

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
ET TECHNIQUE OUTRE-MER
20, rue Monsieur
PARIS VII^e

COTE DE CLASSEMENT N° 1417

PÉDOLOGIE

RESULTATS D'APPORTS DE MOLYBDENE SUR CROTALAIRES ET SOJA EN
COLLUVIONS LATERITIQUES

par

J. BOSSER et C. MOUREAUX

PÉDOLOGIE

M.A.S. S.H.3

N° 1417

O.R.S.T.O.M. Fonds Documentaire

N° : 37146

Doc B

I.R.S.M.
mars 1954

RESULTATS D'APPORTS DE MOLYBDENE SUR CROTALAIRE
ET SOJA EN COLLUVIONS LATÉRIQUES

par J. Bosser et C. Moureaux

LE 1 MARS 1954

D'importants excédents de rendement ont été obtenus dans divers pays par l'emploi du molybdène sur les cultures de légumineuses.

Cet élément semble exercer une action catalytique sur l'activité des Rhizobium et l'on considère même que sa présence est indispensable à la fixation symbiotique de l'azote atmosphérique par les nodosités des Légumineuses.

Une action favorable sur la croissance des Azotobacter et des Clostridium a par ailleurs été observée. Or la carence en molybdène a lieu plus particulièrement en sols acides et riches en fer, caractéristiques pédologiques généralisées en pays tropicaux.

Anderson (1) cite un essai sur sol ferrugineux du SW australien dans lequel l'apport de molybdate de soude à la dose de 2,2 kg/ha a presque doublé le rendement en luzernes. Fricke (3) a obtenu des rendements plus élevés dans le cas des Blue-peas par application de seulement 0,6 kg de molybdate à l'hectare.

Cependant, l'action du molybdène semble assez irrégulière: il arrive que, dans un même sol, certaines Légumineuses bénéficient de l'apport de cet oligo-élément et d'autres pas.

Des apports trop élevés rendent les végétaux toxiques :

Russel (6) signale, en Angleterre, des prairies sur Lias inférieur dont l'influence néfaste sur le bétail semble être due à un excès de molybdène. L'action favorable du molybdène exige souvent un chaulage concomitant pour se manifester (Fricke 4).

Nous avons commencé un premier essai en Décembre 1952 sur colluvions latéritiques de Tsimbazaza, dont les caractéristiques pédologiques sont les suivantes :

pH.....	6,2	à	6,4
Humidité équivalente %.....	4,4	à	12
Acide humique o/oo.....	1,3	à	1,6
Acide fulvique o/oo.....	1,2	à	1,4
<u>Matière humique précipitable</u> x 100.....	45	à	55
<u>Matière humique soluble</u>			
C o/oo.....	12,4	à	14,4
N o/oo.....	0,59	à	0,75
C/N.....	17,8	à	24,4
Éléments échangeables : CaO o/oo.....	0,45	à	0,65
MgO.....	0,09	à	0,15
K ₂ O.....	0,05	à	0,10
P ₂ O ₅ assimilable....	0,009	à	0,012

La légumineuse utilisée était Crotalaria retusa L.

Le semis a été effectué le 2/12/52 dans des parcelles d'environ 0,5 m², avec 7 traitements répétés dans 3 blocs. La hauteur moyenne des pieds a été mesurée le 11/2/53 et le poids vert moyen d'un pied déterminé le 27/2/53.

	Hauteur moyenne en cm -----	Poids vert en g -----
Molybdate Na 1 kg/ha.....	34,3	51,6
Gneiss broyé 10 t/ha.....}	21,3	28,3
Phosphate tricalcique 400 kg/ha..}		
Nitrate Na 100 kg/ha.....}	26,6	26,6
Phosphate tricalcique 400 kg/ha..}		
Molybdate Na 1 kg/ha + B-Cu-Zn(1))		
Molybdate Na + B-Cu-Zn (1).....	23,5	18,0
Phosphate tricalcique 400 kg/ha..	19,6	15,3
Témoin.....	20,3	13,6
Gneiss broyé 10 t/ha.....	17,3	8,5

L'inoculation était en général irrégulière, mais meilleure cependant dans les parcelles ayant reçu du molybdène.

Bien que les moyennes des répétitions accusent une forte supériorité du molybdène seul sur tous les autres traitements, le calcul statistique indique que la variance des traitements n'est pas significative ($P > 0,05$); l'hétérogénéité du terrain occasionne une variance élevée pour l'erreur expérimentale. Nous avons effectué des prélèvements de sol pour analyses microbiologiques le 28 Février 1953, soit le lendemain de la récolte. La figure 1 donne les valeurs moyennes des 3 répétitions.

Les pouvoirs nitrificateur, fixateur d'azote en aérobie, anaérobie et cellulolytique sont estimés d'après le nombre de colonies de ces groupes physiologiques respectifs trouvées par gramme de sol selon les techniques de Winogradsky, parfois modifiées par Y. Domergues (2).

(1) B-Cu-Zn désigne un mélange de borax (5 kg/ha), sulfate de Zn (10 kg/ha et sulfate de Cu (2,5 kg/ha)

Le pouvoir ammonifiant est exprimé en mg de NH_3 produit par g de sol à partir d'urée; le pouvoir enzymatique est donné en mg de glucose par g de sol produits par doublement de saccharose, grâce aux enzymes bactériennes selon la méthode d'Hofmann modifiée (5).

Il existe une assez bonne corrélation entre les courbes poids et pouvoir fixateur en aérobiose.

L'accroissement de poids dans le traitement gneiss-^{phosphate tricalcique} ~~agrophes~~ s'accompagne d'un pouvoir cellulolytique maximum, tandis que l'augmentation du pouvoir fixateur d'azote en aérobiose est moins marquée. Le décalage dans le temps des courbes de développement des différents groupes physiologiques de bactéries (les Azotobacter et les Clostridium, par exemple, utilisent les produits de dégradation fournis par les germes cellulolytiques) peut être invoqué pour expliquer l'absence de corrélation nette dans les variations des autres résultats d'analyses microbiologiques et les variations de rendement.

Les résultats obtenus, bien que statistiquement non significatifs, nous ont cependant incités à faire un 2^e essai sur le même type de sol, mais sur un emplacement plus homogène et avec 4 répétitions.

La dimension de chaque parcelle était de 1 m^2 et les différents traitements étaient les suivants :

Abréviation	Traitement
Mo_1	MoO_4Na_2 1 kg/ha
P	P_2O_5 150 kg/ha (sous forme de phosphate bicalcique)
T	Témoin

Mo ₂	MoO ₄ Na ₂ 2 kg/ha
P-Mo	Phosphate bicalcique 150 kg/ha; MoO ₄ Na ₂ 1 kg/ha
N	SO ₄ (NH ₄) ² 150 kg/ha
Ca-Mo	Ca(OH) ² 300 kg/ha; MoO ₄ Na ₂ 1 kg/ha
N-Mo	SO ₄ (NH ₄) ² 150 kg/ha; MoO ₄ Na ₂ 1 kg/ha.

Le tableau suivant indique le poids sec de 8 pieds moyen dans chacune des 32 parcelles (semis le 16/2/53, levés régulière le 22/2/53 et récolte le 30/4/1953).

Traitements	N-Mo	Ca-Mo	N	P-Mo	Mo ₂	T	P	Mo ₁	Total par bloc
I	36,1	48,6	36,9	34,2	32,7	20,0	18,0	21,5	248,0
II	62,8	56,1	46,9	33,7	21,8	30,5	40,1	32,6	324,5
III	43,5	46,1	61,7	53,5	48,9	39,1	32,3	28,3	353,4
IV	64,2	51,1	50,6	43,5	47,0	33,1	24,8	19,0	333,3
Moyenne par traitement.....	51,65	50,48	48,90	41,23	37,60	30,68	28,80	25,35	Σ(x) = 1259,2
									$\bar{x} = 39,35$

Analyse de la variation totale de l'expérience

Instituants de la variation totale	Somme des carrés des écarts	Nombre de degrés de liberté	Variance	Valeurs de F.	
				Expérimentales	Théoriques
variation totale	5.321,960	31			
traces	798,568	3	266,189	3,627	
traitements	2.982,220	7	426,031	5,805	2,49 : 3,65
erreur	1.541,172	21	73,389		

Interprétation des résultats

La variance des traitements est significative à P = 0,01

Pour P = 0,05 n = 21 t = 2,08

la plus petite différence moyenne significative est égale à

$$d = 2,08 \sqrt{\frac{2 \times 73,389}{4}} = 12,605$$

$$\sqrt{M} = 4,283$$

Le classement des traitements par ordre de mérite croissant est le suivant :

.../...

Mo ₁	25,35	± 4,283
P	28,80	"
T	30,68	"
Mo ₂	37,60	"
P-Mo	41,23	"
N	48,90	"
Ca-Mo	50,48	"
N-Mo	51,65	"

En additionnant le rendement du témoin et la plus petite différence moyenne significative (43,285), on voit que ce rendement n'a été accru de façon significative que par les traitements :

N

Ca-Mo

N-Mo

comme l'écart entre ces rendements est inférieur à d , on peut les considérer statistiquement équivalents et on retiendra l'effet bénéficiaire du traitement Ca-Mo qui a accru le rendement par rapport au témoin de 64,5 %.

Nous avons, d'autre part, effectué un certain nombre d'analyses sur les plantes récoltées afin de connaître l'exportation en divers éléments.

Exportation de matières minérales

Le poids en cg de matières minérales contenues dans les 8 pieds moyens était pour chacune des 32 parcelles :

.../...

Traitements	Mo-Ca	N-Mo	N	P-Mo	Mo ²	T	P	Mo ¹	Total
cs									par bloc
I	404	265	243	311	296	164	136	195	2.014
II	530	551	416	264	170	259	381	291	2.862
III	421	325	582	518	482	341	257	237	3.163
IV	501	572	420	442	457	314	203	146	3.055
ennes par traite-									
nt.....	464,0	428,3	415,3	383,7	351,3	269,5	244,3	217,3	
									$\Sigma(x) =$
									11.094
									$\bar{x} =$
									346,68

Analyse de la variation totale de l'expérience

Constituants de la variation totale	Somme des carrés des écarts	Nombre de degrés de liberté	Variance	Valeurs de F.	
				Expérimentales	Théoriques
Variation totale					
Residus	549.165,87	31			
Traitements	101.953,12	3	33.984,37	3,425	
Erreur	238.861,37	7	34.123,05	3,439	2,49 : 3,65
	208.351,38	21	9.921,49		

La variance des traitements est significative à $F = 0,05$.

Interprétation des résultats

La plus petite différence moyenne significative est :

$$d = 2,08$$

$$\sqrt{\frac{2 \times 9.921,49}{4}} = 146,49$$

$$\sqrt{n} = 49,8$$

Le classement s'établit ainsi :

Traitement	Exportation de matières minérales	
Mo ₁	217,3	± 49,8
P	244,3	"
T	269,5	"
Mo ₂	351,3	"
PMo	383,7	"
N	415,3	"
NMo	428,3	"
MoCa	464,0	"

Le seuil de signification étant de 415,99 (T + d), seuls les traitements N-Mo et Mo-Ca ont statistiquement augmenté l'exportation. Nous retiendrons encore l'application de chaux et molybdène qui, par rapport au témoin, s'accompagne d'un accroissement de 72 %.

Exportation d'azote

L'exportation en mg. d'azote pour les 8 pieds moyens a été la suivante pour chaque parcelle :

Traitements:	Ca-Mo	N-Mo	P-Mo	N	Mo ₂	T	P	Mo ₁	Moyenne par bloc
I	933,12	530,67	837,90	531,36	506,85	236,0	300,60	399,90	534,55
II	1194,93	753,60	522,35	684,74	292,12	417,85	449,12	472,70	598,42
III	986,54	548,10	856,00	931,67	655,26	598,23	539,41	483,93	699,89
IV	878,92	1174,86	709,05	637,56	897,70	354,17	297,60	226,10	646,99
Moyenne par traitement....	998,377	751,807	731,325	696,332	587,982	401,563	396,557	395,658	$\Sigma(x) = 19.838,91$ $\bar{x} = 619,97$

Analyse de la variation totale de l'expérience

Constituants de la variation totale	Somme des carrés des écarts	Nombre de degrés d'indépendants	Variances	Valeurs de F.	
				Expérimentales	Théoriques
variation totale	2.142.562,19	31			$P=0,05$; $P=0,01$
traitements	119.029,33	3	39.676,44	1,169	
répétitions	1.310.811,89	7	187.258,84	5,517	2,49 ; 3,65
erreur	712.720,97	21	33.939,09		

La variance des traitements est significative à $P = 0,01$

Interprétation des résultats

La plus petite différence moyenne significative est :

$$d = 2,08 \sqrt{\frac{2 \times 33.939,09}{4}} = 270,953$$

et l'erreur type :

$$\sigma_m = \sqrt{\frac{33.939,09}{4}} = 92,112$$

Le classement s'établit ainsi :

Traitements	N exporté	
Mo ₁	395,658 ±	92,112
P	396,547	"
T	401,563	"
Mo ₂	587,982	"
N	696,332	"
P-Mo	731,325	"
N-Mo	751,807	"
Mo-Ca	998,377	"

Le seuil de signification étant :

$$T + d = 672,513$$

seuls les traitements N, P-Mo, N-Mo et Mo-Ca donnent une réponse significative. Nous noterons encore l'excédent d'exportation causé par l'application de chaux et molybdène égal à 149 %.

Parallèlement à l'essai sur Soja, nous avons effectué le 10 Juillet des prélèvements de sols dans les 32 parcelles pour analyses microbiologiques.

Les résultats moyens pour les 4 répétitions ont été les suivants :

	Pouvoir ammonifiant -----	Pouvoir enzymatique -----
Ca-Mo	1,58	4,90
N-Mo	1,53	5,91
P-Mo	1,53	5,57
N	1,57	4,55
Mo ₂	1,53	6,50
T	1,53	4,40
P	1,56	5,77
Mo ₁	1,53	4,77

Les différences obtenues sont relativement faibles et leur corrélation avec les rendements est peu marquée.

Autre essai sur crotalaire

Sur 32 parcelles de même disposition que pour l'essai sur Soja et avec des traitements identiques nous avons utilisé la Légumineuse Crotalaria retusa (semis le 16/2/53, récolte le 30/7/53). Seul le poids vert de 10 pieds moyens par

parcelle a été noté. Les poids récoltés (en g) se sont répartis ainsi pour les différents traitements (moyenne des 4 répétitions).

Ca-mo	554,8
P-Mo	540,0
Mo ₁	532,75
P	502,3
Mo ₂	478,8
N	455,8
N-Mo	417,3
T	395,0

Bien que l'analyse statistique révèle que l'expérience ne soit pas significative (F expérimentale égale à 1,99 au lieu d'être $\geq 2,25$), il nous a paru intéressant d'en faire mention : comme pour le premier essai de Crotalaire sur 39 parcelles de molybdène seul occasionne une réponse par rapport au témoin, tandis qu'il a un effet légèrement dépressif sur Soja.

Le caractère plus rustique de la Crotalaire peut peut-être expliquer cette différence de comportement.

.../...

CONCLUSION

Il apparait d'abord que l'action du molybdène n'est pas identique si on utilise deux Légumineuses différentes. Ainsi l'apport de molybdène seul, qui ne favorise pas, ou même déprime, le développement du Soja, pourrait être efficace sur la Grotalaire.

Toutefois, pour le type de sol expérimenté, il s'avère qu'un apport concomitant de molybdène et de calcium est nécessaire, résultat que Fricke avait déjà dégagé.

Sur le Soja il se traduit par une meilleure alimentation azotée de la plante et équivaut à un apport de sulfate d'ammoniaque. Dans le traitement molybdène + sulfate d'ammoniaque qui est également significatif, l'action du molybdène, si elle existe, est masquée par celle de l'engrais azoté. Une activation, d'ordre catalytique, des bactéries des nodosités dont divers auteurs ont fait état, semble probable, mais elle ne s'exercerait que dans un sol suffisamment pourvu en calcium, d'où une certaine irrégularité des résultats obtenus. Il est vraisemblable que l'apport de molybdène seul dans un sol où le calcium est bien représenté se montrerait efficace.

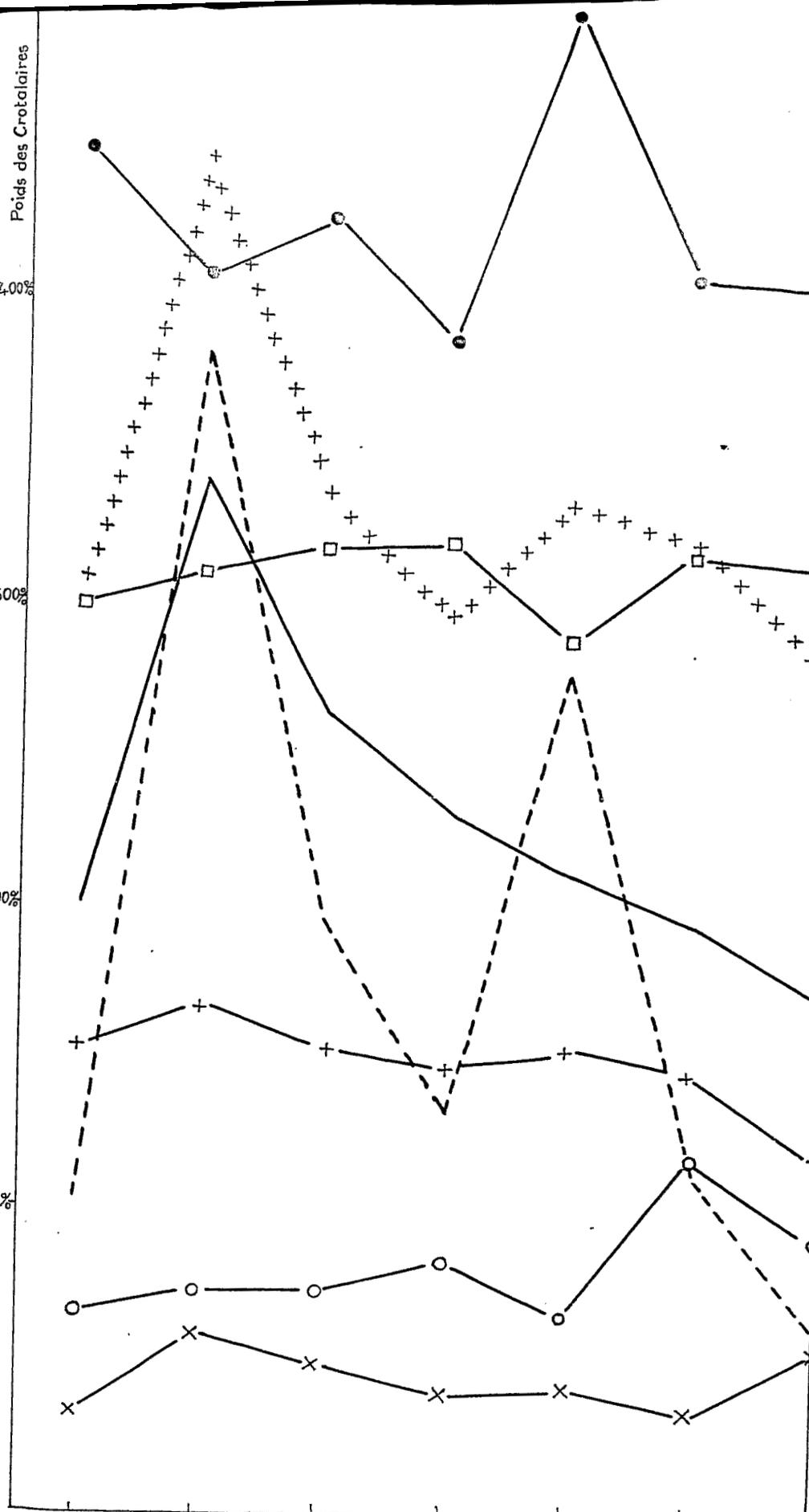
Certains auteurs ont noté une action du molybdène sur la croissance des Azotobacter et des Clostridium. Il serait possible de confirmer ces résultats en expérimentant avec une Graminée, sur un sol pauvre en azote. Il est cependant probable que cette action ne se manifesterait pas immédiate-

ment sur une première culture, l'azote atmosphérique fixé par les Acetobacter, n'étant pas mis aussitôt à la disposition des plantes.

Nombre de Colonies
Hauteur des Crotalaires
Poids des Crotalaires

Pouvoir ammonifiant
Pouvoir enzymatique

2000-200%
300%
1000-100%
200%
500-
400%



Témoin Mo Mo-B-Cu-Zn-N-P Mo-B-Cu-Zn Gneiss-P P Gneiss -Traitements

- LEGENDE -

- Hauteur des Crotalaires (Témoin = 100%)
- - - Poids vert des Crotalaires (Témoin = 100%)
- + + + Pouvoir fixateur d'Azote en aérobiose
- + - + Pouvoir fixateur d'Azote en anaérobiose
- x - x Pouvoir nitrificateur
- - □ Pouvoir ammonifiant
- - ● Pouvoir cellulytique
- - ○ Pouvoir enzymatique

0,6

X 0,6