the conditions of life*. Phil. Trans. London, vol. 180 B, 1889 (eau sursalée).
- BEDDARD. — *Animal Coloration*. London, 1892 (renseignements relatifs aux modifications de couleurs)

- BOAS. — *Kleinere carcinologische Mitteilungen*. Zool. Jahrb., bd 4, 1889 (évolution de Palemonetes).
- CAMERANO. — *Arch. ital. de Biologie*, vol. 5, 1884, et vol. 15, 1891 (bibliographie de la néoténie des Batraciens, etc).
- DARWIN. — *Le la variation des animaux et des plantes sous l'influence de la domestication*. Paris, Reinwald, 1868.
- *Origine des espèces*. Paris, Reinwald, 1873.
- EISIG. — *Capitelliden*. Fauna und Flora des Golfes von Neapel, 1887 (théorie sur la signification des pigments, etc.).
- FILHOL. — *La vie au fond des mers*. Paris, Masson, 1886.
- FREDERICQ. — *La lutte pour l'existence chez les animaux marins*. Paris, J. B. Baillière, 1889 (salure, température, etc).
- GEDDES et THOMSON. — *L'évolution du sexe*. Paris, Babé, 1892 (bibliographie de l'influence des milieux sur le sexe et la reproduction).
- GIARD. — *La castration parasitaire*. Bulletin Scient. du Nord, t. 18, 1887. (progénèse et questions connexes).
- GOGORZA. — *Influencia del agua dulce en los animales marinos*. Soc. Esp. de Hist. Nat., t. 20, 1891 (bibliographie).
- DE GUERNE. — *Excursions zoologiques dans les îles de Fayal et de San-Miguel*. Paris, Gauthier-Villars, 1888 (bibliographie sur la faune des îles).
- IRVINE et WOODHEAD. — *Secretion of Carbonate of Lime by Animals*. Proc. Roy. Soc. Edinburgh, 1888 et 89 (rôle des sels de chaux).

- JOSEPH. — *L'influence de l'éclairage sur les organes visuels des cavernicoles, etc.* Bull. Soc. Zool. de France, 1892 (renseignements sur faune des lieux obscurs).
- DE KERHERVÉ. — *De l'apparition provoquée des éphippiés chez les Daphnies.* Mém. Soc. Zool. de France, t. 5, 1892.
- KOCHS. — *Ueber die Vorgänge beim Einfrieren und Austrocknen von Thieren und Pflanzensamen.* Biol. Centralb., bd 12, 1892.
- LOCARD. — *L'influence des milieux sur le développement des Mollusques.* Lyon, 1892 (nombreux renseignements relatifs à ce groupe).
- MAUPAS. — *La multiplication et le rajeunissement karyogamique chez les Ciliés.* Arch. Zool. exp., t. 6, et 7, 1888 et 1889).
- *Sur le déterminisme de la sexualité chez Hydatina senta.* Comptes Rendus Ac. Sc. Paris, 1891.
- MONIEZ. — *Faune des eaux souterraines du département du Nord, etc.* Revue Biol. du Nord, t. 1, 1888 (bonne bibliographie de la faune des lieux obscurs).
- PERRIER. — *Les explorations sous-marines,* Paris.  
— *Traité de Zoologie,* fasc. I. Paris, Savy, 1891.
- REGNARD. — *La vie dans les eaux.* Paris, Masson, 1892 (pression, température, salure, etc.).
- SCHWALBE. — *Ueber den Farbenwechsel winterweisser Thiere.* Morph. Arb. Schwalbe, bd 2, 1893.
- SEMPER. — *Die natürlichen Existenzbedingungen der Thiere.* Leipzig, 1880.
- SINROTH. — *Die Entstehung der Landtiere.* Leipzig, Engelmann, 1891 (bibliographie considérable relative à un grand nombre de questions).

- THOMSON. — *Synthetic summary of the influence of the environment upon the organism*. Proc. Roy. Soc. Edinburgh, t. 9, 1888 (bibliographie du sujet).
- DE VARIGNY. — *Experimental Evolution*. Nature Series, London, Macmillan, 1892.
- WALLACE. — *Island Life*. London, 1880.
- *Le Darwinisme*. Paris, Lecrosnier et Babé, 1891.
- WALTHER. — *Bionomie des Meeres*, Jena, 1893.
- WEISMANN. — *Das Keimplasma*, Jena, 1892 (ouvrage fondamental au point de vue théorique, notamment pour l'hérédité des influences de milieu).
- YUNG. — *Contributions à l'histoire de l'influence des milieux physico-chimiques sur les êtres vivants*. Comptes Rendus Ac. Sc. Paris, 1885 et 1892; Arch. Zool. exp., 1878 et 1883 (expériences sur les têtards et d'autres animaux).

## TABLE DES MATIÈRES

---

Introduction	Pages 5
--------------	------------

### CHAPITRE PREMIER

#### *Influence des facteurs primaires*

La nourriture . . . . .	9
La température	16
La lumière	32
La pression .	48
Influence de l'espace.	50
" du mouvement de l'eau	53
" des sels de chaux sur l'organisme	54
" de l'humidité sur les animaux ter- restres .	57
Adaptation des animaux marins à l'eau douce	58
" des animaux d'eau douce à l'eau salée.	73
Adaptation à l'eau sursalée	80
Remarques sur les trois paragraphes précédents.	83

## CHAPITRE II

*Influence du milieu sur la sexualité, la reproduction  
et le développement.*

	Pages
Différenciation du sexe .	87
Influence du milieu sur la stérilité	93
Influence du milieu sur la multiplication asexuelle . . . . .	97
Influence du milieu sur la parthénogénèse saison- nière	98
Pœcilogonie .	101
Néoténie . .	104

## CHAPITRE III

*Adaptations aux différents milieux*

Convergence	114
Résistance à la dessiccation, au manque d'eau	127
Résistance aux vents et aux courants.	138
La vie pélagique . . . . .	140
La vie dans les grands fonds	147
La vie dans les îles . . . . .	155
Remarques sur les autres milieux.	165
CONCLUSION	167
BIBLIOGRAPHIE .	171

VINGT-DEUXIÈME ANNÉE



41 VOLUMES PARUS

**REVUE DES SCIENCES**  
**ET DE LEURS APPLICATIONS AUX ARTS ET A L'INDUSTRIE**

*Journal hebdomadaire illustré*

**RÉDACTEUR EN CHEF : GASTON TISSANDIER**

*La Nature*, fondée en 1873 par M. Gaston Tissandier, est le plus considérable des journaux de vulgarisation scientifique, par son nombre d'abonnés, par la valeur de sa rédaction, par la sûreté de ses informations.

Des collaborations éminentes lui permettent de tenir de la façon la plus précise ses lecteurs au courant de toutes les découvertes, de tous les travaux importants, de toutes les observations curieuses, sa grande notoriété, sa vaste circulation non seulement en France, mais à l'étranger, lui donnent, pour parler de tous les événements qui touchent à la science, avec rapidité et avec autorité, des moyens d'information dont elle sait faire profiter largement le public.

D'une indépendance absolue, *La Nature* peut, sans craindre d'être accusée de complaisance ou de mercantilisme, faire une large part à la science pratique, même dans ses plus modestes applications.

Elle a, la première, inauguré ces *Récréations scientifiques*, qui ont si souvent amusé en même temps qu'instruit les lecteurs de tous les âges.

Elle a su faire à l'illustration une place chaque jour plus grande, en s'imposant depuis longtemps la règle de ne donner jamais que des figures originales exécutées par nos meilleurs artistes.

Grâce à la Boîte aux lettres publiée chaque semaine dans *La Nature*, tous les lecteurs, en quelque sorte, deviennent les collaborateurs du directeur, notamment pour ces inépuisables recettes dont on est si fier, pour les renseignements usuels, qu'on ne sait, surtout hors de Paris, comment se procurer.

*La Nature* n'est pas seulement un Journal; il suffit de feuilleter la collection, pour voir que son rôle n'est pas si éphémère; c'est aussi un répertoire précieux qui, après avoir passé sur le bureau du savant, sur la table du salon, ou dans la salle d'étude, prend dans la bibliothèque une place d'honneur pour être relu ou consulté, pour être feuilleté même au point de vue artistique. C'est une véritable Encyclopédie, qui comprend aujourd'hui 40 volumes.

**ABONNEMENTS** { Paris : Un an, 20 fr.; Six mois, 10 fr.  
 { Départements : — 25 fr.; — 12 fr. 50

CHAQUE ANNÉE FORME DEUX VOLUMES

On s'abonne à la Librairie G. Masson, 120, boulevard St-Germain, Paris.

DICTIONNAIRE  
DES ARTS & MANUFACTURES  
ET DE L'AGRICULTURE

FORMANT UN TRAITÉ COMPLET DE TECHNOLOGIE

Par Ch. LABOULAYE

Avec la collaboration de Savants, d'Industriels et de Publicistes

SEPTIÈME ÉDITION, PUBLIÉE EN 5 VOLUMES

REVUE ET COMPLÉTÉE A LA SUITE DE L'EXPOSITION DE 1889

Imprimée sur deux colonnes avec plus de 5,000 figures  
dans le texte. Prix des 5 volumes : brochés. 120 fr.  
reliés. . . . . 145 fr.

Le *Dictionnaire des Arts et Manufactures* est devenu, par son grand et légitime succès, un ouvrage classique parmi les ingénieurs et tous ceux qui s'intéressent aux progrès de l'industrie.

C'est un ouvrage de recherches et d'études que l'on consulte, non seulement pour y trouver des renseignements sur sa propre industrie, mais souvent aussi sur les procédés des industries connexes, et sur les questions générales qui intéressent toute entreprise industrielle. L'Exposition de 1889 a fourni une abondante récolte d'indications précieuses, mises à profit par les collaborateurs de M. Ch. Laboulaye qui continuent son œuvre. Parmi les sujets remaniés ou traités à nouveau dans leur entier, nous citerons : l'électricité (installation d'éclairage, projets de machine, transport de la force, etc.), le verre, le sucre, les constructions métalliques, l'éclairage, la métallurgie, les canaux, le matériel des chemins de fer, les instruments d'agriculture, la statistique graphique, la statistique industrielle et agricole, les institutions de prévoyance (caisses de retraites, assurances, sociétés coopératives, réglementation du travail, syndicats professionnels, etc.). La nouvelle édition du *Dictionnaire des Arts et Manufactures* est tenue au courant des progrès, et nous avons lu avec grand intérêt, parmi les articles nouveaux, ceux qui se rapportent à la statistique et aux institutions de prévoyance. Cette nouvelle édition avec le succès de ses devancières.

(Extrait de *La Nouvelle*)

LIBRAIRIE G. MASSON, 129, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, A PARIS

**Dictionnaire des Arts et Manufactures et de l'Agriculture**, par Ch. LABOULAYE et une réunion de savants, d'ingénieurs et d'industriels. 7<sup>e</sup> édition. 5 vol. . . . . 120 fr.

**Cours de Minéralogie**, professé à la Faculté des Sciences de Paris, par Charles FRIEDL, membre de l'Institut, professeur à la Faculté des Sciences, conservateur de la collection minéralogique à l'École nationale supérieure des Mines. Minéralogie générale. 1 volume in-8<sup>e</sup>. . . . . 10 fr.

**Traité élémentaire de minéralogie**, par M. PISANI, précédé d'une préface par M. DESCLOITREUX, de l'Institut. 3<sup>me</sup> édition, revue et augmentée, 1 volume in-8 avec 212 figures dans le texte. . . . . 8 fr.

**Les Minéraux usuels, et leur essai chimique sommaire** par F. PISANI, ouvrage destiné aux industriels, mineurs, fabricants de produits chimiques, pharmaciens, bijoutiers, lapidaires, etc. 1 vol. in-18, cartonnage souple. . . . . 2 fr.

**Traité de physique industrielle, production et utilisation de la chaleur**, par L. SÉN, professeur à l'école centrale des Arts et Manufactures, avec la collaboration de MM. L. CANNET et E. HENSCHEK, ingénieurs des Arts et Manufactures, membres de la Société des ingénieurs civils, membres de la Société de médecine et d'hygiène professionnelle, 2 forts volumes in-8 illustrés de 790 figures. . . . . 45 fr.

I. — Principes généraux et appareils considérés d'une manière générale indépendamment de toute application particulière (foyers récepteurs de chaleur, cheminées, ventilateur, thermodynamique). 1 fort vol. in-8 avec 362 figures . . . . . 22 fr. 50

II. — Chaudières à vapeur. — Distillation. — Evaporation et séchage. — Désinfection. — Chauffage et ventilation des lieux habités. 1 fort volume in-8 avec 428 figures. . . . . 22 fr. 50

**Traité de chimie minérale et organique**, comprenant la chimie pure et ses applications, par MM. Ed. WILLM, professeur à la Faculté des sciences de Lille, et HANNIOT, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris, 4 vol. grand in-8 avec figures dans le texte. . . . . 50 fr.

**Guide pratique d'analyse qualitative par voie humide**, par R. DEFRAY, 1 vol. in-18 cartonné . . . . . 2 fr. 50

**Traité de chimie agricole, développement des végétaux. Terre arable. — Amendements et engrais**, par M. P. DEHERAIN, membre de l'Institut, professeur au Muséum d'histoire naturelle et à l'école d'agriculture de Grignon, 1 vol. grand in-8 avec figures. . . . . 16 fr.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS  
Envoi franco contre mandat-poste ou valeur sur Paris

# COURS DE PHYSIQUE

DE  
L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE

PAR M. J. JAMIN

QUATRIÈME ÉDITION

AUGMENTÉE ET ENTIÈREMENT REFOUNDUE,

PAR

M. BOUTY,

Professeur à la Faculté des Sciences de Paris.

Quatre Tomes in-8, de plus de 4000 pages, avec 1587 figures et 14 planches sur acier, dont 2 en couleur; 1885-1891. (OUVRAGE COMPLET) . . . . . 72 fr.

On vend séparément :

TOME I. — 9 fr.

- (\*) 1<sup>er</sup> fascicule. — *Instruments de mesure. Hydrostatique*; avec 150 fig. et 1 planche . . . . . 5 fr.  
2<sup>e</sup> fascicule. — *Physique moléculaire*; avec 93 figures . . . . . 4 fr.

TOME II. — CHALEUR. — 15 fr.

- (\*) 1<sup>er</sup> fascicule. — *Thermométrie. Dilatations*; avec 98 fig. . . . . 5 fr.  
(\*) 2<sup>e</sup> fascicule. — *Calorimétrie*; avec 48 fig. et 2 planches . . . . . 5 fr.  
3<sup>e</sup> fascicule. — *Thermodynamique. Propagation de la chaleur*; avec 47 figures . . . . . 5 fr.

TOME III. — ACOUSTIQUE; OPTIQUE. — 22 fr.

- 1<sup>er</sup> fascicule. — *Acoustique*; avec 123 figures. . . . . 4 fr.  
(\*) 2<sup>e</sup> fascicule. — *Optique géométrique*; avec 139 figures et 3 planches. . . . . 4 fr.  
3<sup>e</sup> fascicule. — *Étude des radiations lumineuses, chimiques et calorifiques; Optique physique*; avec 249 fig. et 5 planches, dont 2 planches de spectres en couleur . . . . . 14 fr.

(\*) Les matières du programme d'admission à l'École Polytechnique sont comprises dans les parties suivantes de l'Ouvrage : Tome I, 1<sup>er</sup> fascicule; Tome II, 1<sup>er</sup> et 2<sup>e</sup> fascicules; Tome III, 2<sup>e</sup> fascicule.

## TABLEAU DES PUBLICATIONS PÉRIODIQUES

PÉRIODICITÉ		Paris.	Dép.	Fr.	Etr.
Mensuel.	<b>Annales agronomiques</b> . . . . .	18	18	»	21
—	— de Chimie et de Physique.	30	»	34	» 63
—	— de Dermatologie et de Syphiligraphie . . . . .	30	»	32	» 32
—	— de l'Institut Pasteur . . . . .	18	»	20	» 20
—	— des Maladies de l'Oreille et du Larynx . . . . .	12	»	14	» 15
Tous les 2 mois.	— Médico-Psychologiques . . . . .	20	»	23	» 25
Mensuel.	— des Sciences naturelles (Zoologie—Botanique). . . . .	30	»	32	» 32
—	— l'Antropologie . . . . .	25	»	27	» 28
Tous les 2 mois.	<b>Archives de l'Antropologie criminelle.</b> . . . .	20	»	20	» 23
—	— de Médecine expérimentale . . . . .	24	»	25	» 26
Trimestriel.	— de Physiologie normale et pathologique. . . . .	24	»	25	» 26
Semestriel.	— du Muséum d'Histoire naturelle . . . . .	40	»	40	» 40
Hebdomadaire.	Bulletin hebdomadaire de statistique municipale . . . . .	6	»	9	» 9
—	Gazette hebdomadaire de Médecine et de Chirurgie . . . . .	24	»	24	» 24
2 fois par semaine.	Journal de l'Agriculture . . . . .	20	»	20	» 22
2 fois par mois.	— de Pharmacie et de Chimie. . . . .	15	»	15	» 17
—	Revue Neurologique. . . . .	25	»	25	» 27
Hebdomadaire.	Le Mercredi médical. . . . .	6	»	6	» 6
—	La "Nature" de Gaston Tissandier . . . . .	20	»	25	» 26
Mensuel	<b>Revue d'Hygiène et de Police sanitaire</b> . . . . .	20	»	22	» 23
—	— générale d'Ophtalmologie . . . . .	20	»	22	» 22 50
Trimestriel.	— des Sciences médicales. . . . .	30	»	33	» 34
Tous les 2 mois	— d'Orthopédie . . . . .	12	»	14	» 15
Trimestriel.	— de l'Aéronautique. . . . .	8	»	8	» 10
<b>SOCIÉTÉS SAVANTES</b>					
Hebdomadaire.	<b>Bulletin de l'Académie de Médecine</b> . . . . .	15	»	18	» 20
2 fois par mois.	— de la Société Chimique . . . . .	25	»	26	» 27
Mensuel.	— de la Société de Chirurgie . . . . .	18	»	20	» 22
2 fois par mois.	— de la Société Médicale des hôpitaux . . . . .	12	»	12	» 15
Trimestriel.	— de la Soc. d'Anthropologie. . . . .	10	»	12	» 13
Hebdomadaire.	— de la Société de Biologie. . . . .	15	»	15	» 17
Mensuel.	— de la Société de Dermatologie. . . . .	12	»	12	» 14
—	— de l'Union des Femmes de France. . . . .	3 50	»	3 50	» 4

### TRAITÉ DE MÉDECINE

Publié sous la direction de MM. CHARCOT et BOUCHARD, membres de l'Institut et professeurs à la Faculté de médecine de Paris, et BRISSAUD, professeur agrégé, par MM. BABINSKI, BALLEZ, BLOCO, BRAULT, CHANTESESSE, CHARRIN, CHAUFFARD, COURTOIS-SUFFIT, GILBERT, GUINON, LE GENDRE, HALLION, MARFAN, MARIE, MATHIEU, NETTER, OETTINGER, ANDRÉ PETIT, RICHARDIÈRE, ROGER, RUAULT, THIBERGE, L.-H. THOINOT, FERNAND VIDAL. 6 vol. in-8, avec figures (5 vol. publiés au 1<sup>er</sup> août 1893). Prix de ces 5 vol. 102 fr.

Cet ouvrage sera complété par la publication d'un toime sixième et dernier.

### TRAITÉ DE CHIRURGIE

Publié sous la direction de MM. SIMON DUPLAY, professeur de clinique chirurgicale à la Faculté de médecine de Paris, et PAUL RECLUS, professeur agrégé, par MM. BERGER, BROCA, PIERRE DELBET, DELENS, GÉRARD-MARCHANT, FORGUE, HARTMANN, HEYDENREICH, JALAGUIER, KIRMISSON, LAGRANGE, LEJARS, MICHAUX, NÉLATON, PEYROT, PONCET, POTHERAT, QUÉNU, RICARD, SEGOND, TUFFIER, WALTHER. 8 forts volumes in-8, avec nombreuses figures . . . . . 150 fr.

### ÉTUDES ANATOMO-PATHOLOGIQUES. L'INFLAMMATION

Par le Dr MAURICE LETULLE, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris, médecin de l'Hôpital Saint-Antoine, 1 vol. in-8, avec 21 figures dans le texte et 12 planches en chromolithographie hors texte . . . . . 20 fr.

### PRÉCIS D'OBSTÉTRIQUE

Par MM. A. RIBEMONT-DESSAIGNES, agrégé de la Faculté de médecine, accoucheur de l'hôpital Beaujon, et G. LEPAGE, chef de clinique obstétricale à la Faculté de médecine. 1 vol. in-8 avec figures dans le texte, dessinées par M. RIBEMONT-DESSAIGNES. 30 fr.

### MANUEL DE DIAGNOSTIC & D'EXPLORATION CLINIQUE

Par P. SPILLMANN, professeur de clinique médicale à la Faculté de médecine de Nancy, et P. HAUSHALTER, professeur agrégé, 3<sup>e</sup> édition, entièrement refondue, avec 89 figures dans le texte, 1 vol. in-18 diamant. Cartonné à l'anglaise, tranches rouges. . . . . 6 fr.

**Leçons de thérapeutique**, par le Dr Georges HAYEM, professeur à la Faculté de médecine de Paris, Membre de l'Académie de médecine.

Les 4 premiers volumes des leçons de thérapeutique comprennent l'ensemble des *Médications* et sont ainsi divisés :

- Première série.* — Médication astringente. — Médication désinfectante. — Médication sténosante. — Médication antipyrétique. — Médication antiphlogistique. . . . . 8 fr.
- Deuxième série.* — De l'action médicamenteuse. — Médication antihydrophobe. — Médication hémostatique. — Médication reconstituante. — Médication de l'anémie. — Médication du diabète sucré. — Médication de l'obésité — Méd. de la douleur. 8 fr.
- Troisième série.* — Médication de la douleur (suite). — Médication hypnotique. — Médication stupéfiante. — Médication antispasmodique. — Médication exotérique de la sensibilité. — Médication hyperémétique. — Médication de la kinésitaxie cardiaque. — Médication de l'asthénie. — Médication de l'asténie et de la neurasthénie cardiaque 8 fr.
- Quatrième série.* — Médication antidyspeptique. — Médication antidiarrhéique. — Médication de la toux. — Médication expectorante. — Médication de l'albuminurie. — Médication de l'urémie. — Médication antirudorale . . . . . 12 fr.

**Les Agents physiques** : agents thermiques, électricité, modifications de la pression atmosphérique, climats et eaux minérales, 1 volume in-8° avec nombreuses figures dans le texte et une carte des eaux minérales et des stations climatiques . . . . . 12 fr.

**Traité de thérapeutique chirurgicale**, par Em. FOUCAZ, professeur d'opérations et appareils à la Faculté de médecine de Montpellier et P. RECLUS, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris. 2 volumes grand in-8° avec 368 figures. . . . . 32 fr.

**Anatomie du cerveau de l'homme**, morphologie des hémisphères cérébraux ou cerveau proprement dit, texte et figures par E. BAISSAUD, agrégé, médecin de l'hôpital Saint-Antoine. Cet ouvrage comprend un atlas grand in-4° de 43 planches gravées sur cuivre, et un volume in-8° de 580 pages, avec plus de 100 figures schématiques dans le texte. L'atlas et le texte sont reliés en toile anglaise. Prix des deux volumes . . . . . 80 fr.

**Recherches sur les centres nerveux**, alcoolisme, folie des héréditaires dégénérés, paralysie générale, médecine légale, par le Dr V. MAGNAN, médecin de l'Asile clinique (Sainte-Anne), membre de l'Académie de Médecine, deuxième série, avec 6 planches hors texte, 1 graphique en chromolithographie et 27 figures dans le texte. Prix du volume . . . . . 12 fr.

**L'Hydrothérapie dans les maladies chroniques et les maladies nerveuses**, par les Drs BENOÎT-BARDE et MATERNE, médecins de l'établissement hydrothérapique de la rue Miromesnil (Paris). 1 vol. grand in-8°. . . . . 8 fr.

**Maladies infectieuses et parasitaires des os**, par le Dr GANGOLPHZ, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Lyon. 1 vol. in-8° avec 99 figures . . . . . 16 fr.

**Précis de Microbie. Technique et Microbes pathogènes**, par le Dr L.-H. TROINOR, auditeur au comité consultatif d'hygiène de France et E.-J. MASSELIN, médecin-vétérinaire. *Ouvrage couronné par la Faculté de Médecine (Prix Jeunesse)*. Seconde édition, revue et augmentée avec 89 figures dont 21 en couleurs. 1 vol. in-18 de 08 pages . . . . . 7 fr.

## BIBLIOTHEQUE DIAMANT

DES

### SCIENCES MÉDICALES & BIOLOGIQUES

Collection publiée dans le format in-18 raisin, cart. à l'anglaise

- Manuel de Pathologie interne**, par G. DIEULAFOY, professeur à la Faculté de médecine de Paris, médecin de l'hôpital Necker, 7<sup>e</sup> édition, 3 vol. . . . . 20 fr.
- Manuel du diagnostic médical**, par P. SPILLMANN, professeur à la Faculté de médecine de Nancy et P. HAUSHALTER, chef de clinique médicale. 3<sup>e</sup> édition, entièrement re-fondue . . . . . 6 fr.
- Manuel d'anatomie microscopique et d'histologie**, par P.-E. LAUNOIS et H. MORAU, préparateurs-adjoints d'histologie à la Faculté de médecine de Paris, préface de M. Mathias DEVAL, professeur à la Faculté de médecine de Paris . . . . . 6 fr.
- Séméiologie et diagnostic des maladies nerveuses**, par Paul Blocq, chef des travaux anatomo-pathologiques à la Salpêtrière. Lauréat de l'Institut, et J. OSANOFF . . . . . 5 fr.
- Manuel de thérapeutique**, par le Dr BERTHOZ, professeur à la Faculté de médecine de Grenoble, précédé d'une préface de M. BOUCHARD, professeur à la Faculté de Paris. . . . . 6 fr.
- Précis de microbiologie médicale et vétérinaire**, par le Dr L.-H. THOINOT, ancien interne des hôpitaux et E.-J. MASSÉLIN, médecin-vétérinaire, 2<sup>e</sup> édit., 89 fig. noires et en couleurs. . . . . 7 fr.
- Précis de médecine judiciaire**, par A. LACASSAGNE, professeur à la Faculté de médecine de Lyon. 2<sup>e</sup> édition. . . . . 7 fr. 50
- Précis d'hygiène privée et sociale**, par A. LACASSAGNE, professeur à la Faculté de médecine de Lyon. 3<sup>e</sup> édition revue et augmentée . . . . . 7 fr.
- Précis d'anatomie pathologique**, par L. BARD, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Lyon . . . . . 7 fr. 50
- Précis théorique et pratique de l'examen de l'œil et de la vision**, par le Dr CHAUVEL, médecin principal de l'armée, professeur à l'École du Val-de-Grâce . . . . . 6 fr.
- Le Médecin. Devoirs privés et publics ; leurs rapports avec la Jurisprudence et l'organisation médicales**, par A. DECHAMBRE, membre de l'Académie de médecine . . . . . 6 fr.
- Guide pratique d'Electrothérapie**, rédigé d'après les travaux et les leçons du Dr OSIMUS, lauréat de l'Institut, par M. BONNEROV. 3<sup>e</sup> édition, revue et augmentée d'un chapitre sur l'électricité statique, par le Dr DANION. . . . . 6 fr.
- Paris : sa topographie, son hygiène, ses maladies**, par Léon COLIN, directeur du service de santé du gouvernement militaire de Paris. . . . . 6 fr.
- Guide pratique des maladies mentales**, par le Dr P. SOLLIER, chef de clinique adjoint à la Faculté de médecine de Paris. 5 fr.

- Fourtier (H.).** — *Dictionnaire pratique de Chimie photographique*, contenant une *Etude méthodique des divers corps usités en Photographie*, précédé de *Notions usuelles de Chimie* et suivi d'une Description détaillée des *Manipulations photographiques*. Grand in-8, avec figures; 1892 . . . . . 8 fr. »  
— *Les Positifs sur verre. Théorie et pratique. Les positifs pour projections. Stéréoscopes et vitraux. Méthodes opératoires. Coloriage et montage.* Grand in-8, avec figures; 1892 . . . . . 4 fr. 50
- Fourtier (H.), Bourgeois et Bucquet.** — *Le formulaire classé du Photo-Club de Paris*. Collection de formules sur fiches, renfermées dans un élégant cartonnage et classées en trois Parties: *Phototypes, Photocopies et Photocalques. Notes et renseignements divers*, divisées chacune en plusieurs Sections. Première série; 1892. . . . . 4 fr.
- Fourtier (H.) et Molteni (A.)** — *Les projections scientifiques. Etude des appareils, accessoires et manipulations diverses pour l'enseignement scientifique par les projections.* In-18 jésus de 300 pages avec 113 figures; 1894. Broché, 3 fr. 50. Cartonné. . . . . 4 fr. 50
- Geymet.** — *Traité pratique de Photographie.* Eléments complets, méthodes nouvelles. Perfectionnements. 4<sup>e</sup> édition revue et augmentée par Eugène Dumoulin. In-18 jésus; 1894 . . . . . 4 fr.
- Houdaille (le Capitaine).** — *Sur une méthode d'essai scientifique et pratique des objectifs photographiques et des instruments d'optique.* (Mémoires du Laboratoire d'essais de la Société française de Photographie). Grand in-8, avec figures et 1 planche en photocollographie; 1894 . . . . . 2 fr. 50
- Jardin.** — *Recettes et conseils inédits à l'amateur photographe.* In-18 jésus; 1893. . . . . 1 fr. 25
- Koehler (D<sup>r</sup> R.).** — *Applications de la Photographie aux Sciences naturelles.* Petit in-8, avec figures; 1893. Broché, 2 fr. 50. Cartonné toile anglaise . . . . . 3 fr.
- Londe (A),** Chef du service photographique à la Salpêtrière. — *La Photographie instantanée.* 2<sup>e</sup> édit. In-18 jésus, avec fig.; 1890. . . . . 2 fr. 75  
— *Traité pratique du développement.* Etude raisonnée des divers révélateurs et de leur mode d'emploi. 2<sup>e</sup> édition. In-18 jésus, avec figures et 4 doubles planches en photocollographie; 1892 . . . . . 2 fr. 75  
— *La photographie médicale. Applications aux sciences médicales et physiologiques.* Grand in-8, avec 80 figures et 19 planches; 1893 9 fr.
- Martin (Ad.).** — *Méthode directe pour la détermination des courbures des objectifs de Photographie.* Grand in-8 avec figures; 1894 . . . . . 2 fr.
- Niewenglowski (G.-H.).** — *Le matériel de l'amateur photographe.* Choix. Essai. Entretien. In-18 jésus; 1894 . . . . . 1 fr. 75
- Vidal (Léon).** — *Traité de Photolithographie. Photolithographie directe et par voie de transfert. Photozincographie. Photocollographie. Autographie. Photographie sur bois et sur métal à graver. — Tours de main et formules diverses.* In-18 jésus, avec 25 figures, 2 planches et spécimens de papiers autographiques; 1893. . . . . 6 fr. 50
- Vieulle.** — *Nouveau guide pratique du photographe amateur.* 3<sup>e</sup> édit. refondue et beaucoup augmentée. In-18 jésus avec fig.; 1892. 2 fr. 75
- Wallon (E.).** — *Choix et usage des objectifs photographiques.* Petit in-8 avec 25 fig; 1893. Broché, 2 fr. 50. Cartonné toile angl. . . . . 3 fr.

**LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS**

*Envoi franco contre mandat-poste ou valeur sur Paris*

- Appell (Paul)**, Membre de l'Institut. — **Traité de Mécanique rationnelle.** (Cours de Mécanique de la Faculté des Sciences). 3 volumes grand in-8, se vendant séparément.  
**TOME I, TOME II et TOME III :** *Statique. Dynamique du point*, avec 178 fig.; 1893. (sous presse). . . . . 16 fr.
- Chappuis (J.)**, Professeur de Physique générale à l'École Centrale, et **Berget (A.)**, Docteur ès sciences, attaché au laboratoire des Recherches physiques de la Sorbonne. — **Leçons de Physique générale.** Cours professé à l'École Centrale des Arts et Manufactures et complété suivant le programme de la Licence ès sciences physiques, 3 volumes grand in-8 se vendant séparément : **TOME I :** *Instruments de mesure. Chaleur.* Avec 175 figures; 1891 . . . . . 13 fr.  
**TOME II :** *Électricité et Magnétisme.* Avec 305 figures; 1891. . . . . 13 fr.  
**TOME III :** *Acoustique. Optique; Electro-optique.* Avec 193 figures; 1892. . . . . 10 fr.
- Chevrot (René)**, Ancien Directeur d'Agence de la Société Générale et du Crédit Lyonnais. — **Pour devenir financier. Traité théorique et pratique de Banque et de Bourse.** In-8; 1893 . . . . . 6 fr.
- Cundill (J.-P.)**, Lieutenant-Colonel de l'Artillerie royale anglaise, Inspecteur des Explosifs. — **Dictionnaire des explosifs.** Edition française remaniée et mise à jour avec le concours de l'Auteur par E. DESORTIAUX, Ingén. des Poudres et S. Grand in-8; 1893. . . . . 6 fr.
- Garçon (Jules)**. — **La pratique du teinturier.** 3 volumes in-8, se vendant séparément.  
**TOME I :** *Les méthodes et les essais de teinture. Le succès en teinture;* 1893 . . . . . 3 fr. 50  
**TOME II :** *Le matériel de teinture.* (Sous presse.)  
**TOME III :** *Les recettes et procédés spéciaux de teintures.* (S. P.).
- Herzberg (Wilhelm)**, Directeur du Bureau Royal d'analyse du papier à Berlin. — **Analyse et Essais des papiers**, suivis d'une **Étude sur les papiers destinés à l'usage administratif en Prusse** (Normal-Papier); par Carl Hoffmann, Directeur de la « Papier Zeitung ». Ouvrage traduit par G.-E. MARTEAU, Ingénieurs des Arts et Manufactures. In-8, avec fig. et 2 pl.; 1894 . . . . . 5 fr.
- Janet (Paul)**, Professeur à la Faculté des Sciences de Grenoble. — **Premiers principes d'électricité industrielle. Piles. Accumulateurs. Dynamos. Transformateurs.** In-8, avec 173 fig.; 1893. . . . . 6 fr.
- Miquel**. — **Manuel pratique d'Analyse bactériologique des eaux.** In-18 Jésus, avec figures; 1891 . . . . . 2 fr. 75
- Rodet et Busquet**, Ingénieurs des Arts et Manufactures. — **Les courants polyphasés.** Grand in-8, avec 71 figures; 1893 . . . . . 3 fr. 50
- Thomson (Sir William) [Lord Kelvin]**. — **Conférences scientifiques et allocutions. Constitution de la matière.** Ouvrage traduit et annoté sur la 2<sup>e</sup> édition, par P. LUCOL, Agrégé des Sciences physiques, professeur; avec des *Extraits de Mémoires récents de Sir W. Thomson et quelques Notes* par M. BRILLOUIN, Maître de Conférences à l'École Normale. In-8, avec 76 figures; 1893 . . . . . 7 fr. 50
- Witz (Aimé)**. — **Problèmes et calculs pratiques d'électricité.** — (L'ÉCOLE PRATIQUE DE PHYSIQUE). In-8, avec 51 figures; 1893. . . . . 7 fr. 50

# TRAITEMENT DE LA TUBERCULOSE PULMONAIRE

DE LA PLEURÉSIE D'ORIGINE TUBERCULEUSE  
ET DES BRONCHITES AIGUES ET CHRONIQUES  
par le

## GAIACOL IODOFORMÉ SÉRAFON

Et le Gaïacol-Eucalyptol iodoformé Sérafon

En solutions pour injections hypodermiques  
et en capsules pour l'usage interne

PRÉPARATION ET VENTE EN GROS : Société Française de Produits Pharmaceutiques, 9 et 11, rue de la Perle, Paris.

### ALIMENTATION

DES

### MALADES

PAR LES

### POUDRES

DE

*Viande*

### ADRIAN

La **POUDRE de BIFTECK ADRIAN** (garantie pure viande de bœuf français) est aussi inodore et insipide qu'il est possible de l'obtenir en lui conservant les principes nutritifs de la viande. C'est exactement de la chair musculaire privée de son eau, gardant sous un volume très réduit et sous un poids quatre fois moindre, toutes ses propriétés nutritives, et chose importante, n'ayant rien perdu des principes nécessaires à l'assimilation de l'aliment.

*Se vend en flacons de 250, 500 gr.  
et 1 kil.*

La **POUDRE DE VIANDE ADRIAN**, d'un prix moins élevé que la poudre de bifeck, ce qui en permet l'emploi aux malades peu fortunés est garantie pure viande de bœuf d'Amérique.

*bottes de 250, 500 gr. et 1 kil.*

LA

## QUASSINE ADRIAN

essentiellement différente de toutes celles du commerce, est la SEULE dont les effets réguliers aient été constatés. Elle excite l'APPÉTIT, développe les FORCES, combat efficacement les DYSPÉPSIES ATONIQUES, les COLIQUES HÉPATIQUES et NÉPHRÉTIQUES. (Bulletin général de thérapeutique, 15 novembre 1882).

— Dragées contenant 25 milligrammes de Quassine amorphe.  
— Granules — 2 — Quassine cristallisée.

## ANÉMIE

Dans les cas de CHLOROSE et d'ANÉMIE rebelles aux moyens thérapeutiques ordinaires les préparations à base

## CHLOROSE

## D'HÉMOGLOBINE SOLUBLE

DE V. DESCHIENS

Épuisement

ont donné les résultats les plus satisfaisants. Elles ne constipent pas, ne noircissent pas les dents et n'occasionnent jamais de maux d'estomac comme la plupart des autres ferrugineux.

Se vend sous la forme de

*Affaiblissement  
général*

**SIROP, VIN, DRAGÉES  
ET ÉLIXIR**

préparés par ADRIAN et Cie, 9 rue de la Perle, Paris.

---

## CAPSULES DE TERPINOL ADRIAN

Le TERPINOL a les propriétés de l'essence de Térébenthine dont il dérive, mais il est plus facilement absorbé et surtout *très bien toléré*, ce qui le rend préférable.

Il n'offre pas, comme l'essence de Térébenthine, l'inconvénient grave de provoquer chez les malades des nausées, souvent même des vomissements.

Le TERPINOL est un diurétique et un puissant modificateur des sécrétions catarrhales (bronches, reins, vessie).

Le TERPINOL ADRIAN s'emploie en capsules de 20 centigrammes (3 à 6 par jour).

---

## TRAITEMENT de la SYPHILIS par les PILULES DARDENNE

POLY-IODURÉES SOLUBLES

SOLUBLES dans tous les liquides servant de boisson (Eau, lait, café, vin, bière, etc.) elles peuvent être prises en pilules ou transformées par les malades, en solutions ou en sirops, au moment d'en faire usage.

**Premier type (type faible)**

(Syphilis ordinaire 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> année)

2 pilules par jour correspondent à une cuillerée à soupe de *Sirop de Gibert*.

**Quatrième type (type fort)**

(accidents tertiaires, viscéraux et cutanés)

8 pilules par jour correspondent à un centig. bi-iodure de mercure et à 4 grammes iodure de potassium.

Vente en Gros : Société Française de Produits Pharmaceutiques,  
9 et 11 rue de la Perle, PARIS.

**LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS**

**TOME IV (1<sup>re</sup> Partie). — ÉLECTRICITÉ STATIQUE ET DYNAMIQUE. — 13 fr.**

- 1<sup>er</sup> fascicule. — *Gravitation universelle. Électricité statique*; avec 155 fig. et 1 planche . . . . . 7 fr.  
 2<sup>o</sup> fascicule. — *La pile. Phénomènes électrothermiques et électrochimiques*; avec 161 fig. et 1 planche . . . . . 6 fr.

**TOME IV. — (2<sup>e</sup> Partie). — MAGNÉTISME; APPLICATIONS. — 13 fr.**

- 3<sup>o</sup> fascicule. — *Les aimants. Magnétisme. Electromagnétisme. Induction*; avec 240 figures. . . . . 8 fr.  
 4<sup>o</sup> fascicule. — *Météorologie électrique; applications de l'électricité. Théories générales*; avec 84 fig. et 1 pl. . . . . 5 fr.

**TABLES GÉNÉRALES.**

*Tables générales, par ordre de matières et par noms d'auteurs, des quatre volumes du Cours de Physique. In-8; 1891 . . . . . 60 c.*

Tous les trois ans, un supplément, destiné à exposer les progrès accomplis pendant cette période, viendra compléter ce grand Traité et le maintenir au courant des derniers travaux.

Pour ne pas trop grossir un ouvrage déjà bien volumineux, il a fallu dans cette nouvelle édition en soumettre tous les détails à une révision sévère, supprimer ce qui avait quelque peu vieilli, sacrifier la description d'appareils ou d'expériences qui, tout en ayant fait époque, ont été rendus inutiles par des travaux plus parfaits; en un mot, poursuivre dans ses dernières conséquences la transformation entreprise non sans quelque timidité dans l'édition précédente. Au reste, pour tenir un livre au courant d'une Science dont le développement est d'une rapidité si surprenante, et dans laquelle un seul résultat nouveau peut modifier jusqu'aux idées mêmes qui servent de base à l'enseignement, il ne suffit pas d'ajouter des faits à d'autres faits: c'est l'ordre, l'enchaînement, la texture même de l'ouvrage qu'il faut renouveler. On se ferait donc une idée inexacte de cette quatrième édition du *Cours de Physique de l'École Polytechnique* en se bornant à constater que ces quatre Volumes se sont accrus de près de 500 pages et de 150 figures, soit de un septième environ: les modifications touchent, pour ainsi dire, à chaque page et c'est en réalité au moins le tiers du texte qui a été écrit à nouveau d'une manière complète.

**Duhem.** — Chargé de Cours à la Faculté des Sciences de Lille. *Leçons sur l'Électricité et le Magnétisme.* 3 vol. gr. in-8, avec 215 figures: Tome I, 1891; 16 fr.— Tome II, 1892; 14 fr.— Tome III, 1892; 15 fr.

**Mascart (E.)** Membre de l'Institut. *Traité d'Optique.* Trois beaux volumes grand in-8, se vendant séparément:

- TOME I:** *Systèmes optiques. Interférences. Vibrations. Diffraction. Polarisation. Double réfraction.* Avec 199 figures et 2 planches; 1889. 20 fr.  
**TOME II ET ATLAS:** *Propriétés des cristaux. Polarisation rotatoire. Réflexion vitrée. Réflexion métallique. Réflexion cristalline. Polarisation chromatique.* Avec 113 figures et Atlas cartonné; 1891. Prix pour les souscripteurs, . . . . . 24 fr.

Le texte est complet; mais l'Atlas du Tome II ne sera envoyé qu'ultérieurement aux souscripteurs, en raison des soins et du temps nécessités par la gravure.

**TOME III:** *Polarisation par diffraction. Propagation de la lumière. Photométrie. Réfractions atmosphériques.* Un très fort volume avec 83 figures; 1893 . . . . . 20 fr.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS

ENCYCLOPÉDIE

## DES TRAVAUX PUBLICS

FONDÉE PAR

M. M.-C. LECHALAS

Inspecteur général des Ponts et Chaussées

**DENFER (J.)**, Architecte, Professeur à l'École Centrale. — **Architecture et constructions civiles. — Couverture des édifices.** *Ardoises; tuiles, métaux, matières diverses, chéneaux et descentes.* Grand in-8 de 469 pages, avec 423 figures; 1893 . . . . . 20 fr.

M. Denfer est connu par les grands travaux qu'il a exécutés à Paris et en province et par le succès de ses ouvrages précédents *Maçonnerie; Charpente en bois et menuiserie.*

La *Couverture des édifices* est une de ces monographies de spécialités destinées à rester longtemps classiques, tant elles sont complètes, claires, bien illustrées de dessins exacts pouvant servir dans les applications. Elle se divise en huit Chapitres dont voici les titres :

CHAP. I : *Considérations générales.* — CHAP. II : *Couvertures en ardoises.* — CHAP. III : *Couvertures en pierres, ciments et asphaltes.* — CHAP. IV : *Couvertures en tuiles.* — CHAP. V : *Couvertures en verre.* — CHAP. VI : *Couvertures métalliques.* — CHAP. VII : *Couvertures en matériaux ligneux.* — CHAP. VIII : *Gouttières, chéneaux et accessoires de couverture.*

Pour donner une idée du soin apporté à la division méthodique de chaque sujet, nous donnons ici les titres des paragraphes en lesquels se divise le Chapitre VI :

*Couvertures en feuilles de zinc.* — *Couvertures en zinc des bandeaux et corniches.* — *Ardoises et tuiles métalliques.* — *Feuilles métalliques ondulées.* — *Couvertures en cuivre.* — *Couvertures en plomb.*

La *couverture des maisons* est certainement la partie qui, généralement, laisse le plus à désirer, en même temps que celle dont les défauts influent le plus sur les frais d'entretien des immeubles. On peut dire, à ce double point de vue, que l'ouvrage de M. Denfer rendra les plus grands services aux propriétaires et aux architectes, en même temps qu'aux entrepreneurs et ouvriers des spécialités diverses se rattachant au sujet.

**LECHALAS (Georges)**, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées. — **Manuel de droit administratif. Service des Ponts et Chaussées et des chemins vicinaux.** 2 volumes grand in-8, se vendant séparément.

TOME I : *Notions sur les trois pouvoirs. Personnel des Ponts et Chaussées. Principe d'ordre financier. Travaux intéressant plusieurs services. Expropriations. Dommages et occupations temporaires;* 1889 . . . . . 20 fr.

TOME II (1<sup>re</sup> PARTIE) : *Participation des tiers aux dépenses des travaux publics. Adjudications. Fournitures. Régie. Entreprises. Concessions;* 1893 . . . . . 10 fr.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS ET FILS

Quai des Grands-Augustins, 55.

Envoi franco contre mandat-poste ou valeur sur Paris

---

# LEÇONS DE CHIMIE

(à l'usage des Élèves de Mathématiques spéciales)

PAR

**Henri GAUTIER**

Ancien élève de l'École Polytechnique,  
Professeur à l'École Monge et au collège Sainte-Barbe,  
Professeur agrégé à l'École de Pharmacie ;

ET

**Georges CHARPY**

Ancien élève  
de l'École Polytechnique, professeur à l'École Monge.

---

Un beau volume grand in-8, avec 83 figures ; 1892. . 9 fr.

---

Ces *Leçons de Chimie* présentent ceci de particulier qu'elles ne sont pas la reproduction des Ouvrages similaires parus dans ces dernières années. Les théories générales de la Chimie sont beaucoup plus développées que dans la plupart des Livres employés dans l'enseignement ; elles sont mises au courant des idées actuelles, notamment en ce qui concerne la théorie des équilibres chimiques. Toutes ces théories, qui montrent la continuité qui existe entre les phénomènes chimiques, physiques et même mécaniques, sont exposées sous une forme facilement accessible. La question des nombres proportionnels, qui est trop souvent négligée dans les Ouvrages destinés aux candidats aux Ecoles du Gouvernement, est traitée avec tous les développements désirables. Dans tout le cours du Volume, on remarque aussi une grande préoccupation de l'exactitude ; les faits cités sont tirés des mémoires originaux ou ont été soumis à une nouvelle vérification. Les procédés de l'industrie chimique sont décrits sous la forme qu'ils possèdent actuellement. L'ouvrage ne comprend que l'étude des métalloïdes, c'est-à-dire les matières exigées pour l'admission aux Ecoles Polytechnique et Centrale.

En résumé, le Livre de MM. Gautier et Charpy est destiné, croyons-nous, à devenir rapidement classique.

## BIBLIOTHÈQUE

# PHOTOGRAPHIQUE

La Bibliothèque photographique se compose d'environ 150 volumes et embrasse l'ensemble de la Photographie considérée au point de vue de la science, de l'art et des applications pratiques.

A côté d'ouvrages d'une certaine étendue, comme le *Traité* de M. Davanne, le *Traité encyclopédique* de M. Fabre, le *Dictionnaire de Chimie photographique* de M. Fournier, la *Photographie médicale* de M. Loude, etc., elle comprend une série de monographies nécessaires à celui qui veut étudier à fond un procédé et apprendre les tours de main indispensables pour le mettre en pratique. Elle s'adresse donc aussi bien à l'amateur qu'au professionnel, au savant qu'au praticien.

### EXTRAIT DU CATALOGUE.

**Aide-Mémoire de Photographie** pour 1894, publié depuis 1876 sous les auspices de la Société photographique de Toulouse, par C. FABRE. In-18, avec figures et spécimens. Broché... 1 fr. 75 c, cart. 2 fr. 25.

**Conférences publiques sur la Photographie théorique et technique**, organisées en 1891-1892, par le Directeur du Conservatoire national des Arts et Métiers. In-8, avec 198 figures, et 9 planches; 1893 . . . . . 7 fr. 50

Conférences de MM. le Colonel Laussedat, Davanne, Demény, Lippmann, Jausseu, le Capitaine Colson, Fabre, Cornu, Loude, le Commandant Fribourg, Vidal, Wallon, Trutat, Duchesne, le Commandant Moëssard, Becquerel, Gravier, Balagny, Buguet.

**Davanne.** — *La Photographie. Traité théorique et pratique.* 2 beaux volumes grand in-8, avec 234 figures et 4 planches spécimens. 32 fr.  
Chaque volume se vend séparément 16 francs

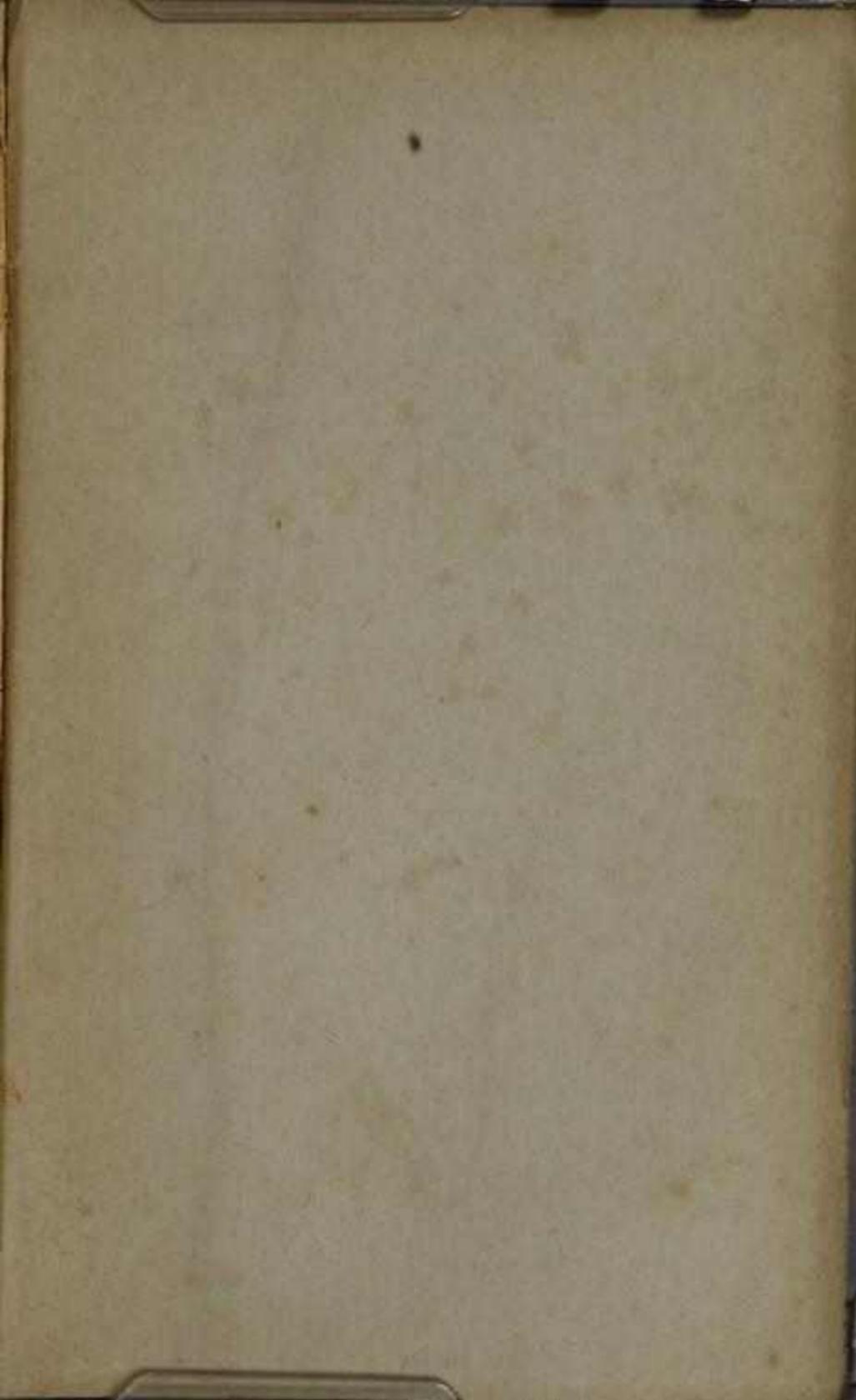
**Donnadieu (A. L.),** Docteur ès sciences. — *Traité de Photographie stéréoscopique. Théorie et pratique.* Grand in-8 avec figures et atlas de 20 planches stéréoscopiques en photocollographie; 1892.. 9 fr.

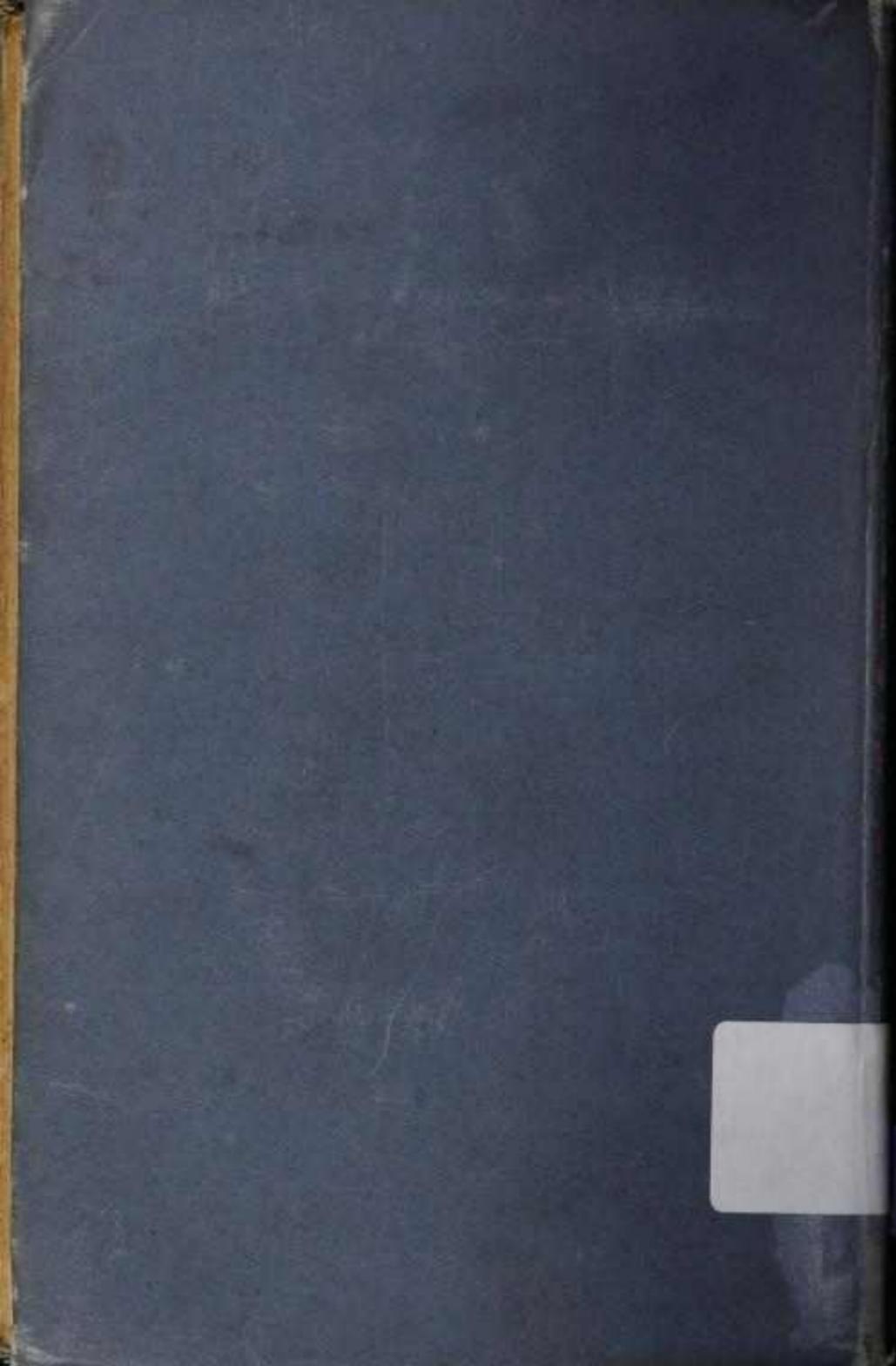
**Fabre (C.),** Docteur ès sciences. — *Traité encyclopédique de Photographie.* 4 beaux volumes gr. in-8, avec plus de 700 figures et 2 planches; 1889-1891. . . . . 48 fr. »  
Chaque volume se vend séparément 14 fr.

Tous les trois ans, un Supplément, destiné à exposer les progrès accomplis pendant cette période, viendra compléter ce Traité et le maintenir au courant des dernières découvertes.

**Premier Supplément triennal (A).** Un beau volume grand in-8 de 400 pages, avec 176 figures; 1892. . . . . 14 fr.

*Les 5 volumes se vendent ensemble 60 fr.*





## ORIENTAÇÕES PARA O USO

Esta é uma cópia digital de um documento (ou parte dele) que pertence a um dos acervos que fazem parte da Biblioteca Digital de Obras Raras e Especiais da USP. Trata-se de uma referência a um documento original. Neste sentido, procuramos manter a integridade e a autenticidade da fonte, não realizando alterações no ambiente digital – com exceção de ajustes de cor, contraste e definição.

**1. Você apenas deve utilizar esta obra para fins não comerciais.** Os livros, textos e imagens que publicamos na Biblioteca Digital de Obras Raras e Especiais da USP são de domínio público, no entanto, é proibido o uso comercial das nossas imagens.

**2. Atribuição.** Quando utilizar este documento em outro contexto, você deve dar crédito ao autor (ou autores), à Biblioteca Digital de Obras Raras e Especiais da USP e ao acervo original, da forma como aparece na ficha catalográfica (metadados) do repositório digital. Pedimos que você não republique este conteúdo na rede mundial de computadores (internet) sem a nossa expressa autorização.

**3. Direitos do autor.** No Brasil, os direitos do autor são regulados pela Lei n.º 9.610, de 19 de Fevereiro de 1998. Os direitos do autor estão também respaldados na Convenção de Berna, de 1971. Sabemos das dificuldades existentes para a verificação se uma obra realmente encontra-se em domínio público. Neste sentido, se você acreditar que algum documento publicado na Biblioteca Digital de Obras Raras e Especiais da USP esteja violando direitos autorais de tradução, versão, exibição, reprodução ou quaisquer outros, solicitamos que nos informe imediatamente ([dtsibi@usp.br](mailto:dtsibi@usp.br)).