

Bulletin de la Société de
statistique, des sciences
naturelles et des arts
industriels du département
de l'Isère

Société scientifique du Dauphiné. Auteur du texte. Bulletin de la Société de statistique, des sciences naturelles et des arts industriels du département de l'Isère. 1880.

1/ Les contenus accessibles sur le site Gallica sont pour la plupart des reproductions numériques d'oeuvres tombées dans le domaine public provenant des collections de la BnF. Leur réutilisation s'inscrit dans le cadre de la loi n°78-753 du 17 juillet 1978 :

- La réutilisation non commerciale de ces contenus ou dans le cadre d'une publication académique ou scientifique est libre et gratuite dans le respect de la législation en vigueur et notamment du maintien de la mention de source des contenus telle que précisée ci-après : « Source gallica.bnf.fr / Bibliothèque nationale de France » ou « Source gallica.bnf.fr / BnF ».

- La réutilisation commerciale de ces contenus est payante et fait l'objet d'une licence. Est entendue par réutilisation commerciale la revente de contenus sous forme de produits élaborés ou de fourniture de service ou toute autre réutilisation des contenus générant directement des revenus : publication vendue (à l'exception des ouvrages académiques ou scientifiques), une exposition, une production audiovisuelle, un service ou un produit payant, un support à vocation promotionnelle etc.

[CLIQUER ICI POUR ACCÉDER AUX TARIFS ET À LA LICENCE](#)

2/ Les contenus de Gallica sont la propriété de la BnF au sens de l'article L.2112-1 du code général de la propriété des personnes publiques.

3/ Quelques contenus sont soumis à un régime de réutilisation particulier. Il s'agit :

- des reproductions de documents protégés par un droit d'auteur appartenant à un tiers. Ces documents ne peuvent être réutilisés, sauf dans le cadre de la copie privée, sans l'autorisation préalable du titulaire des droits.

- des reproductions de documents conservés dans les bibliothèques ou autres institutions partenaires. Ceux-ci sont signalés par la mention Source gallica.BnF.fr / Bibliothèque municipale de ... (ou autre partenaire). L'utilisateur est invité à s'informer auprès de ces bibliothèques de leurs conditions de réutilisation.

4/ Gallica constitue une base de données, dont la BnF est le producteur, protégée au sens des articles L341-1 et suivants du code de la propriété intellectuelle.

5/ Les présentes conditions d'utilisation des contenus de Gallica sont régies par la loi française. En cas de réutilisation prévue dans un autre pays, il appartient à chaque utilisateur de vérifier la conformité de son projet avec le droit de ce pays.

6/ L'utilisateur s'engage à respecter les présentes conditions d'utilisation ainsi que la législation en vigueur, notamment en matière de propriété intellectuelle. En cas de non respect de ces dispositions, il est notamment passible d'une amende prévue par la loi du 17 juillet 1978.

7/ Pour obtenir un document de Gallica en haute définition, contacter utilisation.commerciale@bnf.fr.

INFLUENCE IMMÉDIATE DE LA PESANTEUR

SUR LA

FORMATION DE RACINES ADVENTIVES

PAR

M. Charles MUSSET

Professeur de botanique à la Faculté des sciences.

Dans la partie des fortifications de Grenoble, transformée en parc anglais et appelée *Ile Verte*, se dresse à une hauteur de vingt mètres environ, un orme (*Ulmus campestris*, Lin.) qui par une singularité accidentelle de végétation a vivement attiré mon attention. Comme le phénomène végétatif qu'il présente a des rapports nécessaires avec plusieurs questions importantes de physiologie, entr'autres celles qui ressortissent aux conséquences des décortications partielles ou annulaires, à l'action de la pesanteur, à la formation de racines adventives, surtout aux théories ou hypothèses émises sur les causes d'accroissement en diamètre des arbres dicotylés, j'ai cru utile d'en faire l'objet d'un travail spécial. Cet orme rappelle aux botanistes le *Tilleul de Fontainebleau*, surtout par rapport aux déductions physiologiques que M. A. Trécul a pensé légitime de tirer du cas particulier à ce

dernier arbre (1) (déductions auxquelles les nôtres seront conformes).

L'orme de l'Île-Verte est un des plus hauts, des plus gros et, ce qui pourra paraître étrange, un des plus vigoureux malgré son énorme blessure, de tous ceux de son espèce qui s'élèvent dans le parc. Cette blessure, j'en ignore la provenance. Est-elle due aux conséquences graves d'une branche coupée trop à ras du tronc, lorsqu'il n'était alors qu'ormeau, procédé de taille qui détermine souvent une ulcère profonde entretenue par des larves et des myceliums (2). J'y ai cueilli un beau spécimen de Bolet faux amadouvier. Est-ce une déchirure provoquée par une branche cédant au poids de la neige ou à la violence du vent ? Je l'attribuerai plutôt volontiers à une nécrose due à l'enlèvement partiel de l'écorce, ce qui aura ainsi amené au milieu de tissus sains la mortification d'une portion du bois sur un volume d'une hauteur plus grande que la largeur et l'épaisseur. Un ouvrier jardinier m'a dit qu'il y a dix ans en appuyant ses mains sur le bord extérieur de la cavité pour s'emparer d'une petite colonie de rongeurs de l'espèce de Loir Lérot (*myoxus nitela* C. V.) l'écorce s'était détachée de haut en bas, sous la forme d'un demi cylindre, mettant ainsi à nu une cavité haute, large et profonde. Voici sa description aussi exacte que possible et que le dessin reproduit fidèlement à quelques détails près. (Voir planche.)

Cette cavité haute de trois mètres, profonde de 0^m,3 et large de 0^m,5, étend ses bords verticaux et épais jusqu'au sol et peut-être même au-dessous, ce dont je n'ai pu m'assurer. Dans le haut les bords verticaux sont irrégulièrement reliés par l'écorce générale et commune qui porte des

(1) A. Trécul. Ann. sci-nat., 4^{me} série, t. III, p. 341-363.

(2) *Boletus pseudo igniarius*. Bull.

entailles déchirées, inégales, dont deux plus accusées, l'une à droite, l'autre à gauche, sont à des niveaux différents. L'entaille inférieure est cachée en grande partie par une *plaquette* de bois sans écorce, sec et mort. De l'une à l'autre l'écorce crevassée n'a pas exactement le même aspect ; le rhytidome y paraît moins ancien à des endroits plus ou moins isolés, d'une teinte jaunâtre plus fraîche qui devient uniforme sur les lèvres épaisses des côtés descendants. L'écorce recouvre ces replis, non-seulement en dehors, mais en dedans, elle contourne en leur faisant un manteau doublé du même. L'épaisseur même de ces longues lèvres ainsi enveloppées en dehors et en dedans d'une écorce plus jeune prouve qu'il se forme du bois entre leurs deux surfaces internes et externes, cette épaisseur va en augmentant de dehors en dedans et d'avant en arrière ; de 0^m,02 sur le bord même, elle est, prise au compas d'épaisseur, de 0^m,08, à une profondeur de 0^m,45. Tout le bois enveloppé est-il nouveau, c'est-à-dire formé postérieurement à l'accident ? Sur le bord même, je le crois tel, mais plus en dedans, je pense que les couches récentes ont recouvert en dedans des couches anciennes. Il doit donc y avoir là un cas curieux d'histogénèse, que je tâcherais d'élucider si la rigueur des règlements militaires me le permet (1). Quoiqu'il en soit, la cavité en question a l'aspect grossier d'une *niche en tour ronde*, d'autant que dans le bas se trouve une sorte de socle en relief formé par du bois nécrosé, presque pourri, reste du cylindre de bois, aubier et duramen compris, qui remplissait cette cavité. Du plafond de cette cavité, ainsi que du côté interne de son bord antérieur et supérieur partent de nombreuses racines, de grosseur variée, depuis 0^m,01 jusqu'à 0^m,04 de circonférence ; la

(1) Voir à la fin.

plus grosse adossée au fond de la cavité ; mais elle disparaît derrière une multitude d'autres moins grosses, situées au premier plan. Quelques-unes sont isolées et libres ; en plus grand nombre elles sont agglomérées et comme greffées par approche ; si plusieurs pendent librement en étalant leur chevelu, il y en a qui ont fini par s'implanter dans le socle en bois mort où il est impossible de les suivre. Toutes par leur ensemble forment pour ainsi dire des stalactites végétales dont les unes ne descendent qu'à quelques centimètres du plafond de la cavité ; les autres à quelques décimètres, d'autres enfin, les plus anciennes et par suite les plus grosses, ont pris elles-mêmes racine dans le bois mort, peut-être même dans le sol. Cet arbre m'a paru à cause même de ces racines si anormales, assez curieux pour que j'ai cru devoir le signaler dans mon cours à l'attention de mes auditeurs, entr'autres à celle de M. Roux, inspecteur des forêts. Je tenais à savoir si des cas semblables s'étaient présentés à lui dans sa savante pratique, et il m'a répondu qu'il n'en avait jamais vu *probablement parce que tout arbre quelque peu défectueux est éliminé.*

Vers le haut et au point où se trouve un lacis de grosses racines on voit se diriger de bas en haut et un peu en dehors un tronçon sec qui ne peut être que le bas d'une petite branche, vu sa direction qui prolongée passe évidemment en dehors de la tige et s'élève au-dessus du niveau supérieur de la cavité ; c'est la seule trace de broussins qu'on puisse y distinguer. La section nette de cette petite branche adventive prouve qu'elle est due à la serpette d'un jardinier ; d'ailleurs ce n'est pas la seule mutilation qu'aient subie toutes ces formations anormales ; car on voit que plusieurs racines ont été coupées ; moi-même j'en ai enlevé quelques-unes avant d'en fixer le dessin pour en étudier la structure anatomique, et m'assurer ainsi que

c'étaient de vraies racines. Telle est dans ces détails principaux cette formation bizarre de racines adventives.

Les partisans des théories de l'accroissement par formations descendantes, s'il en existe encore, ne manqueront pas d'invoquer ce cas à l'appui de leurs idées préconçues ; et de fait la simple apparence de toutes ces racines issues manifestement des couches externes de l'aubier ou de la zone génératrice rappelle tellement les idées des de la Hire, G. f. Mueller, de Agard, Daruin (Erasme), etc., surtout de Gaudichaud et du Petit-Thouars qu'on s'y laisserait convertir si les travaux si précis, si décisifs de M. Trécul n'avaient pas posé à cet égard des conclusions définitives (1). De ces travaux celui qui me paraît avoir le plus de rapport prochain avec le cas qui m'intéresse, c'est celui que cet éminent botaniste a présenté à l'Académie des sciences, le 14 mars 1853, et inséré dans le tome 20, page 497, des *Annales des sciences naturelles* et portant le titre de *Nouvelles observations relatives à l'accroissement en diamètre des arbres dicotylédones*. Seulement dans sa lutte contre les partisans de la théorie *phytonienne*, M. Trécul s'est plus appliqué à prouver que, soit les couches annuelles, soit les racines adventives, ne reconnaissent pas pour origine des *fibres radiculaires descendant des bourgeons et des feuilles*, qu'à chercher la cause directe de la formation de ces racines adventives. Or, c'est précisément cette cause que j'ai

(1) A. Trécul, Formations des vaisseaux, au-dessus des bourgeons soit adventifs, soit normaux ; Ann. sci.-nat., 4^e série, t. I, p. 41, et De l'influence des décortications annulaires sur la végétation des arbres dicotylédones, idem, t. III, p. 341, 1856. Idem, 3^e série, t. XIX. Origine et développement des fibres ligneuses ; idem. Nouv. observ. relativement à l'accroiss. en dia. des arbres dicot., 3^me série, t. XX, p. 197.

en vue dans ce mémoire, et je crois la trouver dans l'influence directe de la pesanteur.

La pesanteur, c'est-à-dire cette force constante et générale qui sollicite les corps à tomber sur la terre suivant la verticale du lieu, agit nécessairement sur toute cellule comme sur toute molécule. Seulement son action n'est pas isolée. Il y a toujours simultanéité de plusieurs forces concourantes, forces vitales et organisatrices, propriétés héréditaires, direction et vitesse d'un cours d'eau et des vents, influence de la chaleur, de la lumière, etc., toutes ces forces agissant ensemble sur un même tissu naissant peuvent changer et changent toujours les caractères morphologiques des organes. Aussi devient-il souvent extrêmement difficile, parfois impossible de discerner la part qui revient à chacune, et même il arrive que l'une des plus intenses d'entre elles n'est seulement pas soupçonnée. C'est là une des plus grandes difficultés qu'on rencontre en histogénèse et morphologie végétale. Notre but est d'appeler l'attention sur le rôle de la pesanteur dans un cas déterminé tel que celui qui nous occupe ; mais les rapports de cette force avec la plante sont les uns simples et évidents, les autres complexes et dissimulés, tels ressortissent à la mécanique, tels peut-être à la morphologie et à la physiologie. Qu'un saule pleureur (*salix babyl.*) que la Monnayère (*Lysimachia nummularia*) que la Pintadine (*fritillaria meleagris*) etc., etc., laisse retomber, traîner et pencher sa branche, sa tige et sa fleur, l'influence de la pesanteur est simple, manifeste et d'ordre mécanique. Mais si nous constatons des organes insolites, par exemple les Ascidies operculées de l'Utriculaire (*Utricularia vulgaris*), les vessies natatoires du Varec porte-poire (*macrocystis pyrifera*. Agard), les varices aërières de la feuille de *Victoria regia*, si nous nous demandons le *pourquoi* de ces formations, et de tant d'autres, crampons du Lierre, pelottes adhésives de l'ampè-

loppis, hederacea du *Bignonia capreolata*, vrilles si sensibles du *Passiflora-cœrulea* et *gracilis*, le problème se complique et l'action de la pesanteur quoique certaine, s'exerce dans des sens de plus en plus détournés, c'est elle dont l'influence qui eût été préjudiciable, a nécessité ces métamorphoses, c'est-à-dire ces transformations variées d'organes souvent de même ordre morphologique pour les adapter à de nouvelles fonctions. Le problème se complique bien davantage quand on observe cette étonnante propriété de *nutatio revolutiva* qui fait s'enrouler autour d'un support tant de plantes volubles, ici et rarement *sinistrorsum* (*humulus lupulus* L) là et le plus souvent *dextrorsum* *Igname* de la Chine (*convolvulus batatas*), *liseron des haies* (*calystegia sepium*) etc., etc., sans parler de toutes ces lianes à structure si anormale sur laquelle la pesanteur a peut-être eu quelque retentissement. Dans tous ces cas joints à beaucoup d'autres, le physiologiste voit dans la pesanteur non une cause efficiente, mais une cause occasionnelle et qui, si elle ne forme pas, elle provoque, tout au moins, nécessite. Mais au milieu de tous ces rapports si variés entre la pesanteur et la végétation, n'y en a-t-il pas quelques-uns qui montrent une influence directe et formatrice en même temps ? « *Si dans ces différents cas*, dit J. Sachs, la pesanteur agit sur l'arrangement des molécules organiques déjà combinées ensemble ; c'est une question tout autre de savoir si le poids de ces parties excessivement petite a une influence marquée, par exemple sur la formation de nouvelles cellules par division et sur leurs caractères morphologiques. » (1).

Les expériences sur les effets des *Annulations* partielles et totales sont particulièrement instructives et significati-

(1) J. Sachs, *Phys. végét.*, p. 100. Genève 1868.

ves : consultons-les en suivant l'ordre chronologique. Ce sont elles d'ailleurs qui ont éveillé notre attention sur la cause formatrice des racines adventives de l'orme de l'Ile-Verte.

Du Hamel (1) dans sa physique des arbres, a le premier fait remarquer que, dans certaines circonstances, de nouvelles racines se développent uniquement sur les parties dirigées vers le bas, de nouveaux bourgeons à feuilles sur celles qui sont tournées vers le haut. Cette remarque judicieuse, si elle se confirme dans la pluralité des cas, porte avec elle l'explication même des faits. Mais ce que Du Hamel et avant lui De la Hire, comme après lui Darwin, Knight, Henri Johnson et de nos jours Duchartre (2), Hofmeister, Sachs etc., cherchaient, c'était la cause explicative de la fixité de direction de la racine et de la tige, à savoir si cette fixité était due à l'influence de l'humidité ou de la pesanteur et l'on connaît les expériences assez curieuses que Knight (3) en particulier institua dans ce sens. Tous ces botanistes se sont demandé si la pesanteur intervient non dans la formation mais dans la seule direction des racines. Quant aux botanistes allemands, ils ont dirigé leurs études plus spéculatives qu'expérimentales vers un ordre d'idées si précieuses qu'il est difficile d'en tirer quelque conclusion vraiment scientifique. La théorie de la *tension des tissus* sortie des travaux d'Hofmeister (4) adoptée d'abord (5) et expliquée par J. Sachs, puis abandonnée (6) en par-

(1) Du Hamel, Phys. des arbres, t. II p. 137, etc.

(2) P. Duchartre, Infl. de l'humid. sur la dir. des racines. (Bulletin de la Soc. botan. de France; 111, 1856).

(3) Knight, Philos-Transactions, 1806, p. 99.

(4) Hofmeister in idem Bericht der K. Sachs. Genell. der sis, 1859. Idem, 1860 et Flora, 1862, n° 32.

(5) J. Sachs, Phys. végét., p. 492 et suivantes, 1868.

(6) Idem : Traité de botanique, p. 998 à 1001; 1874.

tie par ce dernier savant, à l'aide de laquelle, en faisant intervenir les *pressions actives et passives* des parois cellulaires, on croit expliquer par *géotropisme positif et négatif* la direction de la racine vers la terre, de la tige vers le ciel, ne fait point avancer d'un pas la science et jette plus d'ombre que de lumière sur ce point important de la physiologie végétale. D'ailleurs les observations de M. Johnson, d'après lesquelles la pointe de la racine se tourne également vers le bas quand on supprime sur elle l'action de la pesanteur, et quand on place un germe sur un plan horizontal et résistant, observations absolument exactes et si faciles à vérifier, prouvent avec la dernière évidence, qu'indépendamment de certaines forces extérieures, la pesanteur en première ligne, la direction de la racine reconnaît aussi pour cause, une action interne, une tendance native, due peut-être à une nature spéciale mais encore inconnue de ses cellules constitutives. Mais dire que si l'extrémité radiculaire d'un germe s'incurve vers le bas, et l'extrémité tigellaire vers le haut, ces deux effets contraires sont dus à la même cause qui d'un côté, *accroît les cellules inférieures plus que les supérieures et de l'autre, renverse son effet, en faisant croître les cellules supérieures plus que les inférieures correspondantes*, est une affirmation sans preuve, et dont la seule valeur fictive consiste dans les mots nouveaux et étranges dont on l'enveloppe. Sans plus nous distraire de notre but revenons à l'exacte observation des faits, à celle de Duhamel sur la position des racines adventives qui se *développent uniquement sur les parties dirigées vers le bas*, et voyons si d'autres observations ne s'ajoutent pas à celle-là pour la confirmer, l'étendre et finalement l'expliquer par l'influence immédiate de la pesanteur dans certains cas déterminés et en particulier dans celui de l'Orme de l'Ile-Verte.

Dans l'intention soit de prouver ou d'improver l'exis-

tence d'une sève descendante, soit d'établir expérimentalement la théorie de l'accroissement diamétral des dicotylédones, soit de faire avec Hanstein, Hartig, etc., le tracé des voies parcourues par les divers sucs, c'est-à-dire de les suivre dans leurs directions, soit enfin d'étudier les relations réciproques des racines avec les tiges, de l'écorce avec le bois, des feuilles avec divers produits de réserve, etc., les physiologistes ont institué un grand nombre d'expériences que nous rangeons sous le titre de conséquences de la *ligature et de l'annulation* (1). C'est un fait bien établi que la formation d'un bourrelet au-dessus d'une ligature ou à la lèvre supérieure d'une section annulaire de l'écorce ; mais ce phénomène acquiert une plus grande importance, lorsqu'il se répète invariablement dans le cas d'une double ligature ou d'une double section pratiquée sur le même sujet.

Duhamel, dans le but de vérifier les idées de Malpighi sur la formation du bois par le liber, enlève un anneau d'écorce sur un arbre et pour obvier à l'inconvénient grave du dessèchement, a l'idée de recouvrir la partie dénudée de tubes de verre hermétiquement fermés. De cette expérience si connue, je ne veux relater que les résultats suivants qui seuls intéressent mon sujet : « Le 8 avril, nous dit Duhamel, j'aperçus une *gourme* ou bourrelet galeux qui sortait d'entre le bois et l'écorce, *principalement* à la partie supérieure de la plaie ; vers le bas de cette plaie, il n'en parut qu'un fort petit..... au 18 avril, le bourrelet du *haut* de la plaie prit de l'étendue, celui du *bas* fit peu de progrès. Peu à peu les productions s'étendirent, *principalement en descendant* et la plaie se trouva cicatrisée sans que le bourrelet *inférieur* y eût presque contribué (2).

(1) Quelques botanistes disent annélation.

(2) Physique des arbres; édit. 1758, t. II, p. 42.

M. A. Trécul, dans son mémoire sur *l'accroissement des végétaux dicotylédones ligneux* (1), rapporte avec détails les résultats de ses expériences entreprises dans le même but qu'avait poursuivi Duhamel. Voici en ce qui concerne la formation du bourrelet des faits d'une importance capitale car il s'agit ici de deux annulations pratiquées sur le même arbre. Ces deux décortications annulaires furent pratiquées sur un Panlownia, le 40 avril, l'une supérieure, large de 5 centimètres..... l'autre inférieure, de 50 centimètres de longueur..... Le 2 décembre, il y a un *bourrelet à la lèvre supérieure* de la décortication. d'en haut, il n'y en a pas à sa lèvre *inférieure*. La lèvre *supérieure* de la décortication inférieure a aussi un *bourrelet très fort*..... le bourrelet de la lèvre inférieure est peu marqué. Dans une expérience semblable, mais sur un érable, (acer pseudo-platanus), commencée le 6 avril, examinée le 2 décembre, M. Trécul dit : « en ce moment, le *bourrelet supérieur* de la plaie la plus rapprochée des feuilles ne s'est formée que sur une partie de la circonférence ; il consiste en quelques protubérances développées du côté de l'ouest principalement.

Le *bourrelet supérieur* de la décortication inférieure, au contraire, est plus régulièrement formé tout autour de la plaie que le précédent. » (2).

« Le 26 avril, une décortication annulaire de 25 centimètres de longueur fut faite sur un tilleul de 7 centimètres de diamètre..... un *bourrelet considérable* s'est formé à la lèvre *supérieure*, celui de la lèvre *inférieure* ne consiste qu'en quelques tubérosités situées à l'ouest. » (3).

Mais nous devons aussi signaler deux expériences dans

(1) Ann. des sci.-nat., 3^e série, t. XIX, p. 175 et suiv.

(2) Trécul, L. ci., p. 179.

(3) Idem, p. 187.

lesquelles les faits ne sont pas aussi tranchés entre la lèvre supérieure et l'inférieure. Un noyer de 9 centimètres de diamètre fut soumis à une décortication annulaire de 25 centimètres de longueur. Le 12 juin on voit un bourrelet partiel à la lèvre supérieure, et un à la lèvre inférieure.

Le 3 décembre le bourrelet *supérieur* est *extrêmement* considérable, et l'*inférieur* est *assez gros* aussi (1).

L'autre expérience est encore plus curieuse et a donné des résultats un peu contradictoires, mais nous ne devons pas moins la rapporter..... Sur un Paulownia, deux décortications annulaires furent faites à 35 centimètres l'une de l'autre. *Décortication supérieure*; un bourrelet puissant existe à la lèvre supérieure; celui de la lèvre inférieure est faible (c'est normal).

Décortication inférieure. Il y a aussi un bourrelet assez fort à la lèvre supérieure, et un très *notable* à la lèvre inférieure (c'est un cas anormal mais unique).

M. E. Faivre par ses expériences de décortications sur le mûrier n'a pas apporté de résultats bien nouveaux, mais j'y trouve quelques faits intéressants et tout à fait en faveur de la thèse que je veux établir (2). Dans tous les cas d'incisions annulaires pratiquées sur l'écorce de la tige, M. Faivre a constaté la formation d'un bourrelet réparateur à la lèvre supérieure, jamais à la lèvre inférieure, mais de plus il a eu l'idée d'opérer sur l'écorce des racines. Voici les résultats : Expérience première, 1^{er} mai 1865. On pratique sur une volumineuse racine une incision de 2 centimètres..... 6 juin, accroissement déjà notable à la partie su-

(1) Trécul, p. 188.

(2) E. Faivre, Expériences sur les plaies de l'écorce par incisions annulaires. Ann. des sci.-nat., 5^e série, t. XII, p. 135 et suiv.

périeure, il s'y est formé un bourrelet très manifeste, 8 juillet, le bourrelet s'est développé : de son tissu sortent des fibres radicales de plus d'un décimètre de longueur..... Le 22 août, les fibres radicales émanant du bourrelet de la lèvre supérieure sont bien développées, et forment un abondant chevelu. Expérience 14^{me}, 15 mai 1864, incision annulaire sur une forte racine de Mûrier, 17 juin, la lèvre supérieure a pris une notable croissance, il s'est formé de haut en bas, à la face interne de l'écorce, une couche réparatrice.... 1^{er} juillet, du bourrelet de la lèvre supérieure naissent de jeunes radicules. Du 15 juin au 22 août, la croissance de ces radicules marche rapidement. »

Cette apparition de radicules au bord supérieur de l'incision annulaire sur une racine est intéressant et conforme à une formation du même genre constatée déjà par Duhamel, Knigt, Trécul, etc. sur la tige. Voici entr'autres deux cas remarquables rapportés par ce dernier savant.

« Le 6 avril 1852, une décortication annulaire de 22 centimètres de longueur fut pratiquée à 30 centimètres de terre environ, sur un orme..... dans la seconde semaine de mai, des racines adventives très nombreuses sont nées du bourrelet de la lèvre supérieure..... l'épiderme de ces racines était revêtu de poils très déliés et elles étaient terminées par une *pileorhize* bien conformée (1).

14^{me} expérience. Le 10 avril, un *Gleditschia* subit une décortication annulaire de 30 centimètres de longueur. (Cette décortication fut faite avec quelques détails accessoires.....) Il ne s'est pas formé de bourrelet à la lèvre inférieure et celui de la lèvre supérieure est peu considérable; mais depuis quelques jours (8 décembre), des racines

(1) A. Trécul, Accroissement des vég. dicot. ligneu. Ann. des sci. nat., 3^{me} série, t. XIX, p. 181.

adventives se sont montrées : quelques-unes sont sorties en soulevant et déchirant l'écorce çà et là. L'une de ces dernières, encore cachée sous le tissu cortical, fut examinée : on y remarquait son système central entouré de vaisseaux et le système cellulaire périphérique ou cortical. Son sommet était couronné par une jeune pileorhize. » (1)

Ces deux expériences si précises, M. Trécul les avaient certainement oubliées, puisque quatre mois après les avoir publiées, dans une communication faite à l'Académie des sciences, en date du 14 mars 1853, il s'exprime ainsi : « dans tous les cas dont j'ai donné la description, aucune racine adventive ne s'est manifestée à la lèvre supérieure des décortications, et aucun bourgeon adventif ne s'est développé soit sur les excroissances nées du jeune bois écorcé, soit... etc. » (2), c'est que M. A. Trécul, nous le répétons, a pour idée fixe, de combattre la théorie phytonienne de Gaudichaud ; la formation de racines adventives lui est évidemment désagréable et ce n'est qu'après avoir bien reconnu qu'elles n'ont en rien pu contribuer à la formation du nouvel aubier qu'il se décide à en parler. Voilà aussi pourquoi nous avons tenu à citer ses expériences de préférence à celles d'autres botanistes moins portés à passer sous silence l'existence soit d'un bourrelet, soit surtout de racines adventives à la lèvre supérieure. Quant à l'influence de la pesanteur sur de telles formations, il n'y a jamais pensé, pas plus que n'y ont pensé les autres expérimentateurs, peut-être Duhamel seul excepté.

La formation d'un bourrelet supérieur est donc un fait

(1) A. Trécul, L. C., p. 186.

(2) Idem : Nouv. obs. relat. à l'accroiss. en diam. des arbres dicot. Ann. des sci. nat. 3^{me} série, t. II, p. 197.

certain, surabondamment prouvé, et désormais en dehors de toute contestation. Il est également vrai que souvent des racines adventives se forment sous la lèvre supérieure de la décortication et que jamais on n'en a vu sur la lèvre inférieure où des bourgeons adventifs seuls peuvent se montrer exceptionnellement. Mais la pratique horticole de la *marcotte par circoncision* me paraît jeter une vive lumière sur la cause encore obscure de ces faits. Ce procédé de multiplication consiste, on le sait, à enlever au-dessous d'un œil ou bourgeon, un anneau d'écorce de manière à maintenir la sève descendante à la base de la lèvre supérieure et à y faire naître un bourrelet d'où partent les racines, ce résultat ne diffère de ceux de l'annulation par rien d'essentiel et doit reconnaître la même cause; cette cause est très généralement attribuée à la sève descendante et c'est avec une telle apparence de vérité qu'il est inutile de chercher à la nier. Mais il faut clairement s'entendre sur la vraie signification des termes. Si par sève descendante on entend un liquide nourricier allant du sommet organique à la base organique d'un membre, on sera tantôt dans la vérité et tantôt dans l'erreur; si par cette même expression on veut dire que les sucs élaborés ont une direction constante de haut en bas, on ne sera ni plus ni moins dans le vrai. La sève va toujours, n'importe la direction, du point où elle s'élabore: 1° aux endroits où elle est momentanément mise en réserve, 2° à ceux où elle est utilisée, soit dans le présent, soit dans l'avenir. C'est évidemment le bourrelet supérieur à une ligature ou à une décortication qui a suggéré l'idée de sève descendante qui n'a pas de sens vraiment physiologique. Des feuilles d'une branche de saule pleureur, c'est-à-dire du sommet organique, la sève se rend à la base organique de cette branche, mais c'est en montant, et dans la tige sa direction est descendante. Dans un tubercule de dahlia les

sucs en réserve se dirigent de bas en haut pour s'organiser en tige, branches et feuilles, et plus tard des sucS formés dans les feuilles par la chlorophylle sous l'action nécessaire de la lumière, les uns descendront pour tubérifier les racines, les autres monteront pour former l'embryon et sa nourriture. Dans tous ces cas et bien d'autres la sève a une direction physiologique, qui seule importe et si la pesanteur agit, ce qui est toujours vrai, son action est tellement annulée par d'autres forces qu'il n'y a pas lieu souvent d'en tenir le plus léger compte. Mais il n'en est pas toujours ainsi, et il est des cas où cette action de la pesanteur s'ajoute manifestement à la direction physiologique de la sève ; il en est même où elle agit presque seule, et alors on peut vraiment dire en prenant le mot dans son sens absolu qu'il y a une sève descendante, c'est-à-dire à laquelle la pesanteur imprime un mouvement mécanique de haut en bas. Le bourrelet supérieur de la racine adventive pourrait à la rigueur s'expliquer par la seule force de la végétation. Knigt, Mariotte, du Petit-Thouars, Gaudichaud et leurs partisans voyaient dans ce double phénomène la preuve directe de leur théorie de l'accroissement en diamètre des arbres ligneux. Selon leur hypothèse, des bourgeons ou *embryons fixes* ou du système descendant des feuilles partiraient des racines qui s'insinuant entre l'aubier et le liber formeraient une nouvelle couche de bois ; et ce seraient ces racines arrêtées dans leur cours descendant qui constitueraient précisément un bourrelet. L'Orme de l'Ile-Verte semble, nous l'avons dit, être une éclatante confirmation de cette hypothèse. Il est en effet hors de doute que si une ligature avait été opérée sur cet orme au niveau du point de départ de cette masse de racine, un énorme bourrelet aurait été produit. Mais sans refuser dans tous les cas, une participation quelconque aux bourgeons surtout aux feuilles, ce serait mal interpréter ce phé-

nomène de végétation que de le leur attribuer exclusivement. Nous disons qu'on ne peut pas nier dans tous les cas un certain rapport entre les faisceaux fibro-vasculaires de la feuille et ceux de la tige, car avec Nœgeli et Hanstein, il y a lieu de distinguer les faisceaux *propres à la tige* ou *caulinaires*, et les faisceaux *communs* à la tige et à la feuille, ce qui est ordinaire chez les phanérogames, où l'on voit chaque faisceau vasculaire de la tige former un arc dont une partie s'incurve dans le pétiole et l'autre descend dans la tige. Cette dernière parcourt souvent, ainsi que l'a montré Hanstein pour le *sambucus ebulus*, plusieurs entre-nœuds avant de s'accoler aux faisceaux qui descendent des feuilles plus anciennes et par conséquent plus bas situées; et comme la direction est rectiligne, il se forme ainsi chez plusieurs plantes annuelles, un cylindre de bois qui sépare la moëlle de l'écorce primaire. Dans de tels cas les faisceaux foliaires pourraient bien être comptés comme facteurs dans la production du bourrelet; mais il ne s'agit pas ici de plantes annuelles, ni de quelques autres vivaces et ligneuses qui présentent certaines anomalies de structure et de croissance. Il n'est question que de dicotylés normaux, de ceux qui entre le liber et le bois ont leurs faisceaux libéro-ligneux ouverts, c'est-à-dire muni d'un arc cambial ou générateur, en un mot de l'immense majorité des arbres dycotylédonés; rien de tel n'existe et ne saurait exister. Le bourrelet est uniquement dû à une accumulation de sève, capable de s'organiser, et qui sous l'influence directe, active et continue de la pesanteur ne produit que des racines. Car si des faisceaux radicellaires ne descendent pas des feuilles, si la feuille et l'axe dont elle est un appendice naissent en même temps, il part quelque chose des feuilles, de la sève élaborée qui tantôt monte, tantôt descend, selon le lieu de son emploi, en restant cependant toujours soumise à la *gravité* dont le

rôle devient manifeste dans les expériences d'*annulation*. C'est ce qu'exprime clairement la célèbre expérience de Knight sur une bouture renversée. Il planta, le sommet en bas, une tige de groseiller (à laquelle il avait enlevé un anneau d'écorce ; le bourrelet se forma encore à la lèvre *supérieure* de l'anneau, gardant ainsi un rapport constant avec la terre, sous l'action de la pesanteur (1). Cette expérience me paraît si lumineuse, si décisive que j'ai voulu m'en rendre témoin en la répétant sur le groseillier épineux (*ribes uva crispa*. Lamk.); à cet effet et pour avoir des sujets de comparaison, j'ai pratiqué sur des branches de l'an dernier une annulation de 5 millimètres en en plantant trois dressées et trois renversées : toutes, à l'exception d'une de ces dernières qui est morte, m'ont donné le résultat obtenu par Knight ; mais les bourrelets des boutures renversées sont cependant moins gros que ceux des boutures dressées, il n'y a pas encore trace de racines adventives.

Je ne vois d'autres causes à invoquer dans ces cas que l'influence de la pesanteur. En enlevant un anneau d'écorce la sève a perdu son équilibre, c'est-à-dire n'est plus vis-à-vis des tissus qui la contiennent dans les mêmes rapports. Ceux de ces tissus qui sont coupés se vident et amènent ainsi vers eux un appel de sève par osmose récurrente, dont le but final est de cicatrifier la plaie ; mais cette osmose a été déterminée parce que les tissus blessés se sont vidés sous l'action de la pesanteur ; le point d'appui de la colonne séveuse a fléchi, s'est dérobé sous elle, de là, une direction nouvelle dans son cours pour les boutures renversées et une cause d'accélération pour les boutures dressées, surtout pour les arbres debout, dont une partie de

(1) Knight, *Philos. transac.*, p. 183 ; 1804.

la sève a un cours descendant pendant toute la période de végétation. Mais là ne s'arrête pas l'action de la pesanteur, elle se continue et produit des effets encore plus directs en exerçant une influence sur le mécanisme de l'accroissement et les caractères morphologiques des organes. Il n'est pas ici question de savoir si c'est à cette influence qu'obéit la racine principale des végétaux ; les expériences de Knight sur les effets de la force centrifuge ne sont qu'en rapport médiat avec le cas actuel, car je ne me demande pas si la racine se dirige vers la terre uniquement à cause de son poids relatif, ce que d'ailleurs je ne crois pas, mais si tels sucS élaborés, accidentellement libres de toute relation organique et physiologique, s'organisent en racines parceque la pesanteur s'exerce presque isolément sur eux. Dans le premier cas, celui où l'embryon se développe, la pesanteur agit sur l'organe déjà formé, dans le second sur la formation de l'organe ; ayant ainsi la valeur d'un changement de milieu. Ce serait donc une cause extérieure provoquant une organisation propre et transformant en racine les éléments destinés dans les circonstances normales à l'édification de la tige. D'ailleurs les éléments organiques d'une racine adventive et leurs rapports ne diffèrent certainement pas assez des éléments organiques des faisceaux libero-ligneux de la tige et de leurs rapports entre eux pour que l'action prépondérante d'une force mécanique telle que la pesanteur soit reconnue incapable de déterminer le petit total de leurs différenciations. Comment pourrions-nous autrement nous rendre compte d'une apparition d'organes jusqu'à un certain degré hétérogènes au milieu d'organes qui ne les contiennent jamais à l'état normal et naturel ? Faudrait-il admettre qu'il y a des cellules spécialement destinées, les unes au bois de la tige, les autres au bois de la racine et que ce sont ces dernières qui, troublées dans leurs cours

se sont groupées et organisées en chemin, en amont de la place qui leur était assignée ? Une telle hypothèse a tout contre elle et rien pour elle. Wolkoff de Wurtzbourg n'a pas hésité, il est vrai, d'entrer dans ce courant d'idées par impuissance à s'expliquer pourquoi telle cellule était positivement et telle autre négativement sensible à la lumière ; mais bien qu'un botaniste distingué, J. Sachs, se rallie à une telle hypothèse (1), nous restons convaincu qu'il y a dans ce raisonnement plus de métaphysique, que de vraie science et qu'une légère transformation de tissus due à des circonstances nouvelles suffit pour expliquer ici la présence de ces racines adventives et de celles qui partent du bourrelet supérieur. Comme exemple de certains effets de la pesanteur, de l'allongement anormal qu'elle imprime aux tissus végétaux en les étirant pendant leur formation même, je citerai un exemple curieux de mycelium de champignon que j'ai fait photographier pour les collections de la Faculté des sciences. Dans une cave creusée sous la montagne de la Bastille et dont les parois suintent d'eau d'infiltration, des planches, les unes debout les autres de plat au-dessus des premières, sont entièrement recouvertes d'un mycelium d'un blanc de neige et floconneux ; les planches verticales ne présentent rien de bien particulier, mais de la face inférieure des planches supérieures et horizontales, pendent des flocons de mycelium de longueurs différentes qui varient de quelques centimètres à trois mètres ; ces derniers vont bientôt toucher le sol, ce sont des stalactites de cellulose sous l'aspect de longs et gros cordons à sonnette. L'eau tombe goutte à goutte de la partie inférieure renflée, qui en est imbibée comme une éponge, c'est la même production qu'a trouvée

(1) J. Sachs, Bot., p. 92

L'Héritier dans les souterrains de l'Observatoire, et appelée *Bissus elongata* (1). Cette élongation énorme reconnaît de toute évidence pour cause l'action de la pesanteur ; les cellules dans un état constant de tension et lestées par l'eau qui les imbibe se sont multipliées en s'étirant et les cloisons transversales qui divisent les longs filaments en faux entre-nœuds sont extraordinairement espacées. Voilà donc un exemple positif de l'influence de la pesanteur sur la multiplication, la structure et la direction de cellules végétales et cet exemple nous révèle la cause, qui est la même, du développement des racines adventives qui encombrèrent la cavité de l'orme de l'Ile-Verte. A la surface de la plaie primitive il existait des tissus organisables, remplis de matériaux de réserve, sous l'action de la sève descendante qui les a distendus par son poids en les nourrissant, ils se sont multipliés de haut en bas, ont ainsi formé des racines parce qu'ils s'organisaient dans le vide de la cavité, soumis à la pesanteur et aux actions atmosphériques ; et si par les progrès de la végétation ces racines arrivent à se greffer par approche et les bords de la cavité à se toucher et à se souder ; une coupe transversale et longitudinale de cette partie du tronc montrera une structure bien autrement anormale que la plus anormale des plantes qui composent la classe artificielle des Lianes.

Ces racines et leur direction ne sont donc dues ni à l'influence de l'humidité, ni à celle du sol, ni à celle de la lumière ni à un *système descendant* des bourgeons ou des feuilles, elles se sont formées sous l'influence de la pesanteur, et du Hamel a eu raison de dire que « *dans certaines circonstances, de nouvelles racines se développent uniquement sur*

(1) Lamarck E. Candoll, Flore française, t. II, p. 67.