

	cc.		cc.
Exp. 2°. Acide carbonique manquant.....	309.	Oxygène dégagé.....	224
		Azote dégagé.....	86
			510
Exp. 3°. Acide carbonique manquant.....	149.	Oxygène dégagé.....	121
		Azote dégagé.....	21
			142
Exp. 4°. Acide carbonique manquant.....	306.	Oxygène dégagé.....	246
		Azote dégagé.....	20
			266
Exp. 5°. Acide carbonique manquant.....	184.	Oxygène dégagé.....	126
		Azote dégagé.....	57
			183

Une remarque qu'on ne peut s'empêcher de faire, en consultant ce tableau, c'est que dans la plupart des cas, l'azote dégagé représente presque exactement le volume d'oxygène qu'il serait nécessaire d'ajouter pour que l'oxygène recueilli représentât la totalité de celui qui faisait partie de l'acide carbonique décomposé. Il peut paraître vraisemblable que l'azote en excès qui est apparu dans toutes les expériences, existait, en grande partie, dans l'air contenu et condensé dans les interstices des plantes, ou bien en dissolution dans l'eau qui baignait leurs racines. On lui attribuerait difficilement une autre origine : celle, par exemple, d'une altération dans les principes azotés des végétaux soumis à l'observation. En effet, dans la première expérience, de Saussure fixée à 2 gr., 7 le poids de la matière sèche des sept pervenches ; or, d'après les nombreuses déterminations d'azote que j'ai eu l'occasion de faire sur des plantes d'âges et d'espèces très-différents, je crois pouvoir assurer que ces pervenches, supposées sèches, ne contenaient pas au delà de 0 gr., 025 d'azote ; ce serait pour le poids adopté par Saussure 0 gr., 0675 d'azote ou 53 centimè-

tres cubes ; et le volume de l'azote dégagé, dans cette première expérience, a été de 139 centimètres cubes. Il convient encore de faire observer que l'état de santé que présentaient ces plantes à l'issue des observations, ne permet pas de supposer une décomposition de la totalité des matières azotées qui entraient dans leur organisation : ces différents motifs tendraient à faire penser que l'azote recueilli en excès aurait été déplacé par de l'oxygène (1). On pourrait donc présumer, d'après les expériences que nous avons discutées, que le volume d'oxygène produit représente probablement le volume d'acide carbonique décomposé.

La nécessité de l'intervention du gaz oxygène dans l'action décomposante que les plantes exposées à la lumière exercent d'une manière si énergique sur l'acide carbonique, nous conduit à étudier isolément les phénomènes que l'oxygène peut présenter avec les plantes.

Quand on place pendant la nuit des feuilles saines et fraîchement cueillies, sous une cloche remplie d'air atmosphérique, elles condensent une partie de l'oxygène. Le volume de l'air diminue, et il se forme une certaine quantité de gaz acide carbonique libre, généralement inférieure au volume de l'oxygène qui a disparu. Si maintenant l'on expose à la lumière

(1) Des expériences nombreuses, que j'ai faites dans ces derniers temps, m'ont convaincu que l'azote, qui apparaît dans cette circonstance, est dû à une cause purement accidentelle.

verte, se comportent avec l'oxygène comme les racines : elles se bornent à changer ce gaz en acide carbonique, qui est ensuite transporté dans l'ensemble du végétal pour être décomposé par les parties vertes. On peut voir dans ce genre d'action un déplacement, une translation du carbone des régions inférieures vers les régions supérieures des plantes.

La décomposition de l'acide carbonique par les plantes une fois admise, il reste encore à examiner si, dans les phénomènes de la végétation, les feuilles décomposent directement l'acide carbonique qui fait partie de l'atmosphère, ou si le gaz acide, dissous d'abord dans l'eau qui imbibe le sol, est ensuite conduit par voie d'absorption dans les organes du végétal. La proportion d'acide carbonique contenu dans l'air est tellement minime, l'accroissement des végétaux est souvent si rapide, que l'on pourrait raisonnablement soupçonner que le carbone est introduit par cette dernière voie dans leur organisme. Dans les belles expériences où de Saussure a soumis des plantes à l'influence d'atmosphères plus ou moins chargées d'acide carbonique, l'eau dans laquelle plongeaient les racines était en contact avec les gaz. Il pouvait donc arriver que le gaz acide fût introduit dans les végétaux par voie de dissolution.

Sennebier fit une expérience pour prouver que les feuilles décomposent à la fois le gaz acide carbonique qui est en contact avec elles, et celui qui est dissous dans l'eau absorbée par leur tissu ligneux. Il prit deux branches de pêcher qui furent introduites

sous deux cloches séparées, mais remplies avec la même eau (1). L'extrémité inférieure de chaque branche plongeait dans un flacon. Dans l'un des flacons, on avait mis de l'eau chargée d'acide carbonique; l'autre contenait de l'air. Les deux appareils furent exposés à la lumière. Les feuilles de la branche qui plongeait par sa base dans la dissolution d'acide carbonique, dégagèrent, sous la cloche qui la recouvrait, 253 centimètres cubes de gaz oxygène. Dans le même temps les feuilles de l'autre branche n'en produisirent que 133 centimètres cubes.

Cette expérience n'établit peut-être pas suffisamment la décomposition de l'acide carbonique gazeux, tel qu'il se rencontre dans l'atmosphère, disséminé dans une grande masse d'air. Il paraît néanmoins que les feuilles qui flottent dans l'air sont aptes à décomposer l'acide carbonique gazeux qui s'y trouve, et cela avec une rapidité surprenante.

Dans l'été de 1840, j'ai fait pénétrer, dans un ballon de quinze litres de capacité et muni de trois tubulures, un rameau d'une vigne en pleine végétation. La branche introduite portait une vingtaine de feuilles.

La partie ligneuse de la branche était fixée, au moyen d'un manchon en caoutchouc, à l'orifice inférieur du ballon. Par la tubulure supérieure entrait un tube effilé, destiné à faire communiquer l'intérieur du vase avec l'air extérieur.

(1) De l'eau commune renfermant de l'acide carbonique.

La tubulure latérale communiquait, à l'aide d'un tube, à un appareil propre à doser avec une grande exactitude l'acide carbonique de l'atmosphère.

Dans l'expérience dont il s'agit, l'air, avant d'arriver dans l'appareil, passait d'abord dans le grand ballon où vivait le rameau de vigne. La vitesse de l'air, déterminée par celle de l'écoulement d'un aspirateur rempli d'eau, était de douze litres par heure.

Les feuilles étaient exposées au soleil : l'expérience commençait à onze heures et finissait à trois heures.

Dans une observation on trouva, toutes corrections faites, dans l'air atmosphérique qui avait traversé le ballon, un volume 0,0002 de gaz acide carbonique; au même moment, l'air pris dans la cour où l'appareil fonctionnait, en contenait 0,00045.

Dans une autre expérience, l'air, après avoir passé sur les feuilles, renfermait 0,0001 de gaz acide carbonique. L'air de la cour en contenait alors 0,0004. Ainsi, en traversant l'espace où vivait la branche éclairée par la lumière du soleil, l'air se dépouillait des trois quarts de son acide carbonique.

En faisant fonctionner le même appareil pendant la nuit, on obtint des résultats inverses; l'air, en traversant le ballon, contenait généralement une quantité d'acide carbonique double de celle que renfermait au même instant l'atmosphère. Dans mon opinion, c'est par une semblable méthode que l'on devrait étudier sur les plantes vivantes attendant encore au sol, les phénomènes généraux de la respiration végétale.

Les expériences que je viens de rapporter établissent donc, que réellement les feuilles s'assimilent le carbone qui se rencontre dans notre atmosphère à l'état de gaz acide carbonique. Elles expliquent ce fait bien connu des cultivateurs : que les plantes font plus de progrès dans un air agité et fréquemment renouvelé que dans une atmosphère calme.

Le système feuillu acquiert d'ailleurs un si grand développement, que l'on comprend comment les plantes soutirent de l'atmosphère de très-fortes quantités de carbone, bien que l'air ne renferme, pour ainsi dire, que des traces de gaz acide carbonique. On peut juger de l'étendue des parties vertes présentée par les cultures, d'après les résultats obtenus en mesurant avec soin la surface des feuilles et des tiges du topinambour, du froment, de la pomme de terre et des betteraves. Voici, rapportés à un hectare, les résultats auxquels je suis arrivé.

	Mètres carrés.	
Topinambour : surface des feuilles en septembre.....	156000	} 142410
des tiges vertes (hauteur, 2 à 3 métr.).....	6410	
Froment, en fleur, 195 plants, par mètre carré, les parties d'un plant, tige et feuilles, 1 m. 82 déc. carrés.....		55490
Pomme de terre, en fleur, les plants espacés à 6 décimètres :		
Surface des feuilles.....	566 10	} 50641
des tiges vertes.....	50 31	
Betterave champêtre dans un terrain très-riche, premiers jours d'octobre; plants espacés à 6 décimètres.....(1).		49921

D'après ce que nous avons vu jusqu'à présent, nous sommes donc autorisé à croire que la plus grande partie, sinon la totalité du carbone qui entre dans la constitution des organes des plantes, dérive

(1) On a doublé la surface trouvée par le calcul, par la raison que la feuille agit sur l'atmosphère par ses deux côtés.

de l'acide carbonique atmosphérique. L'ensemble des faits observés montre comment la force vitale s'exerce d'abord sur l'oxygène pendant la germination, et ensuite sur l'acide carbonique pendant la végétation proprement dite; mais, dans les recherches que nous avons citées, rien n'a pu nous faire soupçonner que l'azote de l'atmosphère fût absorbé en quantité sensible.

Il est vrai qu'à une époque déjà ancienne, Priestley, et après lui Ingen-Housz, crurent reconnaître une absorption manifeste d'azote pendant la végétation des plantes placées dans une atmosphère limitée. Toutefois, des expériences entreprises, depuis, par de Saussure n'ont point confirmé cette fixation de l'azote. Cet habile observateur crut même apercevoir une légère exhalation de ce gaz.

Cependant la présence de l'azote dans les végétaux étant à l'abri de toute objection, et l'assimilation de ce principe pendant la végétation étant en quelque sorte prouvée par le fait de la multiplication des semences, on fut conduit à admettre que l'azote est originaire du sol. En effet, dans la nature, l'accroissement d'une plante n'a pas lieu aux dépens seuls de l'eau et de l'atmosphère. Les racines qui fixent un végétal dans la terre y trouvent aussi des éléments nutritifs. Dans les conditions ordinaires, l'accroissement d'une plante se fait par le concours simultané des aliments que les racines vont chercher dans le sol, et par celui des principes gazeux que les feuilles enlèvent à l'air. Comme il est d'ailleurs re-

connu que la nourriture fournie par le sol est le plus souvent azotée, on a, pour cette dernière raison, considéré les engrais comme la source principale, unique même, de l'azote qui se rencontre dans les végétaux. Les observations d'Hermbstœdt, en montrant que les céréales cultivées sous l'influence des engrais les plus azotés, sont celles qui contiennent le plus de gluten, donnaient une certaine force à cette manière de voir. Néanmoins, il est des faits agricoles bien constatés, qui tendent à faire penser que, dans nombre de circonstances, les végétaux trouvent dans l'atmosphère une partie de l'azote nécessaire à leur organisation.

Les cultures épuisent généralement la terre, mais il en est aussi qui la rendent plus féconde. Nous verrons, en traitant des assolements, que si, après avoir fait une coupe de trèfle, on enfouit la dernière pousse, on communique au champ une fertilité nouvelle, bien qu'on ait prélevé une masse considérable de fourrage. Il paraît alors évident qu'en laissant dans le sol les racines de trèfle, on lui rend une quantité de matière organique telle, que, tout compte fait, il reçoit réellement plus de l'atmosphère qu'il n'a fourni à la plante récoltée.

Suivant les expériences des physiologistes les plus modernes, les plantes se bornent à enlever du carbone à l'air et à s'approprier les éléments de l'eau. Cependant, d'après les idées que nous nous formons aujourd'hui sur le principe efficace des engrais, on conçoit difficilement que le sol, en recevant seule-

solaire, dans la même cloche, les feuilles qui ont absorbé cet oxygène pendant leur séjour dans l'obscurité, elles le restituent à peu près en quantité égale, de sorte que toutes corrections faites, l'atmosphère revient à sa composition et à son volume primitifs.

En général, les feuilles se comportent de la même manière lorsqu'on les fait séjourner alternativement dans l'obscurité et à la lumière du jour. Il y a cependant une variation assez sensible dans l'intensité avec laquelle le phénomène se produit, selon la nature des feuilles. La quantité d'acide carbonique formée pendant la nuit, est d'autant moindre, que les feuilles sont plus charnues, plus épaisses et partant plus aqueuses. La matière verte des plantes grasses, celle du cactus opuntia, pour citer un exemple, ne produit pas sensiblement de gaz acide carbonique dans une atmosphère limitée et obscure; mais ces feuilles condensent le gaz oxygène et le laissent dégager comme celles qui sont moins charnues, lorsque, après être demeurées dans l'obscurité, elles viennent à être éclairées par la lumière solaire.

Saussure a donné à ces deux effets alternatifs le nom d'inspiration et d'expiration des plantes, à cause de l'analogie, d'ailleurs assez éloignée, que ce phénomène présente avec celui de la respiration des animaux.

L'inspiration des feuilles a une limite. En prolongeant leur séjour dans l'obscurité, l'absorption se ralentit de plus en plus; elle cesse entièrement quand les feuilles ont condensé à peu près leur propre vo-

lume de gaz oxygène. Et qu'on ne croie pas que l'inspiration nocturne des feuilles soit la conséquence d'une action mécanique, comparable, par exemple, à celle exercée par les corps poreux sur les gaz. La preuve, c'est que si on les place dans de l'acide carbonique, de l'azote ou de l'hydrogène, les mêmes effets ne se manifestent plus. Dans de telles conditions, la diminution du volume de l'atmosphère qui entoure la plante n'est plus perceptible. La cause première de l'inspiration du gaz oxygène par les feuilles est donc évidemment une action chimique.

Les faits qui viennent d'être exposés rendent très-vraisemblable que, durant l'inspiration nocturne, l'acide carbonique se forme aux dépens du carbone contenu dans la feuille, et que cet acide est retenu en tout ou en partie, selon que le parenchyme est lui-même plus ou moins pourvu d'eau. Lorsqu'une plante reste en permanence dans un lieu obscur et à l'air libre, elle perd continuellement du carbone; l'oxygène exerce une action qui ne se termine qu'avec la mort du végétal: résultat contraire, en apparence, à ce qui se passe dans une atmosphère limitée. C'est qu'à l'air libre, les parties vertes ne peuvent jamais se saturer entièrement d'acide carbonique, parce qu'il se fait un échange continu de ce gaz avec la masse d'air environnante et incessamment renouvelée. C'est, pour ainsi dire, une combustion lente du carbone de la plante soustraite à l'influence réparatrice de la lumière.

L'oxygène de l'air agit aussi, bien que moins

énergiquement, sur les organes des plantes qui ne sont pas doués de la couleur verte.

Les racines enfouies dans le sol sont également soumises à l'action de ce gaz. On sait d'ailleurs que, pour fonctionner, elles exigent que la terre soit meuble et perméable, comme l'indiquent assez les labours répétés et les diverses façons que l'on donne au sol pour favoriser l'accès de l'air. Les racines qui pénètrent à une grande profondeur, comme celles de certains arbres, montrent la même exigence; et l'eau venant de l'extérieur, en imbibant le terrain, leur porte l'oxygène dont elles ont besoin pour se développer. Déjà, très-anciennement, Hales a fait voir que l'air qui occupe les interstices de la terre végétale contient encore une assez forte proportion d'oxygène. Les racines sont d'ailleurs d'autant plus fortes qu'elles se trouvent plus rapprochées de la surface. Sous les tropiques, on observe chez un grand nombre d'arbres des racines rampantes qui atteignent souvent une grosseur peu différente de celle du tronc.

Si l'on introduit sous une cloche pleine de gaz oxygène une racine détachée de sa tige, le volume du gaz diminue, il se forme de l'acide carbonique dont une partie seulement se mêle au gaz du récipient, l'acide étant retenu par l'humidité de la racine. Le volume du gaz retenu est toujours inférieur à celui de la racine, quelle que soit la durée de l'expérience. Dans cette circonstance, à l'ombre ou à la lumière, les racines se comportent exactement comme les feuilles, qui végètent dans l'obscurité; celles qui

sont munies de leurs tiges donnent des résultats un peu différents.

Lorsqu'on dispose l'expérience de telle sorte que la tige et les feuilles soient à l'air libre, les racines placées dans une atmosphère limitée d'oxygène absorbent alors plusieurs fois leur volume de ce gaz. C'est que le gaz acide carbonique produit et absorbé est porté dans tout le système de la plante, où il est élaboré par les feuilles, si l'appareil reçoit la lumière solaire, ou simplement expulsé, si la plante se trouve dans l'obscurité.

La présence de l'oxygène dans l'atmosphère qui entoure les racines n'est pas seulement favorable, elle est indispensable à l'exercice de leurs fonctions. Une plante dont la tige et les feuilles végètent dans l'air périt promptement, lorsque les racines sont en contact avec du gaz acide carbonique pur, du gaz hydrogène ou du gaz azote. L'utilité de l'oxygène dans la végétation des parties souterraines des plantes explique pourquoi les végétaux annuels, à racines très-développées, demandent, pour que leur culture devienne avantageuse, une terre meuble et légère. On comprend aussi comment il arrive que les arbres meurent quand leurs racines sont submergées dans une eau stagnante, et pourquoi l'effet de la submersion est généralement moins nuisible, lorsqu'elles plongent dans une eau courante qui est toujours plus aérée.

Les parties ligneuses, les fruits, et en général les organes végétaux qui ne prennent pas la couleur