

Sur l'emploi des substances organiques comme sources d'azote pour les végétaux vasculaires et cellulaires (Résumé)

M. L. Lutz

To cite this article: M. L. Lutz (1905) Sur l'emploi des substances organiques comme sources d'azote pour les végétaux vasculaires et cellulaires (Résumé), Bulletin de la Société Botanique de France, 52:4, 194-202, DOI: [10.1080/00378941.1905.10833359](https://doi.org/10.1080/00378941.1905.10833359)

To link to this article: <http://dx.doi.org/10.1080/00378941.1905.10833359>



Published online: 08 Jul 2014.



Submit your article to this journal [↗](#)



Article views: 9



View related articles [↗](#)

respiratoire normal; l'ordre de grandeur reste le même et, dans certaines expériences, le quotient des échanges gazeux ne diffère pas sensiblement. Ce que nous montrent indubitablement nos premières expériences à ce sujet, c'est qu'on ne peut prendre le phénomène respiratoire comme unique critérium de la vie et que dans la question de la réviviscence, étudiée dernièrement à ce point de vue par M^{me} GATIN chez les Champignons, il serait nécessaire, pour qu'aucun doute ne subsiste, de faire intervenir une autre manifestation vitale, telle que le développement ultérieur du mycélium.

M. le Secrétaire général fait en son nom la communication suivante :

Sur l'emploi des substances organiques comme sources d'azote pour les végétaux vasculaires et cellulaires (Résumé),

PAR M. L. LUTZ.

Au cours de ces dernières années, j'ai publié dans divers recueils une série de recherches relatives à la nutrition des végétaux à l'aide de substances azotées de nature organique. Avant d'entreprendre l'étude de quelques problèmes d'ordre secondaire se rattachant aux faits que j'ai observés, il ne sera peut-être pas inutile de résumer l'ensemble de ces travaux et d'essayer d'en tirer des conclusions générales.

J'ai examiné successivement l'emploi comme substances nutritives des ammoniacales composées (amines et sels d'ammoniums composés)^{2, 3}, des amidés^{4, 5}, des nitriles⁶, des alcaloïdes⁷.

1. M^{me} GATIN-GRUZEWSKA, Résistance à la dessiccation de quelques Champignons (*C. R. Acad. Sc.*, 12 déc. 1904).

2. Sur la nutrition azotée des plantes phanérogames à l'aide des amines, des sels d'ammoniums composés et des alcaloïdes. *C. R.*, t. CXXVI, 1898, p. 1227.

3. Recherches sur la nutrition des végétaux à l'aide de substances azotées de nature organique. *Ann. Sc. nat. Bot.*, VIII, t. VII, 1899, p. 1.

4. Recherches sur la nutrition des Thallophytes à l'aide des amidés. *Bull. Soc. bot. Fr.*, t. XLVIII, 1901, p. 325.

loïdes^{2, 7}, de l'hydroxylamine⁶. J'ai cherché à préciser les modifications du pouvoir nutritif des combinaisons azotées organiques par l'introduction d'un noyau benzénique dans leur molécule⁸; enfin j'ai comparé entre elles des substances de même grandeur moléculaire appartenant aux trois groupes principaux des amines, amides et nitriles au point de vue de leur assimilabilité¹⁰.

Toutes ces expériences ont été poursuivies sur un plan analogue : s'agissait-il de Phanérogames, les graines, soigneusement aseptisées par séjour dans une solution aqueuse de bichlorure de mercure, étaient semées dans du sable lavé et calciné ou dans des billes de verre, que l'on imbibait d'un liquide nutritif dans lequel tout l'azote se trouvait sous la forme des corps à étudier; les Algues étaient cultivées purement dans du liquide de Molisch et les Champignons dans du liquide de Raulin dont tout l'azote était de même à l'état de composés organiques. Ces milieux étaient contenus dans des vases appropriés et soigneusement stérilisés. Après développement suffisant, les plantes étaient pesées et analysées, ainsi que le milieu de culture, lorsque cette dernière analyse était possible.

Les résultats de toutes ces expériences se résument de la manière suivante :

AMINES. — Les végétaux phanérogames, les Algues et les Champignons peuvent emprunter l'azote qui leur est nécessaire à des composés organiques appartenant à la classe des amines, employés sous forme de sels. Cette assimilation peut avoir lieu sans transformation préalable de l'azote aminé en azote nitrique

5. Recherches sur la nutrition des Thallophytes à l'aide des nitriles. *C. R. Congr. Soc. sav., Sc.*, 1900, p. 451.

6. Recherches sur l'emploi de l'hydroxylamine comme source d'azote pour les végétaux. *C. R. Congr. Soc. sav., Sc.*, 1899, p. 130.

7. Sur le rôle des alcaloïdes envisagés comme sources d'azote pour les végétaux. *Bull. Soc. bot. Fr.*, t. L, 1903, p. 418.

8. Sur l'action exercée sur les végétaux par les composés azotés organiques à noyau benzénique. *C. R. Congr. Soc. sav., Sc.*, 1902, p. 65.

9. Nouvelles observations relatives à l'emploi de la leucine et de la tyrosine comme sources d'azote pour les végétaux. *C. R.*, t. CLX, 1905, p. 380. *Bull. Soc. bot. Fr.*, t. LII, 1905, p. 95.

10. Assimilabilité comparée des sels ammoniacaux, des amines, des amides et des nitriles. *C. R.*, t. CLX, 1905, p. 665. *Bull. Soc. bot. Fr.*, t. LII, 1905, p. 459.

ou ammoniacal. Elle est en outre subordonnée à cette condition que les amines appartiennent à la série grasse et qu'elles proviennent de la substitution à l'hydrogène de radicaux dont la grandeur moléculaire ne soit pas trop élevée : c'est ainsi que les méthylamines, par exemple, sont d'excellentes sources d'azote assimilable, tandis que la benzylamine est insuffisante. Les amines phénoliques agissent comme des toxiques puissants.

Les Algues peuvent s'accommoder de milieux un peu plus complexes que les Phanérogames; cependant, les amines phénoliques se conduisent encore vis-à-vis d'elles comme des substances toxiques.

Les expériences relatives à la nutrition des Champignons ont fourni des résultats plus précis : les milieux nutritifs ayant été préparés de manière à posséder une composition élémentaire rigoureusement constante, quelle que fût la source d'azote employée, il a été possible de mesurer en quelque sorte le degré d'assimilabilité des diverses amines. J'ai pu ainsi constater que les poids de Champignons obtenus après culture étaient d'autant plus élevés que la grandeur moléculaire du radical substitué à l'hydrogène l'était moins. De plusieurs amines, provenant de la substitution du même radical à 1, 2 ou 3 H (par exemple les trois méthylamines), c'est celle qui provient de la substitution d'un seul radical qui donne le plus fort rendement; celle à deux radicaux vient ensuite, puis celle à trois radicaux. De deux amines possédant la même formule brute, mais provenant de la substitution à l'hydrogène, l'une d'un seul radical, l'autre de plusieurs radicaux de grandeur moléculaire moindre (exemple : propylamine et triméthylamine), c'est l'amine provenant de la substitution d'un seul radical qui est la plus assimilable.

SELS D'AMMONIUMS COMPOSÉS; BASES PYRIDIQUES; ALCALOÏDES. — Ces corps sont inassimilables directement¹. Il n'en est plus de même si on les ajoute à un milieu nutritif contenant de l'azote assimilable. Grâce à cet artifice, on peut faire absorber aux Champignons des doses considérables de ces produits, et cette absorp-

1. Les ammoniums composés, pouvant être considérés comme résultant de la substitution des 4 H du noyau ammoniacal, obéissent ainsi à la loi de gradation applicable aux amines mono- et plurisubstituées.

tion se traduit par une notable augmentation du poids de végétal recueilli. En outre, les mêmes règles, qui gouvernent l'assimilation des amines, gouvernent aussi celle des alcaloïdes : plus la grandeur moléculaire de ces corps est élevée, moins ils sont assimilables.

Cette observation a été interprétée par CLAUTRIAU¹, qui supposait que les Champignons ont besoin d'avoir acquis un certain degré de développement pour parvenir à détruire et à utiliser la molécule alcaloïdique. En commençant à cultiver des Champignons dans du liquide de Raulin auquel on substitue, lorsque le thalle est suffisamment développé, un liquide dont tout l'azote est sous forme d'alcaloïde, j'ai pu constater que cette interprétation de CLAUTRIAU s'éloigne de la réalité : le changement de milieu entraîne l'arrêt presque immédiat de la végétation. Mais, frappé par le parallélisme qui existe entre l'asparagine et les alcaloïdes, j'ai été amené à envisager de la manière suivante le rôle des alcaloïdes dans les végétaux :

On sait que l'asparagine se conduit comme une sorte de moyen terme entre la matière minérale et les albuminoïdes : elle peut prendre naissance aux dépens de ces dernières substances et les régénérer, par un phénomène inverse, au contact d'un excès d'hydrates de carbone ; lorsqu'il y a pénurie de ces hydrates de carbone, la régénération est entravée et l'asparagine s'accumule dans les tissus. De même, les alcaloïdes ne sont capables de se transformer en albuminoïdes qu'en présence d'un excès d'azote minéral ; on peut donc, par analogie, les considérer, non comme des substances de réserve au sens propre du mot, ou comme de simples déchets, mais plutôt comme des moyens termes entre la matière minérale azotée et les albuminoïdes, dont l'utilisation serait subordonnée à un afflux d'azote minéral, de la même manière que celle de l'asparagine est liée à la présence d'hydrates de carbone en excès.

AMIDES. — L'instabilité des amides a limité les essais aux Algues et aux Champignons. De même que les amines, les amides de la série grasse sont directement assimilables par ces végétaux, tandis que celles de la série aromatique sont impropres à tout

1. CLAUTRIAU. Nature et signification des alcaloïdes végétaux. Bruxelles, Lamertin, 1900.

développement. D'autre part, l'assimilabilité des amides n'est pas soumise à la loi de gradation qui avait été observée dans le cas des amines : avec les termes inférieurs de la série, les différences de rendements sont si faibles qu'on ne peut y voir que des variations d'ordre simplement expérimental.

Une mention spéciale doit être accordée à l'asparagine et à l'urée : le liquide de Raulin, servant de type de comparaison, ne donne pas de meilleurs rendements, ce qui confirme les idées émises auparavant par G. VILLE et par plusieurs autres savants.

Quant à la leucine et à la tyrosine, à la suite d'essais de culture en présence de ces corps ajoutés comme seule source d'azote à un sol artificiel de sable lavé et calciné, j'étais arrivé à conclure que les Phanérogames ne peuvent en tirer parti, tandis que les Champignons, au contraire, les assimilent fort bien. De nouvelles expériences effectuées en substituant au sable un substratum constitué par des billes de verre de petites dimensions ont montré que cette distinction était erronée : la leucine et la tyrosine sont également assimilables par les Phanérogames et les Champignons. La différence observée précédemment tient à ce que le contact des racines avec le corps azoté s'opérait d'une façon défectueuse dans le sable, et cette manière de voir trouve une confirmation dans la remarque suivante : tandis qu'avec les Champignons la leucine et la tyrosine se conduisent comme des aliments possédant sensiblement la même valeur, chez les Phanérogames la leucine a provoqué une augmentation d'azote double environ de celle due à la tyrosine. Or la leucine est assez soluble, la tyrosine à peine; cette particularité, qui n'a qu'une importance minime lorsqu'il s'agit de Moisissures dont les innombrables filaments viennent toujours en contact parfait avec la substance nutritive, acquiert un intérêt primordial pour les Phanérogames dont le système racinaire est beaucoup plus réduit. Ces essais permettent encore de s'expliquer l'utilisation de la leucine et de la tyrosine accumulées dans certaines graines ; leur faible solubilité n'intervient d'ailleurs plus, puisqu'elles sont localisées au lieu même de leurs transformations ultérieures.

NITRILES. — Les nitriles sont à peu près inassimilables directement. Mais, si on les ajoute à un liquide nutritif azoté, au

liquide de Raulin par exemple, on voit se reproduire, quoique avec une intensité moindre, les phénomènes déjà observés pour les alcaloïdes et certaines amines en présence des sels ammoniacaux, à savoir l'assimilation, grâce à ces sels ammoniacaux, de substances inassimilables, lorsqu'elles sont seules.

COMPOSÉS DE LA SÉRIE AROMATIQUE. — On vient de voir que les corps renfermant un ou plusieurs noyaux benzéniques ne conviennent pas à la nutrition des végétaux. Pour savoir s'ils se conduisent comme des substances toxiques ou simplement inassimilables, j'en ai ajouté un certain nombre à du liquide de Raulin de réaction neutre et j'ai ensemencé ces milieux avec de l'*Aspergillus niger*. J'ai ainsi constaté que les composés azotés à noyau benzénique jouent vis-à-vis de l'*Aspergillus* un rôle nettement toxique. De plus, la position de l'azote par rapport au noyau exerce une influence considérable sur le phénomène. Lorsque le reste azoté est fixé directement au noyau, le composé est très toxique; la fixation a-t-elle lieu sur une chaîne latérale, cette action devient à peu près négligeable. Il y a là un rapprochement curieux à faire avec les phénomènes analogues constatés depuis longtemps au sujet de la toxicité des composés azotés cycliques pour les organismes animaux.

ASSIMILABILITÉ COMPARÉE DES AMINES, AMIDES ET NITRILES. — Un certain nombre d'expériences comparatives faites sur des liquides nutritifs de même composition élémentaire, mais dont la source d'azote était constituée par des corps de même grandeur moléculaire appartenant aux trois séries, ont conduit à cette conclusion : les amides sont, de tous ces corps azotés, les plus assimilables; les rendements, en présence des termes inférieurs de la série grasse, sont même, dans le cas des Champignons, supérieurs à ceux obtenus sur liquide de Raulin, c'est-à-dire avec les sels ammoniacaux. Les amines occupent le second rang, et les nitriles le troisième. Ces résultats concordent avec les prévisions qu'on aurait pu tirer de la constitution chimique de ces divers composés, les plus simples étant aussi les plus assimilables.

HYDROXYLAMINE. — Les amines de grandeur moléculaire peu élevée constituant de bons aliments pour les plantes, on pouvait se demander si l'hydroxylamine se comporte de même. L'expérience a montré qu'il n'en est rien. Ce corps est même doué

d'une très faible toxicité. Or BACH¹ a émis, il y a quelques années, cette théorie que le problème de la réduction des nitrates dans les plantes se résumerait dans l'action de l'aldéhyde formique sur l'acide azotique. Par réduction, il se formerait de l'hydroxylamine, laquelle se combinerait à l'aldéhyde formique pour donner de la formaldoxine, puis, par transposition moléculaire, de la formiamide. En considérant les chaleurs de formation des nitrates alcalins et de l'hydroxylamine, on constate que cette dernière est formée avec un moindre dégagement de chaleur que les nitrates; elle pourrait, par suite, être décomposée plus facilement qu'eux sous l'influence de l'action chlorophyllienne. Le fait de sa non-assimilation par les végétaux laisse donc planer un doute sur la valeur de l'hypothèse de BACH.

Confirmations. — Sans revenir sur les recherches antérieures aux miennes et dont quelques-unes concordent avec mes propres observations, je signalerai plusieurs importantes confirmations qui leur sont postérieures.

Les expériences relatives aux amines, aux amides et acides amidés et aux nitriles, qui ont été résumées plus haut, ont reçu depuis lors une confirmation absolue de la part de CZAPEK², dans le cas de l'*Aspergillus niger* :

« Treffliche Nährstoffe für *Aspergillus niger*, dit-il, findet man ferner in den Alkylaminen und Alkyldiaminen, wie die Untersuchungen von NĚGELI, PASTEUR, L. LUTZ und meine eigenen Beobachtungen gezeigt haben. »

« Diese Resultate stehen in völliger Uebereinstimmung mit den Ergebnissen von L. LUTZ » (nitriles).

CZAPEK a même poussé un peu plus loin ses recherches relatives à cet ordre de composés; il a examiné quelques diamines qui se sont montrées faiblement nutritives, la guanidine et plusieurs de ses dérivés qui sont inassimilables ou peu s'en faut,

1. BACH. Sur le mécanisme de la réduction des nitrates et de la formation des matières azotées quaternaires dans les plantes. *Monit. scient. Quesneville*, 1897, p. 5; *Id.*, *C. R.*, t. CXXII, 1896, p. 1499.

2. CZAPEK. Untersuchungen über die Stickstoffgewinnung und Eiweissbildung der Schimmelpilze. *Hoffmeister's Beiträge zur chem. Physiol. und Pathol.*, Bd. II, 1902, p. 557; Bd. III, 1902, p. 47. -- Zur Kenntniss der Stickstoffversorgung und Eiweissbildung bei *Aspergillus niger*, in *Ber. d. d. Bot. Ges.*, t. XIX, 1901, p. 130.

quelques uréides qui participent des propriétés de l'urée et les oximes qui sont inassimilables.

Les observations de CZAPEK sont cependant en désaccord avec les miennes sur un point. Cet auteur considère, en effet, les sels d'aniline comme susceptibles de constituer de bons aliments pour l'*Aspergillus*. J'ai, au contraire, toujours constaté une action toxique de la part de ces corps. Mes essais ayant été nombreux et toujours concordants, je crois devoir maintenir leurs résultats négatifs.

Tout dernièrement, DOP¹ a réussi à cultiver le *Saprolegnia Thureti* et l'*Achlya prolifera* dans des solutions d'urée et de chlorhydrate de triéthylamine à 1 p. 100.

Relativement aux alcaloïdes, une intéressante observation m'a été communiquée par notre Confrère, M. de TOXI, directeur du Jardin botanique de l'Université de Modène, dans une lettre dont voici quelques extraits :

Extraits d'une lettre de M. de TOXI.

« Au cours des années 1903 et 1904, j'ai réussi à cultiver et à obtenir en fruits des exemplaires de *Coix Lacryma* végétant dans des solutions nutritives dont tout l'azote se trouvait sous forme d'azotate de strychnine (si je me rappelle bien, à 3 p. 100). La solution était très toxique, ou pour mieux dire s'est conservée très toxique vis-à-vis de grenouilles chez lesquelles l'inoculation provoquait des phénomènes de tétanisation, puis la mort avec tous les symptômes du poison strychnique. Ceci pour démontrer que le poison n'avait pas été décomposé par les microorganismes. Après la fructification des *Coix Lacryma*, j'ai vu apparaître dans le liquide nutritif strychnique, laissé de côté dans mon laboratoire, un magma d'Algues vertes inférieures.

« Le *Coix Lacryma*, cultivé dans la solution nutritive strychnique, était presque égal en développement aux individus normaux. Cependant il m'a semblé qu'il présentait quelques différences, portant principalement sur les poils absorbants. La solution strychnique plus concentrée (si je me rappelle bien, à 3,5 p. 100) n'a pas permis le développement et a tué les individus de *Coix*.

« Voilà le peu d'observations que, pour ma simple curiosité, j'ai faites pendant 1903-1904. Ce sont de simples tentatives (*tentamina in argumento difficili*). Il faudrait tenir compte des coefficients isotoniques et de

1. DOP. Influence de quelques substances sur le développement des Saprolegniées parasites des poissons. *Bull. Soc. bot. Fr.*, t. LII, 1905, p. 156.

la quantité d'azote total qu'on donne soit avec le nitrate de potassium, soit avec l'azotate de strychnine.

« J'ai tenté aussi des cultures, réussies seulement en partie, et par suite à refaire, avec une solution nutritive où l'azote était donné seulement sous forme de sulfate de strychnine. Il serait intéressant, je pense, de répéter ces cultures qui donneraient la démonstration de l'assimilabilité de l'azote strychnique par la plante.

« Voici le peu que je puis vous dire, bien heureux si ces observations inédites vous sont de quelque utilité. Il va sans dire que, si vous le jugez convenable, je vous permets de les mentionner dans vos intéressants travaux auxquels il me semble qu'elles donnent confirmation..... »

Il paraît donc à peu près prouvé aujourd'hui qu'un assez grand nombre de substances organiques sont directement assimilables par les végétaux. Cette propriété présente un certain intérêt, car elle permet de réduire à de plus justes proportions le rôle que l'on attribuait jusqu'ici aux transformations que la matière azotée devait subir avant d'être assimilable; cette succession de fermentations : ammoniacale, d'abord, nitrique, ensuite, supposait de la part des engrais organiques une lenteur d'action qui ne concordait pas avec ce que l'on constate dans la pratique.

Quant aux alcaloïdes, il semble bien que l'on ne puisse plus en faire des substances de déchet; cela ne doit pas non plus nous surprendre, surtout au moment où d'autres expérimentateurs arrivent à des conclusions analogues pour des corps bien plus complexes, tels que les huiles essentielles¹.

Je me propose, du reste, d'entreprendre très prochainement sur les alcaloïdes des expériences exécutées avec des plantes phanérogames, en vue de rechercher si l'accumulation de ces composés présente réellement une relation avec la composition des sols.

M. le Secrétaire général donne lecture de la Note suivante :

1. CHARABOT et LALOUE. Formation et distribution de l'huile essentielle dans une plante annuelle. *C. R.*, t. CXXXIX, 1904, p. 928.