

**DISTRIBUTION DES AZOTOBACTER
ET DES BEIJERINCKIA
DANS LES PRINCIPAUX TYPES DE SOL
DE L'OUEST AFRICAIN**

par Y. DOMMERGUES (*)

(Centre de Pédologie de l'O. R. S. T. O. M., Dakar)

Tout récemment, Becking [2] a publié une très intéressante étude sur la distribution géographique et l'écologie comparée des *Beijerinckia* et des *Azotobacter*. Il s'agit d'une synthèse portant sur des sols du monde entier, d'où il résulte que, dans les régions tropicales, les *Beijerinckia* sont beaucoup plus fréquents que les *Azotobacter*. C'est ainsi que, sur les 148 sols tropicaux étudiés, 48 p. 100 renferment des *Beijerinckia* et 25 p. 100 des *Azotobacter*. Sur les 244 sols non tropicaux étudiés, 9 p. 100 renferment des *Beijerinckia* et 38,5 p. 100 des *Azotobacter*.

D'après Becking cette distribution des *Beijerinckia* est sous la double dépendance du pH et du type de sol.

On a, en effet, décelé la présence des *Beijerinckia* dans 74 p. 100 des sols dont le pH est compris entre 5,5 et 5,9 ; cette proportion est de 64 p. 100 dans les sols dont le pH est compris entre 5,0 et 5,4.

Ce sont les sols ferrallitiques qui renferment le plus souvent des *Beijerinckia* ; en effet on a rencontré ce germe dans 63 p. 100 des échantillons appartenant à ce type pédologique.

Becking explique cette répartition des *Beijerinckia* dans les sols ferrallitiques par les particularités écologiques de ce germe :

- a) qui préfère les sols acides,
- b) qui n'exige pas de calcium pour sa croissance ou la fixation de l'azote et qui est très peu exigeant en phosphore,
- c) qui est plus tolérant que l'*Azotobacter* aux doses élevées de fer, même aux pH bas, et qui est également tolérant aux doses élevées d'aluminium et de titane.

(*) Adresse actuelle : Centre de Pédologie du C.N.R.S., Nancy (Meurthe-et-Moselle), France.

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

Collection de Référence

n° 159107

10 JUIN 1965

Beij. Sol.

TABLEAU Iq. — Distribution des *Azotobacter* et des *Beijerinckia* dans les sols de l'Ouest-Africain (cas des sols non ferrallitiques).

TYPES DE SOL	LOCALITÉ	PH	COUVERT VÉGÉTAL	NOMBRE D'ÉCHAN-TILLONS EXAMINÉS	NOMBRE D'ÉCHAN-TILLONS <i>Azotobacter</i> POSITIFS	NOMBRE D'ÉCHAN-TILLONS <i>Beijerinckia</i> POSITIFS
<i>Sols non ou peu évolués :</i>						
Sols dunaires non évolués ...	Malika, Sénégal	8,3-8,5	Dune non reboisée	20	20	0
	Malika, Sénégal	7,8-8,1	Filao	20	20	0
Sols dunaires peu évolués ...	Dakar, Sénégal	6,6	Graminées	20	1	0
	Dakar, Sénégal	6,2	Filao	10	0	0
Alluvions éoliennes récentes ..	Sotuba, Soudan	6,2	Culture	1	0	0
Alluvions fluviales récentes ..	Kolombine, Sénégal	7,3	Prairie	1	1	1
Lithosols sur roche calcaire.	Khayes, Sénégal	6,7-7,0	Prairie	5	4	0
Lithosols sur schistes et grès.	Khayes, Sénégal	6,2-7,3	Prairie	9	0	4
TOTAL				86	46	5
	Presqu'île du Cap-Vert, Sénégal	6,7-8,0	Culture	4	4	0
	Presqu'île du Cap-Vert, Sénégal	6,2-7,0	Forêt ou prairie	3	2	1
<i>Sols d'argile noire tropicale</i> (vertisols)	Rufisque, Sénégal	7,8	Culture sorgho	1	1	0
	Bambey, Sénégal	7,4	Prairie	1	1	0
	Foulasso, Haute-Volta	5,8-7,6	Prairie	5	4	3
	Bana, Haute-Volta	6,3	Prairie	1	1	0
TOTAL				15	13	4

TABLEAU 1a (Suite).

TYPES DE SOL,	LOCALITÉ	PH	COUVERT VÉGÉTAL	NOMBRE D'ÉCHAN-TILLONS EXAMINÉS	NOMBRE D'ÉCHAN-TILLONS <i>Azotobacter</i> POSITIFS	NOMBRE D'ÉCHAN-TILLONS <i>Beijerinckia</i> POSITIFS
<i>Sols subarides :</i>						
Sol brun subaride.....	Kankossa, Mauritanie	7,9	Prairie	1	1	0
Sol brun rouge.....	Kankossa, Mauritanie	6,9	Prairie	1	0	0
TOTAL.....				2	1	0
<i>Sols ferrugineux tropicaux non lessivés :</i>						
Sols ferrugineux tropicaux non lessivés.....	Bambey, Sénégal	5,9-6,0	Culture	46	4	0
	Bambey, Sénégal	6,8-7,5	Culture avec chaulage	16	4	0
	Tivaouane, Sénégal	6,6	Jachère herbacée	1	0	0
TOTAL.....				63	8	0
<i>Sols ferrugineux tropicaux lessivés :</i>						
Typiques.....	Boulel, Sénégal	6,2-7,0	Forêt	10	1	0
	Boulel, Sénégal	6,8-7,5	Culture arachide	39	5	1
	Sotuba, Soudan	5,9-6,2	Prairie	4	2	2
Hydromorphes.....	Ouahigouya, Haute-Volta	5,5-5,6	Prairie	2	0	0
	Darou, Sénégal	6,2-6,6	Jachère herbacée	43	36	0
	Darou, Sénégal	6,3-6,9	Forêt	10	3	1
TOTAL.....				108	47	4
<i>Sols hydromorphes typiques formés à partir de matériaux divers :</i>						
Alluvions fluviales.....	Sotuba, Soudan	5,5-6,0	Prairie	5	0	1
Niayes.....	Leraba, Haute-Volta	4,7-4,8	Prairie	2	0	2
Sols de Mangrove.....	Presqu'île du Cap-Vert, Sénégal	5,9-8,0	Cultures maraichères	6	5	0
	Ziguinchor, Casamance	3,9-5,1	Mangrove	3	0	0
TOTAL.....				16	5	3

TABLEAU Ib. — Cas des sols ferrallitiques.

TYPES DE SOL	LOCALITÉ	PH	COUVERT VÉGÉTAL	NOMBRE D'ÉCHAN-TILLONS EXAMINÉS	NOMBRE D'ÉCHAN-TILLONS POSITIFS <i>Azotobacter</i>	NOMBRE D'ÉCHAN-TILLONS POSITIFS <i>Beijerinckia</i>
<i>Sols faiblement ferrallitiques</i>	Sefa, Sénégal	6,5-6,6	Forêt	10	2	1
	Sefa, Sénégal	5,4-5,6	Culture	32	10	19
	Sefa, Sénégal	5,5-6,3	Culture et chaulage	16	15	11
	Djibelor, Sénégal	5,0-6,2	Culture	9	9	0
	Djibelor, Sénégal	5,7-6,2	Reboisement teck	9	9	0
	Orodara, Haute-Volta	5,8	Prairie	1	0	0
	Dinderosso, Haute-Volta	6,6	Prairie	1	1	0
	Niangoloko, Haute-Volta	6,1	Prairie	1	0	1
TOTAL				79	46	32
<i>Sols ferrallitiques typiques</i>	Dalaba, Guinée	4,5-5,5	Reboisement	3	0	2
	Kaloum, Guinée	4,8-4,9	Forêt	5	0	4
	Kakoulima, Guinée	5,1-5,5	Forêt	4	0	3
	Timbis, Guinée	4,7-6,2	Prairie	8	1	7
TOTAL				20	1	16
<i>Sols hydromorphes typiques formés à partir de matériaux d'origine ferrallitique certaine</i>	Kindia, Guinée	4,5-4,1	Bananeraie	10	3	10
	Kindia, Guinée	5,8-6,0	Bananeraie	20	3	20
	Benty, Guinée	3,0-6,7	Bananeraie	11	0	9
TOTAL				41	6	39

Nous avons repris le travail de Becking sur une zone géographique beaucoup plus restreinte, puisque notre étude porte sur une partie seulement de l'Afrique Occidentale : Sénégal, Soudan, Haute-Volta, Guinée et accessoirement Mauritanie.

Les analyses ont porté sur 430 échantillons de sol appartenant à 7 des types pédologiques les plus importants de l'Afrique de l'Ouest qui ont été définis et décrits récemment par divers auteurs (Aubert et Duchaufour [2], Maignien [10], Bonfils et Faure [4]). Pour la correspondance entre les termes de la classification adoptée ici avec les termes de la classification américaine, on se reportera à la note récente de Duchaufour [9] sur la classification des sols.

Les méthodes de numération des *Azotobacter* et des *Beijerinckia* sont basées sur l'emploi de la technique au silicogel de Winogradsky originale ou modifiée, l'ensemencement étant effectué par saupoudrage (Dommergues [6]).

Les résultats sont synthétisés par les tableaux Ia et Ib d'où il résulte que 40 p. 100 des sols tropicaux étudiés renferment des *Azotobacter* et 24 p. 100 des *Beijerinckia*. Rappelons que les proportions homologues établies par Becking étaient respectivement de 25 p. 100 et 48 p. 100.

Ces résultats globaux ne présentent qu'un intérêt limité. Il est beaucoup plus instructif de comparer les pourcentages des échantillons *Azotobacter*-positifs et *Beijerinckia*-positifs dans chacun des grands types de sols (tableau II).

TABLEAU II. — Pourcentage des échantillons *Azotobacter*-positifs et *Beijerinckia*-positifs dans divers types de sol de l'Afrique Occidentale.

TYPES DE SOL	POURCENTAGE DE SOLS <i>Azotobacter</i> POSITIFS	POURCENTAGE DE SOLS <i>Beijerinckia</i> POSITIFS
Sols non ou peu évolués.....	53 %	6 %
Sols d'argile noire tropicale	87 %	27 %
Sols ferrugineux tropicaux non lessivés ..	13 %	0 %
Sols ferrugineux tropicaux lessivés	44 %	4 %
Sols faiblement ferrallitiques	58 %	40 %
Sols ferrallitiques typiques	5 %	80 %
Sols hydromorphes d'origine ferrallitique .	15 %	95 %
Sols hydromorphes d'origines diverses ...	12 %	19 %

Si l'on met à part les sols non ou peu évolués qui présentent des caractéristiques biologiques très dispersées et les sols

subarides sur lesquels on ne dispose que d'un nombre insuffisant de données, on peut tirer de l'observation des chiffres ci-dessus les conclusions suivantes :

1° LES SOLS D'ARGILE NOIRE (vertisols et sols similaires).

Ces sols sont, neuf fois sur dix, caractérisés par la présence d'*Azotobacter*. Ce germe y est souvent très abondant, la densité dépassant souvent 1 000 microcolonies par gramme de sol.

Les *Beijerinckia* sont présents dans 1 sol sur 4 et parfois en assez grande abondance. On observe souvent alors la coexistence des deux espèces.

D'après les numérations faites sur des chaînes de sol de Haute-Volta (vallée de Foulasso notamment), il semble que la densité des *Beijerinckia* diminue lorsque l'évolution pédologique vers le vertisol devient plus prononcée.

2° LES SOLS FERRUGINEUX TROPICAUX.

Les *Beijerinckia* y sont à peu près toujours absents ; par contre les *Azotobacter* y sont présents dans 13 p. 100 des sols non lessivés et 44 p. 100 des sols lessivés.

Toutefois, il ne faut pas se laisser impressionner par ces pourcentages, qui correspondent à des données qualitatives. Les numérations ont, en effet, prouvé que, dans les sols ferrugineux tropicaux quels qu'ils soient, les densités d'*Azotobacter* sont toujours très faibles dans les conditions naturelles ; elles ne dépassent que rarement 100 microcolonies par gramme de sol.

Par contre, à la suite de fumures abondantes ou de chaulages, les densités d'*Azotobacter* peuvent atteindre des valeurs très élevées (plus de 1 000 microcolonies au gramme).

3° LES SOLS FERRALLITIQUES.

Les sols faiblement ferrallitiques renferment une forte proportion de *Beijerinckia-positifs* (40 p. 100) qui s'élève jusqu'à 80 p. 100 dans les sols ferrallitiques typiques. Ce résultat confirme d'une façon éclatante les conclusions de Becking.

Inversement, la proportion de sols *Azotobacter-positifs* est très faible dans les sols ferrallitiques typiques (5 p. 100).

4° SOLS HYDROMORPHES TYPIQUES.

Sous ce vocable, nous désignons essentiellement les sols à hydromorphie quasi-permanente ou permanente.

Il ressort du tableau II que les sols hydromorphes formés à partir de matériaux d'origine ferrallitique sont pour 95 p. 100 *Beijerinckia-positifs*.

Les sols de Niayes (sols des dépressions interdunaires du Cap-Vert) sont généralement *Beijerinckia-négatifs*, mais sont la plupart du temps *Azotobacter-positifs*.

Quant aux sols de mangrove, on n'y a jamais décelé la présence de l'une ou l'autre de ces deux bactéries fixatrices d'azote.

On a noté enfin l'abondance des *Azotobacter* dans les sables dunaires d'origine marine, que ces dunes soient fixées ou encore dépourvues de végétation. Il est probable que, dans ce dernier cas, le carbone provient des algues toujours abondantes dans ces sols en saison des pluies.

Il est intéressant de rapprocher ces résultats des observations effectuées à Madagascar par Moureaux, d'où il résulte que pratiquement tous les sols ferrallitiques sont *Beijerinckia-positifs* (tableau III).

TABLEAU III. — Distribution des *Beijerinckia* et des *Azotobacter* dans quelques sols malgaches (Moureaux).

TYPES DE SOLS	NOMBRE DE SOLS ÉTUDIÉS	SOLS <i>Azotobacter</i> POSITIFS	SOLS <i>Beijerinckia</i> POSITIFS
Sols ferrallitiques évolués sur place	12	2	12
Sols ferrallitiques alluviaux ...	7	2	7

Des résultats identiques ont été obtenues récemment au Congo par Boissezon [3].

CONCLUSIONS

Une conséquence immédiate et importante des travaux de Becking, dont nous avons vérifié le bien-fondé en Afrique occidentale, réside dans le fait que le *Beijerinckia* peut être considéré comme un germe indicateur de la ferrallitisation. Cette propriété remarquable est susceptible de rendre de grands services aux pédologues dans les zones de transition entre les sols ferrallitiques et les sols ferrugineux, où la limite entre les deux types de sol n'est pas toujours aisée à préciser.

Toutefois, la présence de *Beijerinckia* dans le sol ne permet pas de décider si l'on a affaire à des phénomènes actuels, subactuels ou anciens, car on trouve aussi bien ce germe dans des sols en place et en cours d'évolution que dans des sols remaniés où l'évolution ferrallitique peut avoir cessé.

Ces recherches prouvent aussi l'intérêt que peut présenter

l'étude de la répartition géographique et des exigences écologiques de *certaines microorganismes caractérisés par un endémisme relativement accentué*. Il est vraisemblable que des travaux effectués dans le même esprit, et portant par exemple sur des germes présentant ces caractéristiques (*Lipomyces* ou *B. circulans*) feraient progresser sensiblement nos connaissances dans le domaine de la classification des sols tropicaux.

SUMMARY

DISTRIBUTION OF *Azotobacter* AND *Beijerinckia* IN THE MAIN SOIL TYPES OF WESTERN AFRICA.

An immediate and important consequence of Becking's work (the reliability of which has been confirmed by the author in Western Africa) is the fact that *Beijerinckia* may be considered as a germ indicator of ferrallitisation. This remarkable property may be very valuable for pedologists in transition areas where the limit between the two soil types is not always easy to determine.

However, the presence of *Beijerinckia* in a soil does not allow to know if actual, subactual or old phenomena are involved, because the germ is found in primary as well as in secondary soils where the ferrallitic evolution may have ceased.

These investigations also evidence the importance of the study of the geographical distribution and ecologic requirements of certain microorganisms which are characterized by a rather marked endemism. Studies on germs which possess these characteristics (*Lipomyces* or *B. circulans*) might markedly improve our knowledge on the classification of tropical soils.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] AUBERT (G.) et DUCHAUFOR (Ph.). *C. R. 6^e Congr. intern. Sci. Sol*, Paris, 1956, vol. E, 597-604.
- [2] BECKING (J. H.). *Plant and Soil*, 1961, 14, 49-81 et 297-321.
- [3] BOISSEZON (P. DE). *Service pédologique de l'O.R.S.T.O.M., Brazzaville*, 1961.
- [4] BONFILS (P.) et FAURE (J.). *Ann. Centre Rech. Agro. Bambey, Sénégal*, 1956, 16, 92.
- [5] DOMMERGUES (Y.). *Mém. Inst. Sci. Madagascar*, 1953, 5, 327-336.
- [6] DOMMERGUES (Y.). *C. R. 6^e Congr. intern. Sci. Sol.*, Paris, 1956, vol. C, 393-397.
- [7] DOMMERGUES (Y.). *C. R. 3^e Conf. interafr. Dalaba*, 1959, 1, 215-220.
- [8] DOMMERGUES (Y.). *Agron. trop. Paris.*, 1960, 15, 61-72.

- [9] DUCHAUFOUR (Ph.). *Ann. Ecole Eauz et Forêts*, 1961, **48**, 9-66.
- [10] MAIGNIEN (R.). *C. R. 6^e Congr. intern. Sci. Sol.*, Paris, 1956, vol. E, 469-472.
- [11] MAIGNIEN (R.). *Agron. Trop. Paris.*, 1959, **15**, 535-571.
- [12] MAIGNIEN (R.). *Centre de Pédologie de Hann-Dakar*, 1959.
- [13] MAIGNIEN (R.). *Centre de Pédologie de Hann-Dakar*, 1961.
- [14] MOUREAUX (Cl.). *Mém. Inst. Sci. Madagascar.*, 1959, 121-199.
- [15] POCHON (J.) et TCHAN (Y. T.). *Précis de microbiologie du sol*, Masson, édit., Paris, 1948.
- [16] POCHON (J.), BARJAC (H. DE) et LAJUDIE (J.). *Ann. Inst. Pasteur*, 1957, **92**, 833-835.

EXTRAIT DES
ANNALES
DE
L'INSTITUT PASTEUR

(Août 1963, Tome 105.)

DISTRIBUTION DES AZOTOBACTER
ET DES BEIJERINCKIA
DANS LES PRINCIPAUX TYPES DE SOL
DE L'OUEST AFRICAIN

PAR
Y. DOMMERMUES

MASSON ET C^{IE}, ÉDITEURS
Libraires de l'Académie de Médecine
120, Boulevard Saint-Germain
PARIS

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

Collection de Référence

n° 15707