l'eau extérieure s'est légèrement teintée de rose. On peut conclure de là qu'une partie de l'eau pure a traversé la membrane de baudruche de l'extérieur vers l'intérieur du tube vertical (*endosmose*), tandis qu'une partie du liquide épais la traversait en sens inverse (*exosmose*). L'endosmose a été d'ailleurs supérieure à l'exosmose. Si le cristallisoir avait été rempli de sirop coloré et le tube intérieur d'eau pure, l'endosmose aurait été, au contraire, inférieure à l'exosmose. On réunit, sous le nom d'*osmose*, l'ensemble des deux phénomènes (endosmose et exosmose).

L'osmose peut être définie, d'après ce qui précède, comme la propriété que possèdent certains liquides de traverser les membranes fines.

On appelle substances *cristalloïdes* les substances qui joignent à la propriété de revêtir des formes cristallines déterminées, celle de se prêter plus ou moins facilement à l'osmose (sels minéraux, sucres, peptones, etc.); au contraire, les substances *colloïdes* (colle, albumine, etc.) sont à la fois incapables de cristalliser et de traverser les membranes osmotiques.

Ceci posé, considérons une des cellules superficielles de la racine qui, en s'allongeant, constituent les poils absorbants. Son contenu est une substance semi-fluide, le protoplasme, dont on peut comparer la consistance à celle d'un blanc d'œuf très épais, substance colloïde. Elle est, d'autre part, plongée dans un liquide qui tient en dissolution des substances dont la plupart sont cristalloïdes. La fine membrane d'enveloppe du poil radical est donc placée dans les conditions les plus favorables à la manifestation des phénomènes d'osmose. L'endosmose est, de plus, dans ces conditions, supérieure à l'exosmose, et la substance cristalloïde pénètre dans le poil radical. C'est là le phénomène initial de l'absorption.

L'exosmose, qui est certainement très faible au niveau des poils radicaux, y est-elle absolument nulle? Tous les auteurs ne sont pas d'accord sur ce point; on admet cependant en général que les poils ne répandent aucune substance

dans le milieu extérieur à une distance appréciable de leur surface. Toutefois les poils radicaux ne se contentent pas de recevoir passivement les liquides absorbables que contient le sol. Ils sont capables aussi de dissoudre et de rendre assimilables certaines substances solides. Ainsi, lorsque les radicelles se développent sur une plaque de marbre, elles attaquent le calcaire en y imprimant leurs traces en creux : le carbonate de calcium, transformé en une substance soluble, a pénétré dans les poils radicaux; c'est là une véritable digestion, qu'il faut bien attribuer à la production de quelque substance acide qui imprègne la surface même des poils radicaux.

VINGT-DEUXIÈME LEÇON

La circulation des liquides. — L'alimentation de la plante.

La sève brute. — Nous avons vu, à la fin de la dernière leçon, comment pénètrent dans les poils radicaux les substances dissoutes par l'eau à l'intérieur du sol. On désigne du terme général de *sève brute* le liquide qui résulte de cette absorption. On voit qu'il serait assez difficile de donner de la sève brute une définition chimique, puisque la composition en est essentiellement variable. Quelle que soit cette composition, nous devons nous demander maintenant quelle voie suit la sève brute pour se répartir dans le corps entier de la plante.

Pour répondre à cette question, il est nécessaire de faire quelques expériences.

Supposons qu'on coupe, vers le soir, au ras du sol, la racine d'une plante fixée dans un terrain humide. On voit bientôt perler des gouttelettes sur la section transversale.

Si l'on essuie ces gouttelettes avec une feuille de papier buvard, on les voit bientôt reparaître aux mêmes points et, si l'on cherche à déterminer la position de ces points, on constate qu'ils correspondent exactement aux faisceaux ligneux que contient le cylindre central de la racine. Le liquide que transportent les faisceaux ligneux n'est pas autre chose que la sève brute en voie d'ascension vers la tige, la *sève ascendante*, comme on l'appelle encore.

Une autre expérience peut être faite pour montrer le rôle des faisceaux du bois dans le transport de la sève brute. Il suffit de plonger la partie inférieure d'une racine, débarrassée de la terre qui l'enveloppe, dans un liquide coloré, par

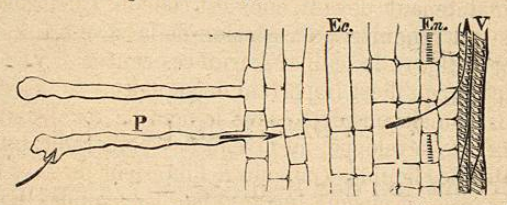

Fig. 242. — Circulation des liquides absorbés à travers l'écorce de la racine (schéma). — P, poil radical; Ec., écorce; En., endoderme; V, vaisseaux spiralés.

exemple une solution de carmin ou de fuchsine. Au bout d'un certain temps, on coupe la racine à sa partie supérieure et l'on voit que certaines parties de son corps, à l'exclusion de toutes les autres, sont colorées par le réactif : ce sont précisément les faisceaux du bois.

De ces expériences, et d'autres qu'on pourrait multiplier, on conclut que c'est par les vaisseaux du bois, et par eux seulement, que se fait le transport ascendant de la sève brute. Comment les liquides empruntés au sol par les poils radicaux parviennent-ils jusqu'à ces vaisseaux? En circulant, de cellule en cellule, au travers de l'assise pilifère, des assises plus profondes de l'écorce et des premières assises du cylindre central (*fig.* 242).

Des faisceaux ligneux de la racine, la sève brute passe dans la partie ligneuse des faisceaux de la tige; de là elle

pénètre dans la partie ligneuse des nervures foliaires; celles-ci enfin vont la répandre, par les cellules vasculaires qui terminent leurs plus fines ramifications, dans les éléments du mésophylle. Mais, chemin faisant, les vaisseaux ligneux laissent échapper une partie de la sève qu'ils transportent dans les tissus qu'ils parcourent, à travers les plages minces de leurs membranes latérales. Ainsi s'établissent, sur toute la hauteur du courant ascendant de la sève brute, des dérivations secondaires qui en distribuent une partie dans les divers parenchymes et réduisent d'autant la quantité que reçoivent les feuilles.

Causes de son ascension. — La question qui se pose maintenant devant nous est celle-ci. Quelles sont les causes qui produisent l'ascension de la sève brute dans la racine, la tige et la feuille? Parmi ces causes, il y en a trois principales, qu'il est important de signaler.

Nous connaissons déjà, sous le nom de *force osmotique*, la force que développe, au niveau des poils radicaux, la pénétration des liquides contenus à l'intérieur du sol : la pression exercée, à chaque instant, par les liquides nouveaux qu'absorbent les poils, pousse ceux qui ont déjà pénétré dans le corps de la plante et les fait monter de proche en proche vers les régions supérieures.

On peut encore invoquer une seconde cause, physique comme la précédente, la *capillarité*. On sait que si l'on plonge dans un vase renfermant un liquide susceptible de mouiller le verre, de l'eau par exemple, un tube de verre de diamètre très fin et ouvert à ses deux bouts, l'eau s'élève dans ce tube « capillaire » jusqu'à un niveau déterminé, sans qu'aucune force extérieure paraisse l'y solliciter : c'est le phénomène capillaire le plus simple qu'on puisse réaliser expérimentalement. Or les vaisseaux ligneux sont des tubes extrêmement étroits, auxquels doivent s'appliquer les lois de la capillarité. On peut donc admettre que celles-ci contribuent aussi, pour une certaine part, à faire monter la sève brute dans les vaisseaux du bois.

Une expérience historique, l'expérience de Hales (*fig.* 243)

permet de mettre en évidence l'influence qu'exercent les deux causes précédentes sur l'ascension de la sève brute. On coupe au ras du sol la partie inférieure de la tige d'une plante en pleine végétation, un pied de Vigne par exemple. Si à la partie de la tige qui est restée en terre on mastique solidement un tube de verre dressé verticalement, on ne tarde pas à voir s'élever dans ce tube, jusqu'à une hauteur qui peut atteindre plusieurs décimètres, un liquide ayant à peu près la consistance et la transparence de l'eau, avec une coloration légèrement jaune : c'est la sève brute. Puisque les parties aériennes de la plante ont été supprimées, il est évident que l'ascension de la sève est due ici uniquement aux causes qui agissent sur la racine, c'est-à-dire à la force osmotique et à la capillarité.

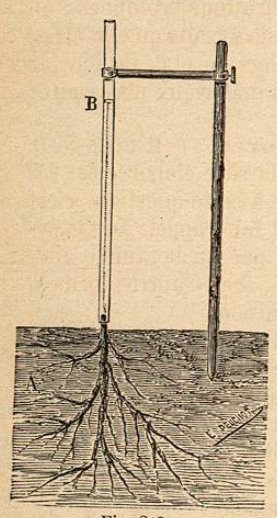

Fig. 243.

Pendant la journée, il est encore une autre cause qui s'ajoute aux précédentes. Par le phénomène de la transpiration, les parties aériennes de la plante rejettent dans l'air une quantité considérable de vapeur d'eau. Un vide tend à se produire à l'intérieur de la plante et favorise l'ascension du liquide venu des parties inférieures. Ainsi l'aspiration produite par le rejet de la vapeur d'eau dans l'air ajoute son action à celle des deux causes précédentes.

C'est donc sous l'influence de ces trois causes principales (force osmotique, capillarité des vaisseaux ligneux, aspiration due au phénomène transpiratoire) que la sève peut s'élever dans les vaisseaux du bois.

Elaboration de la sève. — Que devient la sève brute quand elle est parvenue dans le parenchyme des feuilles? Elle y subit l'influence de deux phénomènes que

nous connaissons maintenant, la transpiration et l'assimilation chlorophyllienne. Sous l'influence de la transpiration, la sève brute répandue dans les cellules du mésophylle perd une partie de l'eau qu'elle renfermait; elle s'épaissit par conséquent. Sous l'influence de l'assimilation chlorophyllienne, elle fixe une partie du carbone fourni à la feuille par l'anhydride carbonique de l'air et se charge de substances carbonées résultant de cette fixation. Il résulte de là que la sève subit dans les feuilles des modifications profondes : on dit, en un mot, qu'elle s'élabore; de sève brute qu'elle était, elle devient *sève élaborée*. Elle est alors en état de fournir aux diverses parties de la plante les matériaux nécessaires à leur édification.

Répartition de la sève élaborée. — Il nous reste à voir maintenant par quelles voies la sève élaborée est répartie dans la plante. Pour répondre à cette question, c'est encore à l'expérimentation qu'il faut faire appel. Des expériences déjà anciennes ont été faites par un botaniste allemand, Hanstein, et reprises après lui, sous d'autres formes, par divers physiologistes. Voici en quoi consiste une de ces expériences (*fig.* 244).

Fig. 244. — Décortication annulaire. — B, B', bourrelets de cicatrisation. (La flèche indique le sens du transport de la sève élaborée.)

Considérons une branche latérale issue de la tige principale d'un arbre fruitier. Supposons, pour fixer les idées, que ce soit une branche portant déjà des feuilles et susceptible de former aussi des fruits. Sur une certaine longueur de cette branche, enlevons ce qu'on appelle vulgairement l'écorce, c'est-à-dire, pour parler plus rigoureusement, l'ensemble des tissus extérieurs au cambium et comprenant le liber. Nous pratiquons ainsi une « décortication annulaire ». Que va-t-il se passer? Au bout de quelque temps, nous verrons se produire, au niveau du bord inférieur de la décortication, le plus rapproché de la tige principale, un petit bourrelet de cicatrisation. Au bord supérieur, le plus éloigné du tronc, se produira, pendant le même temps, un

bourrelet beaucoup plus épais, à la formation duquel le liber prendra une part prépondérante : il envahira peu à peu la plaie produite par la décortication et en achèvera la cicatrisation. Dans certaines conditions, nous verrons même se former quelques racines adventives au niveau du bourrelet supérieur. Si nous comparons les fruits formés par la branche blessée à ceux des branches voisines, nous verrons qu'ils sont, en général, beaucoup plus volumineux que ceux-ci.

N'est-il pas naturel de supposer que la sève élaborée par les feuilles, au lieu de se répartir dans le corps entier de la plante, a été arrêtée au passage par la décortication et utilisée sur place pour la formation du bourrelet de cicatrisation, des racines adventives et des fruits? C'est donc à un tissu compris en dehors du cambium qu'il faut attribuer le transport de la sève élaborée; mais c'est tout ce que nous pouvons conclure légitimement de cette expérience.

On peut aussi pratiquer une décortication annulaire moins profonde, de telle sorte qu'elle respecte le liber; on observe alors, aux deux extrémités de la région décortiquée, l'apparition de deux bourrelets sensiblement égaux : c'est le liège qui prend la part la plus grande à leur formation. C'est encore ce que l'on observe quand la décortication, poussée partout ailleurs jusqu'au cambium, respecte un ruban libérien suffisant pour maintenir une communication entre les deux bords de l'anneau décortiqué.

Reportons-nous, d'autre part, à ce que nous savons de la structure de l'écorce et du liber. Y a-t-il dans ces régions quelque tissu qui puisse se prêter aisément au transport d'un liquide? Il n'y a guère que les tubes criblés, éléments essentiels du liber enlevé par la décortication profonde, qui semblent spécialement indiqués pour ce transport. Un tube criblé, nous le savons, est formé d'une série de cellules juxtaposées bout à bout et séparées deux à deux par des cloisons cellulosiques que traversent de nombreux orifices formant des sortes de cribles. La cavité de chaque cellule est tapissée par une couche protoplasmique qui renferme une

grande vacuole, contenant un liquide hyalin, de la consistance de l'eau. Si nous portons plus spécialement notre attention sur la partie du protoplasme pariétal qui s'applique contre un crible, nous voyons qu'elle est plus épaisse et plus fortement colorée que le reste : c'est une sorte de gelée organique qui s'écoule à travers les pores du crible, au-dessous duquel elle forme parfois de véritables boutons muqueux. Cette observation nous permet d'admettre que c'est par les tubes criblés du liber, et par eux seulement, que se fait le transport des substances élaborées.

Circulation de la sève. — Ainsi s'établit, dans le corps entier de la plante, une sorte de circulation des liquides dont nous connaissons maintenant l'économie générale. La sève brute, constituée aux dépens des liquides que le sol renferme, monte par les vaisseaux ligneux de la racine jusqu'au bois de la tige. Le bois des nervures foliaires la répand dans le parenchyme de la feuille, où elle s'élabore (*fig.* 245). Elle retourne alors à l'axe de la plante par le liber des nervures et celui de la tige elle-même, et c'est ce dernier qui la distribue sur tous les points où sa présence est nécessaire, par exemple dans les méristèmes qui occupent les extrémités, en voie d'accroissement, de la tige et de la racine.

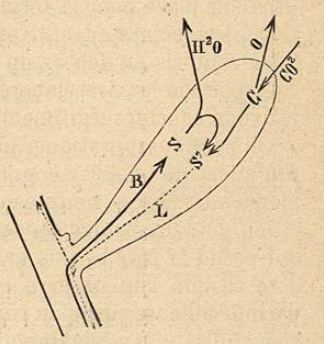

Fig. 245. — Circulation de la sève dans la feuille (schéma). — B, bois; L, liber; S, sève brute; S', sève élaborée.

Quel autre nom pourrons-nous donner au courant de la sève élaborée? On la qualifie parfois de *sève descendante*. Mais ce terme n'a pas la même valeur que celui de *sève ascendante*, qu'on applique à la sève brute. Si cette dernière est toujours ascendante, on ne saurait dire que la sève élaborée soit toujours descendante : elle l'est effectivement

dans la racine, où elle se porte vers le méristème subterminal; mais, dans la tige, elle peut parfaitement être ascendante; elle est ascendante ou descendante, suivant la position du point vers lequel elle se porte.

Une figure théorique (*fig.* 246), jointe à cette description, permet de mieux comprendre la circulation totale des liquides dans le corps de la plante.

Repos hivernal. — Nous avons vu, au cours de cette étude, quelle influence exercent sur la circulation interne des liquides les phénomènes physiologiques dont les parties aériennes de la plante sont le siège. Qu'arrive-t-il en hiver, alors que ces parties aériennes se trouvent exposées à des conditions profondément différentes de celles qui caractérisent la belle saison? Supposons, pour fixer les idées, qu'il s'agisse d'un arbre à feuilles caduques. Les feuilles sont tombées. La transpiration est à peu près nulle et, par conséquent, exerce une aspiration très faible sur la sève brute, dont l'ascension doit être considérablement ralentie. D'autre part, puisqu'il n'y a plus de feuilles, le phénomène de l'assimilation chlorophyllienne est aussi très affaibli, s'il n'est complètement suspendu; l'élaboration de la sève se trouve très sensiblement diminuée. Pour ces deux causes, il est permis de supposer que la circulation totale doit être au moins très ralentie en hiver.

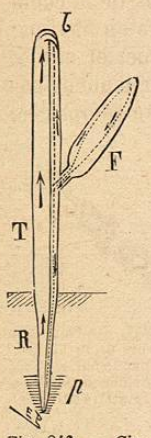

Fig. 246. — Circulation de la sève dans la plante. — R, racine; T, tige; F, feuille; *p*, poils absorbants; *b*, bourgeon terminal.

Or, quel est l'aspect que présente le tissu criblé dans cette période de la végétation? Il faut préciser la nature de la plante à laquelle nous nous adressons pour faire cette recherche. Il existe, en effet, des espèces chez lesquelles les tubes criblés gardent le même aspect et restent ouverts pendant toute l'année; mais il est aussi des espèces, la Vigne par exemple, chez lesquelles l'aspect des cribles se modifie profondément en hiver. Considérons, aux approches de l'hiver, dans un tube

criblé de Vigne, un des cribles que porte une cloison transversale. La membrane qui forme le fond du crible subit alors une modification chimique importante. Elle était, en été, entièrement cellulosique, c'est-à-dire capable de bleuir dans le chloroiodure de zinc et de se dissoudre dans le bleu céleste. On observe maintenant que les parties des mailles du crible qui bordent immédiatement les pores s'épaississent et s'imprègnent d'une substance spéciale, qui ne se colore plus en bleu par le chloroiodure de zinc et ne se dissout plus dans le bleu céleste : ce n'est plus de la cellulose. Mais, par contre, cette substance se colore en bleu par le bleu d'aniline, en rouge par l'acide rosolique, et elle se dissout dans la potasse, propriétés qui n'appartiennent pas à la cellulose. La cellulose du crible a donc été remplacée, sur certains points, par une substance nouvelle dite *substance calleuse* (*fig.* 247). Cette dernière ne tarde pas à se développer davantage; elle finit par oblitérer complètement les pores du crible; puis elle déborde, de part et d'autre du crible, sur les deux faces de la membrane criblée et finit par former sur chacune d'elles une lame continue qu'on appelle *plaque calleuse*. Les plaques calleuses des divers cribles, formées simultanément, ne tardent pas à confluer en une plaque continue. A partir de ce moment, toute circulation devient impossible dans le tube criblé et, comme le même phénomène se produit en même temps dans tous les tubes criblés de la plante, la circulation générale de la sève élaborée se trouve complètement arrêtée.

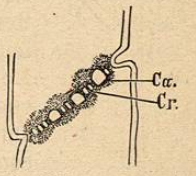

Fig. 247. — Coupe à travers un crible fermé par le cal. — *Cr.*, un orifice du crible; *Ca.*, matière calleuse.

Le tube criblé reste dans cet état pendant tout l'hiver. Si, au printemps suivant, on en fait une nouvelle étude, on voit qu'avec la reprise de la végétation la substance calleuse se dissout d'abord sur les deux faces opposées du crible; les plaques calleuses s'amincissent et bientôt le cal se réduit aux bouchons qui ferment les pores; puis la substance cal-

leuse se dissout suivant l'axe de chacun des pores, et enfin la circulation se trouve complètement rétablie.

Ainsi, la formation du cal a eu pour effet de suspendre, pendant tout l'hiver, la circulation de la sève élaborée ; sa destruction a pour effet de la rétablir au printemps. Si l'on ne veut pas attendre jusqu'au printemps pour faire cette observation, il suffit de placer, en plein hiver, le pied de Vigne qui sert d'objet d'étude à l'intérieur d'une serre chaude : le cal se dissout et les cribles s'ouvrent.

L'aliment de la plante. — Nous possédons maintenant quelques-uns des éléments qui nous permettent de comprendre comment pénètrent dans l'organisme végétal les substances gazeuses ou liquides qui peuvent être nécessaires à sa vie. En étudiant les échanges gazeux, nous avons vu comment l'oxygène entre dans la plante, comment le carbone est fixé par elle; en étudiant le rôle de la racine, nous avons vu aussi comment y pénètrent les substances liquides contenues dans le sol. Il nous reste à compléter et à coordonner les notions ainsi acquises en étudiant, sous le nom général d'*aliment*, l'ensemble des corps pondérables nécessaires à la conservation et à l'accroissement de l'organisme végétal. Cette étude fera l'objet de la seconde partie de cette leçon.

Sa nature. — Comment déterminer, d'abord, la *nature* des éléments constitutifs de l'aliment? On a employé, pour cela, trois méthodes qu'il est nécessaire de définir avec précision.

Une première méthode, essentiellement chimique et dite *méthode analytique*, a été employée par différents agronomes, parmi lesquels il faut citer De Saussure et Boussingault, dont nous connaissons déjà les noms. Elle consiste à recueillir le corps entier d'une plante complètement développée, sans se préoccuper des conditions d'alimentation auxquelles elle a été soumise et, en particulier, de la nature du sol dans lequel elle s'est développée, puis à en faire l'analyse complète et élémentaire, à déterminer, en d'autres termes, quels sont les corps simples qui entrent dans sa constitution. La chimie organique nous apprend les procédés qu'on emploie pour arriver à ce résultat et dans le détail desquels ce n'est pas ici le lieu d'entrer.

En appliquant ces procédés, on est arrivé à reconnaître la présence constante, dans les tissus de toutes les plantes soumises à l'analyse, de douze corps simples, d'importance inégale, que nous pouvons ranger sur deux lignes. En première ligne viennent le carbone, l'hydrogène, l'oxygène, l'azote, le soufre et le phosphore : ce sont, comme nous le savons, les éléments constitutifs du protoplasme ; nous ne devons pas nous étonner de les retrouver, d'une manière constante, dans l'analyse de tout organisme. En seconde ligne se placent des corps simples qu'on rencontre moins abondamment, mais d'une façon à peu près constante : le chlore, le silicium, le potassium, le calcium, le magnésium et le fer.

C, H, O, Az, S, Ph,
Cl, Si, K, Ca, Mg, Fe.

Quelques corps simples se rencontrent moins fréquemment que les précédents; d'autres enfin sont rares et ne doivent pas entrer en ligne de compte.

Si les douze corps inscrits dans le tableau qui précède entrent, d'une manière constante, dans la constitution de tous les organismes végétaux, on est tenté d'admettre que chacun d'eux est indispensable à l'alimentation de la plante. Cette conclusion est-elle légitime? Pas tout à fait. Un corps essentiel peut entrer dans la constitution de l'organisme végétal en quantité assez faible pour échapper à l'analyse, et il peut arriver, d'autre part, que certains corps y fassent simplement acte de présence, s'y trouvent d'une manière constante, en quantité même considérable, sans pour cela qu'ils soient nécessaires à l'alimentation de la plante, sans qu'on doive considérer leur absence comme nuisible à son existence. Les résultats de la méthode analytique sont, comme on le voit, sujets à certaines critiques.

Une seconde méthode est la *méthode mixte*. Elle est assez employée dans les recherches agronomiques et elle a reçu, de 1840 à 1850, la plupart des perfectionnements dont elle est susceptible.

Voici quel en est le principe.

Supposons (*fig.* 248) que, sur un terrain de composition bien homogène, on limite deux parcelles de forme carrée et de surfaces égales. Sur la première parcelle A on sème un poids donné de graines d'une espèce déterminée. Sur la seconde parcelle B on sème, par le même procédé, le même poids de graines de même provenance que les premières, mais après avoir préalablement ajouté au sol un certain poids de la substance chimique dont on cherche à déterminer le rôle, utile ou nuisible, dans l'alimentation de la plante. Admettons, pour fixer les idées, qu'il s'agisse d'étudier l'influence exercée par le fer sur la végétation et qu'on l'emploie sous forme de sulfate de fer. On pèse d'une part le poids P de la récolte fournie par la parcelle A, qui sert de témoin; d'autre part, le poids P′ de la récolte fournie par la parcelle B soumise à l'action du sulfate de fer. Si, d'une manière constante, chaque fois qu'on renouvelle l'expérience, P′ est supérieur à P, on est porté à admettre que le sulfate de fer est utile au développement de la plante. Si, d'une manière constante, P′ est inférieur à P, on est tenté de conclure que le sulfate de fer est un élément nuisible à la végétation de l'espèce étudiée. Si P′ est tantôt inférieur, tantôt supérieur à P, on admet, au moins provisoirement et jusqu'à ce que de nouvelles recherches soient venues résoudre la question dans un autre sens, que l'élément considéré est indifférent au développement de la plante.

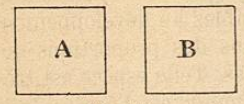

Fig. 248.

On voit que la méthode mixte prête encore le flanc à la critique. Sous la forme simple que nous venons d'exposer, elle ne tient aucun compte de la composition initiale du terrain sur lequel porte l'expérience. Il est vrai qu'elle lui fait subir des modifications connues et déterminées. Et, d'ailleurs, il est possible d'établir par une analyse préalable cette composition initiale : encore faut-il remarquer que cette analyse, portant sur des échantillons prélevés en différents points du champ d'expérience, ne saurait fournir que des résultats approximatifs.

La méthode mixte a permis de reconnaître l'influence exercée sur la végétation par trois des corps simples que nous avons nommés : l'azote, le phosphore, le potassium. Ces trois corps paraissent indispensables au développement de la plupart des plantes, mais dans des proportions qui varient suivant les plantes considérées. Telle espèce est très avide d'azote : on dit que sa *dominante* est l'azote; telle autre de phosphore : on dit que sa dominante est le phosphore.

La principale application de ces résultats est la détermination des engrais chimiques qui conviennent à chaque sorte de culture sur un terrain donné. Si on veut, par exemple, cultiver une plante dont la dominante est l'azote dans un sol à peu près dépourvu de ce corps, il faut ajouter à ce sol des engrais azotés. Si l'on veut cultiver une plante dont la dominante est le phosphore dans un sol déjà riche en phosphore, il peut se faire qu'il soit nuisible ou, tout au moins, inutile d'y ajouter des engrais phosphorés.

La troisième méthode qui a été employée pour résoudre le problème qui nous occupe est la *méthode synthétique*. C'est la seule qui soit susceptible de présenter les caractères d'une rigueur absolue. Elle consiste à constituer de toutes pièces un milieu nutritif favorable au développement de l'espèce végétale qu'on soumet à l'expérience : la composition de ce milieu tout artificiel sera, à chaque instant, exactement connue. Ce n'est qu'après de nombreux tâtonnements qu'on obtiendra une composition telle que le développement de l'espèce étudiée atteigne sa valeur maxima. Quand on aura obtenu ce milieu nutritif de composition optima, on retranchera successivement, dans une série d'expériences, chacun des éléments qui le constituent et on verra quels sont les effets que produit sur le développement chacune de ces sup-