

## DE L'INFLUENCE DE LA NUTRITION MINÉRALE

SUR

### LE DÉVELOPPEMENT DES NODOSITÉS DES LÉGUMINEUSES <sup>(1)</sup>

Par ÉM. MARCHAL.

On sait depuis longtemps que la présence, dans le milieu nutritif, d'une certaine dose de nitrates empêche la formation des nodosités chez la plupart des Légumineuses et notamment chez le Pois.

Ce phénomène, qui apparaît à première vue comme un cas très particulier d'adaptation, a été différemment interprété par les expérimentateurs.

Laurent <sup>(2)</sup> admet que les Légumineuses contiennent une substance susceptible de se combiner aux nitrates et d'empêcher le développement du microbe des nodosités.

Mazé <sup>(3)</sup> avance une interprétation beaucoup plus compliquée.

Pour lui, quand les nitrates sont abondants, les produits hydrocarbonés de l'assimilation chlorophyllienne sont presque totalement utilisés à la synthèse des substances albuminoïdes, les racines en sont pauvres et l'action attractive qu'exercent, sur le microbe, les sucres dans les poils radicaux est faible.

Quoi qu'il en soit, il m'a paru intéressant de rechercher :

1° Quelles sont les limites de l'action *antisymbiotique*, comme on pourrait l'appeler, des nitrates;

---

<sup>(1)</sup> Une note préliminaire résumant les résultats essentiels de cette étude a été présentée le 9 décembre 1901, à l'Académie des Sciences de Paris (*Comptes rendus*, t. CXXXIII, p. 1032).

<sup>(2)</sup> LAURENT, *Annales de l'Institut Pasteur*, t. XII, p. 23.

<sup>(3)</sup> MAZÉ, *Annales de l'Institut Pasteur*, t. V, p. 134.

2° Si cette action est véritablement spécifique ou bien s'étend à d'autres substances azotées, voire même à d'autres groupes de sels minéraux.

#### MÉTHODE OPÉRATOIRE.

Les expériences ont été effectuées par la méthode des cultures aqueuses.

Des graines de Pois, de la variété Gonthier, étaient, après vingt-quatre heures de trempage dans de l'eau de source stérilisée, placées sur des étamines tendues à la surface de cristallisoirs contenant le même liquide et recouverts d'une cloche.

Après huit à dix jours à la température de 20° environ, les jeunes pois ayant atteint 8 à 12 centimètres étaient utilisés pour établir les cultures.

Je me suis servi, comme vases de végétation, de flacons de 500 centimètres cubes, à goulot assez étroit (1.5 cm.), au niveau duquel les plantes étaient fixés par le collet à l'aide d'ouate.

Le liquide nutritif choisi était la solution minérale bien connue de Sachs (1) dépourvue de nitrate, à laquelle étaient ajoutés les différents sels en proportions bien exactement dosées.

Afin d'empêcher le développement des algues, les flacons étaient entourés de papier foncé.

L'inoculation était pratiquée à l'âge de 15 jours, en ajoutant à la culture 1 centimètre cube du produit du broyage, dans l'eau, de quelques nodosités fraîches de Pois.

De cette façon, les conditions d'infection étaient rendues identiques pour toutes les cultures.

Afin d'écarter de même l'influence de conditions météorologiques variables, il était effectué de grandes séries d'essais à la fois (100 environ). Chacun des essais comportait trois cultures et les données consignées dans les tableaux ci-après expriment la moyenne des résultats fournis par chacune d'elles. Sauf quelques rares exceptions, les trois cultures relatives au même essai ont toujours donné des résultats identiques.

(1) Composition du liquide minéral employé :

Eau distillée . . . . .	1,000 cc.
Sulfate de potassium . . . . .	0.5 gr.
Sulfate de calcium . . . . .	0.5 —
Sulfate de magnésium . . . . .	0.5 —
Sulfate de fer . . . . .	0.01 —
Chlorure de sodium . . . . .	0.5 —
Phosphate tricalcique . . . . .	0.5 —

*Influence des nitrates et des sels ammoniacaux.*

Le tableau ci-après indique les résultats obtenus sur l'action des nitrates et des sels ammoniacaux.

NATURE DES SELS AJOUTÉS.	Doses par litre. Gr.	RÉSULTATS DE L'INOCULATION.	CARACTÈRES DE LA VÉGÉTATION.
Nitrate de potasse .	1.0	Pas de nodosités.	Vég. faible, mort précoce.
	0.5	Id.	Vég. normale.
	0.1	Id.	Vég. luxuriante.
	0.05	Nodosités peu abondantes	Id.
Nitrate de soude .	1.0	Pas de nodosités.	Vég. très faible, mort rapide.
	0.5	Id.	Vég. encore affaiblie.
	0.1	Id.	Vég. luxuriante.
	0.05	Nodosités normales.	Vég. normale.
Nitrate de chaux .	1.0	Pas de nodosités.	Vég. très luxuriante.
	0.5	Id.	Id.
	0.1	Quelques rares nodosités.	Id.
	0.05	Nodosités abondantes.	Vég. normale.
Nitrate d'ammoniaque	1.0	Pas de nodosités.	Vég. un peu affaiblie.
	0.5	Id.	Vég. luxuriante.
	0.1	Id.	Id.
	0.05	Nodosités normales.	Id.
Sulfate d'ammoniaque	1.0	Pas de nodosités.	Vég. normale.
	0.5	Id.	Vég. luxuriante.
	0.1	Id.	Id.
Sans azote . . . . .	0.05	Nodosités normales.	Vég. normale.
	—	Id.	Id.

Il se dégage de ce tableau les conclusions suivantes :

- 1° Une dose de nitrate de potassium, de nitrate de soude ou de nitrate d'ammoniaque de  $\frac{1}{10\,000}$  suffit pour empêcher le développement des nodosités du Pois élevé en culture aqueuse;
- 2° L'action antisymbiotique de sulfate d'ammoniaque est un peu

moins énergique. Celle du nitrate de chaux l'est encore moins, probablement à cause du radical alcalino-terreux qu'il renferme;

3° Le Pois souffre de la présence de nitrates dans la proportion de  $\frac{1}{10\,000}$ . Au contraire, le sulfate d'ammoniaque n'exerce pas, à cette dose, d'influence nuisible sur la végétation.

*Influence de l'azote organique.*

NATURE DES SELS AJOUTÉS.	Doses par litre. Gr.	RÉSULTATS DE L'INOCULATION.	CARACTÈRES DE LA VÉGÉTATION.
Asparagine . . . . .	1.0	Pas de nodosités.	Mort très rapide.
	0.5	Id.	Vég. faible.
	0.1	Id.	Vég. normale.
	0.05	Quelques nodosités.	Id.
Urée . . . . .	1.0	Pas de nodosités.	Aucun développement.
	0.5	Id.	Id.
	0.1	Id.	Vég. faible.
	0.05	Id.	Vég. normale.
Oxamide . . . . .	1.0	Pas de nodosités.	Aucun développement.
	0.5	Id.	Vég. très faible.
	0.1	Id.	Vég. faible.
	0.05	Nodosités rares.	Id.
Peptone . . . . .	1.0	Pas de nodosités.	Mort très rapide (4).
	0.5	Nodosités abondantes.	Vég. luxuriante.
	0.1	Nodosités très abondantes.	Id.
	0.05	Id.	Id.
Sans azote. . . . .	—	Nodosités normales.	Vég. normale.

Comme on le voit, les différentes formes de l'azote organique étudiées agissent d'une façon capricieuse et assez inattendue sur le développement des nodosités.

L'urée, l'oxamide, l'asparagine, possèdent un pouvoir antisymbiotique

(4) Cultures envahies par des bactéries.

aussi intense que celui des nitrates et ne semblent pas, d'autre part, pouvoir entrer dans la nutrition du Pois.

En revanche, la présence de peptone favorise singulièrement et, contre toute attente, la production des tubercules radiculaires.

*Influence des sels potassiques.*

NATURE DES SELS AJOUTÉS.	Doses par litre. Gr.	RÉSULTATS DE L'INOCULATION.	CARACTÈRES DE LA VÉGÉTATION.
Chlorure de potassium	5.0	Pas de nodosités.	Vég. très faible, mort précoce.
	3.0	Id.	Vég. faible.
	1.5	Id.	Id.
	1.0	Nodosités rares.	Vég. normale.
	0.5	Nodosités normales.	Id.
Sulfate de potassium.	5.0	Pas de nodosités.	Vég. affaiblie.
	3.0	Id.	Id.
	1.5	Id.	Id.
	1.0	Peu de nodosités.	Vég. normale.
	0.5	Nodosités abondantes.	Id.
Phosphate acide de potassium . . .	5.0	Pas de nodosités.	Vég. très faible, mort rapide.
	3.0	Id.	Id.
	1.5	Nodosités rares.	Vég. normale.
	1.0	Nodosités normales.	Id.
Sans potassium . .	0.5	Id.	Id.
	—	Pas de nodosités.	Vég. faible.

Les sels potassiques, à la dose de 1 à 1.5 gramme par litre, empêchent, comme on le voit, l'établissement de la symbiose; l'action du phosphate de la même base est toutefois un peu moins énergique que celle du sulfate et du chlorure.

En l'absence de potassium dans le milieu nutritif, il ne se forme pas de nodosités.

Les sels potassiques, à la dose de 5 grammes par litre, nuisent très sensiblement à la végétation du Pois.

*Influence des sels de sodium.*

NATURE DES SELS AJOUTÉS.	Doses par litre. Gr.	RÉSULTATS DE L'INOCULATION.	CARACTÈRES DE LA VÉGÉTATION.
Chlorure de sodium .	5.0	Pas de nodosités.	Vég. faible.
	3.0	1 culture sur 3 présente quelques nodosités.	Id.
	1.5	Nodosités très rares.	Vég. normale.
	1.0	Nodosités rares.	Id.
	0.5	Nodosités normales.	Id.
Carbonate de sodium.	5.0	Pas de nodosités.	Vég. languissante.
	3.0	Id.	Vég. faible.
	1.5	Nodosités rares.	Vég. normale.
	1.0	Nodosités abondantes.	Id.
	0.5	Id.	Id.
Sulfate de sodium.	5.0	1 culture sur 3 présente quelques nodosités.	Vég. un peu affaiblie.
	3.0	Pas de nodosités.	Id.
	1.5	Nodosités rares.	Vég. normale.
	1.0	Nodosités normales.	Id.
	0.5	Id.	Id.
Phosphate neutre de sodium . . . . .	5.0	Pas de nodosités.	Vég. faible.
	3.0	Id.	Id.
	1.5	Nodosités rares.	Vég. normale.
	1.0	Nodosités normales.	Id.
Sans sodium . . . . .	0.5	Id.	Id.
	—	Id.	Id.

Comme on peut en juger par l'examen du tableau ci-dessus, l'action nuisible des sels de soude sur la formation des nodosités n'est pas aussi énergique que celle des sels potassiques. Il en faut environ 3 grammes par litre de liquide nutritif pour entraver le développement du *Rhizobium*.

D'autre part, le sodium n'est pas indispensable à l'évolution de ce dernier.

*Influence des sels de calcium et de magnésium.*

NATURE DES SELS AJOUTÉS.	Doses par litre. Gr.	RÉSULTATS DE L'INOCULATION.	CARACTÈRES DE LA VÉGÉTATION.
Phosphate tricalcique	5.0	Nodosités très abondantes et grosses.	Vég. luxuriante.
	3.0	Id.	Vég. normale.
	1.5	Nodosités abondantes.	Id.
	1.0	Id.	Id.
	0.5	Nodosités normales.	Id.
Chlorure de calcium.	5.0	Nodosités assez abondantes.	Vég. un peu affaiblie.
	3.0	Nodosités très abondantes.	Vég. normale.
	1.5	Id.	Id.
	1.0	Id.	Id.
	0.5	Id.	Id.
Sulfate de calcium	5.0	Nodosités abondantes.	Id.
	3.0	Id.	Id.
	1.5	Id.	Id.
	1.0	Id.	Id.
	0.5	Id.	Id.
Sulfate de magnésium.	5.0	Nodosités assez rares.	Id.
	3.0	Nodosités abondantes.	Id.
	1.5	Id.	Id.
	1.0	Id.	Id.
	0.5	Nodosités normales.	Id.
Sans calcium . . .	—	Pas de nodosités.	Vég. faible.
Sans magnésium . . .	—	Nodosités rares.	Id.

A l'encontre des sels potassiques et sodiques, les composés de la chaux et de la magnésie exercent une influence très favorable sur la formation des nodosités. Non seulement le nombre, mais encore les dimensions de ces dernières se trouvent heureusement influencés par la présence, dans le milieu nutritif, de sels calcaires et, en particulier, de phosphate tricalcique.

L'action favorable des amendements calcaires (chaux, marne, plâtre)

sur la culture des Légumineuses tient sans doute, pour une large part, au stimulant qu'exercent ces composés sur le développement des microbes assimilateurs.

Les expériences de Passerini <sup>(1)</sup> ont montré, d'ailleurs, que l'action améliorante du Trèfle ne s'effectue qu'en terrain suffisamment calcaire.

*Influence de la réaction.*

NATURE DES SUBSTANCES AJOUTÉES.	Doses par litre. Gr.	RÉSULTATS DES INOCULATIONS.	CARACTÈRES DE LA VÉGÉTATION.
Hydrate de potassium.	1.0	Pas de nodosités.	Aucun développement.
	0.5	Nodosités très abondantes.	Développement normal.
	0.1	Id.	Id.
	0.05	Id.	Id.
Acide sulfurique .	1.0	Pas de nodosités.	Aucun développement.
	0.5	Id.	Vég. faible.
	0.1	Nodosités rares.	Vég. normale.
Liquide neutre . . .	0.05	Nodosités normales.	Id.
		Id.	Id.

Une réaction alcaline apparaît donc comme très propice à la formation des nodosités.

L'action favorisante de l'alcalinité est limitée par l'influence nuisible de cette dernière sur la vitalité de la plante hôte elle-même. Au contraire, une acidité correspondant à 50 centigrammes d'acide sulfurique par litre empêche l'établissement de la symbiose.

Cette influence de l'acidité doit être due à une action directe sur le microbe. Mazé <sup>(2)</sup> a montré, en effet, qu'une proportion de 1 p. m. d'acide tartrique entrave le développement de ce dernier.

Comme on le voit, le *Rhizobium* trouvera ses meilleures conditions d'existence dans les bons sols arables qui présentent normalement une légère alcalinité. Dans l'humus, le terreau, presque toujours acides, la formation des nodosités est, comme on sait, exceptionnelle.

(1) PASSERINI, *Li Stazioni sperimentali*, t. XXX, p. 68.

(2) MAZÉ, *loc. cit.*



*Influence de quelques substances antiseptiques.*

NATURE DES SUBSTANCES AJOUTÉES.	Doses par litre. Gr.	RÉSULTATS DES INOCULATIONS.	CARACTÈRES DE LA VÉGÉTATION.
Sulfate manganeux . . .	0.5	Pas de nodosités.	Vég. faible.
	0.25	Nodosités abondantes.	Vég. avancée.
	0.05	Id.	Id.
Sulfate ferreux . . .	0.5	Pas de nodosités.	Dév. faible.
	0.25	Id.	Id.
	0.05	Nodosités normales.	Vég. normale.
Sulfate de zinc. . .	0.25	Pas de nodosités.	Vég. très faible.
	0,05	Id.	Id.
	0.01	Id.	Id.
Bichlorure de mercure	0.05	Pas de nodosités.	Pas de développement.
	0.025	Id.	Id.
	0.005	Id.	Vég. faible.
Nitrate d'argent . . .	0.025	Pas de nodosités.	Dév. nul.
	0.005	Id.	Id.
	0.001	Id.	Vég. faible.
Sulfate de cuivre . . .	0.5	Pas de nodosités.	Aucun développement.
	0.25	Id.	Vég. faible.
	0.05	Id.	Id.
Acétate de plomb . . .	0.25	Nodosités nombreuses.	Vég. normale.
	0.05	Id.	Id.
	0.01	Id.	Id.
Soufre . . . . .	5.0	Pas de nodosités.	Pas de développement.
	1.0	Id.	Vég. faible.
	0.5	Id.	Vég. normale.
Acide borique . . .	0.25	Pas de nodosités.	Pas de développement.
	0.05	Id.	Id.
	0.01	Id.	Dév. faible.

NATURE DES SUBSTANCES AJOUTÉES.	Doses par litre. Gr.	RÉSULTATS DES INOCULATIONS.	CARACTÈRES DE LA VÉGÉTATION.
Acide phénique . . .	0.05.	Pas de nodosités.	Vég. très faible.
	0.025	Id.	Id.
	0.005	Id.	Vég. presque normale.
Formol ordinaire . . .	0.25	Pas de nodosités.	Dév. très faible.
	0.05	Id.	Dév. presque normal.
	0.01	Id.	Id.
Sans fer. . . . .	—	Nodosités normales.	Dév. normal.

L'examen de ces résultats fait voir que le microbe des nodosités du Pois est plus sensible que son hôte à l'influence de la plupart des substances antiseptiques. Tel composé qui, à une dose déterminée, respecte la vitalité du Pois, entrave en proportion beaucoup plus faible encore l'évolution du *Rhizobium*. Il en est notamment ainsi des sels de zinc, d'argent, de mercure, de cuivre, des acides borique et phénique. En revanche, les sels de plomb et de manganèse sont beaucoup moins toxiques pour le microbe, de même d'ailleurs que pour le Pois.

#### CONCLUSIONS GÉNÉRALES.

L'établissement de la symbiose racinaire chez le Pois est sous la dépendance étroite de la nature et de la proportion des substances salines qui existent dans le milieu nutritif.

Beaucoup de sels exercent sur ce phénomène une influence nuisible, possèdent un pouvoir antisymbiotique, comme on pourrait l'appeler.

Les nitrates alcalins sont à placer au premier rang, sous ce rapport, avec l'urée et les amides. A la dose de  $\frac{1}{10,000}$ , ces substances empêchent la formation des nodosités du Pois.

Viennent ensuite les sels ammoniacaux dont la limite d'action anti-symbiotique est de  $\frac{1}{2,000}$ .

Parmi les sels non azotés, les plus énergiques dans ce sens sont les composés du potassium qui, à la dose de  $\frac{1}{200}$ , entravent l'évolution du *Rhizobium*. Une proportion de  $\frac{1}{300}$  des sels sodiques amène le même résultat.

En revanche, les sels calcaires et magnésiens, les premiers surtout, favorisent très nettement la production des tubercules radiculaires.

Quant à l'action de l'acide phosphorique, prise isolément, elle paraît

comme peu importante et variable suivant la base à laquelle ce corps est combiné. Il est à noter cependant que le phosphate de potasse exerce, à doses égales, une action antisymbiotique moins énergique que celle des autres sels potassiques et que le phosphate tricalcique favorise, à un très haut degré, la formation des nodosités. Ces faits tendent à prouver que l'acide phosphorique est plutôt favorable à l'établissement de la symbiose.

Si l'on envisage ces résultats dans leur ensemble, on constate que, d'une façon générale, les sels contrarient d'autant plus la formation des nodosités qu'ils sont plus solubles ou plus exactement qu'ils possèdent un coefficient isotonique plus élevé.

Ce fait tendrait à prouver que l'influence des matières salines sur le développement des tubercules radiculaires trouve son explication dans une action nuisible de ces substances sur le microbe et non pas dans une modification de la réceptivité de la plante hospitalière.

Je me propose de tâcher d'élucider cette question par l'étude de l'influence directe des sels minéraux sur le développement et le pouvoir assimilateur du *Rhizobium* en cultures artificielles.

Si l'on veut transporter sur le terrain pratique les idées qui se dégagent des recherches qui viennent d'être relatées, il ne faut pas perdre de vue que le sol constitue un milieu chimiquement très complexe et où les substances nutritives se présentent à la végétation dans des conditions quelque peu différentes de celles que réalisent les cultures aqueuses.

Les résultats obtenus ci-dessus permettent cependant d'affirmer qu'en pratique, l'excès d'engrais potassiques exerce une influence déprimante sur la fixation de l'azote par les Légumineuses, phénomène qui, en revanche, est exalté par l'introduction, dans le sol, d'engrais calcaires et, en particulier, de phosphates de chaux.

Quant à l'influence des substances azotées sur la formation des nodosités, mes essais montrent qu'elle est beaucoup plus énergique encore qu'on ne l'aurait soupçonné. Et si, nonobstant ce fait, on voit les racines de Pdis se couvrir de tubérosités dans des sols relativement riches en azote assimilable, c'est que ce dernier s'y trouve en majeure partie à l'état de nitrate de chaux, composé qui, de tous les sels de l'acide nitrique, est celui qui entrave le moins l'établissement de la symbiose radiculaire des Légumineuses.

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE.

---

BULLETIN  
DE  
L'AGRICULTURE

Publié en exécution de l'arrêté royal du 16 juillet 1885.

---

1903. — TOME XIX.



BRUXELLES  
P. WEISSENBRUCH, IMPRIMEUR DU ROI  
ÉDITEUR  
49, RUE DU POINÇON, 49

—  
1903