

voyons qu'avec un seul radical, le *carbone* et de l'eau, les plantes peuvent produire toutes ces matières si répandues dans leurs organes.

Les phénomènes sensibles de la nutrition sont l'accroissement des diverses parties de la plante, et le développement successif de ses organes, tant de la végétation que de la reproduction. Il nous reste maintenant à étudier ces phénomènes de l'accroissement dans les organes que nous connaissons déjà; c'est-à-dire dans l'axophyte ou organe axile du végétal, et dans les organes latéraux ou appendiculaires qui en naissent.

CHAPITRE XVII.

DE L'ACCROISSEMENT DES ORGANES DANS LES VÉGÉTAUX.

§ I. *Accroissement des axes.*

Tous les organes des végétaux s'accroissent; or, ces organes sont composés de tissus, les tissus des végétaux doivent donc aussi éprouver de l'accroissement. Nous savons qu'il existe deux grandes formes du tissu végétal, les utricules et les vaisseaux.

Nous avons déjà vu comment chacune de ces deux formes se développe et se multiplie. Le tissu utriculaire se multiplie par la formation d'utricules nouvelles, qui tantôt se montrent dans l'intérieur même des utricules anciennes, tantôt dans leurs interstices. Quant aux vaisseaux, on sait qu'ils ont toujours commencé par être à l'état d'utricules. Ainsi donc, quand les vaisseaux se multiplient pour augmenter la masse d'un organe quelconque, c'est toujours aux dépens du tissu utriculaire, qui jouit de la propriété de se reproduire presque incessamment, pendant tout le temps du moins que dure l'activité de la vie végétale. Ainsi les organes des plantes s'accroissent par la multiplication du tissu cellulaire et des vaisseaux qui entrent dans leur composition. N'oublions pas non plus que l'augmentation de volume des organes reconnaît encore une autre cause, c'est la dilatation en tous sens des utricules et des vaisseaux déjà existants.

Parmi les organes des végétaux, les tiges sont, sans contredit, ceux dans lesquels les phénomènes de l'accroissement sont les plus remarquables et les plus évidents. Chaque année en effet, on voit les tiges s'accroître en hauteur et en épaisseur. C'est un fait incontestable. Mais les phytotomistes sont loin d'être d'accord sur les causes et sur le mécanisme de ce phénomène. Les opinions les plus divergentes ont été émises sur ce point important de la science. Les uns en effet ont attribué la formation des nouvelles couches de bois qui s'ajoutent chaque année à celles qui constituent la tige des arbres dicotylédons,

à la transformation du liber en aubier; les autres considèrent les fibres ligneuses comme produites par le développement des bourgeons qui émettraient ces fibres de leur base entre le bois déjà formé et l'écorce. Quelques-uns enfin croient voir l'origine des fibres nouvelles dans un liquide organique, nommé *cambium*, qui, s'accumulant entre le bois et l'écorce, s'organiserait chaque année en une nouvelle couche de chacun de ces deux organes.

Sans nous préoccuper d'abord ici des explications qu'on en a données, examinons les phénomènes de l'accroissement des tiges, en suivant pas à pas l'ordre des développements que l'on peut apprécier par l'observation directe des faits.

Nous examinerons successivement l'accroissement dans les végétaux dicotylédons et les végétaux monocotylédons. Les différences que nous avons signalées dans la forme et dans la structure de la tige, dans ces deux grandes divisions du règne végétal, nous indiquent que leur accroissement ne doit pas se faire de la même manière. Nous étudierons d'abord l'accroissement en diamètre, avant de nous occuper de l'accroissement en hauteur.

1. *Accroissement en diamètre dans le tronc des dicotylédons.*

Le tronc des arbres dicotylédons s'accroît en diamètre en deux sens: 1° *en épaisseur*, par la formation chaque année d'une nouvelle couche de bois et d'une nouvelle couche d'écorce; 2° *en largeur*, par le développement latéral qu'éprouvent les tissus ligneux et cellulaires déjà formés. Nous étudierons successivement ces deux modes d'accroissement.

1° *Accroissement en épaisseur de la tige des dicotylédons.*

Si nous prenons une jeune tige ou une branche d'une année, et que nous l'examinions au printemps, au moment où les phénomènes de la végétation vont se mettre en mouvement, nous y trouverons l'organisation suivante:

1° Le bois forme une couche continue, dont les rayons médullaires sont étroits et s'étendent de la moelle jusqu'à l'écorce. Celle-ci se compose: 1° sous l'épiderme, de deux ou trois rangées de cellules de couleur brune, ne contenant pas de grains de chlorophylle, c'est la *couche subéreuse*; 2° d'une couche de tissu formée d'utricules à parois très-épaisses, souvent soudées en une masse continue ordinairement privée de chlorophylle, c'est le *mésoderme*; 3° d'une masse épaisse de tissu cellulaire, offrant beaucoup de granulations vertes, c'est l'*enveloppe herbacée*; 4° d'une ou de plusieurs rangées de faisceaux vasculaires, ayant ordinairement chacun, vus ainsi dans une coupe transversale, une forme approchant à peu près de celle d'un rein. Ces faisceaux sont uniquement composés de tubes ligneux

à parois très-épaisses, ils forment le *liber*; 5° au-dessous du *liber* se voit une couche plus ou moins épaisse d'un tissu utriculaire, privé de chlorophylle et qui se continue sans aucune interruption avec la partie la plus extérieure de la couche ligneuse, c'est l'*endoderme*, ou la zone *sous-libérienne*. La portion de cette zone la plus rapprochée de la couche ligneuse forme une zone étroite, également celluleuse, mais dont le tissu est beaucoup plus clair, plus transparent que le reste de cette couche celluleuse interne. C'est ce qu'on appelle la *couche génératrice*, parce qu'en effet c'est dans ce point, placé entre la face interne de l'écorce et la face externe du corps ligneux, que vont se passer les phénomènes de l'accroissement. Cette couche celluleuse interne est traversée par des séries de cellules allongées dans le sens transversal et superposées régulièrement les unes au-dessus des autres, qui sont évidemment la continuation des rayons médullaires venant de la couche ligneuse et se prolongeant ainsi jusqu'à dans l'intérieur de l'écorce. C'est dans la *couche génératrice*, que les sucs élaborés désignés sous le nom de *cambium* sont réunis en plus grande abondance. La présence du cambium détermine dans la couche génératrice une production incessante de nouvelles utricules. Celles qui sont les plus rapprochées de la couche ligneuse s'allongent petit à petit dans le sens longitudinal, et on les voit insensiblement prendre tous les caractères du tissu ligneux dont il est impossible plus tard de les distinguer. En même temps que ce premier changement s'opère, on voit, dans la masse du tissu ligneux qui vient de se produire, apparaître des vaisseaux que l'on reconnaît de suite à leur diamètre beaucoup plus considérable, et qui petit à petit s'accroît encore. Une coupe longitudinale faite à cette époque montre cette organisation de la manière la plus évidente.

Mais en même temps que ces changements se sont opérés dans la portion de la couche génératrice en rapport avec le tissu ligneux, il s'en est montré d'analogues dans la partie extérieure qui se continue immédiatement avec la face interne de l'écorce. Au milieu de cette couche celluleuse se développent insensiblement des faisceaux de tissu fibreux dont les parois s'épaississent rapidement, et qui bientôt présentent absolument les mêmes caractères que les faisceaux constituant la première couche du *liber*. Ainsi donc simultanément il se forme, et une masse de tissu ligneux qui s'ajoute sans aucune interruption à celui qui composait la couche ligneuse de l'année précédente, et une nouvelle zone de faisceaux du *liber*, séparée de celle de l'année précédente par une couche de tissu utriculaire plus ou moins mince, et servant à établir la continuité entre les parties nouvellement ajoutées à l'écorce, et celles qui existaient déjà.

Dans quelques arbres, la formation du nouveau *liber* ne se fait pas en une seule fois. Les fibres, au lieu de se réunir en gros faisceaux formant une seule couche ou zone circulaire, constituent des fais-

ceaux plus petits, séparés les uns des autres et représentant plusieurs zones concentriques.

Cette formation incessante de tissu utriculaire dans la zone génératrice se transformant en bois et en *liber*, se prolonge tant que durent les phénomènes de l'évolution des bourgeons. Dès que l'axe de ceux-ci s'est allongé en un scion ou jeune branche, les phénomènes que nous venons de décrire s'arrêtent: il cesse de se former de nouvelles utricules, et par conséquent leur transformation en bois ou en *liber* cesse d'avoir lieu. Mais, même à ce moment, il existe encore une couche plus ou moins épaisse de tissu utriculaire, qui sépare, ou pour parler plus exactement, qui réunit la nouvelle couche de *liber* avec la couche nouvelle de bois. C'est toujours dans ce point de formation récente que les sucs nutritifs sont réunis en plus grande abondance, jusqu'au moment où la végétation s'arrête par suite de l'élongation des bourgeons et de leur développement en jeunes branches.

Lorsque, aux premiers jours du printemps, la végétation commence à se manifester par l'évolution des bourgeons, tout le monde sait qu'il est alors très-facile sur les jeunes branches d'enlever l'écorce du corps ligneux sur lequel elle est appliquée. Il ne faudrait pas croire qu'à cette époque il existe une solution de continuité ou une séparation entre ces deux parties de la tige. Quand on examine dans ce moment une tranche mince d'une tige, on voit que le bois et l'écorce sont continus, c'est-à-dire que la couche celluleuse sous-libérienne se confond encore avec la surface extérieure de la couche ligneuse. Mais la portion interne de cette couche sous-libérienne, c'est-à-dire la *zone génératrice*, par suite des sucs qui y affluent, se trouve composée d'un tissu utriculaire plus jeune, très-mou, et qui se déchire avec une excessive facilité. Lors donc que, au premier printemps, on enlève l'écorce, on déchire ce tissu nouveau, dont on peut constater l'existence, et sur la surface interne de l'écorce, et sur la surface externe du corps ligneux. Plus tard ce tissu, moins abreuvé de sucs, ayant acquis une plus grande solidité, devient un moyen puissant d'union entre l'écorce et le bois, et c'est ainsi qu'à la fin de la période printanière de la végétation, il est si difficile de séparer ces deux parties constituantes de la tige. Chez les végétaux où se manifeste une seconde période de végétation, en un mot qui offrent le mouvement de la *sève d'août*, il redevient possible de détacher l'écorce, parce qu'à cette époque il s'est fait un nouvel afflux de cambium dans la couche génératrice.

Ainsi donc, dans la période printanière de la végétation, il s'est formé une nouvelle couche de bois et une nouvelle couche de *liber*. Voilà la cause principale de l'accroissement en épaisseur de la tige des végétaux dicotylédons; mais ce n'est pas la seule. Il en existe encore une autre que nous avons désignée sous le nom d'accroissement latéral ou en largeur. Faisons-la connaître en peu de mots.

2° *Accroissement latéral ou en largeur de la tige des dicotylédons.*

Pendant longtemps on n'avait généralement admis l'accroissement en diamètre que comme résultant des nouvelles couches qui s'ajoutent chaque année entre l'aubier et l'écorce. Cependant, dès 1816, M. de Mirbel avait dit, dans sa note insérée dans le *Bulletin des Sciences de la Société philomatique*, que le système cortical s'accroît en largeur par le développement successif de tissu cellulaire allongé et de tissu cellulaire régulier; d'où il résulte qu'elle devient plus ample dans toutes ses parties. Le professeur Link, dans son *Anatomie des plantes*, et plus tard dans sa *Philosophie botanique*, a également établi que la tige s'accroissait non-seulement vers son centre et sa périphérie, mais encore latéralement par la multiplication des faisceaux vasculaires. (Voyez Link, *Grundl. d. Anat. f. d. Pfl.*, p. 146, f. 58, 60.) Depuis lors, M. Dutrochet (*Mém. du Muséum*, tom. VII et VIII) est arrivé aux mêmes résultats, qui sont aujourd'hui tout à fait hors de doute.

C'est d'abord sur la tige de la clématite que M. Dutrochet a fait ses premiers essais. Lorsque l'on coupe transversalement l'extrémité d'une jeune branche de clématite, on trouve qu'elle se compose de six faisceaux de fibres longitudinales, séparés les uns des autres par des rayons ou espaces médullaires assez larges. Peu à peu, et par les progrès de la végétation, il se forme au centre de chaque espace médullaire un nouveau faisceau de fibres longitudinales qui acquiert bientôt le même volume que les faisceaux primitifs; en sorte qu'à la fin de la première année la tige se trouve composée de douze faisceaux de fibres séparés par autant de rayons médullaires.

Pendant la seconde année, chacun des six faisceaux primitifs se divise en trois par la production médiane d'un nouveau faisceau de fibres longitudinales séparé des deux autres, au milieu desquels il s'est développé, par deux rayons médullaires incomplets, qui n'atteignent pas jusqu'à la moelle centrale; d'un autre côté, les six autres faisceaux secondaires de la première année se divisent chacun en deux par la formation médiane d'un nouveau rayon médullaire incomplet: d'où il résulte qu'à la fin de la seconde année il y a trente faisceaux de fibres, distingués les uns des autres par autant de rayons ou espaces médullaires, dont douze seulement, savoir, ceux qui existaient à la fin de la première année, sont seuls complets, et établissent une communication directe entre la médulle externe et l'interne.

Pour peu qu'on réfléchisse avec quelque attention à la manière dont les faisceaux de fibres longitudinales se sont multipliés, on verra que l'accroissement s'est fait latéralement. En effet, la production médiane de nouveaux faisceaux au centre des rayons médullaires, ou celle de nouveaux rayons médullaires au centre des faisceaux de fibres, a dû nécessairement dilater latéralement, et par conséquent

augmenter la largeur de la couche circulaire dans laquelle ce développement s'est opéré. Or, c'est cette dilatation latérale qui n'avait point encore été aperçue avant MM. de Mirbel, Link et Dutrochet, dont nous faisons connaître ici les résultats.

Cette augmentation de l'épaisseur de la tige par la division et la multiplication de ses faisceaux vasculaires est extrêmement remarquable et curieuse dans la vigne. Dans une jeune branche, les faisceaux vasculaires y sont fort distincts les uns des autres, séparés par des rayons médullaires très-marqués. Petit à petit, au milieu de chaque faisceau, se montre une ligne de tissu cellulaire rempli de granulations vertes et parallèle aux rayons médullaires. Cette ligne n'occupe d'abord qu'une faible étendue du faisceau ligneux; mais elle finit par s'allonger de proche en proche, et au bout de peu de temps le faisceau se trouve séparé en deux faisceaux distincts par une lame verticale de tissu cellulaire, qui perd graduellement ses granulations vertes et ne peut plus être distinguée des autres rayons médullaires. Ainsi, au bout de peu de temps, le nombre des faisceaux vasculaires se trouve doublé, et chacun des nouveaux faisceaux qui résultent de cette duplication ayant au moins la même largeur que ceux dont ils proviennent, le diamètre de la tige doit se trouver doublé.

L'accroissement *en largeur* s'arrête dans les parties, dès l'instant qu'elles se sont solidifiées. Ainsi il n'a plus lieu dans les couches ligneuses; mais il se continue dans l'écorce, et c'est ainsi qu'elle permet, sans se rompre, l'accroissement en épaisseur des couches ligneuses.

L'accroissement *en largeur* a également lieu dans les racines, ainsi que nous l'avons déjà annoncé. Dans cet organe il commence toujours par la production médiane de nouveaux rayons médullaires au centre des faisceaux de fibres. Plus tard, ces nouveaux espaces médullaires donnent eux-mêmes naissance à d'autres agglomérations de fibres.

D'après ce qui précède, on voit que les éléments organiques des végétaux ont une tendance naturelle à la *production médiane*. Ainsi, les faisceaux de fibres tendent à produire dans leur partie moyenne de nouveaux rayons médullaires; d'un autre côté, les rayons médullaires tendent à produire de nouveaux faisceaux de fibres longitudinales.

II. *Accroissement en hauteur du tronc des dicotylédons.*

A l'époque de la germination, la racine s'enfonce dans la terre, tandis que le caudex ascendant s'élève vers le ciel. La partie ligneuse et la partie corticale se séparent et s'isolent avec les caractères qui leur sont propres. Vers l'automne, quand elles sont organisées en aubier et en liber, leur accroissement s'arrête. Mais la jeune tige est couverte de bourgeons qui se sont formés à l'aisselle de ses feuilles. Quand, au retour du printemps, la végétation recommence, le tissu végétal est gorgé de fluides nourriciers qui vivifient les bourgeons. Celui qui ter-

mine la tige à son sommet se développe, s'allonge, et donne naissance à une jeune branche ou scion qui se compose, comme la tige de l'année précédente, d'un étui médullaire, d'une couche ligneuse et d'une couche d'écorce; mais en même temps cette tige de l'année précédente s'est augmentée, et d'une nouvelle couche de jeune bois qui s'est ajoutée à l'extérieur de celle qui existait déjà, et d'une nouvelle couche d'écorce à la face interne de celle formée l'année précédente. Chaque année un nouveau bourgeon terminal, en se développant, donne naissance à un nouveau scion qui augmente ainsi successivement la hauteur de la tige.

Si nous décomposons en quelque sorte cet accroissement en hauteur de la tige et des rameaux, nous reconnaitrons de suite qu'il est produit par l'élongation successive et simultanée de chacun des méristhales dont se compose l'axe du bourgeon. En fixant de petits fils d'argent dans l'écorce d'un jeune rameau, Duhamel a fait voir que l'allongement avait lieu dans toute sa longueur, mais plus encore dans sa partie supérieure, qui reste plus longtemps herbacée, que dans l'inférieure, qui se lignifie la première. Si l'on examine maintenant comment s'opère l'allongement dans les différents points d'un même entre-nœud, on verra que les phénomènes varieront suivant que les feuilles sont dépourvues de gaine ou qu'elles en sont munies. Dans le premier cas l'accroissement commence par la partie inférieure, puis successivement par la partie moyenne et par la supérieure. Cet accroissement est déjà arrêté dans la partie inférieure du méristhale, qu'il se continue encore dans la supérieure. Mais quand les feuilles sont munies d'une gaine, la base du méristhale, abritée par cet organe, reste plus longtemps verte et herbacée, et l'accroissement s'y prolonge plus longtemps que dans la partie supérieure; les choses se passent donc d'une manière opposée dans l'un et l'autre cas.

Le tronc se trouve ainsi formé par une suite de cônes très-allongés, dont le sommet est en haut, emboîtés et superposés les uns sur les autres. Mais le sommet du cône le plus intérieur s'arrête à la base de la seconde pousse, celui du second à la base de la troisième pousse, et ainsi successivement pour les suivants. Ce n'est donc qu'à la base du tronc que le nombre des couches ligneuses correspond au nombre des années de la plante. Ainsi, par exemple, une tige de dix ans offrira à sa base dix couches ligneuses; elle n'en présentera que neuf, si on la coupe à la hauteur de la seconde pousse, que huit à la troisième, et enfin qu'une seule vers son sommet. C'est pour cette raison que le tronc des arbres dicotylédons est plus ou moins conique, le nombre de ses couches ligneuses étant graduellement plus considérable, à mesure que l'on descend du sommet vers la base.

Il est des arbres sur lesquels ce développement en hauteur est des plus manifestes: dans les pins et les sapins, par exemple. Au bout de la première année, on voit au sommet de la tige un bourgeon co-

nique, d'où part un verticille de jeunes rameaux, au centre desquels en est un qui s'élève verticalement; c'est lui qui est destiné à continuer la tige. A la fin de la seconde année, de son sommet part également un semblable bourgeon qui présentera les mêmes phénomènes dans son développement. Ainsi l'on peut connaître dans ces arbres le nombre de leurs années par le nombre des verticilles de rameaux qu'ils présentent sur leur tige.

Nous venons d'exposer les faits; nous avons en quelque sorte assisté à la formation des nouvelles couches de bois et d'écorce, et à l'allongement vertical de la tige et des rameaux. Présentons ici, en abrégé, les opinions qui ont été émises pour expliquer ces phénomènes.

Théories émises sur les causes de l'accroissement en diamètre des végétaux dicotylédons.

Nous avons déjà dit que l'accroissement en diamètre de la tige des végétaux dicotylédons, avait été attribué à la transformation du liber en aubier. Cette opinion, qui pendant longtemps a été la seule qui eût cours dans la science, surtout en France, remonte à Malpighi, mais a été surtout développée avec beaucoup de détails par Duhamel dans son excellent ouvrage de la *Physique des arbres*. Selon Duhamel, le liber, c'est-à-dire la couche fibreuse la plus intérieure de l'écorce, se convertit petit à petit en bois, et forme ainsi la nouvelle couche ligneuse qui chaque année s'ajoute à celles qui existent déjà. Les résultats de la végétation printanière tendent uniquement à la formation d'un nouveau liber destiné à remplacer celui qui s'est converti en bois. Duhamel a fait un grand nombre d'expériences à l'appui de sa théorie. L'une de celles qui paraissent les plus concluantes consistait à faire passer une anse d'un fil d'argent dans la partie intérieure de l'écorce, dans le liber en un mot. Au bout de deux ou trois ans le fil se trouvait engagé au milieu des couches ligneuses, par conséquent, disait Duhamel, le liber au milieu duquel le fil d'argent avait été engagé s'était donc transformé en bois.

Cependant cette théorie n'est pas fondée. Il est hors de doute que le liber ne se transforme pas en bois: une fois formé, il ne change plus de nature, il ne cesse d'appartenir à l'écorce; c'est dans une partie de l'écorce plus intérieure que le liber, dans la couche utriculaire, que nous avons nommée *couche souslibérienne* ou *génératrice*, que se passent les phénomènes de l'accroissement. Quand Duhamel a retrouvé dans le bois les fils d'argent qu'il avait cru passer dans l'épaisseur du liber, ces fils s'étaient trouvés engagés dans la couche souslibérienne. Cette partie, en effet, uniquement composée de tissu utriculaire, de formation récente, est beaucoup plus facile à se laisser pénétrer par les corps aigus qu'on cherche à introduire sous l'écorce,

que le liber, organe essentiellement formé de tissu fibreux. D'ailleurs l'observation directe des faits, aux diverses périodes de la végétation, démontre que le liber n'éprouve aucune transformation. La théorie de Duhamel, nous le répétons, n'est donc pas fondée.

Une seconde théorie est celle qui consiste à regarder les couches ligneuses comme formées chaque année par des fibres qui naissent de la base des bourgeons.

Il y a déjà plus d'un siècle que Lahire, astronome français, dans les Mémoires de l'Académie des Sciences de Paris (année 1719), avait émis l'opinion que les bourgeons sont les agents essentiels de l'accroissement des tiges en diamètre, et que c'est de leur base que partent et descendent les fibres, qui forment chaque année les nouvelles couches ligneuses qui viennent augmenter la grosseur de la tige : mais cette opinion du savant physicien n'avait été remarquée par aucun phytomiste ; et quand, près d'un siècle après, M. Du Petit-Thouars la présenta de nouveau, en l'appuyant sur de nombreuses observations, il la croyait nouvelle et chacun le crut avec lui.

Cette opinion a éprouvé de singulières vicissitudes. Oubliée complètement pendant près d'un siècle, M. Du Petit-Thouars la présenta comme nouvelle dans ses savants *Essais* publiés il y a environ trente-cinq ans. A cette époque, elle est rejetée par tous les phytomistes, qui s'appliquent à la combattre et à accumuler les faits qui semblaient autant d'arguments pour la renverser. Une seule voix (celle de M. Turpin) s'élève alors pour soutenir la théorie de M. Du Petit-Thouars ; mais bientôt cet appui lui manque, et M. Turpin avoue plus tard qu'il s'est trompé et qu'il pense que cette théorie n'est pas fondée.

Pendant aujourd'hui plusieurs excellents observateurs apportent de nouveaux faits en faveur du rôle important que joue le développement des bourgeons et des feuilles dans la formation des nouvelles couches ligneuses. A leur tête se présente M. Gaudichaud, dont les nombreux voyages, faits en grande partie dans l'intention d'observer les phénomènes de la végétation dans les individus nombreux et variés des régions lointaines, et les expériences multipliées, consignées dans un ouvrage couronné par l'Académie des Sciences en 1834, et dans un grand nombre de mémoires, doivent être d'un si grand poids dans cette importante question. Enfin, en Angleterre, M. Knight, et surtout M. Lindley, semblent aujourd'hui partager entièrement l'opinion émise autrefois par Lahire et Du Petit-Thouars.

Tant de témoignages imposants doivent appeler l'attention des observateurs sur cette manière d'envisager les phénomènes de la végétation : Aussi, exposerons-nous avec quelques détails cette théorie, et, par une exposition impartiale des faits, nous voulons mettre nos lecteurs en état de se prononcer eux-mêmes, en leur faisant con-

naitre et ceux sur lesquels elle s'appuie et ceux qui semblent la combattre.

Nous exposerons d'abord les idées de M. Du Petit-Thouars.

I. Théorie de M. Du Petit-Thouars.

M. Du Petit-Thouars, ayant remarqué que les bourgeons sont assis sur le parenchyme extérieur et que leurs fibres communiquent avec celles des scions ou jeunes rameaux qui les supportent, en a tiré les conséquences suivantes, qui forment la base de sa théorie de l'organisation végétale.

1° Les bourgeons sont les premiers phénomènes sensibles de la végétation. En effet, toutes les parties qui, dans les végétaux, doivent se développer à l'extérieur, sont d'abord renfermées dans des bourgeons.

Il en existe un à l'aisselle de toutes les feuilles ; mais ce bourgeon n'est apparent que dans les plantes dicotylédones, et, parmi les Monocotylédones, dans la famille des Graminées seulement. Dans les autres Monocotylédones, ce bourgeon est latent, et ne consiste que dans un point vital, susceptible, dans certaines circonstances, de se développer à la manière des bourgeons des Dicotylédones.

2° Par leur développement, les bourgeons donnent naissance à des scions ou jeunes branches chargées de feuilles, et le plus souvent de fleurs. Chaque bourgeon a une existence en quelque sorte indépendante de celle des autres. M. Du Petit-Thouars les regarde comme analogues, dans leur développement et leur structure, aux embryons renfermés dans l'intérieur des graines, qui, par l'acte de la germination, développent une jeune tige que l'on peut comparer avec juste raison au scion produit par l'évolution d'un bourgeon. Aussi donne-t-il à ces derniers les noms d'*embryons fixés* ou adhérents, par opposition à celui d'*embryons libres*, conservé pour ceux renfermés dans l'intérieur de la graine.

3° Si l'on examine l'intérieur de ces bourgeons sur un scion ou jeune branche de l'année, on voit qu'ils communiquent directement avec le parenchyme intérieur ou la moelle. Or, cette moelle, comme nous l'avons dit, est d'abord verte, et ses cellules sont remplies de fluides aqueux très-abondants. C'est dans ces fluides aqueux que les bourgeons puisent les premiers matériaux de leur développement. Ils se nourrissent donc aux dépens du parenchyme intérieur ; et, en absorbant les fluides qu'il contient, ils le dessèchent et le font passer à l'état de moelle proprement dite, plus ou moins opaque ou diaphane.

4° Dès que ces bourgeons se manifestent, ils obéissent à deux mouvements généraux, l'un montant ou aérien, l'autre descendant ou terrestre. C'est ici que M. Du Petit-Thouars rapproche la structure

et les usages des bourgeons de ceux des embryons-graines. Il considère en quelque sorte les bourgeons comme des embryons germants. La couche de cambium située entre l'écorce et le bois est, pour le bourgeon, analogue au sol sur lequel la graine commence à germer. Son évolution aérienne donne naissance à un scion ou jeune branche; tandis que de sa base, c'est-à-dire du point par lequel il adhère à la plante mère, partent des fibres (que l'auteur compare à la radicle de l'embryon), et qui, glissant dans la couche humide du cambium, entre le liber et l'aubier, descendent jusqu'à la partie inférieure du végétal. Or, chemin faisant, ces fibres rencontrent celles qui descendent des autres bourgeons; elles s'y réunissent, s'anastomosent entre elles, et forment ainsi une couche plus ou moins épaisse, qui prend de la consistance, de la solidité, et constitue chaque année une nouvelle couche ligneuse. Quant au liber, une fois formé, il ne change plus de nature, et n'éprouve aucune transformation.

Cette théorie est extrêmement ingénieuse, et M. Du Petit-Thouars s'appuie sur plusieurs faits importants pour en prouver l'exactitude. Ainsi, dit-il, lorsque l'on fait au tronc d'un arbre dicotylédon une forte ligature circulaire, il se forme au-dessus de l'obstacle un bourrelet, et l'accroissement en diamètre cesse d'avoir lieu au-dessous de la ligature. Ce bourrelet est formé par les fibres ligneuses qui descendent de la base des bourgeons en glissant dans le cambium situé entre le liber et l'aubier. Ces fibres ligneuses rencontrant un obstacle qu'elles ne peuvent surmonter, s'y accumulent et s'y arrêtent. Dès lors il ne peut plus se former de nouvelles couches ligneuses au-dessous de la ligature, puisque les fibres qui doivent les constituer cessent d'y arriver. Telle est l'explication donnée par M. Du Petit-Thouars du fait de la ligature et du bourrelet circulaires, que la plupart des auteurs expliquent d'une manière tout à fait différente.

M. Du Petit-Thouars s'autorise encore des phénomènes de la greffe pour étayer sa théorie. Lorsque l'on greffe en *écusson*, on prend ordinairement un bourgeon encore stationnaire, on applique sa base sur la couche du cambium que l'on a mise à nu; dès lors les radicales ou fibres qui partent de la base du bourgeon glissent entre l'écorce et l'aubier, et au bout de quelque temps le nouveau sujet s'est ainsi identifié à celui sur lequel on l'a greffé.

II. Théorie phytogénique de M. Charles Gaudichaud.

Le résumé suivant nous a été communiqué par M. Gaudichaud; il fait donc connaître avec exactitude les idées de l'auteur.

1° Tout, dans les végétaux monocotylédonés et dicotylédonés, se forme dans les embryons et dans les bourgeons.

2° Le végétal phanérogame le plus simple et le plus réduit (l'individu vasculaire) est représenté par une feuille cotylédonaire.

3° Une feuille cotylédonaire se compose primitivement, en outre de ses autres tissus, d'un système vasculaire qui peut être divisé en supérieur et inférieur.

4° Le système supérieur se divise à son tour en trois parties ou mérithalles, qui sont : le mérithalle inférieur ou tigellaire, le mérithalle moyen ou pétiolaire, le mérithalle supérieur ou limbaire.

5° Les lignes de démarcation de ces mérithalles sont : le *mésophyte*, qui sépare la tigelle du pétiole; le *mésophylle*, qui sépare le pétiole du limbe.

6° Le système descendant des embryons ne se développe que dans l'acte de la germination. En sorte que, jusqu'à ce moment, l'embryon tout entier appartient au système ascendant. La ligne qui sépare le système ascendant du système descendant est le *mésocauléorhize*.

7° Les vaisseaux des deux systèmes partent donc du même point, et se développent en sens contraire. Ils sont alternes entre eux, ainsi que ceux des mérithalles qui changent de direction dans les mésophytes et les mésophylles.

Ils sont aussi diversement nombreux et réticulés, selon les groupes végétaux.

8° Dans quelques cas, la radicle et la tigelle avortent en totalité ou en partie; dans d'autres, ce sont le pétiole ou le limbe, ou tous les deux.

9° Dans un embryon monocotylédoné, il n'y a originairement qu'un système vasculaire mérithallien enveloppant.

10° Il y en a deux ou plusieurs dans les embryons dicotylédonés ou polycotylédonés.

11° Un système vasculaire est l'ensemble des vaisseaux primitifs d'une feuille quelconque considérée comme plante distincte.

12° Les cotylédons s'associent dans les embryons dicotylédonés ou polycotylédonés, comme les sépales dans les calices monosépales; comme les pétales dans les corolles monopétales; comme les étamines dans les plantes monadelphes, diadelphes et polyadelphes; comme les carpelles dans les ovaires composés; enfin comme les feuilles elles-mêmes, les stipules, les bractées, etc.

Ces sortes de soudures ont lieu par les bords comme par les deux surfaces.

13° Du nombre des cotylédons, puis des feuilles, de la disposition de leurs tissus vasculaires, résultent les deux ordres principaux d'organisation des tiges phanérogames et leurs modifications diverses.

14° Ce qu'on a dit de l'embryon s'applique surtout au bourgeon.

15° Indépendamment du bourgeon axifère, chaque nœud vital

(mésocauléorhize, mésophyte, mésophylle) peut dans les plantes vivaces donner naissance à des bourgeons axillaires.

16° Il y en a normalement un dans les embryons monocotylédons.

17° Il en a deux ou plusieurs dans les embryons dicotylédons, un pour chaque feuille.

18° Ces bourgeons axillaires avortent souvent dans les embryons des deux grands ordres de végétaux, les Monocotylédons et les Dicotylédons, mais rarement à l'aisselle de leurs feuilles. Leur nombre peut s'accroître par des causes accidentelles.

19° Les bourgeons axifères et axillaires représentent des scions ou rameaux à l'état rudimentaire.

20° Ils sont composés d'un nombre déterminé de feuilles régulièrement disposées en spires, en verticilles.

21° Ces feuilles, selon qu'elles croissent dans la terre, dans les eaux ou dans l'air, où elles éprouvent des modifications diverses, selon leur position ou leur état particulier de développement, peuvent être dites : feuilles bulbeuses, tubéreuses, squammuleuses, primordiales, propres ou normales, terminales, écailleuses, stipulaires, bractéales, calicinales, nectarifères, discoïdes, torusiennes, pétaloïdes, staminales, carpellaires, ovulaires ; et ces dernières se divisent en funiculaires ou arillaires, en primaires, secondaires, tertiaires ou nucléines, quartaires (?), quintaires, embryofères et cotylédonaire.

22° Elles ne sont que les divers états de modification d'un organe originel unique, l'individu vasculaire, ou *phyton*.

23° Elles se divisent, comme les cotylédons, en système inférieur et en système supérieur, et ce dernier en trois mérithalles.

24° Elles se développent de bas en haut à partir d'un point donné, et constituent le système ascendant des végétaux, système caractérisé par la présence de vaisseaux particuliers, au nombre desquels sont des trachées (les véritables trachées ne se rencontrent que dans le système ascendant).

25° L'accroissement des mérithalles est simultané et régulier dans quelques cas, isolé et très-irrégulier dans d'autres.

26° Toutes les parties de la feuille peuvent subir les modifications exprimées au paragraphe 7.

27° De la base du système ascendant ou aérien de chaque feuille, part un système descendant ou terrestre qui se distingue par des vaisseaux tubuleux, qui tous sont plus ou moins déroulables, naturellement ou par déchirement, mais qui ne sont pas des trachées.

28° Chaque espèce de feuille a son système descendant propre, sa racine.

29° Ce système descendant, dont l'abondance ou la rareté dépend des corps appendiculaires d'où ils proviennent, glisse dans des

voies particulières (par exemple, entre l'écorce et le bois des végétaux déjà formés), et contribue pour une grande partie à la formation des couches ligneuses du bois et fibreuses de l'écorce, ou autrement dit, à l'accroissement en épaisseur du tronc des végétaux dicotylédons vivaces et de leurs racines.

30° D'après cela, une tige ligneuse de dicotylédon est formée de feuilles régulièrement ou irrégulièrement opposées, et situées les unes au-dessus des autres (d'où l'accroissement en hauteur), dont les mérithalles inférieures ou tigellaires persistants et plus ou moins développés sont successivement couverts par les tissus radiculaires ou descendants des feuilles de tous les verticilles supérieurs, soit de l'année, soit des années subséquentes, et par des couches également successives de tissu cellulaire, d'où l'accroissement en largeur des tiges, et en épaisseur des couches concentriques.

31° Les tiges ligneuses des Monocotylédons sont, à peu de chose près, comme celles des Dicotylédons, et elles s'accroissent de la même manière, c'est-à-dire par un système ascendant, par un système descendant et par un développement utriculaire excentrique improprement nommé rayonnement médullaire.

32° Un embryon monocotylédoné n'a primitivement qu'un système vasculaire enveloppant, parce qu'alors il n'est formé que d'une seule feuille rudimentaire roulée. Au centre de cette première feuille, centre uniquement formé de tissu cellulaire naissant, il s'en développe bientôt une seconde, puis une troisième, et enfin un nombre déterminé, normal pour chaque espèce végétale.

33° De la base de la première feuille part une racine ou racine cotylédonaire.

34° De la base de la seconde feuille, base indiquée dans le tissu cellulaire naissant par des points sphéroïdes transparents, fluides ou gélatineux, et qui sont en rapport avec les nervures de la feuille, partent obliquement, de haut en bas et du centre vers la circonférence, des sortes de tubes vermiculés, dichotomes d'abord, puis rameux, à rameaux généralement sinueux, anastomosés, qui vont sortir au-dessous du pétiole de la première feuille, entre les vaisseaux de son mérithalle tigellaire, et descendent ainsi, extérieurement et parallèlement à ces vaisseaux, jusque dans la racine. Les vaisseaux descendants de la troisième feuille s'agent avec ceux de la seconde, comme ceux-ci l'ont fait avec les vaisseaux de la première, et ainsi de suite.

35° Ces vaisseaux tubuleux ou radiculaires ne descendent pas toujours aussi régulièrement jusqu'à la racine. Il arrive souvent, surtout dans les tiges articulées, creuses, et à mérithalles ordinairement très-développés, que, rencontrant sur certains points des voies plus humides ou plus convenablement préparées, elles se détournent de leur route naturelle pour se porter, en tout ou en partie, tantôt à la

circonférence des tiges pour former des faisceaux ligneux particuliers ou des racines, tantôt vers le centre pour former des articulations, des diaphragmes, des cloisons.

36° Comme dans les Monocotylédons, le mérithalle tigellaire ou inférieur de la feuille est généralement très-réduit ou manque totalement, les vaisseaux du système descendant ou radicaire des feuilles supérieures se croisent immédiatement avec ceux du système ascendant des feuilles inférieures; d'où résultent ces lacis inextricables offerts par presque toutes les tiges des grandes monocotylédones ligneuses dans leur coupe verticale.

A l'aide des principes dont je viens de donner le résumé, M. Gaudichaud explique à sa manière tous les phénomènes de l'organographie et de la physiologie végétale.

Cette théorie, comme il est facile de le reconnaître, a une très-grande analogie avec celle de M. Du Petit-Thouars. En effet, c'est aussi au développement des bourgeons que M. Gaudichaud attribue la formation des fibres et des couches ligneuses, et par conséquent l'accroissement en épaisseur de la tige dans les végétaux monocotylédons comme dans les végétaux dicotylédons. Mais ce qui distingue spécialement sa théorie, c'est qu'il admet deux systèmes différents de vaisseaux : 1° Le *système ascendant*, qui se compose de trachées et de tous les vaisseaux qui forment le canal médullaire. C'est par son développement qu'a lieu l'accroissement en hauteur de la tige; 2° le *système descendant*, formé de tous les vaisseaux rayés, ponctués, et tubes ligneux qui descendent de la base des bourgeons, et donnent naissance aux couches ligneuses et aux feuillets vasculaires de l'écorce.

De nombreuses objections ont été faites contre ces deux théories qui en résumé reposent sur une même base. Nous rappellerons ici celles qui paraissent les plus importantes.

1° Au moment où se fait la formation des nouvelles couches de bois et de liber, il est impossible d'admettre que les fibres *puissent descendre* de la base des bourgeons jusque dans les racines, sur un arbre de soixante ou de quatre-vingts pieds d'élévation, dans le court espace de temps pendant lequel les phénomènes de l'accroissement se manifestent. En effet, dès que les bourgeons commencent à se développer, l'accroissement se montre dans *toute la longueur* de la tige, quelle que soit sa hauteur. Si les fibres *descendaient* de la base des bourgeons et des feuilles, l'accroissement devrait commencer par la partie supérieure de la tige, et gagner de proche en proche la partie inférieure, à mesure que les fibres parcourraient l'espace qui sépare la base des bourgeons des racines. Or c'est ce qui n'a pas lieu.

2° On devrait trouver nécessairement, en examinant à l'aide du microscope, les différents points de la longueur de la tige, des extrémités de fibres se frayant un passage soit à travers le tissu utricu-

laire de la couche sous-libérienne, soit à travers le fluide ou cambium, qui, selon quelques-uns, est épanché entre le bois et l'écorce. Or, ni l'une ni l'autre de ces deux circonstances ne se rencontrent : l'accroissement a lieu en même temps dans toute la longueur de l'arbre, et jamais aucun observateur n'a surpris l'extrémité de fibres ligneuses dans aucun point de leur trajet.

3° Si les fibres ligneuses partent de la base des bourgeons, elles sont nécessairement de formation plus ancienne dans ce point, que plus bas dans le reste de la tige, et doivent par conséquent offrir une organisation plus parfaite, plus compliquée. Or, c'est le contraire qui a lieu dans les monocotylédons, où les fibres étant isolées et distinctes les unes des autres, il est plus facile de les suivre dans leur trajet; on peut voir que c'est vers la partie moyenne de leur longueur que ces fibres ont une organisation plus complexe qu'à leur extrémité supérieure.

4° Les phénomènes du bourrelet circulaire qui se forme au-dessus d'une ligature faite à un arbre dicotylédoné, peuvent parfaitement s'expliquer par l'obstacle qu'elle apporte au passage des suc nutritifs qui descendent des feuilles. Ces suc, en s'accumulant dans le tissu situé au-dessus de l'obstacle, deviennent une cause très-puissante de multiplication pour lui : de là la formation du bourrelet. Si l'obstacle n'embrasse pas la totalité de la circonférence de la tige, les suc s'accumulent en moins grande proportion, et trouvant un point par lequel ils peuvent descendre, ils contournent en quelque sorte l'obstacle; et les fibres qui succèdent au tissu utriculaire qui s'est formé par suite de l'afflux des liquides nourriciers, se contournent comme le courant liquide que l'obstacle avait arrêté.

5° Si ce sont les fibres qui descendent de la base des bourgeons qui forment le bois, il devrait arriver, quand on greffe un jeune scion d'un arbre à bois blanc sur un arbre à bois coloré, que la nouvelle couche de bois, qui se forme sur le sujet, se composant des fibres descendant de la branche greffée, offrir une teinte blanche; or, c'est ce qui n'a pas lieu : les couches nouvelles de bois qui s'ajoutent à celles du sujet ont les mêmes caractères et la même couleur, que celles sur lesquelles elles viennent s'appliquer. Ainsi, dans le cas cité précédemment, elles sont également colorées.

6° Dans la théorie que nous combattons ici, les fibres ligneuses proviennent des feuilles : si l'on examine un jeune scion vers le milieu du mois de mai, au moment où il a acquis presque toute sa hauteur et que les feuilles qu'il porte se sont toutes développées, on verra que la couche ligneuse offre à peine la cinquième et quelquefois même la dixième partie de l'épaisseur qu'elle aura deux mois plus tard. Cependant à cette époque *toutes* ses feuilles ont pris *leur entier* développement, elles sont pourvues de *toutes* les fibres qu'elles auront plus tard; elles ne peuvent donc plus en former et en envoyer

de nouvelles, qui partant de leur base se répandront entre le bois et l'écorce pour compléter la couche ligneuse. D'où viendront alors les fibres qui vont petit à petit donner à cette couche ligneuse, les quatre cinquièmes et même quelquefois jusqu'aux neuf dixièmes de l'épaisseur qui lui manque. Évidemment ces fibres ne viendront pas de la base des feuilles, elles auront donc une autre origine.

7° M. Dutrochet a fait une observation très curieuse (*Arch. de bot.*, II, p. 231); c'est que les souches des sapins qu'on laisse en terre, après en avoir abattu la tige, non-seulement continuent souvent à vivre, mais forment chaque année une nouvelle couche de bois excessivement mince, constituant à la partie supérieure de la souche un bourrelet souvent très-épais, qui finit par se déverser sur l'aire du tronc mise à nu, et la recouvrir en partie ou en totalité. Certes, les fibres qui ont formé ces nouvelles couches ligneuses ne *descendent* pas des bourgeons développés sur la tige et les rameaux, puisqu'il n'y a ni tige ni rameaux. Elles se sont formées sur place. M. Göppert (*Ann. sc. nat.*, XIX, p. 181) a complété cette observation en faisant voir, ainsi qu'il avait déjà été reconnu par le professeur Reum, que cette formation de couches nouvelles sur les souches de sapin dépendait de la greffe de leurs racines avec celles de quelque autre individu encore entier et végétant. Le fait est aujourd'hui hors de doute. Les racines des individus entiers apportent aux souches tronquées les fluides nutritifs nécessaires à la formation des nouvelles couches ligneuses, excessivement minces, qu'on y observe. Je ne suppose pas qu'il se trouve un phytotomiste qui viendrait soutenir que ce sont les fibres descendant des bourgeons dans les individus entiers, qui de leurs racines passeraient dans les racines de la souche, pour remonter entre ses couches ligneuses et son écorce.

8° Enfin, nous dirons, en terminant, qu'il est aujourd'hui hors de doute pour tous les phytotomistes, que les tissus vasculaires et fibreux des végétaux proviennent constamment d'utricules, qui, petit à petit et par les progrès de la végétation, se transforment en tissu fibreux ou en vaisseaux. Or, les fibres ligneuses sont composées de tissu fibreux et de vaisseaux; elles ont donc dû commencer par être à l'état de tissu utriculaire; elles n'ont donc pas pu *descendre* ainsi toutes formées de la base des bourgeons jusqu'aux racines. Et d'ailleurs, par quelle partie intérieure de la tige seraient-elles descendues? Entre le bois et l'écorce? Mais quand on examine au microscope cette partie au moment où a lieu la formation de la nouvelle couche ligneuse, on reconnaît qu'il n'existe aucun espace vide entre le bois et l'écorce. Ces deux parties sont réunies par un tissu cellulaire qui se continue avec chacune d'elles; mais qui de formation nouvelle est très-mou et se déchire avec la plus grande facilité; il n'y a donc pas là d'espace vide dans lequel les fibres puissent glisser et descendre. Il faudrait qu'elles écartassent les utricules pour passer entre elles, comme le font les

tubes polliniques qui se frayent un passage de la surface du stigmate jusqu'aux ovules. Mais combien de temps ne demanderait pas cet acheminement laborieux pour que ces fibres parcourussent des espaces aussi grands que celui qui sépare la base des bourgeons de l'extrémité des racines dans les grands arbres parvenus à toute leur hauteur? D'ailleurs il devrait nécessairement arriver, pour les fibres descendant de la base des feuilles, et de tous les organes appendiculaires aériens, ce qu'on observe pour les tubes polliniques descendant de la surface du stigmate jusqu'à l'ovule, c'est qu'on verrait les différents points où chacune d'elles serait déjà arrivée dans la longueur de la tige; en un mot, leur extrémité libre à des hauteurs différentes, s'insinuant entre les tissus déjà formés. Or, c'est ce qui n'a jamais été observé. On voit bien des vaisseaux, parfaitement organisés dans une certaine étendue de leur longueur, présenter petit à petit une organisation moins parfaite et finir par se terminer insensiblement en utricules superposées; mais jamais le vaisseau ne s'arrête brusquement et distinct complètement des tissus qui l'environnent.

Cette théorie, bien qu'extrêmement ingénieuse, bien que l'examen d'un certain nombre de faits, observés seulement quand ils sont accomplis, semble lui être favorable; ne nous paraît, pas plus que celle de Duhamel, l'expression des faits et leur explication naturelle, malgré le talent déployé par ceux qui l'ont inventée ou développée, et surtout malgré la persévérance et la chaleur avec laquelle elle est encore aujourd'hui reproduite et défendue; nous ne saurions la croire propre à donner la véritable explication des phénomènes de l'accroissement.

Voyons maintenant si ces phénomènes sont tellement obscurs, que l'observation ne puisse nous en dévoiler le mécanisme.

Évidemment la nouvelle couche de bois et la nouvelle couche de liber se forment dans cette partie celluleuse intermédiaire entre la face interne de l'écorce et la face externe du bois. Au printemps, cette partie, composée de tissu utriculaire, se trouve baignée, abreuvée par une grande quantité du suc nutritif, désigné sous le nom de *cambium* depuis Grew et Duhamel. M. de Mirbel a souvent employé le même mot dans un sens tout à fait différent, et disons-le de suite, c'est un tort que de détourner de sa signification déjà admise dans la science un mot pour lui en donner une tout à fait différente. Pour lui, en effet, le cambium n'est point un liquide qui s'épanche entre le bois et l'écorce, c'est un véritable tissu qui naît à la fois de ces deux parties de la tige. Il se forme, dit-il, entre le liber et le bois une couche qui est la continuation du liber et la continuation du bois. Cette *couche régénératrice* a reçu le nom de *cambium*. Le cambium n'est donc point une liqueur qui vienne d'un endroit ou d'un autre: c'est un tissu très-jeune qui continue le tissu plus ancien. Il est nourri et développé à deux époques de l'année, entre le bois et l'écorce, au