

Pédo

Effets Toxiques d'Eaux Salées  
et de Solutions Salines du Sol  
en Cultures Irriguées  
au Liban

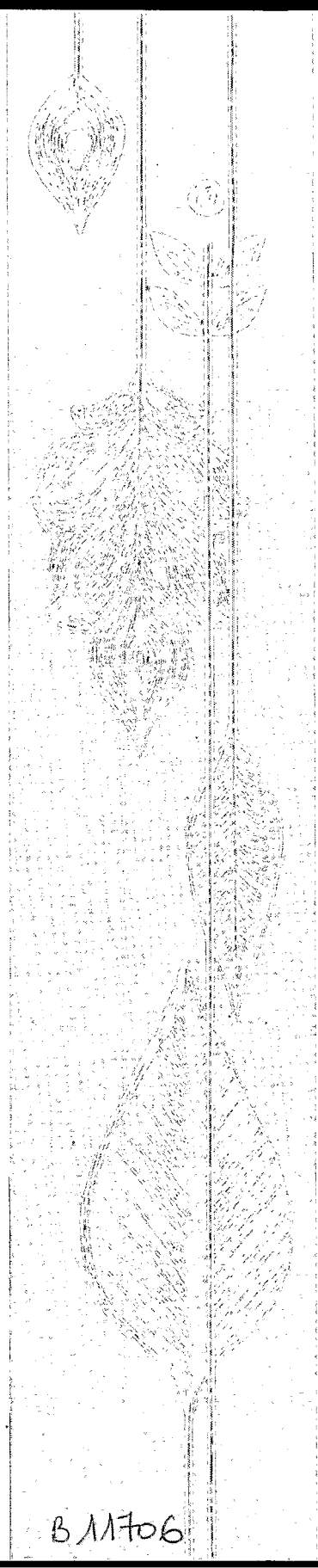
M. Lamouroux, P. Willaime et P. Davet

PUBLICATION N° 8 ( Série Technique ) MARS 1967

INSTITUT DE RECHERCHES AGRONOMIQUES  
LIBAN

MAGON

BAM706



MAGON. — Écrivain carthaginois qui a vécu vers 140 av. J.-C. Il écrivit en 28 volumes un Traité sur l'Agriculture et la Médecine Vétérinaire qui fut traduit en latin par ordre du Sénat.

Extrait de *L'Histoire de l'Agriculture Ancienne*  
par A. ABOU NASSER, Beyrouth 1960.

# M A G O N

INSTITUT DE RECHERCHES AGRONOMIQUES  
LIBAN

Publication N° 8

Série Technique

Mars 1967

## EFFETS TOXIQUES D'EAUX SALEES ET DE SOLUTIONS SALINES DU SOL EN CULTURES IRRIGUEES AU LIBAN

PAR

M. LAMOUREUX, P. WILLAIME et P. DAVET

### SOMMAIRE

	PAGE
I — INTRODUCTION . . . . .	1
II — UTILISATION D'EAUX SALEES SUR LE LITTORAL ..	2
III — MAUVAISE VEGETATION PAR TACHES DANS LA BEKAA CENTRALE . . . . .	5
IV — ACCIDENTS DE VEGETATION DANS LE SUD DE LA BEKAA . . . . .	11
V — CONCLUSION . . . . .	15
VI — RESUME . . . . .	17
VII — BIBLIOGRAPHIE . . . . .	19

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

Collection de Références

26 SEPT 1967

n° 11706

EFFETS TOXIQUES D'EAUX SALEES ET DE SOLUTIONS  
SALINES DU SOL EN CULTURES IRRIGUEES  
AU LIBAN

PAR

M. LAMOUREUX, P. WILLAIME et P. DAVET\*

I — INTRODUCTION

D'une façon générale les sols du Liban ne sont pas salés et les eaux utilisées pour l'irrigation sont relativement douces. Les solutions du sol, mises à la disposition des plantes sont souvent chargées en bicarbonates de calcium, essentiellement. Ces solutions jouent un rôle primordial dans l'évolution du sol et dans la physiologie de la plante. Des teneurs trop élevées en sels peuvent provoquer des troubles graves dans l'alimentation en eau des plantes.

Deux cas de toxicités salines ont attiré notre attention ces dernières années. Le premier déjà, bien connu des cultivateurs du littoral, concerne la salure des eaux de puits en certains points et à certaines périodes de l'année. Le deuxième, moins connu, est dû à de fortes concentrations salines occasionnées par d'importantes fumures minérales, mais dont la cause est en fait un concours de circonstances naturelles et accidentelles.

---

\* Directeur et Maîtres de Recherches de l'ORSTOM, détachés à l'Institut de Recherches Agronomiques de Tel 'Amara (Liban).

## II — UTILISATION D'EAUX SALEES SUR LE LITTORAL

1 — *Faits observés.*

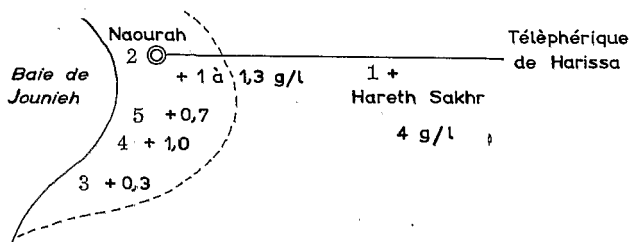
C'est un phénomène courant en bordure de mer d'observer des accidents de cultures dus à l'utilisation d'eaux salées. Depuis un certain nombre d'années des cas semblables ont été signalés sur le littoral libanais dans le Akkar, dans la région de Tyr et récemment dans la baie de Jounié.

Ce dernier cas, étudié au cours de l'été 1965, est assez typique :

— Un propriétaire de la baie de Jounié, à Hareth Sakr, a constaté que l'eau de son puits était salée et provoquait des dégâts aux cultures irriguées. Le puits situé à 5 mètres au-dessous du niveau de la mer atteint 105 mètres de profondeur et contient une eau de plus en plus salée en été. Des analyses effectuées entre le 5 et 10 Juin donnaient 3,4 g/l. de sel (NaCl) alors que le 7 Juillet la teneur en ClNa atteignait 4 g./l.

Les irrigations commencées vers le 10-15 Mai sur fraisiers, haricots, tomates, concombres et bananiers ont provoqué les premières toxicités visibles dès la fin Mai. Les fraisiers et concombres étaient très touchés début Juillet. En Novembre, les bananiers étaient en mauvais état, sauf en bordure de l'habitation.

Des échantillons prélevés dans d'autres puits de la baie de Jounié ont laissé apparaître des taux de chlorures (tableau 1) beaucoup moins élevés, comme le montre le schéma ci-dessous :



Taux de chlorures dans quelques puits de la baie de Jounieh.

Tableau 1 — Analyses des eaux de quelques puits de la Baie de Jounié.

Lieux de prélèvements	pH	Conductivité micromhos à 25°C/cm	CO <sub>3</sub> g/l	CO <sub>3</sub> H g/l	Cl g/l	Chlorures g/l
1 - Haret Sakhr Prélèvement 1	7,8	7400	0,12	0,27	2,43	4,01
Après 1h de pompage	7,8	7200	0,24	0,25	2,48	4,09
2 - Naourah 1er puits	7,55	5200	Traces	0,4	0,66	1,08
2ème puits	7,50	5700	»	0,40	0,79	1,30
3 - Entrée de Jounié	7,35	940	0	0,39	0,17	0,28
4 - 5 - Centre de Jounié 4	7,4	2610	0	0,41	0,58	1,02
5	7,3	2290	0	0,45	0,44	0,72

## 2 — Discussion.

D'après les données des laboratoires de Riverside (USA) les eaux de Haret Sakhr ont une salinité et une alcalinité très élevées. Les autres stations de Jounié présenteraient une forte salinité et une faible alcalinité. En fait des travaux effectués en algérie (P. Simonneau et G. Aubert — 1963) ont montré que l'on pouvait être plus tolérant suivant les conditions de milieu.

— *La nature du sol* intervient dans la rétention des sels. En sol sableux, un grand nombre de cultures peut être pratiqué avec une eau à 4 g/l. de NaCl. A Naourah, le sol est assez sableux et les tomates ne souffrent pas avec 1 g. à 1,3 g. de NaCl/l. mais à Hareth Sakhr le sol est plus argileux et les chlorures beaucoup moins bien lessivés se concentrent et deviennent nocifs.

— *La fumure*, surtout organique, améliore l'état végétatif des cultures irriguées avec des eaux salées, ou pratiquées sur des sols à alcalis ou riches en calcaire actif. Son rôle n'est pas très bien connu, mais il semble qu'elle augmente la vigueur des plantes, fixe des sels toxiques et peut rendre assimilable le fer sous forme de complexes organo-ferriques.

— *Le choix des variétés cultivées* est généralement un très bon moyen de lutter contre le sel. Le tableau 2 montre que toutes les plantes ne résistent pas de la même manière aux sels. Il s'agit de faire son choix en fonction de la nature du sol et du degré de salinité des eaux. Les valeurs données dans le tableau 2 correspondent à des résultats obtenus en sols sableux ; il importe d'être plus exigeant en sols argileux.

### 3 — *Conclusion.*

Plusieurs alternatives se présentent à l'utilisateur d'une eau contenant plusieurs grammes de NaCl par litre.

— *Il peut abandonner* les irrigations ou se contenter de planter des oliviers et amandiers par exemple, arbres qui supportent facilement des eaux atteignant ce degré de salinité.

— *Il peut persister dans son dessein* d'irriguer des plantes maraîchères. Dans ce cas il doit n'utiliser que des plantes reconnues comme tolérantes aux sels : asperge, ail, oignon, radis, poireau, etc... Mais il doit périodiquement faire contrôler la salure du sol et des eaux d'irrigation et utiliser d'importantes doses de matières organiques.

— *Il peut rechercher* une eau moins salée et dans ce cas il ne semble pas souhaitable d'envisager la solution des mélanges d'eau recherchant un taux de salinité acceptable.

Tableau 2 — Tolérance aux chlorures de certaines plantes  
(résultats obtenus aux stations d'Igli et d'Adrar en Algérie)

<i>Plantes</i>	<i>Tolérance (chlorures)</i>
<i>1 — Plantes maraichères</i>	
— Fraisier - Haricot	Moins de 1 g./l.
— Fève - Melon - Petit-pois- Courge - Courgette - Laitue	3 à 5 g./l.
— Aubergine - Artichaut Cardé - Chou - Carotte Navet - Piment - Poivron Tomate - Pomme de terre Maïs.	6 à 8 g./l.
— Asperge - Betterave - Ail Radis - Oignon - Poireau.	9 à 11 g./l.
<i>2 — Arbres fruitiers</i>	
Par ordre décroissant de résistance aux sels :	
Grenadiers - Figuier - Olivier - Amandier - Abricotier - Bananier (local) - Citronnier - Oranger - (Ces deux derniers étant très sensibles aux sels).	
<i>3 — Divers</i>	
Par ordre décroissant :	
Mélilot - Luzerne - Blé - Orge	

### III — MAUVAISE VEGETATION PAR TACHES DANS LA BEKAA CENTRALE

#### 1 — *Faits observés et premiers résultats d'analyses de sols.*

En allant de Safra à Tel Akdar, dans la Bekaa centrale, un peu avant d'arriver à ce dernier village, il est fréquent d'observer au printemps des trous de végétation, et des zones où la végétation reste chétive.



Un examen attentif de la plantation du Général Yung, au cours de l'été 1965, a mis en évidence ce phénomène. Par points le maïs et les pommes de terre n'avaient pas germé, en d'autres points les plantes étaient chétives et chlorosées.

Les eaux d'irrigation avaient totalement détruit la structure de surface des sols qui prenaient un aspect fermé et polygoné, caractéristique des sols salés.

De nombreuses efflorescences blanches, salines, apparaissaient au sommet des mottes, beaucoup plus abondantes que celles observées habituellement dans les sols irrigués de la Bekaa.

Une série d'analyses sur des échantillons de zones salées et de zones non salées permet de dégager la nature de cette toxicité. Des analyses d'eaux d'irrigation ont par ailleurs montré leur bonne qualité.

Les analyses habituelles sur le sol ne revèlent absolument rien d'anormal (Tableau 3) :

Tableau 3 — Analyses du sol (terre séchée à 105°C.)

<i>Echantillon</i>	210.1	210.2	210.3	211.1	212.1	212.2	212.3	213.1
<i>Profondeur en cm</i>	0-10	20-30	Effl.	0-10	0-10	20-30	55-75	0-10
<i>Etat de la végétation</i>	Parcelles où le maïs n'a pas germé			P.det. A.B.	Le maïs n'a pas ou a mal germé			P.det. A.B.
<i>pH</i>	7,9	7,7	7,9	8,0	8,1	8,2	8,2	8,0
<i>CaCO<sub>3</sub> Act. ‰</i>	7,5	7,5	9,0	8,0	12,0	12,5	21,0	12,5
<i>Mat. Org. ‰</i>	2,3	1,9	2,0	2,5	2,3	2,0	1,0	3,1
<i>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> Ass. mg.‰</i>	2,4	1,4	2,4	2,6	1,0	1,4	tr.	11,0
<i>Bases échang. méq. ‰</i>	41,0	39,7	48,0	41,5	37,0	25,2	19,7	29,7
<i>Na/Ca ‰</i>	6,8	7,8	10,7	5,5	6,3	9,3	12,2	7,3
<i>Argile + limon(‰)</i>	83,3	81,4	80,8	68,6	78,3	77,3	63,7	80,8

— Sol argilo-limoneux, moyennement organique, calcaire mais pas en excès, bien pourvu en éléments nutritifs.

Les taux Na/Ca ne montrent pas des caractères d'alcalinité dans ces sols.

Par contre, les solutions obtenues sur pâtes saturées (Tableau 4) mettent en évidence les très fortes conductivités (en millimhos/cm/25°C) de ces solutions, surtout dans les tâches de mauvaise végétation. Ces taux, à eux seuls, sont suffisants pour expliquer les effets toxiques des concentrations salines.

Tableau 4 — Analyses des solutions du sol (Extraits de pâtes saturées).

Echantillon	210.1	210.2	210.3	211.1	212.1	212.2	212.3	213.1
<i>pH</i>	6,85	7,7	6,9	7,6	7,7	7,9	7,6	7,6
<i>Conductivité en mmhos/cm/25°C</i>	11,7	7,5	50,0	4,0	5,9	1,7	5,6	4,8
<i>Salure correspondant à cté en még. %</i>	14,5	9,0	40,0	4,5	7,0	1,8	6,5	5,5
<i>Cl. en mg. %</i>	117,0	68,3	568,0	17,7	47,0	7,1	37,3	17,7
<i>Na. en mg. %</i>	10,2	8,0	80,0	3,1	5,1	2,7	6,6	2,8
<i>SO<sub>4</sub> mg. %</i>	16,5	7,9	18,4	12,2	6,1	4,9	12,2	29,4
<i>Ca mg. %</i>	66,0	35,8	298,0	19,3	27,7	6,0	19,3	31,4
<i>Mg. mg. %</i>	5,3	4,6	13,4	1,9	2,2	0,6	0,7	1,2
<i>CO<sub>3</sub>H mg. %</i>	3,0	7,3	6,1	6,1	6,1	3,6	6,1	6,1

Il semble que les chlorures soient assez importants, mais le chlorure de sodium n'est pas ici l'élément dominant, d'autres chlorures sont très abondants. Des sulfates, bicarbonates, carbonates, phosphates, etc... sont également présents dans les solutions du sol.

## 2 — *Causes probables.*

Une première constatation s'impose, les zones de mauvaise végétation correspondent :

- à la partie centrale de la Bekaa régulièrement inondée en hiver pendant 2 ou 3 mois,
- à des microdépressions où l'eau s'accumule dès les premières pluies et persiste le plus longtemps au printemps.

La salinité des eaux d'inondation, suivie au cours de l'année, a montré un accroissement des concentrations salines. Ceci s'explique par un très mauvais drainage de la Bekaa centrale et une infiltration pratiquement nulle dans ces sols très argileux et gorgés d'eau. Les fortes doses d'engrais minéraux, habituellement utilisées, entraînent des concentrations élevées dans les solutions du sol et la formation d'abondantes efflorescences salines en surface à la fin de l'été.

Dès les premières pluies, au début de l'hiver, les eaux se chargent des sels solubles accumulés en surface. Comme elles ne sont que très faiblement drainées par le chenal du Litani, elles se concentrent par évaporation et finissent par former des mares relativement salées dans les microcuvettes de la plaine centrale.

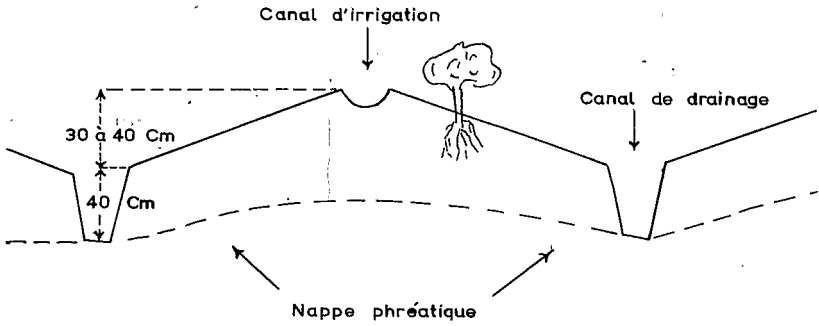
## 3 — *Remèdes préconisés.*

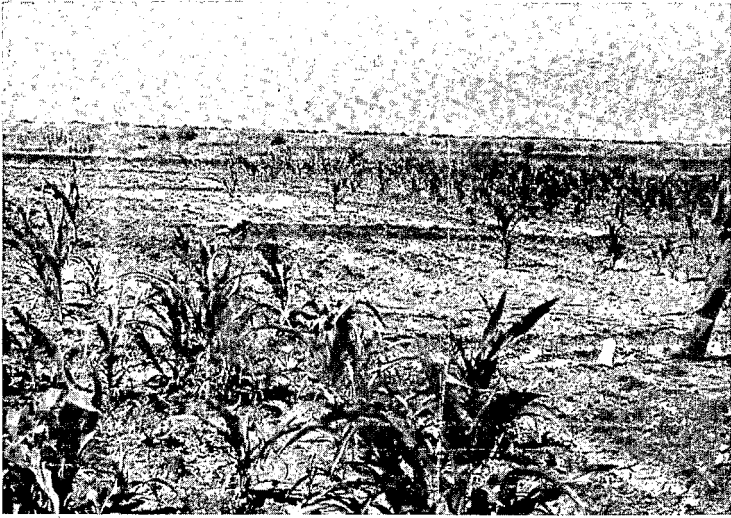
Le remède qui s'impose consiste à drainer la Bekaa centrale. Les services compétents ont déjà envisagé le problème et connaissent les moyens de remédier à cette calamité.

Faute de pouvoir drainer la Bekaa centrale, des palliatifs pourraient être envisagés pour éviter la salure des microcuvettes. Un des meilleurs moyens consisterait à éviter que les eaux s'accumulent dans les creux, en confectionnant, dans toutes ces zones plus ou moins déprimées, des planches bombées (schéma 1) de 10 à 15 mètres de large. L'irrigation se fait par le sommet et le drainage entre les planches. La mise en place de ces planches demande de gros travaux au début, mais ce système évite la stagnation des eaux, favorise le déssalage des

sols en hiver et permet en outre de labourer 2 à 3 semaines plus tôt, du fait que le sol est mieux réssuyé puisque surélevé de 20 à 40 cm. par rapport au niveau normal.

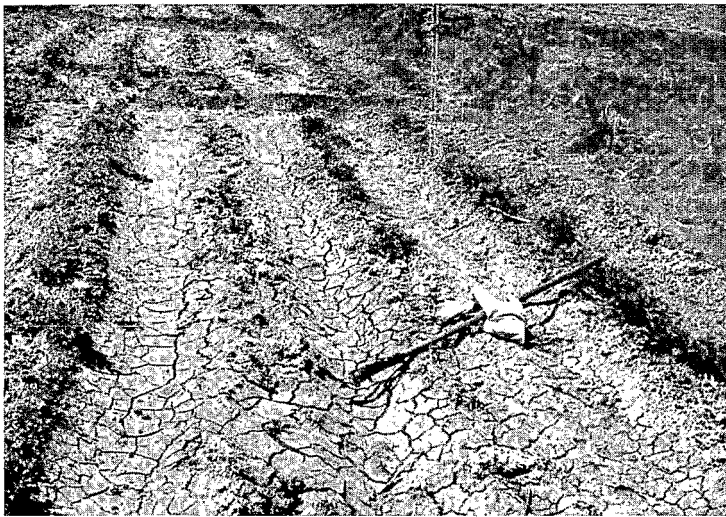
*Schéma 1* — Planches bombées surélevant la surface du sol, par rapport à la nappe phréatique.





*Tel Akhdar*

*Dans cette tâche le maïs n'a même pas germé.*



*Un des aspects caractéristiques de sols salés : Structure polygonée de la surface, efflorescences salines blanches (échant. 210 - tableaux 3 et 4)*

Si les engrais sont indirectement la cause de la salure des eaux, il n'est évidemment pas question de les rendre responsables de ces accidents de végétation. Cependant, il faut mettre en garde le cultivateur contre l'emploi de doses trop importantes d'engrais minéraux, dont les excès sont soit lessivés en profondeur, soit accumulés à la surface des sols sous forme d'efflorescences salines blanches.

#### IV — ACCIDENTS DE VEGETATION DANS LE SUD DE LA BEKAA

##### 1 — *Observations et Considerations Générales.*

Au cours de l'été 1966 un accident de végétation, particulièrement intéressant, a été signalé à l'attention de l'Institut de Recherches de Tel 'Amara, dans la région de Joub-Jannine (Kamed el loz).

Des parcelles entières de concombres ont péri au cours des mois de Juillet et Août, en pleine végétation.

Des renseignements fournis par les cultivateurs ont révélé les applications suivantes d'engrais minéraux (10-10-10).

— 900 kgs/ha en Mars

— 1000 à 1200 kgs./ha en Avril

plus des applications périodiques de sulfate d'ammoniaque tous les 15 jours, par petits tas au pied de chaque plante, dans les raies, comme cela a été constaté. Les irrigations à la raie se faisaient tous les 4 ou 5 jours.

Avec de telles doses d'engrais minéraux deux conséquences sont à craindre : d'une part, avec des quantités d'eau d'irrigation très élevées et des sols drainant bien, des pertes d'engrais peuvent se faire par lessivage. D'autre part, en période de forte évapotranspiration, les sels peuvent se concentrer en surface et provoquer des sursaturations telles que la plante n'absorbe plus l'eau nécessaire à son alimentation et se dessèche.

## 2 — Méthodes d'étude.

Pédologues et phytopathogiste se sont associés afin de mieux cerner le problème. Des visites répétées sur le terrain ont permis d'effectuer un inventaire phytosanitaire succinct et quelques prélèvements d'échantillons de plantes et de sols. Par ailleurs, des analyses d'eau d'irrigation ont montré la bonne qualité de cette eau.

### 2.1 — Résultats succincts d'analyses de sols.

Le tableau 5 présente quelques résultats obtenus sur extraits de pâtes saturées d'échantillons prélevés en zones saines et malades.

Tableau 5 — Extraits de pâtes saturées sur échantillon de sol de Kamed el Loz.

No. échantillon Profondeur cm.	Zone saine			Zone malade			Efflorescence KHA. 5
	KHA. 2	KHA. 3	KHA. 6	KHA. 1	KHA. 4	KHA. 9	
Conductivité (millimhos/cm. 25°)	0-10	0-10	15-25	0-10	0-10	0-5	0-1
Anions et cations en mg% de sol séché à 105°C.	1,9	1,7	1,7	4,2	5,5	12,0	16,2
Cl	1,8	1,0	3,5	4,2	5,2	21,3	35,5
SO <sub>4</sub>	—	—	14,4	—	—	15,4	15,6
PO <sub>4</sub> H <sub>2</sub>	—	—	9,7	—	—	38,8	97,0
Ca ++	—	—	8,0	—	—	66,0	100,0
Mg ++	—	—	2,4	—	—	4,8	3,6
K +	—	—	0,4	—	—	0,4	1,9
Na +	—	—	0,9	—	—	4,6	11,5

Ce tableau montre clairement qu'un excès de chlore dans les solutions du sol ne peut être incriminé pour expliquer le dessèchement généralisé du feuillage. Exprimée en ClNa% sol la teneur la plus forte (échantillons KHA5) est voisine de 60 mg.

Seules les quantités globales d'ions en solution nous paraissent anormalement élevées dans les échantillons provenant des zones malades (conductivité supérieure à 4 mmhos/cm.).

## 2.2 — *Enquête phytopathologique.*

Les dégâts ont commencé à se manifester vers le 1er Juillet et sont devenus très rapidement importants. Les journées précédentes avaient été marquées par une nette élévation de la température. Le 15 Juillet, date de notre visite, on pouvait estimer qu'il y avait 50% de plants flétris ou en voie de dessèchement. La répartition des plantes fanées était variable d'une parcelle élémentaire à l'autre. Mais d'une façon générale, il y avait davantage de concombres desséchés en bas de pente et en bout de rigole.

On observe d'abord une fanaison des extrémités des plantes, puis les feuilles se recroquevillent et sèchent rapidement. Lorsque le dessèchement des feuilles est avancé, on peut noter des étranglements sur les tiges, mais la partie basale des plantes reste longtemps fraîche et turgescente. Ce n'est qu'en fin d'évolution qu'elle se flétrit à son tour, et l'on peut alors trouver fréquemment une pourriture molle de la région du collet, due à divers parasites secondaires.

Nous avons trouvé dans le même champ une petite parcelle de courgettes atteintes de la même manière. Par contre, les haies de maïs servant de brise-vent entre les parcelles avaient toutes un très bon développement.

L'examen des feuilles, des tiges et des racines ne nous a permis de déceler aucun parasite d'origine cryptogamique. Le système vasculaire des plants malades a un aspect normal, et le système racinaire, quoique parfois un peu réduit, ne semble pas attaqué. Les isollements effectués dans différents organes ont tous été négatifs. Il ne semble pas d'autre part qu'il puisse s'agir de dégâts attribuables à des insectes. Il n'y avait ni pucerons ni acariens sur le feuillage, et aucune larve n'a été trouvée à proximité des racines.

Les symptômes que nous décrivons ne sont pas sans rappeler le "grillage des feuilles de melon" signalé par Messiaen et Lafon (1963) dans le sud-ouest de la France. Les causes de cette maladie n'ont pas été clairement établies, mais ont été attribuées à un désordre physiologique.



### 3 — *Causes possibles du dépérissement des concombres.*

A notre avis, et dans ce cas particulier seulement, où l'observation de terrain n'a pas révélé l'existence d'orobanches, de maladies cryptogamiques ou de larves phytophages, le phénomène de dessèchement généralisé des organes aériens pourrait être attribué à la conjugaison de deux processus, se situant l'un dans le sol au niveau des poils absorbants, l'autre dans l'air au niveau des surfaces foliaires évaporantes.

En Juillet-Août, époque de nos observations, l'évapotranspiration potentielle (ETP) journalière peut atteindre dans la Bekaa des valeurs voisines de 9mm. (A Tanaïel les évaporations enregistrées au bac de classe A ont toutes été supérieures à 11 mm. entre le 28 Juillet et le 3 Août. A Terbol l'évaporation du 30 Juillet a atteint 14,3 mm). Aussi il est fort probable que les valeurs de l'ETP instantanée très élevées, correspondant aux heures chaudes et ensoleillées de la journée, aient provoqué un arrêt de la transpiration stomatique, d'autant plus prolongé que les quantités d'eau que pouvait « offrir » le sol pour satisfaire les "demandes" de la plante étaient faibles, car difficilement extractibles.

En effet, les fortes concentrations des solutions du sol ont une action doublement néfaste sur la dynamique de l'eau et par la même sur l'alimentation hydrique des plantes : d'une part l'énergie de rétention du sol vis-à-vis de l'eau augmente quand la pression osmotique des solutions du sol augmente, d'autre part l'absorption de l'eau au travers des membranes cellulaires se fait d'autant plus difficilement que la différence de pression osmotique entre la solution du sol et le liquide intracellulaire est plus faible.

Il n'est donc pas interdit de penser que le manque d'eau dans les tissus, qui continuent à se déshydrater par voie cuticulaire après fermeture des stomates, ainsi que la réduction des échanges gazeux donc de l'activité photosynthétique, ne créent des déséquilibres métaboliques et structuraux tels, qu'une reprise de turgescence s'avère difficile puis progressivement impossible.

Ce sont là des conclusions peut-être hâtives vu le nombre réduit d'échantillons analysés, mais qu'il importait de formuler, en attendant qu'un travail systématique approfondi soit entrepris sur cette question.

#### 4 — *Remèdes préconisés.*

On ne peut intervenir sur le rayonnement global incident sans perturber l'assimilation chlorophyllienne, fonction vitale pour la plante ; de même il est impossible de faire baisser le déficit de saturation de l'atmosphère. Par contre on peut réduire les apports advectifs d'énergie en diminuant la turbulence de l'air au niveau du feuillage, par l'utilisation de brise-vents. Aussi nous pensons que la généralisation à l'ensemble du périmètre irrigué de techniques culturales déjà adoptées par certains cultivateurs, techniques qui consistent à border les microparcelles de cultures d'une rangée de maïs, serait excellente mais non suffisante pour annihiler les risques de dessèchement de certaines plantes maraîchères.

Il faudrait également réduire la concentration des solutions du sol en épandant des quantités d'engrais moindres et surtout en étalant ces apports dans le temps (doses fractionnées) et dans l'espace (répartition des engrais tout le long des billons). Il faudrait, enfin, éviter de faire des épandages pendant les très fortes chaleurs d'août, au moment où la plante a de gros besoins en eau, besoins qu'elle ne peut satisfaire à partir de solutions trop salées.

#### V — CONCLUSION

Dans les trois cas envisagés il s'agit d'un excès de sels dans les eaux mises à la disposition de la plante. Que les sels soient apportés avec des eaux salées, avec des engrais minéraux appliqués à fortes doses ou qu'ils soient préexistants en grande quantité dans les sols, ils peuvent nuire à la plante.

Les sels dissous sont directement absorbés par les racines des plantes, mais en petite quantité, en même temps que l'eau dont elles ont besoin.

Si pour une raison ou pour une autre les solutions du sol sont anormalement enrichies en sels solubles leur pression osmotique se trouve accrue et inversement l'absorption de l'eau par les racines est réduite.

Eaton (1941) a montré qu'en ajoutant du sucre à une solution nutritive (la pression osmotique passait de 0,3 à 1,8 atmosphère) les tomates et le maïs ne consommaient pas plus que la moitié de l'eau dont ils avaient besoin.

Damagnez (1961) cite Kramer (1950) et Eaton (1941) qui attribuent cette réduction d'absorption de l'eau par les plantes non seulement à une augmentation du gradient de pression osmotique mais également à des modifications de perméabilités des parois cellulaires (subérisations et modifications des propriétés protoplasmiques des cellules). Quelle qu'en soit la cause précise, des solutions salines concentrées diminuent considérablement l'absorption de l'eau par les plantes, entraînant très rapidement leur dépérissement.

Dans chacun des cas envisagés ici, il s'agit d'eaux ou de solutions du sol dont les concentrations ont dépassé les taux critiques pour les plantes, soit par apport d'eau de mer salée, soit par concentration de l'eau du sol du fait de très fortes évapotranspirations.

Il ne s'agit, en fait, que d'accidents faciles à prévenir, et des conseils ont été donnés à cet effet dans chacun des cas étudiés.

Par contre un problème beaucoup plus grave, qui n'a pas été envisagé ici, est celui des excès de carbonates de calcium dans les sols.

Les sols du Liban sont très riches en calcaire et les agriculteurs connaissent bien les difficultés d'adaptation d'espèces et de variétés à de tels sols. Le calcaire à l'état très fin, calcaire actif, nuit à l'assimilation du fer, mais il peut s'agir également dans ce cas d'un excès de sels de calcium dans les solutions du sol d'où une mauvaise absorption de l'eau.

Suivant la nature des roches calcaires, les sols considérés, les plantes cultivées, les quantités d'eau utilisées, etc... les réactions de la plante aux sels des solutions ne sont pas les mêmes et là s'ouvrent d'intéressants sujets de recherches appliquées, surtout avec la mise en valeur du versant Sud-Ouest du Mont-Liban.

## VI - RÉSUMÉ

Dans cette note a été abordée l'étude de trois accidents de végétation, causés soit de fortes quantités de ClNa soit par un excès d'ions dans les solutions du sol.

Dans le première chapitre, qui traite de l'action des eaux d'irrigation salée sur les plantes maraichères, il est rappelé que le seuil de tolérance aux chlorures dépend non seulement de l'espèce végétale mais aussi de certaines propriétés du sol.

Dans le second chapitre, les auteurs ont montré que la convergence et la persistance des eaux dans les microcuvettes mal drainées de la Lekaa centrale, provoquaient, à la suite d'une lente évaporation, une accumulation d'efflorescences salines dans les horizons superficiels, invisible à la croissance des plantes. Pour assainir les terres, il est préconisé un nouveau profilage des parcelles de culture.

Enfin le troisième chapitre a été consacré à l'étude d'un accident de végétation spectaculaire, dont les causes, moins évidentes que dans les deux cas précédents, ont été attribuées à la conjugaison de deux processus : Evapotranspiration instantanée élevée d'une part, trop forte concentration dans l'espace et dans le temps des épandages d'engrais minéraux.

## SUMMARY

This report is concerned with three abnormal plant growth phenomena, caused either by strong concentrations of sodium chloride, or by an excess of ions in soil solutions.

The first chapter deals with the effect of saline irrigation water on vegetable crops. It is reminded that the tolerance limits to chloride depend on the species concerned as well as some soil properties.

In the second chapter the authors point out that the convergences and stagnation of water in the badly drained microcuvettes of the central Bekaa, lead to the accumulation of salt in the superficial soil layers, after the water has slowly evaporated. This salt deposition was harmful to plant growth. To remedy this condition soil grading is advocated.

The third chapter deals with a spectacular phenomenon which has been attributed to the interaction of two processes: high instantaneous evapotranspiration coupled to heavy applications of fertilizers.

VII — BIBLIOGRAPHIE

- Damagnez J.  
(1961) — Influence de la salure sur la consommation d'eau des plantes - Ronéo - Service Botanique et Agronomie de Tunisie.
- Damagnez J. et Willele O.  
(1961) — Les besoins en eau réels des cultures et les possibilités d'utilisation des réserves d'eau du sol en Tunisie. Influence de la salure. Annales Agronomiques (France) - Série A.
- Eaton F. M.  
(1941) — Water uptake and root growth as influenced by inequalities in the concentration of the substrate - Plant Physiology 16/545-564.
- Lamouroux M.  
(1965) — Compte - rendu de mission dans la région de Jounié - Ronéo - ILRA Tel 'Amara.
- Messiaen C. M. et Lafon R.  
(1963) — Les maladies des plantes maraîchères - INRA - 1 p. 110.  
p. 110.
- Sarraf S.  
(1966) — Evaporation en bacs de classe "A" à Terbol et à Tanaïel - Magon - Série Technique 1 - 1966.
- Simonneau P. et Aubert G.  
(1963) — L'utilisation des eaux salées au Sahara - Annales Agronomiques 14 (5) - 859-872.
- U.S. Department agriculture  
(1954) — Agriculture Hand book n° 10 - Saline and alkali soils.