

X mhp<sub>3</sub> 244

02/04/92  
8915

EB30-JAC

ACADÉMIE D'AGRICULTURE DE FRANCE

Extrait du procès-verbal de la Séance du 6 Mai 1970

pp. 511 à 523

SULFATO-RÉDUCTIONS RHIZOSPHERIQUE  
ET SPERMOSPHERIQUE :  
INFLUENCE DE LA DENSITÉ APPARENTE DU SOL  
par V. Jacq (\*) et Y. Dommergues (\*\*)  
avec la collaboration technique de M<sup>me</sup> P. Weinhard

(Note présentée par G. Aubert)

Fonds Documentaire ORSTOM  
Cote: B\* 5931 Ex: 1

SULFATO-RÉDUCTIONS RHIZOSPHERIQUE  
ET SPERMOSPHERIQUE :  
INFLUENCE DE LA DENSITÉ APPARENTE DU SOL

par V. Jacq (\*) et Y. Dommergues (\*\*)  
avec la collaboration technique de M<sup>me</sup> P. Weinhard

(Note présentée par G. Aubert)

Dans des notes publiées par ailleurs (1, 2, 3) nous avons précisé certaines des conditions nécessaires à la prolifération, dans la rhizosphère, de bactéries sulfato-réductrices, et à l'accumulation, le long des racines, de sulfures. Ce phénomène, que nous désignons sous le nom de *sulfato-réduction rhizosphérique*, provoque un ralentissement de la croissance des plantes, et même leur mort, les légumineuses (luzerne et fève notamment) étant particulièrement sensibles.

Tout récemment (4), nous venons de montrer qu'un phénomène analogue peut se manifester aussi dans la spermosphère, avec une intensité assez grande pour faire périr la graine en cours de germination. Nous désignons ce dernier phénomène sous le nom de *sulfato-réduction spermosphérique*.

Il est bien connu que l'activité des bactéries sulfato-réductrices se manifeste lorsque sont réunies les conditions suivantes :

- 1° présence de substrats organiques donneurs d'électrons,
- 2° présence de sulfates,
- 3° anaérobiose stricte.

Dans la rhizosphère et dans la spermosphère, la première condition est remplie puisque ces deux microhabitats renferment des quantités importantes d'exsudats riches en substrats donneurs d'électrons.

(\*) Elève O.R.S.T.O.M.

(\*\*) C.N.R.S., Centre de Pédologie Biologique, B.P. 5, Vandoeuvre-les-Nancy (54).



La deuxième condition est remplie dans les sols riches en sulfates, tels les sols salins tunisiens irrigués par eaux saumâtres (5, 6). La troisième condition est plus rarement réalisée. Elle suppose un arrêt complet de la diffusion de l'oxygène de l'atmosphère libre vers le sol. Des expériences préliminaires ayant suggéré que l'arrêt de la diffusion de l'oxygène serait la conséquence, non seulement de l'engorgement, mais aussi d'une valeur élevée de la densité apparente du sol, nous avons cherché à préciser, ici, l'influence de ce dernier facteur sur l'apparition des deux types de sulfato-réduction.

### I. — MÉTHODES EXPÉRIMENTALES

La plante test utilisée est le maïs hybride, variété INRA 420, et le sol, un sol salin tunisien, homogénéisé et broyé pour détruire les agrégats. Le sol est réparti dans des colonnes transparentes de chlorure de polyvinyle, de  $200 \times 50 \times 15$  mm. Un gradient de densités apparentes de 1,20 à 1,70 est obtenu en tassant ce sol par vibrations et chocs d'intensités croissantes.

Pour l'étude de la sulfato-réduction rhizosphérique, chaque graine, préalablement stérilisée, est mise à germer trois jours sur gélose, avant d'être introduite dans le sol dont l'humidité est maintenue à une valeur proche de la capacité au champ. Au bout d'une semaine, les plantes atteignent 10 cm. On provoque alors l'engorgement du sol en le submergeant. Pendant toute la durée de l'expérience, la température est maintenue à 28 °C. L'intensité de l'éclairage est de 6 000 lux environ ; la photopériode est de douze heures.

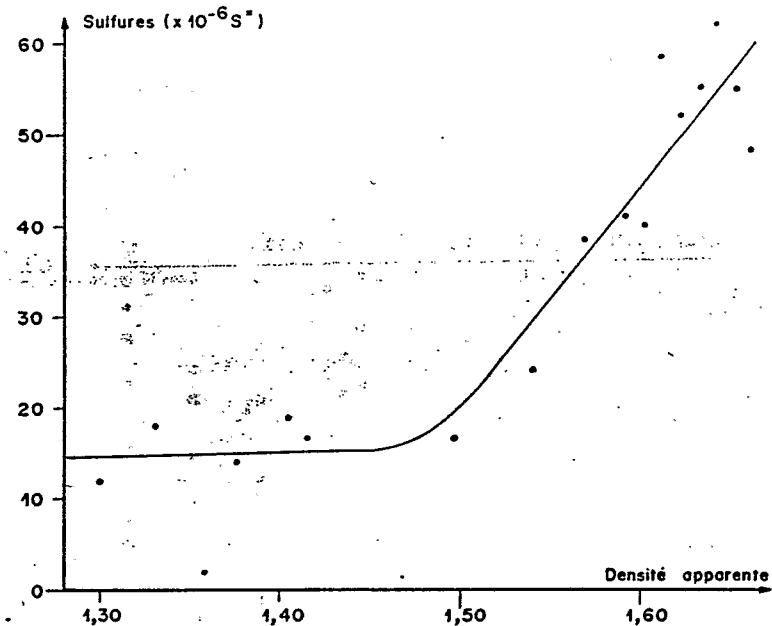
Pour l'étude de la sulfato-réduction spermosphérique, les graines également stérilisées et prégermées, sont mises en place à des profondeurs variables, et l'engorgement suit immédiatement le semis. La température est également maintenue à 28 °C.

Dans l'un et l'autre cas, le jour J est le premier jour d'engorgement.

### II. — RÉSULTATS CONCERNANT LA SULFATO-RÉDUCTION RHIZOSPHERIQUE

1° Il existe un seuil de densité apparente, situé entre 1,45 et 1,50, à partir duquel la sulfato-réduction rhizosphérique, s'intensifie très vite quand la densité augmente (figure 1).

Figure 1. — Influence de la densité apparente sur la sulfato-réduction rhizosphérique (Mesures au jour J + 17)



2° Au-dessus du seuil, les sulfures sont produits plus tôt (5 à 6 jours en général) et en plus grande quantité que dans les sols moins denses.

3° L'intensité de la sulfato-réduction est maximale quand elle apparaît au niveau de racines situées à plus de 5 cm de profondeur.

Nous, avons montré par ailleurs (4) que les sulfures pro-

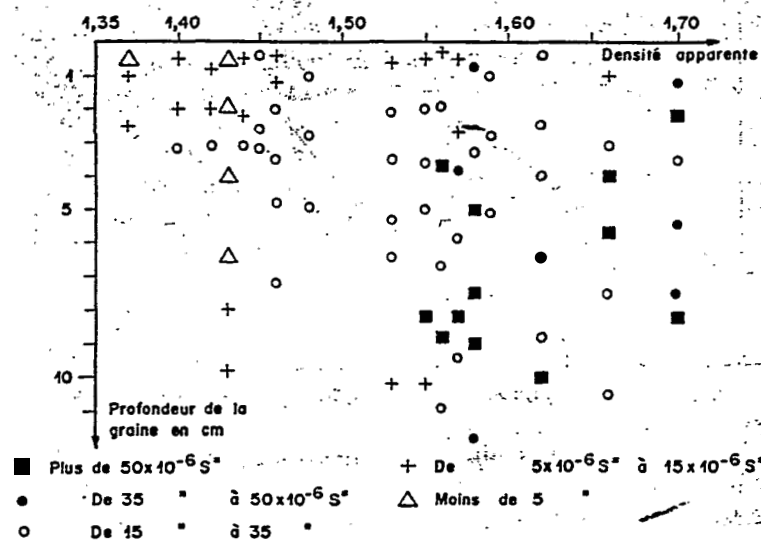
duits par voie biologique dans la gaine rhizosphérique ralentissent la croissance de la plante quand leur concentration dans le sol atteint  $40 \text{ à } 60 \times 10^{-6} \text{ S}^=$ .

### III. — RÉSULTATS CONCERNANT LA SULFATO-RÉDUCTION SPERMOSPHERIQUE.

Les faits suivants ressortent de la fig. 2 qui synthétise les résultats de l'étude expérimentale :

1° *Au-delà d'une densité apparente de 1,55*, la production de sulfures est très rapide : les premières taches noires caractéristiques apparaissent en trois jours ; en six jours, les

Figure 2. — Influence de la densité apparente et de la profondeur du semis sur l'intensité de la sulfato-réduction spermosphérique (Mesures au jour J + 10)



Chaque point du graphique correspond à l'emplacement d'une graine pour une densité donnée de sol. La quantité de sulfures produits autour de chaque graine est indiquée par un signe conventionnel ; afin de simplifier le graphique, nous avons regroupé les teneurs en sulfures en 5 classes. Noter que, par suite de la diffusion d'oxygène à la base des colonnes de sol, la sulfato-réduction est ralentie au delà de 10 cm de profondeur.

concentrations atteintes sont de l'ordre de  $30 \times 10^{-6} \text{ S}^=$  et dépassent couramment  $60 \times 10^{-6} \text{ S}^=$  en dix jours, surtout quand les graines sont ensemencées à une profondeur supérieure à 4 cm ; dans ces conditions, 80 à 90 % des graines meurent. Lorsque les graines sont semées dans la zone comprise entre la surface et une profondeur de 4 cm, les plantules réussissent à dépasser la surface avant toute production abondante de sulfures : 70 % d'entre elles survivent et se développent normalement.

2° *Entre les densités apparentes 1,45 et 1,55*, l'effet nocif des sulfures est moindre, car plus lent : il faut six jours pour obtenir  $10 \text{ à } 15 \times 10^{-6} \text{ S}^=$ , dix jours pour atteindre  $25 \times 10^{-6} \text{ S}^=$ , concentration non létale : seulement 10 à 15 % des graines, même profondément ensemencées, meurent.

3° *En deçà de la densité apparente 1,45*, la production de sulfures est minime : après dix jours d'engorgement, la concentration de sulfures qui est comprise entre 5 et  $10 \times 10^{-6} \text{ S}^=$ , ralentit seulement la germination, mais ne l'arrête pas.

### IV. — COMPARAISON ENTRE LES DEUX FORMES DE SULFATO-RÉDUCTION

1° La durée de la phase d'engorgement nécessaire est plus réduite dans le cas de la sulfato-réduction spermosphérique : 3 à 6 jours suffisent, contrairement à la sulfato-réduction rhizosphérique, qui se manifeste seulement au bout de 10 à 15 jours.

2° De plus grandes quantités de sulfures sont produites dans la spermosphère que dans la rhizosphère. A densité apparente égale, les sulfures sont environ 5 fois plus abondants dans la spermosphère que dans la rhizosphère, ce qui pourrait s'expliquer par le fait que les graines, aux tous premiers stades de germination, exsudaient nettement plus de substances nutritives favorables aux bactéries sulfato-réductrices que les racines d'une jeune plante.

3° La sulfato-réduction spermosphérique est plus nocive que la sulfato-réduction rhizosphérique, parce qu'elle attaque des graines en début de germination (les chances de survie de la plante sont réduites) et parce que la sulfato-réduction spermosphérique peut contaminer certaines graines voisines encore saines et provoquer une attaque ultérieure au niveau des racines.

#### RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- (1) DOMMERMUES (Y.), COMBREMONT (R.), BECK (G.) et OLLAT (C.). — Note préliminaire concernant la sulfato-réduction rhizosphérique dans un sol salin tunisien. *Rev. Ecol. Biol. Sol.*, 1969, 6, 115-129.
- (2) DOMMERMUES (Y.), JACQ (V.), BALANDREAU (J.) et COMBREMONT (R.). — Rhizosphérique and spermatosphérique sulfate reduction and rhizosphérique nitrogen fixation in a saline soil. *Proc. third intern. conf. on Global Impacts of Applied Microbiology (G.I.A.M. III)*, Bombay, 1969 (sous presse).
- (3) DOMMERMUES (Y.), JACQ (V.) et BECK (G.). — Influence de l'engorgement sur la sulfato-réduction rhizosphérique dans un sol salin. *C. R. Acad. Sci. Paris*, 1969, 268, 605-608.
- (4) JACQ (V.). — Etude de la sulfato-réduction rhizosphérique dans un sol salin tunisien. D.E.A., Fac. Sci. Nancy, 1969 (doc. ronéo.).
- (5) AUBERT (G.) et OLLAT (C.). — Observations sur l'utilisation d'eaux saumâtres pour l'irrigation, et sur l'amélioration des sols salés. *C. R. Acad. Agric. Fr.*, 1969, 55, n° 4, 244-254.
- (6) VAN HOORN (J. W.). — Recherches sur l'utilisation de l'eau salée en irrigation en Tunisie. *Nature et Ressources*, 1966, 2, 3-7.

M. Hénin. — Il s'agit en fait d'un phénomène relativement banal, en ce sens qu'il suffit d'avoir une matière organique enfouie dans le sol et de mauvaises conditions d'aération pour qu'il y ait production de sulfures. M. Betremieux l'a bien montré dans sa thèse en 1950 et nous en avons retrouvé de nombreux exemples pratiques. Que l'on se réfère à mon ouvrage récent « Le profil cultural ».

Il faut noter également que la couleur de la terre n'est pas toujours très caractéristique et qu'il faut ajouter un acide pour se rendre compte de la présence de sulfures. Je rappelle que dans ces conditions on peut observer des baisses de rendement très importantes que nous avons pu évaluer, dans certains cas, à plus de 20 q à l'hectare pour le maïs et pour d'autres cultures. Ceci m'amène à faire une remarque à propos de ce que l'on appelle l'asphyxie des plantes ; il peut y avoir insuffisance de la teneur en oxygène certes, ou bien phénomène de toxicité dû en particulier aux sulfures.

M. Dommergues nous apporte des éléments nouveaux en fixant une densité critique, valeur qu'il ne faut toutefois pas extrapoler, car ce n'est pas la densité qui compte mais l'espace disponible pour la circulation de l'air ; il n'y a que corrélation entre les deux valeurs. De plus, si j'ai bien compris, dans le cas particulier qu'il a étudié ce sont les excréments organiques ou les déchets existant autour des organes végétaux qui seraient à l'origine du phénomène de réduction. C'est là un fait important car la plante aurait des chances d'être plus sensible à un processus qui se manifesterait au voisinage immédiat de ses organes actifs.

M. Aubert. — Il est bien certain que ce phénomène n'est pas nouveau ; il est intéressant de montrer son existence dans des sols où, extérieurement, l'on ne peut rien observer de particulier.

Leur structure n'est pas très favorable, pas nette, peu stable ; mais c'est là un phénomène, malheureusement, assez fréquent dans les sols du centre de la Tunisie, qui ne comptent guère plus de 0,6-0,8 p. cent de matière organique totale et dans lesquels l'ensemble argile plus limon doit représenter à peu près 60 % du total du matériau.

Il est intéressant d'avoir pu montrer qu'à partir du moment où la densité apparente du sol atteint une certaine valeur, une simple irrigation normalement réalisée, provoque un engorgement suffisant pour qu'il y ait production de sulfures.

M. Hénin. — Cette production de sulfures peut se faire à partir de la matière organique provenant du végétal lui-même. Il est très important de déterminer son origine.

M. Aubert. — Un argument assez important à ce sujet est que la même opération d'irrigation sur du sol nu ne provoque absolument rien. Si on met, au contraire, une graine à germer, ou une plantule à se développer, aussitôt des sulfures apparaissent, en 3 jours dans le cas de la graine à germer, 6 à 10 jours dans le cas de la plantule qui se développe.

M. Guillon. — Je voudrais vous demander si les taches qui

ont été observées sont rondes et si le sol à cet endroit est plus acide qu'ailleurs ? On peut en effet penser à une possibilité d'action cryptogamique correspondant aux « ronds de sorcières » dans les prairies.

— La flore fongique se développerait plus facilement au niveau des parcelles à réaction plus acide et révélerait ainsi les modifications de la composition du sol *in situ*.

**M. Aubert.** — Il est en effet possible qu'il y ait eu un processus d'acidification du sol. Mais, les terres en question sont riches en calcaire et en calcium échangeable.

Par ailleurs, un microbiologiste comme M. Dommergues se serait bien aperçu de l'apparition des champignons s'il y en avait eu. Je vous remercie de cette intéressante remarque.

**M. Lavollay.** — Dans les expériences de M. Dommergues en laboratoire, est-ce qu'il s'agit de réduction de sulfate ou uniquement de production de sulfure aux dépens de la matière organique ?

**M. Aubert.** — Je crois que l'on peut répondre de façon assez précise à cette objection : Il ne manque pas en Tunisie de sols qui soient à peu près du même type. De la Vallée de la Medjerda à Tozeur, on observe de grandes étendues de sols limonoargileux faiblement évolués. Dans le nord du pays ils ne contiennent que peu de sulfate de calcium ; aux environs de Sfax ils sont plus gypseux ; plus au sud, et surtout vers Gabès et Tozeur, les croûtes gypseuses très abondantes limitent les possibilités de mise en valeur.

Le phénomène étudié par MM. Jacq et Dommergues ne s'observe sous irrigation qu'à partir de la zone qui entoure Sfax, dans les sols qui contiennent une quantité importante de sulfate de calcium. Il semble bien, par conséquent, que le soufre qui intervient dans ces réactions provienne non de la matière organique, mais du sulfate de calcium du sol.

**M. Lavollay.** — La maladie de « réclamation » des sols de polders résulte d'une immobilisation du cuivre sous forme de sulfure. La même situation pourrait être réalisée ici.

**M. le Président.** — Dans les polders la situation est différente.

**M. Leroy.** — Je me permets de rappeler que, dans les sols de polders, les animaux présentent souvent une carence en cuivre. Il faut en général prendre des précautions pour les traitements.

**M. Aubert.** — On ne peut comparer les sols de la région de Sfax à des sols de polders ; ils sont très différents.

S'ils ont toutefois un élément commun c'est leur richesse, relativement inhabituelle en soufre. Le problème reste quand même entièrement différent dans les deux cas.