

tive « le soleil est le ressort constamment tendu qui entretient toute l'activité terrestre », comme l'a si justement dit R. MAYER.

§ 2. — MANIFESTATIONS DE L'ÉNERGIE CHEZ LES ÊTRES VIVANTS

L'énergie se manifeste extérieurement chez les êtres vivants sous la forme mécanique, c'est-à-dire par des mouvements et la production de travail mécanique; elle apparaît aussi sous forme de chaleur, d'électricité, de lumière.

1° Phénomènes de motilité. — Le mouvement est la forme de l'énergie la plus accessible à l'observation; aussi entre-t-il comme un élément prédominant dans l'idée qu'on se fait de la vie. On l'observe non seulement chez les animaux, mais aussi chez les végétaux. A la frontière des deux règnes, des êtres qu'on ne saurait annexer à aucun d'eux, comme ces plasmodies de champignons myxomycètes dont nous avons parlé plus haut, se meuvent et se déplacent; des algues, des spores de certains végétaux (*zoospores*) sont douées de mouvements très actifs. Chez les végétaux supérieurs aussi des mouvements parfois très rapides se montrent pour certains de leurs organes (étamines, fleurs, feuilles et tiges). Il est à peine besoin de rappeler l'exemple si connu de la sensitive (*mimosa pudica*).

La cause des mouvements se trouvant dans le changement de forme du protoplasma et dans la modification de position de ses particules élémentaires, c'est en définitive dans le protoplasma qu'il faut poursuivre et localiser l'étude des phénomènes généraux de motilité.

Les mouvements du protoplasma s'observent avec la plus grande facilité chez les êtres inférieurs mono-cellulaires, comme les amibes (fig. 9), les rhizopodes ou bien sur certains éléments cellulaires des organismes supérieurs: globules blancs, cellules musculaires. Comment une amibe, un leucocyte peuvent progresser par des mouvements d'expansion et

de retrait de leur corps protoplasmique (*pseudopodes*), c'est ce qu'on a déjà dû comprendre par l'exposé qui a été fait dans notre « Introduction » des phénomènes de motilité présentés par les plasmodies. Reprenons le même exemple et poussons plus loin notre observation par l'analyse microscopique. Le protoplasma de la plasmodie contient un très grand nombre de granulations: à un fort grossissement une expansion pseudopo-

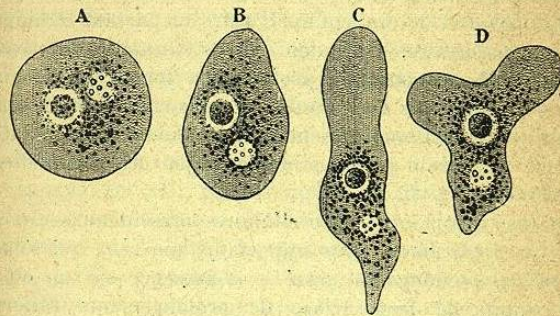


Fig. 9.

Mouvement amiboïde. Quatre stades successifs de ce mouvement chez une amibe (d'après VERWORN).

dique a l'aspect d'un cordon granuleux, bordé par une mince couche hyaline (fig. 1). Or ces granulations sont animées d'un mouvement très curieux de circulation qu'on pourrait comparer à celui des globules sanguins dans les capillaires. Dans les fins filaments il n'y a qu'un courant longitudinal, mais dans les cordons plus épais on voit se produire deux courants de sens inverse, et dans les lames aplaties du réseau il existe le plus souvent plusieurs courants ramifiés dirigés soit dans le même sens, soit en sens divers. La rapidité du courant est très variable: très lent en certains points, et au contraire si rapide en d'autres qu'à un fort grossissement on peut à peine suivre des yeux le déplacement des granulations. Ces mouvements des granulations protoplasmiques peuvent être aussi très bien observés dans les expansions pseudopo-

diques des rhizopodes. Il est facile de le déceler encore dans certaines cellules végétales limitées par une membrane d'enveloppe. Chez les *Characées*, par exemple, le protoplasma forme une couche tapissant la face interne de la membrane cellulosique; la partie la plus externe de cette couche qui contient les corps chlorophylliens est immobile; mais le protoplasma de la couche interne présente un mouvement giratoire, consistant en ce que les granulations remontent sur une des parois longitudinales et descendent sur l'autre en passant le long des parois transversales. Dans les poils staminaux de diverses espèces de *Tradescantia*, le protoplasma forme un réseau de cordons anastomosés dans l'intérieur de la cellule, et les granulations de ces cordons présentent un mouvement circulatoire analogue à celui du réseau protoplasmique des plasmodies de myxomycètes (fig. 12, p. 71).

Certains organismes monocellulaires présentent des mouvements de déplacement plus importants que ceux qui s'exécutent par les pseudopodes, grâce à la présence sur un ou plusieurs points de leur surface de prolongements filiformes animés de mouvements rapides: ces prolongements sont les cils et fouets vibratiles. Certaines cellules des animaux supérieurs sont aussi pourvues de ce moyen de locomotion (*spermatozoïdes*), et d'autres, tout en restant immobiles dans leur masse, offrent un mouvement de cils vibratiles très actifs à leur surface (*épithéliums à cils vibratiles*).

Enfin certaines cellules acquièrent à un haut degré la propriété de rétraction et expansion, de telle sorte qu'elles peuvent exécuter des mouvements rapides et énergiques. Ce sont les cellules musculaires. Leur physiologie générale fera l'objet d'un autre chapitre de cet ouvrage.

2° Autres manifestations de l'énergie. — La *production de chaleur* est aussi une des conséquences de l'activité du protoplasma; mais déjà cette manifestation de l'énergie est moins accessible à l'observation que les phénomènes de motilité. Si, en effet, chez les animaux vertébrés supérieurs, dits à sang chaud, le dégagement de chaleur est de toute évidence, chez

les animaux vertébrés inférieurs, dits à sang froid, et chez les invertébrés, de même que chez les végétaux, la démonstration du même fait devient plus délicate. Cependant, comme la production de chaleur est liée à l'oxydation des matériaux combustibles du corps, et que cette oxydation est la condition même de tout phénomène vital, on conçoit que le dégagement de calorique doit être un phénomène général; les variétés qui se montrent à cet égard entre les êtres vivants ne doivent donc porter que sur une question de degré, et correspondre seulement à des différences dans l'intensité des processus d'oxydation ou à une association de ces derniers avec des processus chimiques endothermiques prédominants. Par conséquent, il doit se produire, et il se produit effectivement, de la chaleur chez les animaux improprement nommés à sang froid et chez les végétaux. On sait, par exemple, que dans une ruche d'abeilles la température peut s'élever à 30-40° C, que des graines en germination s'échauffent légèrement, que la chaleur dégagée dans le spadice des *Aroïdées* est très appréciable au toucher, etc.

La *production d'électricité* apparaît aussi comme un phénomène général de la vie (voy. *Électricité musculaire*, p. 442).

On sait d'autre part que certains poissons dits électriques, comme la torpille, la gymnote, le malapterure, possèdent la propriété de dégager de l'électricité sous forte tension et de lancer, lorsqu'ils sont excités, des décharges analogues à celles des condensateurs.

La *production de lumière* par les organismes est un phénomène très répandu. Certaines bactéries de la putréfaction (*Photobactéries*), certains champignons (comme l'*agaricus olearius*), beaucoup d'invertébrés et particulièrement d'insectes, quelques poissons vivant dans les profondeurs de la mer jouissent de la faculté d'émettre des rayons lumineux. La phosphorescence de la mer est due, comme on sait, à la présence d'organismes très divers qui brillent dans l'obscurité. Cette production de lumière est liée à l'activité du protoplasma de certaines cellules, et on constate qu'il existe une relation entre son intensité et la quantité d'oxygène consommée. Pour certaines espèces, comme la *Pholade dactyle*, on peut, ainsi

que l'a montré R. DUBOIS, extraire du corps une substance lumineuse; cette dernière toutefois provient d'une élaboration cellulaire.

ARTICLE III

PHÉNOMÈNES D'ÉVOLUTION

Tous les êtres vivants ont une évolution déterminée; dans le cours de leur existence, ils présentent, outre les mouvements étudiés précédemment, des phénomènes de changement de formes liés à leur développement. Ces changements de forme doivent être envisagés dans l'individu isolé (*ontogénie*) et dans la série des organismes (*phylogénie*). Les deux séries de phénomènes ont d'ailleurs entre eux d'étroites relations et, comme l'a dit HÆCKEL, le développement ontogénétique représente d'une manière générale une courte récapitulation du développement phylogénétique.

1° Développement ontogénétique. — Tout organisme parcourt durant son existence plusieurs étapes, et les phases de son évolution se succèdent régulièrement et dans un certain ordre: il naît, se développe et meurt. L'origine de tout individu est dans un germe provenant d'un parent antérieur: *Omne vivum ex ovo*, comme l'a dit HARVEY. L'œuf fécondé devient le point de départ d'une division et d'une multiplication cellulaire, d'où résulte, après une série de formes transitoires, rappelant les formes ancestrales (récapitulation phylogénétique), une forme déterminée, caractéristique de l'espèce. L'augmentation de la masse de l'individu se fait donc par une juxtaposition de cellules qui, toutes, dérivent les unes des autres. La formule de VIRCHOW: *omnis cellula e cellula* complète celle d'HARVEY et présente un caractère de généralisation encore plus grande. Pour les divers modes de division cellulaire et les phénomènes dont le noyau est le siège dans ce processus (*Karyokinèse*), on devra consulter les traités d'histologie où ces questions sont exposées avec détails.

L'accroissement d'une cellule, de même que l'augmentation de masse de l'organisme entier, offre une période progressive pendant les premiers stades de l'évolution, puis il subit un arrêt à un moment donné. Pendant la période d'augmentation d'un organisme, les éléments cellulaires présentent une différenciation histologique, et les tissus, les organes apparaissent et se distinguent les uns des autres; ce perfectionnement de l'organisme marche en général de pair avec l'accroissement de volume. Parallèlement à ces phénomènes de changement de forme, on voit la production de forces vives suivre une courbe progressivement ascendante, puis décroître après avoir atteint son apogée (maximum d'activité vitale). La raison de l'arrêt de l'accroissement n'est pas facile à donner; elle doit être cherchée principalement dans une modification des rapports existant entre l'usure de la cellule, et sa réparation; or, on peut concevoir qu'à un moment particulier, par suite de l'augmentation de volume de la cellule, la réparation devienne insuffisante; en effet, tandis que la masse d'un solide croît comme les cubes, sa surface ne croît que comme les carrés; tandis que la masse d'une cellule par exemple sera devenue 8 fois plus considérable, sa surface par laquelle pénètrent les matériaux de réparation ne sera que quadruplée. Mais il y a sans doute encore un autre élément dans le problème: on peut admettre que le protoplasma commence son évolution avec une certaine somme d'énergie héréditaire à dépenser, que chaque organisme en un mot, suivant l'expression d'HERBERT SPENCER, naît avec un *capital vital* déterminé.

Lorsque l'accroissement est parvenu à un certain degré, une partie de la substance vivante se sépare de l'organisme pour former un nouvel être: telle est la *génération* qui, au fond, ne consiste qu'en une division cellulaire, et qui n'est pas autre chose qu'un prolongement de la faculté d'accroissement.

La *mort* est la terminaison nécessaire de l'évolution vitale; la vie à la vérité passe d'un individu à un autre, et à ce point de vue la matière vivante paraît comme immortelle; mais les individus eux-mêmes périssent; une espèce peut même s'éteindre et disparaître de la surface du globe, comme le montre