

## RÉSUMÉ DE L'EXPÉRIENCE.

	Carbone.	Hydrog.	Oxygène.	Azote.	Sels, terre.
Pois mis à germer. 2,257 contenant	1,040	0,137	0,897	0,094	0,069
Pois germés. . . . . 1,073	0,473	0,065	0,397	0,072	0,069
Différences. . . . . - 1,162	- 0,567	- 0,072	- 0,500	- 0,022	0,000

Arrivés à cette limite extrême de la germination, les pois ont éprouvé une perte d'environ 52 p. 100 qui a porté sur chacun des principes élémentaires, et qui se résume en carbone, en eau et en ammoniacque.

0,500 d'oxygène prennent 0,063 d'hydrogène, pour produire de l'eau.  
 0,022 d'azote exigent 0,003 d'hydrogène pour faire de l'ammoniacque.  
 0,068 représente, à 4 milligrammes près, l'hydrogène éliminé.

Dans cette expérience, on voit qu'une semence pesant 0 gr., 224 a perdu par jour environ 0 gr., 005 de carbone.

**Germination continue du froment.**

Le 5 mai, 46 graines de froment mises à germer dans l'obscurité, pesaient supposées sèches 1 gr., 665.

Le 25 juin, le froment germé a pesé sec 0 gr., 713.

Composition du :

Froment avant la germination :	Froment après la germination :
Carbone..... 45,5	41,1
Hydrogène.... 5,7	6,0
Azote..... 3,4	8,0 supposé.
Oxygène..... 43,1	39,5
Cendres..... 2,3	5,4 calculé.
100,0	100,0

## RÉSUMÉ DE L'EXPÉRIENCE.

	Carbone.	Hydrog.	Oxygène.	Azote.	Sels, terre.
Froment à germer. 1,665 contenant	0,758	0,095	0,718	0,057	0,058
Froment germé. . . . . 0,713	0,293	0,043	0,282	0,057	0,058
Différences. . . . . - 0,952	- 0,465	- 0,052	- 0,436	0,000	0,000

Durant cette germination, prolongée pendant 51 jours, le froment a perdu 57 p. 100 ; perte qui se traduit exactement en carbone et en eau (1).

Ces résultats de l'analyse tendent donc à établir, que les phénomènes chimiques qui se produisent dès la première phase de la germination, persistent encore, alors même que la matière organisée de la semence s'est transformée en un être végétal, imparfait sans doute, mais présentant cependant des organes essentiels, des racines, une tige et des feuilles rudimentaires. Privée de lumière, cette plante étiolée végète pour ainsi dire d'une manière négative, en dépensant, en exhalant les principes élémentaires contenus dans la graine d'où elle est née.

La pratique généralement suivie de placer les semences à quelque profondeur dans le sol, a fait croire pendant longtemps que la lumière nuisait à la germination. Sennebier avait tiré la même conclusion de ses propres recherches, qui semblaient trouver une confirmation dans les expériences d'Ingen-Housz, expériences qui furent entreprises comparativement à

(1) Le manque de matière a empêché de doser l'azote du froment germé. On a supposé que sa proportion n'a pas varié ; il est cependant très-probable qu'il y a eu un léger dégagement d'azote, comme dans l'expérience précédente.

milieu duquel elles vivent, par l'eau qui n'est pas moins indispensable à leur existence. Il nous reste maintenant à étudier dans quelles conditions ce gaz se dépouille de son carbone en faveur des végétaux.

Bonnet ayant placé des feuilles fraîches au fond d'un vase qui contenait de l'eau de source, remarqua que par leur exposition au soleil, elles laissaient dégager des bulles d'air. Il rechercha si ce dégagement gazeux émanait des feuilles ou du liquide dans lequel elles étaient plongées. A cet effet, il répéta cette expérience en employant de l'eau privée d'air par une ébullition convenable. Les feuilles mises dans l'eau bouillie et exposées à la lumière du soleil ne produisirent plus de gaz. Bonnet en conclut que le gaz recueilli dans sa première observation provenait de l'eau.

En 1771, Priestley reconnut que les plantes, en émettant de l'oxygène, possèdent la propriété d'améliorer l'air atmosphérique vicié par la respiration des animaux ou par la combustion (1). Cette découverte inattendue fixa au plus haut degré l'attention des physiologistes.

Cependant, Priestley n'était pas maître de l'expérience capitale qu'il avait signalée au monde savant. Il n'avait pas saisi toutes les circonstances qui en assurèrent le succès. Quelquefois, les feuilles sur lesquelles on expérimentait, ne laissaient dégager aucun gaz ; quelquefois aussi, le gaz dégagé, loin d'être de

(1) Priestley, *Expériences et observations*, t. II, p. 59. Traduct.

l'oxygène, était du gaz acide carbonique. Ce fut Ingen-Housz qui constata l'influence de la lumière solaire sur la production de ces phénomènes. Il prouva, par une multitude d'observations, que les feuilles exhalent de l'oxygène, lorsqu'elles sont exposées au soleil. Il reconnut en outre que, dans l'obscurité, elles vicient l'air et le rendent impropre à la respiration et à la combustion (1).

Restait encore à expliquer l'origine de l'oxygène dégagé de l'eau par les feuilles éclairées par la lumière du soleil. C'est ce que fit Sennebier en prouvant que c'est à l'acide carbonique contenu ordinairement dans l'eau, que les feuilles doivent de produire du gaz oxygène. On rendait ainsi raison des anomalies qui avaient été successivement signalées. L'eau bouillie, comme Bonnet l'avait observé le premier, ne pouvait donner de l'oxygène ; et les eaux de source, comme l'avait reconnu effectivement Ingen-Housz, devaient en produire plus que l'eau de rivière, par la raison que les eaux souterraines renferment toujours plus d'acide carbonique que celles qui coulent à la surface du sol.

Ainsi, en résumant l'histoire de cette brillante découverte du dix-huitième siècle, on peut dire que Bonnet a le premier aperçu le phénomène du dégagement gazeux opéré par les feuilles (2) ; que Priestley s'est aperçu que le gaz dégagé est de l'oxygène ;

(1) Ingen-Housz, *Expériences sur les végétaux*.

(2) Bonnet, *Sur l'usage des feuilles dans les plantes*, p. 31.

qu'Ingen-Housz a démontré la nécessité de la lumière solaire pour la réalisation du phénomène ; et qu'enfin c'est à Sennebier qu'il était réservé de montrer que le gaz oxygène obtenu dans ces circonstances est le résultat, le produit de la décomposition de l'acide carbonique.

Il s'agissait d'étudier dans ses moindres détails, la décomposition de l'acide carbonique par les végétaux. Il fallait rechercher, par exemple, quel rapport il existe entre le volume d'oxygène dégagé et le volume de gaz acide décomposé ; c'est ce qu'a fait Théodore de Saussure dans une longue suite de travaux remarquables, dont je vais essayer de présenter le résumé.

La conséquence qui se déduisait naturellement de la découverte de Sennebier, était que l'acide carbonique exerce une influence favorable sur la végétation, en introduisant dans les plantes le carbone qui entre dans leur constitution. Percival constata directement cette action de l'acide carbonique sur les végétaux, en les plaçant dans un courant d'air atmosphérique mélangé d'une assez forte proportion de ce gaz. Il vit, à l'aide d'une expérience comparative, que dans cette situation, la plante faisait des progrès beaucoup plus rapides que si elle eût été soumise à l'action d'un courant d'air ordinaire (1). Les observations de Saussure, en confirmant en tout point celles de ses devanciers, y ajoutèrent la connaissance

(1) Percival, *Mémoires de Manchester*, t. II.

de ce fait important, savoir : que pour agir utilement sur les végétaux, le gaz acide carbonique doit se trouver mélangé d'oxygène.

Sous une cloche de verre fermée par du mercure sur lequel surnageait une couche d'eau très-mince, Saussure enferma trois jeunes plants de pois ; l'atmosphère de la cloche avait un volume de 990 centimètres cubes, dont les plantes déplaçaient environ les quatre centièmes. L'atmosphère était composée d'air pris dans l'atmosphère et d'acide carbonique, mêlés en diverses proportions.

Les expériences furent faites successivement au soleil et à l'ombre. Au soleil, les appareils recevaient chaque jour l'action directe de la lumière pendant cinq ou six heures ; on prenait toutefois la précaution d'affaiblir cette action lorsqu'elle était trop intense. A la lumière solaire, les plantes ont vécu pendant plusieurs jours dans une atmosphère formée de parties égales d'air et de gaz acide carbonique, ensuite elles se sont flétries. Elles ont succombé beaucoup plus promptement dans des atmosphères qui contenaient les deux tiers, les trois quarts, et à plus forte raison la totalité de leur volume en gaz acide. Les jeunes plants ont prospéré lorsque leur atmosphère ne tenait qu'un onzième d'acide carbonique ; dans cette circonstance, leur végétation était évidemment plus vigoureuse que dans l'air atmosphérique pur ; et à la fin d'une expérience qui s'est prolongée durant dix jours, la presque totalité du gaz acide se trouva changée en oxygène ; les pois en avaient assimilé le carbone.

La plus petite proportion d'acide carbonique ajoutée à l'air des plantes exposées à l'ombre, a été nuisible ; les jeunes pois n'ont vécu que six jours dans l'atmosphère qui en renfermait le quart de son volume. A la vérité, les mêmes plants ont vécu dix jours, lorsque l'acide carbonique n'y entraît plus que pour un douzième ; mais, dans un semblable mélange, leur accroissement a été à peu près nul, et certainement inférieur à ce qu'il eût été dans l'air commun. Saussure conclut de ces expériences, que l'effet utile du gaz acide carbonique sur les parties vertes des végétaux ne se manifeste qu'en présence de l'oxygène, et qu'il cesse lorsque l'air atmosphérique en contient plus d'un douzième de son volume.

Dans le but de déterminer la proportion d'oxygène mise en liberté pendant la décomposition de l'acide carbonique par les végétaux, Saussure composa une atmosphère avec de l'air ordinaire et de l'acide carbonique : ce dernier gaz entraît pour 0,075 dans le mélange contenu sous une cloche d'une capacité de 5 lit., 746 et disposée sur le mercure, comme dans les expériences précédentes. Sept plantes de pervenche furent introduites dans l'appareil. Leurs racines plongeaient dans 15 centimètres cubes d'eau. On avait limité, autant que possible, cette quantité d'eau, afin que l'absorption du gaz acide carbonique fût assez petite pour être négligeable. La durée de l'expérience fut de six jours, pendant lesquels les plantes reçurent les rayons directs du soleil, depuis cinq heures jusqu'à onze heures. Le septième jour

les plantes furent retirées. Elles avaient conservé leur fraîcheur. Toutes corrections faites pour la température et la pression, le volume de l'atmosphère dans laquelle elles avaient séjourné, ne se trouva pas changé, à 20 centimètres cubes près : c'était l'erreur possible dans l'évaluation ; la composition avait subi des changements notables. L'acide carbonique avait disparu, et l'eudiomètre indiqua dans l'air de la cloche 0,24 d'oxygène, au lieu de 0,21 qui s'y trouvait primitivement (1).

## RÉSUMÉ DE L'EXPÉRIENCE.

	c.c.	Azote.	Oxygène.	Acide carbonique.
Avant. Volume de l'atmosphère.....	5746,	contenant 4199	1116	431
Après. " " " .....	5746,	" 4358	1408	0
	0	+ 159	+ 292	- 431

Les pervenches ont donc fait disparaître 431 centimètres cubes d'acide carbonique, en émettant 292 centimètres cubes d'oxygène. Si la totalité de l'oxygène de l'acide eût été mise en liberté, ce volume aurait été précisément égal à celui de l'acide décomposé ; mais puisqu'on n'a obtenu que 292 centimètres cubes d'oxygène, il faudrait en conclure que les pervenches ont fixé 139 centimètres cubes de ce gaz.

C'est à cette conclusion que Saussure s'est arrêté, et les expériences subséquentes ont, en effet, donné des résultats dans le même sens ; voici un tableau qui résume cinq observations :

Exp. 1 <sup>re</sup> . Acide carbonique manquant.....	c.c. 431.	Oxygène dégagé.....	c.c. 292
		Azote dégagé.....	159
			431

(1) Saussure, *Recherches chimiques, etc.*, p. 40.

l'ombre et au soleil (1). Mais de Saussure a montré que l'effet défavorable attribué à la lumière dépend réellement d'une température plus élevée et, par suite, de la dessiccation de la semence, en faisant germer des graines en même temps, sous deux cloches égales en capacité. L'une des cloches était opaque, l'autre en verre transparent et placée de manière à recevoir la lumière diffuse. La température était à peu près la même de part et d'autre. Les graines ont levé simultanément dans les deux appareils (2). Au bout de quelques jours la cloche transparente couvrait la végétation la plus avancée; ce qui devait arriver, d'après ce que nous avons dit précédemment sur les fonctions des parties organisées soumises à l'action de la lumière.

On doit à M. de Humboldt des observations curieuses sur la propriété que possède le chlore, de favoriser énergiquement la germination. L'action du chlore est tellement manifeste, qu'elle s'exerce même sur des semences anciennes qui refusent de germer quand on les place dans les circonstances ordinaires. Les expériences de M. de Humboldt portèrent d'abord sur le cresson (*lepidium sativum*). Les graines étaient placées dans deux éprouvettes en verre, dont l'une renfermait une dissolution de chlore, et l'autre de l'eau ordinaire. Les éprouvettes furent mises dans l'obscurité, la température étant maintenue à 15°. Dans la

(1) Saussure, *Recherches chimiques, etc.*, p. 23.

(2) Saussure, *Recherches chimiques, etc.*, p. 23.

dissolution de chlore, la germination eut lieu en six à sept heures; il en fallut trente-six à trente-huit, pour qu'elle se manifestât dans l'eau. Dans le chlore, les racines avaient déjà un développement de 1 millimètre et demi au bout de quinze heures; tandis qu'on les apercevait à peine après vingt heures d'immersion, sur les graines immergées dans l'eau (1).

Dans les jardins botaniques de Berlin, de Potsdam et de Vienne, on a tiré parti de cette propriété du chlore, en faisant germer de vieilles graines sur lesquelles tous les essais possibles de germination avaient été infructueux.

#### Développement et accroissement des plantes.

A mesure que la germination fait des progrès, on voit se développer et grandir les organes qui ont apparu d'abord à l'état rudimentaire. Les racines s'allongent et se multiplient en couvrant leurs extrémités de fibres chevelues. La tige, en s'élevant, envoie, dans toutes les directions, des branches qui se garnissent de feuilles. Les cotylédons qui ont nourri la plante dans les premiers jours, se dessèchent et tombent. Sous l'influence de la lumière solaire, la végétation marche vers la maturité, et la matière organisée qui constitue la plante récoltée, pèse infiniment plus que la même matière qui préexistait dans la semence. Pour citer un exemple pris dans les plantes annuelles,

(1) Humboldt, *Flora fribergensis subterranea*, année 1793, p. 156.

une graine de betterave champêtre du poids de 0 gr., 004, peut donner une racine munie de feuilles pesant 10.500 gr. (1).

Cette assimilation si abondante et si rapide ne peut avoir d'autre source que l'eau, le sol et l'air. Sans nous préoccuper, maintenant, de l'influence utile que le sol et les substances qui s'y rencontrent peuvent exercer sur le complet développement des végétaux, nous poserons en principe que l'eau pure et l'air suffisent pour leur fournir les éléments principaux qui constituent leur organisme : savoir, le carbone, l'hydrogène, l'oxygène et l'azote. En d'autres termes, certaines graines peuvent germer, végéter et donner une plante qui atteigne une parfaite maturité, par le seul concours de l'eau, et des gaz ou des vapeurs contenus dans l'atmosphère. C'est ce que prouve l'observation suivante.

Dans de la brique pilée grossièrement et chauffée à la chaleur rouge pour détruire toute trace de matière organique, puis convenablement humectée avec de l'eau distillée, on a semé des pois le 9 mai. La culture a été continuée dans une petite serre bien close, en usant de toutes les précautions convenables pour mettre les plantes à l'abri des poussières qui voltigent dans l'atmosphère.

Le 16 juillet, les pois, dont la végétation présentait la plus belle apparence, commencèrent à fleurir. Chaque semence a fourni une tige; et chaque tige,

(1) Résultat d'une pesée faite en 1841, à Bechelbronn.

abondamment garnie de feuilles, a porté une fleur.

Le 15 août, les gousses étaient parfaitement mûres; on cessa d'arroser, et à la fin du mois les plantes étaient sèches.

La longueur des tiges récoltées a varié de 1 mètre à 1 mètre 2 centimètres. Ces tiges étaient fort grêles. Les feuilles ne présentaient guère que le tiers de la superficie qu'elles auraient acquise, si elles eussent appartenu à une plante venue dans un terrain fumé.

Les gousses avaient une longueur moyenne de 33 millimètres, sur une largeur de 11 millimètres. La plupart des gousses renfermaient chacune deux semences.

En trois mois, les pois sont donc parvenus à une maturité complète; on a recueilli des graines. L'analyse dont je présenterai bientôt les détails, à l'occasion d'une question que nous aurons à discuter, a indiqué que cette récolte obtenue dans ces conditions, a acquis une proportion considérable de chacun des éléments qui étaient originairement associés dans la semence.

Le carbone étant le principe prédominant dans les plantes, nous devons d'abord rechercher l'origine de celui qui a été assimilé pendant la végétation.

Le carbone se rencontre en très-petite quantité dans l'atmosphère à l'état d'acide carbonique; et comme c'est parmi les gaz qui en font partie, un des plus solubles, l'eau en tient toujours en dissolution une proportion notable. L'acide carbonique peut donc se trouver en rapport avec les plantes, par l'air au