

LES MOYENS DE DÉFENSE PHYSIQUES ET CHIMIQUES DANS LE RÈGNE ANIMAL

La Nature est un vaste champ de bataille, où règnent en maîtres la force et la ruse, où d'innombrables combattants se livrent mutuellement des assauts furieux et incessants. Manger, tout en évitant d'être mangé, tel est le problème qui se pose chaque matin à tout être vivant. Les herbivores sont mangés par les carnivores qui eux-mêmes se dévorent entre eux. Dans cette lutte pour l'existence, à laquelle tous sont soumis, l'attaque aussi bien que la défense savent mettre en jeu les moyens les plus variés, les plus ingénieux et parfois les plus inattendus. Toutes les formes de l'énergie, attraction moléculaire, mouvement, son, lumière, chaleur, électricité, énergie chimique, sont tour-à-tour utilisées par les êtres vivants comme agents de protection. Nous passerons une revue succincte des défenses physiques et chimiques dans le règne animal, en les classant précisément suivant la nature physico-chimique des agents utilisés.

A. MOYENS PHYSIQUES DE DÉFENSE.

I. Énergie mécanique. Forces moléculaires.

Armures naturelles. — Les forces moléculaires statiques de cohésion sont utilisées du haut en bas de l'échelle animale dans la construction de remparts protecteurs ou d'armes offensives : peau incrustée de silice ou de sels calcaires, squelette externe des Echinodermes, carapaces chitineuses des Articulés,

coquilles de conchioline et de sels minéraux des Mollusques, revêtements d'écaillés, de plumes ou de poils des Vertébrés, becs ou mâchoires garnies de dents en scie, en lime, en rape, en pavés, en crochets, etc., pinces et griffes, lames tranchantes, dards et piquants, tentacules, cirrhes, trompes, ventouses, suçoirs, etc., etc.

Armures artificielles. — Beaucoup d'animaux mous suppléent à l'absence de carapace ou de coquille naturelle, en se construisant de matériaux divers, des enveloppes protectrices temporaires ou permanentes: pierres et grains de sable dont s'enveloppent les Ascidies, les Poulpes, étuis fabriqués par les Annélides tubicoles, tubes des larves de Phryganes, cocons des Vers à soie, alvéoles cireux des Abeilles, abris des Araignées, qui peuvent devenir des pièges, etc., etc.

Le Pagure, ou Bernard l'Hermitte, protège son abdomen mou en l'introduisant à reculons dans une coquille abandonnée de Mollusque gastéropode. Le Pagure transporte partout avec lui la coquille qui lui sert d'hermitage. Dès qu'un danger le menace, il se retire entièrement sous ce bouclier d'emprunt, de manière à ne présenter à l'entrée de sa retraite qu'une pannelle vivante de lances et de tenailles propres à tenir l'ennemi à distance respectueuse.

Le *Peripatus* du Cap se défend en rejetant un liquide visqueux, collant comme de la glu. Le mucus sécrété par les Mollusques et beaucoup d'autres animaux a la même action mécanique protectrice.

Commensalisme. — Souvent l'animal mou ou mal défendu se met sous la protection d'êtres plus forts ou mieux doués. Le petit Crabe *Pinnotheres* s'enferme dans la coquille d'une Moule vivante et paraît faire excellent ménage avec le Mollusque chez lequel il a élu domicile. La cavité branchiale ou buccale de beaucoup de Poissons est habitée par toute une population de Crustacés, d'Annélides et même de petits Poissons. D'autres Poissons élisent domicile à l'intérieur du corps de Méduses, d'Actinies, d'Holothuries, d'Etoiles de mer.

On a donné le nom de *commensalisme* à ces associations animales très fréquentes, qui tournent généralement à l'avantage réciproque des deux conjoints. J'en citerai un dernier exemple: sur la coquille dont le Bernard l'Hermitte fait son domicile d'emprunt, se trouve généralement fixée une Actinie ou Anémone de mer (*Adamsia*) dont la bouche est toujours

située en face de celle du Crustacé. La meilleure entente règne, paraît-il, entre le Pagure et son acolyte: le premier peut être cité comme modèle d'amphytrion: il ne manque jamais d'offrir à sa voisine les prémisses de sa chasse. De son côté, l'Actinie, toute hérissée d'organes urticants, est pour le Pagure un rempart protecteur très efficace. Le *parasitisme* se relie au commensalisme par une série de formes de transition. Le parasite vit purement aux dépens de l'hôte qui l'héberge.

Problème de l'accroissement du corps. — L'étude des enveloppes résistantes qui servent de rempart protecteur aux parties molles des animaux, nous conduit naturellement à envisager le problème de l'accroissement du corps chez les animaux à carapace inextensible. Ce problème comporte plusieurs solutions. Lorsque la carapace est formée d'une mosaïque de pièces nombreuses, juxtaposées, il suffit que chacune de ces pièces augmente par addition de particules, tant à sa surface que sur ses bords. C'est ainsi que s'accroît le test des Oursins, la carapace des Tortues.

La coquille des Mollusques Gastéropodes représente théoriquement une enveloppe creuse conique, enroulée en spirale autour d'un axe. Ici l'accroissement est réalisé au niveau de l'orifice ou base ouverte du cône, qui s'allonge en formant de nouveaux tours de spire. En même temps, la portion ancienne de la coquille s'épaissit. Les coquilles des Mollusques bivalves (Lamellibranches) s'accroissent également par les bords libres, en même temps qu'elles s'épaississent sur leur surface interne.

Mue des Articulés. — Mais la carapace des animaux articulés, des Crustacés par exemple, ne peut s'accroître de cette façon. C'est une cuirasse minéralisée, absolument inextensible, opposant une barrière rigide à l'accroissement de l'animal, Crabe, Homard ou Ecrevisse, qui l'habite. Celui-ci, pour pouvoir augmenter de volume, en est réduit à muer, c'est-à-dire à se débarrasser périodiquement de la carapace ancienne, devenue trop étroite, et à en revêtir chaque fois une nouvelle, un peu plus large. Tel un chevalier bardé de fer, prenant de l'embompoint, échangeait l'armure ancienne dans laquelle il se sentait serré, contre un vêtement plus ample.

Vitzou a montré que chez le Homard, l'Ecrevisse, la Langouste, la mue débute par la production d'une fente transversale, ayant son siège sur le dos de l'animal, entre le premier anneau de l'abdomen et la grosse pièce de la carapace recou-

vrant la partie antérieure du tronc ou céphalo-thorax. C'est par cette étroite et unique fente que doit passer au moment de la mue, le corps tout entier du Homard, avec tous ses appendices, antennes, pinces, pattes, branchies. L'animal dégage d'abord la partie antérieure de son corps, il retire les pinces, les pattes de leur coques respectives à peu près comme on retirerait la main d'un gantelet de fer trop étroit. Pendant les jours qui précèdent la mue, l'adhérence entre le corps et la carapace se trouve partout diminuée par l'interposition d'une espèce de gelée semi-liquide. Malgré cette circonstance favorable, ce n'est pas sans peine, et souvent pas sans avarie, que le pauvre Homard parvient à faire passer les parties molles de ses énormes pinces à travers l'étroite filière constituée par les anneaux des premiers articles du membre qui porte la pince. Aussi n'est-il pas rare de voir une ou plusieurs pattes arrachées par les efforts que nécessite cette terrible épreuve.

On dirait vraiment que la nature se plaît à réduire au minimum le diamètre des conduits par lesquels elle s'efforce de faire passer des corps solides de gros calibre. Aussi n'est-il pas étonnant que l'opération de la mue des Crustacés ne soit pas toujours couronnée de succès. Le plus souvent le Homard réussit cependant à dégager complètement la partie antérieure du corps et apparaît à travers la fente dorsale, tout ému et tout meurtri. Il ne lui reste qu'à dégager et à retirer par le même passage la partie postérieure du corps, ce qui lui est relativement facile. Il exécute pour cela un saut brusque en avant, étend son abdomen et l'arrache de ses anciennes enveloppes. A ce moment la mue est achevée: la carapace, éliminée d'une pièce, reprend, en vertu de l'élasticité des articulations, sa figure normale et l'on croirait que l'on se trouve en présence de deux Homards, l'un dur et immobile, l'autre mou et vivant, tant la carapace abandonnée a conservé l'intégrité de ses moindres parties.

Dans d'autres groupes d'animaux articulés, les Insectes, par exemple, dont les téguments sont inextensibles comme ceux des Crustacés, le problème de l'accroissement du corps se trouve résolu d'une façon analogue. Tout le monde sait que les Vers à soie, par exemple, changent de peau, muent un certain nombre de fois, avant de se transformer en chrysalides. Ces mues ne concernent en général que les larves. L'Insecte parfait ne change pas de peau: aussi ne peut-il s'accroître. Il

conserve strictement les mêmes dimensions depuis le moment de l'éclosion jusqu'à sa mort. C'est pour cela que les Insectes d'une même espèce ont tous à peu près la même taille, même ceux qui vivent plusieurs années, comme les reines d'Abeilles, les Fourmis. Au reste, cette longue durée de l'existence de l'Insecte parfait constitue un fait exceptionnel. Un grand nombre d'Insectes parfaits ne vivent que quelques jours ou même quelques heures. Plusieurs Papillons ne prennent même aucune nourriture pendant la courte durée de leur vie aérienne. Les Ephémères doivent précisément leur nom à la brièveté de leur existence.

II. Énergie cinétique. Force et rapidité des mouvements d'attaque, de défense, de fuite.

Force des mouvements. — Dans toute la série animale, les mouvements sont réalisés par de petites machines à structure fibreuse, les *muscles*. Les muscles en se contractant, rapprochent leurs points d'attache et mettent en mouvement les organes auxquels ils sont fixés. Ces muscles étant formés de fibres toutes pareilles, composées elles-mêmes, suivant leur longueur, de segments ou d'unités semblables, il est clair que la force du muscle, mesurée par le poids P auquel leur contraction pourra faire équilibre, dépendra du nombre des fibres qui composent le muscle, et sera proportionnelle à la coupe transversale du muscle. Par contre, l'étendue du mouvement, c'est-à-dire la hauteur H à laquelle le muscle peut soulever le poids P , dépendra de la longueur des muscles.

Un même poids de muscle exécutera un travail de même valeur constante $P \times H = C$. Mais un muscle gros et court soulèvera un poids considérable P à une faible hauteur h , tandis qu'un muscle long et mince de même volume soulèvera un poids faible p à une grande hauteur H .

$$P \times h = C \quad p \times H = C \quad P \times h = p \times H.$$

Ce principe trouve de nombreuses applications dans l'économie animale. Les mouvements de peu d'étendue, comme ceux de nos mâchoires, sont réalisés par des muscles courts et épais et développent une force énorme. Les mouvements de nos membres au contraire, exécutés par des muscles longs et relativement peu épais, ont une amplitude considérable et une force médiocre.

C'est pour le même motif que les animaux de petite taille ont une force apparente très supérieure à celle des animaux de grande taille. Les petits sont les plus forts. C'est à peine si la force d'un Cheval pesant six cents kilogrammes, mesurée au dynamomètre Regnier, est des deux tiers de son poids, soit quatre cents kilogrammes. Or il y a des Hanneçons pesant un sixième de gramme, qui font équilibre à soixante-six fois leur propre poids, soit plus de dix grammes. Qui n'a vu des Fourmis traîner des objets deux, trois et quatre fois aussi gros qu'elles?

L'explication en est bien simple. Les animaux de petite taille ont nécessairement des muscles très courts, comportant un nombre énorme de fibres par unité de poids. Ces muscles courts et gros sont capables de soulever des fardeaux considérables, mais à une hauteur insignifiante. Un gramme de muscle de Hanneçon déplacera une résistance de cent grammes sur une longueur d'un centimètre par seconde, alors que dans le même temps un gramme de muscle de Cheval aura déplacé une résistance d'un gramme le long d'un chemin d'un mètre de long. Dans les deux cas, le travail sera le même.

$$100 \text{ gr.} \times 1 \text{ cm.} = 1 \text{ gr.} \times 100 \text{ cm.}$$

Mais pouvons nous, au point de vue de la force, comparer les muscles d'animaux aussi éloignés dans l'échelle zoologique que le Cheval et le Hanneçon? Nullement, et les chiffres cités à l'instant n'ont pas la prétention d'être exacts: ils sont donnés à titre d'exemple.

L'expérience directe a montré que la force absolue des muscles, c'est-à-dire le poids auquel un muscle d'un centimètre carré de coupe transversale, est capable de faire équilibre, varie assez notablement d'une espèce animale à l'autre.

De 9 à 10 kilogr. pour les muscles du mollet de l'homme, cette valeur descend à 3 kilogr. environ pour les muscles de la Grenouille, et représente seulement 1 kilogr. environ pour les muscles de la pince des Crustacés. Les muscles qui maintiennent fermées les valves des Huîtres et des Moules ont respectivement une force de 6 et de 8 kilogr. par centimètre carré.

Les muscles des animaux inférieurs ne sont donc pas plus puissants que les nôtres, à égalité de surface transversale, bien au contraire. Si, à égalité de poids de substance musculaire, ils paraissent capables d'efforts énormes, cela provient préci-

sément de leur petitesse, c'est-à-dire du peu de longueur de leurs fibres musculaires.

Rapidité des mouvements. — La force est certes un élément de succès dans la lutte pour l'existence, mais la rapidité des mouvements en est un autre qui présente également son importance. Dans un duel à l'arme blanche, l'avantage n'est pas au biceps le plus volumineux, mais bien au bras le plus agile, réduisant au minimum le temps qui s'écoule nécessairement entre le mouvement d'attaque et la riposte.

Ce temps, que l'on pourrait appeler *temps perdu*, dépend d'une série de nécessités physiologiques, correspondant à un certain degré d'inertie ou de paresse de nos appareils nerveux et musculaires. L'élaboration dans notre cerveau d'un acte de la volonté demande un temps très appréciable, dépassant notablement un dixième de seconde. De plus, les muscles n'obéissent pas instantanément aux ordres de la volonté, le transport de ces ordres du cerveau aux muscles, le long des nerfs, se fait avec une vitesse d'une cinquantaine de mètres à la seconde. Enfin les muscles eux-mêmes présentent un certain degré d'inertie, ils n'obéissent pas immédiatement à l'excitation motrice, d'où une nouvelle fraction de temps perdu.

On a mesuré ces différents temps perdus, chez les animaux les plus divers, au moyen d'appareils enregistreurs, suivant une méthode imaginée par Helmholtz en 1850. Les valeurs sont faciles à établir pour la vitesse de propagation des ordres de la volonté ou de l'excitation en général, le long des nerfs moteurs. On a trouvé par seconde que cette valeur était de :

- 40 à 50 mètres chez l'Homme et les Mammifères;
- 30 mètres chez la Grenouille;
- 6 à 10 mètres chez le Homard;
- 2,50 mètres et 20 centimètres chez les Myriopodes;
- 4 à 1 mètre et moins chez les Mollusques céphalopodes et gastéropodes;
- 1 centimètre chez Anodonta.

Les animaux inférieurs, Crustacés, Mollusques, présentent donc au point de vue de la propagation des excitations le long des nerfs, c'est-à-dire de la transmission des ordres de la volonté, une certaine infériorité sur les animaux supérieurs. Mais comme leur taille n'est pas très considérable, les nerfs

n'atteignent jamais une grande longueur et la fraction de temps perdu dans ces nerfs n'offre aucune importance.

Il en serait autrement si les Crustacés, les Mollusques pouvaient atteindre la taille colossale d'une Baleine. En supposant des nerfs de 10 à 15 mètres de long, les excitations motrices mettraient plusieurs secondes à les parcourir pour parvenir aux muscles. Un Crustacé, luttant dans ces conditions avec un animal supérieur de même taille et de même force, aurait un désavantage marqué et arriverait toujours trop tard à la parade ou à la riposte.

Autotomie ou mutilation défensive. — On peut dire que la fuite constitue la ressource habituelle du gibier que l'animal chasseur a découvert. Nous énumérerons, au cours de cet article, quelques-unes des ruses que les animaux chassés savent déployer à l'occasion pour échapper à la poursuite et gagner un abri protecteur.

Même lorsque les ruses ont été déjouées et que le carnassier chasseur a enfin saisi sa proie, il reste parfois à celle-ci dans ce danger mortel, une ressource suprême, c'est de casser à propos l'extrémité saisie par l'ennemi et de se libérer en faisant le sacrifice de la partie captive.

L'Orvet (Serpent de verre), le Lézard brisent leur queue, beaucoup de Crustacés, d'Insectes, d'Arachnides cassent leurs pattes, les Étoiles de mer perdent leurs bras avec la plus grande facilité dans des circonstances pareilles et sauvent ainsi leur vie en faisant le sacrifice d'un ou de plusieurs membres.

J'ai donné en 1882 le nom d'*Autotomie* à ce singulier moyen de défense, dont les exemples se multiplient depuis que l'attention des naturalistes a spécialement été attirée sur ce point.

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

goustes tomberont avec la même facilité que les membres grêles des Araignées de mer.

La cassure est circulaire et des plus nettes, elle siège au milieu du deuxième article à partir du corps, elle suit un sillon préformé, véritable endroit d'élection. Mais ce *locus minoris resistentiae* est encore fort solide et l'on ne peut dire que la cassure soit due en aucune façon à la fragilité exagérée de la patte. L'expérience directe prouve que, chez un Crabe mort ou dont le système nerveux est paralysé, les pattes sont fort résistantes, et supportent avant de se rompre, un effort de traction représentant jusqu'à cent fois le poids du corps entier de l'animal (3 à 5 kilogr. pour les pattes d'un petit *Carcinus maenas*).

La cassure est provoquée par un mouvement actif. Le Crabe rompt lui-même sa patte à l'endroit d'élection par une contraction énergique d'un muscle spécialement préposé à cet acte et dont le mode d'action a été parfaitement élucidé (le *m. long extenseur* du deuxième article).

Chose curieuse, l'autotomie est ordinairement un acte purement *réflexe*, dans lequel la volonté de l'animal n'a aucune part. Ainsi elle se produit encore après extirpation des ganglions cérébroïdes, qui sont les analogues de notre cerveau, ou sur des animaux anesthésiés. Un Crabe que l'on maintient prisonnier, en l'attachant simplement par une patte, s'épuisera en vains efforts pour se détacher, mais n'aura jamais l'idée de se délivrer en autotomisant le membre captif. Bien plus, si l'on pince ou écrase l'extrémité d'une autre patte que celle qui retient l'animal, le Crabe brisera, non cette dernière patte, ce qui le rendrait à la liberté, mais la patte mutilée, celle dont la perte ne lui est d'aucune utilité. L'absence d'intention intelligente est manifeste ici; nous avons affaire à un mécanisme nerveux préétabli, qui fonctionne en aveugle, à la façon des centres réflexes des animaux vertébrés. Le réflexe d'autotomie se produit chaque fois que le nerf mixte de la patte est excité par pincement, par écrasement ou par un autre agent vulnérant.

L'utilité du réflexe d'autotomie saute aux yeux. D'ailleurs le profit que le Crabe retire du sacrifice de sa patte est double: d'abord il échappe à un ennemi sérieux, puisque ce dernier avait entamé la coque dure de la patte, et atteint le nerf sensible. En outre, il n'est pas exposé à périr d'hémorragie:

la plaie d'autotomie ne saigne pas, elle est fermée par une membrane spéciale.

Ajoutons que le plus souvent la partie perdue par autotomie se régénère avec une assez grande rapidité. Il est facile de le constater pour la queue du Lézard, les pinces et les pattes des Crabes, les bras des Étoiles de mer, etc. Chez les Étoiles de mer, le bras arraché par autotomie peut même régénérer l'animal entier. L'autotomie devient reproductrice.

L'autotomie présente les mêmes caractères d'acte nerveux réflexe chez un grand nombre d'autres Crustacés, d'Insectes, d'Arachnides, de Myriopodes (pattes), chez les Lézards et l'Orvet (queue), chez quelques Mollusques (pied de Harpa, Doris, Helicarion, Solen), beaucoup de Vers, d'Annelides, d'Échinodermes (bras des Astéries), etc.

Ici non plus, la cassure n'est pas due à la fragilité exagérée de la partie caduque, comme aurait pu le faire croire la dénomination zoologique spécifique de *fragilis* appliquée à un certain nombre d'animaux pratiquant l'autotomie: *Ophiothrix fragilis*, *Anguis fragilis* (Orvet, Serpent de verre). La queue de l'Orvet mort n'est pas fragile du tout: il faut pour l'arracher exercer un effort de traction représentant 25 fois le poids de l'animal.

On peut rapprocher de l'autotomie, l'abandon par les Mollusques marins nus, *Aeolis*, *Tethys*, etc. de leurs papilles charnues dorsales, quand ils sont attaqués. L'ennemi se contente de ce fin morceau et laisse fuir le Mollusque. Dans des conditions analogues, les Holothuries rejettent leurs viscères ou les organes connus sous le nom de *tubes de Cuvier*. Le déficit est ultérieurement comblé par régénération.

Simulation de la mort. — Beaucoup d'Insectes, d'Arachnides, de Crustacés se laissent tomber ou se roulent en boule dès qu'on les touche et font le mort. Certains Mollusques utilisent pareillement la suppression de tout mouvement pour tromper leurs ennemis par la simulation de la mort.

III. Énergie acoustique. Son.

Voix. — La production de bruits ou de sons ayant une signification physiologique, s'observe chez beaucoup d'Insectes et chez la plupart des Vertébrés.

Les Insectes aériens font entendre en volant un bourdon-

nement dû aux battements de leurs ailes (Mouche domestique 330, Bourdon 246, Abeille 190, Guêpe 110 vibrations par seconde, selon Marey), bourdonnement qu'il ne faut pas confondre avec un second son plus élevé, la *voix* proprement dite, qui serait, suivant Landois et Burmeister, due aux vibrations de petites plaques membraneuses situées au niveau des stigmates.

Les Cigales font vibrer une espèce de peau de tambour tendue dorsalement entre l'abdomen et le thorax. La stridulation qui caractérise le mâle chez un grand nombre d'Insectes (Coléoptères, Fourmis, Notonectes, Acridiens, Locustiens, etc.) est produite par un mécanisme analogue à celui de la roue dentée de Savart: une saillie chitineuse râcle la surface dentée ou cannelée d'une membrane qui lui fait face, d'où production de sons extrêmement aigus (3000 à 4000 vibrations à la seconde chez le Grillon selon Kreidl et Regen). Chez les Sauterelles de prairie (Acridiens), la saillie chitineuse est représentée par une veine proéminente des élytres contre laquelle frotte une série de dents insérées sur la face aplatie des fémurs des pattes postérieures. Les grandes Sauterelles vertes (Locustiens) produisent la stridulation en frottant la bordure chitineuse encadrant une partie de l'élytre droite contre une saillie cannelée de l'élytre gauche. Les Grillons produisent également leur chant par frottement réciproque du bord de leurs ailes.

On n'est pas d'accord sur le mécanisme de production du cri du Papillon tête de mort (*Acherontia atropos*). Quelques autres Insectes font entendre des sons différents des précédents: tic-tac de l'horloge de la mort produit par les Coléoptères du genre *Anobium*.

On cite un petit nombre de poissons comme produisant des bruits ou des sons, par des mécanismes variés et peu étudiés jusqu'à présent.

Les Serpents, Lézards, Crocodiles, Batraciens et Mammifères produisent les sons plus ou moins musicaux qui constituent leur voix par les vibrations nées dans le larynx, partie modifiée de la trachée-artère. Les Batraciens et certains Mammifères peuvent présenter des poches de résonance qui renforcent les sons produits dans le larynx.

Chez les Oiseaux, les sons se produisent, comme on sait, dans un organe particulier, le *syrinx* ou larynx inférieur, situé dans la poitrine, au niveau de la réunion des bronches avec la trachée.

Certains Vertébrés produisent des bruits par des mécanismes spéciaux. Citons le Serpent à sonnettes ou Crotale, chez lequel le bruit de sonnettes provient du claquement des écailles de la queue.

Signification de la voix. — Chez la plupart des animaux, la voix joue un rôle important dans les relations sociales, familiales et sexuelles. Elle permet aux animaux de même espèce de s'appeler, de se reconnaître à distance, de se communiquer des messages. On a même prétendu dans ces derniers temps que le langage articulé ou symbolique n'était pas la caractéristique exclusive de l'espèce humaine, mais se rencontrait à l'état rudimentaire chez les Singes anthropomorphes et même chez le Chien.

La voix est souvent un moyen de défense: elle sert à effrayer, à démoraliser l'adversaire, parfois à attirer la proie à la façon des sirènes de l'antiquité.

IV. Énergie rayonnante. Lumière.

Production d'énergie lumineuse. — Un grand nombre d'animaux marins appartenant aux groupes zoologiques les plus divers (Bactéries, Rhizopodes, Cytoflagellées, notamment la fameuse *Noctiluca miliaris* à laquelle est due la phosphorescence de la mer du Nord, Méduses, Crustacés, Poissons, Anthozoaires, Vers, Tuniciers (*Pyrosoma*), Echinodermes, Mollusques, Crustacés, Poissons) jouissent de la propriété d'émettre de la lumière par une partie de leur surface. Parmi les animaux terrestres phosphorescents, on ne peut guère citer que quelques Myriopodes et d'assez nombreux Insectes, surtout Coléoptères: Vers luisants, *Lampyrus splendidula*, *Luciola italica*, et Elatérides tropicaux, *Pyrophorus noctilucus*.

Sur 1007 poissons des grandes profondeurs, 112 espèces, soit $\frac{1}{9}$ environ, sont munis de plaques phosphorescentes, tandis que la faune terrestre des cavernes ne comprend pas une seule espèce lumineuse.

Cette lumière donne un spectre continu. Elle varie un peu de ton (bleuâtre, verdâtre, blanche, etc.) suivant les animaux qui l'émettent.

Mode de production de la lumière. — La lumière émane d'organes spéciaux de structure glandulaire, dont les cellules fabriquent une substance photogénique particulière, non encore

isolée. C'est probablement la combinaison de cette substance photogénique avec l'oxygène, en présence de l'eau, qui est la condition *sine qua non* de l'émission de lumière. Les organes phosphorescents cessent de luire quand on les dessèche; mais la poudre desséchée reprend sa luminosité quand on l'humecte au contact de l'air.

Le dégagement de chaleur qui accompagne la luminescence est absolument insignifiant. Ainsi la lumière émise par les Elatérides tropicaux correspond à un dégagement de chaleur 400 fois plus petit que celui qui émanerait d'une flamme ayant même intensité lumineuse. Langley et Very, et Pfeffer ont fait remarquer que la *lumière froide* des animaux phosphorescents représente de loin la forme la plus économique d'éclairage que la nature nous offre.

R. Dubois a construit le premier des lampes à bactéries, c'est-à-dire des récipients de verre, remplis de cultures de *Bacterium phosphoreum*. Une salle de l'exposition de Paris en 1900 était éclairée, à titre de curiosité, au moyen de lampes de ce genre. On a proposé de les employer pour l'éclairage des magasins à poudre, pour remplacer la lampe des mineurs, etc. Malheureusement leur pouvoir éclairant est insignifiant : aussi faut-il de longs temps de pose quand on veut'utiliser cette lumière pour la photographie.

Les Elatérides phosphorescents sont employés dans les pays chauds comme luminaires. Les dames en parent leurs cheveux à Cuba et au Brésil.

D'après Gadeau de Kerville, le Tisserin de l'Inde (*Ploceus baya*) placerait des élatérides lumineux à l'entrée de son nid, soit pour le retrouver plus facilement, soit pour effrayer les serpents.

Utilité oecologique de la phosphorescence. — Chez les animaux des grands fonds, la lumière émise par les organes phosphorescents sert sans aucun doute à suppléer à l'absence d'éclairage naturel. Sans elle, l'existence d'yeux, souvent énormes chez des êtres plongés dans une obscurité complète, serait un non sens. La phosphorescence leur sert à éclairer leur route et peut-être à attirer leur proie.

Certains poissons, notamment *Photoblepharon palpebratus*, ont annexé à leur lanterne un véritable réflecteur constitué par une couche de cristaux brillants (guanine?) et un obturateur formé par une espèce de paupière qui peut à volonté

masquer la lumière (Steche). Les organes phosphorescents des animaux de surface jouent sans doute le même rôle d'appât pendant la nuit. La luminescence cesse d'ailleurs pendant le jour. On sait que beaucoup d'animaux marins sont, comme les Papillons, attirés par la lumière (*phototropisme positif*). Les pêcheurs savent mettre à profit cette particularité en installant un fanal à l'avant de leur bateau. Les pêcheurs de l'archipel malais emploient précisément à cet effet les organes phosphorescents enlevés à certains poissons (*Anomalops*). Ces organes conservent leur luminosité pendant des heures après extirpation.

Chez d'autres êtres qui ne sont pas bons à manger ou qui sont défendus par des organes urticants ou d'autres armes empoisonnées, la luminescence joue sans doute le même rôle que les couleurs voyantes dites *prémonitoires* : elle sert à éloigner l'ennemi.

Chez beaucoup d'animaux, notamment chez les Insectes, la phosphorescence sert à favoriser la réunion des animaux de même espèce, notamment au rapprochement des sexes.

Chez d'autres êtres la phosphorescence est probablement une simple conséquence des réactions cataboliques dont l'organisme vivant est le siège, sans que ce dernier en tire un profit direct. On ne voit par exemple pas de quelle utilité elle peut être chez les bactéries lumineuses, ou chez les Crustacés copépodes aveugles (Giesbrecht).

Autres radiations. — Il y a quelques années, Blondlot, Charpentier et d'autres ont cru constater l'émission par les êtres vivants de rayons spéciaux. Ces fameux rayons N (rayons de Nancy), invisibles par eux-mêmes, étaient censés augmenter notablement l'éclat d'une source lumineuse très faible. Ces rayons paraissent n'avoir jamais existé que dans l'imagination de leurs inventeurs.

Ressemblance protectrice. Mimétisme. — L'absorption et la réflexion de la lumière solaire à la surface du corps des animaux présente une série de particularités du plus haut intérêt.

Mimétisme topique. Homochromie permanente. — En général les animaux qui habitent des milieux présentant une coloration uniforme sur une assez grande étendue, revêtent eux-mêmes la teinte du milieu dans lequel ils vivent. L'Ours blanc, le Renard bleu, le Lièvre polaire, la Poule de neige et les autres habitants des régions arctiques sont blancs, au moins en hiver.

La livrée couleur de neige qu'ils ont adoptée joue évidemment un rôle protecteur dans la lutte pour l'existence : elle permet à l'Ours et au Renard d'approcher leur proie sans être vus. Les animaux chassés ont également avantage à se confondre avec le tapis de neige sur lequel ils vivent. Ils ont ainsi plus de chances d'échapper à leurs ennemis.

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

Les animaux pélagiques sont transparents comme du cristal, ou plutôt comme l'eau de mer dans laquelle ils flottent et dont ils ne se distinguent en aucune façon.

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

Cette adaptation de l'être vivant au milieu qui l'entoure est un fait tellement banal, tellement évident, qu'il est superflu d'en multiplier les exemples.

La plupart des exceptions connues à cette loi de protection par la couleur ont été étudiées et expliquées d'une manière satisfaisante. On a montré par exemple que beaucoup d'animaux revêtus de livrées voyantes, et qui semblaient devoir attirer les regards, étaient cependant protégés efficacement contre la dent ennemie par le goût répugnant de leur chair ou par l'odeur nauséabonde qu'ils répandent (la Mouffette par exemple). Comme Wallace et Bates l'ont fait observer, la plupart des animaux rendus très évidents par leur couleur, ne sont pas bons à manger et ont plutôt intérêt à se faire reconnaître de loin (*couleur prémonitoire*) et à ne pas être confondus avec des espèces comestibles.

Mimétisme spécial. — La ressemblance que présente certains animaux avec des objets déterminés de leur entourage s'étend fréquemment aux détails de la livrée et à la conformation extérieure toute entière : Papillons de nuit ressemblant à des fragments d'écorce, Papillons de jour simulant des feuilles desséchées, Orthoptères, chenilles se confondant avec des

tiges de graminées, ou des rameaux flétris, Sauterelles prises pour des fragments pierreux, *Phyllium siccifolium* de Java ayant la couleur et la forme des feuilles de goyavier, etc. etc. Les exemples de ce singulier moyen de protection se comptent par centaines. La liste s'en allonge chaque jour.

Homochromie, Mimétisme topique variable. — Certains animaux ont perfectionnés le procédé de l'homochromie. Ils changent de teinte en même temps que change la coloration du milieu dans lequel ils vivent. L'Hermine et beaucoup d'animaux de Sibérie, le Lièvre polaire, le Lagopède des neiges ne sont blancs qu'en hiver. Au printemps, les poils blancs tombent et sont remplacés par une fourrure couleur de terre. Le changement se fait ici graduellement et prend plusieurs semaines pour se compléter.

Un grand nombre d'animaux, Poissons, Reptiles, Batraciens, Crustacés, Mollusques, présentent la même propriété développée à un degré étonnant: ils accommodent, pour ainsi dire à chaque instant, leur propre couleur à celle du milieu coloré dans lequel ils vivent. L'exemple le plus anciennement connu est celui du Caméléon. Les variations de cet animal multicolore en ont fait le symbole de l'inconstance politique.

C'est principalement par l'expansion et le retrait alternatif des *chromatophores* que ces changements de coloration se produisent. Les chromatophores sont de petites poches remplies d'une matière colorante plus ou moins foncée, noire, brune, jaune, etc., situées dans l'épaisseur de la peau. Tantôt ces poches sont rétractées en boules sur elles-mêmes: elles sont dans ce cas à peine visibles. C'est la phase de coloration claire de la peau. Tantôt les chromatophores s'étendent en plaque mince, étalée sur une assez grande surface: c'est la phase de coloration foncée. Ces changements de coloration s'effectuent par l'intermédiaire du système nerveux grâce à un mécanisme réflexe qui a pour point de départ l'action de la lumière colorée sur l'œil de l'animal.

Chromatophores et poches du noir des Mollusques céphalopodes. — Le Poulpe, la Seiche, la Sépiole possèdent un réservoir d'encre, la poche du noir, qu'ils peuvent à volonté vider au dehors, quand ils sont attaqués ou poursuivis. Cette encre, la sépia, est un liquide extrêmement foncé, formant dans l'eau un véritable nuage, suffisamment étendu pour masquer en entier l'animal qui l'a émis, et le soustraire à ses ennemis. La Sépiole

combine le jeu des chromatophores avec l'expulsion de l'encre d'une façon originale. Les Sépioles sont en général de couleur claire, quand elles nagent sur des fonds sableux en plein soleil. Vient-on à les poursuivre, elles lancent leur encre sous forme d'un petit nuage noir qui reste suspendu dans l'eau sans se délayer. Avant de lancer l'encre, elles changent brusquement de couleur, deviennent presque noires pendant un temps fort court, puis reprennent immédiatement leur teinte claire, après avoir abandonné derrière elles leur nuage d'encre qui a à peu près les dimensions de leur corps. Celui qui assiste pour la première fois à cette petite scène, pourra se laisser prendre à leur stratagème, lâchera la proie pour l'ombre et saisira vivement le flocon d'encre, alors que la Sépiole est déjà loin.

Certains Siphonophores (Agalmidés, Forskalidés) et quelques Mollusques nus rejettent au moindre contact un nuage de liquide rouge ou jaune, rendant l'eau opaque.

Mimétisme proprement dit. Mimicry. Imitation d'un animal par un autre. — La ressemblance étonnante que certaines espèces de grosses Mouches ou Diptères (Volucelles) présentent avec les Bourdons (qui appartiennent à un autre ordre d'insectes, celui des Hyménoptères) permet aux premières de pénétrer dans le nid des Bourdons et d'y déposer leurs œufs, à la façon des Coucous, sans attirer l'attention des légitimes propriétaires. L'intruse est si bien déguisée qu'elle est prise par les Bourdons affairés, pour un membre de la communauté. Les larves qui naissent de ces œufs introduits en fraude, consomment le miel et les provisions que les industrieux Bourdons destinaient à leur propre progéniture. Chaque espèce de Bourdon est ainsi exploitée par une espèce de Volucelle qui a exactement la livrée de l'espèce de Bourdon à laquelle elle s'attaque et dont ses larves pillent les provisions.

Les Insectes à aiguillon, Abeilles, Guêpes, Frelons, sont en général reconnus de loin et inspirent un salutaire respect aux animaux insectivores, qui refusent d'y toucher. La livrée et les allures des Guêpes et des Abeilles sont copiées, avec plus ou moins d'exactitude, par un grand nombre d'insectes appartenant aux ordres des Hyménoptères, des Diptères, des Lépidoptères et des Coléoptères. Ainsi des Papillons absolument inoffensifs du genre *Sesia* ont la forme, la couleur et les allures des Guêpes et bénéficient sans aucun doute de la terreur que ces Hyménoptères porte-aiguillon inspirent à leurs ennemis.

Les grosses mouches brunes (*Eristalis tenax*) qui butinent en grand nombre pendant toute la belle saison sur les fleurs du moindre jardinet, à la façon des Abeilles, ont tant de ressemblance extérieure avec ces dernières, qu'un naturaliste lui-même ne les saisira qu'avec précaution, de crainte d'être piqué. Virgile s'y est trompé. Les fameuses Abeilles d'Aristée n'étaient que de vulgaires *Eristalis*. Cependant l'*Eristalis* n'a pas d'aiguillon : la ressemblance avec l'Abeille est d'ailleurs toute superficielle : l'*Eristalis* en sa qualité de vraie mouche ou Diptère, n'a que deux ailes, tandis que l'Abeille et les Hyménoptères en général en ont quatre. De même, les Serpents venimeux sont copiés par des Couleuvres inoffensives. Le bénéfice est le même que pour l'imitation des Abeilles et des Guêpes.

Comme on le voit, un certain nombre d'êtres en apparence peu favorisés de la nature, paient d'audace en faisant croire à l'existence d'armes cachées : tel un faux brigand dont la rapière ou le poignard serait représenté par un simple simulacre, une poignée sans lame. Beaucoup cherchent à effrayer l'ennemi en prenant eux-mêmes une attitude menaçante. On les voit hérissier plumes ou poil, ouvrir la gueule, grincer des dents, mettre en évidence griffes et bec. Le Poulpe, lorsqu'il est attaqué, change de couleur et se couvre de papilles saillantes : en même temps ses bras battent l'eau. Plus d'un reptile inoffensif se dresse en sifflant et en dardant la langue et met en fuite les personnes peu ferrées sur l'erpétologie.

Les cornes des chenilles inermes simulent des armes redoutables : il en est de même des pointes et des épines qui ornent la carapace de certains Coléoptères lamellicornes et des filaments rouges que les chenilles des *Harpya* font sortir lorsqu'on les inquiète. Les Papillons crépusculaires du genre *Sphinx* doivent leur nom précisément à l'attitude habituelle de leur chenille, attitude plus ou moins forcée, rappelant celle d'un Reptile ou d'un animal qui se prépare au combat. La Seiche, quand on l'inquiète, fait apparaître deux taches noires circulaires sur la surface dorsale de son corps. Ces taches simulent les deux yeux d'un animal fantastique beaucoup plus gros.

La vision, c'est-à-dire l'utilisation des radiations lumineuses par l'œil, semble jouer le principal rôle dans la faculté d'orientation du Pigeon voyageur.

V. Énergie calorifique. Chaleur.

Animaux poikilothermes et homéothermes. — « Les êtres vivants sont des corps combustibles qui brûlent et se consomment » a dit Lavoisier. En effet, les manifestations de la vie animale ont pour base des phénomènes chimiques dont l'immense majorité appartient à la catégorie des réactions *exothermiques*, c'est-à-dire qu'ils s'accompagnent de mise en liberté d'énergie. Cette énergie apparaît surtout sous forme de *chaleur*.

Chez les animaux à sang froid ou à température variable (*poikilothermes*), la chaleur mise en liberté par les phénomènes vitaux est peu importante. Aussi leur température propre ne dépasse que de fort peu la température du milieu ambiant. Ils sont engourdis en hiver et ne retrouvent toute leur activité qu'en été ou au printemps.

Par contre chez les animaux à sang chaud ou à température constante (*homéothermes*), les réactions chimiques vitales atteignent une intensité énorme. Ces animaux (Mammifères et Oiseaux) fabriquent dans leur intérieur une quantité de chaleur suffisante pour maintenir leur température propre à un niveau très supérieur à celui du milieu dans lequel ils vivent. De plus, il se fait chez eux un balancement exact entre la thermogénèse et les pertes de chaleur, qui aboutit à une constance presque complète de leur température propre. Chaque animal à sang chaud est comme une étuve réglée pour une température déterminée et constante : 37° chez l'homme et certains Singes, 39° chez la plupart des autres Mammifères, 41° à 42° chez les Oiseaux, environ 30° chez les Monotrèmes (Ornithorhynque, Echidné).

Avantages de l'homéothermie. — Les animaux à sang chaud créent ainsi autour de leur organes un printemps perpétuel. Leurs centres nerveux, leurs nerfs, leurs muscles sont toujours prêts à fonctionner au maximum de leur utilisation possible. La constance de leur température interne soustrait leurs organes aux vicissitudes thermiques du milieu extérieur et constitue un élément important de suprématie dans la lutte pour l'existence.

On peut observer aussi que la température élevée de certains animaux homéothermes, les Oiseaux par exemple, les met à l'abri de maladies infectieuses dont le microbe ne sup-

porte pas ce degré de chaleur. Ainsi s'explique l'immunité naturelle des Oiseaux en général, des Poules en particulier, vis-à-vis de l'infection charbonneuse, le *Bacillus anthracis* ne pouvant vivre au dessus de 40°.

Régulation de la température chez les homéothermes. — Comment l'animal à sang chaud va-t-il combattre en hiver l'action du froid extérieur et empêcher l'abaissement de sa température interne? Evidemment, soit en exagérant à l'intérieur de ses tissus la production de chaleur par activation des combustions organiques, soit en diminuant à la surface du corps les pertes de chaleur par rayonnement et par contact. En pratique, l'animal à sang chaud a recours en même temps aux deux procédés. Ceci demande quelques mots d'explication:

A première vue, il peut sembler paradoxal que le froid ait pour effet d'augmenter une combustion. Tout chimiste sait que le froid diminue l'intensité des phénomènes chimiques exothermiques, que la chaleur les accélère. La chaleur devrait donc, semble-t-il, augmenter les phénomènes chimiques qui sont la base de la thermogénèse. On pourrait s'attendre à voir l'excès de chaleur produite ainsi agir dans le même sens, d'où nouvelle augmentation de la thermogénèse et ainsi de suite, sans qu'on aperçoive de raison pour s'arrêter dans ce cercle vicieux. De même le froid, diminuant la source de la chaleur animale, semblerait, par un mécanisme analogue, devoir abaisser progressivement et indéfiniment le niveau de la température propre.

Il en serait ainsi, si l'animal à sang chaud était un simple objet physique, uniquement exposé à l'action directe du froid et du chaud extérieurs. Mais le système nerveux de l'animal à sang chaud entre ici en jeu, pour provoquer par *voie réflexe*, principalement dans les muscles, une augmentation des combustions interstitielles. Le froid excite les terminaisons des nerfs sensibles de la peau; l'excitation se transmet par les nerfs centripètes aux centres nerveux calorifiques, qui se confondent avec les centres moteurs des muscles; et c'est là le point de départ du réflexe. Cette action du froid sur la peau et le réflexe de thermogénèse musculaire qui en est la conséquence, se traduit par une sensation particulière de raideur ou de tension dans les muscles, qui peut aller jusqu'à production de *frisson* ou de *tremulation* musculaire. On tremble de froid.

Le système nerveux intervient également pour diminuer les pertes de chaleur par resserrement des vaisseaux cutanés

(vaso-constriction) sous l'influence du froid, pour augmenter ces pertes par rayonnement et par évaporation sudorale (vasodilatation, excitation nerveuse de la sudation cutanée) quand l'organisme est menacé d'une augmentation de température.

Loi de van't Hoff. — Nous admettons que les phénomènes de la vie ont pour base des réactions chimiques exothermiques. Mais dans ce cas nous devons nous attendre à en voir au moins quelques-uns être influencés directement par la température dans la mesure indiquée par la loi de van't Hoff, en vertu de laquelle la vitesse des réactions chimiques augmente du double ou du triple pour une élévation de température de 10°. Snyder et Kanitz ont vérifié qu'un certain nombre de phénomènes physiologiques suivaient la règle de van't Hoff : citons la fréquence des battements du cœur isolé de la grenouille, la production de CO² chez beaucoup d'animaux à sang froid, les mouvements rythmés de l'œsophage et de l'intestin, etc. Tous ces phénomènes augmentent du simple au double entre 15° et 25° ou entre 25° et 35°. C'est une confirmation qu'il s'agit bien de phénomènes de nature essentiellement chimiques.

VI. Énergie électrique.

Organes électriques. — Toute manifestation d'activité des tissus vivants, muscles, nerfs, glandes, etc., est accompagnée d'un dégagement d'électricité. La portion excitée devient momentanément le siège d'une tension électrique négative. Une partie de l'énergie mise en liberté au moment de l'excitation apparaît donc sous forme d'électricité. Dans les muscles, cette partie de l'énergie est insignifiante si on la compare aux quantités considérables d'énergie mécanique et d'énergie calorifique développées en même temps. Il ne semble pas que les courants électriques qui accompagnent le fonctionnement de nos organes jouent un rôle quelconque de protection dans la lutte pour l'existence.

Mais chez un petit nombre de Poissons, tant d'eau douce (*Gymnotus electricus* des eaux douces de l'Afrique tropicale et plusieurs Poissons du Nil et de quelques fleuves américains, *Malapterurus electricus*, *Mormirus electricus*, *Gymnarcus nitoticus*) que d'eau de mer (*Torpilles* 20 espèces, *Raies* 35 espèces), certains muscles embryonnaires se transforment en

organes dits *électriques*. Quand ces organes électriques sont excités par l'intermédiaire de leurs nerfs, ils sont, comme les muscles dont ils dérivent, le siège d'une explosion d'énergie; mais cette énergie prend la forme d'énergie électrique, dont la tension peut atteindre plusieurs centaines de volts. L'organe électrique ne paraît pas s'échauffer pendant la décharge et n'est pas non plus le siège de phénomènes mécaniques.

Les Poissons électriques ont ainsi à leur disposition un agent plus redoutable que les armes matérielles. Ils commandent à la foudre et paralysent leur proie à distance par une violente secousse électrique. Tout le monde a lu la pittoresque description que de Humboldt a donnée, dans son *Cosmos*, du combat des chevaux sauvages et des Gymnotes électriques dans les marais de Calabozo. Sachs qui fut envoyé en 1879 par l'Académie de Berlin dans l'Amérique tropicale, pour étudier sur place les Gymnotes de Calabozo, affirme que jamais on n'y a pêché de Gymnotes au moyen de chevaux et que la description de Humboldt est une pure fiction.

L'organe électrique n'est qu'un muscle transformé, dans lequel la contraction est remplacée par la décharge électrique. Aussi ne devons nous pas nous étonner que cette décharge électrique obéisse en général aux mêmes lois que les contractions musculaires.

Les Poissons électriques montrent une immunité relative des plus remarquables vis-à-vis de leur propre décharge. Ils montrent la même immunité vis-à-vis de courants électriques suffisants pour tuer ou étourdir de petits poissons placés à côté d'eux dans le même récipient. Cette immunité relative s'explique par une excitabilité moindre des éléments nerveux, dont les dimensions sont énormes.

B. MOYENS CHIMIQUES DE DÉFENSE.

I. Substances agissant sur l'odorat ou le goût.

C'est très probablement par la structure ou la fonction chimiques que certaines substances impressionnent notre odorat ou notre goût. Le goût dit *acide* est si intimement lié à la présence d'hydrogène acide dans la molécule, que le même mot « acide » sert à désigner la fonction chimique et l'action gustative.

Les odeurs jouent un rôle important dans les relations sociales, familiales et sexuelles des animaux. C'est principalement par l'odeur que les Fourmis, les Abeilles et en général les animaux sociaux appartenant à une même communauté, se reconnaissent.

Les Fourmis d'une même fourmilière vivent en bonne harmonie les unes avec les autres, mais traitent en ennemies les étrangères appartenant à une autre colonie. L'organe de perception de ces odeurs spécifiques est situé d'après Adèle M. Fielde au niveau des 5^e et 6^e segments des antennes. Les Fourmis privées d'antennes ne montrent plus d'hostilité vis-à-vis des étrangères. Il en est de même si l'on a enlevé à ces étrangères leur odeur propre, par des lavages à l'alcool et à l'éther, et surtout si on les a barbouillées de jus de fourmis écrasées, de manière à les imprégner de l'odeur familiale spécifique.

C'est par l'odorat que les femelles des Papillons de nuit attirent les mâles à des distances souvent énormes. Les collectionneurs d'Insectes savent mettre à profit cette particularité. Une seule femelle de Sphinx demi-paon (*Smerinthus ocellatus*) exposée à la fenêtre dans une boîte recouverte de tulle, permit à Weissmann de capturer en l'espace de 8 jours 42 mâles de la même espèce. Fabre a montré que c'est également par les antennes que les mâles des Bombycides perçoivent l'odeur des femelles.

Dans d'autres cas, l'odeur ou le goût repoussants servent de protection vis-à-vis des ennemis éventuels, par le dégoût qu'ils inspirent. La Mouffette ou *Mephitis*, petit Mammifère américain, se défend en lançant sur l'agresseur le produit de ses glandes anales, produit à odeur extrêmement repoussante (combinaison de Mercaptan). Les *Mephitis* se fient tellement à ce moyen de défense, qu'ils ont, paraît-il, perdu l'habitude de fuir, ils attendent tranquillement l'attaque, sûrs du dégoût qu'ils inspirent.

Le Coléoptère connu sous le nom de Canonnier (*Brachinus explodens*), lorsqu'il s'est serré de trop près par quelque Insecte chasseur, lance à la tête de l'assaillant le contenu gazeux de son intestin terminal, et arrive à s'esquiver, en profitant de l'émoi causé par cette explosion dans le goût rabelaisien. La sécrétion anale d'autres Coléoptères carabiques contient de l'acide butyrique.

Bon nombre d'Insectes sont dédaignés par les oiseaux et

les animaux insectivores en général, à cause de leur odeur fétide ou de leur goût déplaisant. C'est le cas pour les Héliconides du Brésil. La protection très efficace que ces Papillons retirent de la sécrétion fétide qu'ils émettent, s'étend aux Leptalides, espèces non fétides, imitant par mimétisme les Héliconides.

Au reste, il n'est pas toujours possible de décider si une sécrétion qui nous paraît fétide, est utilisée comme moyen d'attraction sur les individus de même espèce, ou comme moyen de répulsion vis-à-vis des ennemis. Une odeur qui nous dégoûte peut parfaitement provoquer des sensations agréables chez d'autres animaux.

Le Chien de chasse suit la piste du gibier en flairant les particules odorantes abandonnées par ce dernier. C'est également par l'odorat que les Fourmis retrouvent au retour le chemin qu'elles ont suivi une première fois.

Certains animaux fabriquent des liquides sucrés, de goût agréable. Beaucoup d'hôtes des Fourmis ou des Termites sont élevés en captivité et soignés en vue de l'espèce de lait sucré qu'ils produisent par certaines glandes cutanées. Les vacheries de pucerons des Fourmis sont connues depuis Linné.

II. Poisons.

Un certain nombre d'animaux contiennent des substances vénéneuses, à goût désagréable ou à action irritante locale: Cantharides (acide cantharidique), Chenilles processionnaires, Poissons japonais des genres *Tetrodon*, *Triodon* et *Diodon* (poison fugu=acide tétrodonique et tétrodonine neutre, d'après Tahara). Deux Myriopodes se défendent au moyen d'acide cyanhydrique.

Saignée réflexe chez les Insectes vésicants (*Lytta*, *Meloe*, etc.). C'est le sang lui-même chargé de *cantharidine*, qui au moindre attouchement, sort par les articulations fémorotibiales des pattes (Cuénot).

III. Substances corrosives, exerçant leur action sur les nerfs douloureux de la peau.

L'acide formique paraît assez répandu dans les sécrétions défensives des Insectes. Les Fourmis en aspergent leurs ennemis. Il est présent dans le venin des Abeilles et des Guêpes,

qui contient aussi des toxines. La larve de *Dicranura vinula* secrète un liquide qui contient jusque 40 % d'acide lactique, suivant Poulton, liquide qu'elle lance à une grande distance quand on la moleste.

Dolium galea, gros Gastéropode de la Méditerranée, secrète une salive corrosive contenant 2 à 4 % d'acide sulfurique, tandis que d'autres Gastéropodes du même groupe (*Tritonium nodosum*, etc.) ont une salive riche en acide aspartique.

Un grand nombre de venins ou de poisons animaux (thalassine et congestine des organes urticants des Actinies, poison des pédicellaires des Oursins, cantharidine des Insectes, venins des Vipères, Vive, Scolopendres, Abeilles, Guêpes, Araignées, Scorpions) sont capables de provoquer au lieu de leur application une irritation locale souvent fort douloureuse.

IV. Venins.

La protection chimique la plus efficace est réalisée par les poisons spéciaux ou toxines des animaux venimeux. Ces poisons fabriqués dans des glandes venimeuses et parfois conservés dans des réservoirs provisoires, sont ordinairement inoculés par piqure ou morsure dans les tissus de la victime, soit au moyen de lancette ou d'épines pleines (lame tranchante de la Vive, épines de plusieurs Poissons), soit, ce qui est le cas le plus fréquent, au moyen de pointes creuses, rappelant le mécanisme de l'aiguille de la seringue de Pravaz: dard du Scorpion, crochets des Scolopendres et des Araignées, aiguillon de l'Abeille et de la Guêpe, dents creuses des Vipères et Crotales, dents cannelées du Cobra, de l'Aspic de Cléopâtre et de l'Heloderma, ergot de l'Ornithorhynque, etc.

Les toxines auxquelles les venins doivent leur activité sont des substances très toxiques, non cristallisables, de constitution inconnue, peu diffusibles, précipitables par les sels des métaux pesants, se laissant entraîner de leurs solutions par les précipités inertes, par la saturation au moyen des sels neutres, notamment du sulfate ammonique.

L'oxygène et les agents d'oxydation les détruisent rapidement; elles sont également attaquées par les sucs digestifs, ce qui explique l'innocuité relative des venins introduits par la bouche. *Non gustu sed in vulnere nocent*. Les toxines sont très sensibles à l'action destructive de la lumière et de la cha-

leur. Une chaleur modérée supprime leurs propriétés toxiques, mais n'empêche pas la formation d'anticorps chez l'animal auquel on les administre.

On a cru longtemps à la nature albuminoïde des toxines. Suivant Faust, la Neurotoxine du venin de Cobra devrait son activité à une substance non azotée de la formule $C^{17}H^{26}O^{10}$, l'*Ophiotoxine*.

Les venins naturels contiennent ordinairement plusieurs espèces de toxines, les unes (*neurotoxines*) s'attaquent aux éléments du système nerveux, les autres dissolvent les globules rouges (*hemolysines*) ou détruisent les cellules vivantes (*cytolysines*), notamment l'endothélium vasculaire (*hémorragines*). D'autres ont une action agglutinante sur les globules rouges, ou agissent comme agents coagulants ou anticoagulants, etc.

Les toxines sont des poisons extraordinairement actifs. Quelques milligrammes de venin de Cobra sec suffisent pour tuer un homme. Un centigramme constitue la dose mortelle pour le Cheval (Calmette).

Immunité naturelle. — Comme on pouvait s'y attendre, les animaux venimeux sont peu sensibles à l'action de leur propre venin et en supportent sans inconvénient des doses qui seraient promptement mortelles pour d'autres animaux de même poids.

La même immunité se rencontre chez les animaux chasseurs qui font des animaux venimeux leur nourriture habituelle, ou qui par leur manière de vivre sont fréquemment exposés aux piqûres ou aux blessures venimeuses. Ainsi *Herpestes Ichneumon* est réfractaire au venin de *Cobra*, le Hérisson montre une certaine immunité vis-à-vis du venin de Vipère. L'immunité est spécifique, c'est-à-dire qu'elle ne s'étend pas à toute espèce de venin en général, mais à une espèce nettement déterminée de venin. La Vipère résiste très bien à l'action de son propre venin: mais elle est très sensible au venin de *Cobra* (Phisalix).

Dans beaucoup de cas, l'immunité naturelle s'explique par la présence constatée dans le sang d'une certaine quantité d'antitoxine. Cette antitoxine s'est évidemment développée par un mécanisme analogue à celui de l'immunité acquise dont il va être question.

Prétendu suicide du Scorpion. — En Espagne, les enfants qui ont réussi à s'emparer d'un Scorpion vivant, se font un

jeu barbare de le placer au centre d'un cercle de charbons ardents, pour jouir du spectacle de ses souffrances et de ses contorsions. C'est une croyance très répandue, que le Scorpion, après avoir vainement cherché à franchir le cercle enflammé qui l'étreint, se perce lui-même de son dard dans un accès de désespoir et se suicide pour échapper aux tortures du feu. Bourne et d'autres ont montré qu'il s'agit d'une légende sans aucun fondement. En supposant que le Scorpion, violemment excité et brandissant son dard dans toutes les directions, puisse, dans son affollement, se blesser lui-même, ces blessures n'offriraient pour lui qu'un assez faible danger d'empoisonnement. Le Scorpion, comme les animaux venimeux en général, est relativement réfractaire à l'action de son propre venin. Bourne a pu injecter à un Scorpion des doses considérables de poison prises sur le Scorpion lui-même, ou provenant d'animaux de même espèce, sans l'incommoder notablement.

On a prétendu que le Serpent à sonnettes ou Crotale de l'Amérique septentrionale, placé comme le Scorpion dans une situation désespérée, se suicidait également en s'enfonçant dans le corps ses crochets empoisonnés. Holden et Wood ont démontré l'inexactitude de cette assertion.

Immunité acquise. — On assure que les charmeurs de serpents (Psyllés de l'Inde, Marsi d'Italie) supportent sans inconvénient la morsure des Serpents venimeux. Il est probable que cette immunité, en la supposant réelle, a été développée graduellement par des inoculations répétées de doses non mortelles de venin. C'est le procédé classique que nous employons pour développer, chez un animal donné, l'immunité la plus complète vis-à-vis d'une espèce déterminée de toxine. En prolongeant pendant des mois des injections bihebdomadaires de quantités croissantes de venin de Cobra chez le Cheval, Calmette a pu, chez ces animaux, pousser l'immunisation au point que les Chevaux ainsi *vaccinés* supportaient, sans réaction, l'injection en une fois de 2 grammes de venin de Cobra, c'est-à-dire deux cents fois la dose mortelle.

L'injection d'une petite quantité de toxine ou de venin agit comme *antigène*, c'est-à-dire provoque chez l'animal injecté une réaction de défense qui consiste dans l'élaboration d'une substance nouvelle spécifique, d'une *antitoxine*. L'antitoxine ainsi formée jouit de la propriété de rendre la toxine inoffensive: les deux substances forment sans doute entre elles une

combinaison additionnelle inoffensive. C'est sur la formation d'antitoxine chez le Cheval après injections répétées de toxine qu'est basée la préparation des *sérums antivenimeux*. En effet, le sang de l'animal vacciné, sang riche en antitoxine, peut servir de remède curatif ou préventif contre l'action de la toxine.

La formation de l'antitoxine s'explique d'une façon plausible dans la théorie des chaînes latérales d'Ehrlich. La place nous manque malheureusement pour développer ici cette théorie. Ajoutons qu'une foule de substances étrangères, notamment les matières protéiques, empruntées à d'autres animaux, introduites dans notre organisme, y provoquent une réaction de défense analogue à celle des toxines. Elles agissent comme *antigènes* et font apparaître dans le sang des substances nouvelles, des *anticorps*, formant avec la matière étrangère des précipités ou des combinaisons inoffensives.

Liège, Université.

LÉON FREDERICQ