

ETUDE DE QUELQUES FACTEURS INFLUANT SUR LE COMPORTEMENT DE LA MICROFLORE DU SOL AU COURS DE LA DESSICCATION

Y. DOMMERMUES (*)

Centre de Pédologie du C.N.R.S., Nancy

SOMMAIRE

Au cours de la dessiccation du sol à un pF supérieur à 5,5, la composition de la microflore tellurique est profondément modifiée. Certains microorganismes résistent (Azotobacter chroococcum, par exemple) ; d'autres disparaissent complètement (Azotobacter insignis) ou partiellement (microflore dénitrifiante ou microflore minéralisant le fer).

L'action létale de la dessiccation sur la microflore est fonction du pF ; elle est considérablement atténuée par la présence de substances protectrices telles que les argiles.

I. — INTRODUCTION.

Lorsque le sol se dessèche à une humidité inférieure à celle qui correspond au point de flétrissement permanent, c'est-à-dire lorsque le pF dépasse 4,2 (tension de 16 atmosphères), certains secteurs de la microflore tellurique manifestent encore une activité parfois importante (DOMMERMUES, 1959 et 1962 ; GRIFFIN, 1963). Mais cette activité tend à s'annuler lorsque l'on se rapproche du pF 5,5 (tension de 316 atmosphères). Au niveau et au-delà de ce seuil, certaines cellules microbiennes commencent à subir l'action létale d'un pF excessif : on quitte alors le domaine des faibles humidités ($4,2 < pF < 5,5$)-pour entrer dans celui de la dessiccation ($pF > 5,5$).

Dans une communication présentée au 8^e congrès international de la Science du Sol (DOMMERMUES, 1964), nous avons donné les résultats d'une étude sur la dessiccation de divers sols tempérés et tropicaux montrant que la mortalité des microorganismes dépend non seulement de la durée

(*) Avec la collaboration technique de Monique Dusausoy et Geneviève Beck.

de la dessiccation, du pF (ou de la tension), mais aussi de la nature de ces microorganismes et de la composition physique et chimique du sol. Il s'agissait là d'un travail préliminaire qui vient d'être complété par un examen plus poussé des facteurs suivants influant sur le comportement de la microflore tellurique au cours de la dessiccation : niveau de la dessiccation, nature des microorganismes, teneur du sol en argile. La présente note a pour but de rendre compte des résultats de ces dernières recherches.

II. — METHODES.

1. — MATÉRIEL.

On a utilisé à la fois des sols naturels et des modèles de sols :

a) *Sols naturels.*

— Rendzine forestière sous forêt de Hêtre de la région de Nancy (Bellefontaine).

— Sol brun calcaire sous culture de la région de Nancy (Montet).

— Sol brun lessivé sous forêt de Hêtre et Chêne de la région de Nancy (Nanquette).

b) *Modèles de sols (sols artificiels).*

I. — *Sol standard composé comme suit :*

Sable quartzeux lavé (sable de Fontainebleau)	10 g
Kaolin lavé (Prolabo)	10 g
Carbonate de calcium	1 g
Solution saline standard Winogradsky	2 ml
Eau	4 ml

II. — *Sols renfermant des doses croissantes de kaolin.*

Il s'agit des mêmes sols que le sol standard, mais où les proportions de kaolin ont les valeurs suivantes : 0,30, 60, 90, 100 %. Les quantités d'eau ajoutées ont été telles que l'humidité, avant dessiccation, correspondait sensiblement au pF 2,5. Dans le cas de l'inoculation avec un microorganisme neutrophile (*Azotobacter*), le milieu contenait du carbonate de calcium et renfermait une solution saline basique ; dans le cas de l'inoculation avec un microorganisme acidiphile (*Beijerinckia*), le milieu ne renfermait pas de carbonate de calcium et la solution saline était tamponnée au phosphate au pH 6,0.

2. — DESSICCATION.

La dessiccation a été obtenue en renfermant, dans des enceintes à humidité relative contrôlée, des échantillons de 20 g de sol amenés préalablement au pF 2,5. Ces enceintes étaient constituées par des bocal à fermeture canette de 200 ml renfermant de petits cristallisoirs contenant la solution saturée réglant l'humidité relative.

Un ou deux niveaux de dessiccation ont été étudiés :

— dessiccation avec une solution de nitrate de calcium amenant le sol à un pF d'environ 5,9 (tension de 800 atmosphères).

— dessiccation avec une solution de chlorure de sodium amenant le sol à un pF 5,6 environ (tension de 415 atmosphères).

A 28° C, l'équilibre entre le sol et l'atmosphère à humidité relative contrôlée a été atteint en 3 à 7 jours, sauf dans le cas de la rendzine où il a fallu 14 jours. Lorsque l'on n'a pas précisé le niveau de dessiccation, l'expérience a été conduite au pF 5,9. Dans un cas, on a effectué parallèlement une incubation témoin en maintenant le sol à l'humidité du prélèvement. Les bocaux ont été aérés une à deux fois par semaine.

3. — NUMÉRATIONS.

a) Milieux utilisés.

— *Microflore totale (Bactéries et Actinomycètes)* : milieu à l'extrait de terre Lochhead (EDGELL et al., 1960) ; lecture au 5° jour.

— *Actinomycètes* : milieu Benedict modifié (PORTER et al., 1960) ; lecture au 14° jour.

— *Azotobacter* : milieu au mannitol gélosé sans azote (POCHON, 1962) ; lecture au 3° jour (*A. chroococcum*) ou 7° jour (*A. insignis*).

— *Beijerinckia* : même milieu, mais le mannitol est remplacé par le glucose stérilisé par filtration ; lecture au 7° et 14° jour.

— *Microflore dénitrifiante* : milieu Giltay modifié (VALERA et ALEXANDER, 1961) ; lecture au 7° jour en général.

— *Microflore minéralisant le fer organique (7° jour)* : milieu au citrate de fer ammoniacal (ALLEN, 1957).

b) *Répétitions* : 4 répétitions par traitement, les chiffres correspondant à chaque répétition étant eux-mêmes le résultat de la moyenne de 3 à 10 numérations.

c) *La température d'incubation* a été de 28° ± 1° C.

4. — EXPRESSION DES RÉSULTATS.

Les densités bactériennes ont été exprimées en nombre de microorganismes ou de microcolonies par gramme de sol sec à l'étuve.

Le taux de survie (t) d'un microorganisme, ou d'un groupe de microorganismes quelconques, est le pourcentage de la densité (n_2) des germes encore vivants à la fin de la dessiccation par rapport à la densité (n_1) des germes vivants dans le sol humide :

$$t = \frac{n_2}{n_1} \times 100$$

III. — RESULTATS.

a) ETUDE DE LA RÉSISTANCE COMPARÉE DES MICROORGANISMES.

1. — Sols naturels.

Dans une première série d'expériences, nous avons déterminé le taux de survie de la microflore totale, des *Azotobacter*, des *Actinomycètes*,

de la microflore dénitrifiante et de la microflore minéralisant le fer dans les trois types de sols naturels définis ci-dessus : rendzine forestière, sol brun calcaire, sol brun lessivé. Il résulte de ces mesures que la résistance à la dessiccation des microorganismes est très variable. Dans une note présentée récemment, nous avons proposé un schéma de classification, suivant la résistance à la dessiccation, des microorganismes définis sous forme de groupes physiologiques ou taxonomiques (DOMMERGUES, 1964). Mais cette façon de voir ne s'est avérée satisfaisante que pour la microflore dénitrifiante et la microflore minéralisant le fer organique qui, dans tous les cas, apparaissent comme moyennement à très sensibles à la dessiccation.

En ce qui concerne le grand groupe taxonomique des Actinomycètes, qu'à l'instar d'autres auteurs (KRASILNIKOV, 1958), nous considérons comme résistant bien à la dessiccation, nous avons été amenés à réviser notre opinion. Si, dans les sols cultivés, ces microorganismes s'avèrent particulièrement résistants (taux de survie de 100 % à la 6^e semaine dans le sol brun calcaire, fig. 1), ils apparaissent, dans leur ensemble, beaucoup plus fragiles dans les sols forestiers (taux de survie inférieur à 20 % à la 6^e semaine dans la rendzine forestière) (fig. 2). Le caractère de résistance ou de sensibilité à la dessiccation ne peut donc être toujours attribué à l'ensemble des microorganismes constituant un groupe aussi vaste que celui des Actinomycètes.

Il est des cas où ce caractère ne peut être appliqué qu'à l'espèce. Un exemple frappant nous est fourni par le genre *Azotobacter*. *L'Azotobacter chroococcum* est très résistant à la dessiccation : son taux de survie est de l'ordre de 50 % au bout de 14 jours (fig. 1). *L'Azotobacter insigne*, par contre, se classe parmi les microorganismes les plus sensibles : son taux de survie est nul au bout de 14 jours dans le sol (fig. 2).

2. — Modèles de sols.

Une deuxième série d'expériences conduites en modèles de sols (sols standards décrits ci-dessus) inoculés avec des souches pures de trois espèces d'*Azotobacter* a montré que la résistance des espèces et des souches, était très variable (tableau I). Pour les *Azotobacter chroococcum*, les souches originaires d'une région tropicale sèche (Sénégal) sont plus résistantes que les souches originaires d'une région humide tempérée (Est de la France) ou tropicale humide (Congo). La grande fragilité de *L'Azotobacter insigne* observée dans la première série d'expériences avec les sols naturels est confirmée ici.

Des essais en cours, relatifs au *Beijerinckia indica*, montrent que ce microorganisme est beaucoup plus sensible à la dessiccation que *L'Azotobacter chroococcum*.

b. — ETUDE DE L'INFLUENCE DU NIVEAU DE DESSICCATION.

Cette étude a porté sur un microorganisme peu sensible (*Azotobacter chroococcum*) et sur deux groupes physiologiques sensibles à la dessiccation : microflore dénitrifiante et microflore minéralisant le fer organique dans un sol brun calcaire (Montet).

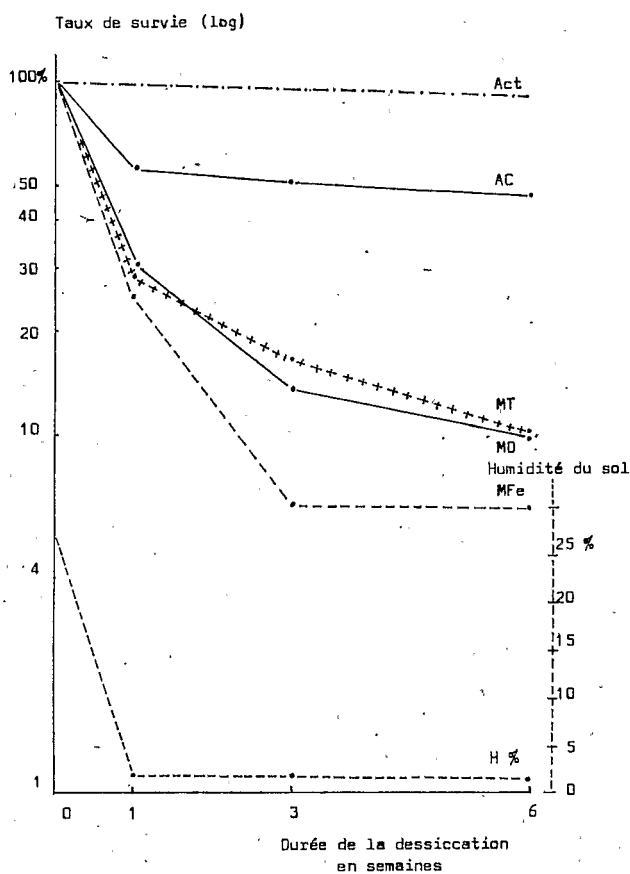


FIGURE 1

Influence de la durée de dessiccation sur le taux de survie de différents groupements microbiens dans un sol brun calcaire cultivé (Montet)

- Act. : Actinomycètes
- AC : *Azotobacter chroococcum*
- MT : Microflore totale
- MD : Microflore dénitrifiante
- MFe : Microflore minéralisant le fer organique
- H % : Humidité du sol.

Pour le taux de survie, on a utilisé une échelle logarithmique.

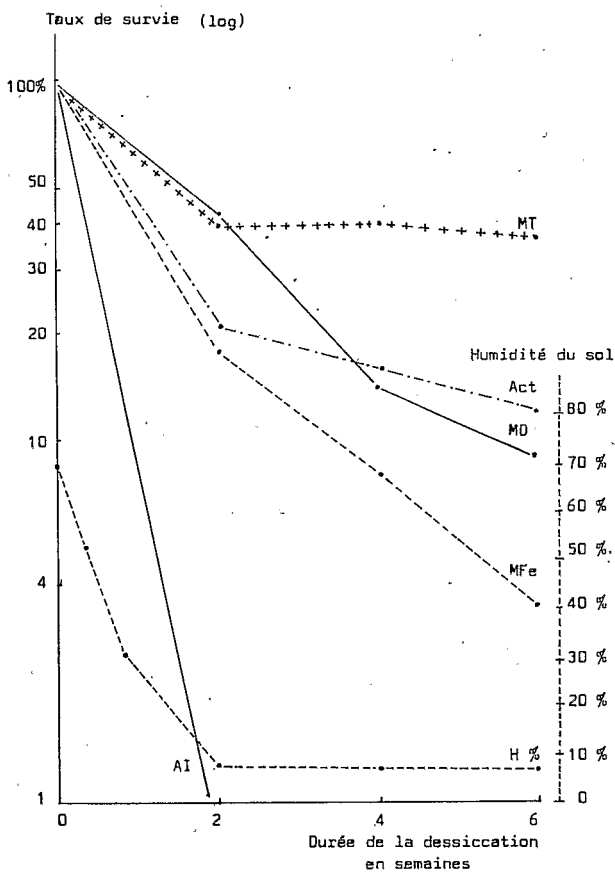


FIGURE 2

Influence de la durée de dessiccation sur le taux de survie de différents groupements microbiens dans une rendzine forestière (Bellefontaine)

- Act. : Actinomycètes
- AI : *Azotobacter insigne*
- MT : Microflore totale
- MD : Microflore dénitrifiante
- MFe : Microflore minéralisant le fer organique
- H % : Humidité du sol.

Pour le taux de survie, on a utilisé une échelle logarithmique.

TABLEAU I

Résistance comparée à la dessiccation de souches d'origines diverses appartenant à trois espèces d'*Azotobacter* cultivées sur sols artificiels.

Espèce	Origine	N° souche	Taux de survie pour une dessiccation de 14 jours à pF 5,9
<i>A. chroococcum</i>	Est de la France (Montet)	AC-46	31 %
<i>A. chroococcum</i>	Sénégal (Pout)	AC-55	63 %
<i>A. vinelandii</i>	Congo (Niari)	AV-78	9 %
<i>A. vinelandii</i>	Sénégal (Pout)	AV-55	100 %
<i>A. insigne</i>	Est de la France (Bellefontaine)	AI-91	0 %

Dans une première série expérimentale, nous avons comparé l'évolution en fonction du temps d'incubation de la densité de ces deux groupes de microorganismes dans les sols soumis aux deux traitements suivants :

- maintien à l'humidité de prélèvement ;
- dessiccation au pF 5,9.

Les résultats sont synthétisés dans la figure 3.

Lorsque le sol est desséché au pF 5,9, le taux de survie baisse considérablement pour la microflore dénitrifiante (courbe MDS) et pour la microflore minéralisant le fer (courbe MFeS), alors qu'elle varie assez peu pour les *Azotobacter chroococcum* (courbe ACS) ; ces résultats ne font que confirmer ceux qui ont été donnés ci-dessus.

Lorsque le sol est maintenu à l'humidité du prélèvement, le taux de survie des *Azotobacter chroococcum* (courbe ACH) et surtout celui de la microflore dénitrifiante (courbe MDH) sont encore élevés à la sixième semaine. Il n'en n'est pas de même pour la microflore minéralisant le fer (courbe MFeH) qui se conserve très mal dans le sol même maintenu à l'humidité du prélèvement.

On est donc amené à conclure que, dans les expériences telles que nous les avons conduites, il existe pour certains types de microorganismes (microflore minéralisant le fer, par exemple) un facteur létal supplémentaire autre que le facteur dessiccation. On pourrait, en premier lieu, penser à un déficit en oxygène, ou un excès de gaz carbonique, bien que le rapport volume du sol sur volume de l'enceinte soit supérieur à 20 et que la composition de l'atmosphère soit relativement assez peu modifiée au cours de l'incubation (les bocaux sont ouverts une à deux

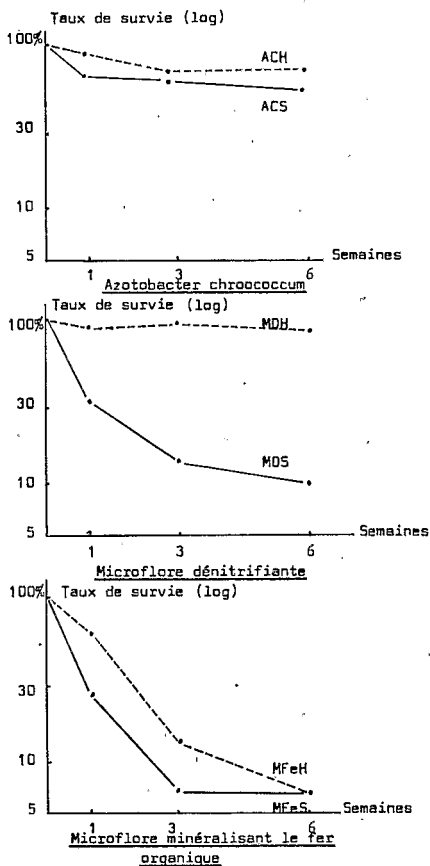


FIGURE 3

Evolution du taux de survie en fonction du temps d'incubation :

1° — de l'*Azotobacter chroococcum* dans un sol maintenu à l'humidité du prélèvement (ACH) ou desséché au pF 5,9 (ACS).

2° — de la microflore dénitrifiante dans un sol maintenu à l'humidité du prélèvement (MDH) ou desséché au pF 5,9 (MDS).

3° — de la microflore minéralisant le fer organique dans un sol maintenu à l'humidité du prélèvement (MFeH) ou desséché au pF 5,9 (MFeS).

Pour le taux de survie, on a utilisé une échelle logarithmique.

MICROFLORE DU SOL

Densité des
microorganismes
exprimée en log

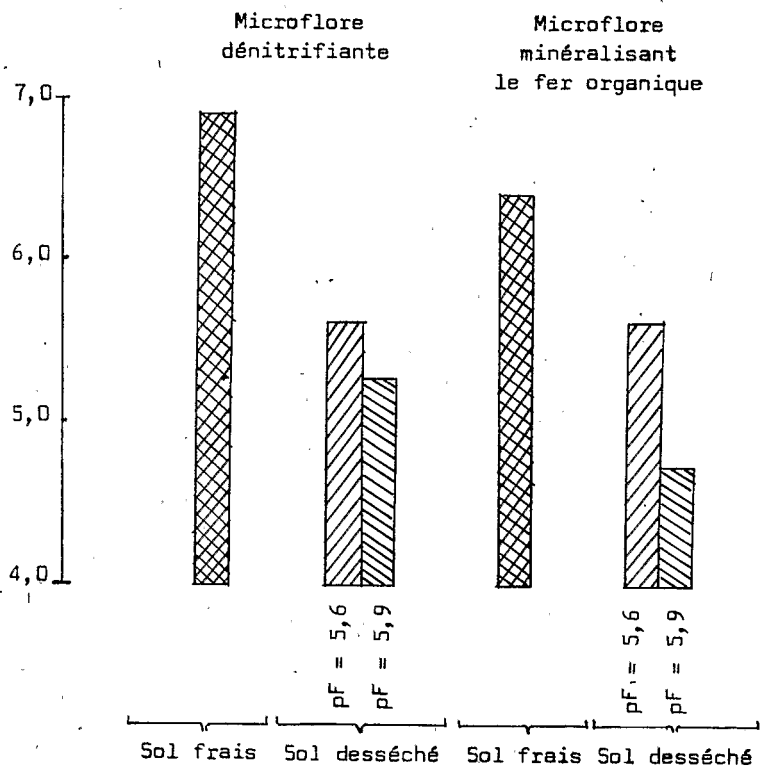


FIGURE 4

Influence du niveau de la dessiccation sur la densité de microorganismes sensibles à la dessiccation dans un sol brun calcaire

fois par semaine pour les aérer) ; les Azotobacter — microorganismes aérobies — ne souffrent d'ailleurs qu'assez peu de l'incubation dans ces conditions.

Pour expliquer cette baisse de la densité dans le sol humide, on pourrait aussi invoquer l'épuisement rapide, dans l'échantillon de sol isolé du milieu naturel, du substrat sur lequel il se développe — par exemple, les sels organiques de fer, ou les complexes organo-ferriques, servant d'aliment à la microflore minéralisant le fer organique.

Il pourrait enfin s'agir de processus antagonistes difficiles à analyser dans le cas de ces sols naturels.

Dans une deuxième série expérimentale, nous avons étudié l'effet de deux niveaux de dessiccation sur la densité de deux groupes de microorganismes étudiés dans le sol brun calcaire. Les résultats synthétisés par la figure 4 montrent nettement une aggravation de l'action létale de la dessiccation lorsque son intensité exprimée en pF passe de 5,6 à 5,9.

c) ÉTUDE DE L'INFLUENCE DE LA TENEUR DU SOL EN ARGILE.

L'examen des courbes de dessiccation dans des sols de granulométrie variable nous ayant fait soupçonner l'importance du rôle de l'argile en tant qu'agent protecteur des microorganismes vis-à-vis de l'action létale de la dessiccation, nous avons mis sur pied une série d'expériences ayant pour but de vérifier cette influence favorable de l'argile. Les expériences ont été conduites sur des sols artificiels renfermant des doses croissantes de kaolin, ensemencés avec des microorganismes plus ou moins résistants à la dessiccation : les microorganismes résistants ont été un *Azotobacter chroococcum* et un *Azotobacter vinelandii* en provenance d'un vertisol du Sénégal ; le microorganisme plus sensible a été un *Beijerinckia indica*, originaire d'un sol ferrallitique de la Réunion.

L'analyse statistique des résultats, qui sera publiée ultérieurement, met en évidence un effet protecteur du kaolin hautement significatif aussi bien dans le cas de *Azotobacter chroococcum* (tableau II) et de *Azotobacter vinelandii* (fig: 5 et 7) que dans celui du *Beijerinckia indica* (fig. 6).

TABLEAU II

Influence protectrice du kaolin vis-à-vis de l'action létale de la dessiccation sur l'*Azotobacter chroococcum* dans une série de sols artificiels.

Teneur du sol artificiel en kaolin	à l'origine (avant la dessiccation)		après une dessiccation de 14 jours	
	humidité	densité des Azotobacter	humidité	densité des Azotobacter
0 %	9,1 %	127 000	0,1 %	3 000
30 %	19,0 %	94 000	0,2 %	214 000
60 %	28,5 %	119 000	0,4 %	257 000
90 %	36,4 %	117 000	0,7 %	269 000
100 %	46,9 %	142 000	0,7 %	204 000

Densité des *Azotobacter*
exprimée en log

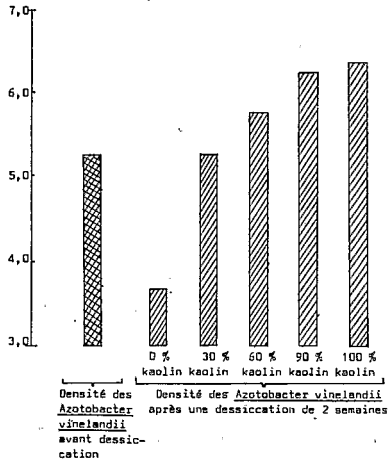


FIGURE 5

Influence protectrice du kaolin vis-à-vis de l'action létale de la dessiccation sur l'Azotobacter vinelandii

Expérience conduite dans un sol artificiel composé de sable quartzeux et de kaolin.

Densité des *Beijerinckia*
exprimée en log

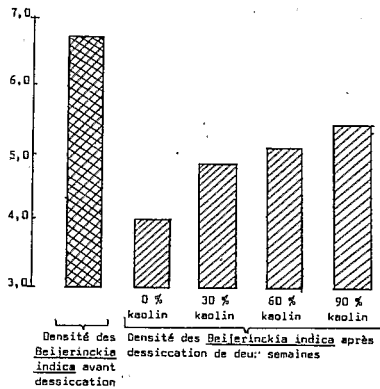


FIGURE 6

Influence protectrice du kaolin vis-à-vis de l'action létale de la dessiccation sur le Beijerinckia indica

Expérience conduite dans un sol artificiel composé de sable quartzeux et de kaolin.

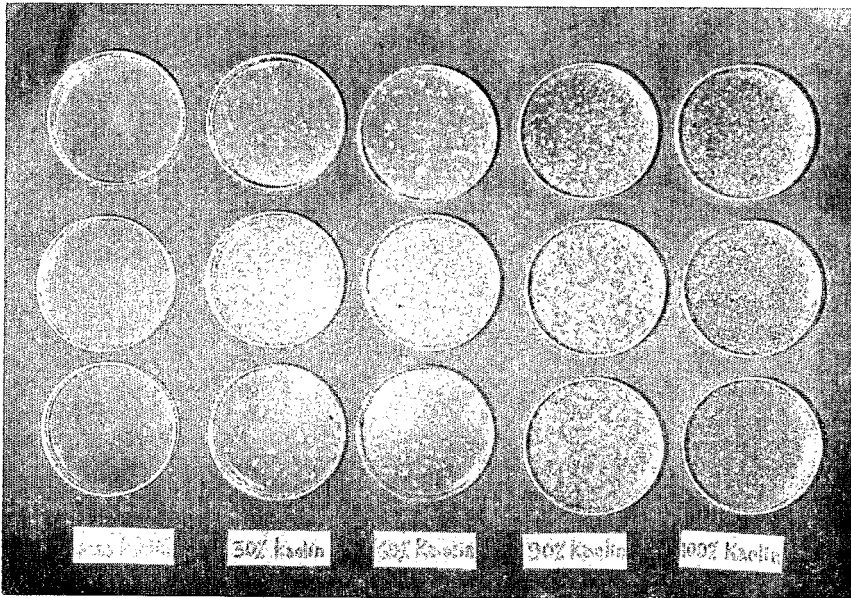


FIGURE 7

Résultat des comptages d'Azotobacter vinelandii (souche du Sénégal) dans un sol artificiel desséché 14 jours au pF 5,9

Les boîtes de Pétri photographiées ici en triple exemplaire — alors que l'expérience a été faite avec 10 répétitions — correspondent à la dilution 10^{-3} . Les teneurs en kaolin augmentent, de gauche à droite, de 0 à 100 %. L'influence protectrice du kaolin est particulièrement nette.

La figure 5 met, en outre, en relief un fait remarquable, à savoir que la densité d'*Azotobacter vinelandii* dans les sols contenant au moins 60 % de kaolin, est plus élevée après deux semaines de dessiccation qu'à l'origine ; ce phénomène a été vérifié avec *Azotobacter chroococcum*, mais n'apparaît pas avec le *Beijerinckia indica* (fig. 6). Cette différence de comportement entre *Azotobacter vinelandii* ou *chroococcum* et le *Beijerinckia indica* s'explique par le fait que les premiers microorganismes sont moins exigeants en eau et croissent plus rapidement ; ils peuvent ainsi bénéficier du fait qu'au cours des premières journées de dessiccation, la teneur en eau au sol artificiel est encore supérieure au seuil qui marque l'arrêt de la multiplication cellulaire.

IV. — DISCUSSION ET CONCLUSION.

1. — *La résistance à la dessiccation des microorganismes du sol est très variable.* Ce caractère est lié dans une certaine mesure à l'origine des microorganismes. On ne trouve des microorganismes très sensibles à la dessiccation que dans des sols à humidité relativement élevée et constante alors qu'ils sont absents des sols soumis à des alternances d'humidité et de dessiccation.

Un premier exemple nous est fourni par *Azotobacter insigne* ; cette espèce considérée habituellement comme aquatique (NORRIS, 1959) vit dans un sol de rendzine sous forêt de la région de Nancy (Bellefontaine), car ce sol ne subit pratiquement aucune dessiccation au cours de l'année ; il est, par contre, absent d'un sol de type pédologique voisin après la mise en culture, car la suppression du couvert forestier a favorisé l'apparition de phases de dessiccation de courte durée, il est vrai, mais suffisantes pour éliminer ce microorganisme très fragile.

Un deuxième exemple est celui du *Beijerinckia*. Cette espèce est adaptée aux sols ferrallitiques (BECKING, 1961 ; DOMMERMUES, 1963) ; mais, à l'intérieur de ce groupe pédologique, elle se rencontre plus fréquemment dans les sols bien pourvus en eau. Au Brésil, DOBEREINER (1959) a remarqué qu'il y avait une relation entre la sécheresse du climat et la distribution des *Beijerinckia* dans les sols : tous les sols provenant des régions sèches du nord-est du Brésil sont dépourvus de *Beijerinckia*, alors que presque tous les sols des régions humides en renferment. Les observations que nous avons faites en Afrique Occidentale confirment ce point de vue (DOMMERMUES, 1963). Nous avons, en effet, constaté que les *Beijerinckia* étaient plus fréquents dans les sols ferrallitiques hydromorphes (95 % des sols comportent des *Beijerinckia*) que dans les sols ferrallitiques non hydromorphes (80 % des sols comportent des *Beijerinckia*). En zone tropicale sèche, les *Beijerinckia indica* sont souvent localisés aux bourrelets de berge (résultats non publiés). MOORE (1963) a même noté récemment la présence de ce microorganisme dans un sol alluvial tropical apparemment non ferrallitique mais pourvu régulièrement en eau. On est ainsi amené à conclure que la répartition du *Beijerinckia* est fonction, non seulement des caractéristiques chimiques du milieu (sols ferrallitiques), mais aussi de la dynamique de l'eau dans le sol considéré et plus particulièrement de l'existence de phases de dessiccation plus ou moins accentuées.

Notons enfin que le groupe des Actinomycètes, considéré habituellement comme constitué de microorganismes résistant bien à la dessiccation (KRASILNIKOV, 1958.; DOMMARGUES, 1964) présente, notamment dans les sols constamment humides, des espèces sensibles à la dessiccation.

Le caractère *résistance* ou *sensibilité* à la dessiccation peut être propre à un groupe physiologique (ex. microflore minéralisant le fer). Mais, plus généralement, il s'agit d'un caractère spécifique (propre à une espèce) et même variétal (propre à une souche) ; c'est ainsi que, parmi les *Azotobacter chroococcum* qui se classent parmi les *Azotobacter* les moins sensibles à la dessiccation, il existe des souches plus ou moins résistantes (tableau I). Etudiant la résistance à la dessiccation et aux températures élevées des *Rhizobium*, MARSHALL (1964) a aussi remarqué que ce caractère était lié à l'espèce et non au genre : le *Rhizobium trifolii* et le *Rhizobium meliloti* sont très sensibles alors que les *Rhizobium lupini* et *Rhizobium japonicum* ne le sont pas.

2. — L'influence létale de la dessiccation apparaît à des *pF* relativement bas (5,6) que l'on peut rencontrer dans des sols de climat tempéré au cours de périodes sèches estivales.

Nous avons observé que, pour certains microorganismes (microflore minéralisant le fer), il était difficile de dissocier le facteur létal, dû à la dessiccation, d'un facteur létal non déterminé lié à l'incubation elle-même qui a déjà été observé antérieurement lors de l'étude de la conservation d'échantillons humides (STOTZKY, 1962). C'est pourquoi les expériences faites sur modèles de sols ont porté uniquement sur les microorganismes sensibles au seul facteur dessiccation (*Azotobacter*, *Beijerinckia*).

3. — Un résultat remarquable de cette étude réside dans la mise en évidence du rôle protecteur de l'argile vis-à-vis de l'effet létal de la dessiccation. Signalons que ce rôle a été observé, pour la première fois à notre connaissance, par MARSHALL (1964) en ce qui concerne le *Rhizobium trifolii* ; cet auteur a en effet noté que dans les sols arides, soumis à une dessiccation prononcée, les *Rhizobium trifolii* se conservaient mieux en présence de doses suffisantes d'éléments fins (argiles, oxydes de fer). Il s'agit là d'un effet protecteur que nous avons pu vérifier en particulier pour trois autres espèces bactériennes (*Azotobacter chroococcum*, *Azotobacter vinelandii*, *Beijerinckia indica*).

Les résultats énoncés ici portent seulement sur le kaolin ; mais des recherches plus approfondies viennent d'être entreprises pour comparer d'une part l'effet protecteur de minéraux argileux appartenant à des espèces différentes (montmorillonite, illite en particulier) ou d'oxydes de fer (hématite, goéthite...), d'autre part l'effet protecteur de diverses fractions de la matière organique du sol.

La présente étude offre un triple intérêt en ce qui concerne :

- la survie des microorganismes dans le sol,
- leur répartition,
- l'analyse biologique des échantillons de sol.

a) *Survie des microorganismes dans le sol.* On a montré qu'à l'intérieur d'une même espèce bactérienne, il pouvait exister des souches plus ou moins résistantes à la dessiccation. Lors de la sélection de *Rhizobium*

ou de germes destinés à la préparation d'*engrais bactériens* pour les régions arides, semi-arides ou méditerranéennes, il apparaît nécessaire de tenir compte du caractère *résistance à la dessiccation* des souches utilisées. L'étude des substances protectrices montre, d'autre part, l'importance de ce facteur pour la mise au point d'enrobements solides de graines et pour l'inoculation de sols présentant des caractéristiques granulométriques variables. Sur le plan médical, on pourra craindre la conservation de microorganismes pathogènes dans des sols riches en substances protectrices organiques ou minérales (MOLLARET, 1963).

b) *Répartition des microorganismes*. Lors de l'étude des facteurs régissant la répartition des microorganismes telluriques, il sera indispensable de tenir compte, d'une part de leur caractère *résistance à la dessiccation*, d'autre part de la présence dans le milieu de *substances protectrices* vis-à-vis de la dessiccation. On a vu très schématiquement l'intérêt que présentait l'analyse de ces deux facteurs pour l'explication de la distribution du *Beijerinckia indica* dans les sols tropicaux.

c) *Analyse biologique des échantillons de sol*. Les résultats obtenus ici prouvent, de façon péremptoire, qu'il est nécessaire d'analyser les échantillons de sol à l'état frais, c'est-à-dire immédiatement après le prélèvement.

Reçu pour publication en octobre 1964.

BIBLIOGRAPHIE

- ALLEN O. N. — 1957 — Experiments in Soil Bacteriology. Burgess Publishing Company, Minneapolis 15, Minnesota.
- BECKING J. H. — 1961 — Studies on the nitrogen fixing bacteria of the genus *Beijerinckia*, *Plant and Soil*, 14 (1), 49-81 et 14 (4), 297-322.
- DOBEREINER J. — 1959 — Sobre a ocorrência de « *Beijerinckia* » em alguns estados do Brazil. *Rev. Brasil. Biol.*, 19 (2), 151-160.
- DOMMERMUES Y. — 1962 — Contribution à l'étude de la dynamique microbienne des sols en zone semi-aride et en zone tropicale sèche. *Ann. Agron.*, 13 (4), 265-324 et 13 (5), 391-468.
- DOMMERMUES Y. — 1963 — Distribution des *Azotobacter* et des *Beijerinckia* dans les principaux types de sol de l'ouest africain. *Ann. Inst. Pasteur*, 105 (2), 179-187.
- DOMMERMUES Y. — 1964 — Influence létale de la dessiccation sur la microflore tellurique, C. R. 8^e Congrès international de la Science du Sol, Bucarest (sous presse).
- EDGE J. W., GUTHBERT W. A., SCARLETT C. A., THOMAS S. B. et WESTMACOTT M. H. — 1960 — Some studies of the colony count technique for soil bacteria, *J. Applied Bacteriology*, 23 (1), 69-86.
- GRIFFIN D. M. — 1963 — Soil physical factors and the ecology of fungi. III. Activity of fungi in relatively dry soil. *Transactions of the British Mycological Society*, 46 (3), 373-377.
- KRASILNIKOV N. A. — 1958 — Soil microorganisms and higher plants. *Academy of Sciences of the USSR, Institute of Microbiology*, Moscow, 474.
- MARSHALL K. C. — 1964 — Survival of root-nodule bacteria in dry soils exposed to high temperatures. *Aus. J. Agric. Res.*, 15 (2), 273-281.
- MOLLARET H. H. — 1963 — Conservation expérimentale de la peste dans le sol. *Communication à la Société de Pathologie exotique*.
- MOORE A. W. — 1963 — Occurrence of non-symbiotic nitrogen-fixing microorganisms in nigerian soils. *Plant and Soil*, XIX (3), 385-395.

- NORRIS J. R. — 1959 — The isolation and identification of *Azotobacter*. *Lab. Practise*, 8, 7, 239-243.
- POCHON J. et TARDIEUX P. — 1962 — Techniques d'analyse en microbiologie du sol. *Editions de la Tourelle, Paris*.
- PORTER J. N., WILHELM J. J. et TRESNER H. D. — 1960 — Method for the preferential isolation of Actinomycetes from soils. *Applied Microbiology*, 8 (3), 174-178.
- STOTZKY G., GOOS R. D. et TIMONIN M. I. — 1962 — Microbial changes occurring in soil as a result of storage. *Plant and Soil*, XVI (1), 1-18.
- VALERA C. L. et ALEXANDER M. — 1961 — Nutrition and physiology of denitrifying bacteria. *Plant and Soil*, XV (3), 268-280.

STUDY OF SOME FACTORS INFLUENCING
THE BEHAVIOR OF THE SOIL MICROFLORA
DURING THE PROCESS OF DRYING

SUMMARY

During the drying of a soil to a pF-value higher than 5,5, the composition of the soil microflora is deeply modified. Some of the microorganisms (i. e. Azotobacter chroococcum) resist ; others disappear either completely (Azotobacter insigne) or partly (denitrifying microflora or iron mineralizing microflora).

The lethal action of the drying process on the soil microflora depends on the pF-value ; it is considerably lowered by the presence of protective substances as clay.

Bio. Sol.

« Extrait de *Science du Sol*, deuxième semestre 1964 »

ÉTUDE DE QUELQUES FACTEURS INFLUANT SUR LE COMPORTEMENT DE LA MICROFLORE DU SOL AU COURS DE LA DESSICCATION

Y. DOMMERGUES

O. R. S. T. O. M.

Collection de Référence

n° 1097