

Etude expérimentale de l'influence du phosphogypse sur les propriétés chimiques d'un échantillon de sol salé.

Benamar A.

Institut National de la Recherche Agronomique, El Harrach, Alger

Benamar A. , 1995 – *Etude expérimentale de l'influence du phosphogypse sur les propriétés chimiques d'un échantillon de sol salé. Ann. Agron. I.N.A., Vol. 16, N° 1 et 2, pp. 49 – 62.*

Résumé : Une étude expérimentale sur colonne au laboratoire a été réalisée sur l'influence de 4 doses de phosphogypse sur les propriétés chimiques d'un échantillon de sol salé des plaines de cheliff. Le phosphogypse utilisé est un sous produit de l'industrie phosphatière Algérienne. L'échantillon de sol utilisé est argileux, salé (C.E = 7.76 ds/m) et sodique (E.S.P = 40 %).

Les résultats obtenus montrent que la vitesse de la lixiviation des sels solubles varie avec la dose utilisée et la nature des ions considérés. Néanmoins, la plus forte dose de phosphogypse permet une meilleure lixiviation des sels solubles. pour le complexe adsorbant, la dose théorique optimale permet de ramener le taux de sodium échangeable final à un niveau inférieur à 10 % de la capacité d'échange cationique ; la plus forte dose qui correspond à 25 tonnes de phosphogypse à l'hectare, ramène le taux de sodium échangeable final à un seuil inférieur à 3 % . Concernant le fluor, les doses utilisées sur ce type d'échantillon donnent des teneurs en fluor dans le percolat et dans la solution du sol inférieures à 20 mg/l, seuil acceptable pour les cultures.

Mots clés : Sols salés, phosphogypse, percolation, propriétés chimiques, fluor, dose optimale.

Experimental study of the phosphogypsum influence on chemical characteristics of a salty soil sample.

Abstract : An experimental study on laboratory soil column was carried out for the knowledge of the 4 phosphogypsum doses on the chemical characteristics of a salty soil sample of Cheliff plains. The phosphogypsum used in this trial at an Algerian phosphorus industry residual product. The soil sample is clayey, salty (EC = 7.76 dS/m), and sodic (E.S.P. = 40 %). The results obtened show that soluble salt leaching speed change with the dose used and the nature of ions considered. However, higher dose of phosphogypsum allow a better soluble salt leaching. For the adsorbant

complex, the optimal theoretical dose permit to bring the final exchangeable sodium percentage to a lower level at 10 % of cationic exchange capacity. The higher dose which correspond to 25 tons of phosphogypsum by hectar bring the final exchangeable sodium to a threshold below 3 % – About fluorine, the doses used on this type of sample give fluorine rates in the percolat and in soil solution below 20 mg/l, thresold which is acceptable for the crops.

Key Words : salty soil, phosphogypsum, chemical characteristics, fluorine, optimale doses.

INTRODUCTION

Les sols salés couvrent de grandes superficies dans le monde. Leur distribution géographique se superpose prèsqu'entièrement à celles des zones arides et semi-arides du globe . Le risque de salinisation concerne 24 % de la surface totale des terres de notre planète (BOLYN, 1974).

En Algérie, de l'Est à Ouest et de la côte au Sahara, les sols agricoles sont dans leur forte majorité affectés par le sel (DAOUD, 1993 ; DJAMAI, 1993 ; DURAND, 1958 ; HALITIM, 1973). Notre pays possède désormais de vastes étendues salées, et qui furent jadis des sols agricoles fertiles (plaines de Relizane et Mohammadia à l'Ouest du pays) ; d'autres plaines à hautes potentialités agronomique sont susceptibles d'être salées, ce qui semble être le cas des plaines du haut chélif . En effet, BOULAIN (1957) et DAOUD (1993) ont montré que les risques de salinisation des sols dans ces plaines sont certains et que les horizons profonds sont déjà relativement enrichis en sels solubles.

L'Algérie produit actuellement par le biais du complexe d'engrais phosphatés d'Annaba (ASMIDAL) près de 500 000 tonnes de phosphogypse par an, et évacue quotidiennement près de 2500 tonnes dans la mer. La richesse de ce sous produit en calcium, et son pH acide ont incité plusieurs pays (INDE, U.S.A. HONGRIE, ROUMANIE) à le valoriser en agriculture comme amendement, notamment sur les sols à complexe sodique.

Les travaux de MEHTA et YADAV (1977) ont montré que le phosphogypse utilisé sur les sols sodiques est un amendement souhaité. KHOSLA et YADAV (1976) ont observé que l'addition de 20 à 30 t/ha de phosphogypse sur des sols sodiques dont le pH est compris entre 8.1 et 10.2, et le taux de sodium échangeable entre 14 et 80, donne un résultat significatif dans l'amélioration des propriétés physiques du sol telles que la porosité et la conductivité hydraulique.

Le but du présent travail est d'évaluer sur colonnes au laboratoire l'efficacité du phosphogypse dans le dessalage et la désodisation d'un échantillon de sol salé et argileux du Bas-Cheliff.

MATERIEL ET METHODES

1. Matériel d'étude

Les caractéristiques analytiques de l'échantillon de terre utilisé sont présentées dans le tableau I, celles du phosphogypse dans le tableau II.

Les méthodes d'analyses utilisées sont celles préconisées par l'U.S.S.L. (1954).

Tableau I. Caractéristiques physico-chimiques de l'échantillon de sol utilisé

Ions Complexe adsorbant meq/100 g	pH	bilan ionique meq/l	C.E (ds/m)	gypse (%)	calcaire total (%)	d.a g/ cm ³
Na+	9.60	70.20				
K+	0.91	8.1	0.38	17.76	1.02	20.10 1.30
Ca++	5.64	35.74				
Mg++	6.57	20.30				
CEC	24.00					
ESP	40.00					
Cl-		120.00				
HCO ₃ ⁻		2.00				
SO ₄ ⁻⁻		35.80				

Tableau II. Composition chimique du phosphogypse du complexe ASMIDAL de Annaba.

Composés %	Formules chimiques	Résultats
Eau de cristallisation	H ₂ O	18.68
P ₂ O ₅ soluble	P ₂ O ₅	0.50
P ₂ O ₅ syncristalisé	P ₂ O ₅	0.52
P ₂ O ₅ insoluble	P ₂ O ₅	0.25
Acide phosphorique	H ₃ PO ₄	0.68
Acide tricalcique	Ca ₃ PO ₄	1.81
Oxyde de magnésium	MgO	0.035
Oxyde de fer	Fe ₂ O ₃	0.00
Oxyde d'aluminium	Al ₂ O ₃	0.09
Sulfate de calcium	CaSO ₄	79.22
Silice	SiO ₂	0.78
Fluor	F	0.62
Solubilité dans l'eau = 2.54 g/l pH = 2.97		

2. Méthodes d'étude

– Mode de remplissage des colonnes : L'essai a été mené en colonnes de pléxiglasses de 7.8 cm de diamètre et de 20 cm de hauteur. Les 12 colonnes étaient remplies de terre séchée à l'air, broyée et tamisée à 2 mm, mélangée avec du phosphogypse broyé et tamisé à 100 microns. L'introduction du mélange (sol+ amendement) dans les colonnes a été réalisée par fraction en secouant les colonnes pour éviter le tassement du mélange. La densité apparente retenue pour le remplissage des colonnes est de 1.3 g/cm³.

– Description du dispositif expérimental : Les colonnes en pléxiglasses ont été entourées à leur base par du tissu moustiquaire qui permet la percolation des solutions de drainage à travers les colonnes. Ces solutions sont collectées par fraction dans des fioles de 150 ml. L'eau distillée est apportée au goutte à goutte à raison d'un débit de 20 ml/h. Le percolat récupéré est conservé pour analyse à 4°C. L'expérimentation est

arrêtée quand le volume de solution percolé est de 1350 ml/colonne. L'échantillon de terre contenu dans la colonne est récupéré et analysé, les solutions percolées et l'échantillon de terre traité sont analysés pour déterminer leur bilan ionique.

– Le calcul théorique des doses de l'amendement : Le calcul des doses s'est basé sur la relation suivante :

$$m = (N_{ai} + N_{af}) \cdot 100 / C.E.C. \quad (\text{U.S.S.L., 1954})$$

avec :

m = Pourcentage du sodium échangeable du sol à déplacer.

N_{ai} = La teneur du sodium échangeable initiale du sol.

N_{af} = La teneur du sodium échangeable final du sol.

C.E.C = La capacité d'échange cationique du sol.

Le volume de la colonne qui correspond à 10 cm du mélange est :

$$V = 3.14 \times R^2 \times h = 477.59 \text{ cm}^3$$

La masse de terre utilisé dans chaque colonne est :

$$M = d_a \times V = 1.30 \times 477.59 = 620.86 \text{ g}$$

Pour 620.86 g de sol, on utilise :

dose théorique optimale DOP = $620.86 \times 0.780 / 100 = 4.84 \text{ g}$ de phosphogypse

Les doses utilisées sont les suivantes :

DOP = 4.84 g de phosphogypse/colonne.

DOP/2 = 2.42 g de phosphogypse/colonne.

DOP*2 = 9.68 g de phosphogypse/colonne.

DT = 0 g de phosphogypse/colonne (témoin).

Ce choix permet d'utiliser des doses situées dans une large gamme de variation par rapport à la dose théorique optimale calculée. Chaque traitement est répété 3 fois.

RESULTATS

3.1. La lixiviation des sels solubles

La lixiviation des sels solubles sera présentée en fonction du nombre de volumes poreux pour les différentes doses de phosphogypse utilisées dans l'essai. Le volume poral est calculé ainsi :

$$\text{Densité apparente (da)} = 1.3 \text{ g/cm}^3.$$

$$\text{Densité réelle (dr)} = 2.65 \text{ g/cm}^3.$$

$$\text{Volume de 10 cm du mélange} = 477.59 \text{ cm}^3.$$

$$\text{Porosité} = (1 - da/dr) 100 = (1 - 1.3/2.65)100 = 50.9 \%$$

$$\text{Porosité totale dans la colonne} = (477.59 \text{ cm}^3 * 50.9) / 100 = 243.09 \text{ cm}^3 \text{ de vide}$$

$$\text{Nombre de volume poral} = 150 \text{ cm}^3 / 243.09 \text{ cm}^3 = 0.617 \text{ pour chaque prise de 150 ml.}$$

1.1. La conductivité électrique

La conductivité électrique décroît pour toutes les doses en fonction du nombre de volumes poreux percolés (fig.1). L'allure générale de la figure se présente ainsi : Nombre de volume poreux inférieur à 2 : L'élimination des sels solubles est plus rapide avec la dose témoin. L'importance de la lixiviation des sels décroît dans le sens : T > DOP/2 > DOP X 2 > DOP. Quand le nombre de volumes poreux écoulés est compris entre 2 et 3, la vitesse d'élimination des sels solubles est plus modérée, mais l'ordre de lixiviation des sels varie peu : DOP > T > DOP/2 > DOP X 2. Quand le nombre de volume poreux écoulés est compris entre 3 et 5, la conductivité électrique du percolat varie peu selon la dose et le nombre de volumes poreux percolés. Pour un nombre de volumes poreux supérieur à 5, la conductivité électrique se stabilise. La conductivité électrique finale du percolat pour les différentes doses est comprise entre 0.43 et 0.74 ds/m.

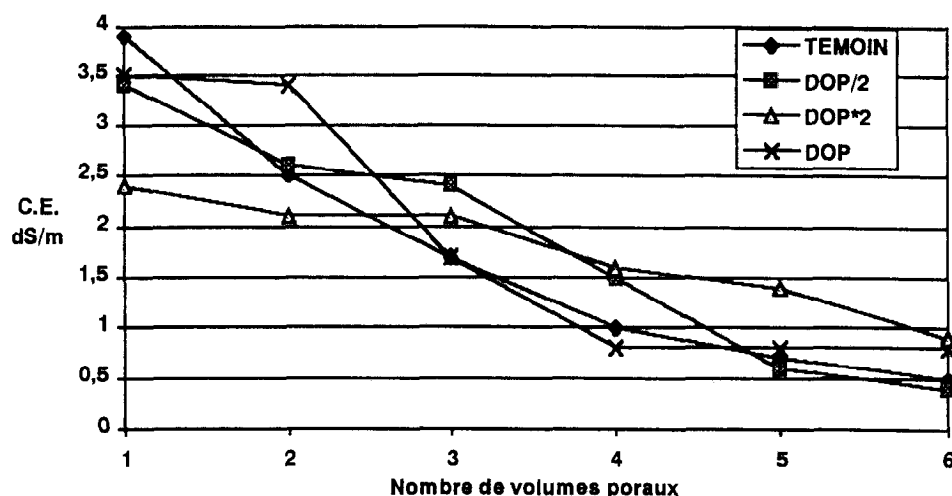


Figure 1. Evolution de la C.E. en fonction du nombre de volumes poreux et des doses de phosphogypse.

1.2. Le sodium

L'élimination du Na^+ est plus importante avec la dose DOPx2. Pour un nombre de volumes poreux inférieur à 1.29, l'importance de la lixiviation de Na^+ décroît dans le sens $\text{DOP} \times 2 > \text{dop}/2 > \text{DOP} > \text{témoin}$. Pour un nombre de volume poreux supérieur à 1.29, la vitesse d'élimination de Na^+ solubles est modérée, les valeurs solubles lixiviées varient peu selon la dose et le nombre de volumes poreux. La concentration finale du percolat pour les différentes doses est inférieure à 2 meq/l.

1.3. Le calcium

Une lixiviation rapide et importante a été enregistrée pour la dose DOPx2 et pour un nombre de volumes poreux inférieur à 1.85. Pour un nombre de volumes poreux percolés compris entre 1.85 et 4.31, la lixiviation diminue dans le sens suivant : $\text{DOP} \times 2 > \text{DOP}/2 > \text{témoin} > \text{DOP}$. A partir d'un nombre de volumes poreux de 4.31, la concentration finale en calcium se stabilise entre 5.06 et 7.96 meq/l.

1.4. Le magnésium

Une forte élimination de Mg^{++} soluble a été enregistrée avec la dose DOPx2 pour un nombre de volumes poreux inférieur à 1.85 ; la vitesse de lixiviation décroît dans le sens

DOP x 2 > DOP/2 > témoin . Pour un nombre de volumes poraux supérieur à 1.85, la vitesse de lixiviation est modérée et diminue dans le même sens pour tous les traitements.

1.5. Le chlore

La lixiviation la plus rapide a été enregistrée pour la dose DOP . Pour un nombre de volumes poraux inférieur à 1.85 l'importance de la lixiviation diminue dans le sens DOP > DOP/2 > témoin. Pour un nombre de volumes poraux compris entre 1.85 et 4.93, la lixiviation est modérée et diminue dans le sens DOP x 2 > témoin > DOP > DOP/2. Pour un nombre de volumes poraux supérieur à 4.93 , les concentrations de Cl^- se stabilisent et la valeur finale est comprise entre 2 et 3 meq/l de percolat.

1.6. Les sulfates

La vitesse de lixiviation des sulfates est variables selon les doses . Pour un nombre de volumes poraux inférieur à 1.85, la quantité lixiviée diminue dans le sens DOP x2 > DOP/2 > DOP > témoin. Pour un nombre de volumes poraux compris entre 1.85 et 3.70, le sens de la vitesse de lixiviation est le suivant : DOP x 2 > DOP/2 > DOP > témoin. Pour un nombre de volumes poraux supérieur à 3.70, la lixiviation reprend sa vitesse initiale notamment avec la dose témoin. L'intensité de cette lixiviation diminue dans le sens témoin > DOP x 2 > DOP/2 > DOP. A la fin de la lixiviation, les concentrations en SO_4^{--} solubles pour toutes les doses varient de 20 à 60 meq/l.

CONCLUSION

L'élimination des sels solubles était plus rapide au début de la percolation avec la dose témoin. Au fur et à mesure, cette élimination diminue et le régime de lixiviation devient modéré avec la dose DOP au milieu de la percolation et avec la dose DOP x 2 à la fin de la percolation. L'importance de la lixiviation de Na^+ soluble décroît dans le sens DOP x 2 > DOP > DOP/2 > témoin. Par contre pour Ca^{++} et Mg^{++} , le sens de croissance est DOP x 2 > DOP/2 > témoin > DOP.

Les anions ont présenté une lixiviation assez hétérogène dans son sens, avec une importance de la vitesse de lixiviation plus élevée à la dose DOP pour le chlore et à la dose DOP x 2 pour les sulfates.

2. Le bilan des sels solubles

Le taux de sels lixivié pour les différentes doses est inférieur à la teneur initiale en sels de l'échantillon avant la percolation (fig. 2). Les quantités de sels déplacées des différentes doses présentent la même allure, et une superposition presque confondue des doses.

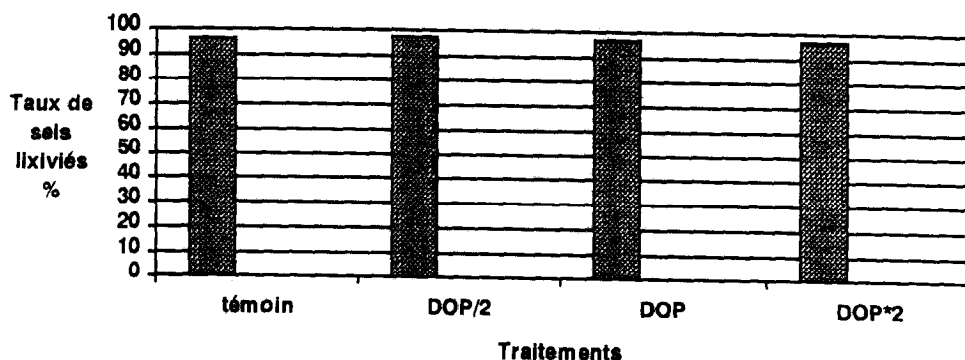


Figure 2. Variation du taux total de sels lixiviés en fonction des traitements

3. Caractéristiques chimiques des échantillons de terre après la phase de percolation

3.1. pH

Les résultats obtenus montrent que l'apport du phosphogypse a provoqué une diminution du pH de la solution du sol par rapport à sa valeur initiale ; néanmoins les valeurs de pH final obtenues restent supérieures à 7.

La différence entre les doses est significative uniquement entre le témoin et la dose DOPx2 ; par contre les différences sont significatives entre la valeur initiale et les valeurs finales de toutes les doses (tabl.III).

3.2. La conductivité électrique

Les valeurs de la conductivité électrique ont diminué pour toutes les doses par rapport à la valeur initiale (fig.3). Toutes les valeurs finales sont inférieures à 0.85 ds/m.

La différence entre les valeurs de la conductivité électrique est significative à une probabilité de 95% .

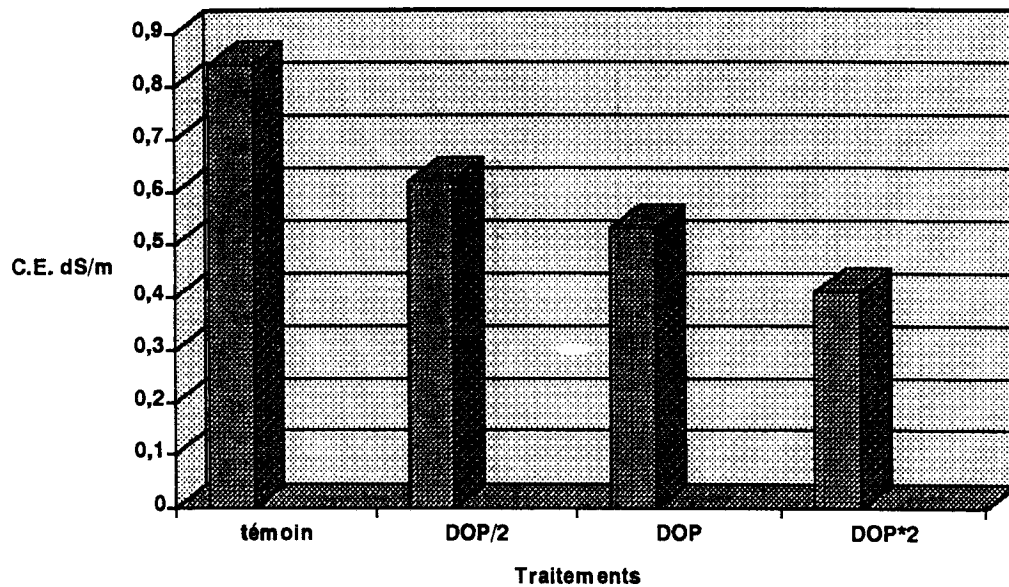


Figure 3. Valeurs finales de la conductivité électrique des différents traitements.

En conclusion, il faut noter que la solution du sol a enregistré une diminution de la teneur en sels solubles qui s'est traduite par une chute importante de la conductivité électrique et du pH notamment à la dose DOP et DOP x 2.

3.3. Le complexe adsorbant du sol

3.3.1. Le taux de sodium échangeable

Toutes les valeurs de l'E.S.P final des doses sont inférieures à la valeur initiale qui était de 40 % (fig.4). La plus grande valeur de l'E.S.P est de 15.71 % enregistrée

avec la dose témoin, et la plus faible valeur est de 2.71 % enregistrée avec la dose DOPx2.

Les différences entre les valeurs de l'E.S.P des différentes doses sont en majorité significatives .

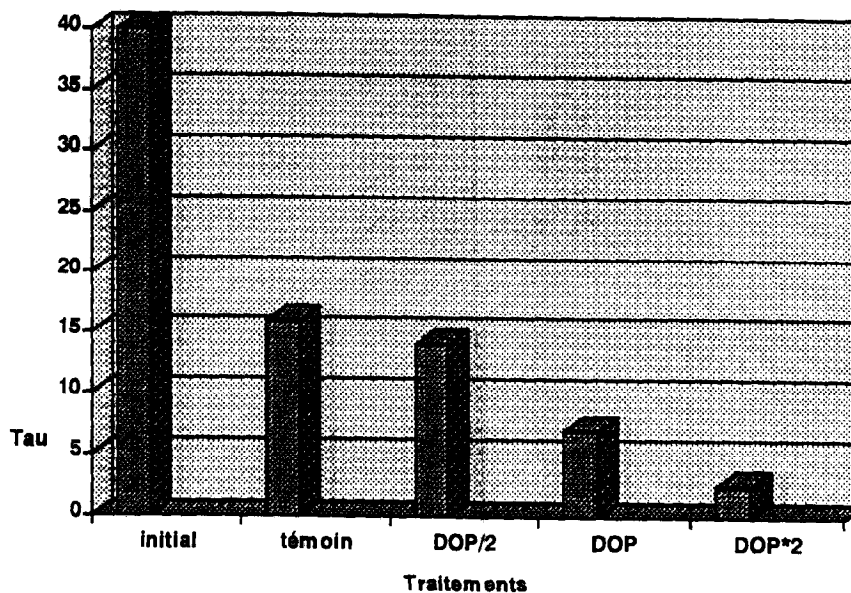


Figure 4. Valeur initiale et valeurs finales du taux de sodium échangeable des différents traitements.

3.3.2. Le calcium échangeable

Le taux de calcium échangeable a augmenté par rapport à son taux initial pour toutes les doses étudiées, les valeurs de Ca^{++} enregistrées sont supérieures à la valeur initiale qui était de 5.64 meq/100g de sol (fig.5). Les différences des valeurs de Ca^{++} échangeable correspondant aux doses sont significatives, ainsi que la différence entre la valeur initiale et les valeurs des doses pour une probabilité de 95 % .

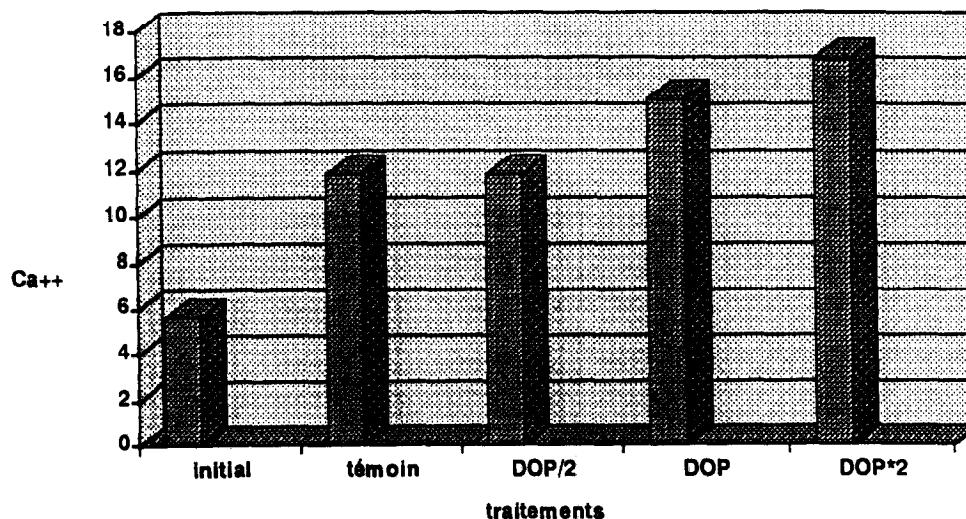


Figure 5. Valeur initiale et valeurs finales du calcium échangeable des différents traitements.

3.3.3. Le magnésium échangeable

La garniture cationique du sol a connu une diminution en Mg^{++} échangeable par rapport à la teneur initiale qui était de 6.57 meq/100g de sol . Cette diminution n'est pas significative pour toutes les doses utilisées .

En conclusion , la garniture cationique s'est enrichie en calcium échangeable pour toutes les doses au dépens essentiellement du sodium échangeable. L'ensemble des résultats montre que le taux de sodium échangeable final est inférieur à 10 % pour les doses DOP et DOP x 2 .

3.4. Le fluor

La dynamique du fluor contenu dans le phosphogypse est mise en évidence durant l'essai en colonne. C'est ainsi que le dosage du fluor a porté sur la solution de percolation et la solution du sol qui a subi le traitement DOP x 2 de phosphogypse. Les résultats (tabl.III) montre que 17 mg de fluor par litre a persisté au niveau du sol et 57.3mg/l a représenté la quantité lixiviée dans le percolat.

Tableau III. La teneur du fluor dosée dans l'eau de percolation et l'échantillon du sol pour la dose DOPx2.

sol (mg/l)	eau de drainage pour 9 percolats (mg/l)								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
17.0	6.55	6.70	6.95	5.55	6.20	6.65	4.65	6.90	7.15
total	eau = 57.3 mg/l				eau + sol = 74.3 mg/l				

CONCLUSION

Ce travail de recherche a porté sur l'étude de certaines possibilités d'utilisation du phosphogypse dans la mise en valeur des sols salés des plaines du Bas-Cheliff.

L'étude expérimentale sur colonnes au laboratoire a montré que pour les sels solubles, la lixiviation semble davantage liée au volume d'eau percolée qu'au doses de phosphogypse. La conductivité électrique finale, après une percolation de 298.8 mm d'eau, est inférieure à 1 ds/m pour tous les traitements.

Le déplacement du sodium échangeable par le calcium est plus avec la plus forte doses de phosphogypse correspondant à 20 tonnes à l'hectare important (ESP initial = 40% ; ESP final < 3 %) .

Le fluor apporté par le phosphogypse est en majorité éliminé lors de la lixiviation des sels solubles.

Ces résultats montrent que le phosphogypse est donc un amendement efficace pour le dessalage et la désodisation du type de sol salé étudié.

Références

- Durand J.H., 1958– Les sols irrigables. Etude pédologique. SES Alger
- Halitim A., 1973 – Etude expérimentale de l'amélioration des sols sodiques d'Algérie en vue de leur mise en culture. Thèse Doct. 3^o cycle, Univer. de Rennes, 175p.
- Boulaine J., 1957 – Etude des sols des plaines du Cheliff. Thèse de Doct. Univers. D'Alger, 582p.
- Legoupil J.C., 1974 – Recherche et expérimentation pour l'irrigation en milieu méditerranéen. Ces du périmètre irrigué du Haut-Cheliff. Thèse ing. E.N.S.A. Toulouse, 174p.
- Mehta M.H., et YADAV J.S.P., 1977 – Phosphogypsum for reclamation of alkali soils. Ind. Farm. 27 (6) , 6–7
- Khosla B.K., et YADAV J.S.P., 1976– Rice husk improves physical condition and crop growth in sodic soils. Ind. Farm. 25 (10), 9–10
- U.S.S.L., 1954 – Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. U.S.D.A., Handbook N°60, Washington, 160p.