

TOLÉRANCE DU BANANIER AUX EAUX BICARBONATÉES (eaux souterraines de Ténérife)

par E. FERNANDEZ CALDAS, V. PEREZ GARCIA et A. BORGES PEREZ

Centre d'Edaphologie et de Biologie appliquée de Santa Cruz de Ténérife

TOLERANCE DU BANANIER AUX EAUX D'IRRIGATION BICARBONATEES (eaux souterraines de Ténérife)

par E. FERNANDEZ CALDAS, V. PEREZ GARCIA et
A. BORGES PEREZ

*Centre d'Edaphologie et de Biologie appliquée
de Santa Cruz de Tenerife*

Fruits, Jan. 1971, vol. 26, n° 1, p. 5-13.

RESUME - Des eaux fortement bicarbonatées sont utilisées pour l'irrigation des bananeraies dans l'île de Ténérife (Canaries). On étudie l'influence de ces eaux sur la formation éventuelle de sols salins ou alcalins. En dépit des caractéristiques chimiques de ces eaux, aucun de ces effets ne sont observés.

INTRODUCTION

Les caractéristiques chimiques des eaux de Ténérife ont déjà fait l'objet d'un travail antérieur (1) dans lequel on étudiait les constituants ioniques les plus intéressants du point de vue agricole.

Avec les données obtenues, on établissait une classification générale selon les normes de l'U. S. Salinity Laboratory (Riverside) dans le but de les grouper en fonction de leur composition ionique absolue et relative.

Dans les eaux provenant des zones montagneuses (eaux de galeries) les ions bicarbonates et sodium prédominent quantitativement. Nous obtenons une corrélation significative au niveau de 1 p. cent pour les ions HCO_3^- ($r = 0,97$) et Na ($r = 0,87$), en référence aux soli-

des totaux dissous. La concentration de ces ions varie beaucoup d'une zone à l'autre, et également dans une même zone. Néanmoins, on observe que dans des régions hydrographiques déterminées prédominent les sources ayant des concentrations élevées de bicarbonates.

Les concentrations en HCO_3^- et Na dans ces eaux se maintiennent relativement élevées par rapport aux niveaux de Ca et Mg, ce qui donne lieu à de hautes teneurs de "Na₂CO₃ résiduel". Les valeurs maxima et minima oscillent entre 4 et 9 mg/l.

L'excès du HCO_3^- présent altère l'équilibre entre Na et Ca-Mg, contribuant à augmenter la concentration relative de Na dans la solution du

sol par précipitation de Ca et Mg sous forme de carbonates.

Ces réactions favorisent l'alcalinisation du sol, pouvant modifier la composition des constituants adsorbés dans le complexe d'échange.

D'autre part, la concentration des sels dans ces eaux peut conduire également à l'apparition de phénomènes de salinité, en conséquence de modifications de la concentration de la solution du sol.

Malgré les caractéristiques indiquées, ces eaux sont utilisées d'une manière satisfaisante pour l'irrigation, principalement en culture bananière, sur une surface de plus de 1000 ha dans la zone nord de l'île de Ténérife, coïncidant avec une région où abondent les sources d'eaux de hautes concentrations en bicarbonates. Quelques-unes des plantations les plus anciennes de cette zone irriguent avec ces eaux depuis plus de 40 années, mais en général la durée moyenne pour la totalité de la région va-

rie de plus de 20 à 30 ans. Dans cette zone, les plantes ont un développement végétatif normal, et la productivité est très satisfaisante, il existe des bananeraies avec des rendements supérieurs à 50 t/ha (régimes). En général, la production dans cette zone est de l'ordre de 40 t/ha.

On n'observe sur les feuilles des bananiers de cette région aucun des symptômes caractéristiques des effets de salinité. C'est seulement dans les zones très proches de la côte qu'on rencontre des nécroses marginales intenses dues en ce cas aux embruns maritimes.

Compte tenu du développement normal des bananeraies dans ce secteur, il nous intéresse de savoir dans quelle mesure pouvaient se produire des altérations dans les propriétés physico-chimiques de ces sols, une fois atteint un état d'équilibre sol-eau, ou l'existence de phénomènes de salinité ou d'alcalinité qui peuvent être tolérables pour ces plantes.

CARACTÉRISTIQUES DES EAUX

On indique au tableau 1 les caractéristiques chimiques des eaux bicarbonatées de cette région. On y rencontre également des sources dont les eaux sont bicarbonatées à des concentrations moindres que celles portées dans ce tableau, mais que nous n'incluons pas dans cette étude, car elles interviennent à peine dans la totalité des cas.

Si nous étudions les données analytiques (tableau 1) en tenant compte des critères de classification les plus acceptés, pour la valeur agricole des eaux d'irrigation, nous rencontrons une série de limitations pour l'emploi de celles que nous étudions, principalement en rapport avec les fortes valeurs de "Na₂ CO₃ résiduel" et avec le déséquilibre Na/Ca.

Si nous nous rapportons à la méthode de classification actuellement la plus acceptée, celle de l'U.S. Salinity Laboratory, ces eaux seront dans la classe C3 S2, qui comporte les limitations suivantes :

C3 - eaux de haute salinité : ne peuvent s'employer en sols mal drainés. Dans le cas d'un drainage satisfaisant, on doit prendre les plus grandes précautions pour le contrôle de la salinité du sol. On recommande de cultiver seulement des plantes tolérantes aux sels.

S2 - eaux de concentration moyenne en sodium : les effets de Na peuvent être très importants dans les sols de texture fine et de haute capacité d'échange cationique, spécialement quand le drainage est défectueux. Ce type d'eaux peut s'employer en sols de texture sableuse ou en sols organiques de haute perméabilité.

Selon ces considérations, nous pourrions nous attendre à ce que l'utilisation de ces eaux conduise à l'apparition de phénomènes de salinité ou d'alcalinité dans les régions en question.

D'autre part, il est nécessaire de considérer que dans la classification citée, on ne tient pas compte de "Na₂ CO₃ résiduel" et de sa signification dans l'augmentation relative de Na dans la solution du sol, augmentant ses effets alcalins.

Les limites maxima et minima de "Na₂ CO₃ résiduel", admissibles dans les eaux d'irrigation, furent établies par EATON (2) et WILCOX (3) avec des valeurs respectives de 2,5 mq/l et 1,25 mq/l.

Dans des expérimentations réalisées par WILCOX (3) avec des eaux bicarbonatées à différents niveaux de "Na₂ CO₃ résiduel", on

constatait que dans des sols bien drainés, le pourcentage de Na d'échange atteignait des valeurs de 52 à 72 p. cent, pour une concentration totale de sels dans l'eau de 20 méq/l et un "Na₂ CO₃ résiduel" de 5 méq/l. Quand les eaux employées ont une concentration totale de 10 méq/l et le "Na₂ CO₃ résiduel" de l'ordre de 2,5 méq/l, le pourcentage de Na d'échange peut s'élever à 20 et 42 respectivement.

Dans notre cas, les eaux ont un "Na₂ CO₃ résiduel" qui varie de 4 à 9 méq/l et la concentration totale de sels oscille entre 11 et 17 méq/l. Une autre caractéristique importante des eaux d'irrigation est la relation Na/Ca. Selon Mc GEORGE (4), l'adsorption de l'ion Na par le sol en fonction de la salinité des eaux est intimement liée aux valeurs Na/Ca.

Quand cette relation dans les eaux est de l'ordre de 5 ± 1 , le pourcentage de sodium échangeable pourrait atteindre des valeurs de 25 ± 5 . Dans les eaux de source, objets de cette étude, cette relation se maintient approximativement autour de 10.

Par ailleurs, HAUSENBULLER (7) a pu prouver une tendance à l'accumulation de Na

dans les horizons supérieurs de colonnes de sol, quand elles sont soumises à un traitement avec des eaux présentant une relation Na/Ca = 9.

Selon KELLY (8), on a beaucoup plus intérêt à considérer la teneur en Ca des eaux d'irrigation que leur concentration en Na. Des eaux contenant un minimum de 35 p. cent de Ca sur le total des sels et une concentration totale de 15 à 18 méq/l ne donnent pas de difficultés pour leur emploi, toujours à condition que les quantités utilisées et le drainage des sols soient satisfaisants. Les eaux que nous utilisons contiennent Ca dans les proportions qui oscillent entre 4 et 18 p. cent, avec des valeurs moyennes de l'ordre de 5 p. cent.

Le pH est alcalin dans tous les cas, et les valeurs maximum et minimum correspondent respectivement à 8,85 et 7,26, 80 p. cent des échantillons présentant des pH supérieurs à 8.

Les valeurs de Cl⁻ sont basses comme il est normal pour des sources d'origine montagnaise.

Les pourcentages de Na soluble varient approximativement entre 56 et 75 p. cent.

EXPÉRIMENTATION

Afin de pouvoir étudier avec plus de précision l'effet de ces eaux sur des sols distincts de cette zone, nous avons considéré séparément certaines de ces sources, en séparant les deux cas suivants : a) sols arrosés en permanence avec des eaux de la même source, b) sols arrosés avec des mélanges des différents types d'eaux de la zone.

Au premier cas correspond l'échantillon n° 1 du tableau 1. Cette source a ses eaux partiellement canalisées jusqu'à des plantations déterminées qui les ont utilisées exclusivement pendant plus de 20 années. Il est intéressant de signaler ici qu'une des caractéristiques les plus importantes des eaux de galeries est la constance de leur composition quelle que soit la période de production de la source. Cette

propriété nous permet d'affirmer que les sols arrosés avec cette source n° 1 ont toujours reçu des eaux de même composition chimique.

Les plantations correspondant au second cas s'irriguent indifféremment avec diverses eaux de cette région, mélangées en différentes proportions dans les canaux, de sorte que leur concentration est incertaine et très variable. Les effets de ces eaux sur les sols seront naturellement influencés très directement par ces variations dans leur composition.

Cependant, comme dans le cas précédent, les concentrations de CO₃²⁻ et de HCO₃⁻, dans les mélanges d'eaux, sont toujours supérieures à Ca+Mg et les valeurs de "Na₂ CO₃ résiduel" jamais inférieures à 2,5 méq/l.

PRISE DES ÉCHANTILLONS ET MÉTHODES D'ANALYSES

Les échantillons sont pris dans le profil, superficiellement entre 0 et 20 cm, et en profondeur (20 à 50 cm).

On fait les déterminations suivantes : pH (sol-eau 1/2,5), conductivité électrique de l'extrait saturé, analyse quantitative de Ca, Mg, Na, CO₃⁻⁻, HCO₃⁻, Cl⁻ et SO₄⁻⁻ dans l'extrait saturé, capacité totale d'échange, Na, K, Ca et Mg échangeables, CO₃Ca équivalent et conductivité hydraulique.

A partir de ces données, on calcule le S A R (*), le pourcentage de Na et K échangeables, et le pourcentage de Na soluble.

Dans les analyses des eaux, on détermine : pH, conductivité électrique, Ca, Mg, Na, K, HCO₃⁻, CO₃⁻⁻, SO₄⁻⁻ et Cl⁻. On emploie les méthodes recommandées par U. S. Salinity Laboratory Staff (Riverside), Agricultural Handbook n° 60.

CARACTERISTIQUES DES SOLS

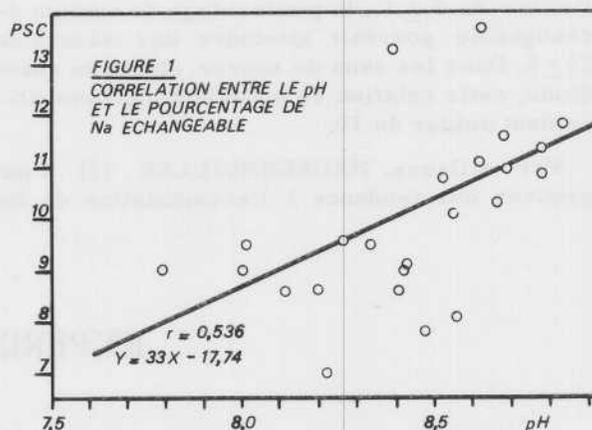
La composition des sols irrigués par les eaux correspondant à l'échantillon n° 1 est indiquée au tableau 2.

Compte tenu des caractéristiques des eaux de cette source, principalement en ce qui concerne la relation Na/Ca et le carbonate sodique résiduel, on aurait pu s'attendre à une alcalinisation intense des sols, avec une valeur très élevée pour le Na adsorbé. Malgré cela, en aucun cas on atteint la valeur minimum de 15 p. cent de Na échangeable, à partir de laquelle un sol peut être considéré comme alcalin. Les niveaux de pourcentage de Na échangeable oscillent entre 13 et 7 p. cent avec une valeur moyenne proche de 10 p. cent.

Selon les valeurs de pH, on approche des niveaux minima caractéristiques des sols alcalins (pH 8,5). Dans ce cas, et en tenant compte des valeurs relativement basses rencontrées pour Na adsorbé, nous pensons que le pH des sols doit être beaucoup plus directement influencé par le CO₃⁻ de l'eau que par le Na du sol. Néanmoins, on observe sur la figure 1 qu'il existe une bonne corrélation entre le pH du sol et le pourcentage de Na échangeable.

Il est intéressant d'observer dans ces sols les valeurs extraordinairement élevées du pourcentage de K échangeable, très supérieur en tous les cas aux valeurs correspondantes de Na, et atteignant des niveaux de l'ordre de 22,9 p. cent dans l'échantillon n° 10.

Selon HEIMAMM et all. (5), les sols présentent en général une adsorption préférentielle nette pour K par rapport à Na. La grande abondance de K dans les sols de Ténérife, sous des



formes facilement solubles, peut contribuer d'une certaine manière à interférer dans la fixation de Na dans le complexe d'échange. Dans le tableau 2, on trouve l'amplitude de ces valeurs pour K soluble et échangeable.

On n'observe pas non plus de phénomènes de salinité dans ces sols en dépit de la classification des eaux de cette source dans le groupe C3 S2. On trouve seulement des concentrations salines légèrement élevées dans l'échantillon n° 3 (tableau 2).

Cependant, dans tous les échantillons superficiels de ces sols, la concentration des sels est supérieure à celle des eaux d'irrigation.

(*) - (= sodium adsorption ratio) = $\frac{Na +}{\sqrt{Ca^{++} + Mg^{++}}}$

Dans les échantillons pris en profondeur, les concentrations salines sont relativement moindres (tableau 3).

Comme on s'y attendait, dans les sols irrigués avec des mélanges d'eaux, avec une concentration totale de sels et de "Na₂ CO₃ résiduel" moindre que pour l'échantillon d'eau n°1, les phénomènes d'alcalinité et de salinité sont beaucoup moins intenses (tableau 4).

On n'observe pas d'accumulation de CO₃Ca dans ces sols, en dépit de la concentration élevée de HCO₃⁻ dans l'eau d'irrigation et de Ca dans la solution du sol. D'autre part, les indices de LANGELIER (6), calculés pour toutes ces eaux, sont également positifs, ce qui signifie une tendance à précipiter CO₃Ca.

Malgré cela et en accord avec nos résultats expérimentaux, il est très difficile d'estimer les quantités de HCO₃⁻ qui précipiteraient dans le sol (7). Pour des sols bien drainés, en l'absence d'une nappe phréatique comme c'est le cas, pourraient agir dans ce processus: l'excès d'eau d'irrigation appliqué, la production de CO₂ par les racines des plantes et les micro-organismes, la fréquence des irrigations, etc.

De plus, selon KELLEY (8), la précipitation de CO₃Ca peut être évitée par l'emploi de fertilisants ammoniacaux. Ce type d'engrais est abondamment utilisé dans les bananeraies canariennes.

La conductivité hydraulique des sols cités au tableau 2 varie entre 16,2 et 158,4 cm/h avec une valeur moyenne approximative de 80 cm/h. Dans les sols correspondants au tableau 4, cette même caractéristique oscille entre 14,4 et 72,0 cm/h, avec une valeur moyenne de 20 cm/h. Ces valeurs sont très élevées si elles sont comparées à celles que l'on rencontre normalement dans les sols alcalins. Selon l'U. S. Salinity Laboratory, des valeurs de conductivité hydraulique de l'ordre de 0,1 cm/h conduisent à des difficultés dans la pratique de l'irrigation.

En dehors d'autres considérations liées aux propriétés de texture et de structure du sol, l'application régulière de quantités considérables de matière organique (30.000 kg par ha et par an) contribue fortement à améliorer la perméabilité hydraulique.

En accord avec les résultats expérimentaux exposés dans cette étude, nous pouvons affirmer que dans ces cultures bananières, les pro-

cessus d'alcalinisation ou de salinisation auxquels on aurait pu s'attendre d'après les caractéristiques chimiques des eaux d'irrigation ne se produisent pas.

Il est évident que le système d'irrigation par inondation en usage dans ces plantations, avec des intervalles fréquents et des volumes d'eau considérables (9), maintenant toujours l'humidité du sol proche de la capacité au champ, a empêché une augmentation de la concentration des sels dans le sol, qui aurait été nécessaire pour que se produisent les processus de salinisation et alcalinisation auxquels on a fait allusion. Seulement dans les échantillons superficiels, correspondant au tableau 2, on observe une légère augmentation de la concentration saline, justement dans la zone de plus grande abondance de racines, subissant une perte d'humidité par le processus de transpiration, très intense pour ces plantes, et par le phénomène d'évaporation superficielle.

Toutes les considérations antérieures, et le fait que se manifestent de grandes différences du comportement de ces sols par rapport aux résultats prévisibles, nous font penser que les techniques de culture utilisées et la nature des minéraux qui déterminent les caractéristiques du complexe d'échange, ont une influence considérable sur les résultats observés.

D'autre part, il est nécessaire de remarquer que la solution du sol est en équilibre avec les eaux d'irrigation, car nous avons principalement pour les sols cités au tableau 2 une continuité de l'arrosage avec un seul type d'eau. Cette condition d'équilibre paraît essentielle pour que puissent se produire les phénomènes qui devraient normalement survenir de l'usage des eaux de cette classe.

BOWER (10) se basant sur l'équation d'ERICKSON (11) a établi une formule qui nous permet de calculer avec une bonne approximation le volume d'eau nécessaire pour que s'établisse un équilibre eau-sol. La formule proposée par BOWER est :

$$H = F \times (C. E. C.) \times D \times P$$

H = hauteur d'eau requise en cm

F = facteur expérimental de relation entre

$$\frac{Na}{\sqrt{Ca+Mg \text{ moles/l}}}^{1/2}$$

et la concentration totale de cations dans l'eau d'irrigation en méq/l

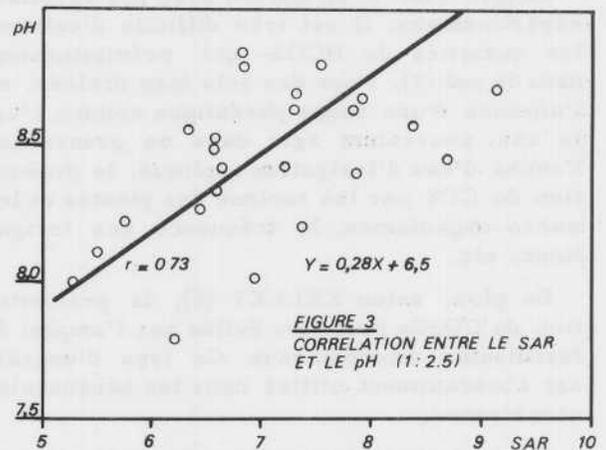
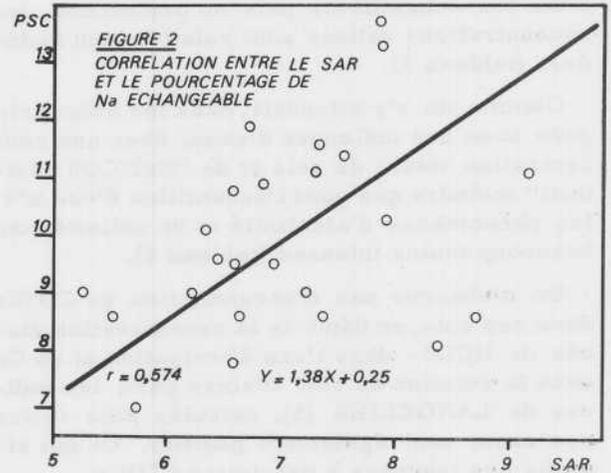
C. E. C. = capacité d'échange cationique en méq/100 g.

D = densité du sol en g/cm³
P = profil du sol en cm.

Selon les caractéristiques des sols portées au tableau 2, et un profil de 100 cm, on a calculé que l'équilibre théorique, de par cette formule, serait atteint en une période de 6 à 10 ans approximativement, pour les différents sols, avec un régime d'irrigation normal pour la culture bananière, volume d'eau de 1200 mm par an et par ha. Or les sols étudiés ont été irrigués pendant plus de 20 années.

La contribution des eaux de pluie, dans cette zone, au volume total des eaux, est normalement de 200 mm, quoique pouvant éventuellement atteindre, certaines années, 500 mm. Selon CHAPMAN (12), les eaux de pluie ne modifient pas la salinité des sols, quand les précipitations sont de l'ordre de 250 mm annuellement. Ces eaux de pluie ne produisent généralement pas de phénomènes de lixiviation dans le sol.

Par ailleurs, l'état d'équilibre eau-sol a aussi été confirmé par le calcul du S. A. R. de l'eau et des sols irrigués. Cet indice pour l'eau de l'échantillon n° 1 (tableau 1) a une valeur de 7,2 et pour les sols (tableau 2) varie de 5,2 à 9,12, ce qui correspond en grandeur à la valeur obtenue pour l'eau. Cette condition d'équilibre nous permet donc de confirmer l'influence de l'eau d'irrigation sur le niveau en pourcentage de Na échangeable dans le sol ; on peut observer une bonne corrélation entre le S. A. R. de l'extrait saturé et le pourcentage de Na échangeable, comme il est visible sur la figure 2. De la même manière, il existe une



bonne corrélation entre le S. A. R. de l'extrait saturé et le pH du sol (figure 3).

CONCLUSIONS

Les données obtenues dans cette étude nous permettent d'établir les conclusions suivantes :

- 1°) les eaux bicarbonatées (caractéristiques au tableau 1) ne conduisent pas à la formation de sols salins ou alcalins, quand on utilise l'irrigation normale en culture bananière ;
- 2°) on observe une influence évidente des eaux sur le pH du sol et sur le pourcentage de Na adsorbé ;
- 3°) la concentration de la solution du sol est plus forte quand on use des eaux correspondant à l'échantillon n° 1, et diminue avec la profondeur, dans le profil ;
- 4°) les carbonates et bicarbonates des eaux d'irrigation n'ont pas contribué à augmenter sensiblement le pourcentage de Na échangeable dans les sols étudiés ;
- 5°) la pratique des irrigations fréquentes avec de grands volumes d'eau, qui existe dans ces plantations, s'est montrée être un moyen très efficace pour le contrôle de la salinité et de

Echantillon	pH	Conductivité électrique $\times 10^6$ 25°C	Extrait soluble P.P.m.	Milliéquivalents par litre									S. A. R.	Na2 CO3 résiduel	Classification
				Ca	Mg	Na	K	CO ₃ ⁼	HCO ₃ ⁻	SO ₄	Cl	% Na			
1	8.00	1230	1122.7	0.60	2.70	9.31	1.49	0.00	12.36	0.75	0.44	66.0	7.2	9.06	C ₃ S ₂
2	7.26	1206	1331.5	2.32	4.00	10.40	1.19	0.00	15.19	0.00	0.68	58.0	5.9	8.87	C ₃ S ₂
3	8.54	1166	1066.1	0.70	3.12	10.18	1.37	1.97	9.87	0.62	1.00	66.0	7.3	8.02	C ₃ S ₂
4	8.44	1200	941.4	0.56	2.58	8.45	1.40	3.16	8.76	0.00	0.58	65.0	6.8	8.78	C ₃ S ₂
5	8.50	1149	1128.0	0.93	3.05	10.18	1.02	1.97	9.41	2.79	0.88	67.0	7.2	7.40	C ₃ S ₂
6	8.85	1133	987.5	0.65	2.86	8.72	1.35	2.23	8.84	0.77	1.22	64.0	6.5	6.55	C ₃ S ₂
7	8.80	1000	866.0	0.83	2.93	8.73	1.00	2.18	7.87	0.00	0.80	64.7	6.2	6.29	C ₃ S ₂
8	8.46	794	727.1	0.76	1.32	8.80	0.80	1.25	6.38	0.00	1.00	75.3	8.5	5.55	C ₃ S ₂
9	7.40	909	862.4	0.92	2.90	6.00	0.78	0.00	9.20	1.01	0.86	56.6	4.4	5.38	C ₃ S ₁

Echantillon	Saturation %	CO ₃ Ca %	pH	Conductivité électrique $\times 10^3$ 25°C	Extrait saturé						PSS	SAR	Ions échangeables			CEC méq/100 g	PSC	PPC	
					Ca	Mg	Na	K	CO ₃ ⁼ CO ₃ H ⁻	Cl ⁻			SO ₄ ⁼	Ca-Mg	Na				K
					méq/l								méq/100 g						
1	52.2	0.90	8.48	2.45	8.50	8.20	19.12	3.20	13.20	8.30	7.00	49.0	6.6	27.68	2.81	5.36	35.85	7.8	14.9
2	46.3	0.60	8.62	2.12	7.10	6.70	19.25	3.10	16.50	6.80	1.70	53.2	7.3	20.61	3.12	4.37	28.10	11.1	15.5
3	45.8	1.00	8.00	4.05	29.30	19.40	26.00	3.35	9.10	9.40	49.00	33.3	5.2	20.90	2.61	5.36	28.87	9.0	18.6
4	50.5	0.20	8.56	3.57	8.40	13.50	27.75	3.22	21.20	11.00	9.50	52.5	8.3	24.16	2.45	3.70	30.31	8.1	12.2
5	55.9	1.00	8.42	2.32	7.60	7.00	19.50	3.30	16.40	9.40	1.80	52.1	7.2	24.05	2.94	5.68	32.67	9.0	17.4
6	47.6	0.30	8.26	3.29	13.60	13.10	23.62	4.65	18.00	8.10	26.50	43.0	6.4	19.97	2.68	5.36	28.01	9.6	19.1
7	40.0	0.60	8.68	3.12	7.70	8.10	25.75	3.40	16.50	12.80	7.50	57.3	9.1	18.48	2.97	5.51	26.96	11.0	20.4
8	44.2	0.60	8.20	2.82	8.40	9.20	21.87	2.60	13.50	19.60	1.30	52.0	7.3	25.10	2.73	3.70	31.53	8.6	11.7
9	40.2	0.60	8.62	3.65	11.90	12.70	27.50	4.95	13.50	11.70	13.50	48.2	7.8	17.51	3.35	3.61	24.47	13.7	14.7
10	42.1	1.00	8.78	3.85	10.70	9.70	24.12	3.22	16.60	8.10	9.00	50.5	7.5	17.50	3.03	6.09	26.62	11.4	22.9

PSS = pourcentage de sodium soluble ; CEC = capacité d'échange de cations ; PSC = pourcentage de sodium échangeable ; PPC = pourcentage de potassium échangeable

Echantillon	Saturation %	CO ₃ Ca %	pH	Conductivité électrique $\times 10^3$ 25°C	Extrait saturé						PSS	SAR	Ions échangeables			CEC méq/100 g	PSC	PPC	
					Ca	Mg	Na	K	CO ₃ ⁼ + CO ₃ H ⁻	Cl ⁻			SO ₄ ⁼	Ca+Mg	Na				K
					méq/l								méq/100 g						
1	40.5	0.00	8.68	2.38	4.40	5.50	16.25	1.95	9.00	9.50	1.90	57.8	7.3	18.78	2.94	3.60	25.32	11.6	14.2
2	40.4	0.70	8.83	1.90	5.30	5.80	16.12	1.71	8.50	10.00	1.40	55.7	6.8	21.69	3.51	4.25	29.45	11.9	14.4
3	41.8	0.60	8.66	3.12	5.50	8.20	20.75	2.37	7.20	11.80	10.50	56.3	7.9	21.08	2.80	3.39	27.27	10.3	12.4
6	41.1	0.30	8.52	2.55	5.70	6.70	16.37	2.35	10.60	6.30	3.60	52.6	6.6	17.95	2.57	3.32	23.84	10.8	13.9
8	40.5	0.30	8.41	2.30	8.40	6.70	18.25	2.25	12.20	11.50	0.30	51.3	6.6	22.33	2.42	3.22	27.97	8.6	11.5

Echantillon	Saturation %	pH	Conductivité électrique $\times 10^3$ 25°C	Extrait saturé						CO ₃ Ca %	PSS	SAR	Ions échangeables	
				Ca	Mg	Na	K	CO ₃ ⁼ - CO ₃ H ⁻	Cl ⁻				Na	Na
				méq/l									méq/100 g	%
1	53.3	8.18	2.43	4.88	15.28	17.64	1.77	9.55	12.70	0.21	44.6	5.6	2.63	6.49
2	42.4	8.00	1.81	3.64	5.40	11.02	1.70	4.67	10.90	0.21	50.6	5.2	2.21	5.99
3	53.2	8.28	2.27	3.53	6.03	15.00	2.35	6.72	13.40	0.60	55.7	6.9	2.95	8.13
4	38.2	8.44	1.93	2.91	5.56	14.12	1.50	4.93	11.35	0.20	58.6	4.9	2.82	5.58
5	54.8	8.21	2.09	5.20	5.77	14.46	1.80	2.57	12.35	0.40	53.1	4.3	3.16	4.89
6	45.5	7.94	1.29	3.03	5.66	9.18	1.16	5.56	6.20	0.80	48.2	4.4	3.26	4.98
7	44.7	7.94	1.19	1.80	3.19	11.47	1.17	3.41	4.60	0.00	65.1	4.6	2.99	5.24
8	51.8	8.36	1.62	4.27	4.37	10.59	1.20	5.09	6.15	1.00	51.8	5.1	4.49	5.88

A	B	C	D	E	F	G	H				I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z																																									
							aa	ab	ac	ad																																																											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30																																								
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100

A	B	C	D	E	F	G	H				I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z																																									
							aa	ab	ac	ad																																																											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30																																								
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100

A	B	C	D	E	F	G	H				I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z																																									
							aa	ab	ac	ad																																																											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30																																								
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100

A	B	C	D	E	F	G	H				I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z																																									
							aa	ab	ac	ad																																																											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30																																								
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100

l'alcalinité des sols ;

6°) les techniques de culture, principalement les apports réguliers de matière organique, ont contribué à favoriser la perméabilité hydraulique du sol et les phénomènes de lixiviation.

En résumé, nous pouvons conclure que les eaux salines décrites peuvent être employées d'une manière satisfaisante, sous réserve d'un programme d'irrigation adéquat, permettant de lui-même un contrôle de la salinité et de l'alcalinité des sols, dans les conditions indiquées.

BIBLIOGRAPHIE

- 1 - FERNANDEZ CALDAS (E.) y PEREZ GARCIA (V.). 1967. Las aguas subterráneas de Tenerife. *Anales Edafologia y Agrobiologia*, 26, 293-308.
- 2 - EATON (F.M.). 1950. Significance of carbonates in irrigation waters. *Soil Science*, 69, 123-133.
- 3 - WILCOX (L.V.), BLAIR (G.Y.) et BOWER (C.A.) 1954. Effect of bicarbonate on suitability of water for irrigation. *Soil Science*, 77, 259-266.
- 4 - Mc GEORGE (W.T.). 1952. The salinity Problems - Safford Experiment farm laboratory Studies. *University of Arizona. Technical Bull.* 125.
- 5 - HEIMANN et al. Irrigation with saline water and the ionic environment. *Potassium Symp.*, 5, 173-220, Berne 1958.
- 6 - LANGELEIR (W.E.). 1936. The analytical control of anticorrosion water treatment. *I. Am. Water Works Assn.* 28, 1500-1521.
- 7 - HAUSENBULLER (R.L.), HAGUE (M.A.) et ABDUL WAHHAB. 1960. Some effects of irrigation waters of differing quality on soil properties. *Soil Science*, vol.90, n°6, 357-364.
- 8 - KELLEY (W.P.). 1963. Use of saline irrigation water. *Soil Science*, vol. 95, n°6, 385-391.
- 9 - FERNANDEZ CALDAS (E.) y FERNANDEZ-TRUJILLO MARTINEZ (F.). 1962. Platanos, fertilización y técnicas de cultivo en Canarias. *Acta primera Reunion Plenaria del Instituto de Edafologia y Agrobiologia - Universidad de Salamanca.*
- 10 - BOWER (C.A.). 1961. Prediction of the effects of irrigation waters on soils. *Proc. UNESCO Arid Zone Symposium "Salinity problems in the Arid Zones" (Téhéran, Iran)* 215-222.
- 11 - ERICKSON (E.). 1952. "Cation-Exchange equilibria in clay minerals". *Soil Science*, n° 74, 103-113.
- 12 - CHAMPAN (H.D. Laurence), B.M. y BUIGHAM (F.T.). 1952. Salinity changes in irrigated soils. *Calif. Citrograph*, 38, 48-58.

