

Nous entrevoyons, dès à présent, dans le phénomène de l'exhalaison l'origine de certaines substances qui se rencontrent dans l'organisation des plantes, bien qu'elles existent en quantités à peine appréciables dans l'eau qui sert à arroser : c'est que l'eau les abandonne en s'évaporant ; et comme la masse du liquide aspiré par les racines et exhalé par les parties vertes est considérable, on conçoit comment ces substances peuvent être accumulées dans un végétal, bien qu'elles existent en quantité infiniment petite dans l'eau qui sert à abreuver les plantes.

Dans une plante en plein développement, une partie de l'eau qu'elle absorbe doit nécessairement entrer dans sa constitution ; dès lors l'eau exhalée par la transpiration des feuilles ne doit pas représenter la totalité de celle qui a été absorbée par les racines. Sennehier a cherché à établir le rapport qui existe entre l'absorption et l'exhalaison ; il a trouvé pour le cas particulier dans lequel il a observé, que le tiers environ de l'eau absorbée se fixe dans la constitution du végétal.

CHAPITRE II.

PHÉNOMÈNES CHIMIQUES DE LA VÉGÉTATION.

Les phénomènes chimiques de la végétation s'accomplissent par le concours des éléments de l'atmosphère, de l'eau, et de certaines substances qui se trouvent répandues dans le sol.

L'action de l'atmosphère sur les plantes offre deux phases parfaitement distinctes : la germination, et la végétation proprement dite qui comprend le développement, l'accroissement et la multiplication de l'espèce.

De la germination.

Nous avons reconnu que la graine considérée sous le rapport de son organisation consiste : 1° dans un embryon qui comprend les germes de la racine et de la tige ; 2° le cotylédon. Envisagées sous le point de vue de leur constitution chimique, les graines présentent une certaine analogie de composition. Elles contiennent : 1° un corps non azoté, comme l'amidon, la gomme ; 2° une matière fortement azotée analogue au caséum du lait et à l'albumine animale : c'est cette matière que l'on désigne communément

semblables circonstances, ce gaz est le résultat de la décomposition, de la fermentation putride des semences. C'est donc par l'oxygène qu'il renferme, que l'air atmosphérique concourt à la germination des graines.

Rollo est le premier qui ait constaté la production d'acide carbonique pendant la germination des graines dans un milieu de gaz oxygène ; mais c'est Théodore de Saussure, qui, par des expériences eudiométriques exactes, a montré le phénomène dans toute sa netteté, en prouvant que l'oxygène consommé était remplacé par un volume correspondant de gaz acide carbonique (1).

Il est des graines, comme les pois, les semences aquatiques, qui jouissent de la propriété de germer sous l'eau. Quelques observateurs avaient tiré de ce fait la conclusion prématurée que l'air de l'atmosphère, et par conséquent l'oxygène, n'est point indispensable à la germination. Saussure a expliqué cette anomalie par le fait de la présence constante de l'air en dissolution dans l'eau ; en effet, ayant mis sous de l'eau privée d'air par une ébullition prolongée, des graines de *polygonum amphibium*, elles ne germèrent plus (2).

A parité de circonstances, la quantité d'acide carbonique formée dans un temps donné, est d'autant plus grande, que l'oxygène prédomine davantage dans l'atmosphère qui entoure la graine qui germe.

(1) Saussure, *Recherches chimiques sur la végétation*, p. 10.

(2) Saussure, *Recherches chimiques, etc.*, p. 3.

L'acide carbonique est de tous les gaz dans lesquels on ait expérimenté, le plus défavorable à la germination ; aussi, un moyen de la favoriser consiste à placer sous les cloches qui recouvrent les graines, une substance capable d'absorber cet acide à mesure qu'il se forme, de la chaux vive par exemple. A l'aide de cette disposition, l'accroissement radicaire est sensiblement accéléré (1).

La quantité de gaz oxygène nécessaire pour déterminer la germination n'est pas la même pour toutes les graines ; la laitue, le haricot, la fève, en exigent environ 1/100 de leurs poids respectifs. Il en faut dix fois moins pour le froment, l'orge, le pourpier. Saussure s'est d'ailleurs assuré que l'acide carbonique produit par ces différentes graines est proportionnel à leurs masses, et tout à fait indépendant de leur nombre (2).

Puisque durant la germination, les graines cèdent du carbone à l'atmosphère, il est bien clair qu'elles doivent perdre une partie de leur poids primitif. C'est ce qui a lieu effectivement ; mais la perte éprouvée par les semences qui ont germé, est constamment plus forte que celle qui devrait résulter de l'élimination du carbone. Saussure attribue cette perte en excès, à la volatilisation d'une partie de l'eau qui entrait dans la constitution des graines (3).

(1) Saussure, *Recherches chimiques, etc.*, p. 26.

(2) Saussure, *Recherches chimiques, etc.*, p. 13.

(3) Saussure, *Recherches chimiques, etc.*, p. 20.

Ainsi, selon Saussure, les phénomènes de la germination se réduiraient à une élimination de carbone et des éléments de l'eau. Il est toutefois douteux que les actions chimiques soient aussi simples. On sait par exemple, que pendant la germination il y a apparition d'un acide dont on reconnaît la présence en faisant germer des semences humides sur du papier bleu de tournesol, qui prend alors une teinte rouge permanente.

L'invariabilité du volume de l'air dans le milieu duquel germent des semences, n'est pas absolue. En examinant avec une nouvelle attention l'action des graines germantes sur une atmosphère limitée, de Saussure s'est convaincu, postérieurement à ses premiers travaux, que certaines semences ont la faculté de diminuer le volume de cette atmosphère, tandis que d'autres l'augmentent sensiblement. Il faut donc admettre que pendant la germination, il peut arriver que le volume d'acide carbonique produit soit tantôt plus grand, tantôt plus petit que le volume du gaz oxygène consumé. Le sens des résultats obtenus paraît d'ailleurs varier pour une même espèce, selon l'état plus ou moins avancé du phénomène.

L'analyse élémentaire m'a semblé le moyen le plus convenable pour éclairer l'étude de la germination. Je rapporterai quelques essais tentés dans cette vue, moins pour l'utilité dont ils peuvent être à la résolution de la question, que pour indiquer une méthode générale à ceux qui voudraient aborder ce sujet intéressant de la physiologie. Les expériences

ont porté sur de la graine de trèfle et de froment.

La graine, par une dessiccation faite à 110°, a perdu 0,120 d'eau. Convenablement humectée, elle a été mise à germer sur une assiette en porcelaine. A mesure que la radicule atteignait une longueur de 1/2 à 1 centim., chaque graine était placée dans une étuve dont la température était suffisamment élevée pour arrêter subitement la germination. La dessiccation complète était ensuite terminée au bain d'huile chauffé à 110°.

La graine mise à germer pesait 2 gr., 474 : supposée sèche, 2 gr., 405. La graine germée également desséchée a pesé 2 gr., 241.

L'analyse a indiqué pour la composition de :

La graine avant la germination :	La graine germée :
Carbone..... 50,8	51,5
Hydrogène... 6,0	6,3
Azote..... 7,2	8,0
Oxygène..... 36,0	34,2
100,0	100,0

RÉSUMÉ DE L'EXPÉRIENCE.

	Carbone.	Hydrogène.	Oxygène.	Azote.	
Graine mise à germer.	2,405	contenant 1,222	0,144	0,866	0,175
Graine germée	2,241	1,154	0,141	0,767	0,179
Différences	- 0,164	- 0,068	- 0,003	- 0,099	+ 0,006

La perte totale pendant la germination a donc été de 0 gr., 164, tandis que la perte due uniquement au carbone ne s'est élevée qu'à 0 gr., 068. L'analyse fait voir, en outre, que dans le cas particulier, l'excès de perte en sus de celle attribuée au carbone, n'est pas dû entièrement aux éléments de l'eau, puis-

que cette perte s'exprime en partie par de l'oxyde de carbone ; car

0,068 de carbone,
0,091 d'oxygène

Représentent 0,159 d'oxyde de carbone.

Dans cette supposition, et si cette première période de la germination du trèfle se fût opérée en vase clos, le volume de l'atmosphère aurait augmenté par la raison que 1 volume de gaz oxyde de carbone + 1/2 volume d'oxygène = 1 volume de gaz acide carbonique. Il est, en effet, évident que pour chaque volume d'oxyde de carbone émané de la graine, il y a eu la moitié de ce volume ajoutée au volume total de l'atmosphère.

Il n'est peut-être pas inutile d'insister sur cette circonstance, que l'augmentation de volume, qui dans l'expérience que je viens de rappeler répond à environ 64 cent. cub., eût certainement passé inaperçue, si l'on eût opéré en vase clos. Par la raison qu'il eût fallu employer plusieurs litres d'air atmosphérique pour mettre les 2 gr., 4 de semences dans des conditions favorables à la germination, on conçoit dès lors que l'accroissement de volume eût été une fraction trop petite de la masse totale de l'air, pour être évalué avec quelque certitude.

Germination du froment.

Le froment perdait à la dessiccation 0 gr., 166 d'humidité.

Trente-une semences ont été mises à germer. La

germination a été suspendue aussitôt après l'apparition des radicules. Les jeunes tiges étaient à peine visibles. Le froment germé était légèrement ridé ; broyé après avoir été desséché, il différait à peine du froment ordinaire réduit en poudre : on y reconnaissait encore beaucoup d'amidon.

Le froment mis à germer pesait supposé sec et privé de cendre. 2 gr., 439

La graine germée ramenée aux mêmes conditions. 2 gr., 365

L'analyse élémentaire a donné pour la composition du :

	Froment non germé :	Froment germé :
Carbone.	46,6	47,0
Hydrogène.	5,8	5,9
Azote.	3,45	5,7
Oxygène.	44,15	43,4
	100,00	100,0

RÉSUMÉ DE L'EXPÉRIENCE.

	Carbone.	Hydrog.	Oxygène.	Azote.	
Froment mis à germer.	2,459	contenant 1,152	0,141	1,073	0,085
Froment germé.	2,565	1,111	0,159	1,026	0,087
Différences.	-0,074	- 0,021	- 0,002	- 0,047	+ 0,004

0 gr., 021 de carbone + 0 gr., 028 d'oxygène représentent 0 gr., 049 d'oxyde de carbone; 0 gr., 002 d'hydrogène exigeraient 0 gr., 016 d'oxygène pour former de l'eau. Or, l'oxygène restant, décalcation faite de celui qui entre dans la composition de l'oxyde de carbone, est 0 gr., 019.

Dans la première période de la germination, le froment éprouvé donc, comme le trèfle, une perte

qui s'exprime en grande partie par de l'oxyde de carbone. L'examen chimique de la composition de ces deux graines à des époques plus avancées de leur germination, ne présente plus une relation aussi simple. On reconnaît bien que le carbone continue à être éliminé; mais la perte ne correspond plus à celle que l'oxygène de la semence aurait dû subir, pour que la perte totale puisse se représenter par un composé défini du carbone. Le phénomène devient alors très-complexe; et l'on conçoit aisément qu'il doit en être ainsi, quand on considère qu'à mesure que les parties vertes se développent, il se produit une action chimique entièrement différente de celle qui se manifeste dès les premières phases de la germination: les matières vertes des végétaux ayant, comme nous le verrons, le pouvoir de décomposer le gaz acide carbonique par l'intervention de la lumière et de s'en assimiler le carbone.

Cette action de la matière verte se manifeste bien avant que la première ait cessé entièrement; de sorte que pendant un certain temps deux forces opposées se trouvent en présence. L'une tend, comme nous l'avons reconnu, à enlever du carbone à la semence; l'autre contribue à lui en fournir. Tant que la première de ces forces domine, la graine perd du carbone, mais à la première apparition des organes verts, la jeune plante en récupère une partie; enfin, quand, par les progrès de la végétation, la seconde force surpasse la première en intensité, la plante s'accroît et marche rapidement vers la maturité.

Le phénomène chimique qui donne aux parties vertes la faculté de s'approprier les éléments gazeux de l'atmosphère, exige toujours pour agir la présence de la lumière solaire. La germination, au contraire, peut s'accomplir dans l'obscurité la plus absolue; et il peut être curieux de rechercher quelle sera l'issue d'une végétation commencée et continuée dans de semblables circonstances, où les organes nés de la graine, se trouvant constamment à l'abri de la lumière, ne pourront fixer aucun des principes de l'atmosphère, pour réparer la dissipation du carbone éprouvée par la semence. Il est bien évident que cette perte en carbone a une limite, qui est probablement celle de la germination.

Germination continue des pois.

Dix semences de pois pesant ensemble 2 gr., 237, supposées sèches, ont été mises à germer dans une chambre obscure, dont la température s'est maintenue entre 12° et 17°. L'expérience a été commencée le 5 mai et terminée le 1^{er} juillet.

Les pois germés desséchés ont pesé 1 gr. 075.

Composition des pois :

	Avant la germination :	Après la germination :
Carbone.....	46,5	44,0
Hydrogène....	6,1	6,0
Azote.....	4,2	6,7
Oxygène.....	40,1	36,9
Cendres.....	3,1	6,4
	<hr/> 100,0	<hr/> 100,0

sous le nom de gluten, d'albumine végétale, de légumine ; 3° une matière grasse ou huileuse, riche en carbone et en hydrogène. Certaines semences renferment des huiles volatiles, comme l'anis, le cumin, etc. Les différents principes qui sont associés dans les semences varient considérablement dans leurs proportions relatives ; elles sont d'ailleurs renfermées dans des loges ou cellules formées de cellulose constituant, en quelque sorte, le squelette de l'amande. Il est telle graine, comme celle de colza, qui contient plus de 40 p. cent de son poids de matière grasse, tandis que telle autre, comme le froment, en renferme au plus deux centièmes. L'avoine peut contenir 10 à 12 pour cent de caséine ou de gluten ; dans certaines variétés de froment, l'analyse en indique une quantité beaucoup plus forte. Les proportions d'amidon, de gomme, de sucre ou de mucilage, ne varient pas moins. Il arrive presque toujours que ces diverses matières sont associées dans une même semence ; quelquefois une seule y domine et les autres n'y entrent plus que pour une très-faible part.

Après leur combustion, les graines laissent toujours des cendres composées de phosphates, de sulfates, de chlorures alcalins et terreux. Ces cendres renferment quelquefois de la silice ; et des carbonates provenant de la destruction de sels formés par des acides organiques.

Lorsque l'on place sous une cloche contenant de l'air atmosphérique et posée sur un bain de mercure,

plusieurs graines humides, on aperçoit bientôt tous les signes de la germination. Au bout de quelques jours, si la chaleur a été suffisante, la germination fait des progrès rapides. En supposant que la température de la cloche n'ait point varié, et que la pression atmosphérique soit restée la même, on trouve généralement que l'air au milieu duquel la germination s'est opérée, n'a point changé son volume primitif ; cependant cet air a été modifié dans sa composition : il s'y est formé une quantité notable de gaz acide carbonique, et l'oxygène a diminué. Le volume de gaz acide carbonique produit représente le plus souvent le volume de gaz oxygène qui a disparu. Or, l'on sait que le carbone, en brûlant dans un volume déterminé de gaz oxygène, donne sensiblement un volume égal d'acide carbonique. C'est ce fait qui a porté de Saussure à admettre que dans la germination, l'acide carbonique provient de la combustion d'une partie du carbone qui entre dans la constitution de la graine.

La germination et l'apparition de l'acide carbonique, qui en est toujours la conséquence, se produisent également bien dans le gaz oxygène pur ; mais les graines cessent de germer lorsqu'elles sont placées dans une atmosphère privée de ce gaz. Ainsi, la germination est impossible dans le gaz azote, le gaz hydrogène, le gaz acide carbonique, quelque favorable que soient d'ailleurs les conditions d'humidité, et de température. On remarque bien, à la vérité, une formation d'acide carbonique ; mais, dans de