

Avant le lever du soleil: *Ox.*, 17; *Az.*, 83; à dix heures du matin: *Ox.*, 55; *Az.*, 45; avant le coucher du soleil *Ox.*, 36; *Az.*, 61. L'augmentation de l'oxygène, pendant le jour, est évidemment due à l'action réductrice de la chlorophylle, sous l'influence de la lumière, et l'on voit quelle proportion il peut atteindre. Pendant la nuit, sa quantité relative (17 0/0) est inférieure à celle de l'oxygène de l'air atmosphérique (21 0/0) et surtout à celle de l'oxygène de l'air dissous dans l'eau ambiante (33 0/0). Cette diminution résulte, sans contredit, de ce que l'oxygène produit pendant le jour et emmagasiné dans les aérocytes a été utilisé la nuit, pour la production de l'acide carbonique. La respiration proprement dite est permanente, autrement les aérocytes ne devraient guère contenir que de l'oxygène, pendant le jour, et l'on voit que, même à l'époque de la plus grande énergie réductrice, l'azote s'y trouve mêlé presque par moitié. Il n'en serait pas ainsi, si une partie de l'oxygène n'était pas employé au moment même de sa production.

D'un autre côté, Cörenwinder a montré que la proportion du carbone fixé par le végétal dépasse celle qui se dégage, sous forme d'acide carbonique, et qu'il suffit d'une demi-heure d'exposition au soleil, pour qu'une plante récupère tout l'acide carbonique dégagé pendant la nuit. L'on s'est assuré, d'ailleurs, qu'un végétal ne saurait vivre dans un air complètement privé d'acide carbonique.

Mais l'acide carbonique de l'atmosphère suffit-il aux besoins de la plante? Malgré les affirmations contraires, on ne saurait admettre qu'il en soit ainsi. Boussingault et Lévy ont trouvé l'acide carbonique en quantités énormes dans le sol, et des recherches plus récentes ont montré qu'une partie, au moins, des sels terreux absorbés se trouve dissoute, à la faveur de cet acide, dans l'eau qui traverse les racines. Se basant sur les empreintes laissées par les radicelles, sur des plaques de marbre, quelques physiologistes ont attribué la dissolution des sels terreux à l'acide carbonique dégagé par les racines. On ne saurait, sans exagération manifeste, admettre cette croyance. Nous pensons que cet acide doit concourir à la dissolution des sels terreux, mais on en doit rapporter la majeure part à celui qui existe normalement dans le sol (v. *Assimilation*, p. 139).

L'acide carbonique absorbé par les racines ne se décompose-t-il que sous l'influence de la lumière? Il est facile de montrer théoriquement, que la transformation des principes, au sein de l'économie végétale, suffit pour expliquer le dégagement d'une partie de l'oxygène. Liebig a admis que cet oxygène résulte de la combinaison de l'acide carbonique, avec une quantité d'eau déterminée, et qu'il se produit ainsi une série d'acides organiques de moins en moins oxygénés. Cette opinion est très vraisemblable (v. *Assimilation*, p. 139).

Il est, du reste, naturel de penser que l'acide carbonique venant du sol ou de l'atmosphère se décompose dans la profondeur des tissus. Mais cette décomposition n'est évidemment qu'un phénomène de nutrition générale. Il faut donc distinguer l'acide carbonique

que la ampurada oxigenada que desprenden las plantas se cuenta la respiracion en el al contacto del aire a transformarse en respiracion de amoniac = este fenomeno

aliment, absorbé par les racines et par les feuilles, de l'acide carbonique produit au sein des tissus, sous l'influence de l'oxygène absorbé par les feuilles. Cette production a été démontrée par les expériences de Dutrochet, qui a vu le gaz contenu dans les canaux aériens devenir de plus en plus pauvre en oxygène, à mesure qu'il pénètre plus bas dans les plantes. Cloëz et Gratiolet ont trouvé, à leur tour, que l'oxygène absorbé marche constamment des feuilles vers les racines. Pour s'expliquer la cause de ces modifications de l'air, il suffit de se rappeler que les laticifères et les canaux séveux ou autres tissus conducteurs des liquides nourriciers arrivent au contact des vaisseaux aériens, soit directement, soit par des ramifications transversales, ou par l'interposition de tissus perméables.

La respiration des végétaux s'effectue donc de deux manières: 1° dans la profondeur des tissus, où l'oxygène se combine aux principes élaborés, modifie leur composition et en soustrait du carbone, qui se dégage sous forme d'acide carbonique; 2° dans les feuilles, au sein desquelles l'acide carbonique est décomposé ou par lesquelles il est dégagé, selon les circonstances, soit qu'il provienne de l'air ambiant ou de l'intérieur de la plante, soit qu'il s'y forme immédiatement.

Le premier phénomène est identique à celui qui se produit dans la respiration des animaux. Le second n'est pas un acte respiratoire propre: c'est un acte de nutrition. On lui donne parfois le nom de *Fonction chlorophyllienne*.

Les plantes à feuilles colorées (Ulve pourpre, Arroche rouge) dégageant de l'oxygène au soleil, semblaient faire exception à la règle, qui rapporte à la seule chlorophylle la propriété de décomposer l'acide carbonique. Mais de récentes observations ont montré que, chez ces plantes, il existe une matière verte, mêlée au pigment violet-rouge et que la décomposition de l'acide carbonique doit être rapportée à cette matière.

COLORATION

La coloration des végétaux est susceptible de varier d'une manière presque indéfinie, selon la plante et selon les organes. Cette diversité de couleurs, ainsi que l'affaiblissement ou l'intensité des teintes sont dus à plusieurs causes: 1° une modification plus ou moins profonde de la chlorophylle, avec prédominance ou non de l'un de ses éléments constitutifs; 2° l'existence d'un ou de plusieurs pigments, soit dans une même cellule, soit dans des cellules juxtaposées ou superposées; 3° la présence d'une quantité plus ou moins grande d'air au sein des tissus.

a semejante ala que en los animales

Les couleurs peuvent être rangées en deux groupes, qui s'excluent d'ordinaire et forment deux séries, ayant pour couleur fondamentale, l'une le *jaune*, l'autre le *bleu*, mais qui paraissent dériver l'une et l'autre du *vert*. De Candolle a nommé la première, *Série xanthique*, et la seconde, *Série cyanique*.

Leurs termes sont les suivants :

Rouge, orangé-rouge, orangé, orangé-jaune, jaune, jaune-vert. } vert.
Violet, indigo, bleu, bleu-verdâtre }

Ce que nous avons dit de la composition de la chlorophylle, permet d'attribuer ces diverses couleurs à une modification de cette substance. C'est ce que plusieurs physiologistes ont essayé d'établir, entre autres Schübler et Franck, qui rapportaient la formation de la série xanthique à une oxydation de la chlorophylle, et celle de la série cyanique à une désoxydation de la même matière.

L'expérience n'a pas sanctionné complètement les diverses théories basées sur cette hypothèse. On sait, toutefois, que la chlorophylle se transforme, pendant le cours régulier de la végétation des feuilles, et que ces changements de coloration se lient de très-près aux phénomènes de la nutrition et de la respiration. On a vu, d'ailleurs (p. 16), que la chlorophylle dérive du même élément primordial que les diverses plastides colorées et l'on peut, jusqu'à un certain point, concevoir comment ces plastides pourraient se transformer les unes dans les autres.

ASSIMILATION ET DÉSASSIMILATION

La combustion fait résoudre les végétaux en : *gaz*, *vapeurs*, *cendres*.

Les *Vapeurs* sont de nature aqueuse. Elles ont une double origine; eau préexistante, que la chaleur dégage; eau formée par la combinaison de l'oxygène et de l'hydrogène mis en liberté, par la destruction de la matière organique. Dans certaines circonstances, il se produit des composés particuliers, aisément réductibles, d'ailleurs, par la combustion, en eau et en acide carbonique.

La nature des *Gaz* varie, selon que la combustion a été opérée en vases clos, ou à l'air libre, ou en présence d'un corps oxygéné. Ces gaz sont toujours réductibles à deux groupes : 1° gaz résultant de la combinaison du carbone avec l'oxygène (CO, CO²); 2° gaz résultant de la combinaison de l'azote avec l'hydrogène (Az H³), ou avec l'oxygène (composés oxygénés de l'azote).

Si la combustion a été effectuée selon les procédés d'analyse les plus complets, on a, en dernier résultat, de l'*Eau*, de l'*Acide carbonique*, de l'*Azote*. Les matières gazeuses et les vapeurs ainsi obtenues se résolvent en quatre éléments simples, dont : trois gazeux (*Hydrogène*, *Oxygène*, *Azote*); un solide (*Carbono*).

Les *Cendres* sont composées de matériaux salins, presque toujours de même nature, mais dont les proportions varient, selon la plante et selon le milieu où elle croît. Les matériaux sont formés :

1° D'*Acides*, dont les plus communs sont les *acides* : *carbonique phosphorique, sulfurique, silicique* ;

2° De *Bases*, dont les plus fréquentes sont la *potasse*, la *chaux*, le *fer*; d'autres plus rares, sont la *magnésie*, la *soude*, le *manganèse*, etc.;

3° De *Métalloïdes* combinés à des métaux ou à la matière organique : *iode, brome, fluor, chlore*.

Nous avons vu que les feuilles puisent dans l'air de l'oxygène et de l'acide carbonique; que les racines puisent, dans le sol, des substances inorganiques et les composés organiques dérivés de l'humus. Il est naturel d'admettre que les plantes submergées, privées de racines, absorbent, par toute leur surface, les matériaux dont elles ont besoin.

Ces notions préliminaires nous conduisent à rechercher l'origine de ces divers éléments.

ORIGINE DES ÉLÉMENTS

I. *Azote*. — Priestley, ayant soumis des plantes à l'action de différents gaz, reconnut que l'*Epilobium hirsutum* avait absorbé de l'azote. Cette opinion, que les plantes absorbent directement leur azote dans l'air, fut successivement adoptée, puis abandonnée par Boussingault. Elle est soutenue aujourd'hui, par G. Ville, bien que tous les chimistes la repoussent. Tout porte à croire que l'azote absorbé par les feuilles, en même temps que l'oxygène, sert à diluer ce dernier et à tempérer son action trop violente. On s'est assuré, en effet, que l'oxygène pur empêche la germination.

L'absorption directe de l'azote, par les plantes, n'a jamais été péremptoirement démontrée et E. Marchand a même retourné, contre G. Ville, les chiffres que celui-ci regardait comme démonstratifs.

L'observation journalière montre que, dans la majorité des cas, les plantes tirent leur azote de trois sources :

1° Les *matières organiques* du sol, qui peuvent se combiner directement à l'azote, quand elles n'en contenaient pas d'avance;

2° L'*Ammoniaque*, due à la décomposition de la matière organique azotée, lorsque cette décomposition s'effectue à la surface du sol. Il est peu probable que ce principe soit absorbé en nature par les racines, dont il amènerait la destruction. D'ailleurs, la facilité avec laquelle cet alcali se combine aux divers acides, montre qu'il ne doit

jamais exister à l'état de liberté, dans le sol. D'autre part, les recherches de G. Ville montrent que les feuilles peuvent l'absorber directement dans l'air, à la condition qu'il ne s'y trouve qu'à la dose de 0,0004. Or, l'on sait que l'atmosphère en contient environ 124,287 millions de kilogr.

3° L'Acide azotique, absorbé par les racines, sous forme d'azotates, et qui provient de la décomposition de l'ammoniaque, sous la double influence de l'air et des matières organiques très-divisées, ou même sous la seule action des corps poreux constitutifs du sol. Lorsque l'ammoniaque ne se décompose pas au fur et à mesure de sa production, elle se dégage sous forme de carbonate d'ammoniaque, que les pluies ramènent dans le sol. Sous l'action simultanée de l'oxygène de l'air, des corps poreux et des matières organiques en décomposition dans le sol, ce carbonate se transforme en azotate. Il est à croire que ce dernier réagit sur le sulfate de chaux contenu dans le sol et que, par double décomposition, il se produit de l'azotate de chaux et du sulfate d'ammoniaque.

Au reste, l'existence dans le sol, des matières azotées, autres que les nitrates, a été montrée par I. Pierre, qui, divisant un terrain en couches de 25 centim., y a trouvé par hectare : dans la 1^{re} couche, 8,366 kil. d'azote ; dans la 2^e, 4,659 kil. ; dans la 3^e, 3,479 kil. ; dans la 4^e, 2,816 kil.

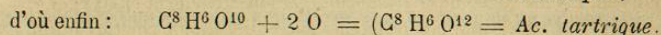
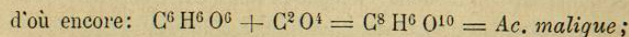
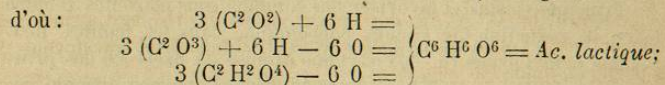
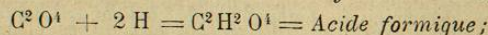
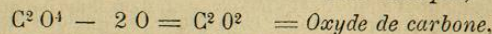
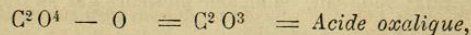
II. Oxygène. — Ce gaz vient surtout de l'air, où il est principalement inspiré par les feuilles. Sa pénétration dans les tissus s'effectue par diffusion : 1° à l'aide des méats ou des lacunes intercellulaires, qui le transmettent au parenchyme cortical, d'où il arrive aux tissus conducteurs ; 2° dans les vaisseaux, d'où il passe dans les cellules des rayons médullaires, qui le transmettent aux divers éléments du corps central de la plante. L'oxygène ainsi absorbé agit principalement sur les éléments hydrocarbonés, qu'il modifie et transforme en partie en acide carbonique.

Nous avons dit que, sous l'influence de la lumière et de la chlorophylle, l'acide carbonique est décomposé en carbone et en oxygène. Or, rien ne prouve que cet oxygène soit entièrement rejeté. Ce que l'on sait des variations du contenu gazeux des aérocytes (v. *Respiration*, p. 134) tend à prouver, au contraire, qu'une partie de cet oxygène est reprise par le végétal et se combine à ses principes immédiats. Cela semble d'autant plus naturel, que ce gaz est alors à l'état naissant, c'est-à-dire, dans l'état le plus favorable pour entrer dans des combinaisons nouvelles.

III. Hydrogène. — L'Hydrogène entre dans la composition de la plupart des principes immédiats. Il provient : 1° de l'eau absorbée par les racines ; 2° de l'ammoniaque des sels ammoniacaux, qui se

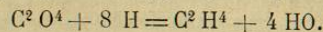
décompose en ses éléments ; 3° des matières organiques, azotées ou non, qui montent dans la plante avec la sève. Il se combine : 1° avec le carbone seul, pour former les hydrocarbures (*Essences*) ; 2° avec le carbone et l'oxygène, pour produire les hydrocarbures oxygénés (*Résines, Camphre*) ; 3° avec le carbone, l'oxygène et l'azote, pour donner naissance aux alcaloïdes et surtout aux matières protéiques, si, à ces éléments, s'ajoutent le soufre et le phosphore.

IV. Carbone. — Cet élément résulte surtout de la décomposition de l'acide carbonique par les feuilles. Corenwinder a montré avec quelle énergie est effectuée la réduction du carbone. Le calcul a établi que la quantité de carbone répandu dans l'atmosphère, sous forme d'acide carbonique, est de beaucoup supérieure à celle qui serait fixée par une végétation intense, couvrant toute la surface du globe. Mais on est en droit de dire que le carbone atmosphérique n'est pas seul utilisé, pour les besoins de la plante. Nous avons vu que Bous-singault et Lévy ont trouvé, dans le sol, une énorme proportion d'acide carbonique et nous montrerons plus loin que ce gaz doit pénétrer dans les racines avec les matériaux inorganiques, dont il favorise la dissolution. Tout porte à croire qu'il est utilisé, au lieu de traverser simplement le végétal. Liebig a émis, sur les transformations successives de cet acide, une théorie qui semble justifiable, dans une certaine mesure. En effet, si l'on part de l'acide carbonique (C² O⁴), on a :

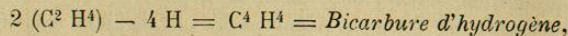


On peut montrer aussi les dérivations successives desquelles résultent les divers carbures, en partant de l'acide carbonique.

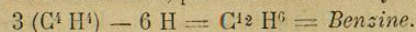
Le protocarbure d'hydrogène dérive de l'acide carbonique, par substitution d'hydrogène à l'oxygène, avec production d'eau :



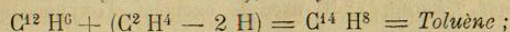
Le bicarbure d'hydrogène résulte du protocarbure, par soustraction d'hydrogène :



Celui-ci produit la benzine, par soustraction d'hydrogène :



De la benzine découlent, par addition successive d'un même principe hydrocarboné ($C^2 H^4 - 2 H$), les hydrocarbures suivants :

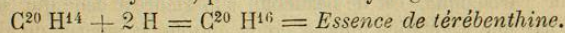


d'où : $C^{14} H^8 + (C^2 H^4 - 2 H) = C^{16} H^{10} = \text{Xylène ;}$

d'où : $C^{16} H^{10} + (C^2 H^4 - 2 H) = C^{18} H^{12} = \text{Cumène ;}$

d'où : $C^{18} H^{12} + (C^2 H^4 - 2 H) = C^{20} H^{14} = \text{Cymène.}$

Enfin, l'essence de térébenthine et la plupart des essences peuvent être dérivées du cymène, par addition d'hydrogène :



D'autre part, on sait que les hydrocarbures de ce dernier groupe se transforment en *résine*, c'est-à-dire, en carbures hydro-oxygénés, par simple absorption d'oxygène.

Dans les transformations ci-dessus, qui dérivent toutes de l'acide carbonique, on a vu qu'il y a tantôt perte, tantôt gain d'oxygène, tantôt perte, tantôt gain d'hydrogène et souvent aussi de carbone. Ces transformations s'expliquent aisément, depuis que divers principes ont été obtenus par synthèse. On sait, d'ailleurs, que beaucoup de ces principes sont modifiés : 1° par la chaleur agissant à des températures variables, selon la nature du corps à produire ; 2° par les corps oxydants ; 3° on sait, enfin, que plusieurs gaz se transforment en traversant l'éponge de platine.

Or, la production d'acide carbonique, en quelque lieu qu'elle s'effectue, détermine un dégagement de chaleur, qui doit réagir sur les principes voisins et favoriser des combinaisons nouvelles. D'autre part, la réduction de l'acide carbonique, dans les feuilles, met, comme nous l'avons vu, de l'oxygène ozonisé en présence des principes immédiats ou de leurs éléments. Puis, l'extrême division des éléments anatomiques et de leur particules constitutives permet de comprendre qu'ils peuvent agir sur les gaz ou sur les autres principes et en favoriser l'oxydation. Enfin, les réactions incessantes, dont la plante est le théâtre déterminent sans doute la formation de courants électriques, qui, pour être faibles, n'en sont pas moins puissants, puisqu'ils sont à peu près continus.

Il est donc à croire que l'acide carbonique introduit par les racines et celui qui se forme dans les profondeurs des tissus sont au moins en partie utilisés par les plantes. On peut admettre aussi que celui qui est emprunté à l'atmosphère par les feuilles, sert principalement à la production de l'amidon et de ses dérivés.

Le carbone est l'élément dominant des plantes ; il en constitue la

trame ; il entre dans la composition de tous leurs principes immédiats. Aussi Haeckel a-t-il vu en lui le *primum movens* de la vie organique. Nous n'acceptons pas cette opinion trop exclusive. Partout où la vie se manifeste, par des productions [nouvelles, des mouvements, etc., nous trouvons, toujours combiné aux hydrates de carbone, l'*azote*, qui semble communiquer à ces hydrates une impulsion indéfinissable, d'où résultent le protoplasma et ses dérivés. Les hydrates de carbone, *seuls*, sont impuissants. %

Éléments des cendres

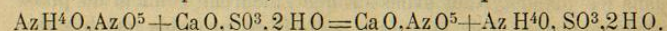
Les matières inorganiques contenues dans les cendres des végétaux peuvent être réparties en deux catégories :

1° *Solubles* : Azotates, chlorures, sulfates alcalins ou alcalino-terreux ; carbonates alcalins ;

2° *Insolubles* : phosphates terreux ; carbonates de chaux et peut-être de magnésie ; silicates et silice ; oxyde de fer.

Il convient de rechercher l'origine de ces éléments.

Azotates. — Nous avons vu que les matières organiques en décomposition se transforment, selon le cas, en ammoniaque, en acide azotique, en composés du carbone, ayant pour formule : $C^n O^n$, $C^n H^n$, $C^n H^n O^n$. Les azotates résultent donc de l'oxydation de ces matières. On admet généralement que leur production est consécutive à celle de l'ammoniaque, qui se décomposerait en ses éléments, en présence de la matière organique du sol, agissant comme l'éponge de platine. Selon cette théorie, une partie seulement de l'ammoniaque serait décomposée ; l'autre se combinerait à l'acide azotique nouvellement formé. Il se produit ainsi de l'azotate d'ammoniaque, corps peu stable, ordinairement décomposé sous l'influence du sulfate de chaux, en un corps stable, le sulfate d'ammoniaque :



Cette double décomposition fournit donc deux sels également solubles et également utiles à la plante, qui les absorbe et en retire de l'azote, de la chaux, du soufre.

Sulfates. — Les sulfates du sol résultent de l'oxydation des sulfures métalliques.

Le plus important d'entre eux est le sulfate de chaux, dont on vient de voir l'action sur l'azotate d'ammoniaque. Bien qu'un peu soluble, le sulfate de chaux ne semble pas être utilisé directement et tout porte à croire qu'il est seulement entraîné par la sève dans les feuilles, où il se dépose. Rien ne prouve, d'ailleurs, son absorption, celui que l'on trouve dans les cendres pouvant résulter de la combinaison de la chaux avec l'acide sulfurique produit par la combustion du

soufre des matières albuminoïdes. On ne peut, néanmoins, mettre en doute l'action favorable du sulfate de chaux ; Franklin la démontra par l'expérience célèbre dans laquelle il écrivit sur un champ : *Ceci est plâtré*. La cause de cette action a été longtemps obscure. Comme elle se manifeste dans les terrains calcaires, on ne peut l'attribuer à la chaux. D'autre part, un champ riche en matières organiques pouvant devenir stérile, malgré l'addition du plâtre, on ne peut non plus les rapporter à la réaction du sulfate de chaux sur l'azotate d'ammoniaque. Dehérain a montré que l'efficacité du plâtre est due à son pouvoir de décomposer les silicates alcalino-terreux, dont il sépare la potasse. L'addition du plâtre sera donc utile, après une culture qui aura soustrait au sol une abondante proportion de potasse.

Chlorures. — Les chlorures du sol proviennent de deux causes : 1^o la chloruration des métaux, par des effluves venant des profondeurs de la terre ; 2^o le dépôt de chlorures laissés dans les dépressions des terrains, par l'évaporation des eaux marines anciennes.

Les chlorures sont surtout des excitants ; mais leur proportion dans le sol doit être très-faible, sous peine de déterminer la stérilité. Dans les pays où l'on emploie la saumure, comme engrais, les résultats ne sont favorables, que si la pluie lave le sol. L'effet utile de cet engrais doit être attribué aux débris organiques, dont il est rempli.

ÉLÉMENTS MINÉRAUX INSOLUBLES

Phosphates. — Les phosphates, que l'analyse montre dans les cendres, ne se trouvent pas, sans doute, exclusivement sous cet état, dans les plantes. Nous avons dit que l'aleurone contient du phosphate de chaux et de magnésie ; mais il est probable que le phosphore indiqué comme élément constitutif de certains albuminoïdes n'y existe pas à l'état de phosphate. D'autre part, l'incinération dévoile, dans les tissus végétaux, la présence d'une certaine quantité de phosphore, que les dissolvants ne peuvent en séparer. On peut donc présumer que ce phosphore combiné à la matière végétale se trouve à l'état libre, au moins autant qu'à l'état d'acide phosphorique. Quoi qu'il en soit, le phosphore joue un grand rôle dans la vie des plantes ; on le trouve toujours, dans les jeunes organes et dans les appareils de multiplication (graines, bourgeons, etc.). Ce phosphore provient des phosphates du sol et surtout du phosphate de chaux. Comme ce phosphate se dissout dans l'eau chargée d'acide carbonique, on peut admettre qu'il pénètre, par cette voie, dans les

plantes. Toutefois, il paraît certain qu'une grande partie du phosphate de chaux contenu dans le sol est décomposée par l'alumine et par le sesqui-oxyde de fer, qui s'y trouvent d'ordinaire en si grande proportion et qui se transforment en phosphates insolubles. Aussi Liebig admet-il que la dissolution du phosphate de chaux, par l'acide carbonique, a surtout pour effet le transport et l'égalité répartition du phosphore dans le sol.

Une autre cause de dissolution des phosphates réside dans la présence concomitante d'eau chargée d'acide carbonique et de carbonate de chaux ou de potasse ou d'ammoniaque. Mais Dehérain a vu que la réaction ne se fait que si le carbonate est en excès. Il semble donc naturel de penser, avec Liebig, que l'acide carbonique rejeté par les racines intervient, en dissolvant les phosphates d'alumine ou de fer. Cette action des racines doit être bornée, toutefois, aux seuls phosphates en contact avec elles, d'où la lenteur avec laquelle se produit l'épuisement du sol.

Selon Liebig, une troisième cause de dissolution des phosphates réside dans les sels ammoniacaux, le sel marin, le nitrate de soude. Liebig croit, d'ailleurs, le nitrate de soude plus utile que les sels ammoniacaux, parce qu'il est moins rapidement décomposé et a plus de temps pour dissoudre les phosphates.

Enfin Risler a prouvé que la matière organique du sol dissout le phosphate de chaux, mieux que ne le fait l'acide carbonique. En traitant une même quantité de phosphate de chaux, soit par une dissolution d'acide humique, soit par de l'eau chargée d'acide carbonique, il a trouvé, dans 1000 gr. de dissolution : 1^o avec humus : phosphate, 1,397 ; matière organique, 0,728 ; 2^o avec acide carbonique : phosphate, 1,225. La même expérience lui a montré que la dissolution du phosphate favorise celle de la matière organique, 1,000 parties d'eau à 20^o ne dissolvant que 0,4 d'acide humique.

Carbonates. — Les carbonates sont dissous par l'acide carbonique en excès dans l'eau du sol. Risler s'est assuré également que les carbonates (ou du moins leurs bases), sont dissous aussi par la matière organique. Les extraits de terres riches en matières organiques ne précipitent pas, en effet, par l'ébullition, tandis que leurs cendres en contiennent.

Le carbonate de chaux est utilisé directement par les plantes. Il sert, en outre, à favoriser la dissolution des silicates alcalins, en se substituant à la potasse de ces silicates et fournit ainsi indirectement aux plantes, la potasse dont elles ont besoin.

La facilité avec laquelle il sature les acides du sol et restitue leur fertilité aux terres *aigres*, l'a fait employer depuis longtemps, comme amendement. Son emploi constitue la pratique du *marnage*.

Le marnage s'applique, d'ailleurs, avec succès, pour d'autres causes. C'est ainsi, qu'employé dans les terres argileuses, il les rend plus meubles, en même temps que la chaux favorise la décomposition des silicates.

L'action des sels de chaux paraît favoriser la production de l'amidon, qui, sous l'influence de la potasse, se transforme en glucose. L'excès de chaux se dépose dans les feuilles, où il s'accumule, sous forme d'oxalate ou de carbonate, par le simple départ de l'acide carbonique du bicarbonate de chaux amené par la sève.

Silicates. — Selon Risler, les silicates sont décomposés par l'acide carbonique du sol, ou par la matière organique, partiellement transformée en acide humique. Il se forme alors, soit des carbonates, soit et surtout des humates, plus stables, tandis que la silice se dissout dans l'eau, grâce à son état naissant. En dehors de ces deux causes de solubilité de la silice, on a reconnu que le silicate de chaux se dissout (0,0006) dans certaines conditions (P. Thénard); que le silicate d'alumine et de chaux est soluble (Gunning et Feichtinger); que la silice est dissoute principalement par l'ammoniaque du sol réagissant sur les silicates (Wolff).

Oxydes d'alumine, de fer, etc. — On a vu que le phosphate de chaux, en dissolution dans l'eau chargée d'acide carbonique, est décomposé par les oxydes de fer et d'alumine, en produisant des phosphates insolubles. D'autre part, quand on filtre, à travers une couche de terre, une solution organique ou saline, le liquide qui passe ne contient plus que des traces de la substance primitivement dissoute. Cette action du sol a évidemment pour cause la propriété absorbante, que possèdent tous les corps poreux; mais il est évident aussi que la matière dissoute doit être retenue, parce qu'elle est décomposée et entre dans de nouvelles combinaisons. Ce que nous avons dit des propriétés des composés ci-dessus étudiés justifie cette manière de voir, en ce qui concerne les dissolutions salines. Mais, comment sont retenues les matières organiques? P. Thénard a montré que, en se décomposant, ces matières donnent naissance à un acide azoté, qu'il appelle *Acide fumique*. Il a vu que les *fumates*, d'abord à base alcaline et par conséquent solubles, se décomposent au contact des oxydes de fer et d'alumine, pour former des sortes de laques insolubles, qui se modifient lentement, redeviennent solubles et forment ainsi des matériaux alibiles, que les racines absorbent. Lorsque les oxydes terreux et métalliques deviennent insuffisants, pour réagir sur les *fumates* alcalins, la prédominance de ces *fumates* rend les terres *aigres*. L'apparition des *Rumex* sur le sol et la diminution de sa fertilité sont des indices de cet état, qui cesse par l'addition de marnes aluminocalcaires. Mais la modi-

fication des *fumates* et leur retour à la solubilité sont lents: il faut donc favoriser leur transformation. L'expérience enseigne qu'elle se fait sous l'action de trois influences concomitantes: 1° l'air ou mieux l'oxygène ozonisé; 2° l'eau; 3° le carbonate de chaux en excès.

La présence de l'ozone est suffisamment expliquée, par les réactions qui se produisent au sein des matières organiques. Sous son influence, selon P. Thénard, les *fumates* insolubles se transforment en acide carbonique et en *fumates* solubles. P. Thénard s'est assuré, d'ailleurs, que l'oxygène ordinaire agit plus lentement que l'ozone.

Nous avons examiné longuement les effets du carbonate de chaux.

On a vu, d'autre part, le rôle important de l'eau, dans toutes les modifications des matières du sol, dont les principes solubles sont, par elle, répandus dans toutes les portions du terrain.

De ce qui précède, il résulte que, si les plantes trouvent dans le sol tous les matériaux des principes qu'elles absorbent, l'air et l'eau sont indispensables pour assurer la formation et la dissolution de ces principes. L'air n'arrive jamais en trop grande quantité dans un sol, si ce sol reçoit une portion d'eau suffisante; mais celle-ci ne doit jamais s'y trouver en excès: elle empêche alors l'accès de l'air, et change un terrain fertile en marécage. %

ÉTUDE DES RÉACTIONS QUI SE PRODUISENT DANS L'INTÉRIEUR DE LA PLANTE

A. Formation des principes immédiats

Les plantes vertes dégagent de l'oxygène ou de l'acide carbonique, selon qu'elles sont soumises ou non à l'action de la lumière: l'oxygène dégagé provient de la décomposition de l'acide carbonique qu'elles absorbent dans l'air; l'acide carbonique expiré provient des profondeurs de la plante, où il se forme par l'action de l'oxygène sur le carbone des éléments. D'un autre côté, les matériaux organiques, absorbés par les racines, sont modifiés au sein des cellules, soit par le protoplasma cellulaire, soit par réaction réciproque, soit par l'oxygène. On doit penser que la modification ou la formation des principes s'effectuent dans les diverses parties du végétal; mais il est à croire qu'elles se font surtout dans les feuilles et, toutes les fois qu'intervient l'oxygène, sous l'influence de l'oxygène naissant, c'est-à-dire, de celui qui résulte de la réduction de l'acide carbonique. Dans les réactions qui se produisent, l'eau intervient, sans contredit, soit par elle-même, soit par ses