

des espèces de vrilles, comme dans l'œillet, et surtout dans le *methonica gloriosa*.

La position relative des vrilles mérite beaucoup d'être observée; car elle indique l'organe dont elles tiennent la place. Ainsi, dans la vigne, elles sont, comme les grappes de fleurs, opposées aux feuilles, ce qui fait voir que ce sont des grappes avortées; elles sont axillaires dans les passiflores; pétioléennes dans le *lathyrus latifolius*, la *fumaria vesicaria*; pédonculéennes dans la vigne; quelquefois elles naissent des parties inférieures et latérales de la feuille et semblent tenir la place des stipules, comme dans certains *smilax*; mais c'est une simple apparence, car les *smilax* sont des monocotylédons, et les monocotylédons n'ont jamais de stipules; elles peuvent être simples, comme dans la bryone (*bryonia alba*), ou rameuses, comme dans le *cobæa scandens*.

On donne le nom particulier de *griffes* aux racines que les plantes sarmenteuses et grimpantes enfoncent dans les corps sur lesquels elles s'élèvent, comme celles du lierre, du *bignonia radicans*. On appelle *suçoirs* les filaments très-déliés que l'on rencontre sur la surface des griffes, et qui paraissent destinés à absorber les parties nutritives contenues dans le corps où elles sont implantées.

CHAPITRE XV.

DES ÉPINES ET DES AIGUILLONS.

Beaucoup de végétaux offrent, sur leur tige, leurs feuilles ou sur leurs autres organes, des appendices de forme variée, roides et aigus, dont la nature n'est pas toujours la même: ces appendices s'appellent épines ou aiguillons.

Les épines (*spinæ*) sont des piquants formés par le prolongement du tissu ligneux du végétal, tandis que les aiguillons (*aculei*) ne proviennent que de la partie la plus extérieure des végétaux, c'est-à-dire de l'écorce, dont on peut les détacher avec la plus grande facilité.

L'origine et la nature des épines ne sont pas moins variées que leur position. Ce sont presque constamment d'autres organes de la végétation déformés, avortés et devenus spinescents. Ainsi, ce sont les feuilles dans certaines espèces d'asperges de l'Afrique, les stipules dans l'acacia, le jujubier, le groseillier à maquereau. Très-souvent elles ne sont que des rameaux avortés: par exemple, dans le prunier sauvage. Aussi cet arbre, transplanté dans un bon terrain, change-t-il ses épines en rameaux. Les pétioles persistants de l'*astragalus tragacantha* se convertissent en épines. Le tronc de quelques arbres est

hérissé d'épines qui les rendent inabondables: telles sont les diverses espèces de *gleditschia*.

Suivant leur situation et leur origine, les épines sont *caulinaires*, quand elles naissent sur la tige, comme dans les cierge (*cactus*), les *gleditschia*. Elles sont *terminales* quand elles se développent à l'extrémité des branches et des rameaux, comme dans le prunier sauvage (*prunus spinosa*); *axillaires*, quand elles sont situées à l'aisselle des feuilles, comme dans le citronnier (*citrus medica*); *infra-axillaires*, lorsqu'elles naissent au-dessous des feuilles et des rameaux, comme dans le groseillier à maquereau. Enfin, elles peuvent être *simples*, *rameuses*, *solitaires* ou *fasciculées*. Ces expressions s'entendent d'elles-mêmes, et n'ont pas besoin d'être définies.

Les *aiguillons* ont été regardés par quelques physiologistes comme des poils endurcis. Ils sont très-peu adhérents aux parties sur lesquelles on les observe, et peuvent s'en détacher facilement, comme on le voit dans les *rosiers*.

Les modifications qu'ils présentent quant à leur situation, leur forme, etc., sont les mêmes que celles des épines.

Les épines, suivant les expériences de M. de Saussure, paraissent exercer une influence marquée sur l'atmosphère, en tendant sans cesse à en soutirer une portion de l'électricité qui y est répandue, et qui devient alors un agent actif de la végétation. Mais cependant nous devons faire remarquer que tous les végétaux, même ceux qui sont dépourvus d'épines, exercent la même influence sur l'électricité atmosphérique.

CHAPITRE XVI.

DE LA NUTRITION DANS LES VÉGÉTAUX.

Nous venons d'étudier tous les organes de la végétation, c'est-à-dire tous ceux qui servent au développement et à la formation du végétal; voyons maintenant comment s'opère la nutrition, quelle part y prend chacun de ces organes en particulier, et quelles sont les conditions nécessaires pour qu'elle ait lieu.

La nutrition est une fonction par laquelle les végétaux s'assimilent une partie des substances solides, liquides ou gazeuses répandues dans le sein de la terre ou au milieu de l'atmosphère, et qu'ils y absorbent, soit par l'extrémité la plus déliée de leurs racines, soit au moyen des parties vertes qu'ils développent dans l'atmosphère.

La nutrition est une fonction complexe. Elle se compose, même dans les végétaux les plus simples, de plusieurs actes ou fonctions successives ou simultanées, qui s'exécutent dans l'ordre suivant: 1° Ab-

sorption des matières qui doivent servir à l'alimentation. 2° Mouvement par lequel ces matières sont portées dans les feuilles. 3° Élaboration du fluide nutritif par son contact avec l'air et l'acide carbonique (respiration), par une déperdition d'eau surabondante (transpiration), par l'élimination de principes inutiles ou surabondants (excrétion). 4° Circulation du suc nutritif dans toutes les parties végétantes. 5° Assimilation. 6° Accroissement. Nous ferons d'abord connaître la succion ou l'absorption exercée par les racines dans le sein de la terre ; par les feuilles et les autres parties vertes au milieu de l'atmosphère ; puis nous décrirons la marche des suc nourriciers, ou de la sève, des racines vers les feuilles. Alors nous étudierons les changements que la sève éprouve dans ces organes, c'est-à-dire les phénomènes de la transpiration, de la respiration et de l'excrétion, et nous suivrons ensuite la sève dans son cours rétrograde des feuilles vers les racines.

§ I. De l'absorption ou succion.

Nous avons déjà dit que c'est par les extrémités de leurs fibrilles les plus déliées ou par les spongioles que les racines absorbent dans la terre l'eau chargée des principes nutritifs qui s'y trouvent dissous. Mais toutes les parties vertes des végétaux, telles que les feuilles, les jeunes branches, etc., sont également douées d'une force de succion fort remarquable, et concourent aussi à cette fonction fort importante.

Plongées dans le sein de la terre, les radicules capillaires y pompent, par les spongioles qui les terminent, l'humidité dont elle est imprégnée. L'eau est le véhicule nécessaire des substances nutritives du végétal. Ce n'est point elle qui forme la base de son alimentation, comme le croyaient les anciens physiciens ; mais elle sert de dissolvant et de menstrue aux corps qu'il doit s'assimiler. En effet, si l'on fait végéter une plante dans l'eau distillée, à l'abri de toute influence étrangère, elle ne tarde pas à périr. L'eau seule ne suffit donc pas à sa nutrition, quoiqu'elle y concoure aussi en partie, lorsqu'elle est décomposée et réduite en ses éléments. Il faut qu'elle contienne d'autres principes qui lui soient étrangers. D'ailleurs, les végétaux, indépendamment de l'oxygène et de l'hydrogène, ne renferment-ils point du carbone, de l'azote, des gaz, des substances terreuses, des sels, et même des métaux à l'état d'oxydes ou en combinaison avec les acides ? Or, l'eau aurait-elle pu donner naissance à ces différentes substances ?

C'est au célèbre physicien Hales que l'on doit les expériences les plus précises et les plus ingénieuses au moyen desquelles on démontre la force prodigieuse de succion dont sont douées les racines et les branches. Il découvrit une des racines d'un poirier, en coupa la pointe, y adapta l'une des extrémités d'un tube rempli d'eau, dont

l'autre extrémité était plongée dans une cuve à mercure, et en six minutes le mercure s'éleva de huit pouces dans le tube.

Le même physicien, pour mesurer la force avec laquelle la vigne absorbe l'humidité dans le sein de la terre, fit une expérience dont les résultats paraîtraient inexacts et exagérés, s'ils n'eussent été vérifiés de nouveau par M. de Mirbel qui répéta l'expérience. Le physicien anglais coupa, le 6 avril, un cep de vigne sans rameaux, d'environ sept à huit lignes de diamètre, à trente-trois pouces au-dessus de la terre. Il y adapta un tube à double courbure, qu'il remplit de mercure jusque auprès de la courbure, surmontant la section transversale de la tige. La sève qui en sortit eut assez de force pour élever en quelques jours la colonne de mercure à trente-deux pouces et demi au-dessus de son niveau. Or, le poids d'une colonne d'air, de la hauteur de l'atmosphère, fait équilibre à une colonne de mercure de vingt-huit pouces, ou à une colonne d'eau d'environ trente-trois pieds. Dans ce cas, la force avec laquelle la sève s'élevait des racines dans la tige était donc beaucoup plus considérable que la pression de l'atmosphère.

Nous avons déjà dit précédemment que c'était par l'extrémité de leurs fibres que les racines absorbaient l'eau contenue dans le sol, les autres parties de ces fibres n'y contribuant presque pour rien. C'est par suite d'une action physico-organique, qu'on a nommée *endosmose*, que ces organes absorbent ainsi l'eau des milieux où ils sont plongés. Nous reviendrons tout à l'heure sur ce phénomène avec détail en parlant de l'ascension de la sève.

Mais la succion exercée par les racines n'est pas la seule cause qui fasse pénétrer les liquides dans l'intérieur du végétal ; il en existe encore une autre non moins active et non moins puissante, c'est l'évaporation dont les feuilles et en général toute la surface aérienne du végétal sont le siège. On comprend en effet que, par suite de cette évaporation, il se fasse sans cesse un vide vers les extrémités supérieures de la plante, et que, par le moyen de ce vide, les liquides soient appelés incessamment vers la périphérie.

M. le professeur Miquel (*Ann. sc. nat.*, janvier 1839, p. 43) a fait un grand nombre d'expériences pour déterminer l'influence de la lumière sur l'exhalation aqueuse des feuilles et sur la succion opérée par les tiges. Il est arrivé à ce résultat qu'à l'ombre les plantes absorbent une quantité d'eau bien plus considérable que quand elles sont exposées à l'action de la lumière. De plus, les feuilles se conservent bien plus longtemps fraîches, ce qui annonce que l'exhalation cesse plus tôt dans l'obscurité.

Bonnet a également expérimenté pour connaître la rapidité avec laquelle la sève peut s'élever. Ainsi, en plongeant de jeunes pieds de haricot dans des fluides colorés, il a vu ces derniers s'élever tantôt d'un demi-pouce dans une demi-heure, tantôt de trois

pouces en une heure, tantôt enfin de quatre pouces en trois heures.

Il est une expérience de tous les jours, qui montre aussi avec quelle rapidité la sève peut monter dans le végétal. Si l'on arrose une plante qui commence à se flétrir par défaut d'arrosage, au bout de peu d'instants on la voit reprendre toute sa vigueur, et ses parties leur rigidité, par suite de la sève que la terre humectée leur a fournie, et qui a pénétré toutes ses parties. M. Dutrochet a fait un grand nombre d'expériences pour constater le temps que certaines plantes emploient pour revenir à cet état, qu'il nomme *turgide*, lorsqu'elles l'ont perdu par l'évaporation.

Un grand nombre de faits et d'expériences démontrent la part que les feuilles prennent au phénomène de la succion et de l'absorption. Ainsi, une branche détachée de l'arbre dont elle faisait partie absorbe encore avec une grande force le liquide dans lequel on plonge son extrémité. Il en est de même si on la retourne et que son sommet trempe dans l'eau; sa puissance absorbante n'en sera pas diminuée.

Pendant l'été nous voyons la chaleur du soleil flétrir et faire faner les plantes qui ornent nos parterres, ici en effet l'évaporation a été plus abondante que la succion: l'équilibre a été rompu et les plantes sont dans un état de souffrance; mais qu'on les examine pendant la nuit ou dans la matinée, la rosée que les feuilles ont absorbée leur a rendu leur force et leur fraîcheur.

Si l'on dépouille entièrement un végétal de ses feuilles, et qu'on enlève toutes celles qui tendent à se développer, il ne tardera pas à périr, parce que la succion exercée par ses racines, abandonnées en quelque sorte à elles-mêmes, sera insuffisante pour fournir tous les matériaux de la nutrition.

Dans beaucoup de plantes, particulièrement dans les *cactus* et les autres plantes grasses, dont les racines sont très-petites, et qui végètent d'ordinaire sur les rochers ou dans les sables mouvants des déserts, dans les plantes parasites, comme les *Orchidées*, les *Aroïdées* des tropiques, dont les racines aériennes pendent au milieu de l'atmosphère, il est évident que l'absorption des fluides nutritifs a lieu en très-grande partie aussi par les feuilles et les autres parties plongées dans l'atmosphère; car, s'il n'en était pas ainsi, dans les unes la petitesse de leurs racines, suspendues dans l'air, dans les autres l'extrême aridité du sol dans lequel elles croissent, ne pourraient les faire végéter.

Ainsi donc, toute la surface aérienne de la plante, c'est-à-dire les tiges, les rameaux et cette innombrable quantité de feuilles qui les recouvrent, sont des organes qui aident à l'absorption des racines par l'évaporation dont ils sont le siège, en même temps que par eux-mêmes ils absorbent dans certaines circonstances les fluides gazeux qui les environnent. On voit combien, dans les végétaux, la surface absorbante est grande lorsqu'on la compare à leur volume

général. Elle est incomparablement plus considérable que celle des animaux, à cause de cette quantité d'organes appendiculaires qu'ils étendent dans l'atmosphère.

De Saussure, dans ses *Recherches chimiques sur la végétation*, p. 240, rapporte un grand nombre d'expériences qu'il a faites sur la succion des racines. Il est arrivé ainsi à plusieurs résultats importants, dont nous citerons ici les principaux: 1° Les racines n'absorbent que les matières dissoutes dans l'eau; une matière insoluble, quelque tenue qu'on puisse la supposer, n'est jamais absorbée. Ainsi une racine plongée dans de l'eau contenant de la silice, suspendue au moyen d'un peu de sucre, n'a absorbé aucune trace de ce corps. 2° Les matières en dissolution sont absorbées d'autant plus facilement qu'elles sont plus fluides. C'est ainsi que l'on peut expliquer pourquoi des racines en contact avec de l'eau chargée de plusieurs sels en absorbent toujours quelques-uns en plus grande quantité que d'autres. 3° L'eau pure est absorbée plus facilement que l'eau contenant des matières étrangères. 4° Les racines absorbent aussi bien les matières nuisibles à la végétation que celles qui lui sont favorables. Elles ne sont donc pas douées, comme quelques physiologistes l'avaient avancé, d'une sorte d'action élective qui leur ferait rejeter ce qui peut leur nuire. De Saussure a reconnu que le sulfate de cuivre, qui est si peu favorable à la végétation, était le sel qu'un certain nombre de végétaux avaient absorbé en plus grande quantité. D'ailleurs ne savons-nous pas que beaucoup d'expérimentateurs ont fait absorber aux racines des poisons plus ou moins énergiques, qui souvent ont déterminé des accidents comparables à ceux qu'ils produisent sur les animaux.

§ II. De la marche de la sève.

Les liquides que les racines ont absorbés par suite du phénomène de l'endosmose, mêlés à ceux qui ont pénétré dans le végétal par l'action absorbante de ses feuilles, constituent la *sève* ou le fluide nutritif du végétal. Ce fluide, dans la période active de la végétation, est sans cesse en mouvement. Il se porte vers tous les organes périphériques, soit pour s'y modifier, soit pour les nourrir. Nous allons étudier ces mouvements divers de la sève.

Nous distinguerons trois sortes de circulations: 1° celle de la sève que nous appellerons la *circulation générale*; 2° celle qui a lieu dans les vaisseaux laticifères, et qu'on a désignée sous le nom de *cyclose*; 3° enfin la *giration*, ou la circulation partielle des sucs dans l'intérieur des utricules. Nous allons étudier ces trois sortes de circulations l'une après l'autre, en commençant par la circulation générale du suc séveux.

I. Circulation générale de la sève.

Pour tâcher d'exposer avec méthode cette partie importante de la

physiologie des plantes, nous adopterons l'ordre suivant : nous parlerons : 1° de la route suivie par la sève de la racine vers les feuilles ; 2° de l'organe ou des organes élémentaires dans lesquels elle circule ; 3° des expériences faites pour constater son mouvement ascensionnel ; 4° enfin des causes qui ont été admises pour expliquer ces mouvements.

La sève est ce liquide incolore, essentiellement aqueux, que les racines puisent et absorbent dans le sein de la terre, les feuilles dans l'atmosphère, pour le faire servir à la nutrition du végétal. C'est elle qui, contenant en dissolution ou en suspension les véritables principes nutritifs, les dépose dans l'intérieur de la plante à mesure qu'elle traverse leur tissu.

Duhamel désignait la sève sous le nom de *lymphe*, et appelait vaisseaux lymphatiques ceux dans lesquels il admettait la circulation de la lymphe. Au printemps, la sève est un fluide essentiellement aqueux, d'une pesanteur spécifique à peine supérieure à celle de l'eau, d'une saveur douceâtre, quelquefois légèrement saline. Elle contient souvent des acides carbonique, acétique ou oxalique, libres ou combinés avec la chaux et la potasse. A une époque plus avancée de la végétation, elle prend d'autres qualités : sa consistance augmente par les différents principes qui s'y forment par les progrès de la végétation.

La nature de la sève, essentiellement la même dans la plupart des végétaux, présente quelques différences dans plusieurs espèces. Ainsi, quelquefois on y trouve de l'albumine ou une matière analogue au gluten. Celle de l'*acer saccharinum* contient jusqu'à cinq pour cent de son poids de sucre. Une chose qu'il est important de noter, c'est que la sève varie, en général, suivant les diverses parties où on l'observe. Ainsi, elle est d'autant plus dense et plus sapide qu'on la prend à une hauteur plus considérable de la tige^a.

Route suivie par la sève. Nous commencerons par faire remarquer qu'il y a deux courants généraux et opposés de la sève. Elle monte des racines vers les feuilles. Après avoir été modifiée, élaborée

^a M. Amici a publié (*Ann. sc. nat.*, sept. 1830) des observations sur la sève de la vigne. Tout le monde sait qu'au printemps la tige de cet arbrisseau contient une énorme quantité de sève, qui s'écoule abondamment par les plaies qu'on lui fait en le taillant. Ce fluide extravasé finit par se concréter sur l'écorce où il est déposé, et forme une couche muclagineuse de couleur rousse. Ayant examiné, au moyen du microscope, cette matière, il vit qu'elle se composait de longs filaments entrecroisés, simples ou rameux, séparés par des diaphragmes; ces filaments étaient tubuleux, tantôt vides, tantôt offrant de petites granulations mobiles le long de ces tubes. La sève, recueillie en même temps, et exposée pendant six heures au soleil, présenta bientôt des filaments semblables, dont le nombre alla rapidement en croissant, et leurs ramifications se multiplièrent également. Cette production a la plus grande ressemblance avec une conserve; mais l'auteur est plus porté à la regarder comme une matière organique, dont les principes existent dans la sève, et qui peut être considérée comme le principe de l'accroissement des végétaux. Nous ne partageons pas cette dernière opinion; mais nous avons cru devoir la faire connaître.

dans ces organes, elle redescend des feuilles vers les racines. Nous avons donc à étudier la route à suivre par la *sève ascendante*, puis ensuite celle de la *sève descendante*.

A. De la sève ascendante.

Les anciens se sont disputés longtemps pour savoir par quelle partie de la tige l'ascension de la sève avait lieu. Les uns, tels que Parent, croyaient que c'était par la moelle; d'autres, au contraire, comme Réneaulme, pensaient que l'écorce était le siège de ce singulier phénomène. Mais quand on a eu recours à des expériences positives, il a été prouvé que ces deux opinions étaient également erronées. En effet, la marche de la sève se fait à travers les couches ligneuses. Mais c'est la partie la plus voisine de l'étui médullaire qui paraît être le siège principal de cette ascension, ainsi que le montrent un grand nombre de faits.

Coulon eut occasion d'en reconnaître fortuitement la vérité. Ce physicien faisait abattre une allée de grands peupliers en pleine végétation. Il vit, sur un pied scié circulairement à sa base, qui avait été renversé, et qui néanmoins tenait encore à sa souche par son centre, il vit, dis-je, des bulles de liquide et d'air s'élever des fibres intérieures rompues, en faisant entendre un bruissement manifeste. Il tenta dès lors quelques expériences sur les arbres qui lui restaient à abattre. Ainsi, en les faisant percer avec une large tarière, il vit que les fragments que l'on retirait des couches extérieures du bois étaient presque secs, et qu'ils devenaient de plus en plus humides à mesure que la tarière s'enfonçait plus profondément, et que dès que celle-ci arrivait vers le centre de la tige, la sève commençait à s'en écouler à l'extérieur. Ce résultat fut communiqué par ce savant à l'Académie des sciences, et MM. Desfontaines et Thouin, qui répétèrent l'expérience, en constatèrent l'exactitude. Ainsi donc, ce fait prouve évidemment que l'ascension du fluide séveux se fait par les couches ligneuses, et en particulier par celles qui sont les plus voisines du canal médullaire. L'expérience a encore démontré que la marche de la sève ne s'est point arrêtée dans les arbres privés de leur écorce, et dans lesquels la moelle était plus ou moins obstruée, tandis que, si l'on enlève sur un arbre toutes les couches ligneuses, l'ascension de la sève n'a plus lieu. Cependant elle pourrait encore se faire s'il restait un petit cylindre de couches ligneuses : c'est ce qui a lieu dans les arbres creux, et principalement dans certains saules, dont le tronc étêté est le plus souvent carié à l'intérieur. Dans ce cas, il existe toujours quelques couches ligneuses voisines de l'écorce dans lesquelles la sève s'élève. C'est donc bien à tort que quelques auteurs se sont appuyés sur l'existence de ces arbres creux pour dire que la sève monte par l'écorce. La sève monte par les couches du bois.

Cette opinion est aujourd'hui généralement admise, et tous les

physiologistes ont eu occasion de la vérifier. Seulement un grand nombre ne partagent pas l'opinion de Coulon, que ce serait uniquement par les couches les plus intérieures, et par conséquent les plus rapprochées du canal médullaire, mais ils pensent que c'est à peu près également par toutes les couches ligneuses, que la sève monte dans la tige.

La tige est composée, comme nous le savons, de différents éléments anatomiques, de tissu ligneux, de vaisseaux rayés ou ponctués, de trachées placées autour de la moelle, et enfin de tissu cellulaire formant soit la moelle, soit les rayons médullaires. Est-ce par quelques-uns de ces organes élémentaires seulement, ou par toute la masse des couches ligneuses, que se fait le mouvement ascendant de la sève? Quand on coupe une jeune branche au moment où les phénomènes de la végétation sont en pleine activité, on voit la sève s'écouler indifféremment de toutes les parties qui la composent. Il est donc probable qu'en effet dans cette période tous les organes élémentaires de la tige contiennent de la sève, et qu'elle y est en mouvement. Il est clair que dans les vaisseaux ce liquide se meut avec plus de facilité, et par conséquent plus rapidement; mais un peu plus tard les vaisseaux se vident, la sève cesse d'y circuler, et y est remplacée par de l'air, qui, par le moyen de ces vaisseaux, parcourt toutes les parties du végétal, et exerce sur les sucs qui y sont déposés une action puissante qui augmente et complète en quelque sorte leur propriété nutritive.

Il y a plus: un grand nombre de physiologistes pensent que, dans toutes les périodes de la vie végétale, les vaisseaux spiraux, trachées et fausses trachées ne sont jamais destinés qu'à contenir de l'air, et doivent, par conséquent, servir uniquement à la respiration végétale. Ce ne serait donc qu'accidentellement que ces vaisseaux seraient pénétrés par les liquides séveux. Quand on plonge l'extrémité d'une jeune branche dans un liquide coloré avec de l'indigo, de la gomme gutte, etc., on suit facilement ce liquide dans les vaisseaux spiraux, et c'est un des arguments sur lesquels se fondent ceux qui les croient les principaux conduits de la sève ascendante. Mais, qu'on le remarque bien, cet argument serait peu concluant. En effet, dans une branche plongée dans l'eau par sa base, les vaisseaux ont été coupés en travers. Ces vaisseaux, déliés comme des cheveux, possèdent toutes les propriétés des tubes capillaires; ils absorbent donc le liquide qui bientôt remplit toute leur cavité. Mais en est-il de même dans une plante entière où les vaisseaux sont clos à leurs deux extrémités? c'est une question encore indécise. Néanmoins nous le répétons, au printemps, dans le moment où la sève afflue en abondance dans la tige, toutes ses parties en sont pénétrés, les vaisseaux aussi bien que le tissu ligneux et les utricules. Mais un peu plus tard, les vaisseaux remplissent un autre rôle: ils deviennent les conduits

aériens chargés d'aller porter l'air dans tous les organes, ils deviennent les principaux agents de la respiration, que nous étudierons tout à l'heure.

B. Causes de l'ascension de la sève.

Quelle est la cause de ce mouvement ascensionnel du fluide dans le végétal? On pense bien que dans les temps anciens chaque auteur a dû avoir une opinion différente pour expliquer cet étonnant phénomène, et aujourd'hui même on est loin d'être d'accord sur ce point. Nous allons présenter ici succinctement les principales hypothèses qui ont été émises sur la cause de l'ascension de la sève, des racines jusqu'aux feuilles.

Grew en trouvait la cause dans le jeu des utricules. Cet auteur, qui considérait le tissu végétal comme formé de petites utricules juxtaposées les unes au-dessus des autres, et communiquant toutes entre elles, pensait que la sève une fois entrée dans les utricules inférieures, celles-ci, se contractant sur elles-mêmes, la poussaient dans celles qui leur étaient immédiatement supérieures, et que, par ce mécanisme, la sève parvenait jusqu'au sommet du végétal.

Malpighi, au contraire, l'attribuait à la raréfaction et à la condensation alternative de la sève par la chaleur.

De La Hire, qui croyait les vaisseaux séveux garnis de valvules, comme les veines des animaux, pensait qu'elle dépendait de cette disposition, et que la force de succion des racines, en introduisant sans cesse de nouveaux fluides dans les organes, devait soulever toute la colonne de liquide qui leur était superposée.

Péroul la croyait produite par une sorte de fermentation.

Quelques-uns, et de Saussure est de ce nombre, l'ont attribuée à l'irritabilité dont est douée la membrane qui forme ces tubes, irritabilité qui détermine leur contraction.

D'autres enfin, et ceux-là sont en grand nombre, ont comparé la marche de la sève dans le tissu végétal à l'ascension des liquides dans les tubes capillaires. Mais on sent combien de semblables hypothèses sont insuffisantes pour expliquer les phénomènes dont il s'agit. Si, par exemple, ils étaient dus à la capillarité des vaisseaux séveux, leur action devrait être indépendante des circonstances extérieures, et même de la vie du végétal. Or, c'est ce qui n'a pas lieu. Personne n'ignore que la sève ne circule plus dans un végétal privé de la vie. La vie a donc une action directe et puissante sur l'exercice de cette fonction.

M. Gaudichaud a observé, pendant son séjour aux environs de Rio-de-Janeiro, un fait remarquable, qu'il a signalé dans les *Annales des sciences naturelles* (sept. 1836); ayant coupé en travers une tige d'une espèce de liane (*cissus hydrophora*, Gaudich.) qui pouvait avoir 150 pieds et peut-être plus de longueur, il remarqua que du tronçon

inférieur et encore enraciné et de la portion supérieure si longue et en pleine végétation, il ne s'écoulait que quelques gouttes de sève, tandis que si de l'une ou de l'autre de ces deux parties il détachait un fragment, la sève s'écoulait de ce fragment avec rapidité et abondance. M. Gaudichaud tire de ce phénomène l'observation que la force qui retient la sève dans la portion supérieure de ces longues tiges, est probablement celle qui la forçait à monter dans toute la plante. Ce qui pourrait peut-être servir à le démontrer, c'est que la tranche de la partie inférieure de la tige, loin de chasser la sève au dehors, tendait plutôt à l'absorber; car vingt-quatre heures après l'expérience cette tranche était desséchée, ce qui ne peut être uniquement attribué à l'évaporation. La pression atmosphérique agit sur la sève renfermée dans un morceau de tige ouvert à ses deux extrémités, et la force à en sortir, tout aussi bien que si ses vaisseaux étaient des vases inertes. C'est peut-être aussi cette force qui empêche la sève de sortir par la tranche de la partie inférieure du tronc. Mais il ne pouvait en être ainsi pour celle de la partie supérieure de cette liane longue encore de plus de 150 pieds. Il faut donc admettre que plusieurs causes concourent à l'ascension de la sève. Ces causes sont extérieures ou intérieures. Les premières sont : la pression atmosphérique, la chaleur, la lumière, etc. Les intérieures se subdivisent en forces de nutrition et en forces de sécrétion. Dans les premières, M. Gaudichaud range l'absorption des liquides et des gaz, la combinaison des gaz entre eux, la conversion de ces gaz en liquides, celle des liquides en solides, et les changements de volume qu'ils éprouvent. Dans les secondes se trouvent le dégagement des gaz, l'évaporation des liquides, les résidus qui en résultent, etc.

Nous remarquerons que cette observation de M. Gaudichaud est complètement en contradiction avec les expériences de Hales, et particulièrement celle que nous avons relatée page 256.

Nous avons dit précédemment que la force vitale devait exercer une immense influence sur l'ascension de la sève. Cependant certaines causes internes et externes peuvent encore faciliter l'exercice de ce phénomène.

Parmi les causes externes, on doit placer la température, l'influence de la lumière et du fluide électrique. On sait généralement qu'une température chaude favorise singulièrement le cours de la sève. En effet, pendant l'hiver, l'arbre en est gorgé; mais elle est épaisse et stagnante. Le printemps, en ramenant la chaleur, détermine aussi l'ascension des sucs dans les parties de la tige qui semblaient en être obstruées.

La lumière et le fluide électrique ont aussi une influence marquée sur les phénomènes de la marche de la sève. On sait que, quand l'atmosphère reste longtemps chargée d'électricité, les végétaux acquièrent un développement considérable, ce qui annonce né-

cessairement que la sève a un cours plus rapide et plus puissant.

Certaines causes, inhérentes au végétal lui-même, paraissent agir aussi sur l'ascension de la sève. Telle est la quantité plus ou moins grande de pores corticaux ou de stomates que présente le végétal, et l'étendue plus considérable de sa surface. Ces deux circonstances favorisent évidemment la rapidité et la force de la marche du fluide séveux.

M. Dutrochet s'est également occupé de ce sujet important, et a émis, sur la cause des mouvements de la sève, une théorie ingénieuse que nous allons faire connaître. Le hasard lui fit découvrir une propriété bien remarquable dont jouissent les membranes organisées végétales et animales. En observant au microscope les petites capsules ou apothécions d'une moisissure plongée dans l'eau, il vit bientôt sortir, par leur sommet perforé, de petits globules qui étaient évidemment les sporules ou organes reproducteurs. Mais, en même temps que ces sporules sortaient par le sommet, l'eau dans laquelle plongeait la capsule pénétrait à travers ses parois, et en remplissait la partie inférieure. Cette introduction de l'eau à travers la membrane se faisait même avec assez de force, pour qu'après l'entière expulsion des globules, on aperçût encore une sorte de petit courant d'eau sortir de l'intérieur de la capsule, qui néanmoins resta pleine. L'eau pénétrait donc à travers les parois, à mesure qu'elle en sortait par l'ouverture du sommet.

Un fait analogue se présenta bientôt au même observateur; mais ce fut le règne animal qui le lui fournit. Ayant placé dans l'eau l'espèce de gaine en cul-de-sac qui recouvre le pénis de la limace, et qu'elle laisse remplie d'une matière spermatique très-épaisse dans l'organe femelle après la copulation, il vit que cette gaine, qui est renflée dans son fond, et qui présente la forme d'une cornue, se vidait petit à petit de la matière spermatique qui sortait par son col, à mesure que sa partie inférieure se remplissait d'eau. Cette seconde observation, entièrement semblable à la première, lui suggéra l'idée de tenter quelques expériences. Il prit un cœcum de jeune poulet, et, après l'avoir bien lavé, il plaça dedans une certaine quantité de lait. Ayant fermé par une ligature l'extrémité supérieure, il le plongea dans l'eau. Au moment de l'immersion, le cœcum pesait, avec le lait qu'il contenait, 196 grains. Vingt-quatre heures après, il pesait 269 grains; par conséquent son poids s'était augmenté de 73 grains au moyen de l'eau qui s'y était introduite. L'ayant replacé dans le liquide, qu'on avait soin de renouveler matin et soir afin qu'il ne se corrompît pas, douze heures après le cœcum pesait 313 grains. Ainsi, dans l'espace de trente-six heures, 117 grains d'eau s'étaient introduits dans sa cavité, et la remplissaient avec distension; état que M. Dutrochet exprime par le nom de turgidité.

Répétée un grand nombre de fois, cette expérience eut constam-

ment le même résultat, soit qu'on eût employé des membranes animales ou végétales, comme les gousses vésiculeuses du baguenaudier. Cette introduction de l'eau à travers la membrane ne s'opère que tant que celle-ci contient un liquide plus dense que l'eau; car elle cesse dès que ce liquide a été repoussé hors de la cavité par l'eau. Ce phénomène est le résultat d'une force particulière, d'une action physico-organique, que l'auteur nomme *endosmose*. Toutes les fois que deux liquides de densité différente sont séparés par une membrane organisée, il s'établit entre eux un courant qui fait que le moins dense, attiré par celui qui l'est davantage, tend à traverser la membrane pour se porter vers lui.

En poursuivant ses expériences sur le même sujet, M. Dutrochet a été à même d'observer un autre phénomène qui complète ses premières observations. Il a vu que, quand on plonge un cœcum de poulet, ou toute autre cavité organique, rempli d'eau pure, dans un liquide plus dense, l'eau renfermée dans la membrane, attirée par le liquide plus dense, traverse les parois de la membrane, pour se réunir au liquide dont la densité est plus grande. Ce phénomène est le même que le précédent; mais il s'exerce seulement en sens inverse: c'est toujours le passage d'un liquide moins dense vers un plus dense. L'auteur donne à la force qui préside à ce phénomène le nom d'*exosmose*. Cette action, de même que l'*endosmose*, paraît être le résultat de l'électricité, et est analogue à celle que Porret a obtenue par l'emploi direct de l'électricité galvanique. « Ce physicien, dit M. Dutrochet, ayant séparé un vase en deux compartiments par un diaphragme de vessie, remplit d'eau l'un de ces compartiments, et n'en mit qu'une petite quantité dans l'autre. Ayant alors placé le pôle positif de la pile dans le compartiment rempli d'eau, et le pôle négatif dans celui qui n'en contenait que quelques gouttes, l'eau fut poussée à travers les parois de la vessie dans le compartiment vide, et elle s'y éleva à un niveau supérieur à celui auquel elle fut réduite dans le compartiment primitivement plein. Ce fait paraît tout à fait analogue à ceux de l'*endosmose* et de l'*exosmose*.

Partant de ces premières expériences, M. Dutrochet en fit une autre qui le mit sur la voie pour arriver à la théorie de l'ascension des fluides dans les végétaux. Il pensa qu'en vertu de la force d'*endosmose* il pourrait peut-être faire monter un liquide dans un tube. Voici comment il fit cette expérience. Il prit un tube de verre de 32 centimètres de long et de 2 millimètres de diamètre intérieur, ouvert à ses deux extrémités. Au moyen d'une ligature, il fixa à l'extrémité inférieure l'ouverture d'un cœcum de jeune poulet, rempli d'une solution composée de cinq parties d'eau et d'une partie de gomme arabique. Le cœcum fut plongé dans l'eau de pluie, et le tube tenu verticalement. Bientôt le cœcum devint turgide, c'est-à-dire qu'il se gonfla, et le liquide qu'il contenait ne tarda pas à monter

dans l'intérieur du tube. Cette ascension s'opéra avec une vitesse de 0,07 mètre par heure, et quatre heures et demie après, le liquide parvenu au sommet du tube, déborda par son ouverture et s'écoula au dehors. Cet écoulement, après avoir duré pendant un jour et demi, s'arrêta; et bientôt après, le liquide commença à baisser dans le tube, par suite de l'altération qu'avaient éprouvée le liquide contenu dans le cœcum et le cœcum lui-même. Cette expérience fut ensuite répétée avec un tube de 5 millimètres de diamètre intérieur, et eut les mêmes résultats.

L'auteur a fait l'application des principes qui découlent de ces expériences à la statique des fluides dans les végétaux. Selon lui, l'ascension de la sève est le résultat de l'*endosmose*. « C'est elle, dit-il, qui produit en même temps la progression de la sève par *impulsion*, et sa progression par *affluxion*. Nous allons exposer le mécanisme de ces deux mouvements. Les spongioles des racines sont les organes dans lesquels la sève ascendante reçoit l'impulsion qui la porte vers les parties supérieures du végétal. Ces organes, siège exclusif de l'absorption de l'eau, deviennent très-turgides par *endosmose*. Environnées d'un milieu humide, les spongioles absorbent l'eau, et l'introduisent sans cesse dans l'intérieur des cellules qui composent spécialement leur tissu. Cette eau, introduite par l'*endosmose*, et accumulée avec excès dans les organes qu'elle rend turgides, en reçoit un mouvement ascendant qui la chasse dans les tubes de la racine et de la tige, en poussant devant elle celle qui y avait précédemment pénétré. Telle est la cause de cette pression considérable à laquelle est soumise la sève ascendante de la vigne et de quelques autres végétaux, pression supérieure à celle de l'atmosphère, ainsi que l'ont prouvé les expériences de Hales, répétées par MM. de Mirbel et Chevreul.

Passons actuellement à la progression de la sève par *affluxion*. Supposons une tige coupée, et plongée dans l'eau par sa partie inférieure; les cellules et les vaisseaux situés à la surface des feuilles perdant une partie des fluides qu'ils contiennent par l'évaporation, l'*endosmose* sans cesse active de ces organes remplit le vide qui tend à se former, par l'introduction des fluides empruntés aux organes voisins, et cette action qui opère l'*affluxion* de la sève vers les feuilles, s'étend de proche en proche, jusqu'à la base de la tige qui trempe dans l'eau. Ainsi, c'est par une sorte de *suction* que l'eau du vase tend à monter dans les tubes de la tige. Telle est en abrégé la théorie nouvelle que M. Dutrochet propose pour expliquer l'ascension des fluides séveux de la racine jusqu'aux extrémités supérieures du végétal.

S'il nous était permis d'émettre ici une opinion sur ce point encore obscur de la physiologie des végétaux, nous dirions que l'ascension de la sève ne nous paraît pas dépendre, ainsi que l'ont pensé la

plupart des physiologistes, d'une cause simple et unique, mais qu'elle est le résultat de plusieurs actions combinées. Ainsi, l'extrême ténuité des tubes fibreux, des vaisseaux ou des méats intercellulaires dans lesquels la sève se meut, se trouve dans la condition des tubes capillaires; et dès lors nous ne voyons pas comment on pourrait raisonnablement refuser aux tubes végétaux une propriété qui est si évidente et si générale dans les tubes inertes. Mais, qu'on le remarque bien, nous n'admettons pas, comme certains auteurs, que la capillarité soit l'unique cause de l'ascension des fluides absorbés par la racine. Il en est de même de l'action exercée par les feuilles. Nul doute que, par suite de l'évaporation qui a lieu par leur surface et par le vide qui en résulte, la sève ne soit puissamment appelée vers les parties supérieures de la plante. L'endosmose doit être aussi comptée comme l'une des causes qui peuvent concourir le plus puissamment à ce phénomène, de même que cette force d'imbibition qui est propre à tous les tissus organisés, et plus particulièrement aux tissus végétaux. Il est même très-probable que cette qualité éminemment hygroskopique, à laquelle les physiologistes n'ont pas fait assez attention, est une de celles qui agissent le plus puissamment dans la production du mouvement des suc nutritifs. Cependant, nous le répétons, elle n'en est pas la cause unique. Le mouvement de la sève est donc un phénomène complexe, qui n'est obtenu que par le concours de plusieurs causes, dont la réunion est nécessaire pour qu'il puisse s'accomplir.

Le végétal peut être considéré comme un tout continu, dont toutes les parties communiquent immédiatement les unes avec les autres. Les organes qui sont destinés à contenir la sève étant tous en contact, il s'établit entre eux une sorte de solidarité, qui tend sans cesse à rétablir l'équilibre, quand, par une cause quelconque, il a été rompu dans un point. Ainsi, l'évaporation qui s'opère dans les feuilles doit faire un appel puissant aux suc contenus dans les parties avec lesquelles les feuilles communiquent, et cet appel, en se propageant de proche en proche, détermine un mouvement ascensionnel dans toute la masse tissulaire de la plante. Si nous y ajoutons la force de succion si puissante qui existe dans les racines, il nous semble que nous pourrions facilement nous rendre compte de l'ascension de la sève des racines vers les feuilles. Cependant la succion agit quelquefois seule, c'est-à-dire indépendamment de la déperdition par les feuilles, et suffit pour élever la sève dans toutes les parties de la plante. C'est ce qui arrive par exemple au printemps, quand les bourgeons ne se sont pas encore épanouis. Mais dans ce cas aussi, il est possible d'admettre qu'il y a néanmoins une légère évaporation par toute la surface de la plante, qui favorise l'action absorbante de la racine. D'ailleurs ici, comme dans la plupart des autres fonctions des animaux et des végétaux, nous devons admettre une force inconnue,

puissante, active, résultat de l'organisation et de la vie qui préside à ces fonctions, qui en est l'agent immédiat, indispensable, et que l'on désigne sous le nom de force vitale.

C'est principalement au printemps, comme chacun sait, que l'ascension de la sève se fait avec plus de force et de rapidité. Pendant le cours de l'été, les feuilles, par leur force d'aspiration, entretiennent ce mouvement; mais cependant petit à petit les feuilles se chargent de substances terreuses et de carbone; leurs vaisseaux et leur parenchyme s'obstruent; et comme à mesure leur force absorbante diminue, la sève cesse petit à petit de monter, jusqu'au moment où les feuilles se détachent de la tige, et que le mouvement du fluide s'arrête tout à fait. On reconnaît aisément cette cessation du mouvement ascensionnel du suc nourricier à la difficulté qu'on éprouve alors à séparer l'écorce du bois, même sur les jeunes branches, tandis que cette séparation est aisée au printemps, quand la sève est dans la force de son ascension.

Cependant il est un certain nombre de végétaux chez lesquels, à ce mouvement printanier de la sève en succède un autre vers la fin de l'été, et que, pour cette raison, on désigne communément sous le nom de *sève d'août*¹. Quand la végétation printanière a parcouru ses diverses phases, et que les feuilles commencent déjà à prendre cette teinte jaunâtre, présage de leur chute prochaine, les bourgeons qui se sont formés à leurs aisselles, et surtout ceux qui terminent les rameaux, déterminent un nouveau mouvement de la sève, et en se développant forment une nouvelle végétation qui vient en quelque sorte rajeunir l'arbre prêt à se dépouiller. Ce phénomène s'observe principalement dans les arbres dont la végétation commence de très-bonne heure, et dont, par conséquent, les bourgeons peuvent acquérir le plus grand développement avant la chute des feuilles: tels sont surtout le peuplier d'Italie, le tilleul, et quelquefois le marronnier d'Inde et le poirier. Il se manifeste aussi, quand, après un été très-chaud et très-sec qui a dépouillé de bonne heure les arbres de leurs feuilles, surviennent des pluies chaudes et abondantes.

Bien que, comme nous venons de le dire, il n'y ait qu'un assez petit nombre d'arbres où l'apparition d'une seconde sève soit bien manifeste, cependant il se fait, chez presque tous, vers la fin de l'été, un certain renouvellement de la marche ascendante de la sève. Mais les phénomènes en sont beaucoup plus obscurs, et se bornent simplement à faire monter dans les bourgeons les fluides qui doivent achever leur formation, et servir plus tard à leur développement.

Les curieuses et importantes recherches de M. Biot sur les changements chimiques qui s'opèrent dans la nature des fluides végétaux,

¹ Voyez Vaucher, Mém. sur la sève d'août (Mém. soc. phys. de Genève, I, part. II, p. 289).

par suite des phénomènes de la végétation, indépendamment de leur importance pour les progrès de la chimie, tendent à éclairer plusieurs points de la physiologie végétale. Ce savant a suivi la sève dans les diverses parties de la plante, et il l'a analysée pour en connaître la composition. Ainsi, par exemple, la sève du bouleau au premier printemps contient du sucre tournant à gauche; arrivé dans les feuilles, ce sucre disparaît. Il est remplacé par du sucre tournant à droite et interversible par la fermentation. Or, cette seconde espèce de sucre est justement celle qui existe plus tard dans le cambium, que l'on suppose être formé par la sève descendante. Et en effet il semble bien venir des feuilles, car à cette époque (au mois de mai) la sève ascendante ne contient aucun principe sucré.

Nous venons de voir par quelle force et par quels organes la sève s'élève des racines jusque vers l'extrémité de toutes les branches du végétal. Ici s'opèrent de nouveaux phénomènes, ici va commencer une nouvelle circulation.

En effet, lorsque la sève est parvenue vers les extrémités des branches, elle se répand dans leurs feuilles. Là elle perd une partie des principes qu'elle contenait, et en acquiert de nouveaux. Les feuilles et les parties vertes sont le siège de la transpiration, d'une véritable respiration et de l'excrétion végétales. La sève s'y dépouille de sa quantité surabondante de principes aqueux, et des substances qui sont devenues étrangères ou inutiles à sa nutrition. Mais en même temps qu'elle perd ainsi une partie des principes qui la constituaient auparavant, elle éprouve une élaboration particulière; elle acquiert des qualités nouvelles, et, suivant une route inverse de celle qu'elle vient de parcourir, elle redescend des feuilles vers les racines, à travers le liber ou la partie végétante des couches corticales.

II. *Mouvement de giration du fluide nutritif.*

Le mouvement de rotation ou de giration est celui qu'on observe dans le suc nutritif contenu dans les utricules du tissu cellulaire.

C'est à Bonaventura Corti que l'on doit les premières expériences directes sur le mouvement des fluides naturels dans l'intérieur du tissu des végétaux. Ces expériences, faites en 1772, n'ont été publiées qu'en 1775 dans un opuscule intitulé : *Lettera sulla circolazione del fluido, scoperta in varie piante*. Modena, 1775.

Les *chara* et le *caulinia fragilis* furent principalement les plantes sur lesquelles Corti fit ces observations, et d'où il tira les conséquences suivantes : 1° Chaque cellule de la plante offre un mouvement particulier du suc; 2° la circulation dans une cellule est indépendante de celle qui a lieu dans les autres cellules; 3° le courant du fluide tourne sans cesse le long de la face interne des parois cellulaires; 4° la direction de ce courant est invariable; 5° le cours des sucs a lieu dans toutes les cellules suivant le même ordre.

Ces recherches de Corti restèrent d'abord presque inaperçues, ou ignorées des physiologistes. En 1807, M. L. Treviranus, sans connaître les travaux du savant italien, arriva à des résultats tout à fait semblables. Depuis cette époque, MM. Schultz de Berlin, Amici, Dutrochet et Becquerel, Agardh, Meyen, Raspail, Slack, Pouchet, Donné, etc., se livrèrent à de nouvelles recherches sur le même sujet; et aujourd'hui l'on connaît parfaitement toutes les circonstances de ce curieux phénomène. Nous allons les exposer avec quelques détails.

Les *chara* ont leur tige composée de mérithalles articulés les uns au-dessus des autres. Chaque mérithalle présente à son centre une grande utricule allongée ou tube environné extérieurement d'une couche d'utricules beaucoup plus petites, qu'il faut enlever avec soin pour mettre à nu le tube dans lequel se fait la giration du fluide. La face interne du tube est garnie de petites granulations vertes, adhérentes, disposées en séries régulières; et comme assez fréquemment les mérithalles sont légèrement tordus sur eux-mêmes, ces séries de globules verts sont disposés en spirale.

Le fluide se meut dans l'intérieur du tube d'une manière régulière, et ce mouvement devient appréciable à cause des particules qu'il contient. Il suit la direction des rangées de globules adhérents à la face interne de la paroi du tube, c'est-à-dire que comme eux il offre une direction oblique et spirale.

On voit ces particules, qui sont des globules d'une ténuité extrême, remonter le long d'une des parois de la cavité; arrivées vers le diaphragme horizontal qui sépare cette cellule de celle qui lui est superposée, elles changent de direction, suivent un cours horizontal, jusqu'à ce qu'atteignant la paroi opposée, elles descendent, en la suivant, jusqu'à la partie inférieure, où leur cours redevient horizontal, pour recommencer ensuite la même marche. Il résulte de là que dans un même vaisseau il y a constamment quatre courants différents, savoir, un ascendant, un descendant, et deux horizontaux en sens opposés.

Une chose bien remarquable, c'est que la direction du mouvement de chaque utricule ne semble avoir aucun rapport avec celle qui s'exécute dans les utricules circonvoisines. Ainsi, quelquefois deux utricules qui se touchent offriront le même mouvement, tandis qu'à d'autres fois elles auront dans le mouvement de leurs fluides une direction tout à fait opposée. On ne voit aucun globule mobile passer d'une cavité dans une autre.

Ainsi que nous l'avons dit précédemment, dans chaque grande utricule allongée, qui existe au centre de la tige du *chara*, on voit deux courants en sens opposés. Ces deux courants sont séparés par une bande transparente qui semble s'étendre entre eux, et qui avait porté quelques auteurs à admettre l'existence d'une cloison longitu-

dinale séparant les deux courants. Mais cette cloison n'existe pas. En effet, il arrive quelquefois que, par un mouvement brusque imprimé à l'utricule, quelques-uns des granules passent d'un courant dans un autre, ce qui nécessairement ne pourrait pas avoir lieu s'ils étaient séparés par une membrane. Quand on fait une ligature circulaire au tube, et qu'on le partage ainsi en deux parties, la circulation ne tarde pas à se rétablir régulièrement dans chaque partie, de la même manière qu'elle existait primitivement dans l'utricule tout entière. Les expériences variées de MM. Amici, Raspail et Slack ont mis ce fait tout à fait hors de doute.

MM. Dutrochet et Becquerel ont fait conjointement un grand nombre d'expériences pour constater l'influence de la température, des irritants, des sels, des narcotiques et de l'électricité sur la giration des *chara* (*Comptes rendus de l'Institut*, 4 décembre 1837). Il résulte de ce travail : 1° qu'en général l'abaissement de la température diminue la vitesse de la circulation du *chara*, et que son élévation l'augmente; 2° des ligatures, des piqûres ou l'ablation des jeunes rameaux verticillés, suspendent pendant un temps plus ou moins long la circulation dans le tube de la tige. Mais elle reprend en général, après un temps plus ou moins long, selon la gravité des blessures; 3° les acides, les sels étendus d'eau, arrêtent sans retour la circulation, quand ils sont dans une proportion notable. Si la quantité de ces substances est plus faible, la circulation est d'abord troublée ou momentanément suspendue, mais elle reprend son cours au bout de quelque temps. Voilà donc une *réaction vitale* constatée dans les végétaux comme elle existe dans les animaux. M. Dutrochet a obtenu à peu près les mêmes résultats en employant l'alcool ou l'opium étendus d'eau. Enfin, M. Becquerel a conclu, de ses nombreuses expérimentations sur cette plante, que l'électricité n'exerçait presque aucune action sur le mouvement du fluide, et que, par conséquent, elle ne peut être considérée comme la cause de la circulation de la sève.

Ce n'est pas seulement dans les espèces des genres *chara* et *caulinia* qu'on peut observer le mouvement de giration dans les utricules; on le voit aussi dans presque toutes les plantes aquatiques, la *valisneria*, l'*hydrocharis*, la sagittaire, etc., etc., et une foule d'autres végétaux.

Mon ami M. le docteur Pouchet, professeur d'histoire naturelle à Rouen, a fait des observations curieuses sur la circulation des globules dans la *zanicellia palustris* (*Ann. Sc. Nat.*, janvier 1835). Il a reconnu que les globules nageant dans le liquide contenu dans les cellules allongées étaient de deux sortes : les uns à surface lisse et transparents; les autres à surface hérissée et opaques. Les premiers contiennent un fluide dans lequel se trouvent d'autres globules extrêmement petits, tantôt immobiles, tantôt au contraire doués de mou-

vements très-manifestes, et analogues à ceux qu'on observe dans les granules contenus dans les utricules polliniques.

La giration a lieu non-seulement dans les grandes utricules allongées qui, dans certaines plantes aquatiques, semblent tenir lieu des vaisseaux, mais on l'observe encore dans les poils qui naissent sur un grand nombre d'organes dans les plantes phanérogames. C'est même dans ces poils, qui sont comme on sait composés tantôt d'une seule cellule tubuleuse, tantôt de plusieurs utricules placées bout à bout, dans ceux qui existent sur le calice de l'éphémère (*Tradescantia virginiana*) ou sur les filets staminaux de la même plante, sur les poils corollins des lisérés, des campanules, des Labiées, etc., et surtout sur les poils qui se montrent sur les racines flottantes de quelques plantes aquatiques (par exemple de l'*hydrocharis morsus ranae*) ou sur la radicule de plusieurs graines en germination, on peut parfaitement voir et suivre le courant du suc nutritif. Ce courant suit quelquefois la paroi interne de l'utricule; d'autres fois il semble traverser obliquement sa cavité pour se porter d'un côté à l'autre. Assez souvent le courant, simple dans une partie de sa longueur, se bifurque à son sommet et se partage ainsi en deux courants secondaires qui s'écartent et divergent, ou bien même s'épanouit en quelque sorte en une gerbe composée de courants très-nombreux. On a remarqué qu'en général le courant suivait les amas de matière organique qui existent à la paroi interne des utricules, et qui souvent se réunissent sous la forme de lignes ou de traînées, et quelquefois forment des agglomérations qui, après avoir été entraînées par le flot, se fixent contre un point de l'utricule et y formeraient selon quelques auteurs le nucleus.

Plusieurs auteurs, et particulièrement M. Slack, à qui l'on doit d'excellentes observations sur le mouvement giratoire du suc nutritif (*Ann. Sc. nat.*, 2^e série, I, p. 193), ont avancé que les utricules dans lesquelles on a distingué ce mouvement, offraient une organisation spéciale. Elles seraient composées de deux utricules emboîtées l'une dans l'autre, se soudant en certains points, et laissant entre elles un espace rempli par le liquide en mouvement; les points où ce mouvement est imperceptible, correspondraient à ceux où les deux utricules sont soudées. Mais cette opinion n'a point été partagée par les meilleurs observateurs, pas plus que celle qui supposait à la paroi interne de la cellule l'existence de vaisseaux dans lesquels serait contenu le liquide en mouvement. Ni la cellule intérieure ni ces vaisseaux pariétaux n'ont jamais pu être constatés par l'observation.

On a donné bien des explications du phénomène qui nous occupe. L'électricité, le chauffage inégal des parois produisant la dilatation et le mouvement du liquide, etc., etc., ont été admis comme cause de ce mouvement. Mais il est impossible de ne pas admettre