

Trois tiges conservées pour l'analyse, pesèrent 10<sup>gr</sup>,30.

Quatre tiges destinées à l'expérience pesaient 14<sup>gr</sup>,370. Elles furent placées à l'abri des poussières, et leurs racines plongées dans un vase contenant de l'eau distillée, qu'on entretenit toujours à la même hauteur. A la mi-juillet, ces tiges avaient doublé de longueur. A cette époque, il eût été difficile de distinguer cette avoine de celle des champs. A la fin de juillet, les grappes étaient formées. Le 10 août, le grain était mûr; la plante fut desséchée à l'étuve, et on la réduisit en poudre pour achever la dessiccation à 110°.

## RÉSULTAT DES ANALYSES DE LA PLANTE.

	Répiquée.	Récoltée.
Carbone.....	53,0	48,0
Hydrogène.....	6,8	6,2
Oxygène.....	36,4	44,1
Azote.....	3,8	1,7
	100,00	100,00

## RÉSUMÉ.

	Carbone.	Hydrog.	Oxygène.	Azote.
La plante repiquée contenait	0,327	0,106	0,568	0,059
Après 41 jours de végétation	1,500	0,193	1,372	0,053
Différences...	+ 0,673	+ 0,087	+ 0,804	- 0,006

L'analyse signale une légère perte en azote.

En résumant les résultats obtenus dans ces recherches, on trouve :

1° Que le trèfle et les pois cultivés dans un sol absolument privé d'engrais, ont acquis, indépendamment du carbone, de l'hydrogène et de l'oxy-

gène, une quantité d'azote appréciable à l'analyse;

2° Que le froment et l'avoine, cultivés dans les mêmes conditions, ont également emprunté à l'air et à l'eau, du carbone, de l'hydrogène et de l'oxygène; mais qu'après la végétation de ces céréales, l'analyse n'a pu constater un gain en azote.

La méthode dont on a fait usage se borne à signaler le fait de l'assimilation de l'azote, sans préciser par quelle voie elle se réalise; et à cet égard, je ne puis présenter que des conjectures.

L'azote peut entrer dans l'organisme des plantes, directement, ou, à l'état de dissolution, dans l'eau toujours aérée qui est aspirée par les racines (1). Les observations des physiologistes ne sont pas favorables à cette opinion. Il est possible aussi que cet élément ait pour origine les vapeurs ammoniacales qui existent en quantité infiniment petite dans notre atmosphère. Ces vapeurs passeraient dans l'eau de pluie et de là dans les plantes, où elles seraient élaborées.

Saussure a admis depuis longtemps l'influence probable de ces vapeurs ammoniacales sur la végétation :

« Si l'azote est un être simple, s'il n'est pas un « élément de l'eau, écrivait, en 1802, ce célèbre observateur, on doit être forcé de reconnaître que les « plantes ne se l'assimilent que dans les extraits végétaux et animaux, et dans les vapeurs ammonia-

(1) Piobert, *Mémoires de l'Académie de Metz*, année 1837.



présence des principes qui ont en outre une certaine proportion d'oxygène en excès; mais il est des matières élaborées par les plantes, qui renferment, par rapport à l'oxygène, une quantité d'hydrogène de beaucoup supérieure à celle qui est nécessaire pour constituer de l'eau. Tels sont les résines, les carbures d'hydrogène dans les conifères, les huiles grasses dans les graines oléagineuses. Cet hydrogène en excès a fait présumer à plusieurs physiologistes que, dans la végétation, l'eau se décompose, qu'il y a fixation d'hydrogène et dégagement de gaz oxygène.

Toutefois, la présence de l'hydrogène en excès, dans certains principes immédiats, n'est pas une preuve décisive de la séparation des éléments de l'eau; et si l'on n'a pas jusqu'à présent tiré une conclusion définitive à cet égard, c'est tout naturellement parce que ces mêmes principes hydrogénés prennent naissance dans des plantes vivant sous l'influence de matières organiques d'une composition toujours complexe, souvent très-hydrogénées, qui se rencontrent dans le sol où elles fonctionnent comme engrais.

Les expériences de de Saussure ne font point soupçonner la décomposition de l'eau, puisqu'en faisant vivre des plantes pendant un mois entier, sous des récipients remplis d'air atmosphérique privé d'acide carbonique, on n'a pas observé une production apparente d'oxygène. Opérant de la même manière, avec de l'air contenant une certaine proportion de gaz acide, la quantité d'oxygène dégagé a souvent

été inférieure à celle qui entrait dans la constitution de l'acide décomposé.

C'est ici le lieu de faire observer, en s'appuyant sur ces expériences mêmes, combien cette décomposition partielle du gaz acide carbonique qui ne répond à aucune proportion définie, paraît peu satisfaisante. On concevrait déjà, avec bien de la difficulté, que, dans la vie végétale, cet acide fût réduit en totalité, c'est-à-dire que son carbone fût entièrement assimilé à la plante. La séparation complète d'un corps aussi avide d'oxygène que l'est le carbone, de son composé le plus oxygéné, a droit d'étonner au plus haut degré.

L'idée la plus simple que suggèrent les faits est que, par l'action de la lumière solaire, et sous l'influence de la matière verte, l'acide carbonique est transformé en oxyde de carbone, en perdant une proportion d'oxygène. Cette modification semble plus conforme aux principes de la science. Néanmoins, il faut le reconnaître, les observations s'accordent aussi peu avec cette prévision qu'avec celle qui conçoit la décomposition totale de l'acide. Dans la première supposition, la proportion d'oxygène mise en liberté se trouve trop faible; dans la seconde, elle est trop forte.

Les résultats négatifs obtenus par de Saussure, relativement à la séparation des éléments de l'eau pendant la végétation, l'ont été en l'absence du gaz acide carbonique; tandis que les expériences établissant la décomposition de ce dernier gaz, ont né-



cessairement été faites sous l'influence de l'humidité. Il est possible alors que l'eau et l'acide carbonique se décomposent simultanément ; et, sous ce point de vue, il peut être intéressant d'examiner si l'hypothèse de la transformation de l'acide carbonique en oxyde de carbone, n'acquerrait point un certain degré de probabilité, en faisant intervenir la décomposition de l'eau dans les phénomènes observés.

Un volume de gaz oxyde de carbone prend un demi-volume de gaz oxygène pour former un volume d'acide carbonique. Réciproquement, un volume de gaz acide carbonique, en se transformant en oxyde de carbone, donnera un volume d'oxyde + 1/2 vol. de gaz oxygène.

Ainsi, dans l'hypothèse que nous discutons, pour chaque volume d'acide modifié durant la végétation, il se dégagerait un demi-volume de gaz oxygène. L'oxygène qui excéderait ce demi-volume devrait être considéré comme provenant de l'eau décomposée, dont l'hydrogène aurait été assimilé par la plante, en même temps que l'oxyde de carbone dérivé de l'acide carbonique; vue qui permettrait de concevoir comment le volume d'oxygène qui se dégage de l'acide carbonique pendant la végétation, peut excéder le volume qui devrait se produire, si cet acide passe réellement à l'état d'oxyde de carbone.

Peut-être trouverons-nous une preuve plus convaincante de la séparation des éléments de l'eau, dans l'analyse des végétaux venus dans un sol abso-

lument privé de matière organique capable de leur communiquer les éléments hydrogénés.

En effet, si une plante développée dans une semblable condition contient de l'hydrogène dans une proportion plus forte que celle qui serait nécessaire pour transformer son oxygène en eau, nous devons en conclure, avec quelque certitude, que les éléments de l'eau ont été désunis, l'objection tirée de la présence des engrais disparaissant complètement. Les analyses que nous avons déjà fait connaître peuvent servir à cet examen, en recherchant si, dans les éléments gagnés pendant la culture, l'hydrogène se trouve en excès par rapport à l'oxygène.

	Oxygène assimilé.	Hydrogène assimilé.	Hydrogène formant de l'eau.	Hydrogène excéd.
<i>Exp. 1<sup>re</sup>.</i> Trèfle.....	1,226	0,176	0,155	0,023
<i>Exp. 2<sup>e</sup>.</i> Pois.....	1,257	0,215	0,155	0,060
<i>Exp. 3<sup>e</sup>.</i> Froment.....	0,608	0,078	0,076	0,002
<i>Exp. 4<sup>e</sup>.</i> Trèfle repiqué..	0,444	0,097	0,055	0,042
<i>Exp. 5<sup>e</sup>.</i> Avoine.....	0,304	0,087	0,100	

Dans les quatre premières expériences, l'hydrogène acquis excède très-sensiblement la quantité exigée par l'oxygène pour constituer de l'eau. L'avoine présente une exception; mais on doit se rappeler que dans le résultat de cette culture, on a constaté une perte en azote. Ces résultats analytiques semblent donc indiquer que l'hydrogène peut être assimilé dans la végétation, par suite d'une décomposition de l'eau analogue à celle de l'acide carbonique, et produite très-probablement par les mêmes causes.



« calés ou d'autres composés solubles dans l'eau, « qu'elles peuvent absorber dans le sol et dans l'atmosphère. On ne peut douter de la présence des « vapeurs ammoniacales dans l'atmosphère, lorsqu'on « voit que le sulfate d'alumine pur finit par se chan- « ger en sulfate ammoniacal d'alumine (1). »

C'est à cette opinion que s'est particulièrement ar- rêté M. Liebig, relativement à l'origine de l'azote dans les végétaux, et il a cherché à la généraliser en montrant, par des expériences délicates, que l'air pris dans le voisinage du sol contient du carbonate d'ammoniaque, et qu'on retrouve le même sel volatil dans la pluie, la neige et les eaux de sources (2).

L'air contient, en effet, comme l'avait indiqué Saussure, du carbonate d'ammoniaque en très-faible proportion. Les recherches récentes ne laissent aucun doute à cet égard.

En 1845, à Mulhouse, M. Græger a trouvé, en poids 0,000000333 d'ammoniaque dans l'air.

M. G. Kemp, sur les côtes de la mer d'Irlande, en aurait trouvé une proportion dix fois plus forte 0,000003880.

Ces observations donneraient pour un million de kilogrammes d'air atmosphérique.

	Ammoniaque.	Carbonate d'ammoniaque.
D'après M. Græger.	333 gramm.	938 gramm.
M. Kemp.	3880	10370

(1) Saussure, *Recherches chimiques*, p. 207.

(2) M. Chevreul est, je crois, le premier qui ait signalé la présence du carbonate d'ammoniaque dans l'eau de rivière.

L'énorme différence présentée par ces deux résultats a engagé un habile analyste, M. R. Frésenius, dans de nouvelles recherches.

L'air examiné était pris sur une hauteur, à l'extrémité de la ville de Wiesbaden. Les expériences ont été continuées pendant quarante jours, en août et septembre 1848. Sur ces quarante journées, dix-sept ont été belles; il y a eu treize jours de temps couvert et dix jours pluvieux. M. Frésenius a suivi une méthode qui mettait à l'abri des erreurs qu'aurait occasionnées la présence de l'ammoniaque que pouvaient contenir les réactifs employés.

Voici les résultats obtenus à Wiesbaden :

L'air renfermait 0,000000134 d'ammoniaque. Soit, dans un million de kilogrammes d'air, Ammoniaque, 134 grammes; carbonate d'ammoniaque 378 grammes.

Il est extrêmement probable que les déterminations précédentes indiquent une trop forte proportion d'ammoniaque, car les différences sont si grandes qu'il devient difficile de les attribuer à une variation dans la composition de l'atmosphère. D'après le chiffre auquel est arrivé M. Frésenius, en prenant 52.636.230.000.000.000 de quintaux pour le poids de l'atmosphère, on trouve que l'air qui enveloppe la terre ne contiendrait pas au delà de 41000 quintaux d'ammoniaque (1).

(1) Frésenius, *Annales de Chimie et de Physique*, t. XXVI, 3<sup>e</sup> série.



A la présence de l'ammoniaque dans l'air, qui doit avoir pour effet de porter des principes azotés dans les organes des végétaux, il convient d'ajouter une autre origine de cet alcali. C'est que, sous certaines influences, l'hydrogène, à l'état naissant, en contact avec de l'azote, peut réellement former de l'ammoniaque; dès 1789, Austin avait démontré qu'il y a formation d'alcali volatil pendant l'oxydation du fer dans l'air humide. On conçoit ainsi comment des matières organiques non azotées, par le seul fait de la fermentation putride, peuvent donner naissance à des sels ammoniacaux, qui exerceraient ensuite une action fertilisante sur le sol.

C'est ainsi que M. Mulder a constaté que les substances végétales non azotées peuvent, sous l'influence de l'eau et de l'atmosphère, condenser une certaine quantité d'azote et donner ensuite, par la distillation sèche, des produits ammoniacaux (1). De l'acide humique pur, préparé avec le sucre et l'acide hydrochlorique, ayant été enfermé humide dans un flacon dont l'air occupait les sept huitièmes de la capacité, l'acide humique, après un séjour de six mois, a laissé dégager, par l'action de la potasse, une grande quantité d'ammoniaque. M. Mulder a introduit dans des flacons des dissolutions de sucre de canne, de sucre de lait; les vases, parfaitement bouchés, renfermaient

(1) Mulder, *Journal für pr. Chemie*, t. XXXII.

un volume d'air égal à 7 fois celui des dissolutions. — Dans les deux flacons, au bout de trois mois, de nombreuses moisissures s'étaient développées. Soumises à la distillation, ces moisissures ont donné de l'ammoniaque en abondance (1).

Aussi la fixation de l'azote de l'atmosphère est-elle favorisée par la présence de certaines matières non azotées dans le sol, comme le montre une expérience due à M. Mulder. On a fait croître des haricots dans un sol composé de sable calciné, d'acide humique pur et de cendres de bois. La végétation a eu lieu dans des vases de verre; on arrosait avec de l'eau distillée, et toutes les précautions avaient été prises pour prévenir l'intervention de l'ammoniaque. Les haricots, qui pesaient 1<sup>er</sup>, 465, ont donné une récolte, après dessiccation, de 14<sup>er</sup>, 167. Dans cette récolte, il y avait donc trois fois autant d'azote que dans la semence (2).

Durant l'accroissement des plantes, une partie de l'eau absorbée par les racines est évidemment assimilée, et cette circonstance permet de concevoir la formation de plusieurs des principes immédiats des végétaux, dont la composition chimique est exactement représentée par du carbone et de l'eau: tels sont l'amidon, le sucre, etc. On comprend également la

(1) J'ai fait, il y a quelques années, une observation du même genre; je n'ai pas publié ce résultat, parce que j'avais négligé de constater l'absence de l'azote dans le glucose qui avait servi à mon expérience.

(2) Berzélius, *Rapport annuel*, cinquième année.