

plaire paresseusement dans des apparences d'explication. Nous n'admettons donc point l'existence d'une force vitale ; s'il nous arrive dans le courant de cet ouvrage d'attribuer certains phénomènes aux *propriétés vitales* des tissus, on ne devra attacher à ce terme aucun sens vitaliste. Notre intention sera seulement d'exprimer par là que les conditions physico-chimiques du phénomène ne sont pas déterminées, ou bien que les lois de la physique et de la chimie actuellement connues sont impuissantes à en donner la raison. En d'autres termes, comme il est impossible, dans l'état actuel de la science, de ramener tous les phénomènes vitaux aux lois de la physique et de la chimie, quoique ce soit évidemment le but à atteindre, nous sommes encore obligés, dans notre langage physiologique imparfait, d'user de certaines expressions mal définies.

**2° Notions préliminaires.** — Avant d'aborder l'étude détaillée des phénomènes physiologiques, il convient d'esquisser à grands traits quelques notions d'ordre général sur le protoplasma, la cellule et la division du travail physiologique en différentes fonctions ; le plan à suivre dans la suite devra s'en dégager.

a. *Protoplasma.* — Les phénomènes vitaux ont pour substratum la matière vivante ou protoplasma. « Le protoplasma est la base physique de la vie, » a dit HUXLEY. Pour nous rendre compte rapidement de la nature et des propriétés de ce protoplasma, prenons un fragment de cette matière de consistance muqueuse, de couleur jaunâtre, que nous trouvons dans les tanneries à la surface de la poudre de tan. C'est la *plasmodie* d'un champignon myxomycète ou *fleur de tan* : amas diffus de protoplasma. Laissons-la s'étaler sur une surface plane ; elle forme des cordons s'anastomosant entre eux en réseau (fig. 1). Examinons attentivement l'extrémité d'un de ces cordons ; nous le voyons changer de forme, en envoyant des expansions ou tentacules, tandis que d'autres tentacules se retirent ; de cette façon, la plasmodie se déplace lentement et progresse par une sorte de mouvement de reptation à la manière d'une amibe (fig. 2) ; et du reste, ce n'est en somme

qu'une amibe de taille gigantesque. Plaçons la plasmodie sur une feuille de papier buvard humide tenue verticalement, elle enverra ses pseudopodes vers le haut et tendra à monter : elle se dirige donc dans un sens inverse de la pesanteur (*géotropisme*). Mettons-la dans un tonneau plein d'eau et recouvert, elle se portera à la surface comme pour chercher de l'air, mais enlevons le couvercle, elle s'enfoncera, fuyant la lumière (*héliotropisme négatif*). Répétant une expérience pittoresque de KÜHNÉ, bourrons un intestin d'insecte avec des fragments de ce protoplasme, et appliquons un courant électrique à la surface de cette fibre musculaire artificielle de proportions colossales, nous la verrons se contracter. Un fragment de corps étranger, grain de

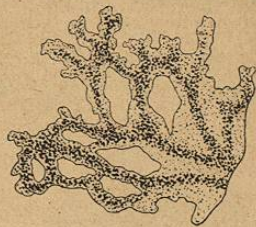


Fig. 1.

Fragment d'un plasmodium de myxomycète (d'après STRASBURGER).

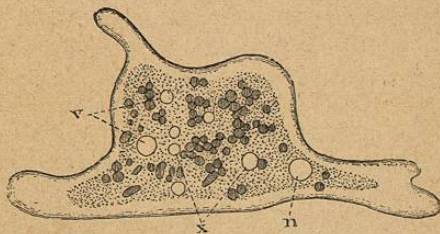


Fig. 2.

Amoeba princeps (d'après AUERBACH).

Le liséré périphérique transparent est l'*ectoplasme* ; la partie centrale granuleuse l'*endoplasme* contenant des corpuscules nutritifs et des vacuoles (v, x, n).

sable, miette de pain, se trouve-t-il sur le bord de la plasmodie, celle-ci l'entoure de ses tentacules et finit par se l'incorporer ; si la matière n'est pas nutritive, elle la rejette bientôt, mais si c'est une substance alimentaire, on voit se former près de l'endroit où la matière a été englobée une vacuole, et c'est

dans cette vacuole que la substance est digérée pour être ensuite assimilée. Lorsque cette plasmodie doit se reproduire, elle devient immobile, se roule en boule, réduit son volume en excréant de l'eau, et dans son intérieur se forment des spores; celles-ci, devenues libres, ne tardent pas à prendre la forme d'amibes qui, en se fusionnant, donneront naissance à de nouvelles plasmodies. On comprend facilement par cet exemple que cette masse de protoplasme présente tous les phénomènes vitaux des organismes supérieurs: fonctions de relation (irritabilité, contractilité, sensibilité), fonctions de nutrition (respiration, digestion, assimilation, excrétion) et fonction de reproduction.

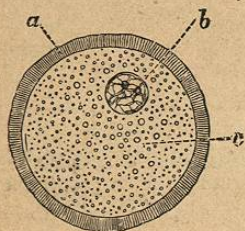


Fig. 3.

Ovule de chatte (KLEIN).

*a*, membrane d'enveloppe ou membrane vitelline. — *b*, noyau ou vésicule germinative. — *c*, protoplasma ou vitellus.

*b. Cellule.* — Tout organisme est constitué par un amas de protoplasma; mais chez les êtres élevés en organisation, cette masse est fragmentée en petits corps ou *cellules* qui toutes dérivent par segmentation d'une cellule primitive unique, l'*ovule* (fig. 3). Toute cellule naît donc d'une cellule. Elle est formée d'un fragment de protoplasme pourvu ou non d'une enveloppe, et contenant un corps de nature spéciale qu'on appelle le *noyau*. Le noyau est l'agent essentiel de la multiplication cellulaire. La cellule est ainsi l'image réduite de l'organisme tout entier: c'est une individualité physiologique ayant sa vie propre, et la vie du tout n'est que la résultante de la vie partielle de chaque élément. Telle est la théorie cellulaire de SCHLEIDEN et SCHWANN, modifiée par la théorie du protoplasma à laquelle elle doit céder le pas. On comprend par là qu'un fragment de l'organisme, séparé du reste, puisse continuer à vivre d'une vie indépendante pendant un certain temps.

*c. Fonctions.* — Pour former un organisme, les cellules en se multipliant, se différencient et se spécialisent dans leurs fonctions, de même que dans une société bien constituée.

chaque individu, chaque corporation joue un rôle particulier. Et ainsi se trouve établie une division dans le travail physiologique. Un organisme, si compliqué qu'il soit, est réductible au schéma suivant: un revêtement cellulaire extérieur ou ectoderme, se continuant avec un revêtement cellulaire intérieur ou entoderme, de manière à limiter un espace absolument clos rempli par d'autres éléments cellulaires constituant le mésoderme. D'une manière plus concrète, on voit bien que l'épiderme cutané et l'épithélium intestinal avec tous les épithéliums qui en dérivent, limitent de toutes parts le corps de l'animal. Que se trouve-t-il entre les deux feuillets? Le mésoderme, c'est-à-dire les os, les muscles, les nerfs, etc. Il en résulte ce principe général: tout ce qui entre dans l'organisme et tout ce qui en sort doit traverser une membrane épithéliale. On comprend de suite que la nutrition des éléments du mésoderme, profondément situés, ne peut se faire qu'à la condition que les substances nutritives, qui auront traversé le revêtement épithélial, soient mises à la portée de chaque cellule, et aussi à la condition que les produits de déchet, provenant de la vie cellulaire, soient éliminés. D'où la nécessité d'un véhicule animé d'un mouvement continu; ce véhicule, c'est le *milieu intérieur*, sang et lymphé; le mouvement, c'est la *circulation*. La spécialisation des cellules et la division du travail entraînant naturellement la formation d'organes à fonctions différentes, il est nécessaire qu'une harmonie parfaite règne dans le fonctionnement de tous ces organes; il faut pour cela un régulateur: ce régulateur, c'est le système nerveux. Ainsi, les différentes cellules d'un organisme, quoique chacune d'elles forme un tout, ne sont pas isolées fonctionnellement, mais se trouvent au contraire dans une étroite connexion par l'intermédiaire du milieu intérieur et du système nerveux, par le sang et les nerfs.

*d. Divisions de la physiologie.* — Du court aperçu qui précède, il est facile de déduire le plan que nous devons suivre dans l'exposé des phénomènes physiologiques. Dans une première partie il nous faudra analyser les propriétés élémentaires de la matière vivante, les conditions générales de son

fonctionnement. Ce sera l'étude de la vie dans son substratum même, dans le protoplasma et la cellule, c'est-à-dire l'exposé de la *Physiologie générale*. Les autres parties seront consacrées aux phénomènes spéciaux présentés par les organismes supérieurs et par l'homme : elles embrasseront l'étude des *Fonctions*. Parmi celles-ci, les unes se rattachent à la conservation de l'individu, les autres à la conservation de l'espèce. Les premières se subdivisent en deux grands groupes : les fonctions de nutrition qui assurent le mouvement de composition et de décomposition de l'organisme, et les fonctions de relation qui mettent l'organisme en rapport avec les corps et les forces extérieurs. Les secondes constituent les fonctions de génération. Les grandes divisions adoptées dans cet ouvrage sont donc :

- 1° *Physiologie générale* ;
- 2° *Fonctions de nutrition* ;
- 3° *Fonctions de relation* ;
- 4° *Fonctions de génération*.

## PREMIÈRE PARTIE

### PHYSIOLOGIE GÉNÉRALE

La physiologie générale étudie les phénomènes vitaux dans leur substratum même, c'est-à-dire dans le protoplasma, et c'est le but le plus élevé de toute la biologie que de poursuivre l'analyse de ces phénomènes jusque dans l'organisme élémentaire, la cellule. Les notions de physiologie générale les plus importantes seront exposées dans les quatre chapitres suivants : 1° la constitution de la matière vivante ; 2° les conditions générales de la vie ; 3° les phénomènes généraux de la vie ; 4° les phénomènes d'excitation.

#### CHAPITRE PREMIER

##### CONSTITUTION DE LA MATIÈRE VIVANTE

Quels sont les caractères de ce protoplasma, doué des propriétés de la vie, sur lequel nous avons déjà donné plus haut un premier aperçu par l'examen d'une plasmodie de myxomycète ? La matière vivante est extrêmement complexe ; non seulement elle est formée d'un mélange de nombreuses substances chimiques, mais encore ses particules sont réunies en une structure très compliquée. Le protoplasma n'est donc point seulement une matière chimique. Dans l'idée que l'on doit s'en faire, la notion chimique ne doit point faire perdre de vue la notion morphologique. Le protoplasma est structuré. Si donc un chi-

miste parvenait à réunir dans les proportions convenables les différentes substances de la matière vivante, à en faire la synthèse en un mot, il n'aurait point encore fabriqué un corps protoplasmique, et on serait en droit, même aujourd'hui, de considérer une telle entreprise comme aussi puérile que celle des alchimistes du moyen âge cherchant à faire cristalliser l'*homunculus* dans une cornue. En effet, de nos jours, tout corps protoplasmique ne naît que par multiplication d'un protoplasma préexistant, et sur l'origine première de la matière vivante à la surface du globe, sur les conditions qui ont présidé à sa formation, nous ne pouvons faire que des hypothèses plus ou moins ingénieuses.

## ARTICLE PREMIER

CARACTÈRES PHYSIQUES ET MORPHOLOGIQUES  
DE LA MATIÈRE VIVANTE

L'individualité physiologique élémentaire, la cellule, est, comme il a été dit plus haut, constituée par une petite masse de protoplasma logeant dans son sein un corps particulier appelé noyau. Les dimensions en sont d'une manière générale très exiguës et ne dépassent guère quelques millièmes de millimètre; dans certains cas toutefois, par suite de l'abondance des matières de réserve, la cellule peut acquérir des dimensions macroscopiques (par exemple l'œuf des oiseaux).

**1° Protoplasma.** — Le protoplasma est une matière de consistance visqueuse, un peu plus dense que l'eau, incolore dans la plupart des cas, transparent en couche mince, lorsqu'il ne renferme pas d'enclaves, opaque en couche épaisse et réfractant la lumière plus fortement que l'eau, ce qui fait que ses filaments les plus ténus peuvent être distingués au microscope sans artifice de préparation. Il peut être délimité extérieurement par une membrane, comme dans la plupart des cellules végétales; mais la membrane ne constitue pas une partie essentielle de la

cellule; elle fait généralement défaut aux cellules animales dont le corps est nu et dont le protoplasma présente seulement une condensation superficielle (*ectoplasma*).

La structure fine du protoplasma (pour les détails de laquelle on devra consulter les traités d'histologie) est encore un sujet de controverse parmi les histologistes. A de forts grossissements, il présente l'aspect d'un réseau très délicat de fibrilles dont les mailles sont remplies de liquide. On y distingue, en outre, des granulations qui sont de plusieurs sortes: les unes représentent de véritables organes de la cellule, ayant une signification de premier ordre pour sa fonction, comme les corps chlorophylliens des cellules végétales; d'autres sont des substances nutritives ingérées et en voie de digestion, comme les bactéries que l'on trouve fréquemment dans le corps des amibes, ou des produits de l'élaboration cellulaire, tels que des grains d'amidon, de glycogène, de graisse, de pigments, etc. Ces derniers portent le nom d'*enclaves*. Les enclaves peuvent acquérir un degré de développement tellement considérable que la substance protoplasmique proprement dite se trouve réduite à un minimum refoulé en un point de la cellule, ou transformée en un réseau à larges mailles (lequel ne doit point être confondu avec le réseau fin de la substance protoplasmique elle-même); c'est ce qui a lieu pour une cellule graisseuse, une cellule d'une glande muqueuse, une cellule hépatique remplie de glycogène, etc. Il existe enfin dans le protoplasma des *vacuoles*, dont les unes sont constituées par de simples gouttes de liquide éventuellement placées en un point quelconque de la cellule, mais dont d'autres sont de véritables organes spéciaux formés par une gouttelette de liquide animée de mouvements d'expansion et de resserrement rythmiques (vacuoles pulsatiles de certains infusoires).

**2° Noyau.** — Le noyau se différencie du reste du protoplasma, dans lequel il est inclus, par sa réfringence dans certaines cellules, et en général par la façon élective dont il fixe les matières colorantes. Il a une forme variable, ordinairement arrondie, mais aussi plus ou moins aplatie, découpée en lobes, etc. La cellule ne possède ordinairement qu'un noyau, mais il en est

qui en contiennent deux côte à côte (cellules cartilagineuses par exemple) ou un plus grand nombre (noyaux multiples des plasmodies, de certains organismes inférieurs uni-cellulaires, etc.).

Les substances constitutives les plus importantes du noyau sont : 1° le *suc nucléaire* représentant une substance fondamentale fluide logeant les autres parties figurées ; 2° la *substance nucléaire achromatique*, qui forme dans la substance fondamentale un réseau délicat de fines trabécules ; 3° la *substance chromatique* (*chromatine* ou *nucléine*), qui se différencie de la précédente par son affinité pour les matières colorantes telles que : carmin, hématoxyline ; 4° les *nucléoles*, petits corpuscules réfringents prenant comme la chromatine, les matières colorantes.

## ARTICLE II

## CONSTITUTION CHIMIQUE DE LA MATIÈRE VIVANTE

Les éléments chimiques qui entrent dans la constitution du protoplasma ne sont pas différents de ceux des corps inanimés. Parmi les nombreux corps simples actuellement connus de la chimie, 12 seulement se trouvent d'une manière constante dans la matière vivante : ce sont le carbone, l'azote, le soufre, l'hydrogène, l'oxygène, le phosphore, le chlore, le potassium, le sodium, le magnésium, le calcium, le fer. D'autres, comme le silicium, le fluor, le brome, l'iode, l'aluminium, le manganèse, le cuivre, ne se rencontrent que dans certaines cellules ou accidentellement. Ces éléments en s'unissant de différentes manières, forment tous les composés inorganiques et organiques que l'on rencontre dans le corps des êtres vivants.

## § 1. — COMPOSÉS INORGANIQUES

Ils sont représentés par l'eau, des sels, des gaz.

1° **Eau.** — L'eau est une partie constituante indispensable de la matière vivante ; c'est elle qui lui donne sa consistance

fluide sans laquelle les mouvements et les échanges dans son intérieur ne seraient point possibles. Elle représente plus de 50 p. 100 du poids du protoplasma. Cette proportion est du reste variable suivant les divers tissus : la totalité de l'eau du corps humain s'élève d'après BEZOLD, à 59 p. 100. Elle est pour les os de 22 p. 100 seulement, pour le foie 69 p. 100, pour les muscles 75 p. 100, pour les reins 82 p. 100.

2° **Sels.** — Les sels, en solution dans l'eau, ne manquent jamais dans la matière vivante. Avant tout, parmi ceux-ci se trouvent les combinaisons du chlore (chlorure de sodium et de potassium), puis les carbonates, sulfates et phosphates alcalins et terreux (c'est-à-dire de sodium, potassium, calcium, magnésium).

3° **Gaz.** — Enfin des gaz en dissolution dans l'eau ou en combinaisons plus ou moins instables se trouvent aussi dans tout corps protoplasmique ; ce sont principalement l'oxygène et l'acide carbonique.

## § 2. — COMPOSÉS ORGANIQUES

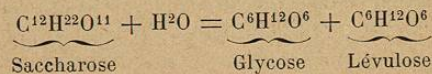
A côté des substances précédentes qui sont communes à la matière organisée et à la matière brute, s'en trouvent d'autres qui ne se rencontrent jamais que dans la première, car ils sont le produit de l'activité vitale : ce sont les *hydrates de carbone*, les *graisses* et les *albuminoïdes* ; et parmi ces composés organiques, seuls les albuminoïdes ou leurs dérivés peuvent être considérés comme constants, c'est-à-dire comme la matière organique vraiment spécifique du protoplasma.

1° **Hydrates de carbone.** — Ce sont des substances formées seulement de carbone, d'oxygène et d'hydrogène, et dans lesquelles l'oxygène et l'hydrogène se trouvent dans les mêmes proportions que dans l'eau, d'où leur nom d'hydrates de carbone : par exemple, le glycose  $C^6 H^{12} O^6$ , que l'on peut écrire  $C^6 (H^2 O)^6$ . Les hydrates de carbone se divisent en trois groupes :

les *monosaccharides*, les *disaccharides*, les *polysaccharides*. Les deux premiers sont encore nommés *sucres*.

a. *Monosaccharides*. — Les monosaccharides ou *glycose*s ont tous la même formule  $C^6 H^{12} O^6$ ; ils sont donc *isomères* et ne diffèrent les uns des autres que par le mode de groupement de leurs atomes. Les plus importants sont les sucres nommés *glycose* et *lévulose*. Les trois propriétés fondamentales de ces sucres sont : 1° leur pouvoir réducteur, c'est-à-dire leur propriété d'enlever facilement de l'oxygène aux corps avec lesquels ils sont mis en présence : réduction des sels de cuivre, de bismuth en présence des alcalis caustiques (réaction de TROMMER, de BÖTTGER, etc.); 2° leur pouvoir rotatoire sur la lumière polarisée : ils dévient le rayon polarisé à droite (*glycose*) ou à gauche (*lévulose*); 3° leur propriété de fermenter sous l'action des organismes unicellulaires appelés *levures*, en fournissant de l'alcool et de l'acide carbonique.

b. *Disaccharides*. — Les disaccharides ou *saccharoses* sont des corps qu'on peut se représenter comme résultant de la réunion de deux molécules de monosaccharides, avec perte d'une molécule d'eau,  $C^{12} H^{22} O^{11}$ ; par exemple, le sucre de canne ou saccharose, le sucre de lait ou lactose, le maltose. Inversement, lorsqu'ils sont bouillis avec un acide minéral, ils se dédoublent avec absorption d'une molécule d'eau en deux molécules de monosaccharides. Le sucre de canne se dédouble ainsi en une molécule de *glycose* et une molécule de *lévulose* :



On dit alors qu'il est *inverti*, parce qu'avant le dédoublement il dévie la lumière polarisée à droite, et qu'après il la dévie à gauche (le *lévulose* ayant un pouvoir rotatoire plus fort que le *glycose*). Cette interversion se produit aussi à la température ordinaire sous l'influence d'un ferment soluble, l'*invertine* ou *sucrase*, sécrétée par la levure de bière. Cette dernière en effet ne peut consommer directement le saccharose; elle ne le fait

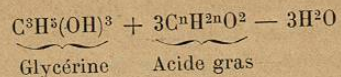
fermenter qu'après en avoir opéré le dédoublement. Les produits du dédoublement du lactose sont le *glycose* et le *galactose*. Le maltose donne deux molécules de *glycose*.

c. *Polysaccharides*. — Les polysaccharides ou *amyloses* résultent d'un degré de déshydratation encore plus avancé des monosaccharides, et leur formule représente un multiple de  $C^6 H^{10} O^5$ . Parmi ces corps, les uns se trouvent dans le règne végétal, comme l'amidon, la cellulose, les autres chez les animaux, comme le *glycogène*. L'amidon se présente sous la forme de grains formés de couches concentriques, se colorant en bleu par l'iode; bouilli dans l'eau, il se gonfle et forme l'*empois* dont les solutions aqueuses sont visqueuses et ne filtrent que très difficilement. Le *glycogène* forme dans les cellules animales des gouttelettes se colorant en brun acajou par l'iode. Bouilli avec les acides minéraux, l'*empois* d'amidon ou le *glycogène* s'hydrate et forme du *glycose*, avec des dextrines comme produits intermédiaires. Cette hydratation s'accomplit aussi sous l'influence du ferment soluble appelé *amylase*, sécrété par certaines cellules végétales et animales, et les produits en sont des dextrines et du maltose.

2° *Graisses*. — Les graisses, non plus que les hydrates de carbone, ne représentent les substances chimiques fondamentales du protoplasma; mais, de même que l'amidon et le *glycogène*, elles sont très abondamment répandues, à l'état d'enclaves, dans les cellules tant animales que végétales. Ce sont aussi des corps ternaires, c'est-à-dire à trois éléments C, H, O.

Les graisses, au point de vue de leur nature chimique, sont des *éthers*, c'est-à-dire des composés dans lesquels un acide s'unit à un alcool avec élimination d'eau. Ici l'alcool est la *glycérine*, alcool trivalent  $C^3 H^8 O^3$ ; l'acide, un acide de la série grasse, *palmitique* ou *stéarique*, dont la formule générale est  $C^n H^{2n} O^2$ , et aussi l'*acide oléique*. Puisque maintenant la *glycérine* est un alcool trivalent, les graisses neutres de l'organisme (ou *triglycérides*) résulteront de la combinaison de trois molécules d'acides gras à une molécule de *glycérine* avec élimina-

tion de trois molécules d'eau, suivant cette formule générale :



La *trioléine*, la *tristéarine* la *tripalmitine* sont les trois graisses neutres qui forment, par leur mélange en proportions variables, les différentes graisses de l'organisme. Lorsque la stéarine prédomine, ces graisses sont solides comme chez les ruminants et les rongeurs (suif) ; elles sont molles si la palmitine est plus abondante, comme dans le lard, la graisse des carnivores, celle de l'homme ; elles deviennent liquides par leur richesse en oléine, comme chez les poissons. En d'autres termes, elles sont fusibles à des températures variables suivant leur composition.

Les graisses sont moins denses que l'eau ; elles bouent à une température élevée. Elles sont insolubles dans l'eau, solubles dans l'éther, le chloroforme, le sulfure de carbone. Au microscope elles se reconnaissent à leur réfringence et à leur propriété de se colorer en noir foncé par l'acide osmique. Lorsqu'on agite une graisse avec une solution alcaline faible, elle se divise en gouttelettes très fines (*émulsion*). Quand on la fait bouillir avec une base forte (potasse, soude), la graisse se dédouble par hydratation en glycérine et acide gras : ce phénomène porte le nom de *saponification* : l'acide gras en se combinant avec l'alcali forme un *savon*, lequel est par conséquent un sel d'acide gras. Ce dédoublement peut s'opérer aussi sous l'influence d'un ferment soluble de provenance animale ou végétale, la *saponase*.

A côté des graisses, il convient encore de mentionner les *lécithines* qui leur sont très proches parentes, mais qui en outre contiennent de l'acide phosphorique.

**3° Albuminoïdes.** — Les matières dites albuminoïdes sont les composés les plus importants du protoplasma, et elles représentent le substratum essentiel de tout phénomène vital. La matière filante, visqueuse, du blanc d'œuf peut être prise comme type.

a. *Constitution des albuminoïdes.* — Outre les trois corps simples C, H, O contenus dans les substances précédemment étudiées, les albuminoïdes renferment aussi de l'*azote* : ce sont des corps *quaternaires*. En outre, elles contiennent du *soufre*. La molécule d'albumine est extrêmement complexe, et la façon dont les atomes se groupent pour la former (c'est-à-dire sa formule stéréochimique) est encore un sujet de discussions. Une des formules brutes proposées pour l'albumine, par exemple celle de SCHUTZENBERGER :  $C^{240} H^{387} Az^{65} O^{75} S^3$ , montre en quelle énorme quantité les atomes se réunissent pour constituer cette molécule, qui par conséquent doit avoir des dimensions extraordinairement grandes. Le poids moléculaire de l'albumine d'œuf, d'après SCHUTZENBERGER, serait voisin de 6 000.

En décomposant l'albumine par divers moyens et en étudiant les produits de cette décomposition, les chimistes sont parvenus à reconnaître dans sa molécule l'existence de plusieurs groupements ou *noyaux* : un noyau *azoté* (*leucéine*) ou *cyané* (CAZH), un noyau *hydrocarboné* (dont la trace se trouve dans la production d'acides gras volatils, d'acide oxalique, etc.), et un noyau *aromatique* (production de *tyrosine*).

b. *Caractères.* — Les matières albuminoïdes sont amorphes ; quelques-unes d'entre elles cependant sont susceptibles de cristalliser, comme l'hémoglobine. Ce sont, des matières *colloïdes*, c'est-à-dire *non dialysables* : elles ne passent pas à travers les membranes de parchemin, sans doute parce que leurs molécules sont trop grosses pour les pores de ces membranes. Toutefois sous l'influence de divers agents physiques ou chimiques, elles se modifient et acquièrent la propriété de dialyser ; ces albumines modifiées, par exemple sous l'influence des sucs digestifs, portent le nom de *peptones*. On peut comprendre ce changement de caractères en admettant que la molécule d'albumine est *polymérisée*, c'est-à-dire constituée par la réunion en chaîne de plusieurs groupes atomiques semblables ; la peptonisation en séparant les chaînons, mettrait en liberté des groupes atomiques ayant encore toutes les propriétés des albuminoïdes, mais représentant des molécules beaucoup plus petites.

Les matières albuminoïdes se caractérisent par leurs réactions de coloration dont voici les principales :

α) La *réaction xantho-protéique* consistant en ce que bouillie avec l'acide nitrique une solution albumineuse se colore en jaune, coloration qui passe à l'orange par addition d'ammoniaque.

β) La *réaction du biuret* : alcalinisées avec une lessive de soude concentrée, les solutions albuminoïdes prennent, par addition d'une trace de sulfate de cuivre, une teinte violette ou rosée.

γ) La *réaction de Millon* : l'addition de nitrate nitreux de mercure détermine dans les solutions albumineuses un précipité blanc, qui par l'ébullition passe au rouge brique.

On caractérise encore les albuminoïdes par d'autres changements d'aspect qu'elles éprouvent sous l'influence de divers agents physiques ou chimiques. La plupart présentent le phénomène de la *coagulation* par la chaleur, c'est-à-dire qu'elles se prennent en une masse solide, par exemple l'albumine d'œuf, l'albumine du sang ; quelques-unes se coagulent à la température ordinaire, spontanément en apparence, comme le fibrinogène, la myosine (voy. *Coagulation du sang*). En outre, les albuminoïdes se *précipitent* en flocons quand on ajoute à leurs solutions divers réactifs, tels qu'acides minéraux, sels de métaux lourds, sulfate d'ammoniaque, alcool, tanin, etc.

c. *Classification des matières albuminoïdes*. — Il n'est pas possible actuellement de présenter une classification rationnelle des albuminoïdes. Il faut se borner à établir artificiellement certains groupes.

α) Les *matières albuminoïdes proprement dites*, comprenant les *albumines* et les *globulines*, toutes coagulables par la chaleur. Les albumines sont solubles dans l'eau distillée, les globulines seulement lorsque l'eau contient une petite proportion de sels neutres, comme NaCl (elles précipitent si on leur enlève le sel par dialyse, ou si on sature leur solution de sel). Parmi les albumines se trouvent l'albumine du blanc d'œuf ou *ovalbumine*, la *sérine* du sang au *sérum-albumine*, la *lactalbumine*, la *musculo-albumine*. Parmi les globulines, la *sérum-globuline* ou *paraglobu-*

*line*, le *fibrinogène*, la *fibrine* (voy. *Sang*), la *myosine* du muscle, la *vitelline* du jaune d'œuf.

β) Les *protéides*. — Tandis que les substances albuminoïdes précédentes se rencontrent à l'état libre dans la matière vivante, il en est d'autres qui n'existent qu'à l'état de combinaison avec d'autres substances chimiques : ce sont les *protéides*. Parmi celles-ci mentionnons : l'*hémoglobine* qui est une combinaison d'une globuline avec un pigment ferrugineux, l'*hématine* (voy. *Sang*) ; les *glyco-protéides* qui résultent de la combinaison d'une albuminoïde avec un hydrate de carbone (par exemple la *mucine*) ; les *nucléo-albumines*, combinaisons d'albumine et de *nucléine*. Digérées dans le suc gastrique, les nucléo-albumines se dissolvent, sauf un résidu de nucléine. La nucléine est une matière phosphorée qui forme une des substances essentielles du noyau des cellules, la chromatine. Parmi les nucléo-albumines, une des plus importantes est la *caséine* du lait, qui est une *nucléo-albuminate de calcium* ; elle ne coagule ni par la chaleur, ni par l'alcool ; elle se précipite en flocons par addition au lait d'acide acétique.

γ) Les *matières albuminoïdes de transformation*, comprenant les albumines coagulées, les *alcali-albumines* ou *albuminates*, produits de transformation des albuminoïdes par les alcalis, les *acidalbumines* ou *syntonines*, les *protéoses* et les *peptones* (voy. *Digestion gastrique*).

δ) Les *albumoïdes*, comprenant la *gélatine*, la matière *collagène*, la *chondrine*, la *kératine* et d'autres encore, qui ne sont point de véritables albuminoïdes, mais qui s'en rapprochent seulement par certaines de leurs propriétés et que, pour ce motif, on classe provisoirement à côté d'elles.

d. *Produits de la décomposition des albuminoïdes*. — A côté des albuminoïdes dans la matière vivante se trouvent leurs produits de désintégration. Ceux-ci prennent naissance par hydratation et oxydation de la molécule d'albumine, qui en se décomposant progressivement donne naissance d'une part à des corps azotés, d'autre part à des corps dépourvus d'azote. Les premiers forment une série de composés dont la constitution chimique est aujourd'hui parfaitement connue ; le plus important d'entre



eux est l'urée  $\text{CO}(\text{Az H}^2)^2$  qui chez les animaux supérieurs représente la principale matière de la métamorphose régressive de l'albumine, et qui en contient presque tout l'azote; à côté de l'urée se trouve l'acide urique, la créatine, la créatinine, la xanthine (voy. *Sécrétion urinaire*). Les produits non azotés sont des hydrates de carbone, des graisses et, comme produits ultimes l'acide carbonique, l'acide lactique, l'acide sulfurique (le soufre de l'albumine est éliminé à l'état de sulfates).

La décomposition de l'albumine est poussée encore plus loin par certains microbes qui la font fermenter. Par la putréfaction toutes les matières albuminoïdes se décomposent en donnant de l'ammoniaque, du gaz acide carbonique, de l'hydrogène sulfuré, des acides gras, de la leucine, de la tyrosine, des ptomaines.

## ARTICLE III

## MATIÈRE VIVANTE ET MATIÈRE MORTE

On a établi entre la matière organisée et la matière inorganique une série de différences basées sur la forme, le mode d'origine et d'accroissement, la manière de se comporter vis-à-vis des forces extérieures, mais la différence vraiment essentielle consiste dans le haut degré de complexité des composés chimiques du protoplasma, et avant tout des albuminoïdes. Mais une autre question non moins importante se pose. Quelle différence existe-t-il entre le protoplasma vivant et le protoplasma mort? En se plaçant au seul point de vue fonctionnel, la réponse est simple: la matière vivante présente un échange incessant de matériaux avec le monde extérieur, et le mouvement de composition et de décomposition qui en résulte caractérise la vie; la cessation de ce processus est la mort. Mais au point de vue chimique en quoi consiste la différence? N'est-ce point dans une composition chimique spéciale, dans un mode de groupement particulier des atomes, que se trouve le secret de la vie?

La difficulté la plus irritante de ce problème, c'est que nous ne pouvons prendre connaissance de la constitution chimique du protoplasma qu'en commençant par le tuer. Toutefois, on peut observer que le protoplasma possède certains caractères chimiques que la mort modifie: c'est ainsi que sa réaction, d'alcaline ou neutre pendant la vie, devient acide après la mort, que certaines de ses matières albuminoïdes passent dans ces conditions de l'état dissous à l'état coagulé, par exemple la myosine; d'où on peut inférer qu'il existe dans une cellule vivante des substances qui ne se retrouvent plus telles quelles dans une cellule morte. Comme c'est l'albumine qui représente la substance fondamentale du protoplasma, il est logique d'admettre que les propriétés vitales sont liées à la constitution spéciale de sa molécule. Une des hypothèses les plus intéressantes sous ce rapport est celle de PFLÜGER. Ce physiologiste a fait remarquer que la différence fondamentale entre l'« albumine vivante » et l'albumine morte consiste en ce que dans la molécule d'albumine morte, les atomes se trouvent en équilibre stable, tandis que la molécule d'albumine vivante possède une constitution très labile. C'est en effet par l'extrême mobilité des composants de cette molécule que l'on peut expliquer la production des phénomènes vitaux. Tandis que l'albumine morte est à peu près indifférente aux réactifs chimiques et à l'oxygène à la température ordinaire, l'albumine vivante est en état continuel de désintégration. Or les produits de désassimilation de l'albumine vivante sont différents des produits de décomposition de l'albumine morte. Pour la première, il se forme avant tout de l'urée et de l'acide urique, c'est-à-dire des corps contenant le radical cyané  $\text{CAzH}$  (l'urée a pour isomère le cyanate d'ammonium); les produits de la destruction de l'albumine morte par contre, sont surtout des amides, contenant par conséquent le radical ammoniacal  $\text{Az H}^2$ , groupe plus stable que le noyau cyané. Dans la formation de l'albumine vivante aux dépens de l'albumine alimentaire, il se produirait donc une modification de celle-ci, consistant en ce que les atomes d'azote se mettraient en rapport avec le carbone et l'hydrogène pour constituer le groupement cyané, et cette combinaison s'opérerait vraisem-

blement avec apport d'une quantité considérable d'énergie, étant donné d'autre part ce que l'on sait des propriétés du cyanogène (le cyanogène se forme avec absorption d'une grande quantité de chaleur, et ses combinaisons ont une forte tendance à se décomposer) : inversement la transformation de l'albumine vivante en albumine morte consisterait dans le passage de l'état cyané à l'état ammoniacal.

Cette théorie de PFLÜGER est séduisante. Toutefois le terme d'*albumine vivante* paraît assez impropre, car il implique que c'est la molécule chimique qui est vivante, ce qui soulève quelques difficultés de conception. Comme nous l'avons dit plus haut, le protoplasma n'est pas seulement une notion chimique, mais encore morphologique; aussi certains biologistes ont-ils admis que les particules élémentaires de matière vivante ont des dimensions beaucoup plus grandes que les molécules. A ces éléments primaires hypothétiques du protoplasma, HÆCKEL a donné le nom de *plastidules*. Ces plastidules seraient reliées entre elles par des filaments très déliés, et animées à l'état actif de mouvements vibratoires et ondulatoires (mouvements plastidulaires). Dans le même ordre d'idées, VERWORN, pour remplacer le terme d'albumine vivante, tout en conservant la notion que la combinaison chimique sur laquelle repose les phénomènes vitaux est différente de l'albumine morte, a proposé la dénomination de « *biogène* ».

*Eliady Escobedo*

## CHAPITRE II

### CONDITIONS GÉNÉRALES DE LA VIE

Par suite de l'adaptation des organismes aux milieux dans lesquels il vivent, les conditions extérieures de la vie sont extrêmement variées. Ainsi, on voit du premier coup d'œil que, parmi les êtres animés, les uns vivent dans l'air, les autres dans l'eau et certains en parasites dans le corps d'autres êtres vivants. Mais pour tous, il est des conditions générales que doit remplir le milieu extérieur pour que les phénomènes vitaux puissent se manifester. Ce sont les conditions extrinsèques générales de la vie. De plus, il est des conditions intrinsèques se rapportant à la constitution du protoplasma et à ses relations avec le noyau dans la cellule.

#### ARTICLE PREMIER

#### CONDITIONS EXTRINSÈQUES GÉNÉRALES DE LA VIE

Les organismes présentent, avec le milieu ambiant, un incessant mouvement d'échanges; ces échanges peuvent s'opérer d'ailleurs soit directement avec le monde extérieur, comme c'est le cas pour les êtres composés d'une seule cellule, ou seulement d'un petit nombre de cellules, soit indirectement par l'intermédiaire d'un *milieu intérieur* (liquide intercellulaire, lymphe, sang), comme c'est la règle pour les êtres élevés en organisation et composés d'un nombre considérable de cellules; mais on voit