CHAPITRE IX

ÉPINES ET 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* et *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 végétation déformés, avortés et devenus spinescents. Ainsi, ce sont les feuilles dans certaines asperges de l'Afrique (*Asparagus horridus*), 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 ; il en est de même de ceux du *Volkameria aculeata*. Le tronc de quelques arbres est hérissé d'épines qui les rendent inabordables : telles sont diverses espèces de *Gleditschia*.

Suivant leur situation et leur origine, les épines sont *caulinaires*, quand elles naissent sur la tige, comme dans les cierges (*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*.

CHAPITRE X

NUTRITION

La nutrition est la fonction par laquelle les végétaux, après avoir puisé, dans les milieux dans lesquels ils vivent, les gaz ou les liquides indispensables à l'entretien de leur vie, éprouvent les modifications nécessaires au développement des parties qui les constituent, et à la formation des organes nouveaux qu'ils doivent successivement produire. Ainsi que nous l'avons dit déjà, ce sont les racines et les feuilles qui sont les principaux organes de la nutrition.

Cette fonction est très-compliquée ; elle comprend plusieurs actes : 1° l'absorption des matières nutritives (*absorption*) ; 2° le mouvement par lequel ces matières circulent dans la plante (*circulation*) ; 3° l'élaboration du fluide nutritif par son contact avec l'air et l'acide carbonique (*respiration*) ; 4° par une déperdition d'eau (*transpiration*) ; 5° par l'élimination des matières formées par la nutrition, mais qui ne lui sont pas nécessaires (*excrétion*) ; 6° l'*assimilation* des principes nutritifs ; et enfin 7° l'*accroissement* des organes, résultat final de la nutrition.

De l'absorption du fluide nutritif. — La plante se nourrit de substances inorganiques, d'oxygène, d'hydrogène, de carbone, d'azote et de quelques sels minéraux. Ces substances en effet sont celles dont l'analyse nous montre l'existence dans les végétaux, celles qui, en se combinant entre elles, donnent naissance aux principes immédiats si variés qui les constituent. Ces substances sont les seuls aliments des végétaux : ils doivent les trouver et les puiser dans les milieux dans lesquels ils vivent, c'est-à-dire principalement dans l'atmosphère et dans le sol, où elles existent en effet. Tantôt elles y sont isolées ; tantôt elles font partie de combinaisons que la plante a la puissance de détruire pour se les approprier. Examinons comment se fait l'absorption de ces principes nutritifs et leur introduction dans le végétal.

L'eau est le véhicule nécessaire des substances alimentaires de la plante ; c'est elle qui plus tard constituera la *séve*. Par elle-même elle ne concourt pas à l'alimentation, elle est seulement le véhicule des corps que les végétaux doivent s'assimiler. Mais cependant une partie de l'eau que contient la plante, en se décomposant sous certaines influences que nous ferons connaître, devient un des agents de la nutrition. Pour le moment, étudions seulement l'eau comme le véhicule des principes nutritifs.

Ce sont spécialement les racines qui, par leurs fibres les plus déliées, puisent l'eau dans le sein de la terre pour l'introduire dans le végétal. Les racines, en effet, possèdent une force de succion très-considérable.

Plongées dans l'eau ou dans un milieu humide, on voit celle-ci pénétrer dans les racines avec une force et une rapidité souvent très-grandes. Hales, célèbre physicien anglais, met à nu une des racines d'un poirier en végétation, en coupe l'extrémité, et y adapte un tube rempli d'eau dont l'autre extrémité plonge dans une cuve à mercure. Au bout de six minutes le mercure s'était élevé de 27 millimètres dans le tube. Le même physicien fit une autre expérience qui prouve avec quelle force l'eau absorbée par les racines s'élève dans la tige. Le 6 avril, il coupa en travers, à une hauteur de 90 centimètres au-dessus de la terre, un cep de vigne, sans rameaux, d'environ 16 millimètres de diamètre. Il y adapta un tube à double courbure, qu'il remplit de mercure jusqu'auprès de la courbure, qui surmontait la section transversale de la tige. La séve qui en sortit eut assez de force pour élever en quelques jours la colonne de mercure à 879 millimètres au-dessus de son niveau primitif. Or, la pression d'une colonne d'air, de la hauteur de l'atmosphère, fait équilibre à une colonne de mercure de 760 millimètres. Dans ce cas, la force avec laquelle la séve s'élevait des racines dans la tige était donc plus considérable que la pression de l'atmosphère.

[M. Brücke a repris, en 1844, les expériences de Hales, relatives à la force ascensionnelle de la séve, sur les sarments d'un cep de vigne encore en bourgeons. Il a vu que cette force augmente chaque jour sous l'influence de la transpiration toujours croissante des pousses fraîchement feuillées jusqu'à ce que la végétation exige assez de suc et que l'évaporation pendant le jour en enlève une assez grande quantité pour que la perte de liquide subie par le corps ligneux surpasse notablement l'absorption qui est faite dans le sol ; il arrive alors qu'il ne se fait plus d'écoulement à aucune heure de la journée par les branches qu'on a coupées. Il a reconnu également que des tubes manométriques adaptés, à des hauteurs diverses, aux branches de la même vigne, indiquent dans la pression de la séve une différence généralement équivalente au poids d'une colonne liquide égale à la distance verticale entre les niveaux des deux sections. Il conclut de ces observations : 1° que les branches d'un même pied de vigne se comportent relativement à la tension de la séve qu'elles renferment de la même manière que les tubes communiquant entre eux ; 2° qu'une portion considérable de la longue colonne observée dans les tubes qu'on adopte à une faible hauteur au-dessus du sol doit être mise sur le compte de la pression hydrostatique de la masse de liquide contenue dans les branches de la vigne au-dessus du niveau auquel les tubes manométriques sont fixés. M. Hofmeister ne partage pas cette opinion ; il constate que la variation diurne de la hauteur de la colonne liquide est beaucoup plus forte dans les manomètres placés à la partie inférieure du cep. Si l'on redresse une branche de vigne horizontale, la colonne devient plus courte, mais se rallonge de nouveau si l'on remet le sarment dans la position horizontale, pas autant toutefois que M. Brücke l'avait annoncé. M. Hofmeister s'est, en outre, assuré par l'expérience, que la force d'impulsion gît dans les racines. En effet, il a coupé une racine de vigne entre deux terres ; puis adapté un manomètre à cette racine séparée de la tige et un autre au tronçon encore adhérent à la tige. Constamment le mercure s'est tenu plus haut dans le manomètre adapté à la racine séparée du tronc. Cette expérience infirme l'opinion de Brücke sur l'influence de la pression hydrostatique des parties supérieures. La température de l'air, la sécheresse et l'humidité du sol ont une grande influence sur la force ascensionnelle de la séve. Après une sécheresse il suffit d'arroser le pied de vigne pour que le mercure s'élève dans le tube. Si l'air devient humide après avoir été sec, le mercure baisse. M. Hofmeister a vérifié ces faits sur des plantes herbacées, *Digitalis media*, *Sonchus oleraceus*, *Chenopodium album*, *Papaver somniferum*, qui ont élevé la colonne mercurielle de 11 à 30 millimètres. L'auteur conclut à l'influence prédominante de l'action endosmotique de la radicule contenant de la gomme, du sucre, de la dextrine, des sels solubles, sur l'eau relativement pure contenue dans le sol.]

La rapidité avec laquelle l'eau s'élève dans la plante n'est pas moins grande que la force de succion qui l'introduit sans cesse dans les racines. Si l'on arrose une plante qui commence à se flétrir par le 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 séve que la terre humectée leur a fournie, et qui a pénétré ses organes. 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 [1].

Les feuilles concourent également à l'absorption des sucs nutritifs. L'action qu'elles exercent est double : 1° elles favorisent la succion des racines par l'évaporation qui se fait presque constamment à leur surface, et y déterminent un vide que l'eau tend sans cesse à remplir ; 2° les feuilles ne sont pas par elles-mêmes des organes d'absorption. Elles n'absorbent ni de l'eau liquide, quand elles sont plongées naturellement ou accidentellement dans le liquide, ni l'eau en vapeur existant à peu près constamment dans l'atmosphère. Unger et Duchartre s'en sont assurés par des expériences directes ; l'humidité de l'air et l'arrosement des feuilles favorisent la végétation en diminuant l'évaporation des feuilles et non pas en absorbant directement l'eau liquide ou à l'état de vapeur. Les plantes des lieux secs sont celles dont la constitution est telle qu'elles peuvent subsister sans absorber constamment de l'eau, mais seulement à de longs intervalles.

[1] [Sur tous ces points nous ne pouvons, sans dépasser les limites imposées à un Traité élémentaire, indiquer les détails des observations et des expériences ; on les trouvera assez longuement développés dans Hofmeister : *Ueber Spannung, Ausflussmenge und Ausflussgeschwindigkeit von Sæften lebender Pflanzen*, in *Flora*, 1862, p. 97 et suiv. ; et aussi dans J. Sachs, *Traité de bot.*, trad., liv. III, chap. I.]

L'eau pénètre dans le tissu des racines et des feuilles par une force physico-organique, dont Dutrochet a la premier constaté l'existence, et qu'il a désignée sous le nom d'*endosmose*. C'est cette force qui non-seulement détermine l'introduction de l'eau, mais qui concourt aussi puissamment à l'ascension de la séve. Voici en quoi elle consiste. Quand deux liquides de densité différente sont séparés par une membrane poreuse, de nature animale ou végétale, il s'établit entre eux un courant par lequel le liquide moins dense tend à se porter vers le plus dense pour se mêler à lui. Ainsi, quand on prend une petite vessie de nature organique remplie d'une solution aqueuse de gomme, de sucre ou de lait, si on la plonge dans l'eau pure, on voit celle-ci traverser les parois de la vessie, et venir graduellement s'ajouter à l'eau plus dense que celle-ci contenait. Si à cette petite vessie, ainsi disposée, on ajoute un tube gradué communiquant avec elle, le liquide qui y pénètre par suite de l'endosmose, en augmentant la masse du premier, en élève successivement le niveau et remplit le tube à des hauteurs variées. C'est cet instrument que Dutrochet appelait un *endosmomètre*, et à l'aide duquel il mesurait la force d'endosmose. Si, au contraire, la vessie était remplie d'eau pure et qu'on la plongeât dans un liquide plus dense, un mouvement semblable, mais en sens inverse, s'y manifesterait ; l'eau pure de la vessie en sortirait pour venir se mêler à celle dans laquelle la vessie était plongée.

C'est à l'aide de la force endosmotique que l'on explique aujourd'hui l'introduction de la séve dans le tissu des racines et son ascension dans toutes les parties du végétal. Tous les organes qui composent la plante forment un tout continu. Les utricules qui constituent les fibres radicales sont remplies de liquides d'une densité plus grande, car elles contiennent de la gomme, du sucre, de l'albumine, etc. Par suite du phénomène de l'endosmose, ces liquides attirent l'eau du sol et la font passer dans les utricules les plus superficielles, et ensuite de là, par des causes que nous développerons davantage en parlant de la circulation de la séve, dans les autres parties du tissu végétal.

[Quelque importantes que soient les expériences de Dutrochet, elles ne suffisent pas à rendre complétement compte des mouvements moléculaires dans l'absorption. Par cela seul que les phénomènes changent subitement dans une cellule morte, il est démontré que ce qui, dans l'absorption, est dû à la fonction physiologique, c'est-à-dire à l'état particulier et inconnu du protoplasma vivant, et à la structure moléculaire de chaque cellule végétale, ne peut être exactement reproduit par des expériences faites avec des membranes animales mortes et d'une structure moléculaire non identique.]

De Saussure, dans ses *Recherches chimiques sur la végétation*, page 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 ténue 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 silice. 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.

Plus récemment, M. le professeur Bouchardat (*Comptes rendus*, 8 juin 1846), par des expériences très-précises, a infirmé quelques-uns des résultats du célèbre physicien de Genève. Selon lui, les racines qui plongent dans l'eau absorbent indifféremment toutes les substances dissoutes dans ce liquide. Mais les excrétions qu'elles rejettent par leurs racines peuvent présenter de très-grandes différences ; ce sont ces excrétions qui, en s'ajoutant aux sels restant dans le liquide, ont donné à de Saussure des résultats quelquefois erronés.

[Dans une thèse présentée à la Faculté des sciences de Strasbourg en 1861, M. Cauvet, pharmacien militaire, a repris la question de l'absorption par les racines. Il conclut de ses expériences que les racines physiologiquement saines n'absorbent pas indifféremment toutes les substances dissoutes dans l'eau : elles n'absorbent les substances colorées, soit vénéneuses, soit inertes, qu'après une destruction plus ou moins complète de leur extrémité ; elles meurent alors et entraînent la mort de la plante, si celle-ci ne peut développer de nouvelles racines. Quand une plante survit à l'action du poison, celui-ci se localise dans les feuilles, qui meurent successivement. M. Cauvet a été amené par ses expériences à rejeter également les excrétions des racines indiquées par Macaire, soutenues par de Candolle, Chatin et Bouchardat.

D'après les dernières recherches de Way, *On the Power of soils to absorb manure* (*Journal of the Royal Agricultural Society of England*, 1850), étendues par Liebig, la racine ne trouve pas dans le sol des matières dissoutes dans l'eau. Mais elle sécrète, selon Liebig, de

l'acide carbonique qui rend les substances solubles. Une plante végétant dans la solution de tournesol ne tarda pas à la colorer en rouge; on fit ensuite bouillir la solution, et la couleur bleue reparut. Becquerel avait déjà signalé la sécrétion d'un acide par les racines, et les jardiniers savent que des débris de corne se consomment très-lentement dans la terre qui n'est pas couverte de plantes ; très-rapidement, au contraire, si elle porte des végétaux dont les racines la pénètrent de tous côtés. Les racines du *Colocasia antiquorum* ont la propriété d'empêcher l'eau de croupir. Schacht s'est assuré, à Madère, qu'un *pétiole* de feuille de la même plante placé dans l'eau ne l'empêcha pas de pourrir au bout de peu de jours.]

De la circulation de la séve. — Les liquides que les racines ont absorbés par suite du phénomène de l'endosmose, et qui ont pénétré dans le végétal par le tronc et les branches, constituent la *séve* 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. Dans les végétaux, en effet, la circulation est beaucoup plus compliquée que chez les animaux. La séve se meut, non pas seulement comme le sang dans un système unique de vaisseaux ; mais, par suite de la forme utriculaire ou vasculaire de tous les éléments anatomiques de la plante, par suite de la perméabilité de tous ses organes, il existe dans les végétaux, indépendamment d'une circulation générale qui porte la séve des parties inférieures de la plante vers les feuilles et la ramène ensuite des feuilles vers la racine, deux autres mouvements tout à fait indépendants de celui-ci. L'un s'exécute dans chaque utricule en particulier, on lui donne le nom de *giration*. L'autre a lieu dans les vaisseaux, laticifères et constitue la *cyclose*. Étudions d'abord ces deux derniers mouvements partiels avant de parler de la circulation générale.

I. Giration. — C'est le mouvement giratoire qu'on observe dans le liquide contenu dans chaque utricule en particulier : on l'appelle aussi *rotation*. Quand on examine les poils transparents de quelques végétaux, poils formés uniquement d'utricules placées les unes à la suite des autres, ou l'utricule centrale occupant la tige des *Chara*, ou le tissu utriculaire dans une foule d'autres végétaux qui croissent dans l'eau, on voit, à travers leurs parois transparentes, le suc nutritif se mouvoir. Or ce mouvement devient visible, parce que le suc nutritif contient une grande quantité de corpuscules excessivement fins dont on peut suivre les déplacements successifs. On reconnaît alors que, dans chaque utricule, le courant giratoire a lieu en suivant successivement chacune de ses parois, c'est-à-dire qu'il existe à la fois quatre courants qui se suivent : l'un ascendant, l'autre descendant sur la paroi opposée, et deux horizontaux, l'un marchant de gauche à droite, l'autre de droite à gauche. La première découverte de ce mouvement est due à Bonaventura Corti, de Modène, qui l'a publiée en 1775. Depuis cette époque, un grand nombre de physiologistes : Treviranus, Schultz, Amici, Poiseuille, Donné, Dutrochet et Slack, etc., s'en sont successivement occupés.

En général, le mouvement giratoire est parfaitement indépendant dans chaque utricule, c'est-à-dire que les courants marchent en sens inverse dans deux utricules juxtaposées. Quelquefois ce mouvement ne se fait pas d'une manière aussi simple. Il se compose de plusieurs courants qui semblent partir d'un point commun, comme un ruisseau qui se partagerait en plusieurs branches.

Jusqu'à présent on n'a pu reconnaître positivement la véritable cause de ce mouvement, sur lequel la chaleur, l'électricité, les irritants, exercent une influence marquée sans qu'on puisse les regarder comme en étant la cause déterminante.

Quoique la rotation n'ait pu être observée dans tous les végétaux, dont le suc et les tissus ne se prêtent pas toujours à cette observation délicate, cependant elle a été constatée dans un trop grand nombre de végétaux différents les uns des autres, pour qu'il ne soit pas permis de la considérer comme un phénomène général. Aussi peut-on admettre que le suc contenu dans chaque utricule du tissu des végétaux est soumis à un mouvement qui le promène successivement contre tous les points de la surface de l'utricule.

[Si l'on chauffe l'eau dans laquelle la plante végète, la circulation devient plus rapide ; toutefois il ne faut pas que cette température dépasse 27°. Si l'eau est à 45°, la plante meurt immédiatement, ainsi qu'avec un froid de — 2° à — 5°. L'absence de lumière n'a d'autre influence que celle qui résulte d'une végétation moins active. De l'eau de chaux suspend le mouvement ; le lait, une solution de gomme ou de sucre l'accélèrent dans le *Vallisneria spiralis*. Un courant électrique suspend la giration, qui recommence quoique le courant ne soit pas interrompu. Toute action mécanique, des secousses, une piqûre, produisent le même effet. H. Mohl estime la rapidité du mouvement giratoire à $0^{mm},05$ dans les poils de *Tradescantia* et $0^{mm},31$ par seconde dans le *Chara*. La cause de ce mouvement est, suivant Unger, une conséquence de la constitution du protoplasma, corps éminemment azoté qui se contracte d'une manière rhythmique comme la substance animale à laquelle on a donné le nom de sarcode. K. H. Schultz a observé dans la Méditerranée un animal de la classe des Rhizopodes et de l'ordre des Polythalames confondus autrefois avec les Polypes : c'est l'*Amœba porrecta*. Elle projette dans tous les sens des portions de son corps qui se ramifient et acquièrent une longueur dix fois supérieure à celle du corps, et sont si fines, qu'on ne les aperçoit qu'avec un grossissement de 400 fois. La forme du corps varie à chaque instant, suivant que cette substance liquide forme des prolongements d'un côté ou de l'autre ou les ramène vers le centre. Un double courant entraînant

des granules se meut dans chacun de ces prolongements, exactement comme le protoplasma des cellules dans les cotylédons de la graine du noyer commun.]

II. Cyclose. — Nous connaissons les vaisseaux laticifères, leur arrangement et la place qu'ils occupent dans les divers organes de la plante. C'est en eux que s'accomplit le mouvement circulatoire observé pour la première fois en 1820 par K. H. Schultz (de Berlin), et que ce savant a désigné sous le nom de *cyclose*. Disons d'abord quelques mots du latex ou du fluide contenu dans les vaisseaux laticifères.

C'est un fluide ordinairement coloré, tantôt blanc, tantôt jaune ou rougeâtre. Cette coloration est due à la présence de corpuscules opaques de couleur variée, qui, réunis en abondance dans un liquide aqueux et transparent, lui communiquent leur coloration, comme les globules du sang et ceux du lait donnent à ces liquides, incolores par eux-mêmes, la couleur rouge ou blanche qui leur est propre. Quelquefois, au contraire, le latex est incolore ou à peu près incolore. Dans ce cas, les globules y existent encore, mais ils sont ou beaucoup moins nombreux ou même incolores. Lorsqu'on abandonne à lui-même le latex, recueilli dans un vase plat, il se comporte comme le sang et se partage en deux parties : un liquide incolore ou légèrement coloré en brun, et une matière solide formant une sorte de caillot, composé surtout des globules colorés. Or ces globules eux-mêmes contiennent des matières variées toutes insolubles dans l'eau : matière grasse, caoutchouc, etc. Dans l'opinion de Schultz, les gouttelettes de ces matières formant les granulations du latex seraient enveloppées chacune d'une membrane formant vésicule, dont H. Mohl a contesté l'existence.

C'est le suc que nous venons de décrire qui circule dans les vaisseaux laticifères. On peut en observer et en suivre les mouvements, soit sur une feuille jeune très-mince, soit dans un sépale ou un pétale adhérents encore à la plante, surtout quand celle-ci contient une quantité notable de suc propre et coloré, par exemple dans la chélidoine, le pavot, le salsifis. Mais quand les organes qui contiennent les vaisseaux laticifères sont trop épais pour laisser apercevoir ces derniers, on peut les mettre à nu par des coupes minces qui permettent de les bien distinguer. L'un des organes qui se prêtent le mieux à ce genre de recherches, c'est la grande stipule qui recouvre le bourgeon terminal dans le *Ficus elastica*. En enlevant soigneusement l'épiderme sur une de ses faces, les laticifères sont mis à nu et le mouvement du suc qu'ils contiennent devient manifeste. Or voici en quoi il consiste. Les vaisseaux laticifères, par leurs fréquentes anastomoses, forment un réseau à mailles irrégulières. Si l'on soumet ces vaisseaux à l'observation microscopique, on voit le liquide qu'ils contiennent obéir à un mouvement qui, entraînant les globules avec lui, établit un courant qui embrasse les diverses anses formées par les anastomoses, en parcourant une sorte de cercle. Très-souvent, en observant attentivement ce mouvement, on voit le courant passer d'une anse dans une autre, ces différents points du réseau vasculaire communiquant librement entre eux.

Le latex est un produit de la nutrition. Il se forme surtout dans les feuilles, par suite des phénomènes respiratoires dont ces derniers organes sont le siége. De là il se rend en abondance dans la partie intérieure de l'écorce des végétaux dicotylédonés, ou dans les faisceaux ligneux, épars dans la tige des Monocotylédones. Selon Schultz, il représente dans les plantes le sang des animaux, et est l'agent principal de la nutrition et du développement des organes. Nous n'adoptons pas entièrement cette opinion, et lorsque nous traiterons de la séve descendante, nous montrerons les rapports et les différences qui existent entre elle et le fluide des vaisseaux laticifères.

[Unger partage complétement l'opinion de Richard ; il rejette le nom de *latex*, qui signifie liquide vital, et regarde les sucs laiteux comme sécrétés dans les vaisseaux où ils circulent. Ces sucs manquent dans la plupart des végétaux et ne sauraient donc être considérés comme appartenant à la circulation générale qui existe chez tous. Ils contiennent des substances qui supposent déjà une assimilation préliminaire, celle de la séve élaborée. On y trouve des huiles essentielles, des résines, de la cire, des baumes, des sucs extractifs, des alcaloïdes, des sels, du caoutchouc, de l'albumine, de la gomme, du sucre et de la fécule, qui, réunis ou séparés, communiquent aux sucs lactescents les propriétés les plus diverses. Ainsi, dans le même genre, on trouve des espèces à sucs lactescents doux, ou à sucs lactescents âcres. Exemple : *Euphorbia canariensis* et *E. balsamifera*, *Lactuca virosa* et *L. sativa*, *Antiaris toxicaria* et *A. innocua*. De tels sucs ne peuvent être considérés comme servant à la nutrition générale, quoique la science ne puisse pas dire comment ils se produisent. On n'a pas démontré que ces sucs fussent toujours en mouvement, mais H. Mohl et Amici ont fait voir qu'on pouvait les mettre en mouvement par un choc, une blessure des vaisseaux, des changements de température, etc.]

III. Circulation de la séve proprement dite. — La séve, pour circuler dans les différentes parties de la plante, obéit à deux mouvements en sens inverse : l'un qui l'élève des racines vers la feuille ; l'autre qui la ramène des feuilles à la racine. Le premier forme la *séve ascendante*; le second, *la séve descendante*.

A. Séve ascendante. — Au retour du printemps, quand le soleil vient réchauffer l'atmosphère, il se manifeste dans les végétaux une excitation générale qui, éveillant l'action absorbante des racines, détermine la séve à s'élever vers les parties supérieures : c'est la *séve ascendante*. Dans la première période de la végétation, la séve est un liquide essentiellement aqueux, provenant de l'humidité du sol et de l'atmosphère, contenant des traces de principes immédiats, gomme, sucre, albumine, glutine et quelques sels en dissolution. Mais par les progrès de la végétation la proportion de ces matières y augmente, et

la séve parvenue aux sommités de la plante contient beaucoup plus de principes organiques que celle que l'on recueillerait dans le voisinage de la racine.

C'est la séve ascendante qui, en affluant dans les rameaux chargés de bourgeons, gonfle ceux-ci et leur fournit une partie des fluides nécessaires pour leur développement, car l'ascension de la séve au printemps précède toujours l'évolution des bourgeons. Tout le monde sait qu'on taille la vigne vers les mois de mars et d'avril, à une époque où les bourgeons sont encore à l'état de repos. Chacun a pu voir sortir des rameaux que l'on retranche un liquide aqueux et abondant constituant ce que l'on nomme vulgairement les *pleurs de la vigne*. Ce liquide, qui monte avec une force si grande, comme le montre l'expérience de Hales (voy. p. 140), n'est rien autre chose que la séve ascendante puisée par les racines dans le sein de la terre. Dans cette première période de la végétation, l'ascension de la séve est uniquement occasionnée par la force de succion des racines ; mais plus tard, quand les bourgeons se sont développés, quand la jeune branche qu'ils renferment s'est élancée du sein des écailles qui la protégent, quand enfin les feuilles se sont développées dans l'atmosphère, ces derniers organes aident puissamment à l'ascension de la séve, par l'évaporation qui se fait à leur surface.

La séve monte dans les arbres dicotylédonés par les couches ligneuses de la tige. Dans les arbres jeunes et vigoureux, c'est par toute l'épaisseur des couches ligneuses, mais plus particulièrement par celles qui occupent la partie intérieure. Une expérience bien simple peut le démontrer. Si, au printemps, on perce la tige d'un orme ou d'un peuplier, par exemple, au moyen d'une tarière, on voit que les fragments qui proviennent des couches ligneuses extérieures sont presque secs. Mais à mesure que la tarière entame des couches plus rapprochées du centre, on reconnaît qu'elles sont de plus en plus imprégnées d'humidité, et bientôt on voit s'écouler au dehors la séve qui s'échappe des tissus de la tige coupés par l'instrument, en faisant entendre un bruissement occasionné par des bulles de gaz qui s'échappent en même temps. C'est à travers tous les tissus qui constituent les couches ligneuses que se fait le transport de la séve ascendante, c'est-à-dire à la fois par les tubes fibreux et les fausses trachées disposées au milieu de ces derniers. Il est certain qu'au printemps, quand l'afflux de la séve est très-considérable, les vaisseaux en contiennent toujours. Mais ce qui n'est pas moins réel, c'est qu'au bout d'un certain temps les vaisseaux se vident, deviennent des canaux aériens, et concourent spécialement à la respiration.

Les différents tissus qui forment les couches ligneuses constituent un tout continu. En s'élevant des racines vers les feuilles, non-seulement la séve monte directement, mais elle se répand aussi latéralement dans toutes les parties constituantes de la tige ; c'est ce que montre l'expérience curieuse de Duhamel. Ce célèbre expérimentateur a fait à différentes hauteurs, sur un jeune arbre, des entailles superposées pénétrant jusqu'au canal médullaire, assez multipliées pour que, dans leur ensemble, elles entamassent toute l'épaisseur de la masse ligneuse. Par ce moyen il n'existait plus de communication directe entre la racine par laquelle la séve s'introduisait et les feuilles vers lesquelles elle monte dans les cas ordinaires. Néanmoins le suc nutritif continua à y arriver jusqu'aux feuilles, et les phénomènes de la végétation, à peine ralentis un instant, reprirent leur cours ordinaire. La séve, arrêtée dans son ascension verticale par les entailles faites à l'épaisseur de la tige, s'était déjetée latéralement vers les parties non entamées, et, par cette voie rompue et en zigzag, était arrivée jusqu'aux feuilles.

Le mouvement ascensionnel de la séve se manifeste au printemps et se continue jusqu'au moment où les bourgeons se sont développés en rameaux et en feuilles. Mais petit à petit il s'arrête ou du moins se ralentit. C'est alors que les tissus nouveaux qui se sont formés se perfectionnent et prennent toutes les qualités qui leur sont propres. 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 se fait aisément au printemps, quand la séve est dans sa force d'ascension.

Cependant, il est un certain nombre de végétaux chez lesquels à ce mouvement printanier de la séve en succède un autre vers la fin de l'été, et que, pour cette raison, on désigne communément sous le nom de *séve d'août*. 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 formés à leurs aisselles, et surtout ceux qui occupent le sommet des rameaux, déterminent un nouveau mouvement de la séve, 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.

En s'élevant des racines jusqu'aux feuilles à travers les différents tissus qui constituent les couches ligneuses, la séve ascendante se modifie graduellement dans sa composition. Elle trouve, en effet, amassées dans les tissus qu'elle traverse, des matières qu'elle dissout et qu'elle entraîne avec elle, matières produites par les végétations précédentes, comme de la gomme, du sucre, de l'albumine, de la caséine, des sels, etc. : c'est ainsi que la séve qui circule dans les parties supé-

rieures de la plante offre une composition plus riche en principes organiques. Nous reviendrons sur ce point en traitant prochainement des phénomènes de l'assimilation.

Maintenant, quelle est la cause qui détermine l'ascension de la séve? Cette cause est nécessairement complexe. Nous avons vu tout à l'heure comment l'*endosmose* faisait pénétrer l'eau dans les racines. En continuant à agir, cette force concourt également à l'ascension de la séve et à sa diffusion dans toutes les parties du végétal. Pour bien comprendre cette action, rappelons-nous ce que nous avons dit de l'*endosmomètre*, c'est-à-dire de l'instrument à l'aide duquel Dutrochet mesurait la force de l'endosmose. L'eau absorbée par la vésicule placée au bas du tube s'élevait graduellement dans celui-ci, bien que par lui-même il ne concourût pas à cette action. Il en est de même dans le végétal. Dès que la force endosmotique a fait pénétrer l'eau dans les racines, cette eau tend à s'élever non-seulement parce que l'action incessante des racines, en introduisant sans cesse du liquide, soulève celui qui y avait déjà pénétré, mais parce qu'en même temps une force nouvelle, agissant à l'autre extrémité du végétal, vient s'ajouter à celle des racines. Cette force, c'est la transpiration continue qui se fait par la surface des feuilles, c'est le vide qu'elle occasionne : ce sont là évidemment les deux causes principales de l'ascension de la séve. Plusieurs autres viennent encore s'y ajouter. Ainsi, par exemple, la *capillarité* des tubes constituant les tissus ligneux, la température plus ou moins élevée, l'influence de la lumière, du fluide électrique, etc., doivent nécessairement favoriser le mouvement ascensionnel du fluide nutritif.

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 séve 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 sucs 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 pourrons facilement nous rendre compte de l'ascension de la séve 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 séve 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.

[M. Jamin, professeur de physique à l'École polytechnique, a construit un appareil qui reproduit tous les phénomènes de l'ascension de la séve dans un arbre garni de ses feuilles. Voici en quoi il consiste. Les racines des plantes se ramifient de plus en plus à partir du tronc et se terminent par des radicules entourées d'une membrane continue et poreuse ; cette division, n'ayant d'autre effet que d'augmenter la surface absorbante, on peut remplacer le chevelu des racines par la paroi poreuse et lisse d'un alcarazas qu'on plonge dans un milieu humecté. Le corps ligneux de l'arbre avec ses cellules, ses fibres, ses vaisseaux séparés par des méats et des interstices capillaires, sera remplacé par du plâtre ou un corps poreux quelconque, qui, remplissant l'alcarazas, s'élèvera en une colonne unique représentant le tronc du végétal. Un autre alcarazas rempli de la même poudre tassée remplacera la surface évaporante des feuilles. L'appareil étant placé dans du sable humide fonctionne comme un végétal. L'eau puisée dans le sable s'élève à une hauteur équivalente à plusieurs atmosphères ; arrivée à la surface supérieure, elle s'évapore constamment, et, à mesure qu'elle disparaît, elle est remplacée par celle que le sol lui cède continuellement. Aussi voit-on le sable se dessécher peu à peu et presque complétement, le mouvement d'absorption et d'évaporation se ralentir et même s'annuler, mais se reproduire et s'activer aussitôt qu'on arrose l'appareil. M. Jamin démontre que la force ascensionnelle ne varie pas avec l'étendue de la surface absorbante et évaporante, mais seulement la quantité d'eau absorbée. C'est ce qu'on vérifie dans la nature. La séve continue à monter dans un peuplier auquel on a retranché la plupart de ses branches, seulement il en monte moins. La force ascensionnelle dans l'appareil est d'autant plus grande que le sable sera plus humide et l'évaporation plus forte, c'est-à-dire l'atmosphère plus sèche. Ces faits sont connus depuis longtemps de tous les arboriculteurs. Si l'air est saturé d'eau, l'évaporation cessera et la séve ne montera plus.]

Nous venons de suivre la séve dans un mouvement ascensionnel des racines vers les feuilles. Parvenue dans ces derniers organes, elle y éprouve des modifications qui changent sa nature : ainsi, par la *transpiration* elle perd une partie de l'eau qui la constituait ; par des *excrétions* variées elle rejette certains produits devenus inutiles ou étrangers à sa nutrition. Mais, par son contact avec l'air atmosphérique et avec l'acide carbonique qu'il contient, la séve acquiert des qualités nouvelles, et, par suite de cette véritable *respiration*, elle se convertit en un fluide qui, suivant une route inverse, redescend des feuilles vers les racines, en constituant la *séve descendante*. Nous allons donc étudier successivement la transpiration, la respiration et les excrétions, avant de parler du mouvement rétrograde de la séve.

Transpiration végétale. — Les végétaux *transpirent*, c'est-à-dire