

Lessivage et desalcalisation d'un sol salé à alcali

CH. OLLAT, H. BECVAROVA, A. BOUZAI, R. COMBREMONT,
J. W. VAN HOORN et O. NANAA

Centre de Recherches sur l'Utilisation de l'Eau Salée en Irrigation, Ariana, Tunisie

Le but de cette expérimentation a été d'étudier la possibilité de récupérer des sols très salés sur un périmètre situé à Utique (Tunisie). Cette zone est constituée, comme toute sebha, par un véritable puzzle composé de taches vertes où pousse une végétation halophile et de taches complètement dénudées, la surface occupée par chacune étant pratiquement égale. En vue de sa mise en culture irriguée cette zone a été drainée à 1^m 40 de profondeur par des drains en poterie espacés de 40 m, et équipée d'un réseau d'irrigation.

Le sol

Le sol est formé d'une série de dépôts alternativement limoneux et argileux dont la perméabilité est relativement bonne. Le taux de CaCO₃ est dans l'ensemble de 30 à 40 %.

En ce qui concerne la salure et l'alcalisation nous avons fait une étude préliminaire sur deux profils choisis l'un dans la zone la plus dénudée (profil 1), l'autre dans la zone la plus fournie en végétation (profil 2). La salure, exprimée en conductivité électrique de l'extrait de saturation (figure 1) est très élevée dans la couche 0–20 cm du profil 1, de l'ordre de 60 mmhos, alors qu'elle est inférieure à 2 mmhos dans le profil 2. Pour les couches sous-jacentes cette différence est encore marquée, quoique s'atténuant, jusqu'à 60 cm de profondeur; entre 60 et 80 cm la salure est pratiquement identique pour les 2 zones et au dessous de 80 cm c'est au contraire le profil 2 qui est plus salé que le profil 1. Les graphiques de la figure 1 montrent bien que la salure totale reflète à chaque niveau du profil la teneur en différents ions de l'extrait de saturation (sauf les bicarbonates). Les sels présents dans ces sols sont en majorité des chlorures: par ordre de quantité décroissante on trouve du NaCl, du MgCl₂ et du CaCl₂. Viennent ensuite les sulfates qui sont entièrement sous forme de CaSO₄. Le complexe absorbant présente également des différences d'alcalisation entre la zone sans végétation et la zone avec végétation (figure 1. graphique Na/T). Les différences très importantes dans les couches supérieures vont en décroissant jusqu'à 80 cm, profondeur à laquelle les valeurs du rapport Na/T sont pratiquement les mêmes.

L'expérimentation

Dans une première expérimentation faite au cours de l'hiver 66—67 nous avons étudié l'effet de trois doses de lessivage appliquées sur le sol naturel sans l'avoir préparé par des façons culturales. Les résultats obtenus étant peu satisfaisants, nous avons dans une deuxième expérimentation faite au cours de l'hiver 67—68 repris l'étude du facteur «dose» en le combinant avec deux autres facteurs: labour du sol et répartition des doses.

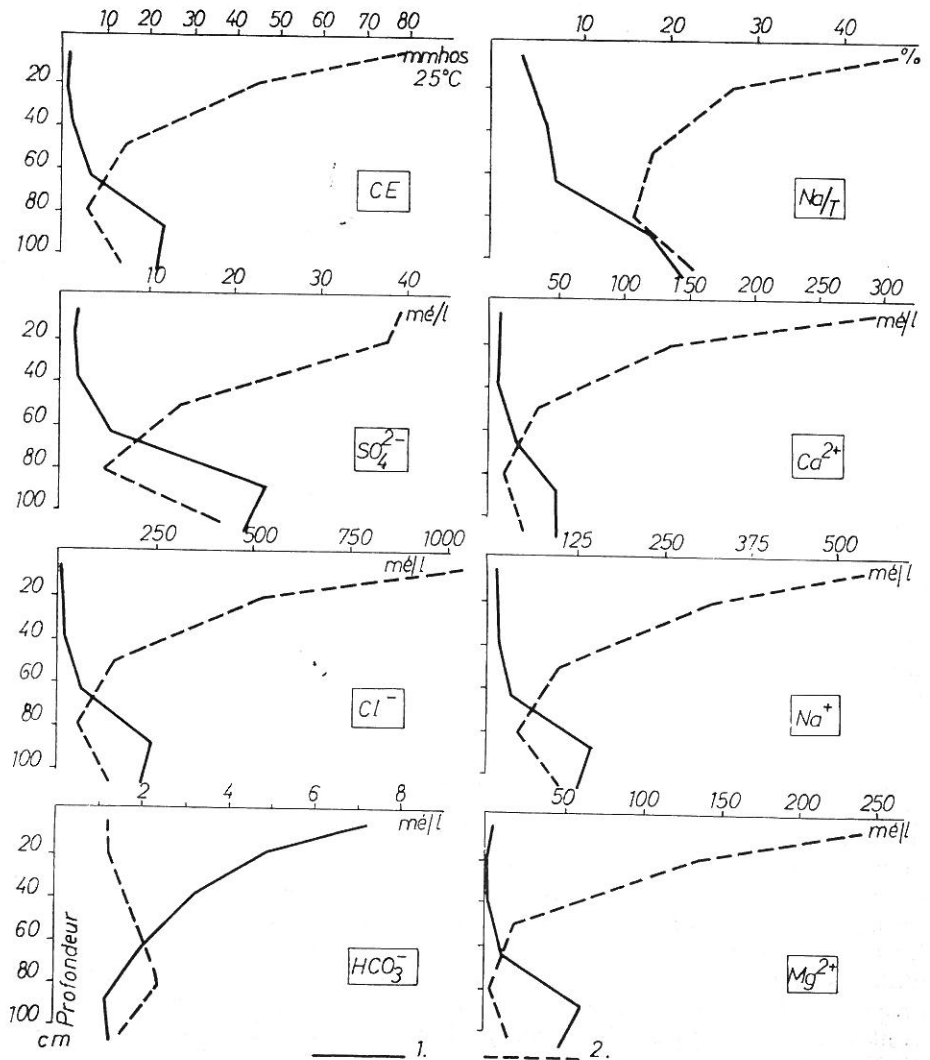


Fig. 1

Caractéristiques chimiques des deux profils types. 1. Avec végétation. 2. Sans végétation

Le premier essai comportait 3 traitements:

Traitement Do: 0 mm

Traitement D: 400 mm à un rythme de 100 mm par jour

Traitement 2D: 800 mm à un rythme de 100 mm par jour

La pluviométrie a été de 35 mm pendant la durée de l'expérience. Chaque traitement a été fait en huit répétitions, les parcelles élémentaires étant de 200 m².

Le deuxième essai comportait 6 traitements:

Traitement D: 400 mm à un rythme de 100 mm à la fois par quinzaine sur sol non labouré.

Traitement 2D: 800 mm à un rythme de 100 mm à la fois par semaine sur sol non labouré.

Traitement 4D: 1600 mm à un rythme de 200 mm à la fois par semaine sur sol non labouré.

Traitement D', 2D' et 4D': respectivement identiques aux traitements précédents, mais avec labour à 25 cm.

La pluviométrie a été de 135 mm pendant la durée de l'expérience. Chaque traitement a été fait en 4 répétitions, les parcelles élémentaires étant de 100 m².

Le labour a été fait au cours de l'été précédent soit 4 mois avant l'expérimentation, les prélèvements de sol effectués juste avant le début des essais.

Dans les deux expériences l'eau d'irrigation utilisée pour les opérations de lessivage était l'eau de l'oued Medjerdah dont la composition était, à cette époque, la suivante:

CE mmhos	RS g/l	mé/l							SAR
		Cl	SO ₄	HCO ₃	Ca	Mg	K	Na	
2.1	1.4	12.4	7.7	1.8	6.6	3.0	0.1	12.5	5.7

Pour l'étude de l'évolution du sol des prélèvements ont été faits au début et à la fin de l'expérience à raison d'un profil par 25 m², chaque profil comprenant 6 échantillons prélevés dans les couches 0-10, 10-20, 20-40, 40-60, 60-80 et 80-100 cm, et étant donnée les grandes différences de salure et d'alcalisation entre les zones sans végétation et celles avec végétation nous avons, dans cette étude, dissocié les deux zones.

Résultats

Evolution de la salure

Premier essai en hiver 1966-67

Les valeurs des conductivités électriques de l'extrait de saturation sont données dans le tableau 1 et la figure 2; ces résultats montrent que nous n'avons pas obtenu le lessivage escompté:

Tableau 1
Conductivité électrique (in mmhos) de l'extrait de saturation avant et après le lessivage (1^o essai)

Couche cm	Traitement O		Traitement D		Traitement 2D	
	Avant	Après	Avant	Après	Avant	Après
Zone sans végétation						
0— 10	40.9	59.2	47.6	47.5	28.8	28.6
10— 20	37.7	40.1	42.7	37.3	32.2	26.6
20— 40	36.2	34.1	38.9	35.4	31.9	28.0
40— 60	28.4	31.5	33.2	28.3	29.7	23.3
60— 80	28.0	30.7	30.3	25.9	26.9	25.6
80—100	31.4	30.1	30.9	26.7	28.4	25.4
Zone avec végétation						
0— 10	6.5	12.4	8.5	11.3	4.3	11.1
10— 20	7.2	17.1	10.8	12.2	4.6	12.4
20— 40	9.5	18.6	14.6	13.8	5.9	12.0
40— 60	10.6	19.9	14.0	16.7	6.6	9.8
60— 80	13.7	23.0	14.6	15.5	9.6	12.8
80—100	20.0	27.1	16.0	18.5	16.1	19.5

Traitement Do: on observe une augmentation de la salure de l'ordre de 100 mmhos dans l'ensemble du profil pour les parties avec végétation et de 20 mmhos pour les parties sans végétation, mais seulement dans la couche 0—10 cm, les autres restant pratiquement inchangées.

Traitement D: la salure reste inchangée dans les parties avec végétation alors qu'elle diminue légèrement dans les parties sans végétation, de l'ordre de 5 mmhos sur tout le profil.

Traitement 2D: comme avec la dose précédente les zones sans végétation se sont légèrement dessalées, mais celles avec végétation se sont salées (environ 5 à 7 mmhos sur tout le profil). Ceci provient du fait que l'eau d'irrigation apportée, dès son contact avec les parties sans végétation très fortement salées en surface, se sale rapidement et arrive à une teneur en sel supérieure à celle de la solution du sol des parties avec végétation au début de l'expérience.

En définitive chacun des 3 traitements a abouti à des résultats différents, mais ni la dose D (400 mm) ni même la dose 2D (800 mm) n'ont amené la salure du sol à un taux acceptable pour la mise en culture.

2e essai en hiver 1967—1968

Parcelles non labourées. Aussi bien dans les zones avec végétation que dans celles sans végétation on constate que la salure a diminué très sensiblement (tableau 2 et figure 2). Mais, les trois doses ne marquent que très peu: en effet, si le niveau final de salure est plus élevé dans les parcelles ayant reçu la dose la plus faible, ceci peut simplement provenir de ce qu'au départ ces parcelles étaient plus salées que les autres.

Il est donc à noter que ces résultats ne corroborent pas ceux du premier

Tableau 2

Conductivité électrique (in mmhos) de l'extrait de saturation avant et après le lessivage (2^o essai)

Couche cm	Traitement D				Traitement 2D				Traitement 4D			
	Labouré		Non labouré		Labouré		Non labouré		Labouré		Non labouré	
	av.	ap.	av.	ap.	av.	ap.	av.	ap.	av.	ap.	av.	ap.
Zone sans végétation												
0— 10	15.3	2.8	67.6	16.4	14.7	2.9	29.2	9.5	11.2	3.2	28.6	6.9
10— 20	24.7	2.3	63.8	23.6	35.2	3.4	31.5	15.2	21.5	2.3	30.9	10.2
20— 40	27.3	2.6	42.2	29.4	46.7	3.1	22.5	21.7	38.4	2.0	21.8	13.8
40— 60	22.7	4.2	38.4	32.7	39.1	3.1	20.5	18.7	21.6	3.3	21.2	17.6
60— 80	20.4	5.6	30.6	33.1	27.6	3.9	25.4	18.0	35.5	4.6	21.2	13.4
80—100	21.9	9.0	33.7	35.8	25.6	5.6	26.3	22.7	24.1	6.3	23.3	15.6
Zone avec végétation												
0— 10	10.7	2.7	11.3	3.8	9.3	2.0	5.8	3.0	7.5	2.0	3.0	2.4
10— 20	18.0	1.6	16.6	4.6	19.8	1.6	8.1	4.1	12.5	2.5	4.0	3.2
20— 40	22.4	1.6	22.7	7.4	28.3	1.8	10.5	3.9	13.0	2.5	6.5	4.3
40— 60	17.4	3.5	25.4	14.6	31.7	3.3	13.9	5.2	14.9	3.1	9.4	5.1
60— 80	18.4	3.8	22.8	12.1	24.2	5.1	18.1	5.9	22.6	4.4	13.8	6.0
80—100	18.4	6.0	30.2	18.2	26.0	12.8	18.0	6.6	25.8	8.1	21.9	8.2

essai en hiver 1966—1967, dans lequel aucune diminution de salure n'avait été constatée à la suite des irrigations. Deux causes sont à l'origine des meilleurs résultats du deuxième essai:

1°. La différence de la pluviométrie entre les 2 années: il est tombé 15 mm de pluie au cours du mois précédant la première expérience et 135 mm au cours de celui précédant la deuxième expérience, de sorte que, dans ce dernier cas, le sol était plus humide au départ. De plus, il est tombé seulement 35 mm de pluie pendant le premier essai contre 130 mm pendant le second.

2°. La façon d'irriguer: les apports quotidiens pratiqués dans le premier essai ont été remplacés dans le deuxième par ces apports hebdomadaires ou bi-mensuels. L'alternance d'humidification et de dessiccation du sol, entraînant une modification du système des fissures dans le sol, a créé un meilleur contact de l'eau avec la terre, permettant ainsi une meilleure efficacité du lessivage.

Parcelles labourées. L'allure des courbes de salure au départ, indique qu'avant le début de l'expérimentation il s'est produit dans les couches superficielles un début de lessivage, avec accumulation de sels dans les couches moyennes. Ce fait n'a pas été observé dans les parcelles non labourées, ce qui signifie que l'action des pluies tombées entre l'époque du labour et celle du début des expérimentations, a été plus efficace sur le sol labouré, le labour ayant fait disparaître les fentes de retrait et ainsi amélioré la répartition de l'eau. On retrouve cependant encore la différence entre les zones avec végétation et les zones sans végétation: la conductivité électrique de l'extrait de saturation allant de 7 à 32 mmhos pour les premières et de 11 à 46 mmhos pour les secondes.

L'action des irrigations de lessivage a été très importante et a amené le sol à des taux de salure très acceptable pour la culture à savoir 2 à 3 mmhos pour la couche 0—40 cm, 3 à 5 mmhos entre 40 et 80 cm et 5 à 12 mmhos à 1 mètre.

Deux faits marquants ressortent des résultats précédents:

1. la salure des zones avec et sans végétation, qui était au départ très différente, est devenue pratiquement la même après les traitements de lessivage,

2. les 3 traitements ont abouti au même dessalement, c'est-à-dire que la dose la plus faible de 400 mm a été tout aussi efficace que les doses double de 800 mm ou quadruple de 1600 mm.

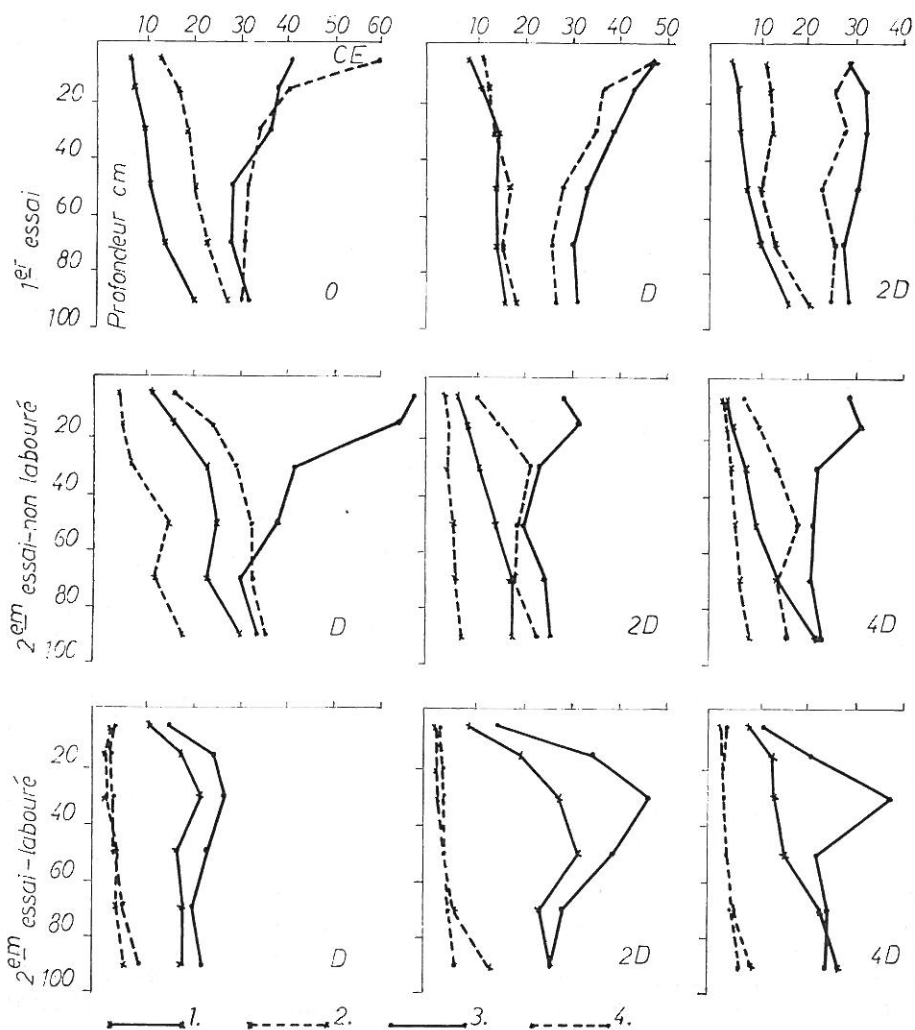


Fig. 2

Salure moyenne (CE_0) obtenue dans les traitements différents pendant le premier et le deuxième essai. 1. Zone sans végétation avant le lessivage. 2. Zone sans végétation après le lessivage. 3. Zone avec végétation avant le lessivage. 4. Zone avec végétation après le lessivage

Evolution de l'alcalisation du complexe absorbant

Cette évolution a été suivie sur le deuxième essai, dans la partie labourée. Comme pour la salure nous avons étudié à part les zones avec végétation et les zones sans végétation. Des déterminations de capacité d'échange et de sodium échangeable ont été faites avant et après lessivage. A chaque fois, dixhuit profils par traitement ont été analysés.

En examinant les résultats obtenus après lessivage (tableau 2, figure 3) il semble que les trois traitements aient eu une influence différente sur la desalcalisation: les valeurs des rapports Na/T en fin d'expérience étant d'autant plus basses que la dose de lessivage avait été plus forte. Il y a lieu cependant de faire une réserve à cette conclusion: en effet, il s'est trouvé que les sols supportant les trois traitements n'avaient pas au départ le même degré d'alcalisation: les parcelles du traitement D étant plus alcalisées que les parcelles du traitement 2 D, elles-même plus alcalisées que celles du traitement 4 D, si bien qu'il est difficile d'imputer les différences observées dans les valeurs du rapport Na/T uniquement aux différences de traitement.

A fin d'apprécier l'importance de la desalcalisation nous avons pris en considération non pas les valeurs absolues des rapports Na/T obtenus en fin d'expérience, mais le pourcentage de diminution de ces valeurs par rapport à celles observées au départ. Ces pourcentages ont été calculés pour les profils de toutes les parcelles et ont donné les moyennes suivantes:

Couche cm	Zone avec végétation %	Zone sans végétation %
0— 10	43	64
10— 20	49	54
20— 40	45	39
40— 60	36	29
60— 80	35	17
80—100	29	24
0— 40	46	49
40—100	33	23
0—100	40	36

Du tableau ci-dessus ressortent trois observations:

1°. En considérant l'ensemble du profil (0—100 cm) on constate que les zones avec végétation se sont mieux désalcalisées que celles sans végétation: 40% pour les premières, 36% pour les secondes. Ceci est logique puisque les eaux percolant les zones avec végétation sont naturellement moins salées que celles percolant les zones dénudées.

2°. Le phénomène de désalcalisation n'a pas eu la même importance dans tout le profil: les couches supérieures (0—40 cm) ont subi une désalcalisation plus importante que les couches profondes (40—100 cm) et ceci aussi bien pour les zones avec végétation (46% contre 33%) que pour les zones sans végétation (49% contre 23%). Ici aussi ces différences sont dues aux

Tableau 3
Valeurs des rapports Na/T avant et après le lessivage

Couche cm	Traitement D		Traitement 2D		Traitement 4D	
	Avant	Après	Avant	Après	Avant	Après
Zone sans végétation						
0—10	21.9	9.5	17.4	5.6	15.8	4.9
10—20	25.7	12.2	21.0	10.0	18.7	8.0
20—40	—	13.7	19.4	12.6	18.6	10.2
40—60	25.0	16.0	15.5	11.1	13.4	10.4
60—80	20.1	14.6	15.4	10.4	14.9	13.7
80—100	22.5	15.3	17.8	12.7	16.5	14.2
Zone avec végétation						
0—10	9.5	5.4	7.8	3.5	6.8	4.6
10—20	13.7	6.6	11.9	4.7	10.2	6.4
20—40	17.6	9.5	15.4	7.4	13.0	7.9
40—60	16.3	11.4	15.9	8.3	13.9	9.6
60—80	16.4	10.0	15.3	10.1	16.5	11.1
80—100	17.5	12.4	19.5	12.0	18.0	14.1

qualités des eaux percolantes qui sont en effet plus chargées en profondeur qu'en surface.

3°. La désalcalisation des horizons supérieurs est plus marquée dans les zones dénudées que dans celles avec végétation (49% contre 46%) alors que pour les couches profondes ce sont au contraire ces dernières qui se desalcalisent le plus (33% contre 23%). Ceci s'explique, pour les couches profondes encore par la différence de salure des eaux percolantes et pour les couches

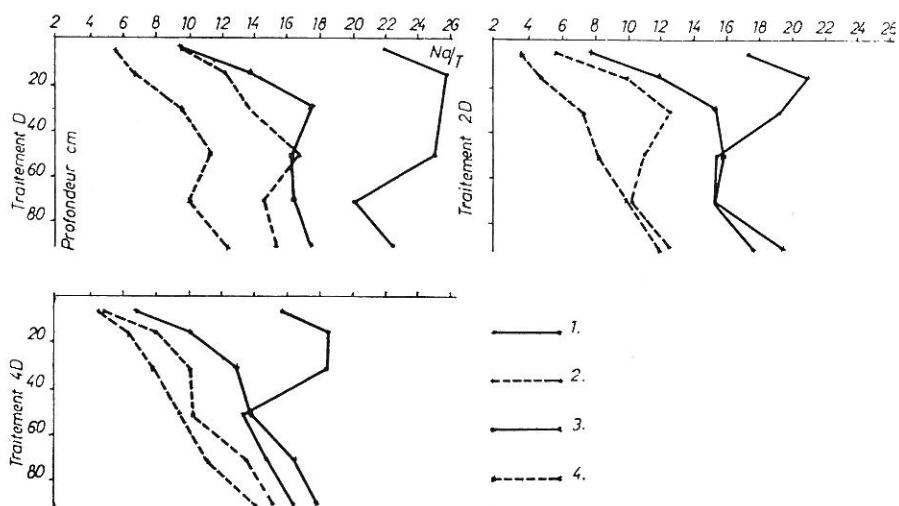


Fig. 3

Valeurs du rapport Na/T avant et après le lessivage. 1. Zone sans végétation avant le lessivage. 2. Zone sans végétation après le lessivage. 3. Zone avec végétation avant le lessivage. 4. Zone avec végétation après le lessivage

de surface par le fait que la desalcalisation est d'autant plus importante que l'alcalisation était plus élevée au départ.

Ces trois observations mettent en évidence la liaison existant entre le rapport Na/T et la salure de la solution du sol qui est, à un coefficient près, celle de l'extrait de saturation. Cette liaison est illustrée par les deux graphiques

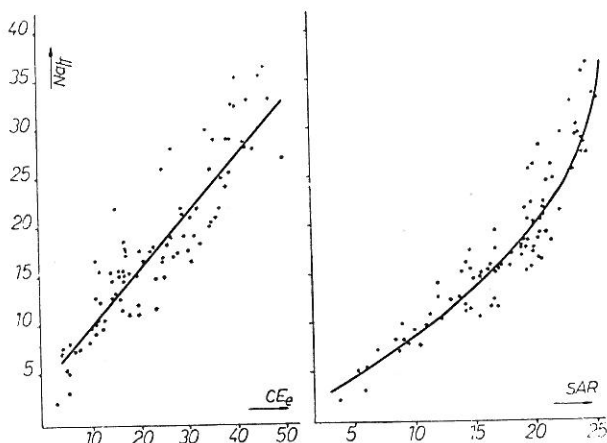


Fig. 4

Correlation entre Na/T et CE resp. Na/T et SAR de l'extrait de saturation

de la figure 4: l'un, représentant la relation Na/T et conductivité de l'extrait de saturation montre que le rapport Na/T est influencé par la salure totale de la solution du sol et le second, représentant la relation Na/T et SAR de l'extrait de saturation montre que le rapport Na/T est influencé aussi et d'une façon plus étroite encore par la qualité de la salure du sol.

Conclusion

La salure. Le premier essai fait sur sol naturel sans préparation et avec des doses de lessivage assez importantes mais massives, n'a donné que peu ou pas de résultats positifs. Au contraire le deuxième essai dans lequel avait été inclus les variables labour et fractionnement des apports d'eau dans le temps, a permis un lessivage efficace. L'hétérogénéité constatée avant l'expérimentation entre zones avec végétation et zones sans végétation a disparu assez vite; les zones dénudées qui avaient une salure très élevée de l'ordre de 50 à 60 mmhos en surface ont pu être ramenées à un taux permettant la culture. En somme avec une eau comparable à celle dont nous disposons, le lessivage de tels sols est relativement facile à condition de tenir compte des observations fournies par les essais précédents:

1°. On a intérêt à labourer le sol avant les opérations de lessivage afin de faire disparaître les fentes de retrait et d'améliorer la répartition de l'eau en surface ce qui permet d'obtenir une meilleure efficacité de l'eau d'irrigation.

2°. Il est plus intéressant d'effectuer le lessivage lors de la saison

pluvieuse et d'appliquer les irrigations d'une façon fractionnée, des apports hebdomadaires ou bimensuels étant préférables à des apports massifs.

La désalcalisation du complexe. Grâce à la teneur importante du sol en calcium soluble (présence de CaCl_2 et CaSO_4) et du SAR de l'eau d'irrigation qui n'est pas défavorable (environ 6) tous les horizons du sol, quelque soit le traitement reçu par les parcelles, ont eu leur rapport Na/T ramené à un niveau inférieur à 15. Ce sol, après le lessivage pratiqué, n'est donc plus un sol à alcali et, comme pour la salure, on peut le considérer comme apte à la mise en culture.