

Nous les laisserons donc pour le moment de côté, pour nous occuper des matières essentiellement organiques formées par les éléments que nous avons nommés.

§ 224. Quoiqu'au nombre de quatre seulement, ils peuvent fournir de nombreux composés. On sait, en effet, que les corps élémentaires se combinent en différentes proportions. Supposons la combinaison d'un corps A avec un corps B; le corps unique C qui en résulte peut renfermer parties égales de A et de B; ou bien 2, 3, 4, etc., parties de A pour 1 de B; ou bien 2, 3, 4, etc., parties de B pour 1 de A; en un mot, un certain nombre des unes pour un certain nombre des autres; et de toutes ces proportions différentes résultent autant de corps différents par leurs caractères et leurs propriétés. On admet que cette combinaison a lieu entre des particules de l'un et de l'autre corps infiniment petites, au delà desquelles il n'y a plus de division possible et qu'on appelle des atomes: par exemple, entre 2 atomes de A et 3 de B pour former 1 molécule de C. Mais on conçoit que ces atomes puissent se grouper, les uns par rapport aux autres, de deux, trois ou plusieurs manières différentes. Les molécules de C devront s'agencer en conséquence et se grouper aussi entre elles de deux ou trois manières; et il en pourra résulter trois corps, C, C', C'', différents par leurs caractères et leurs propriétés, quoique l'analyse chimique ne découvre entre eux aucune différence, qu'elle les trouve tous trois composés de 2 parties de A contre 3 de B. Ce sont ces corps différents, quoique composés des mêmes éléments en même proportion, qu'on a nommés isomères. Après toutes ces notions élémentaires, que nous avons rappelées parce qu'il est bon de les avoir devant les yeux pour tous les détails qui suivent, on comprend sans peine combien quatre éléments susceptibles de se combiner par deux, par trois et par quatre, et chaque fois en différentes proportions, peuvent donner de corps différents, surtout si quelques-unes de ces combinaisons forment, chacune de leur côté, plusieurs substances isomères.

Les corps bruts ou minéraux peuvent être formés par un élément unique, ou par deux ou plusieurs combinés ensemble. Mais alors en général les proportions de ceux-ci sont fort simples, indiquées par des nombres assez bas. Citons pour exemples ceux qui nous intéressent le plus comme fournissant au végétal les principes dont il formera en les combinant ses matières organiques. L'eau est composée en volume de 1 d'oxygène et de 2 d'hydrogène [HO (1)]; et le premier pesant 8 fois plus que le second, elle est composée en poids

(1) Nous indiquons à la suite de chaque corps composé la formule qui représente sa composition en atomes ou mieux en équivalents. Les lettres indiquent un de ses éléments et le chiffre écrit en manière d'exponentielle le nombre des atomes.

de 8 d'oxygène et de 1 d'hydrogène; l'acide carbonique, en volume de 1 de carbone et 2 d'oxygène (CO_2), en poids de 3 du premier et 8 du second; l'ammoniaque, en volume de 1 d'azote et 3 d'hydrogène (AzH_3), en poids de 14 du premier et 3 du second.

Les substances végétales comparées aux corps bruts offrent un plus haut degré de composition. Elles résultent pour la plupart de l'association de trois éléments au moins, le carbone, l'hydrogène et l'oxygène, ou de quatre par l'addition de l'azote; et leurs proportions sont toujours plus complexes, indiquées par des nombres beaucoup plus élevés. La composition va en se compliquant dans les substances animales.

Nous ne passerons pas en revue toutes les matières végétales, nous bornant à celles qui sont les plus répandues dans la généralité des plantes, et procédant des plus simples aux plus composées. Nous commencerons donc par les principales matières ternaires, c'est-à-dire celles qui résultent de la combinaison du carbone avec l'oxygène et l'hydrogène.

§ 225. Parmi elles, la première qui doit fixer notre attention est celle qui forme la charpente du végétal, les parois des cellules, des fibres et des vaisseaux. Car M. Payen a constaté qu'elle offre partout la même composition, que les différences apparentes qu'on pourrait y apercevoir sont dues à d'autres produits variables déposés à sa surface ou même infiltrés dans son épaisseur (§ 19); et qu'après qu'elle en a été débarrassée et amenée à son état de pureté, cette substance, qu'on peut appeler *cellulose*, présente toujours identiquement la même composition. Cette composition est de 12 molécules de carbone pour 10 d'hydrogène et autant d'oxygène ($\text{C}^{12}\text{H}^{10}\text{O}^{10}$), ou, ce qui revient au même, de 12 de carbone pour 10 d'eau, puisque 1 d'eau est formée par 1 d'oxygène et 1 d'hydrogène: ce qui équivaut en poids à 72 parties de carbone, 10 d'hydrogène et 80 d'oxygène. Or la *fécule* ou *amidon* (§ 21), cette matière dont nous avons déjà eu occasion de parler souvent comme si abondamment et si généralement répandue dans l'intérieur des cellules, à l'état de grains solides et insolubles dans l'eau froide, se trouve avoir précisément la même composition chimique; et on la retrouve encore dans une autre matière également fréquente, mais soluble dans l'eau à froid et ne se colorant pas en bleu ou violet par l'iode, matière qu'on a nommée *dextrine* (1). Voici donc

(1) A cet état on l'a souvent confondue avec la gomme, dont elle a l'apparence et presque la composition. Mais les véritables gommes, distinctes du reste par plusieurs caractères chimiques et physiques, paraissent le produit de l'élaboration des sucs dans l'écorce où elles se trouvent, et sont, en général, comme les autres sucs qu'on y rencontre aussi (§ 229), des matières plus ou moins complexes.

trois substances composées de même avec des caractères différents, par conséquent isomères. On conçoit comment elles pourraient se convertir l'une en l'autre par un simple changement de forme toutes les fois que leur arrangement moléculaire viendra à être troublé, et comment une matière peut, dans les tissus des végétaux, tantôt se conserver en dépôt à l'état de grains, que préservent leur solidité et leur insolubilité; tantôt, en perdant cette dernière propriété, devenir un sirop que la sève délaye et porte avec elle dans tous les points du végétal; tantôt enfin s'étendre et se solidifier en membranes qui forment les parois des cellules nouvelles, ou doublent celles d'une cellule déjà existante.

§ 226. Nous avons déjà parlé aussi du sucre comme d'une substance fréquemment répandue dans l'intérieur du végétal. On distingue plusieurs espèces de sucres: ceux qui nous intéressent ici, comme les plus communs, sont ceux qu'on a nommés de canne et de raisin, d'après les plantes où ils sont le plus abondants et où ils ont été le plus tôt connus. Le sucre de canne est ainsi composé: 12 molécules de carbone, 11 d'hydrogène, 11 d'oxygène ($C^{12}H^{11}O^{11}$); celui de raisin, qu'on connaît sous le nom plus général de glucose, de 12 de carbone, 14 d'hydrogène et 14 d'oxygène ($C^{12}H^{14}O^{14}$). Il en existe une troisième espèce, le sucre des fruits acides ($C^{12}H^{12}O^{12}$), intermédiaire, comme on le voit, aux deux précédents, dans lequel en effet le premier se transforme aisément, et qui à son tour donne le second sous la forme de petits grains cristallins lorsqu'on abandonne à elle-même sa solution sirupeuse. En comparant ces compositions à celle de la cellulose, de l'amidon et de la dextrine donnée plus haut, on voit qu'elles diffèrent bien peu, puisqu'il suffit d'ajouter à celle-ci 1 molécule d'hydrogène et 1 d'oxygène, ou, ce qui est la même chose, de lui ajouter 1 molécule d'eau, pour avoir précisément celle du sucre de canne, et à ce dernier 3 nouvelles molécules d'hydrogène et 3 d'oxygène, c'est-à-dire 3 molécules d'eau, pour avoir celle du sucre de raisin.

Tous ces corps identiques ou si analogues, où l'oxygène et l'hydrogène se montrent combinés dans la proportion qui forme l'eau, sont neutres, et ce sont eux qui se montrent le plus généralement et le plus constamment dans les végétaux.

§ 227. Passons maintenant à des substances plus complexes, mais dont l'existence semble, comme celle des précédentes, générale dans les tissus végétaux: ce sont des composés quaternaires dans lesquels l'azote vient s'associer aux trois autres éléments. On les appelle albuminoïdes du nom de la plus commune d'entre elles, l'albumine, ou protéiques du nom d'une substance qui paraît former le principe essentiel de toutes ces substances, la protéine. On re-

garde celle-ci comme composée de 36 molécules de carbone, 23 d'hydrogène, 4 d'azote et 10 d'oxygène ($C^{36}H^{23}Az^4O^{10}$). La combinaison de cette base avec de très-faibles proportions de deux nouveaux corps, le soufre et le phosphore, produirait, d'après les recherches les plus modernes, les diverses modifications des matières protéiques. Suivant M. Mulder, 10 molécules de protéine combinées à 1 de soufre donneraient la caséine; à 1 de soufre et 1 de phosphore, la fibrine; à 2 de soufre et 1 de phosphore, l'albumine. Ces matières azotées, liquides ou coagulées, solubles dans l'eau ou insolubles, suivant la nature et les proportions de celles avec lesquelles elles se trouvent en rapport, comme les acides et les alcalis, se trouvent donc dans les mêmes conditions que les autres pour se mobiliser ou se fixer suivant les besoins du végétal.

§ 228. La chlorophylle a été reconnue aussi pour une matière quaternaire, et les travaux les plus récents lui assignent pour formule $C^{18}H^{10}AzO^8$. Mais il est difficile de s'assurer qu'on l'ait obtenue à l'état de pureté parfaite. Nous avons vu (§ 22) qu'elle se montre toujours accompagnée d'une matière grasse ou cire, et que plusieurs la considéraient comme une transformation de celle-ci qui se formerait elle-même aux dépens de la fécule. On expliquerait ainsi l'origine d'une portion de l'oxygène si abondamment dégagé par les parties vertes des végétaux. Car, en admettant que cette matière grasse est représentée par C^8H^7O , 2 parties de fécule avec 1 d'eau ($2C^{12}H^{10}O^{10} + HO$), donnant par leur conversion 3 de matière grasse ($3C^8H^7O$), mettraient 18 d'oxygène en liberté.

Nous avons vu aussi que diverses considérations contredisent cette théorie, que la chlorophylle se forme souvent là où il n'y a pas de fécule, et se montre d'abord dans le protoplasma. Celui-ci est une matière protéique à laquelle elle emprunte sans doute l'azote qui entre dans la composition.

§ 229. Mais quelle force dans ce végétal change ces substances les unes dans les autres en modifiant soit leur état moléculaire, soit, par l'addition de quelques parties d'eau, leur composition première? On peut bien, dans les laboratoires de chimie, produire artificiellement quelques-unes de ces réactions; mais c'est le plus souvent à l'aide d'agents que nous ne trouvons pas dans le corps organisé, qui d'ailleurs ne supporterait pas leur action trop prompte et trop énergique. La plupart des phénomènes semblent s'y accomplir par ces forces lentes et disséminées sur une grande étendue, qui peuvent difficilement être constatées sur un point donné, mais qui, opérant sur un grand nombre à la fois, donnent pour résultat de toutes ces petites actions locales un effet général par lequel nous reconnaissons leur existence sans pouvoir bien apprécier leur na-

ture. Cependant la chimie parvient à jeter du jour sur quelques-uns de ces problèmes. Donnons-en un exemple au sujet de l'un des plus intéressants, la conversion de l'amidon en dextrine, qui le rend soluble à froid et permet ainsi son transport à travers les tissus. MM. Payen et Persoz ont trouvé que dans l'amidon accumulé dans certaines graines céréales, vers le point d'insertion de la Pomme de terre et même au-dessous des bourgeons de certains arbres, au moment où la graine commence à germer, le tubercule ou le bourgeon à pousser, une partie d'amidon disparaît pour faire place à une nouvelle substance qu'ils ont appelée *diastase*, et qui a la singulière propriété de désagréger les grains de la fécule, de les changer en dextrine; et, si l'action se prolonge, celle-ci se convertit elle-même en sucre. Cette action a lieu même à froid, puisque, même à la température de la glace fondante, 12 parties de diastase produisent en vingt-quatre heures, avec 100 d'amidon, 11 de sucre; à 20 degrés, elles en produisent 77. On voit que la chaleur favorise cette action; et l'effet va croissant jusqu'à la température de 70 à 80 degrés, à laquelle la diastase dissout 5,000 fois son poids de fécule. C'est un agent puissant que la science a emprunté à la nature pour la fabrication du sirop gommeux de dextrine et du sucre d'amidon, d'un emploi maintenant si général.

Cette action de la diastase sur la fécule est de l'ordre de celles que les chimistes appellent de contact ou catalytique, et par laquelle, en vertu d'une force mystérieuse qu'on n'a su expliquer jusqu'ici, certains corps mis en contact avec d'autres composés déterminent des modifications dans leur arrangement moléculaire ou dans leur composition, sans fournir par eux-mêmes ou recevoir de nouveaux éléments, en un mot, sans réaction chimique. On peut la comparer à celle des ferments, par conséquent de la levûre de bière mise en présence du sucre qu'elle transforme en alcool. Il est à remarquer que dans les plantes ce sont le plus ordinairement des corps azotés qui jouent ce rôle, et l'on comprend ainsi leur grande importance dans l'économie végétale.

§ 230. L'effet le plus manifeste de la respiration diurne est de fixer dans le végétal une quantité additionnelle de carbone et de lui enlever de l'oxygène. Après avoir mis ce fait hors de doute, on l'expliquait par une simple décomposition de l'acide carbonique dont l'oxygène serait mis en liberté et dont le carbone s'unirait directement à l'eau, si abondante dans les organes du végétal, pour produire ces combinaisons neutres, que nous avons vues former sa trame et la plus grande proportion des principes organiques qui y séjournent ou y circulent. Cependant, comme l'eau se décompose beaucoup plus facilement que l'acide carbonique, on serait aujour-

d'hui porté à admettre que c'est elle qui cède son hydrogène à l'acide pour former les combinaisons neutres, et abandonne son oxygène.

§ 231. Quelle que soit l'origine de l'oxygène dégagé, et nous avons vu (§ 228) qu'il peut provenir encore d'autres sources, sans celles que nous indiquerons plus tard (§ 235), la soustraction de ce gaz peut déterminer dans les matières nouvelles qui se forment par toutes ces réactions une proportion plus forte d'hydrogène. En effet, nous trouvons toutes les matières formées dans l'écorce sous l'influence de la lumière solaire, empreintes de ce double caractère, augmentation dans la proportion d'hydrogène et surtout de carbone: c'est ce que nous présentent la chlorophylle et le latex, ainsi que les résines, les huiles essentielles, la cire (1).

Il ne peut y avoir aucun doute que tous ces produits ne résultent de l'action de la lumière; car, privés d'elle, on les voit peu à peu s'affaiblir et disparaître. Nous avons déjà parlé de l'étiollement que présente la plante après un séjour prolongé dans l'obscurité, et qui suppose l'altération de la chlorophylle et les conditions propres à empêcher son développement. Or, un effet analogue se produit par la même cause sur les sucres propres, les résines et les huiles essentielles; et, parmi les preuves de cette vérité, il suffit de citer cette pratique familière des jardiniers pour la culture de certaines plantes potagères qui, développées à la lumière libre, auraient des sucres d'une odeur trop forte, d'une saveur trop âcre et quelquefois même d'un usagé dangereux, comme plusieurs *Ombellifères*, par exemple. Ils couvrent de terre la portion inférieure de la plante qui doit être employée; ce qu'ils appellent *blanchir*, parce qu'elle perd sa couleur verte. Mais elle perd en même temps les qualités trop intenses de ses sucres, qu'on réduit ainsi au degré où elles ont pu devenir agréables et innocentes.

§ 232. C'est dans les cellules de l'écorce que se forment encore

(1) Nous ne citons pas ici les *huiles fixes*, parce que c'est en général dans le fruit et l'amande de la graine qu'elles se montrent, disséminées par gouttelettes à l'intérieur des cellules où elles se forment. « Ces huiles comprennent des corps insolubles dans l'eau, fluides à la température ordinaire et non susceptibles de se volatiliser sans décomposition. Les *cires* ne diffèrent guère des précédentes qu'en ce qu'elles sont solides à la température ordinaire. Les *huiles volatiles*, ou *essentiels*, qui ressemblent aux huiles fixes, s'en distinguent par une odeur plus ou moins forte, une légère solubilité dans l'eau, et enfin par la propriété de se volatiliser sans décomposition. Les *résines* renferment des corps plus ou moins fragiles, assez solubles dans l'alcool, et plus ou moins altérables par l'action de la chaleur. » Ces définitions, que nous empruntons à M. Chevreul, sont les seules par lesquelles nous puissions ici distinguer ces corps. Tels que la nature nous les présente, ce sont toujours des matières plus ou moins complexes, complexité qui s'oppose nécessairement à ce qu'on puisse déterminer les caractères chimiques d'une manière en même temps générale et précise. Leur examen détaillé nous entraînerait beaucoup au delà des limites qui nous sont imposées.

ces combinaisons quaternaires désignées maintenant sous le nom d'alcaloïdes, parce qu'elles ont la propriété de se combiner avec les acides à la manière des alcalis. C'est même ainsi combinées, et seulement avec un petit nombre d'acides végétaux, qu'on les rencontre pendant la vie. Les recherches modernes ont extrêmement multiplié le nombre de ces substances, qu'on désigne en général par la désinence en *ine* (quinine, morphine, strychnine, etc., etc.). Naturellement ces recherches se sont dirigées sur les végétaux les plus remarquables par leurs propriétés; chacun a fourni ses alcaloïdes, plus d'un à lui seul en a fourni plusieurs différents. Ces alcaloïdes extraits du même végétal paraissent avoir entre eux une sorte d'affinité qui sera facilement comprise par un exemple bien connu. L'écorce de quinquina en présente pour sa part plusieurs, dont deux principaux, la cinchonine et la quinine. Tous deux dans leur composition ont 38 atomes de carbone, 24 d'hydrogène, 2 d'azote; la cinchonine a de plus 2 d'oxygène et la quinine 4: de sorte que les trois premiers éléments semblent se réunir ici pour jouer le rôle d'un corps simple qui, oxydé à deux degrés différents, formerait les deux alcaloïdes; et même un troisième, la cusconine, semble donner le terme suivant.

C'est dans ces substances que les propriétés les plus énergiques des végétaux paraissent résider, et le petit nombre des citations auxquelles nous avons dû nous borner nous a rappelé des médicaments ou des poisons bien actifs et bien célèbres.

§ 233. Nous venons d'énumérer les principales substances qui se forment par la soustraction d'une portion d'oxygène. Il s'en trouve au contraire où il est en excès, c'est-à-dire en proportion plus grande relativement à l'hydrogène que celle qu'il faut pour former l'eau: ce sont les acides:

Les acides végétaux, dont la chimie moderne a aussi beaucoup augmenté le nombre, se rencontrent bien rarement libres dans les tissus vivants, mais ordinairement combinés, soit avec les alcaloïdes, soit avec les matières alcalines inorganiques apportées par la sève. L'un des plus répandus est l'acide oxalique, remarquable par sa composition binaire, et très-rapproché par elle de l'acide carbonique, puisqu'il ne diffère que par une proportion moindre d'oxygène dont il renferme 3 parties pour 2 de carbone. Beaucoup sont des composés ternaires, comme les acides acétique, citrique, pectique, malique, tartarique, etc., etc.; très-peu, des composés quaternaires avec une proportion assez forte d'azote, comme l'acide aspartique, etc. Quant à l'acide hydrocyanique, connu autrefois sous le nom de prussique, loin de devoir être rangé parmi les substances suroxygénées, il ne renferme pas du tout d'oxygène,

mais une énorme proportion d'azote, un peu plus de la moitié de son poids. Cet azote, uni à du carbone, forme une base, nommée cyanogène, qui s'unit elle-même à 3 parties d'hydrogène pour former ainsi cet hydracide, qu'on trouve dans l'Amandier et dans plusieurs arbres de la même famille.

§ 234. Les acides minéraux ont la propriété d'agir par contact sur la fécule et les corps isomères à la manière de la diastase, quoique beaucoup plus faiblement et plus lentement, d'opérer la désagrégation de la fécule et sa conversion en dextrine, puis en sucre, celle du sucre de canne en sucre de fruit, etc. C'est ce qu'ont démontré les expériences nombreuses et variées des chimistes, et quelques-uns ont constaté la même propriété pour les acides végétaux. Nous voyons là une des manières dont ils peuvent intervenir dans la formation des matières organiques.

§ 235. M. Liebig leur fait, dans cette formation, jouer un rôle important qui se lierait à la respiration diurne. Il pense que l'acide carbonique introduit d'une part dans les parties aériennes par cette respiration, de l'autre dans la sève par l'absorption des racines, se change en acide oxalique qui ne diffère que par une proportion un peu moindre d'oxygène; puis il établit une série d'acides ternaires dans lesquels cette proportion va graduellement décroissant, et admet qu'ils se transforment successivement les uns dans les autres, laissant en liberté à chaque nouvelle transformation une nouvelle quantité d'oxygène, jusqu'à ce qu'on arrive enfin aux combinaisons neutres. Il rend compte ainsi, d'une part, d'une portion de l'oxygène dégagé; de l'autre, de l'utilité des bases alcalines ou terreuses qui se combinent à ces acides pour former des sels qui les tiennent en réserve, tour à tour composés et décomposés: ce qui explique pourquoi ces bases se montrent dans un rapport à peu près constant et neurent, suivant les divers terrains, se substituer l'une à l'autre par équivalents. Néanmoins, comme beaucoup de ces sels fixés dans l'intérieur des cellules à l'état de cristaux insolubles cessent de prendre part aux réactions, on ne peut admettre que la quantité des acides et des bases se trouve dans un rapport nécessaire avec les besoins de la plante, et d'ailleurs ce sont tel acide et telle base qui paraissent nécessaires à la vie de certains végétaux ou de certaines parties du végétal, puisque ce sont ceux qu'on y rencontre constamment sans les voir remplacer par d'autres; et dans un grand nombre, l'existence permanente et l'abondance de l'acide oxalique semblent exclure la réalité de ces transformations ultérieures.

§ 236. La production des véritables acides, ceux qui résultent d'une augmentation dans la proportion de l'oxygène, doit être favorisée par la respiration nocturne, par laquelle cet élément pé-

nêtre abondamment dans le végétal. Aussi est-ce dans les parties soustraites à l'action de la lumière solaire ou colorées autrement qu'en vert, parties où ce mode a constamment lieu, comme les racines et les fruits, qu'on rencontre le plus grand nombre et la plus grande quantité d'acides. Remarquons que ce sont ces mêmes parties que nous voyons souvent devenir des dépôts plus ou moins considérables de fécule et de sucre, c'est-à-dire de ces matières qui nous ont offert la combinaison de parties à peu près égales d'eau et de carbone, et qui, sous l'influence de la lumière, se sont modifiées en prenant une plus grande proportion d'hydrogène et surtout de carbone. Il était nécessaire que, là où elles doivent s'accumuler, une fois formées elles ne fussent pas modifiées, ou qu'une fois modifiées elles fussent ramenées à leur composition primitive par la soustraction de l'excès de carbone fixé dans les parties vertes par la respiration diurne. Or, c'est cet effet que doit produire l'autre période ou l'autre mode de respiration, et c'est ce qui explique peut-être le besoin d'oxygène manifesté par les parties souterraines, et l'influence favorable que peut avoir la nuit sur la végétation, en rétablissant l'équilibre après l'énergique action du jour. Cette action nocturne est une objection à l'ingénieuse théorie de M. Liebig, puisqu'alors l'acide carbonique, aux dépens duquel les autres devraient se former, est expulsé du végétal.

§ 237. Au reste, cette absorption du gaz oxygène par les parties végétales n'est pas un phénomène qui soit propre à la vie. Si après la mort ces parties sont mises en rapport avec de l'oxygène et de l'eau, le premier disparaît en se combinant avec le carbone de la matière végétale, et il se forme de l'acide carbonique. Pendant cette combustion très-lente, la matière change de forme et de couleur, et passe peu à peu à l'état d'une poussière noirâtre qui est connue sous le nom de terreau ou humus, et dans laquelle on retrouve les éléments qui y existaient pendant la vie : mais leurs rapports sont altérés. Cependant une portion de carbone s'y trouve encore combinée aux éléments de l'eau, et constitue un composé qui a pour formule $C^{40}H^{16}O^{14}$. D'après les recherches de M. Mülder, cette substance, qu'on appelle *ulmine*, se transforme en une série d'autres substances (acide ulmique, humine, acides humique, géique, apocrénique, crélique) de plus en plus oxygénées. Ces acides, qui ont une très-grande affinité pour l'ammoniaque, s'unissent aux bases alcalines et terreuses pour former des sels solubles dans l'eau avec les premières, à peine ou non solubles avec les secondes. Mais ceux-ci forment avec les alcalis et l'ammoniaque des sels doubles qui redeviennent solubles. Ainsi sont portées à l'absorption des ra-

cines plongées dans l'humus ces diverses matières si utiles à la végétation, l'ammoniaque notamment. Celle-ci n'est pas fournie seulement par les débris des matières organiques en décomposition dans l'humus et par l'eau de la pluie ; suivant M. Mülder, l'eau qui concourt à former les dérivés de l'ulmine en leur abandonnant, à mesure qu'ils se transforment, de plus en plus d'oxygène, laisserait libre une proportion équivalente d'hydrogène qui se combinerait à l'azote de l'atmosphère. En effet, de jeunes plantes élevées dans de l'acide ulmique et de la poudre de charbon entièrement dépouillées d'ammoniaque, arrosées avec une eau et renfermées dans une atmosphère qui n'en contenaient pas davantage, ont fourni à l'analyse une quantité double ou triple de l'azote que contenait leur graine au début de l'expérience.

Cependant ce contingent d'azote, emprunté soit à l'air, soit à l'eau qui l'a traversé, serait loin de suffire au développement complet de la plante, où il se montre toujours si abondant dans tous les tissus en voie de formation, et où nous avons déjà plusieurs fois signalé la nécessité de son intervention, et ce développement ne tarderait pas à s'arrêter, si la plante ne trouvait une autre source dans laquelle elle pût largement puiser, le dépôt que viennent accumuler à la surface de la terre les débris des végétaux et des animaux, ces derniers surtout riches en principes azotés. De là l'utilité des engrais là où l'homme veut multiplier certains végétaux entassés sur un espace borné, végétaux qui, le plus souvent destinés à la nourriture des animaux, doivent eux-mêmes fixer dans leurs tissus beaucoup de ces principes ; de là leur nécessité dans le cas où ces végétaux, comme les céréales par exemple, n'empruntent pas directement d'azote à l'atmosphère. C'est à l'état d'ammoniaque qu'il se mêle d'abord à la sève.

§ 238. Il nous reste à examiner, parmi les matières fournies par la terre, celles qui appartiennent au règne minéral, et leur influence sur la végétation. Cette influence peut être de deux sortes : l'une exercée par celles qui, ne pouvant se dissoudre dans l'eau, restent autour des racines, mêlées aux débris végétaux et animaux dont la terre dite végétale est composée ; l'autre, par celles qui, dissoutes, s'introduisent et se mêlent avec la sève.

On comprendra, sans qu'il soit besoin de longs détails, combien la première est puissante et comment elle varie avec la constitution primitive du sol. L'argile qui retient l'eau, le sable qui la laisse passer en totalité, présentent les deux conditions opposées et extrêmes dans lesquelles ne pourront vivre que des végétaux différents ; et si l'on se rappelle le besoin impérieux que la plupart des plantes ont en même temps et de l'eau à l'intérieur et du con-

tact de l'air pour leurs racines, on jugera qu'un mélange convenable de parties de nature différente, qui retienne une quantité suffisante d'eau et laisse circuler librement l'air, présente les conditions les plus favorables à la végétation. Les matières minérales propres à fixer l'acide carbonique et l'ammoniaque pourront ainsi en retenir autour du végétal une portion qui autrement se serait volatilisée, et la conserver comme un dépôt qui s'ajoutera à la quantité fournie directement par l'air et à celle que l'eau pouvait déjà tenir en dissolution. C'est à une pareille cause que M. Liebig attribue l'heureuse influence du plâtre et des sels ferrugineux, parce que le plâtre, ainsi que les oxydes de fer et d'alumine, attire l'ammoniaque et forme avec elle un composé solide dont elle est ensuite séparée peu à peu à chaque chute de pluie, pour être entraînée avec l'eau que pomperont les plantes voisines.

§ 239. Mais ce qui nous intéresse ici davantage, c'est la connaissance des matières minérales, qui, elles-mêmes solubles, pénètrent et s'incorporent dans le végétal. Une fois introduites, elles peuvent, ou conserver leur état liquide, ou se solidifier, ce qui arrive, soit par l'évaporation de l'eau qui les tenait en dissolution, soit lorsque dans leur trajet elles rencontrent des acides avec lesquels elles ont la propriété de se combiner en un sel insoluble qui dès lors reste fixé à la place où il s'est formé. Nous avons déjà indiqué (§ 19-23) les formes qu'affectent le plus ordinairement ces corps minéraux répandus dans les tissus de la plante et les places où ils se rencontrent le plus fréquemment; c'est surtout près de l'écorce, siège le plus actif de l'évaporation. La proportion des substances minérales est généralement en proportion de l'activité de la végétation, puisqu'elle détermine le passage d'une plus grande quantité d'eau, et par conséquent des matières minérales qui s'y trouvent dissoutes. La quantité de celles qui restent solubles pourra varier à diverses époques; celle des insolubles ne peut nécessairement aller qu'en augmentant avec l'âge.

Cette proportion peut facilement s'évaluer au moyen de la combustion. Le feu détruit sans exception toutes les matières végétales, et c'est encore là un de leurs caractères. Il ne détruit pas les matières minérales que la plante contenait, et dont le résidu forme les cendres. En pesant un corps végétal, puis les cendres provenant de sa combustion, on obtient donc le rapport cherché. On doit avoir égard aux carbonates qui se sont formés dans la combustion même par la substitution de l'acide carbonique aux acides végétaux qu'elle a détruits.

§ 240. Les substances minérales qu'on trouve le plus communément dans le végétal sont la potasse et la soude, la chaux, la ma-

gnésie, la silice, et rarement l'alumine, quelquefois un peu de fer et de manganèse. Des observations récentes ont constaté, dans les végétaux terrestres, la présence fréquente de l'iode, qu'on croyait autrefois n'exister que dans ceux de la mer. Ces corps peuvent se trouver déjà à l'état de sels, combinés avec certains acides minéraux, les acides sulfurique, phosphorique, etc.; ce qui explique la présence du soufre et du phosphore que nous avons trouvés dans les matières protéiques, et qui, indépendamment d'elles, se trouvent quelquefois en assez grande proportion, par exemple, dans les feuilles de Mûrier. Avec l'acide carbonique, la combinaison peut avoir eu lieu en dehors ou en dedans de la plante. Les sels qui se forment au dedans par la combinaison avec les acides végétaux, et méritent ainsi le nom de substances végéto-minérales, résultent le plus souvent de celle de la chaux ou de la potasse avec les acides oxalique, malique, citrique, pectique, etc.

§ 241. Il est bien clair que la nature de ces composés est toujours corrélative à celle du sol où croît la plante. L'une ne peut recevoir que ce que l'autre peut lui donner. Mais le reçoit-elle indifféremment? En d'autres termes, est-ce parce que tel terrain renferme telles substances minérales que la plante qui y croît les renferme elle-même; ou bien est-ce par cette raison même qu'elle croît sur ce terrain-là? Pour certains végétaux, la réponse ne saurait être douteuse. Ainsi la plupart des plantes qui croissent sur le bord de la mer renferment beaucoup de soude provenant du chlorure de sodium ou sel marin; et elles ne croissent pas autre part, si ce n'est auprès des salines situées même au loin dans l'intérieur des terres, mais où elles retrouvent ce même sel. Il leur est donc nécessaire; elles ne le prennent pas parce qu'elles le trouvent, mais elles se trouvent là parce qu'elles peuvent l'y prendre. Certaines familles de plantes très-naturelles, c'est-à-dire semblables par tous les principaux points de leur organisation, présentent dans leurs tissus les mêmes substances minérales, et l'on doit en conclure que la présence de ceux-ci est en rapport avec cette organisation. Celle des Graminées en offre un double exemple: ses fruits parfaits (dans les Céréales) contiennent assez abondamment du phosphate de magnésie et d'ammoniaque; ses tiges, presque sans exception, de la silice qui vient encroûter leur épiderme et leurs nœuds (§ 19). C'est cette silice qui donne aux pailles leur faculté de se conserver longtemps sans pourrir, leur rigidité, leur dureté, telle qu'elle ébrèche souvent la faux; et que la surface de grosses tiges, comme celle du Bambou, peut faire feu au brique.

Cependant il arrive souvent que la même plante, croissant dans