

l'eau dont la salure est plus ou moins concentrée que celle de la mer. Il est probable que cette adaptation est le résultat d'une accommodation entre le milieu ambiant et le liquide contenu dans le corps protoplasmique. Des modifications brusques entraînent, au contraire, la mort immédiate par gonflement ou ratatinement et par coagulation du protoplasme.

Il est difficile de maintenir en vie, même pendant peu de temps, des fragments de tissus d'un Vertébré, quand on les a détachés du corps de l'animal. Cela tient, d'une part, aux conditions extrêmement artificielles dans lesquelles elles se trouvent placées, et, d'autre part, aux changements brusques qui s'opèrent dans la constitution des sucres de ces tissus lorsqu'ils sont séparés du corps vivant. Le sérum sanguin, l'humeur aqueuse, le liquide amniotique, le sérum iodé ou tout autre liquide artificiel semblable ne peuvent servir que de milieux en quelque sorte indifférents, pour l'étude des tissus d'un Vertébré à l'état de survie; jamais ils ne compensent les conditions naturelles.

Il faut bien se garder de croire que la cellule est simplement imbibée par le liquide naturel au sein duquel elle vit. Au contraire, toute cellule est une entité close, qui incorpore en son intérieur, et plus ou moins abondamment, tantôt l'une, tantôt l'autre substance dissoute dans le liquide qui la baigne, en s'abstenant complètement d'incorporer telle autre substance qui s'y trouve en solution. Aussi, placées dans toutes les mêmes conditions, les diverses cellules se comportent-elles très différemment. En un mot, les cellules font jusqu'à un certain point un choix parmi les substances qui leur sont offertes.

C'est ce qu'il est très facile de prouver.

En effet, parmi les organismes monocellulaires inférieurs, les uns se façonnent un squelette d'acide silicique; d'autres, un squelette de carbonate de chaux. Vis-à-vis de ces deux substances, qui existent, en petites quantités, en solution dans l'eau, ces organismes montrent donc la faculté de faire un choix; c'est à ce pouvoir d'élection que nous devons attribuer le dépôt de ces couches géologiques, parfois si considérables, formées les unes par de la craie, les autres par des carapaces siliceuses d'organismes inférieurs. De même les cellules de végétaux différents, vivant côte à côte dans la même eau et dans des conditions identiques, absorbent des sels très différents et en proportions très inégales. C'est ce dont on peut aisément se convaincre si, après avoir desséché, puis incinéré les plantes, on calcule le rapport existant entre la totalité de la cendre et la quantité de substance sèche, ainsi que les proportions centésimales des divers composés chimiques entrant dans la composition de la cendre.

PFEFFER (V, 23) a réuni, dans sa *Physiologie végétale*, sous la forme du

tableau suivant, la composition des cendres de diverses espèces de *Fucus* recueillies sur les côtes occidentales de l'Écosse.

	<i>Fucus vesiculosus</i>	<i>Fucus nodosus</i>	<i>Fucus serratus</i>	<i>Laminaria digitata</i>
Cendres 0/0	13,89	14,51	13,89	18,64
K ² O	15,23	10,07	4,51	22,40
Na ² O	24,54	26,59	31,37	24,09
CaO	9,78	12,80	16,36	11,86
MgO	7,16	10,93	11,66	7,44
Fe ² O ³	0,33	0,29	0,34	0,62
P ² O ³	1,36	1,52	4,40	2,56
SO ³	28,16	26,69	21,06	13,26
SiO ²	1,35	1,20	0,43	1,56
Cl	15,24	12,24	11,39	17,23
I	0,31	0,46	1,13	3,08

Ce sont, en général, les plantes marines qui nous montrent le mieux que les végétaux puisent dans le milieu où ils vivent les sels minéraux qui sont nécessaires à leur existence, et ce dans des proportions très différentes de celles dans lesquelles ces sels se trouvent dissous dans ce milieu. Les cellules végétales, en effet, n'absorbent que très peu de sel de cuisine, dont l'eau de mer contient pourtant en solution environ 3 0/0, tandis qu'elles absorbent des quantités relativement beaucoup plus considérables de sels de potassium, de magnésium et de calcium, qui n'existent cependant dans l'eau de mer qu'en proportions très minimes. De même les analyses des cendres des divers végétaux terrestres vivant côte à côte sur le même sol fournissent des résultats très différents.

L'étude de la nutrition chez les animaux conduit à la même conclusion. Certaines cellules non seulement ont le pouvoir de se saisir des sels de chaux, dont il n'existe cependant que des traces à peine appréciables dans les liquides du corps, et elles les fixent dans le tissu osseux; des groupes déterminés de cellules des reins se saisissent des substances servant à la formation de l'urine et qui circulent dans le courant sanguin; d'autres cellules s'emparent de la graisse, etc.

Les facteurs qui interviennent dans l'incorporation ou la non-incorporation des substances nous sont, pour le moment, presque inconnus. Toutefois on peut dire que l'absorption d'une substance n'est pas toujours en relation directe avec le profit qu'en retire l'économie de la cellule qui l'incorpore. C'est ainsi que des cellules absorbent aussi des substances qui leur sont directement nuisibles ou complètement inutiles. Sous ce rapport l'ab-

sorption des couleurs d'aniline par les cellules végétales vivantes est très instructive (PFEFFER, V, 22 b).

Tandis que les solutions de bleu de méthylène, de violet de méthyle, de cyanine, de brun Bismark, de fuchsine et de safranine sont absorbées, il n'en est pas de même pour les solutions de nigrosine, de bleu d'aniline, de bleu de méthyle, d'éosine, de rouge Congo, etc. D'après PFEFFER, qui s'est livré à des études minutieuses sur cette question, seule la connaissance empirique peut nous renseigner sur l'absorption ou la non-absorption de ces substances.

Il en est de l'élimination de certaines substances comme de leur incorporation. Elle dépend également des propriétés spéciales du corps de la cellule vivante. Les cellules pigmentées de rouge ou de bleu des pétales d'une fleur de phanérogame ne laissent pas diffuser dans l'eau qui les entoure les solutions concentrées des matières colorantes qu'elles renferment, aussi longtemps qu'elles sont vivantes. Mais, dès que ces cellules sont mortes, les matières colorantes commencent à diffuser à travers les membranes cellulaires.

Pour parvenir à comprendre tous ces phénomènes complexes, il faudrait que l'on connût complètement la chimie et la physique des cellules. En effet, ce que nous avons appelé le pouvoir d'élection des cellules se ramène, en dernière analyse, aux affinités chimiques des nombreuses substances qui existent dans le corps des cellules ou qui se forment constamment pendant les phénomènes de la nutrition. Il s'accomplit là des phénomènes semblables à ceux qui se passent lors de l'incorporation de l'oxygène et de l'anhydride carbonique, incorporation qui ne peut s'effectuer qu'à la condition que le processus de la nutrition mette en liberté des affinités chimiques. C'est ainsi qu'une plante ne peut incorporer d'anhydride carbonique tant qu'elle se trouve dans l'obscurité, tandis qu'elle le fait immédiatement quand le processus chimique, nécessaire à cette combinaison, est provoqué par l'action des rayons solaires.

Un phénomène semblable s'accomplit lors de l'incorporation des couleurs d'aniline dans la cellule vivante. Placés dans des solutions très étendues de bleu de méthylène, les *Azolla*, les *Spirogyra*, les poils radicaux de *Lemna*, etc., y puisent progressivement une telle quantité de matière colorante qu'ils prennent une coloration bleu foncé, correspondant à celle d'une solution à 10/0 environ. Le bleu de méthylène ne colore pas alors le protoplasme lui-même, mais se borne à le traverser pour s'accumuler dans le suc cellulaire en une solution de plus en plus concentrée. A la suite de ce phénomène, la cellule elle-même ne meurt pas, ce qui serait le cas si le bleu de méthylène, agissant comme toxique, s'accumulait dans le protoplasme en une proportion semblable. L'accumula-

tion du bleu de méthylène dans le suc cellulaire provient de ce que ce dernier renferme des substances qui forment avec la couleur d'aniline une combinaison peu diffusible. PFEFFER considère l'acide tannique, qui existe fréquemment dans les cellules végétales, comme une substance agissant de la sorte. Il forme avec les couleurs d'aniline des combinaisons qui sont ou bien insolubles et, par conséquent, précipitées dans le suc cellulaire (bleu de méthylène, violet de méthyle), ou bien plus ou moins solubles (fuchsine, orange de méthyle, tropéoline).

Les animaux nous offrent de beaux exemples d'accumulation de matières colorantes dans des cellules vivantes. Les œufs fécondés des Échinodermes placés dans des solutions très faibles de bleu de méthylène prennent très rapidement une coloration bleue plus ou moins intense (HERTWIG, IV, 12 b). Lorsque cette coloration n'est pas trop forte, la segmentation de l'œuf, quoique ralentie, s'accomplit pourtant normalement et peut même conduire à la formation de la gastrula. Alors la matière colorante s'amasse spécialement dans les cellules de l'endoderme, ce qui tend à prouver que l'accumulation de la matière colorante s'effectue dans les matières vitellines de l'œuf. Les larves vivantes de Grenouille et de Triton prennent, dans l'espace de cinq à huit jours, une coloration bleue très intense, lorsqu'elles sont déposées dans une solution faible de bleu de méthylène. Dans ce cas, la matière colorante se combine avec les granulations des cellules (OSCAR SCHULTZE, V, 44). Replacées ensuite dans de l'eau pure, elles perdent peu à peu leur coloration. Si l'on injecte directement dans le sang d'un Mammifère de l'indigo-carmin, il est bientôt incorporé dans les cellules hépatiques ainsi que dans les épithéliums des tubes contournés du rein; ensuite il est éliminé, là dans les canalicules biliaires, ici dans les canalicules urinaires (HEIDENHAIN, V, 42). Du bleu de méthylène injecté dans le sang se combine avec la substance des fibrilles nerveuses et leur donne une coloration bleu foncé (EHRlich, V, 41). La matière colorante de la garance s'accumule dans la substance fondamentale du tissu osseux.

Abstraction faite des affinités chimiques, qui existent entre les molécules matérielles du corps de la cellule et les molécules des substances qui se trouvent en dehors de ce dernier, les phénomènes physiques de l'osmose sont de la plus grande importance pour nous faire comprendre l'incorporation et l'élimination des substances. Ici il faut tenir compte de la plus ou moins grande perméabilité de la membrane cellulaire, quand cette membrane existe. En général, la membrane cellulaire est beaucoup plus perméable que le corps protoplasmique pour toutes les substances dissoutes. Le corps protoplasmique est délimité extérieurement par une couche ectoplasmique (voir p. 16), à laquelle PFEFFER attribue le rôle principal dans

le phénomène d'osmose. Pour qu'une substance en solution puisse pénétrer dans le protoplasme, elle doit d'abord imbibier la couche ectoplasmique, c'est-à-dire que ses molécules doivent pénétrer entre les particules plasmiques de cette couche pour passer ensuite dans le protoplasme granuleux. Cependant une substance en solution peut aussi, lorsqu'elle-même n'est pas imbibée, exercer encore une action osmotique, en exerçant sur l'eau contenue dans la cellule une attraction et en déterminant ainsi la formation d'un courant d'eau dirigé de dedans en dehors. « L'essence de l'osmose consiste en ce que simultanément deux substances traversent une membrane en sens inverse; dans le cas où de l'eau seulement diffuse à travers une membrane, il ne peut être question de parler d'un équivalent osmotique

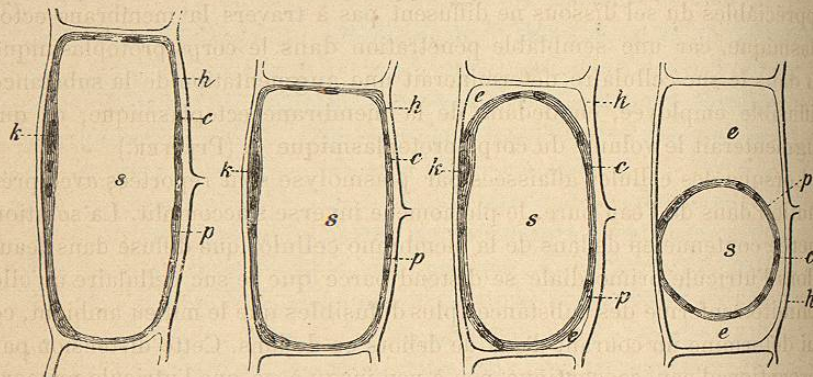


FIG. 59. — 1, Jeune cellule à moitié développée du parenchyme cortical du pédoncule floral de *Cephalaria leucantha*. 2, La même, placée dans une solution de nitrate sodique à 4 0/0. 3, La même, dans une solution à 6 0/0. 4, La même dans une solution à 10 0/0. Les figures 1 et 4 sont dessinées d'après nature; les figures 2 et 3 sont schématiques. Toutes sont représentées à la coupe optique longitudinale. *h*, membrane cellulaire. *p*, utricule primordiale. *k*, noyau de la cellule. *c*, corps chlorophyllien. *s*, suc cellulaire. *e*, solution saline. D'après DE VRIES (V, 36).

(expression que l'on emploie pour indiquer la relation de cet échange, et à laquelle on a attribué beaucoup trop d'importance). » (PFEFFER, V, 23.)

En raison de leur délicatesse et de leur exigüité, les cellules animales offrent de grandes difficultés pour des expériences d'osmose. C'est pourquoi ce sujet a été surtout étudié par les botanistes, les cellules végétales s'y prêtant beaucoup mieux. Relatons spécialement les expériences suivantes.

Si l'on dépose des cellules végétales, contenant une grande quantité de suc cellulaire, dans une solution de 5 à 20 0/0 d'un sel convenable, ou de sucre ou de glucose (Fig. 59), ces cellules se rapetissent légèrement, parce qu'il en sort une certaine quantité d'eau. Puis, si cette élimination d'eau se prolonge, l'utricule primordiale se détache de la membrane cellulosique, laquelle ne peut se rétracter davantage, en raison de sa fixité plus considérable (DE VRIES, V, 36).

La solution saline ou sucrée traverse alors la membrane cellulosique et continue à soustraire de l'eau à l'utricule primordiale, qui, selon le degré de concentration de la solution saline ou sucrée, se rétracte plus ou moins. Le suc cellulaire contenu dans cet espace plus ou moins réduit devient, par conséquent, plus concentré. Or, en dépit de ces transformations, connues sous le nom de *plasmolyse*, le corps protoplasmique peut rester en vie pendant plusieurs semaines et continuer à manifester des phénomènes de circulation. Il peut s'entourer lui-même d'une nouvelle membrane cellulaire, tout en restant rétracté.

Si l'on tient compte de la marche de la plasmolyse, on peut en déduire deux conclusions: d'une part, que la membrane cellulosique est perméable pour les solutions salines employées et, d'autre part, « que des quantités appréciables du sel dissous ne diffusent pas à travers la membrane ectoplasmique, car une semblable pénétration dans le corps protoplasmique ou dans le suc cellulaire déterminerait une augmentation de la substance diffusible employée, en dedans de la membrane ectoplasmique, ce qui augmenterait le volume du corps protoplasmique ». (PFEFFER.)

Lorsque des cellules affaissées par plasmolyse sont reportées avec précaution dans de l'eau pure, le phénomène inverse s'accomplit. La solution sucrée contenue en dedans de la membrane cellulosique diffuse dans l'eau. Alors l'utricule primordiale se distend parce que le suc cellulaire qu'elle délimite renferme des substances plus diffusibles que le milieu ambiant, ce qui détermine un courant d'eau de dehors en dedans. Cette distension par absorption d'eau se continue peu à peu jusqu'à ce que l'utricule primordiale se soit de nouveau intimement appliquée contre la membrane cellulosique et jusqu'à ce que, finalement, toute la cellule ait repris son volume primitif.

D'autres expériences ont appris que le suc cellulaire contenu à l'intérieur des cellules végétales se trouve sous une pression qui atteint souvent plusieurs atmosphères. C'est ce qui détermine la turgescence des organes des végétaux. Elle est due à cette circonstance que le suc cellulaire renferme des substances très diffusibles, comme du salpêtre, des acides végétaux et leurs sels potassiques, qui exercent sur l'eau une attraction énergétique (PFEFFER, V, 23; DE VRIES, V, 36).

On peut donc comparer l'utricule primordiale qui enveloppe le suc cellulaire à une mince vésicule, très extensible, remplie d'une solution saline concentrée. Si une telle vésicule est placée dans de l'eau pure, la solution saline attirera de l'eau et provoquera la formation d'un courant, qui aura pour conséquence de gonfler la vésicule, d'augmenter la pression de son contenu et d'amincir de plus en plus sa paroi. L'extension de la vésicule ne s'arrêtera que lorsque le liquide extérieur et le liquide intérieur se