

remarquable dans l'adoption, d'après des analogies peu profondes, du mot *cellule*, tiré du langage général où il a une acception aussi différente que possible de celle qu'il a en anatomie et en physiologie. Nulle science n'a plus souffert de ce fait que la biologie, par suite de la tendance que ceux qui ne sont pas familiers avec l'examen des choses mêmes ont à se faire une idée préconçue de la réalité d'après les mots seulement. Les inconvénients de cette manière de procéder se font surtout sentir lorsqu'on voit désigner par le mot *cellule* des objets dépourvus de toute cavité ou qui ont de la manière la plus manifeste les caractères de ceux que désignent les mots *fibres* ou *tubes*.

On voit particulièrement, d'après ce qui précède, qu'il est indispensable de connaître quelques-uns des faits essentiels qui concernent la structure des cellules végétales, si l'on veut acquérir une idée nette de la nature des cellules animales.

## CHAPITRE PREMIER

### NOTIONS SUR LA CONSTITUTION DES CELLULES VÉGÉTALES

Tout élément anatomique végétal figuré se compose d'une paroi formée de cellulose ou de ses analogues limitant une cavité pleine d'un *contenu* de nature différente de l'un à l'autre. Quand ce contenu n'est pas gazeux, il peut lui-même être soit vésiculeux, soit plein, demi-solide, et qui plus est exister libre de toute enveloppe pendant un certain temps.

L'existence habituelle, bien que non constante, d'une cavité circonscrite par une paroi généralement close de toutes parts fait employer souvent l'expression *cellule végétale* comme synonyme d'*élément anatomique végétal*. Mais ces expressions ne sont synonymes que d'une manière relative. Car, suivant leurs formes, leurs dimensions et leur structure, les éléments anatomiques végétaux, qui, dans le sens absolu du mot, sont en réalité des *cellules*, se divisent en plusieurs types plutôt qu'en espèces. Ce sont les *cellules* proprement dites, les *fibres* ou *cellules fibreuses*, et les *vaisseaux* ou *cellules vasculaires*.

### ARTICLE PREMIER. — SUR LA COMPOSITION DE LA PAROI DES CELLULES VÉGÉTALES.

D'une variété à l'autre des cellules végétales la paroi dite de *cellulose* (voy. p. 34), de nature végétale proprement dite ou ternaire, diffère presque à l'infini de structure propre,

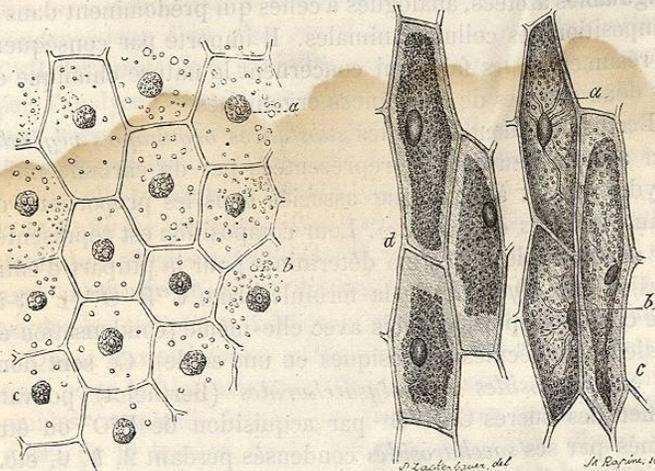


FIG. 1 (\*)

FIG. 2 (\*\*).

d'épaisseur, de consistance, de ténacité et même de couleur; aussi n'est-il pas possible d'entrer ici dans l'examen des détails qui concernent cet intéressant sujet. Sur le plus grand nombre des cellules il est facile de la distinguer des autres parties constituantes qu'elle enveloppe et protège, auxquelles on donnait souvent autrefois, d'une manière générale, le nom de contenu (fig. 1, b). Souvent deux lignes parallèles plus ou moins séparées l'une de l'autre, sous le microscope indiquent par leur écartement son épaisseur et marquent la limite de ses faces externe et interne (fig. 2, c, d).

Il n'y a pas de réaction chimique qui soit absolument com-

(\*) Cellules du tissu de l'axe d'un bourgeon du bulbe du lis (*Lilium candidum*, L.) traitées par la teinture alcoolique d'iode qui a fait rétracter l'utricule azoté dans plusieurs cellules (c et d), a, b, cellules avec leur noyau et des filaments traversant la cavité. Grossies 300 fois. (Ch. Robin.)

(\*\*) Cellules de la face interne d'une feuille ou écaille d'un bulbe de lis (*Lilium candidum*, L.) - a, nucléole au centre d'un noyau sphérique; b, granules grisâtres flottant dans le liquide remplissant chaque cellule. Grossies 250 fois. (Ch. Robin.)

mune à toutes les cellules végétales et sa composition diffère d'une variété à l'autre des cellules. Mais, quelles que soient les variétés de cette paroi à cet égard et ses diversités d'aspect, sa composition chimique élémentaire est ternaire, non azotée. Au contraire, outre des principes ternaires fluides ou solides, la cavité qu'elle limite contient des substances organiques coagulables azotées, analogues à celles qui prédominent dans la composition des cellules animales. Il importe par conséquent de résumer ici les faits qui concernent la nature chimique de ces deux groupes de substances organiques.

Berthelot a montré que les *substances organiques végétales* non azotées peuvent être représentées par du carbone uni à l'hydrogène et à l'oxygène associés dans les proportions de l'eau (*hydrates de carbone*). Leur composition est représentée par des multiples (encore à déterminer pour la plupart d'entre elles) d'une *glycoside* de la formule brute  $C^{12}H^{10}O^{10}$ , c'est-à-dire combinée plusieurs fois avec elle-même (condensation de plusieurs molécules glycosiques en une seule). Ce sont donc des *polyglycosides* ou *polysaccharides* (Berthelot) pouvant former des sucres  $C^{12}H^{12}O^{12}$  par acquisition de  $H^2O^2$  ou être formés par ses *saccharosides* condensés perdant 2, 4, 6, etc., équivalents d'eau ( $H^2O^2$ ). On comprend dès lors combien peut être considérable le nombre de ces substances pouvant différer par leurs réactions, leur solubilité, etc., tout en conservant de grandes analogies de composition chimique élémentaire. On sait que les glycosides jouent le rôle d'*alcools polyatomiques* (hexatomiques), qui combinés à d'autres glycosides, comme un acide à un alcool, donnent les *saccharosides analogues* aux éthers. Ces substances organiques végétales sont donc des composés remplissant les fonctions chimiques d'éthers plus ou moins complexes. Berthelot a classé ainsi qu'il suit les nombreuses variétés des substances organiques ternaires.

1° Les principes végétaux solubles dans l'eau (gommes, dextrines, glycogène) sont des *diglycosides* ( $C^{12}H^{10}O^{10}$ )<sup>2</sup>.

2° Ceux qui se gonflent seulement en s'hydratant plus ou moins dans l'eau chaude ou froide sont des *triglycosides* ( $C^{12}H^{10}O^{10}$ )<sup>3</sup>, tels que les fécules, les mucilages, le paramylon, l'inuline, etc.

3° Ceux qui, non modifiés par l'eau chaude ou froide, comme le sont les précédents, sont bleuis par l'iode directement ou après l'action des alcalis faibles, ou de l'acide sulfurique étendu et sont dissous par l'oxyde de cuivre ammoniacal, telle est la *cellulose* proprement dite, sont des *tétraglycosides* ( $C^{12}H^{10}O^{10}$ )<sup>4</sup>.

4° Les principes ligneux proprement dits et les principes dits *incrustants*, puis la cellulose animale ou *tunicine*, sont des condensations d'un plus grand nombre encore de molécules  $C^{12}H^{10}O^{10}$ , mais dont le chiffre n'est pas encore bien déterminé par l'analyse. Dans la paroi des cellules, ces polysaccharides sont presque toujours unis à des sels calcaires ou siliceux, à des corps résineux colorés, etc. La potasse ne les attaque pas comme elle le fait pour la cellulose.

5° Enfin les composés *ulmiques* sont des dérivés des précédents dont plusieurs molécules se sont encore condensées, mais avec perte de plusieurs équivalents d'eau, ce qui leur fait perdre les caractères d'*éthers* et prendre ceux d'*acides* faibles.

Quant aux *substances albuminoïdes* animales et végétales, tout porte à faire admettre (Hunt, Berthelot) que ce sont des amides complexes formés par l'association de la glycollamine, de la leucine, de la tyrosine, etc., avec divers principes oxygénés qui appartiennent d'une part à la série acétique et autres acides à 4 équivalents d'oxygène ou acides gras, et d'autre part à la série benzoïque. Les différences qui existent entre les divers albuminoïdes résultent de celles des amides et des corps oxygénés générateurs, de leurs proportions relatives et de leurs degrés de condensation, comme pour les polyglycosides végétaux. Il en est qui, comme la chitine et la cartilagine, résultent de l'association des corps précédents avec de la glycose, qu'elles cèdent sous l'influence des acides, tandis que celle-ci ne s'extrait ni de l'albumine, ni de la géline, etc. Les composés générateurs ci-dessus sont ceux qu'on en retire sous l'influence de la chaleur, des alcalis, de certains acides et de la putréfaction. Presque tous les composés dits *albuminoïdes* renferment de 52 à 54 centièmes de carbone, 6 à 7 d'hydrogène, 15 à 16 d'azote (la chondrine et la chitine en donnent la moitié moins), 22 à 23 d'oxygène, des traces de soufre (qui viennent peut-être d'amides sulfurés généra-

teurs), de phosphore et de sels calcaires. Il est douteux que ces combinaisons soient des corps isomères. Il paraît plus probable que comme pour les graisses, ce sont des mélanges de divers composés non isomériques, dont, de l'un à l'autre, la composition est très-voisine (Berthelot).

Notons que c'est dans le troisième groupe des substances ternaires, ou groupe des *celluloses* proprement dites ou *corps cellulotiques*, que se rangent ceux qui, insolubles dans la potasse, sont gonflés par l'acide sulfurique faible, gonflés, puis dissous par l'acide sulfurique froid concentré, et dont les variétés séparées en se fondant sur telles ou telles réactions au contact des acides puissants, de la potasse, du réactif cupro-ammoniacal, des hypochlorites, ont été appelées *dermose*, *xylose*, *médullose*, *médulline*, *paraxylose*, *exomédullose*, *fibrose* (Fremy), etc.

C'est dans le quatrième groupe que se rangent les substances dites *incrustantes*, *intercellulaires*, *cuticulo-cellulaires*, *lignin*, *lignone*, *ligniréose*, *lignose* (Payen), *xylogène*, etc., *corps épiangiotique* (Fremy); et peut-être celles dites *vasculose*, *exofibrose*, etc., par Fremy. Les substances incrustantes sont insolubles dans l'acide sulfurique. Ce sont elles et non les celluloses qui noircissent au contact de cet acide quand on y plonge du bois (Payen); elles ne bleuissent pas sous l'influence de l'iode avant ni après l'action des acides; elles sont inversement solubles dans l'acide azotique et dans les hypochlorites qui au contraire ne dissolvent pas les celluloses proprement dites.

La *cutose* (Fremy), ou substance composant la cuticule de l'épiderme végétal, se rapproche des corps gras par sa composition élémentaire et par certaines de ses réactions. Il en est de même de la *subérine* ou principe accompagnant dans les cellules du liège la variété de cellulose dite *fibrose*, qui toutefois diffère de la cutose. La potasse fait éprouver une sorte de saponification à l'une et à l'autre. L'acide azotique les attaque en les oxydant et les faisant passer à l'état d'acides gras et autres. L'acide sulfurique n'agit que peu et lentement sur la cuticule et non sur la subérine.

Quant à la *fungine* (Braconnot), principe immédiat fonda-

mental de la paroi des cellules des champignons, au *phycin* des cellules des algues et au principe fondamental des cellules des lichens (qui n'est pas la *lichénine*), ils se rapprochent par leur composition centésimale des *celluloses* proprement dites. Ils ne bleuissent pas au contact de l'iode avant ni après l'action de l'acide sulfurique. Ce réactif les jaunit. Ils semblent être combinés à des principes soit incrustants, soit azotés qui n'ont pas été encore déterminés. Pourtant la paroi de certaines cellules des organes reproducteurs de ces divers cryptogames bleuit au contact de l'iode directement ou après l'action des acides.

La *fungine* et le *phycin* ne sont pas dissous par l'acide sulfurique étendu. Mais l'acide sulfurique concentré les dissout ainsi que les acides chlorhydrique, azotique et la potasse (1).

#### ARTICLE II. — SUR L'UTRICULE AZOTÉ ET LE NOYAU DES CELLULES VÉGÉTALES.

Dans la plupart des cellules végétales, quand s'est produit l'utricule *azoté*, dit aussi *primaire* ou *primordial*, il forme une couche ou membrane cellulaire bien distincte du contenu. Le fait est surtout évident quand l'action de l'iode qui le rend jaune brunâtre, ainsi que le noyau (fig. 1, a), montre celui-ci enclavé dans un dédoublement de cette membrane azotée. Dans les Conferves on la trouve parfaitement nette, facilement isolable avec ou sans noyau. Elle se montre sous forme d'une pellicule délicate épaisse de 0<sup>mm</sup>,001 à 0<sup>mm</sup>,002, grisâtre, homogène ou finement grenue, avec ou sans plis très-fins (fig. 2, a, b).

Du noyau, *cytoblaste*, ou *nucléus des cellules végétales* (*vesicule nucléenne* (Kernblaschen). Naegeli, dans *Schleiden und Naegeli. Zeitschrift fuer wissenschaftlichen Botanik*, 1844). Dans toute cellule végétale, à la description de l'utricule primordial se rattache celle du noyau ou *cytoblaste* (*κυτος*, *cavité*; *πλαστος*, *germe*). Le noyau est un corpuscule particulier, partie

(1) Pour les détails des procédés à suivre dans l'examen des diverses sortes de cellules végétales, voyez Ch. Robin, *Traité du microscope et des injections*. Paris, 1872, in-8, p. 833 et suiv.

importante de la cellule, bien distinct de son contenu. Il fait partie du **corps** ou masse cellulaire originelle et plus tard il est inclus dans l'**utricule** primordial; il est formé de la même matière azotée jaunissant par l'iode. Comme lui, il est sans moyen d'union avec la paroi de cellulose autre que le contact. Comme l'**utricule** des plantes, son existence est liée à la période de développement et à celle de la grande activité nutritive de la cellule végétale, à celle où cette dernière n'est pas arrivée à l'état ligneux; aussi, quoique son rôle soit ordinairement passager comme celui de l'**utricule**, il reste souvent avec lui dans les organes où persiste cette activité de nutrition; il n'existe que dans les cellules où l'**utricule** existe, il manque où il est absent comme dans les cellules du bois proprement dit où le protoplasma a disparu. Il y a assez souvent des cellules avec un **utricule azoté** sans noyau (fig. 3, *a, b*), il n'y a jamais de noyau sans **utricule**.

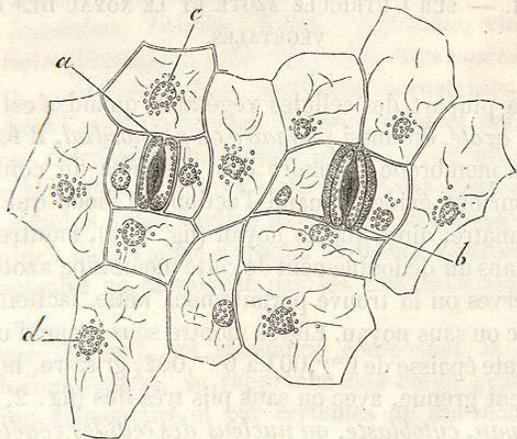


FIG. 3 (\*).

Ainsi le noyau n'appartient pas à la paroi de cellulose, mais à l'**utricule** primordial azoté qui tapisse la face interne de l'autre membrane. Ses relations avec lui, sa composition chimique,

(\*) Épiderme et stomates de la surface externe des folioles caliciformes des *Tradescantia virginica*. *c, d*, noyaux vésiculeux entourés de granules; *a, b*, stomates limités par deux cellules contenant des granules de chlorophylle, qui manquent dans les cellules épidermiques. Grossies 280 fois. (Ch. Robin.)

montrent que ce corps est une partie fondamentale de la cellule, quoique transitoire dans certaines d'entre elles; il ne doit, par conséquent, pas être mis au même niveau et dans le même groupe que les **contenus** très-variables des cellules, tels que les féculs, la chlorophylle, etc. Les **contenus** cellulaires tels que les décrivent les auteurs, siègent dans la cavité de l'**utricule** azoté dont fait partie le noyau, la membrane de cellulose forme une enveloppe protectrice du tout. Des fils mucilagineux granulés lient le noyau à l'**utricule**, lorsque, par exception, il reste au centre de la cellule pendant la production du protoplasma. On en voit qui s'étendent d'un côté à l'autre de l'**utricule** dans des points très-éloignés du noyau, ou du noyau à la paroi opposée, quand celui-là est inclus dans l'épaisseur de l'**utricule**, ce qui est le cas le plus ordinaire.

Le **nucléole** (fig. 1, *a* et fig. 3, *d*) ou les nucléoles, quand il y en a deux ou trois, sont des corpuscules très-petits (0,004 à 0,002 mil.), mais pourtant plus gros et plus brillants au centre que les granulations moléculaires du noyau. Ils sont sphériques, à bords nets et foncés; leur masse est homogène, non granuleuse, comme celle du noyau dont ils occupent la partie centrale ou à peu près. Cependant quelquefois, mais très-rarement, ils renferment une granulation moléculaire à leur centre, qui reçoit le nom de **nucléolule**.

Il n'est pas très-rare de ne trouver aucune trace de nucléole dans des noyaux parfaitement constitués et très-distincts sous tous les autres rapports. Il se comporte au contact des réactifs comme celui des cellules animales (voy. chap. II, art. IV).

L'**utricule azoté** des cellules végétales correspond aux corps des cellules animales; le **noyau** des cellules végétales, qui est également azoté, lui adhère ou est inclus dans son épaisseur, comme celui des cellules animales est inclus dans la substance du corps lorsqu'il est devenu vésiculeux par production d'un protoplasma (voy. p. 7). Ni dans les unes ni les autres le noyau ne doit être rangé au nombre des substances qui font partie du contenu cellulaire. Dans les plantes, l'**utricule azoté** est pour beaucoup de cellules une partie constituante dont l'existence est temporaire; la paroi de cellulose, bien que lui étant surajoutée en quelque sorte au point de vue de la nais-

sance et du développement, finit par lui survivre anatomiquement pour former la partie fondamentale du tissu végétal.

L'utricule primordial avec son contenu (*protoplasma*) est la partie essentiellement active des plantes (*germinal matter* de Beale) au point de vue de la nutrition; la paroi de cellulose est en quelque sorte par rapport à lui une coque squelettique, ce que la coquille est au mollusque qu'elle protège.

#### ARTICLE III. — SUR LE CONTENU DES CELLULES VÉGÉTALES.

Le contenu proprement dit des cellules ne nous arrêtera ici que peu de temps. Nous avons indiqué plus haut (p. 7) comment il se produit. Les faits anatomiques qui précèdent ont, en effet, avec ceux que montrent les éléments anatomiques des animaux, de plus fréquents points de contact qui seront signalés chemin faisant.

Le contenu est solide, liquide ou gazeux. Le contenu solide est formé de grains de *fécule* pressés les uns contre les autres dans les interstices desquels se trouvent, ou des gouttes d'huile (*Cyperus esculentus*, L.), ou un liquide avec ou sans granulations moléculaires (*Solanum tuberosum*, L.; *Helianthus tuberosus*, L.).

Le contenu liquide est quelquefois huileux et homogène (*huiles essentielles* des aurantiacées) ou aqueux avec ou, assez rarement, sans granulations moléculaires azotées, grains de fécule, de chlorophylle, gouttes huileuses ou résineuses en suspension, cristaux (fig. 5, f), etc. Le liquide qui tient les granules, etc., en suspension, est coagulable par les agents qui précipitent l'albumine et se colore en jaune ou jaune brun par la teinture d'iode, comme le font les substances organiques azotées (fig. 2). Le contenu coloré reçoit souvent le nom d'*endochrome*, surtout dans les algues, quand les matières colorantes rouges, bleues, etc., sont à l'état granuleux.

Le contenu gazeux est homogène, variable dans sa composition, suivant les espèces végétales et les régions du corps de la plante, et s'observe quand le précédent disparaît par une cause ou par l'autre, et *vice versa*; car jamais un élément anatomique ne commence par avoir son contenu à l'état gazeux.

Notons aussi que Beneke (1862) et d'autres auteurs encore ont vu se séparer du contenu glutineux de jeunes cellules de beaucoup de plantes en voie de croissance, des gouttes, des mélanges albumino-graisseux, qu'on a appelés *myéline*, en raison de ce que sous le microscope elles offrent un double contour, etc., comme la myéline des tubes nerveux et de ce que, comme dans celle-ci, on pense y avoir constaté la présence de la cholestérine et de la lécithine.

#### Tableau synoptique des matières contenues dans les cellules végétales.

CONTENU	a. gazeux..	1° Air pur.	
		2° Mélange d'oxygène (88 parties), d'acide carbonique, d'hydrogène et d'azote.	
	b. liquides..	1° Liquides aqueux ou mucilagineux, sucrés, à inuline, pectine, gommés, etc.	Sans granulations.
			Avec granules azotés ou amylicés (cellules des bulles et de beaucoup de parenchymes). Avec des gouttelettes d'huiles colorées aromatiques (cellules du parenchyme des pommes, des melons, etc.).
		2° Liquides uniformément colorés par des substances dissoutes (cellules des pétales, des fruits et feuilles colorés, etc.).	
		3° Liquides homogènes d'essences (Aurantiacées, Myrtinées, Hypericum, etc.).	
		4° Liquides huileux, en gouttelettes émulsionnées dans un liquide mucilagineux (liquides laiteux des laticifères, de certaines cellules, des cellules de l'amande du noyer, etc.).	
	5° Résines, caoutchouc, gutta-percha, etc., en gouttes émulsives liquides ou demi-liquides.		
	c. solides..	1° Chlorophylle (en masse, ou en grains suspendus et flottants dans un liquide mucilagineux, ou adhérents aux parois sans ordre, ou régulièrement en spirale, etc. comme dans beaucoup de conferves).	
		2° Phycocyan et phycoérythrine des algues.	
		3° Grains d'amidon et d'aleurone (très-petits, mêlés à des granules azotés, comme dans les liquides 1°, ou plus ou moins gros remplissant les cellules en tout ou en partie).	
		4° Cristaux de sels inorganiques divers (oxalates, tartrates, etc., en aiguilles ou raphides, ou de forme déterminée; uniques ou agglomérés, retenus réunis par une masse azotée ou mucilagineuse).	

#### ARTICLE IV. — SUR LES PRINCIPALES VARIÉTÉS DE CELLULES VÉGÉTALES.

Tous les éléments anatomiques végétaux pourvus de leur paroi de cellulose, sont des cellules dans le sens propre de ce