

L'ÉNERGIE DE LA VÉGÉTATION

OU APPLICATION

DE LA THÉORIE MÉCANIQUE DE LA CHALEUR

A LA PHYSIOLOGIE DES PLANTES;

PAR

Édouard MORREN,

Membre de l'Académie royale de Belgique, professeur à l'Université de Liège.

Extrait des *Bulletins de l'Académie royale de Belgique*, 2^me série, t. XXXVI, n^o 12;
décembre 1873.

DEUXIÈME ÉDITION.

LIÈGE,
AUX BUREAUX DU SECRÉTARIAT, BOVERIE, N^o 1.

—
1876

Mich. 1912
26073

Les relations entre la chaleur et la végétation, spécialement au point de vue de l'intervention dynamique de la chaleur dans la physiologie des plantes⁽¹⁾.

L'action de la chaleur sur les végétaux est une grande et belle question à étudier : elle pénètre dans l'essence même de l'activité vitale. On l'éclucide lentement à mesure que la physique et la chimie progressent dans la connaissance des corps et des forces.

En présence d'une question aussi vaste, il importe de préciser le côté par lequel on l'aborde.

La chaleur a de l'influence sur la croissance des végétaux⁽²⁾,

(1) Lecture faite dans la séance de la classe des sciences du 8 novembre 1873 et imprimée dans la séance du 13 décembre suivant.

(2) Voy. J. Sachs, *Ueber der Einfluss der Lufttemperatur und des Tageslichts auf die stündlichen und Taglichen Änderungen des Längenwachstums der Internodien*, dans : *ARB. DER BOTAN. INSTIT. IN WÜRZBURG*, 1872 2^e livr., — analysé dans le *Bull. de la Société botanique de France*, R. B., 1872, p. 223.

sur la circulation des sucs, sur l'élaboration cellulaire, sur la respiration et sur bien d'autres phénomènes que nous n'avons pas à considérer ici.

Nous avons à nous occuper seulement des relations de la chaleur avec le développement des plantes et particulièrement avec les phénomènes périodiques de la végétation : ainsi limitée, la question est encore assez étendue pour qu'on puisse la parcourir sur des voies différentes.

Jusqu'ici elle a été étudiée plutôt par l'observation que par la méthode expérimentale. On s'est adonné, avec le zèle le plus louable, à l'observation des phénomènes périodiques; on a observé la température sous laquelle ces phénomènes se manifestaient et l'on a cherché à en déduire les relations de la cause à l'effet.

I. Les phénomènes périodiques considérés comme des faits, indépendamment de toute discussion, font connaître l'époque à laquelle se manifeste le phénomène que l'on considère, la date moyenne de cette manifestation et les écarts dont elle est susceptible.

A la suite d'observations suffisamment répétées, on établit ainsi le calendrier d'une flore déterminée, on trouve d'intéressantes comparaisons entre les divers éléments dont cette flore se compose, par exemple, selon l'origine ou la nature des espèces; entre la végétation et le règne animal, comme la migration des oiseaux ou les métamorphoses des insectes; entre les flores des diverses régions géographiques et même entre plusieurs époques plus ou moins éloignées d'une même flore.

II. Cette dernière considération conduit à envisager la ma-

nifestation des phénomènes périodiques dans leurs rapports avec le climat et particulièrement avec la chaleur. Dès lors on s'appuie sur les faits pour en chercher les relations; on compare entre eux des climats différents et des flores éloignées; on aborde même l'équation de la chaleur et du phénomène.

De nombreuses observations ont été accumulées dans cette direction et des théories assez divergentes ont été proposées pour rendre compte des rapports entre la température et la végétation. Ad. Quetelet en a été l'ardent promoteur en Belgique et il a produit à ce sujet les documents les plus nombreux et les plus utiles. Des travaux importants ont été aussi publiés dans d'autres pays; sans répéter à ce propos un historique bien connu ⁽¹⁾, nous mentionnerons ceux de F.-C. Schübeler, Herm. Hoffmann ⁽²⁾, Charles Fritsch ⁽³⁾, Charles Linsser ⁽⁴⁾, Guillaume Kabsch ⁽⁵⁾.

Dans ces ouvrages et ceux de Quetelet, on trouve la citation des autres sources à consulter. Les observations de Fritsch, Kabsch et Linsser sont considérables; il importe, nous paraît-il, d'en dégager tout ce qui est définitivement acquis à

(1) Voy. Éd. Morren, *Mémorandum des travaux de botanique*, 1872, p. 72.

(2) H. Hoffmann, *Witterung und Wachstum oder Grundzüge der Pflanzenklimatologie*, Leipzig, 1857; 1 vol. in-8°.

(3) Karl Fritsch, *Resultate mehrjähriger Beobachtungen über jene Pflanzen...* Prag, 1851. — *Untersuchungen über das Gesetz des Einfluss der Lufttemperatur...* Wien, 1858. — *Termische constanten für die Blüthe und fruchtreife von 889 Pflanzenarten*. Wien, 1863. *Phaenologische Beobachtungen aus dem Pflanzen und Thierreiche*. Wien, 1869.

(4) Carl. Linsser, *Die periodischen Erscheinungen des Pflanzenlebens*, MÉM. DE L'AC. IMP. DE ST-PÉTERSBOURG, VII^e série, t. XI, n° 7, 1867. — *Untersuchungen über die periodischen Lebenserscheinungen der Pflanzen*, MÉM. DE L'AC. IMP. DE ST-PÉTERSBOURG, VII^e série, t. XIII, n° 8, 1869.

(5) W. Kabsch, *Ueber die Vegetationswärme der Pflanzen und die Methode sie zu berechnen*. — *Das Pflanzenleben der Erde*, Hannover, 1870, 1 vol. in 8° (posthume). — On trouve la traduction, par M. Ch. Firket, du chapitre *la chaleur et la végétation*, dans la *Belgique horticole* 1872 et 1873.

la science et, dans l'intérêt même des recherches qui sont poursuivies en Belgique, de les mettre en parallèle avec celles qui ont été publiées par l'Académie et par l'Observatoire. Ce travail est ardu et pénible et il réclame une attention soutenue : nous ne pouvons prévoir quel en serait le résultat, mais nous pensons qu'il est demandé par la 3^e question du programme de concours de la classe des sciences pour 1873. Nous ne l'avons pas entrepris nous-même, mais l'attrait de ce genre d'études nous invite à présenter quelques considérations qui s'y rattachent.

Jusqu'ici, pour déterminer la température qui agit sur la végétation, on se borne à comparer les indications du thermomètre et les phases de la végétation, et, comme on observe généralement un thermomètre placé à l'ombre, ses indications ne sont rigoureusement applicables qu'aux végétaux qui se développent dans les mêmes conditions. Les expériences connues du comte de Gasparin et de M. Alph. de Candolle, sur l'influence de la radiation solaire, ont donné des résultats contradictoires et ne suffisent pas pour asseoir une opinion définitive. On peut considérer cette influence soit au point de vue du temps nécessaire pour la manifestation d'un phénomène de végétation, soit sous le rapport de la quantité du produit.

Plusieurs autres circonstances peuvent d'ailleurs intervenir, parmi lesquelles nous citerons la chaleur accumulée dans le sol autour des racines, même par une seule journée sereine; le refroidissement plus ou moins rapide et profond du sol par l'effet de la gelée ou du rayonnement ⁽¹⁾ ; la chaleur que l'eau absor-

(1) Ch. Martins, *Du refroidissement nocturne*, etc. Montpellier, 1863, in-4°. — M. Becquerel a fourni récemment des données nouvelles sur ce sujet : *Comptes rendus*, 10 février, 1873, p. 310.

bée par les racines répand dans l'organisme; la chaleur dépensée par la transpiration des feuilles; la résistance plus ou moins énergétique des végétaux à l'échauffement ou au refroidissement atmosphérique; l'influence du vent et de l'état hygrométrique de l'air, etc. Il faut aussi tenir compte de la durée de l'influence échauffante ou refroidissante. Ainsi l'*Agave americana* peut endurer — 6° R. pendant un temps court et il n'est pas en état de résister longtemps à une température de + 4°. De même que pour la chaleur, les plantes alpines mourraient bientôt si elles devaient être exposées plusieurs jours à une température uniforme de + 10°, tandis qu'elles se plaisent à recevoir passagèrement une chaleur plus élevée. On doit reconnaître aussi, au moins chez la plupart des plantes cultivées, sinon une acclimatation absolue, au moins une accommodation incontestable à des climats dont la chaleur est différente. Des races précoces se forment, tant chez des végétaux annuels, comme le pois et le maïs, que chez des espèces pérennantes, comme la pomme de terre, ou ligneuses, comme le poirier, et ces races réclament moins de chaleur pour mûrir leurs fruits que les variétés tardives. On ne saurait perdre de vue l'influence de l'atavisme et de certaines habitudes invétérées chez des végétaux. C'est ainsi que la flore du cap de Bonne-Espérance introduite dans nos cultures européennes continue, au moins pendant un certain nombre d'années, en dépit des excitations de notre climat, à fleurir en hiver et à demeurer en repos pendant notre été. Il en est de même pour la végétation australienne. La chute des feuilles en automne chez la plupart des arbres septentrionaux peut aussi être considérée comme une habitude que ces arbres perdent quelquefois sous des régions plus mé-

ridionales. Le fait a été constaté pour le prunier et pour d'autres arbres.

Les travaux de Charles Linsser, qui ont porté sur un nombre considérable de faits, ont établi, conformément à l'opinion de M. A. de Candolle (1), de M. Schübeler (2) et de nous-même (3), que les habitudes invétérées par l'action du climat originel interviennent dans la manifestation des phénomènes de la végétation. D'après Ch. Linsser : 1^o les végétaux du Nord, transplantés dans le Sud, y deviennent plus précoces que ceux du Nord, et les végétaux du Sud, transportés dans le Nord, y restent en retard sur ceux-ci; 2^o les végétaux des montagnes et ceux de la plaine se conduisent réciproquement de la même manière quand on les change de région.

M. Ch. Martins a constaté le même fait (4). L'hiver rigoureux de 1870 à 1871 lui a donné l'occasion de remarquer que, parmi les plantes *actuellement indigènes* aux environs de Montpellier, ce sont les espèces appartenant réellement à des groupes exotiques qui ont été atteintes.

C'est aussi l'opinion exprimée par M. Wladimir Koeppen, dans son important mémoire sur *la chaleur et la croissance des végétaux* (5). Il estime que « les espèces ont dû prendre l'habitude de phases périodiques parce qu'elles ont dû subir la

(1) Voy. Alph. de Candolle, *Géogr. bot.* p. 47. et *Arch. de la Biblioth. univ. de Genève*, juin 1872.

(2) Voy. *la Belgique hort.*, 1863, p. 145.

(3) *L'Acclimatation des plantes*. Gand, 1863. br. in-8^o.

(4) *L'Hiver de 1870-71, dans le Jardin des Plantes de Montpellier*. — MÉM. DE L'ACAD. DES SCIENCES ET LETTRES DE MONTPELLIER, t. VII, p. 327.

(5) *Wärme und Pflanzenwachsthum*, dans les BULL. DE LA SOC. DES NATUR. DE MOSCOU, 1870, p. 41.

périodicité des phénomènes atmosphériques et s'y accommoder pour vivre, et cette habitude est invétérée à ce point qu'elles conservent ces phases même quand il n'existe plus de périodicité dans les agents du monde extérieur, comme sous le climat de Madère. »

Les phénomènes sur lesquels l'attention des phénologues s'est portée jusqu'ici, savoir la feuillaison, la floraison, la maturation et l'effeuillaison, ne sont point les seules étapes de la végétation qu'il y ait à considérer : la germination naturelle et le gonflement des bourgeons ont aussi de l'importance et ne devraient pas être perdus de vue.

En ce qui concerne la floraison, on peut remarquer que la formation des boutons est un autre phénomène que l'épanouissement des fleurs. Cette formation n'est pas sous la dépendance exclusive de la chaleur, mais beaucoup d'autres circonstances interviennent. On assure, par exemple, que la vigne cesse de fleurir sous la zone intertropicale. De même les plantes boréales ou alpines, transportées dans la plaine ou sous des latitudes trop douces, développent volontiers un feuillage exubérant, mais cessent de fleurir. On peut citer le *Soldanella alpina*, le *Primula minima*. Il faut, pour amener la formation des boutons, c'est-à-dire ce qu'on peut appeler l'anthogénie, certaines circonstances autres que celles qui dépendent de la chaleur, par exemple, un certain âge. Mais, chose bien remarquable, l'âge de tous les individus issus de la multiplication d'une même souche se compte comme s'ils étaient restés unis à cette souche. Nous avons signalé la floraison simultanée dans les cultures européennes du *Gincko biloba*, du *Virgilea lutea*, du *Cedrus Libani*, du

Saxe-Gothaea conspicua, sous les circonstances les plus différentes (1).

On sait aussi que dans notre flore forestière et rurale les boutons se forment, en général, pendant l'année qui précède leur épanouissement. Tout n'est donc pas calorodynamie dans la floraison. La chaleur a surtout pour effet de mettre le végétal à même de préparer les matières plasmiques qui doivent être utilisées par la floraison.

En résumé, nous nous sommes efforcé de faire voir par ce qui précède que dans la feuillaison, la floraison, la maturation et la défeuillaison, il se manifeste des phénomènes indépendants de l'action de la température.

Si maintenant nous avons à nous occuper de cette température, nous constatons dans chaque espèce végétale un zéro physiologique, c'est-à-dire un point de l'échelle thermométrique au-dessous duquel la chaleur est inefficace. Chez certaines espèces alpines ou boréales, telles que le *Galanthus nivalis*, le *Soldanella alpina*, ce zéro idiosyncrasique coïncide à peu près avec celui du thermomètre, mais il est à + 4° R. pour l'orge, à + 4°, 8 pour le froment, à + 12° ou 13° pour le cocotier. M. Alph. de Candolle appelle chaleur inutile toute celle qui ne produit pas cette température minima et il a fait remarquer, avec raison, qu'il faut l'éliminer des calculs, c'est-à-dire que l'on doit seulement tenir compte de la température moyenne des jours où la chaleur a dépassé ce minimum spécifique. Selon Kabsch, dont les idées me semblent devoir être prises en considération, la chaleur de la nuit, c'est-à-dire

(1) Voy. *Acclimatation végétale et la Belgique horticole*.

la chaleur qui intervient en dehors de la lumière pendant le repos physiologique des végétaux, est également de la chaleur inutile et elle devrait être éliminée. Dans cette opinion, ce n'est pas la température moyenne du jour entier qu'on doit faire intervenir, mais bien celle des heures de la journée : c'est ce que Kabsch appelle le *jour de végétation*. Les températures ainsi évaluées deviennent plus élevées. La longueur de la journée étant très-variable suivant les saisons et les latitudes, au moins en dehors de l'écliptique, il en résulte que la chaleur utile varie selon les mêmes circonstances. Il ne saurait être indifférent qu'une chaleur moyenne de $+ 16^{\circ}$ agisse pendant 12 heures du jour, comme c'est le cas sous l'équateur, ou pendant 18 à 20 heures, comme il arrive dans les régions polaires. On explique de cette manière, pour une certaine part, la rapidité extraordinaire de la végétation dans les contrées septentrionales. Kabsch, en appliquant sa méthode, a été amené à un résultat qui s'éloigne de l'opinion la plus générale, savoir que les sommes de chaleur nécessaires pour les diverses périodes de la végétation d'une espèce, telles que la germination, la floraison, la fructification, sont fort rapprochées les unes des autres. Le même savant, enlevé prématurément de ce monde, a formulé, avec beaucoup de précision, les trois lois suivantes de physique végétale :

1. Il existe pour chaque plante sur l'échelle thermométrique un minimum et un maximum entre lesquels l'espèce est capable d'exercer normalement ses fonctions organiques.

2. Toute germination, toute évolution, toute maturation exige un certain degré de température, très-variable suivant les espèces.

3. Chaque espèce végétale, pour parcourir les diverses phases de son existence, exige une certaine quantité de chaleur.

Ainsi la vigne, par exemple, se maintient entre -19° et $+20^{\circ}$, mais elle n'entre pas en activité sous une température inférieure à $+8^{\circ}$ et elle exige pour donner du vin potable 2900° .

Des expériences devraient être faites pour vérifier et pour appliquer ces lois.

Déjà M. Hugo de Vries ⁽¹⁾, en étudiant l'influence de la température sur la germination, a constaté qu'il existe pour chaque espèce un point d'élection où la croissance se fait avec plus de rapidité qu'à toute autre température, et qu'au-dessous de ce point, la longueur atteinte augmente, tandis qu'au-dessus elle diminue à mesure que la température s'élève. Ce résultat est conforme à la seconde loi de Kabsch. Il résulte aussi des expériences du même naturaliste néerlandais que, pour la majorité des végétaux observés, la température, limite de la vie se trouve entre 45° et 47° dans l'eau, et entre 50° et 52° dans l'air ou dans la terre sèche. Comme, d'autre part, la limite inférieure de l'action calorifique se trouve à 0° ou dans son voisinage, on voit que les limites entre lesquelles les expériences doivent être instituées, ne sont point fort éloignées l'une de l'autre.

Il nous semble que les observations des périodiciens ont donné à peu près ce qu'elles peuvent, au moins en ce qui con-

(1) *De invloed der temperatuur op de levensverschynselen der planten*, in de : *NEDERLANDSCH KRUIDKUNDIG ARCHIEF*. 2^e série, t. 1, pp. 23-49, 1870.

cerne les faits observés et qu'il est nécessaire d'étudier désormais l'action de la chaleur par la méthode expérimentale.

III. Un problème de la plus haute importance et qu'on a trop négligé jusqu'ici est celui des rapports de la chaleur reçue avec le poids acquis par la plante sous l'action des rayons solaires et spécialement avec la quantité de carbone fixée dans la matière organique. D'après ce qu'on sait actuellement, on estime que, sous un climat tempéré, un hectare de prairie ou de culture fixe en une année de 1,500 à 6,000 kilogrammes de carbone et que pour ce travail les organismes végétaux utilisent entre 1 et 4 millièmes de la chaleur qui arrive par la radiation solaire sur l'espace qu'ils occupent (1).

Il est évident que les quelques phénomènes sur lesquels s'est portée l'attention des périodiciens, germination, feuillaison et les autres ne sont que des étapes, des points de repère plus ou moins conventionnels dans la vie des plantes. Ils sont tous des actes de croissance : or, toute croissance suppose mouvement ; tout mouvement nécessite une dépense de force ; toute dépense de force est une transformation de chaleur.

On sait qu'il existe un état statique de l'azote, un azote neutre dans lequel baignent les êtres vivants en ne lui demandant rien que le milieu pour l'existence et qu'il existe aussi un état dynamique de l'azote, un azote organique, qui est engagé dans des combinaisons actives et qui est l'élément vivant par excellence. Il nous semble qu'il faut aussi distinguer deux manifestations différentes de la chaleur. Il y a la température

(1) Voy. Ed. Becquerel, *La Lumière*, 1868, t. II, p. 288.

dans laquelle baignent les organismes et dans laquelle ils peuvent seulement manifester leur activité ; et il y a aussi une action du calorique qui intervient mécaniquement ou chimiquement par ces transformations dans les phénomènes biologiques. Ce calorique, dont on peut suivre la dépense et la restitution dans les phénomènes mécaniques comme dans les actes biologiques, est celui-là même qui agit avec la lumière et qui, dans les plantes, intervient pour la réduction des composés minéraux et s'engage dans l'élaboration des substances organiques. On peut affirmer que les plantes vertes sont, en vertu de leur activité organisatrice, la seule source première de tout mouvement organique. Chez tous les végétaux verts, les faits essentiels sont les mêmes ; bien qu'ils fonctionnent sous les climats les plus différents, tous élaborent des substances hydrocarbonées et quaternaires. Par ce travail il y a production de composés endothermiques.

Il y a aussi chez les végétaux des phénomènes de mouvement : pour le transport de la plus infime molécule depuis l'extrémité de la racine qui l'a absorbée jusqu'au sommet de la cime, il y a mouvement et, quelque faible qu'il puisse être, s'il n'est pas produit par un autre mouvement préexistant, il ne peut être attribué qu'à la transformation du calorique.

Il nous paraît que la chaleur utilisée, c'est-à-dire réellement absorbée pour la manifestation de ces phénomènes d'élaboration et de croissance, peut être déterminée sous forme de calories ; en d'autres termes, qu'on arrivera, par la physique végétale, à la détermination de l'équivalent mécanique de la chaleur dans le travail organisateur des végétaux. Cette recherche n'est pas, comme on le voit, la même que celle qui consiste à constater

entre quels degrés thermométriques se manifestent les phénomènes de la végétation. Il faudrait chercher à déterminer la chaleur engagée dans les substances qui jouent un rôle actif dans l'organisme et, s'il est permis de l'espérer, le rapport de la chaleur nécessaire pour leur production avec celle qui se dégage pendant leur décomposition. Nous avons spécialement en vue la fécule. C'est dans cette direction qu'on découvrira l'origine de tout mouvement organique, car de même que la force est distincte du mécanisme et seulement dirigée par ce mécanisme, de même la force est distincte de l'organisme et seulement coordonnée par lui.

Nous avons vu précédemment que, d'après quelques données fournies par Chevandier et Boussingault, M. Edm. Becquerel a pu fixer à 4 ou 5 millièmes de la chaleur fournie par les rayons solaires, la proportion de chaleur fixée par la végétation pour la réduction de l'acide carbonique et la fixation du carbone. Cette proportion s'augmenterait un peu si l'on tenait compte de l'hydrogène fixé et de quelques autres corps combustibles engagés dans les combinaisons organiques par le travail réducteur des végétaux. Mais la chaleur ainsi engagée dans le travail organisateur et chimique des végétaux n'est pas la seule qu'il faille considérer pour le calcul de la mécanique végétale. Il faut aussi déterminer la dépense effectuée par le végétal lui-même (1).

Un corps qui tombe produit de la chaleur; une pomme, par exemple, en se détachant de l'arbre, manifeste ce phénomène.

(1) Ed. MORREN, *La Lumière et la végétation*, dans la BELGIQUE HORTICOLE, 1863, p. 163. Voy. aussi A. SANSON, *Détermination du coefficient mécanique des aliments*, dans les COMPTES-RENDUS, 16 juin 1875, p. 1490.

On pourrait réfléchir sur les lois en vertu desquelles cette pomme est montée à l'arbre, car bien évidemment elle ne s'y est pas élevée toute seule. Sauf une légère réserve pour un peu de carbone emprunté par elle à l'air ambiant, toute la substance dont elle se compose a été élevée du sol à la hauteur où elle se trouve. Cette élévation suppose un certain travail mécanique proportionnel au poids de la pomme et à la hauteur à laquelle elle se trouve au-dessus des racines. Lors de la chute du fruit, ce travail est reproduit sous forme de mouvement et quand celui-ci est arrêté, il se transforme en chaleur. A moins de supposer que les corps puissent *créer* du mouvement et de la chaleur, il faut bien reconnaître que c'est la chaleur des rayons solaires qui a porté la pomme à la hauteur où elle se trouve. Il en est de même des feuilles, des rameaux, des branches, de tous les organes et de tous les tissus. Il importe donc de faire entrer ce travail mécanique en ligne de compte dans le calcul de la chaleur solaire utilisée.

Mais il importe aussi de savoir que l'action des rayons solaires sur la matière ainsi mise en mouvement dans les végétaux n'a pas été directe ni immédiate. C'est le propre de ces organismes d'une puissance merveilleuse d'engager la chaleur dans des substances organisées par eux. Quand des actes de croissance ou, ce qui revient au même, quand des phénomènes de mouvement se manifestent, c'est dans la désorganisation de ces mêmes substances que les organismes trouvent la force nécessaire pour les accomplir. En effet, tout mouvement intime dans l'organisme, toute croissance, toute circulation se manifestent par un acte de respiration pendant lequel il y a dégagement de chaleur : une partie de cette chaleur est utilisée sous forme de

mouvement organique et le surplus se dégage sous forme de température. L'action des rayons solaires sur les mouvements organiques est donc indirecte et médiata.

En résumé, la chaleur utile représentée par un végétal consiste dans un travail d'organisation ou travail chimique que l'on peut reproduire en brûlant le végétal et dans un mouvement ou travail physique que l'on peut également reproduire par le poids de l'être multiplié par sa hauteur.

Nous ne nous occupons pas ici du travail dépensé pendant sa formation et qui n'est pas fixé en lui-même, par exemple, pour son évaporation, etc.

Ce que nous venons d'établir permet déjà de poser en loi que, toutes choses égales d'ailleurs, la quantité de carbone fixée par une végétation, est en raison de sa moindre élévation, par cette raison que celle-ci suppose une moindre dépense de mouvement. Ainsi, un jeune taillis doit, à surface foliaire égale, fixer plus de carbone qu'une futaie élevée. Ainsi s'explique aussi qu'un végétal recépé sur sa souche émet l'année suivante des pousses élevées et robustes.

On ne serait pas fondé à invoquer ici, pour expliquer l'élévation de la matière végétale depuis le sol jusqu'à la branche, des causes de mouvement qui pourraient être différentes du calorique, comme la capillarité et la diffusion, car on serait forcé d'admettre cette impossibilité que la chaleur pourrait être créée. La capillarité et la diffusion ne sont point des causes de mouvement, mais des conditions du mouvement. Puisque la pomme en tombant développe de la chaleur, il en résulte que c'est la chaleur qui l'a élevée.

La propriété des organismes végétaux de condenser la cha-

leur et le mouvement à l'état potentiel constitue ce qu'on peut appeler l'énergie de la végétation. Quand la chaleur et le mouvement passent de l'état potentiel à l'état actif, il se produit des phénomènes de vigueur. L'énergie est une endothermie; la vigueur est une exothermie.

DEUXIÈME NOTE

SUR L'APPLICATION

DE LA THÉORIE MÉCANIQUE DE LA CHALEUR

A LA PHYSIOLOGIE DES PLANTES,

PAR

M. Édouard MORREN,

MEMBRE DE L'ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE.

Dans les quelques pages publiées par nous sur ce sujet, un des points qui intéressent particulièrement la physiologie, est la preuve fournie que la force solaire n'est pas utilisée par les organismes sans avoir été préalablement appliquée au travail d'élaboration de la matière organique. Cette élaboration est le propre de l'activité végétale. Chez les végétaux, comme chez les animaux, le mouvement de croissance est consécutif d'une désorganisation proportionnelle.

Ce point important n'avait pas été élucidé; au moins n'est-il pas généralement connu.

En effet, nous lisons il y a quelques jours, dans un mémoire de M. Barthélemy, professeur de physique au lycée de Toulouse, inséré dans les *Annales des sciences naturelles* (1874,

5^{me} série, t. XIX, pp. 131-132), la phrase suivante : « J'ai » observé moi-même au Jardin des plantes de Montpellier » un Bambou (*Bambusa mitis*), qui croissait d'un centimètre » par heure au mois de juillet. Un pareil accroissement doit » coïncider avec la fixation d'une quantité considérable de » carbone. »

Or, nous ne croyons pas que cette coïncidence soit nécessaire. En effet, le carbone fixé par la réduction de l'acide carbonique, sous l'influence des rayons solaires, dans les organes verts des plantes, n'est pas immédiatement appliqué à la formation des tissus dont les organes nouveaux sont constitués. Les matériaux de l'accroissement sont fournis par des matières organiques préalablement élaborées et leur application aux besoins de l'accroissement est accompagnée d'une dépense de force nécessitée par leur circulation et par leurs transformations.

On voit souvent les plantes grandir, ou pousser selon l'expression heureuse et juste qui a prévalu dans l'usage, alors qu'elles ne fixent point de carbone. Les tubercules, les bulbes, les bourgeons, les graines, tous les organes quand ils poussent, non-seulement ne fixent point de carbone, mais ils perdent une certaine quantité de cet élément en vertu de leur respiration, et c'est précisément la chaleur fournie par cette combustion qui fournit aux végétaux le mouvement qu'il leur faut pour pousser.

