

ANNALES
DE LA
SOCIÉTÉ LINNÉENNE
DE LYON

Année 1901

(NOUVELLE SÉRIE)

TOME QUARANTE-HUITIÈME

LYON
H. GEORG, LIBRAIRE-ÉDITEUR
36, PASSAGE DE L'HOTEL-DIEU
MÊME MAISON A GENÈVE ET A BALE

PARIS
J.-B. BAILLIÈRE ET FILS, ÉDITEURS
19, RUE HAUTEFEUILLE

1902

naturel par autonarcose carbonique : j'ai voulu seulement répondre aux objections qui m'avaient été faites. Ces preuves, on les trouvera en grande partie dans mon livre sur le *Mécanisme de la thermogénèse et du sommeil chez les mammifères*.

Dans un autre volume, qui paraîtra prochainement, je montrerai comment notre théorie peut être étendue aux animaux inférieurs et aux végétaux, et j'apporterai de nouvelles preuves à l'appui de cette vérité, à savoir qu'aucune autre théorie ne permet d'expliquer scientifiquement tous les phénomènes qui se rapportent au sommeil en général, et les relations qui rattachent sa production à l'activité pendant la veille, au travail, à la fatigue et au réveil automatique.

Tous ces phénomènes physiologiques, et quelques autres d'ordre pathologique, s'expliquent aisément par l'action d'un seul et même agent sur la substance vivante ou bioprotéon.

Je sais que pour beaucoup de personnes elle présente un grave inconvénient, c'est d'être trop simple, mais c'est précisément à nos yeux ce qui fait son principal mérite.

Narcose provoquée et Autonarcose spontanée chez les Végétaux.

PAR RAPHAËL DUROIS.

Ainsi que je l'ai indiqué depuis longtemps déjà, le protoxyde d'azote se comporte comme un gaz inerte vis-à-vis des végétaux. Le mélange de Paul Bert, même dans une très forte pression, n'a point d'action sur la sensitive, et c'est là un fait qui permet de supposer que peut-être le protoxyde d'azote n'agit sur les animaux supérieurs que d'une manière indirecte, par exemple en favorisant l'accumulation de l'acide carbonique dans le sang et les tissus. Il ne m'a pas été possible de provoquer non plus la narcose chez les insectes (pyrophores) dans le mélange anesthésique de Paul Bert, même à la pression de cinq atmosphères : les pyrophores et les lampyres résistent à l'action du protoxyde d'azote pur d'une manière si remarquable, que Macaire avait supposé

qu'il pouvait pour ces derniers remplacer l'oxygène, ce qui est inexact d'ailleurs. Dans l'acide carbonique pur, ou mélangé avec un peu d'air ou d'oxygène, surtout sous pression, on obtient rapidement la narcose des insectes : on verra tout à l'heure que CO_2 agit aussi très manifestement sur les plantes, et se comporte vis-à-vis des graines et des végétaux sensibles comme un véritable anesthésique.

Mais examinons d'abord l'action des anesthésiques généraux sur les végétaux, celle du chloroforme ou de l'éther, que nous comparerons ensuite à celle de l'acide carbonique.

J'ai démontré, à l'aide de ces végétaux qu'on appelle les plantes grasses, au moyen des fruits, etc... que les vapeurs d'éther avaient la propriété de pénétrer dans l'intimité des tissus et de provoquer une véritable sudation résultant de la déshydratation par dissociation du bioprotéon. Ce résultat est naturellement plus facile à mettre en évidence sur des tissus riches en eau et ne renfermant ni vaisseaux aériens, ni lacunes dans lesquelles l'eau des plastides puisse s'épancher. Si certains parenchymes végétaux ne laissent pas paraître de gouttelettes d'eau à la surface, c'est que celle-ci peut se déplacer autrement qu'à l'extérieur dans les mêmes conditions. Ces parenchymes prennent alors l'apparence de fruits dégelés. L'anesthésie générale agit donc comme la congélation, comme le froid qui est aussi un anesthésique et provoque la séparation de l'eau et du plastide. Dès 1884, je mettais déjà en évidence ce déplacement de l'eau accompagnée de quelques principes immédiats, en soumettant des graines fraîches de moutarde à l'action des vapeurs d'éther. Je montrais du même coup que la myrosine et le myronate de potassium n'habitaient pas dans les mêmes plastides, mais qu'ils pouvaient être mis en contact par les déplacements d'eau en question. En effet, avec les graines fraîches, c'est-à-dire imbibées d'eau, il se produisait de l'essence de moutarde, alors que rien de semblable n'avait lieu avec des graines sèches. L'habitat différent du ferment modificateur et de la substance modifiable a été mise en évidence depuis cette époque, par un autre procédé dû au professeur Guignard. La déshydratation de certains tissus, de certains plastides, et le transport de l'eau qu'ils perdent accompagnée de certaines substances extractives sont faciles aussi à mettre en évidence chez les oranges placées sous une cloche avec de l'éther. Je

n'insiste pas davantage sur ces faits, qui ont été développés et multipliés dans plusieurs communications à la Société de biologie sur *l'action des liquides organiques neutres sur la substance organisée* (1884). Le point important à retenir, c'est la déshydratation du bioprotéon d'une part, et d'autre part le transport possible de l'eau vers d'autres points d'un organe ou d'un appareil végétal; cela va nous permettre d'expliquer, dans un instant, l'action des anesthésiques généraux sur la sensitive. Nous savons, en outre, pourquoi les graines restent en état de vie latente dans un milieu présentant toutes les conditions pour que la germination s'effectue, quand il s'y trouve des vapeurs anesthésiques, pourquoi les spores ne germent pas, et comment, par cela même, les anesthésiques généraux sont des antiseptiques de même nature que le froid. Je n'y insiste pas de nouveau, et je considère comme bien démontré que les anesthésiques généraux, y compris l'alcool, sont des agents déshydratants du bioprotéon ou substance vivante. Ce n'est pas tout : en même temps qu'ils exercent leur pouvoir déshydratant, ils provoquent le phénomène complémentaire de la déshydratation, qui est le dégagement d'acide carbonique, que nous avons signalé à plusieurs reprises et dans diverses conditions chez les animaux dont la tension de dissociation de l'eau et des tissus est exagérée. Nous les retrouvons dans l'action des anesthésiques généraux sur les tissus végétaux.

En présence de quelques gouttes d'éther ou de chloroforme, les plantes vertes mises en vase clos pour l'étude des échanges gazeux ne dégagent plus à la lumière qu'une quantité négligeable d'oxygène ; avec une proportion un peu plus forte d'anesthésique, le dégagement cesse. En d'autres termes, à la lumière, les plantes non anesthésiées dégagent des bulles d'oxygène. Les autres en émettent aussi d'abord, mais ces bulles sont de plus en plus riches en anhydride carbonique, plus tard le dégagement cesse. L'anhydride carbonique, à la fin seul élaboré par la plante chloroformée, se diffuse dans l'eau, si celle-ci y est plongée, au fur et à mesure de sa production.

On explique ce phénomène en disant que la fonction chlorophyllienne étant de la sorte suspendue, la respiration masquée par elle dans les conditions normales se traduit librement par une absorption d'oxygène et une exhalation d'anhydride carbonique. L'anes-

thésie des corps chlorophylliens est complète lorsque cet échange respiratoire atteint sa valeur maxima (*Anatomie et Physiologie végétales*, Belzung, p. 581-582). Quelle que soit l'interprétation que l'on donne du phénomène, il n'en est pas moins vrai que la plante, qui avant l'anesthésie dégageait de l'oxygène, ne dégage plus après celle-ci que de l'acide carbonique, et que, par conséquent, ce gaz n'étant plus décomposé dans les tissus de la plante, doit saturer plus complètement, plus exclusivement le milieu intérieur et la substance des plastides.

Ici encore l'anesthésique agit comme le froid, car on sait que la température la plus basse à laquelle s'exerce l'assimilation chlorophyllienne est variable selon les plantes, mais rarement inférieure à 0 degré. Les anesthésiques généraux privent les végétaux sensibles de sensibilité et de mouvement, c'est là un fait bien connu ; on peut donc dire qu'il s'agit ici d'une narcose anesthésique. Une sensitive par exemple, placée sous une cloche de verre en présence d'une éponge imbibée de chloroforme, est peu à peu frappée de rigidité. Comme sous l'action des variations extrêmes de température, elle cesse de réagir, d'abord au contact, tout en obéissant encore aux variations d'intensité lumineuse ; car à l'obscurité elle ferme ses feuilles, et les ouvre de nouveau à la lumière. Ce n'est que plus tard que les mouvements de veille et de sommeil, ainsi que les mouvements spontanés, sont à leur tour abolis.

Le retour de la plante à l'air libre rétablit peu à peu la sensibilité, à moins que l'anesthésie n'ait été très prolongée.

Nous avons vu que le froid agit de même que les anesthésiques généraux, comme dans le cas précédent, principalement sur l'eau de constitution des tissus, dont ils provoquent le déplacement. Or c'est précisément à des phénomènes de cet ordre que sont dues la sensibilité, la motilité, en un mot l'irritabilité de la sensitive.

Il n'est pas indifférent de rappeler que chez la plante anesthésiée, comme nous l'avons dit tout à l'heure, la proportion relative d'acide carbonique augmente dans le milieu intérieur par suite de la suppression de la fonction chlorophyllienne, donc, alors même que les échanges respiratoires restent les mêmes, le quotient $\frac{CO^2}{O}$ des gaz totaux du milieu interne s'accroît forcément. Or nous verrons dans un instant que l'action de l'acide carbonique sur les végétaux est

précisément subordonnée à l'état de la pression partielle, comme cela arrive pour le protoxyde d'azote en dissolution dans le plasma sanguin. De cette façon la narcose de la sensitive est provoquée à la fois par la deshydratation du bioprotéon et par la surcharge du milieu intérieur en acide carbonique, comme chez les animaux d'ailleurs.

La narcose anesthésique s'exerce aussi bien sur les végétaux doués de mouvements provoqués que chez ceux qui ne présentent que des mouvements spontanés.

Action de l'acide carbonique sur les végétaux.

Dans l'air atmosphérique, la proportion d'acide carbonique est environ de 3/10000. Lorsqu'on augmente la proportion d'acide carbonique l'assimilation gagne en intensité, jusqu'à une certaine limite qui est l'*optimum de pression*.

Pour la plupart des espèces étudiées, la proportion optimum est de 10 pour 100; au delà de 10 pour 100 d'acide carbonique l'assimilation chlorophyllienne faiblit: elle s'annule dans ce même gaz lorsqu'il est employé pur à la pression d'une atmosphère.

L'acide carbonique agit donc dans le même sens que les anesthésiques généraux. Mais n'avons-nous pas vu déjà que ce même agent, sous une certaine pression partielle, empêche la germination, arrête l'action des ferments figurés et parfois même celle des zymases? Il est pourtant une exception remarquable, c'est celle que présente la levure de bière, qu'il ne paralyse pas, même sous la pression de plusieurs atmosphères.

Peut-on pousser plus loin l'analogie de son action avec celle des anesthésiques généraux?

J'ai fait un certain nombre d'expériences pour élucider cette question et bien que je me propose de compléter cette étude, je crois utile de les rappeler ici.

Action de l'acide carbonique sur les mouvements provoqués et sur les mouvements spontanés chez les végétaux.

Si l'action des anesthésiques généraux, éther, chloroforme a donné lieu depuis longtemps à des observations importantes sur les mouvements des végétaux et sur leur irritabilité, il n'en est pas

de même de celle de l'acide carbonique, qui cependant est un anesthésique pour les animaux.

L'acide carbonique agit-il comme les anesthésiques généraux, ou bien se comporte-t-il de même que le protoxyde d'azote qui, comme je l'ai montré, n'endort pas la sensitive, même sous une forte pression? Enfin, doit-on, lorsqu'il enveloppe la plante, le considérer comme un gaz inerte agissant sur elle par asphyxie?

Pour élucider ces différents points j'ai soumis comparativement une sensitive (*mimosa pudica*) à l'action de l'acide carbonique et à celle d'un gaz indifférent, afin d'éviter d'attribuer à l'acide carbonique les troubles qui auraient pu résulter d'un commencement d'asphyxie par anoxie.

1° ACTION DE L'ACIDE CARBONIQUE. — Une sensitive a été placée sous une grande cloche de verre dans laquelle circule un courant d'acide carbonique, à 10 heures du matin; à 2 heures de l'après-midi, elle était encore sensible. On continue à faire passer le courant d'acide carbonique; vers 4 heures les feuilles deviennent insensibles et prennent l'attitude du sommeil. On remet la sensitive à l'air libre et le lendemain la sensibilité est revenue avec l'attitude normale.

L'acide carbonique, comme les anesthésiques généraux, peut donc priver momentanément les sensibles de leurs mouvements spontanés ou provoqués.

2° ACTION DE L'HYDROGÈNE. — On observe que le séjour dans ce gaz pendant un temps égal et même supérieur à celui qui est nécessaire pour l'anesthésie par l'acide carbonique ne produit aucun effet notable sur la sensibilité et les mouvements spontanés.

Deuxième expérience (12 mai). — Une sensitive, avec ses folioles ouvertes et ses pétioles levés, est placée sous une cloche à 2 heures.

On y fait passer un courant d'acide carbonique, et 20 minutes après les folioles commencent à se fermer. A 3 heures les folioles étaient complètement fermées et les pétioles secondaires abaissés.

A 4 heures, même situation.

A 4 h. 30 aucun des pétioles primaires n'est abaissé, toutes les folioles sont complètement fermées, les pétioles secondaires tous abaissés.

On enlève la cloche à 4 h. 3/4.

On constate qu'il n'y a aucune sensibilité et les pétioles primaires sont anesthésiés complètement, les pétioles secondaires sont baissés, les folioles fermées.

Le soir, à 7 h. 30, les pétioles primaires sont horizontaux, l'excitation les fait abaisser.

Le lendemain matin, les feuilles sont ouvertes et les pétioles relevés.

La plante est en parfait état.

Le lendemain soir, à 8 h. 30, les pétioles secondaires sont abaissés, les pétioles primaires horizontaux s'abaissent par l'excitation.

De ces faits on peut conclure que l'acide carbonique peut plonger la sensitive dans le sommeil et, si l'action est suffisante, lui enlever complètement sa sensibilité.

Avec l'éther et le chloroforme, on peut obtenir aussi des degrés différents, ainsi, les folioles peuvent être fermées, les pétioles secondaires abaissés et anesthésiés, alors que les pétioles primaires restent dressés ou horizontaux et conservent la sensibilité comme dans le sommeil.

Si l'on agit brusquement avec le chloroforme sur *Mimosa Spegazzini*, on peut obtenir l'abaissement des pétioles primaires, mais en agissant avec ménagement avec l'éther, il se peut que les pétioles prennent seulement la position horizontale.

Les différences constatées entre l'état de la sensitive en sommeil naturel et celui de la sensitive endormie par l'éther ou le chloroforme s'expliquent facilement.

L'anesthésie générale, par la brusquerie de son action, peut agir à la fois simultanément sur les renflements moteurs supérieurs et inférieurs, la plante reste alors figée dans son attitude première, mais elle est insensible. Au contraire, par une action lente et progressive, les deux renflements étant inégalement impressionnés, il en résulte un mouvement. Il se peut même que le mouvement se produise avant que survienne la perte de l'excitabilité : j'ai observé sur un *Mimosa Spegazzini* l'abaissement des pétioles primaires sous l'influence des vapeurs de chloroforme, ils étaient inclinés au-dessous de l'horizontale et pourtant étaient encore excitables.

Ce sont là des différences plus spécieuses que fondamentales, et qu'un déterminisme expérimental rigoureux peut expliquer facilement.

Nous avons étudié l'action de l'acide carbonique, non seulement sur les plantes douées de mouvements provoqués et de mouvements spontanés, mais encore chez celles qui possèdent seulement ces derniers.

Action de l'acide carbonique sur l'Acacia megaloxylon.

Le courant d'acide carbonique passe dans le même dispositif que dans les précédentes expériences : il arrive par une tubulure inférieure et on le maintient jusqu'à ce qu'il sorte à l'état de pureté par la tubulure supérieure de la cloche. L'opération se fait très lentement.

Le remplissage de la cloche dure deux heures, de 8 heures du matin à 10 heures; on ferme alors la cloche. A 11 heures on voit déjà quelques pétioles se fermer, et la majorité s'incline dans le sens ordinaire du sommeil.

A 2 heures, les feuilles de la plante sont à peu près complètement fermées. On aspire alors l'acide carbonique par la trompe aspirante et l'air remplace l'acide carbonique. Les folioles s'ouvrent alors, mais au bout d'un temps assez long.

La plante n'a pas été tuée par l'acide carbonique, et le lendemain soir, dans la cloche dont les orifices sont restés ouverts, elle ferme ses folioles et s'endort à l'heure ordinaire, à peu près.

Comme pour l'étude faite sur la sensitive, nous avons comparé à l'action de l'acide carbonique celle d'un gaz neutre, l'hydrogène.

Action de l'hydrogène sur l'Acacia megaloxylon.

Le dispositif étant le même, on chasse l'air pendant deux heures, par un fort courant d'hydrogène pur.

La position de sommeil ne commence à se dessiner qu'au moment où le jour s'abaisse, et les folioles ne sont complètement fermées qu'à 9 heures du soir.

Elle passe la nuit dans l'atmosphère d'hydrogène et, le lendemain, elle a ses feuilles ouvertes, l'hydrogène n'a produit sur elle aucun effet.

Ce gaz est chassé de la cloche et la plante prend le soir même l'attitude du sommeil, elle était donc en parfait état.

Action de l'acide carbonique sur l'oxalide (*Oxalis crenata*).

A 11 h. 30, la plante est mise dans le courant d'acide carbonique qui dure trente minutes. On ferme la cloche et on constate déjà une légère tendance au repliement des feuilles.

A 2 heures, beaucoup de feuilles sont nettement reployées et légèrement abaissées.

A 5 heures, les folioles sont repliées et abaissées : la veille, à la même heure, elles étaient dressées et étalées.

Le lendemain matin, la position était la même.

Deuxième expérience. — On prend deux échantillons d'*Oxalis acetosella*, dont un est placé sous une cloche, l'autre à l'air libre. A 9 h. 45, on fait arriver dans la cloche un courant d'acide carbonique et on continue pendant une heure, puis on ferme la cloche.

A midi, on n'observe encore rien.

Vers 2 heures, les feuilles commencent à se replier chez la plante placée sous la cloche; la plante témoin conservant ses feuilles ouvertes.

A 5 heures, la plante qui est dans l'acide carbonique a complètement l'attitude du sommeil et l'autre celle de la veille.

On enlève alors la cloche, et les deux oxalides présentent bientôt la même physionomie.

Avec un mélange d'acide carbonique et d'air l'effet se produit plus lentement, et il faut que l'atmosphère artificielle où se trouve la plante contienne au moins les deux tiers d'acide carbonique.

Dans l'*hydrogène*, les oxalides ayant servi aux expériences précédentes n'ont pas pris l'attitude du sommeil.

Il n'y a donc pas à mettre en doute l'action propre anesthésiante et ensommeillante de l'acide carbonique sur les végétaux, au moins sur les divers types que nous avons étudiés.

L'influence qu'exerce la privation de lumière, ou plus exactement la nuit, sur l'attitude et les mouvements des végétaux que l'on appelle *plantes sommeillantes* est si évidente, qu'on a donné à ces phénomènes le nom de *mouvements nyctotropiques*. Mais on ne peut nier que ces mouvements, ces attitudes soient en rapport direct, de cause à effet, avec les modifications de la nutrition qui se manifestent le soir dans tout végétal vert. Quand le soir arrive, la

plante a perdu beaucoup d'eau par la transpiration diurne. On sait que la lumière exalte ce phénomène au point de décupler et même de centupler la masse d'eau vaporisée ; la transpiration augmente aussi avec la chaleur. D'un autre côté, la fonction chlorophyllienne se suspend, comme cela arrive, même à la lumière, sous l'influence des anesthésiques généraux : le refroidissement vespéral favorise encore l'action engourdissante des autres éléments.

Non seulement la transformation, la destruction de l'acide carbonique et la régénération de l'oxygène s'arrêtent, mais on sait également que la lumière exerce sur la respiration proprement dite une action nettement retardatrice.

En d'autres termes, au moment même où la destruction de l'acide carbonique diminue par suspension de la fonction chlorophyllienne, sa production augmente parce que la lumière cesse d'inhiber la respiration. Ces deux causes agissent dans le même sens pour accroître la proportion de l'acide carbonique dans le milieu intérieur, c'est-à-dire le rapport $\frac{CO^2}{O}$, et, par conséquent, sa pression partielle.

Aussi le phénomène de « sommeil végétal » ne s'observe-t-il pas que dans les parties chlorophylliennes des plantes, on le constate également dans les fleurs, du côté des pétales, des étamines même.

L'ornithogale (Liliacée) ouvre ses pétales à 11 heures et les ferme le soir, par raccourcissement de la face interne du péricarpe. D'autres, comme certains silènes (*Silena noctiluca*), ouvrent au contraire leur corolle le soir et la ferment le matin ; l'effet d'ensemble est inverse, mais il s'agit toujours en dernière analyse de parties qui se gonflent ou se flétrissent, c'est-à-dire des déplacements d'eau faisant incliner l'organe soit dans un sens soit dans l'autre, suivant le point où ils s'effectuent. Ces phénomènes sont également provoqués par la transpiration et l'action de la lumière sur la respiration plastidaire.

La production des mouvements nyctotropiques a été attribuée à l'accumulation pendant le jour, sur certains points, de matières très endosmotiques, qui en attirant l'eau provoqueraient la turgescence de ces parties, et par là le mouvement des organes avec

lesquels ils sont en rapport. Avec cette théorie, il est difficile d'expliquer les changements d'attitude que l'on provoque au moyen des anesthésiques et surtout avec l'acide carbonique.

Dans beaucoup de cas, les mouvements nyctotropiques sont plus ou moins masqués pour des mouvements spontanés, comme dans l'*hedysarum girans* ou desmode oscillant, l'oxalide, l'acacier, le haricot. Ces mouvements spontanés s'expliquent, comme les mouvements nyctotropiques, par des déplacements d'eau dus aux mêmes causes, mais se manifestant dans des conditions différentes, qu'il serait trop long d'analyser ici. Retenons seulement que l'éther (et probablement l'acide carbonique) produit le même effet sur les mouvements provoqués que sur les mouvements spontanés et nyctotropiques.

En résumé, le sommeil des végétaux est, d'une part, le résultat de la déshydratation, ou, comme on dit encore, de l'anhydrisation du bioprotéon, et, de l'autre, de l'action narcotique et anesthésique de l'acide carbonique.

Résistance de la marmotte en hibernation à l'infection tuberculeuse : causes probables de cette résistance et applications de ces remarques au traitement rationnel de la tuberculose.

PAR RAPHAËL DUBOIS.

Dans le cours d'expériences faites il y a trois ans, j'avais remarqué que les marmottes présentaient *pendant la période d'hiver-*

¹ A propos d'une communication faite sur ce sujet à la *Société de biologie*, le 9 novembre 1901, M. Mangin a rappelé l'existence d'un travail de M. Correns (V. *Flora*, 1892, p. 87-151), qui confirme notre théorie. Cet auteur a constaté que l'acide carbonique, même mélangé à l'oxygène provoque l'insensibilité chez les plantes. Il a établi aussi que la diminution de l'oxygène dans le milieu ambiant agissait dans le même sens : cela tient à ce que quand l'oxygène manque, les tissus continuent à dégager CO², qui n'est plus éliminé aussi facilement, les échanges gazeux étant ralentis ou abolis, d'où accumulation de ce gaz dans le végétal.