



ONAGRI  
TUNISIE

MICROFICHE N°

10173

REPUBLIQUE TUNISIENNE  
MINISTERE DE L'AGRICULTURE

الجمهورية التونسية  
وزارة الزراعة

Observatoire National de l'Agriculture  
30, Rue Alain Savary - 1002 Tunis

المركز الوطني للفلاحة  
41 - محمد الخامس - 1002 تونس

F

ES 309

CSIA 40173

REPUBLIQUE TUNISIENNE

MINISTRE DE L'AGRICULTURE

DIRECTION DES SOLS

CSIA 40172



**suivi de l'évolution de la salinité des sols  
dans les périmètres irrigués de Tunisie  
(distribution géographique et approche adoptée)**

**H. Ben Hassine et A. Mimet**

6224 10 123

REPUBLIQUE TUNISIENNE  
MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE  
DIRECTION DES SOLS

**Suivi de l'évolution de la salinité des sols dans les  
périmètres irrigués de Tunisie**

( distribution géographique et approche adoptée )

**E S 309**

**H. Ben Hassine et A. Mtimet**

( avec la collaboration des arrondissements régionaux )

**Juin 1999**

## SOMMAIRE

1 - Introduction	1
2 - La salinisation des sols : les causes et les précurseurs	2
3 - Le contrôle de l'évolution de la salinité des sols dans les périmètres irrigués	3
3-1- Les objectifs des actions de contrôle	3
3-2- Nature des travaux de contrôle	4
3-2- Les différentes étapes de l'activité de contrôle	4
4- Inventaire des sols sensibles à la salinisation secondaire. Résultats de suivi.	5
4-1- Approche et méthode de choix des périmètres sensibles à la salinisation secondaire	6
4-2- Les surfaces à contrôler	6
4-3- La distribution des surfaces à contrôler par gouvernorat	7
5- Les périmètres contrôlés au cours de l'année 1998	10
6- Les difficultés de réalisation des activités de suivi et les propositions de solutions	14
6-1- Les difficultés de réalisation	14
6-2- Les propositions de solution	15
7- Conclusion	15
Bibliographie	

## 1- Introduction

Les surfaces irriguées ne cessent de croître dans notre pays au fur et à mesure de l'évolution des programmes de mobilisation des eaux souterraines ou de ruissellement, pour atteindre actuellement les 340.000 ha environ. Les prévisions pour les prochains plans quinquennaux porteront ces surfaces à 400.000 ha. Ces importantes réalisations qui contribuent à intensifier la productivité des terres et à augmenter la production agricole du pays, constituent des acquis précieux à sauvegarder et à exploiter pour les durées les plus longues possibles. L'aménagement de toutes ces surfaces, leur équipement et leur maintenance ont nécessité des crédits importants, de sorte que tout déplacement de périmètre, à cause de la chute de la productivité de ses sols, constitue une perte pour le pays et nécessite la mobilisation de nouveaux moyens financiers, humains et matériels. La salinisation secondaire des sols est l'une des causes de la chute de la productivité de ces sols, dans les périmètres irrigués. Ses origines sont multiples et diversifiées et sa prévention passe inéluctablement par la bonne gestion des sols et des eaux d'irrigation, essentiellement. Les travaux de contrôle de l'évolution de la salinisation secondaire des sols dans les périmètres irrigués, instaurés officiellement comme activités ordinaires au sein de la Direction des sols, ont pour objectifs de localiser à l'échelle spatiale les surfaces salinisées, déterminer les origines de la salinisation, sa position dans le profil de sol et formuler les propositions de solutions pour bonifier les sols et corriger leurs contraintes. De telles mesures sont indispensables car le diagnostic et la localisation précise des anomalies sont des données utiles permettant de proposer les méthodes exactes d'intervention en vue d'améliorer la productivité des sols.

Ces tâches de suivi complétant les travaux de recherche menés par d'autres institutions, sont actuellement distribuées sur tous les gouvernorats où les arrondissements des sols dans les CRDA assurent, en fonction de leurs moyens, la couverture des périmètres sélectionnés et jugés sensibles à la salinisation secondaire. Comment sont réalisées ces activités de suivi, quelles sont les surfaces contrôlées et les espaces réels à contrôler, quelles sont les difficultés rencontrées et les propositions de solutions pour améliorer les méthodes et les conditions de ces activités? C'est ce que se propose d'aborder l'actuel rapport en apportant les explications utiles sur les facteurs provoquant ou stimulant la salinisation, les méthodes de contrôle adoptées, les limites des moyens de l'administration et enfin les réalisations les plus récentes dans ce domaine.



LES PERIMETRES IRRIGUES DE TUNISIE

## 2- La salinisation des sols : les causes et les précurseurs

La salinisation secondaire des sols peut être définie comme une accumulation des sels solubles dans la matrice du sol à partir des eaux d'irrigation ou de la remontée des eaux souterraines. La cause essentielle de cette salinisation est la gestion peu raisonnée des sols et de l'eau par la négligence, particulièrement, de l'étude judicieuse de la compatibilité entre la qualité de l'eau d'irrigation et la nature du sol irrigué. Ce dernier est dit atteint de salinisation secondaire lorsque la CE (conductivité électrique) de l'extrait de saturation de la pâte égalise ou dépasse 7 mS/cm. Une telle valeur est élevée par rapport aux normes de certains pays qui retiennent le seuil de 4 mS/cm. Ce chiffre constitue un état de salinité à partir duquel les rendements des cultures chutent sensiblement dans ces pays. En Tunisie et compte tenu des qualités assez moyennes à médiocres des eaux d'irrigation et de l'expérience acquise par l'agriculteur pour gérer des eaux saumâtres, notamment dans le centre et le sud du pays, le seuil de 4 mS/cm a été élevé jusqu'à 7. Cet état de salinité peut s'accompagner ou non d'une sodification du complexe adsorbant, processus qui peut évoluer vers l'alcalinisation lorsque le taux de sodium échangeable (Na/T) dépasse la valeur de 15% (norme internationale). L'alcalinisation des sols se traduit par une dispersion des particules fines, une diminution de la porosité et une chute de la perméabilité. Ce dernier caractère acquis provoque une stagnation des eaux d'irrigation dans les horizons superficiels ce qui accentue les processus de salinisation des sols.

L'origine de la salinisation secondaire est, bien entendu, liée à une source de sels qui apporte et dépose des quantités plus ou moins élevées de ces derniers dans les sols. Les principales sources de sels sont les eaux d'irrigation et les eaux souterraines proches de la surface du sol. Ces sources de sels n'ont pas toujours un impact négatif sur les sols, si certaines mesures préventives sont prises à l'avance : drainage, infiltration rapide de l'eau, lessivage... La salinisation secondaire ne peut ainsi survenir que dans les conditions suivantes :

- L'irrigation avec des eaux saumâtres ou à salinité élevée sur des sols de texture fine. Ces derniers ont la propriété de retenir des quantités d'eau élevées à l'état de leur capacité de rétention. Le poids des sels déposés est proportionnel au volume d'eau retenu et peut être calculé de la manière suivante :

$$\text{Poids des sels (g)} = \text{Poids de l'eau retenu (kg ou litre)} \times \text{Concentration en sels (g/l)}$$

Au cas où aucun lessivage ne se produit, chaque irrigation apporte de nouvelles quantités de sels et le sol finit par accumuler autant de fois le poids des sels apportés par la première irrigation, qu'il y a eu d'apports d'eau. Le poids des sels déposés dans un sol argileux est le triple de celui déposé dans un sol de texture sableuse puisque la capacité de rétention en eau des deux types de sols varie du simple au triple. On peut déduire de cette propriété qu'ont les sols en fonction de leurs textures, que les matériaux sableux peuvent être irrigués avec des eaux trois fois plus chargées en sels que celles employées dans les sols de texture fine.

- La remontée des eaux souterraines dans les vallées à drainage naturel difficile, sur les marges des chotts et des sebkhas ainsi que près des littoraux, après l'aménagement et la mise en irrigation des périmètres irrigués, provoque aussi la salinisation des sols et particulièrement dans les horizons superficiels où se déposent les quantités les plus importantes de sels du fait de leur exposition permanente à l'air et à l'énergie solaire. Ces derniers facteurs agissent, bien entendu, sur l'eau qui s'évapore laissant sur place les sels entraînés à partir de la nappe. Des plans d'eau peu concentrés en sels, mais se situant à une profondeur proche de la surface du sol, provoquent à leur tour la salinisation, sous des climats chauds et secs. Dans les milieux arides, l'hydromorphie s'accompagne presque toujours de salinisation.

Ce sont là les deux précurseurs physiques provoquant la salinisation des sols. La bonne gestion de ces paramètres, l'étude préalable de la compatibilité entre eau d'irrigation et texture des sols et la prévision d'opérations d'aménagement adaptées à la situation et au milieu, sont les facteurs qui garantissent la durée de vie la plus longue au périmètre, évitent les processus de salinisation et maintiennent un niveau de production élevé et continu sur les sols.

### 3- Le contrôle de l'évolution de la salinité des sols dans les périmètres irrigués

Ces actions inscrites dans les attributions officielles de la Direction des Sols sont menées à travers tout le pays dans des périmètres sélectionnés et jugés sensibles à ce processus. Les travaux de contrôle suivent des étapes bien déterminées et leur nature est presque partout identique.

#### 3-1- Les objectifs des actions de contrôle

Les périmètres irrigués, avant leur mise en fonctionnement, ont fait l'objet d'équipements considérables et d'aménagements divers qui ont mobilisé des crédits à importance variable suivant la taille du périmètre et du milieu où il est implanté. Ces équipements sont souvent fixes (bornes d'irrigation, réseau de drainage...) ce qui suppose un fonctionnement du périmètre en continu dans le même endroit. Le sol irrigué doit donc continuer à produire pour une durée illimitée et c'est dans ce cadre que le contrôle de l'évolution de la salinité des sols intervient. En effet, les eaux d'irrigation apportent des éléments solubles qui précipitent dans le sol ainsi que des matières en suspension. Avec des accumulations répétées et d'une manière progressive, les dépôts solides des eaux d'irrigation et les éléments dissous finissent par modifier la composition initiale des constituants du sol. Le suivi de l'évolution de la salinité des sols est ainsi une action à mener parallèlement aux activités d'irrigation. Il vise à aboutir aux objectifs suivants :

- Evaluer périodiquement l'état de la salinité des sols et les tendances éventuelles de son évolution pour pouvoir élaborer les plans d'assolement et adapter les types de cultures aux valeurs identifiées de la salinité.

- Suivre les modifications que peuvent subir les constituants des sols sous l'effet de l'irrigation : apport de matière organique, de métaux lourds, précipitation de sels ou de gypse, solubilisation de carbonates... Avec la précipitation du gypse, un encroûtement gypseux peut voir le jour dans le profil pédologique sur une durée assez prolongée.

- Localiser les surfaces salinisées dans le périmètre pour prendre les mesures nécessaires en vue de bonifier les sols, arrêter ou intensifier les irrigations et entreprendre les travaux nécessaires pour un éventuel aménagement.

- Déterminer et préciser les zones engorgées par une éventuelle remontée de la nappe phréatique pour procéder aux interventions nécessaires et appropriées : curage de fossés si le réseau de drainage existe, aménagement d'un nouveau réseau de drainage s'il ne l'est pas encore...

- Etablir le profil salin de chaque point de contrôle pour identifier les zones d'accumulation maximale de sels dans le profil. Une telle donnée peut orienter à déterminer l'origine des sels (remontée de nappe, eau d'irrigation, mauvais drainage interne...); on dispose ainsi, avec ces données, d'une information supplémentaire pouvant faciliter la programmation des interventions nécessaires pour bonifier les sols.

- Avertir les services ou les parties chargés de la maintenance dans les périmètres irrigués, de la situation dans le périmètre pour qu'ils prennent en charge les interventions immédiates et programment les travaux de long terme pour les étapes futures. Les travaux

d'aménagement nécessitent, en effet, une programmation à l'avance, car il faudra trouver les crédits nécessaires sur les budgets d'équipement des années suivantes.

### 3-2- Nature des travaux de contrôle

Les opérations de contrôle menées consistent en la planification d'abord, puis la réalisation de campagnes de prélèvement d'échantillons de sols et d'eau de la nappe, d'une manière périodique, sur des points fixes, implantés préalablement sur un plan à grande échelle du périmètre. Les prélèvements dans la nappe ne se font que lorsque celle-ci est proche de la surface du sol et son niveau menace la zone de développement des racines des plantes. Ces prélèvements sont effectués à travers des puits d'observations ou piézomètres installés conformément à une densité de distribution choisie en fonction de la surface du périmètre et de l'échelle des plans utilisés pour le suivi.

Les échantillons de sols prélevés sont remis au laboratoire pour la détermination des paramètres de suivi qui sont : la CE de l'extrait de saturation de la pâte, la CE sur un extrait au 1/5 (éventuellement), le pH, le bilan ionique et le taux de sodium échangeable ou Na/T. Sur les échantillons d'eau de la nappe, on mesure la conductivité électrique et le pH et on détermine éventuellement le bilan ionique. Le niveau de la nappe par rapport au terrain naturel est relevé sur le terrain lors de la réalisation des opérations de prélèvement.

Les données de terrain et de laboratoire rassemblées, sont interprétées par établissement de documents cartographiques permettant d'illustrer la distribution spatiale de la salure des sols et de la nappe, d'identifier les zones les plus engorgées en eau dans le périmètre et de localiser les parties les plus touchées par la salinisation secondaire.

### 3-3- Les différentes étapes de l'activité de contrôle

Tout travail organisé et planifié doit comprendre des étapes de réalisation et des objectifs. Celui du suivi de l'évolution de la salinité des sols dans les périmètres irrigués passe par les 6 étapes suivantes :

- Le choix du périmètre à suivre en fonction des critères intervenant directement comme facteurs favorisant les risques de salinisation secondaire. Ces facteurs sont la texture fine des sols, sur laquelle est employée une eau de salinité égale ou supérieure à 3 g/l et la présence d'un plan d'eau ou d'une couche imperméable à moins de 5m de profondeur. Les eaux d'irrigation à salinité supérieure à 3g/l ne sont pas toujours considérées comme précurseurs de la salinisation secondaire. Il y a des cas où on peut employer même des eaux à 5 g/l sans provoquer la salinisation des sols. Il y a donc une compatibilité entre matériau pédologique et qualité de l'eau d'irrigation à déterminer. Pour la profondeur du plan d'eau ou de l'imperméable, la limite de 5m a été retenue, car elle constitue une profondeur moyenne qui, en cas d'alimentation par des excès d'eau d'irrigation, subit une remontée progressive vers la surface. Cette profondeur de 5 m n'est pas une norme absolue, mais une limite élastique qui peut être majorée ou rabattue en fonction du milieu, de la topographie, du drainage interne et des quantités d'eau d'irrigation apportées annuellement.

- L'implantation, sur un plan à grande échelle du périmètre choisi, des points de prélèvement, avec leurs numéros d'ordre. La densité des points tient compte de la surface totale du périmètre et de l'échelle sur laquelle est menée l'étude. Le nombre de points à planter peut être inspiré du «Guide technique sur le contrôle de la piézométrie des nappes superficielles dans les périmètres irrigués» (DG/GR-D/Sols). Lors de la distribution des points sur le plan du périmètre, il doit être tenu compte du tracé des fossés de drainage, de la localisation des bornes d'irrigation. Les points d'observation, pour qu'ils donnent des mesures significatives, doivent être implantés à une distance suffisamment éloignée de ces

sites d'aménagement : le réseau de drainage assure un rabattement maximal de la nappe et la borne d'irrigation peut subir des fuites qui alimentent excessivement le sol en eau, dans ses alentours immédiats.

- L'installation du réseau piézométrique de surveillance au cas où la nappe se trouve à une profondeur inférieure à 5m. Cette profondeur peut être détectée à travers des puits de surface, dans les lits d'oueds ou même par les signes d'hydromorphie ou la présence de végétation halophile (*Halocnemum*, *Suaeda*) ou hydrophile (*Juncus*...). S'il n'y a pas de nappe et un niveau imperméable a été identifié, des mesures préventives par installation de quelques piézomètres (2 à 3 dans tout le périmètre) sont à prendre, comme moyens d'avertissement et de prévention. Si ces piézomètres signaleront l'apparition d'une nouvelle nappe, après la mise en irrigation, l'intervention par les aménagements adéquats (drainage par exemple) devient nécessaire et elle doit être programmée dans les délais les plus courts.

- L'échantillonnage périodique des eaux de la nappe, la mesure de son niveau et le prélèvement d'échantillons de sols, autour de chaque piézomètre sur diverses épaisseurs. Généralement, on opère par prélèvement d'échantillons de sols tous les 20 cm jusqu'à 120 cm, mais des études particulières peuvent prolonger cet échantillonnage jusqu'à 2 m de profondeur. Les échantillons d'eau sont placés dans des bouteilles numérotées portant le sigle du site. Ceux des sols sont mis dans des sacs en plastique portant le numéro du point et la profondeur prélevée.

- Les échantillons prélevés sur le terrain sont remis aux laboratoires pour analyse des paramètres permettant d'évaluer la salure des sols et de l'eau de la nappe. Une telle étape peut prendre une durée plus ou moins longue en fonction de la disponibilité de personnel, du reliquat d'échantillons à traiter dans le laboratoire et également de la qualité de l'équipement disponible. Dans les laboratoires régionaux peu pourvus en personnel, le nombre d'échantillons traités par jour ne peut pas dépasser une douzaine (pâte saturée).

- Enfin, la dernière étape concerne l'interprétation des données obtenues sur le terrain et au laboratoire. Cette interprétation peut être réalisée même manuellement en établissant des cartes du niveau de la nappe et de sa salinité. Pour les sols, des cartes de la répartition des textures, de la salinité par niveau de prélèvement ou de la salinité globale du profil peuvent être aussi établies. Récemment, l'emploi de la géostatistique et de logiciels de traitement de données a permis d'informatiser cette étape d'interprétation de sorte qu'on arrive à obtenir tous les types de cartes possibles, d'une manière plus précise et mieux présentée. Les cartes obtenues localisent les zones engorgées d'eau et les surfaces salinisées ce qui permet de planifier les interventions appropriées et nécessaires.

Le développement de la technologie dans le domaine de la mesure de la salinité dans le monde, a abouti à des inventions permettant de faire des mesures directement sur le terrain en employant le conductivimètre électromagnétique. Cet appareil indique des valeurs qui peuvent être étalonnées au laboratoire. Pour le cas de la Tunisie, des équations moyennes d'étalonnage ont été élaborées par les précédents travaux ayant fait appel à cet appareil. Cependant il faut toujours rapporter les résultats obtenus à une humidité déterminée (15% ou 20% suivant les textures) ce qui nécessite des prélèvements d'échantillons de sols dans chaque unité pédologique ou texturale homogène. L'invention la plus récente est le GPS qui peut faciliter la collecte de données sur le terrain, notamment les coordonnées, les caractéristiques des points, le niveau de la nappe.

#### 4- Inventaire des sols sensibles à la salinisation secondaire. Résultats de suivi

A partir d'inventaires régionaux des périmètres irrigués et de leurs principales caractéristiques établis par les arrondissements des sols des différents CRDA, une sélection des périmètres jugés sensibles à la salinisation secondaire a été réalisée à la Direction des

Sols. Cette sélection a abouti à l'établissement d'une nouvelle liste qui a complété des listes précédentes établies respectivement en 1992 et 1997 en fonction des activités réalisées dans ce domaine. Ces anciennes listes ont choisi des périmètres irrigués réellement exposés au processus de salinisation, mais suite à des études menées dans les régions ayant abouti à de nouvelles données, l'actualisation de ces listes a été entreprise.

#### 4-1- Approche et méthode de choix des périmètres sensibles à la salinisation secondaire

L'établissement de la liste des périmètres irrigués jugés sensibles à la salinisation secondaire s'est basée sur trois paramètres qui peuvent être considérés comme les principales sources d'accumulation de sels : la qualité de l'eau d'irrigation, la texture fine des sols et la profondeur de la nappe phréatique.

- Pour l'eau d'irrigation la valeur minimale de sa concentration en sels retenue est de 3g/l. Au delà de cette concentration, l'eau est jugée à conséquences négatives sur les sols à texture fine. Pour les sols à texture légère ou moyenne, l'eau d'irrigation n'est considérée comme un facteur de risque qu'au dessus d'une concentration de 5g/l. Ces normes ne sont pas absolues mais elles représentent des limites qui sont inspirées soit de la proportion des eaux à salinité supérieure à 3g/l en Tunisie qui est de 30% (Braudeau et Hachicha, 1999) soit des seuils couramment retenus pour les programmes d'encouragement de l'état à l'agriculture.

- Pour la texture des sols, les normes usuelles adoptées se répartissent sur trois classes : texture fine, moyenne ou légère. Ce paramètre indique un aspect général du profil ou la fraction dominante et signalée : argiles pour la texture fine, limons et sables argileux pour la texture moyenne et sables pour la texture légère.

Les sables sont considérés en général, comme matériaux où les sels ne s'accumulent pas. Cependant et avec une eau d'irrigation à résidu sec supérieur à 5g/l, la solution du sol devient tellement concentrée en sels que de nombreuses espèces, même tolérantes, n'arrivent plus à se développer d'une manière ordinaire et manifestent des chutes importantes de leurs rendements.

- Enfin pour le plan d'eau souterrain, il a été tenu compte des chiffres signalés dans les tableaux d'inventaire régionaux des périmètres irrigués qui indiquent les surfaces réellement engorgées. En l'absence de telles indications, il a été fait recours à la profondeur du plan d'eau ou aux signes d'hydromorphie mentionnés dans les rapports d'inventaire. Le plan d'eau est jugé menaçant lorsque sa profondeur par rapport au terrain naturel est inférieure à 5m. Cet état n'est valable que pour les périmètres irrigués à partir de barrages ou de forages. Pour les puits de surface, il n'y a pas de risque de remontée de la nappe puisqu'on exécute un pompage, donc on rabat automatiquement le niveau de cette nappe.

#### 4-2- Les surfaces à contrôler

Les périmètres inventoriés et jugés sensibles à la salinisation secondaire, sur la totalité ou leur surface ou partiellement, couvrent d'après cet inventaire 93589ha. La part attribuée à l'eau d'irrigation comme source de salinisation atteint 47 867ha. Pour les surfaces où il y a un risque de remontée du niveau de la nappe, elles ont été évaluées à 65 290ha. L'effet commun des deux processus de salinisation peut affecter 33 796 ha. Les sols exposés à une salinisation secondaire à partir des eaux d'irrigation uniquement couvrent, par conséquent, une surface de 13 981ha. Ces sols sont situés, pour la plupart, dans le centre et le sud du pays (Kasserine, Kairouan, Gafsa...). Ce bilan qui est établi sur la base des inventaires régionaux effectués par les arrondissements des sols reste peu exhaustif. Le travail à des échelles plus grandes

pouvait l'améliorer et préciser davantage les surfaces réellement sensibles à la salinisation secondaire.

#### 4.3- La distribution des surfaces à contrôler par gouvernorat

Ce sont généralement les gouvernorats du nord du pays qui viennent en premier lieu dans cet inventaire des surfaces sensibles à la salinisation secondaire. Ils abritent, en effet, les plus larges surfaces de zones aménagées pour l'irrigation eu égard à leur pluviométrie plus élevée et à leur situation près des barrages construits sur la Mejerda, ses affluents et sur le réseau hydrographique de la Kroumirie et des Mogods. Ces périmètres sont, par ailleurs, situés dans des vallées alluviales comblées par des apports alluviaux de texture fine. Des nappes phréatiques salées alimentées par les cours d'eau qui se déversent le plus souvent dans l'axe central d'écoulement (la Mejerda) subsaffleurent, dans ces plaines à altitude basse et monotone. On trouve ainsi 21.000 ha de terres soumises au régime de l'hydromorphie à Jendouba, 15 709 ha à l'Ariana et 9771 ha à Bizerte.

L'autre partie extrême de la Tunisie (le Sud) offre aussi des sols engorgés, particulièrement autour de Chott El Jerid et le littoral du Golfe de Gabès. Les inventaires signalent 9120 ha de sols à nappe phréatique proche de la surface à Kébili, 3433 ha à Gabès, 1329 ha à Tozeur et 723 ha à Gafsa.

Pour les sols à texture fine irrigués par des eaux saumâtres ( $RS > 3g/l$ ), ce sont aussi les gouvernorats du nord du pays qui présentent les surfaces les plus importantes. On observe ainsi 16526 ha à l'Ariana, 8400 ha à Jendouba et 8111 ha à Bizerte. Au Cap Bon, c'est essentiellement la plaine de Grombalia avec la texture fine de ses sols qui constitue la zone la plus sensible au processus de salinisation à partir des eaux d'irrigation. On y trouve 2400 ha irrigués par des eaux de qualité moyenne à médiocre. Dans le centre du pays, ce sont les gouvernorats de Kairouan, Gafsa et Kasserine qui abritent les plus larges espaces de sols à texture fine irrigués par des eaux saumâtres : 3982 ha à Kairouan, 2422 ha à Gafsa et 2033 ha à Kasserine. Dans ce dernier gouvernorat, le système d'irrigation goutte à goutte est employé sur des sols de texture très argileuse de sorte que certains périmètres de ce gouvernorat montrent une salinité qui peut atteindre 17mS/cm à la surface du sol. Pour les gouvernorats côtiers où les irrigations se font à partir de forages, on compte 860 ha à Sfax et 662 ha à Mahdia. Enfin dans le sud du pays, on signale 736 ha à Kébili irrigués par des eaux chargées en sels solubles (oasis de Douz, Kébili nord et Kébili sud).

Tab. n°1. Inventaire des périmètres irrigués sensibles à la salinisation secondaire

Gouvernorat	Périmètres irrigués sensibles à la salinisation secondaire	Surface totale (ha)	Qualité des eaux d'irrigation (g/l)	Texture des sols	Profondeur de la nappe (m)	Surfaces exposées à la salinisation en fonction de l'origine des sels		Nécessité du contrôle sur
						Eaux d'irrigation (ha)	Remontées de la nappe (ha)	
Biarzte	H. Tobias, Nouvelle Utique, Lerdine, Aousja, Ras Jebel, Ghezala, Maseur, Teskraya	11720	0,5-3,5	Fine	0,5-2	8111	9771	-Les sols -La nappe
Jendouba	Bou Salem (Zama), Ibrahim, Birt al-Bidhar, Bacrouna, Sidi Ismaïl, Souâ Sebti, Ghardimaou, Oued Mliu	26 200	0,6-3,5	Fine	1,5-2	8400	21 000	-Les sols -La nappe
Béja	Medjez El Bab, Goubellat (en cours d'aménagement)	6594	1,7	Fine	0,2-2	.	370	-Les sols -La nappe
Ariana	K. Lardalous, Borj Touil, Bjaoua, Charouat, Cherfouch, Jodetka, Habibia, Sidi Thabet, Hencchar Hamamad, Habibia Sud, Kechiba	16526	2-4	Fine	0,5-2,5	16526	15799	-Les sols -La nappe
Nabeul	Grombala, Bouclarral-El Marja	5285	2-3,5	Fine	2-5	2400	1100	
Zaghouan	El Gueib, Sidi Abdelkader	190	1-2	Fine	Hydro-rythme température	.	190	-Les sols -la nappe
Le kuf	Nebbour, El Harralima, SBG1, SKD1	528	2,5-3,5	Fine	>5	528	.	-Les sols
Siliana	Remil (sondage), Ain Sliman, Rouhia, Magrouma 2	165	0,5-4,5	Moyenne à fine	4-5	120	45	-Les sols -Les sols et la nappe pour Ain Slimane
Kasserine	Oued Derb, Sidi Harrath, Khangoet Jaria, Jediane5, Raknet, Brahim Zahar 1 et 2, PHSF4 et 5, SFS bis, Afrane 1, 2 et 3, Hencchar Jermal, Dhrad Jedid, Ain El Khol, Boumar	2033	1-5,86	Moyenne à fine	1,5-5	2033	487	-Les sols -Les sols et la nappe pour les périmètres de l'ouest Derb, Sidi Harrath, Hemalima, Dhrad Jedid, Ain El Khol, Bou Ar
Kairouan	Sidi Saïd 1, El Housreb, Ain Bou Morra, Dhrad Tammur, Hencchar Loucif, Sidi Ali Ben Salem 1, Hencchar Bou Ali, El Mjebra, Zabrana 3, El Ajabra, Dhrad Affène	5145	1-3	Moyenne à fine	1-5	3982	1532	-Les sols -Les sols et la nappe pour Ain Bou Morra, Dhrad Tammur et Zabrana 3

Province	Zaouiet Sousse (E.U), El Brachia	210	2,2-5	Moyenne	>5	210	-	- Les sols
Monastir	Monastir, Moknine, Sidi Barrout, Marandba, Bembla 4, Touza, Ouardanine	486	1,3-2	Moyenne à fine	2->5	216	270	-Les sols -La nappe pour Moknine et Monastir
Mahdia	Oued Béja, Zeiba 1 et 3, Sabla, Torchega, Aouitha, Hbira Sghira, Touabra, Oued Arjoun, Essalfai (chaba), Chaba 4, Essalfai (Chetba)	662	2,3-4,8	Moyenne à fine	2->5	662	90	-Les sols -La nappe pour Essalfai (Chaba) et Hbira Sghira
Sfax	Nakla, El Hayth, Chegrane, Ichida, Ajenga, Ramla, Mellina, Hazeg	860	3,5-4	Moyenne, fine et légère	2->5	860	95	-Les sols -La nappe pour Ramla et Mellina
Sidi Bouzid	Ben Mirad, Oura Laksham, Ain Jemel, Ladoeur 1 et 2, Zafira	394	1,5-5,2	Moyenne, légère et fine	>5	394	-	- Les sols
Gafsa	Gafsa Sud-Ouest, Laïla, El Gaetar, Chemoufia 1 et 2, Oued Shili, Sagdad, El Agula	2422	1,8-4,6	Moyenne à légère	1,5->5	2422	723	-Les sols -Les sols et la nappe à Sagdad, Oued Shili et El Gaetar
Gabès	Oasis de Gabès, Chott Frik, Ghannouche, El Mizral, Assouel 1 et 2, El Hamma, Khebayet, Ben Ghulouf, Glib Dokjane, Oued Nakhla, Zerhane 1, 2, 3, Oummadia, CTPA Marath, Sidi Sallam	3433	2,5-3	Sableuse	0,5-3	-	3433	-Les sols -la nappe
Médéa	Oued Moussa, Temessent, Karoub, El Fyl, Rass El Khecm	158	4,8-5,5	Sableuse	> 5 le plus souvent	158	15	-Les sols -La nappe à El Fyl
Tataouine	Bessouf, Borj El Khadra	129	2,3-4,5	Sableuse	1,5->5	109	20	-Les sols -La nappe à Borj El Khadra
Kébili	Kébili Nord, Kébili Sud, Souk Lahad, Douz, El Faour, SODAD, Regim Maïroug	9120	1-5	Sableuse	1-5	736	9120	-Les sols -La nappe
Tourer	Chamaa, Ben Chabbat 1, 2 et 3, Neflay et, Hareous 1, 2 et 3, Dhafra 1 et 2	1329	2,3-5	Sableuse	1-5	-	1329	-Les sols -La nappe
Total		93 589				47 867	65 290	

### 5-Les périmètres contrôlés au cours de l'année 1998 (Tab.n°2)

Les arrondissements régionaux des sols ont procédé, au cours de l'année 1998, à des travaux de contrôle qui ont touché la majeure partie des gouvernorats du pays. Ces activités ont concerné aussi bien la surveillance de la nappe que celle des sols, mais les approches sont différentes d'un gouvernorat à l'autre. Au gouvernorat de l'Ariana, un nombre important de périmètres a été couvert par ces activités qui se sont orientées essentiellement vers le contrôle de la nappe. Seul le périmètre de Kalaât Landalous a été échantillonné et analysé au niveau des sols ; les résultats obtenus affichent une conductivité électrique maximale de 21 mS/cm. Au gouvernorat de Jendouba, les observations sur la nappe ont été menées parallèlement à celles effectuées sur les sols. La couverture piézométrique dans ce gouvernorat est en train d'être généralisée sur tous les périmètres qui sont à texture très fine le plus souvent et sont soumis, sur la presque totalité de leur surface, à une nappe souterraine dont le niveau est fluctuant mais assez proche de la surface. La surveillance serait mieux complète dans ce gouvernorat en annexant les périmètres d'Oued Mluz-Ghardimaou et en améliorant la densité des points d'observation dans les autres périmètres. Les activités les plus régulières proviennent des arrondissements de Kasserine et de Sidi Bouzid. Leurs observations se limitent, cependant, à un ou deux points fixes dans chaque périmètre. La répartition des points de mesure sur la totalité du périmètre exprime mieux la distribution spatiale de la salure qui est très variable en fonction du site d'observation et de la période de prélèvement. A Kasserine, le suivi est assuré sur 3 périmètres dont celui d'Oued Derb exploité par l'OTD. Une très forte salinité a été observée sur la rive droite de l'oued qui traverse ce périmètre. Elle mérite un suivi par un réseau piézométrique, car des excès d'eau s'écoulent à la surface du sol signalant la présence très probable d'une nappe perchée qui contribue à la salinisation des horizons de surface sur plusieurs hectares.

Pour les gouvernorats du sud du pays, l'intensification du suivi par l'intermédiaire de réseaux de piézomètres est à entreprendre, notamment à Tozeur, Kébili et Gabès. Les oasis de ces gouvernorats sont implantées sur les périphéries de Chott El Jérid et souffrent, même partiellement, des problèmes d'engorgement (oasis de Gabès, Tarfaya, Smida à Kébili, Chemsà à Tozeur).

L'introduction de la géostatistique comme moyen d'interprétation des résultats ouvre de larges horizons pour l'automatisation de la diffusion de l'information dans ce domaine. Chaque arrondissement est appelé, dans une première étape, à bien couvrir un périmètre à sélectionner dans le gouvernorat, par les points d'observation, à assurer dessus des observations périodiques régulières pour pouvoir enfin dresser ses cartes d'évolution aussi bien pour la nappe que pour les sols. Les résultats de suivi régionaux peuvent être, à ce moment, rassemblés et diffusés dans un document technique paraissant annuellement et qui est réservé uniquement au thème de suivi de l'évolution de la salinité.

Tab.n°2 - Tableau récapitulatif des résultats de contrôle de l'évolution de la salinité des sols dans les périmètres irrigués, pour l'année 1998

Gouvernorat	Périmètre	Surface ha	Date	Contrôle de la nappe		Contrôle des Sols		Observations	
				Valeurs extrêmes de la profondeur m	Valeurs extrêmes de la salinité mS/cm	Salinité minimale mS/cm	Salinité maximale mS/cm		
Bénierte	Hr Tobias	1440	98	1,20 - 2,40	5,1 - 27,0	0,5	17,4	Campagne de suivi au printemps	
	Pt Lemhine	1400	98	1,35 - 2,35	3,6 - 18,8	-	-		
Ariana	Sah Thabet		3/98	1,00 - 2,50	2,30 - 15,70			Eaux usées	
	Djedida		"	1,30 - 2,65	6,10 - 16,90				
	Chacouat		"	0,70 - 2,50	2,70 - 13,50				
	Hr. Hammoud		"	1,20 - 2,05	5,70 - 9,70				
	Cherfouch		"	0,70 - 1,80	2,50 - 30,0				
	Habiba A		"	0,70 - 2,60	5,80 - 18,0				
	Habiba B		"	1,05 - 1,05	12,30 - 12,30				
	Habiba C		"	0,85 - 1,25	7,70 - 26,0				
	Habiba F		"	0,25 - 1,70	5,30 - 7,70				
	Béjaoua		"	1,20 - 2,60	4,10 - 9,60				
	El Mansoura		"	1,20 - 2,00	3,20 - 10,60				
	Bou-Toual		"	0,80 - 2,00	1,30 - 25,60				
K. Andalous		3200	3/98	0,50 - 2,50	1,30 - 21,30	0,7	21,0		
		2905	9/98	0,90 - 2,50					
Jendouba	Bouherghma		9/98	0,48 - 2,02					
	Secteur I		04/98	> 2		0,6	5,88		
	Bouherghma, secteur II		04/98	1,16 - > 2	7,9 - 9,5	0,85	7,49		
	Bouherghma, secteur IV (Bir Lakhdar)		04/98	0,95 - > 2	2,20 - 8,96	1,61	8,44		
	Bouherghma, secteur VI		04/98	1,4 - 2,2	2,25 - 22,9	0,8	7,90		
	Bachroua		3200	04/98	1,9 - 2	3,4 - 4,4	0,76		10,38

Beja	Medjaz-El Bab	500	3-98	0,6 - 1,2	11,6 - 15,9	2,4	4,4
Le Kef	P P I Nebeur	363	4-98	Pas de nappes	Phreatique	0,5	7,9
	PISKD 13	120	9-98	1,5 - 20 m	1,5 - 2,00	1,5	8,5
			9-98	" "	1,8 - 2,5	3	10
Siliana	Magroun II (Rechas)	30	06-98	-	-	0,25	1,34
Kairouan	El Hacouarb	2240	5-98	1,25 - 1,81	3,3 - 10,9	1,2	10,0
	Draï Tamezar	240	3-98	0,82 - 2,05		2,5	40,4
	Ain Bou Morra	1163	3-98	0,94 - 2,08			
			4-98	1,18 - 2,19			
			5-98	1,00 - 2,19	3,6 - 10,2	1,0	6,6
			6-98	1,00 - 2,19			
Kasserine	Oued Derb OTD	400	1-98	250 - 500	1 - 2 g/l	6,5	22,8
	P I Sidi Hammab (Kasserine Nord)	20	"	150 - 200	0,5 - 5 g/l	5,5	21,5
	P I Bouhila (Foussara)	30	"	50 - 200	1 - 2,5 g/l	3,5	10,5
	Kondar	140	98	-	-	0,89	1,56
Souste	Alrouda	210	"	-	-	1,3	1,9
	Sidi Bou Ali	973	"	-	-	1,1	2,8
	Chott Marjem	550	"	-	-	1,3	2,3
	Zaouiet Souste	205	"	-	-	1,7	8,4
	Bir Jerbid	-	"	-	-	2,23	4,5
Ménestir	Eaux usées Meknine	100	1997	0,8 - 3,00	5 - 24	0,88	7,8
	Sidi Barmour	16	1998	10		1,56	3,36
	Monsieur Nethara	170	1998	1,5 - 3,00	2 - 5	0,97	13,25
Mahdia	Oued Béa	30	7-98			4,0	6,7
	Essafet Chaba	20				2,4	7,2
	Zebou El	35				5,7	7,5
	Zebou I	40				5,4	12,6

Béja	Modjaz-El Bab	500	3/98	0,6 - 1,2	11,6 - 15,9	2,4	4,4
Le Kef	P.P.I. Nebeur	363	4/98	Pas de nappe	Phreatique	0,5	3,0
	PISKD 13	120	5/98	15 - 20 m	1,5 - 2,00	1,5	5
			4/98	" "	1,8 - 2,5	1,5	8,5
Siliana	Magrouna II (Rohia)	30	06/98	-	-	3	10
						0,25	1,34
Kairouan	El Haouareb	2240	5/98	1,25 - 1,81	3,3 - 10,9	1,2	10,0
	Draâ Tammaz	240	3/98	0,82 - 2,05		2,5	40,4
	Ain Bou Morra	1163	3/98	0,94 - 2,08			
			4/98	1,18 - 2,19			
			5/98	1,00 - 2,19	3,6 - 10,2	1,0	6,6
			6/98	1,00 - 2,19			
Kasserine	Oued Derb OTD	400	1/98	250 - 500	1 - 2 g/l	6,5	22,8
	P.I. Sidi Harrath (Kasserine Nord)	20	"	150 - 200	0,5 - 5 g/l	5,5	21,5
	P.I. Bouhla (Foussana)	30	"	50 - 200	1 - 2,5 g/l	3,5	10,5
	Kondar	140	98	-	-	0,89	1,56
Soussse	Alouada	210	"	-	-	1,3	1,9
	Sdi Bou Ali	973	"	-	-	1,1	2,8
	Chott Mariem	550	"	-	-	1,3	2,3
	Zacouet Soussse	205	"	-	-	1,7	8,4
	Bir Jodid	-	"	-	-	2,23	4,5
Monastir	Eaux usées Moknine	100	1997	0,8 - 3,00	5 - 24	0,88	7,8
	Sidi Barmour	16	1998	10		1,56	3,36
	Menastir Nebhana	170	1998	1,5 - 3,00	2 - 5	0,97	13,25
Mahdia	Oued Bèja	30	7/98			4,0	6,7
	Ensafet Ch.ba	20				2,4	7,2
	Zelba III	35				5,7	7,5
	Zelba I	40				5,4	12,6

Mabdia	Touahra	30					6,1	8,5	Eau d'irrigation nappe profonde 4g/l = 3,5g/l = 3,4g/l Eaux usées de salinité = 4g/l Eau d'irrigation nappe profonde 3,6g/l
	Oued Aryoum	25					4,2	5,3	
	Hibera Sghira	25					4,9	6,3	
	Chabda III bis	-					2,9	4,3	
	Agilette	25					6,6	7,6	
Sfax	Jbela	150	-		> 20		0,4	3,8	
	Agenga	100	-		> 20		0,6	10,5	
	Chagrane	64	-		> 20		0,4	4,8	
	Hajeb	270	-		> 20		1,0	4,8	
	Remla	60	-		2,5		0,8	19,2	
Sidi Bouzid	Oum Lakdham	160	18/02/98				3,05	8,68	1 <sup>re</sup> campagne 98
	B. Mirad	80	02/02/98				1,09	5,36	
	Zalfra		17/02/98				2,31	7,07	
	Lakouez II	60	19/02/98				0,91	2,56	
	Ouled Jiel		21/02/98				1,94	9,84	
	Oum Lakdham	160	10/98		158 - 468		1,75	11,05	
	B. Mirad	80	"		800 m		1,35	8,30	
Gafsa	Zalfra	-	"		Oued El Fekka		2,25	6,50	2 <sup>me</sup> campagne 98
	Lakouez II	60	"		250 m		0,45	0,83	
	Ouled Jiel	-	"		35 m		0,81	13,05	
	Saptood	160	09/98		0,90 - > 2		5,03	131,4	
Gabès	Ouan de Gabès		3-4/98						
	Chemza	100	2/98		0,50 - 1,35				
Tonnar			4/98				2,5	8,5	
			6/98		0,80 - 1,65				
Tatouine	El Ferch		12/97				6,05	7,72	Irrigation à partir de pués de surface
	Benassaf	109	"				2,65	5,14	

## 6- Les difficultés de réalisation des activités de suivi et les propositions de solutions

### 6-1- Les difficultés de réalisation

Compte tenu de la multitude d'étapes que comprend une opération de suivi, la périodicité semestrielle des travaux et le nombre plus ou moins important de périmètres à contrôler dans chaque gouvernorat, des difficultés de réalisation de ces activités apparaissent et peuvent être énumérées comme suit :

- La lourdeur des tâches et le temps assez long que prennent les travaux de terrain et les analyses de laboratoire ne facilitent pas l'obtention de résultats rapides et automatiques. En effet, pour mesurer le niveau de la nappe et l'échantillonner, le périmètre doit être couvert par des piézomètres en nombre suffisant suivant la taille du périmètre et l'échelle du travail. Ces mêmes piézomètres nécessitent des curages avant chaque campagne de mesures. Pour les sols, des travaux physiques demandant la main d'œuvre occasionnelle pour creuser les trous à la tarière et échantillonner par couche de 20 cm, sont à effectuer au cours de chaque campagne.

- Aux laboratoires, les échantillons prélevés subissent une préparation puis un passage à travers plusieurs appareils et manipulations. Au vu du nombre important d'échantillons prélevés (nombre de points de prélèvement x 6 échantillons dans chaque point), les résultats ne peuvent être prêts qu'au bout d'un certain temps. Certains gouvernorats ne disposant pas de laboratoires sont obligés de transporter leurs échantillons à des gouvernorats voisins où ils doivent payer les frais d'analyses.

- Le matériel installé sur le terrain subit généralement des pertes et des dégâts. Les piézomètres s'ils sont en PVC, sont faciles à casser par des objets solides ou par des engins mécaniques. S'ils sont métalliques, ils sont, dans de nombreux périmètres (notamment à Kalabt Landalous), carrément arrachés puis disparaissent mystérieusement. De telles difficultés sont parmi les causes des interruptions de mesure et de la diffusion peu régulière des résultats.

- L'établissement de cartes de distribution spatiale et verticale de la salure est devenu une opération informatisée. On utilise, en effet, des logiciels de type GEOSTAT, STATIGRAPH, SURFER qui ne sont pas aisément manipulés par le personnel impliqué par les activités de suivi. Certains arrondissements sont même sous-équipés en matériel informatique.

- Les attributions assez nombreuses de chaque arrondissement ne lui laissent pas la possibilité d'affecter une équipe à plein temps à ce type d'activités. Certains arrondissements, notamment au sud du pays, sont entièrement dépourvus de personnel malgré les larges étendues d'oasis à contrôler. De telles situations ne font qu'aggraver les difficultés de réalisation des tâches de suivi.

- Au niveau budgétaire, les crédits alloués à ces activités restent modestes ce qui ne permet pas, dans les conditions actuelles, de céder ces activités à des bureaux d'étude ou à des équipes privées spécialisées dans le domaine.

### 6-2- Les propositions de solutions

Des solutions peuvent être proposées pour tenter d'améliorer l'efficacité et la rentabilité de ces activités de suivi. Ces propositions peuvent être formulées comme suit :

- Entamer les opérations de suivi, pour les gouvernorats ne réalisant pas ce type d'activités, par la sélection d'un périmètre puis sa couverture par le nombre de points d'observations nécessaires (voir guide sur la piézométrie des nappes superficielles).

- Se procurer le matériel informatique nécessaire (micro-ordinateur et imprimante) et le logiciel SURFER pour faire sortir des cartes de la distribution spatiale de la salure des sols ou de la profondeur et de la salure de la nappe phréatique.

- Tenter de créer de petites unités d'analyses dans chaque CRDA assurant sur place la détermination de la CE, du pH et de l'humidité. Pour des analyses plus approfondies, les laboratoires des gouvernorats voisins peuvent résorber la demande si elle existe.

- Améliorer le budget de fonctionnement des arrondissements des sols pour qu'ils puissent recruter de la main d'œuvre occasionnelle nécessaire aux activités de terrain.

- Sensibiliser les vulgarisateurs et certains agriculteurs sur l'utilité des piézomètres afin qu'ils ne soient pas la cible d'opérations de destruction ou d'arrachage.

- Renforcer en personnel, dans la mesure du possible, les équipes centrale et régionales chargées de ces activités, pour intensifier les observations et améliorer le rythme de diffusion des résultats.

- Coordonner ces activités avec les arrondissements chargés de l'exploitation et de la maintenance pour que les résultats des opérations de contrôle soient utiles et appliqués.

## 7 - Conclusion

La Tunisie est un pays à climat marqué par l'aridité sur au moins les 3/4 de sa surface. Il est, en outre, à géologie de type sédimentaire où apparaissent souvent le calcaire, le gypse et les sels solubles. Ces éléments sont plus ou moins solubles et passent facilement dans les eaux pluviales, qui dissolvent des quantités variables en fonction des milieux et des types de matériaux traversés. Les eaux d'irrigation employées, d'origine superficielle (barrages) ou souterraine (forages et puits de surface), sont ainsi chargées en sels dans la majorité du territoire, exceptées celles retenues dans l'extrême nord du pays. En plus, les zones irriguées sont affectées sur plus de 60.000 ha par des nappes phréatiques salées, dont le niveau est fluctuant et variable en fonction du temps, des doses d'irrigation et de l'état de fonctionnement du réseau de drainage. De telles situations imposent une surveillance régulière des surfaces aménagées par des opérations de suivi périodiques. L'inventaire des périmètres jugés sensibles à la salinisation, à partir des choix régionaux, a permis d'évaluer les surfaces soumises à un tel risque en fonction de l'origine des sels : 47867 ha de sols à texture souvent fine irrigués par des eaux saumâtres (RS > 3g/l) et 65290 ha de sols exposés à des risques de remontée de la nappe phréatique. Cette dernière est une source de sels très active au cas où elle se rapproche de la surface du sol.

Toutes ces surfaces nécessitent, en principe, un suivi avec toutes ses étapes de terrain, de laboratoire et d'interprétation des résultats. Cependant, des difficultés de réalisation de ces activités de suivi émergent et sont à résoudre d'une manière progressive en tenant compte des propositions simples et réalistes formulées dans le rapport. L'outil informatique est devenu indispensable dans ce domaine et il pourra être incorporé, même en étapes, car il facilite l'obtention des résultats d'une part et améliore leur qualité de l'autre. Les périmètres contrôlés au cours de l'année 1998 ne couvrent que partiellement le pays. Des améliorations sont à entreprendre au niveau du nombre de périmètres contrôlés et également au niveau de la qualité de l'opération de suivi qui doit prendre l'aspect d'une couverture spatiale systématique et non des mesures ponctuelles.

## BIBLIOGRAPHIE

- BELKHODJA (K). 1972. Origine, évolution et caractères de la salinité des sols dans la plaine de Kairouan (Tunisie Centrale). Contribution à l'étude de leur mise en valeur. Bulletin "Sols de Tunisie" n°4, Direction des Sols, Ministère de l'Agriculture.
- BEN HASSINE (H), BEN HASSINE (T), BEN AMMAR (A). 1981. Evolution saisonnière et variation inter annuelle de la salure du sol dans la basse vallée de la Mejerda. ES 193, Direction des Sols, Ministère de l'Agriculture.
- BOUKSILA (F.), BRAHEM (O.), SAIDI (H.). 1998. Analyse diagnostic des secteurs de dégradation des sols dans le périmètre irrigué de Moknine, en vue de la détermination des zones à risque de salinisation. ES 305, Direction des Sols, Ministère de l'Agriculture.
- BOUKSILA (F.), JELASSI (K.). 1998. Suivi de la salinisation des sols (variabilité spatiale et évolution des caractéristiques de la nappe dans le périmètre irrigué de Kalait Landelous, année 1997). ES 304, Direction des Sols, Ministère de l'Agriculture.
- BOULAINÉ (J.). 1976. Cours d'hydropédologie. Tomes 1, 2 et 3. Institut National Agronomique de Paris-Grignon, ENROREF.
- BRAUDEAU (E.), HACHICHA (M.). 1998. Guide de suivi de la salinité des eaux et du sol. Bulletin "Sols de Tunisie" N° 18, Direction des Sols, Ministère de l'Agriculture.
- HACHICHA (M.), BEN HASSINE (H.). 1990. Irrigation et salure dans le périmètre de Zelba. ES 263, Direction des Sols, Ministère de l'Agriculture.
- HACHICHA (M.), JELIDI (B.), SOUISSI (A.), BRARI (N.). 1993. La salinisation des sols dans le périmètre irrigué de la Mornaguia. Etat et origine. ES 276, Direction des Sols, Ministère de l'Agriculture.
- HACHICHA (M.), JELASSI (K.), KHELIF (Y.), HAJJEJ (S.). 1996. Organisation des sols et risque de salinisation dans le périmètre d'El Houareb (plaine de Merguellil, Kairouanais). ES 264, Direction des Sols, Ministère de l'Agriculture.
- HACHICHA (M.), JOB (J.O.), MTIMET (A.). 1994. Les Sols salés et la salinisation en Tunisie. Bulletin "Sols de Tunisie" N° 15, Direction des Sols, Ministère de l'Agriculture.
- HACHICHA (M.), TEKYA (N.). 1996. Guide technique. Contrôle de la piézométrie des nappes superficielles dans les périmètres irrigués de Tunisie. Direction des Sols - Direction Générale du Génie Rural, Ministère de l'Agriculture.
- MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE. UNITE DE SUIVI ET D'EVALUATION DES PERIMÈTRES IRRIGUÉS. 1998. Les périmètres irrigués en Tunisie. La situation actuelle.
- MTIMET (A.). 1987. Sauvegarde des oasis de Gabès - Etat de la salure des sols et comportement hydrique ES 241 - 57 pages.

**MTIMET ( A ), 1991. Sauvegarde des oasis du gouvernorat de Gabès - campagne 1990 - ES 259.**

**MTIMET ( A ), PONTANIER ( R ), 1995. Contraintes édaphiques et utilisation des eaux saumâtres en milieu oasien. Bulletin " Sols de Tunisie " N° 16, Direction des Sols, Ministère de l'Agriculture.**

**ZIDI ( C ), 1997. Régime de la nappe superficielle et incidences sur la salure des sols et la production des dattes dans l'oasis de Tarfaya ( Kébili ). ES 297, Direction des Sols, Ministère de l'Agriculture.**

## **ANNEXES**

**\*\_\*\_\*\_\***

### **Graphiques illustrant :**

- **Les surfaces sensibles à la salinisation secondaire**
  - **Par les eaux d'irrigation.**
  - **Par les éventuelles remontées de la nappe**
  
- **Les salinités et les profondeurs minimale et maximale de la nappe dans les périmètres contrôlés au cours de l'année 1998.**
  
- **Les salinités minimale et maximale des sols dans les périmètres contrôlés au cours de l'année 1998.**

Figure 1 : Surfaces (ha) des périmètres irrigués à contrôler et des périmètres sensibles à la salinisation par les eaux d'irrigation et la remontée de la nappe.

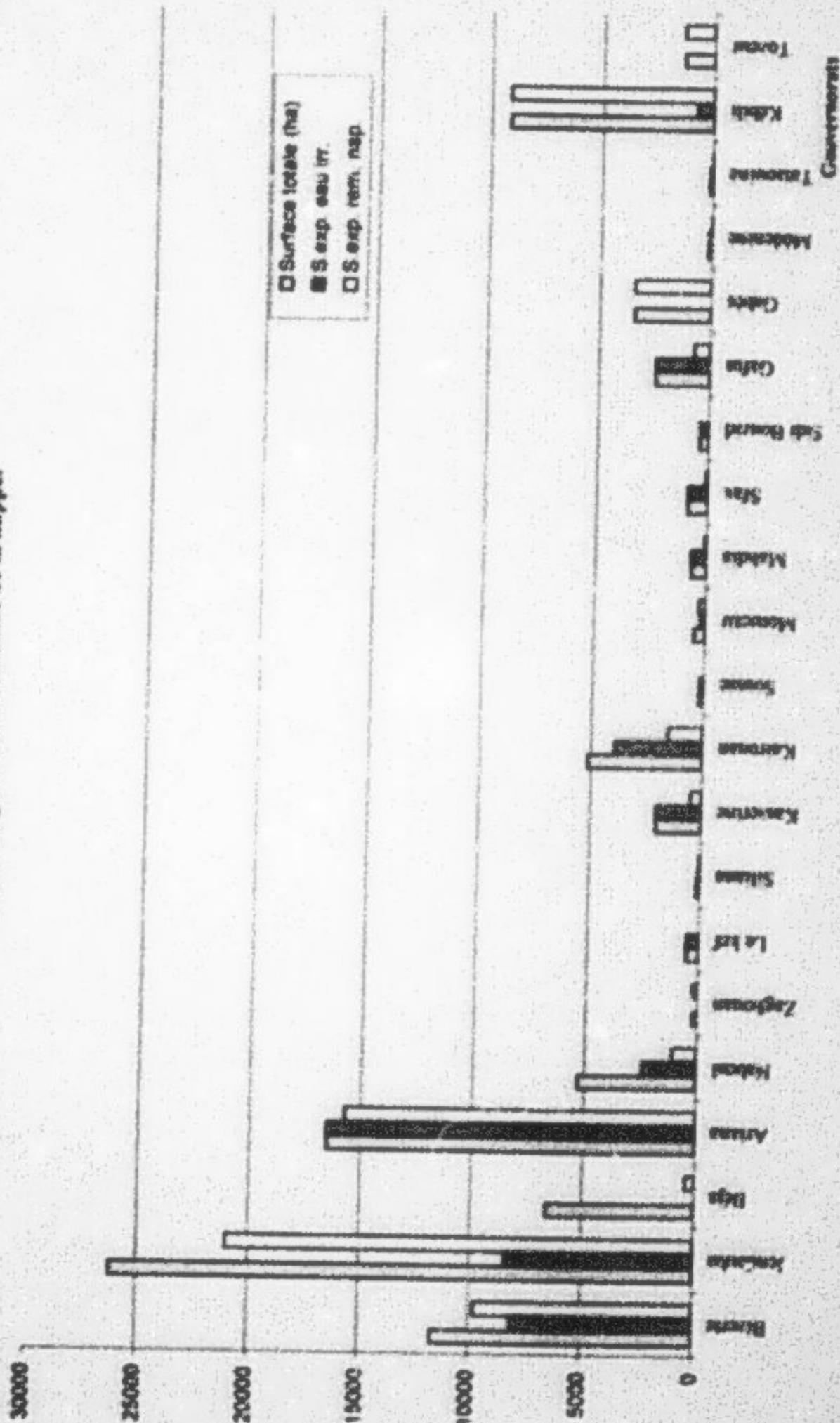


Figure 2 : Contrôle 1998. Salinités minimale et maximale des sols des périmètres contrôlés

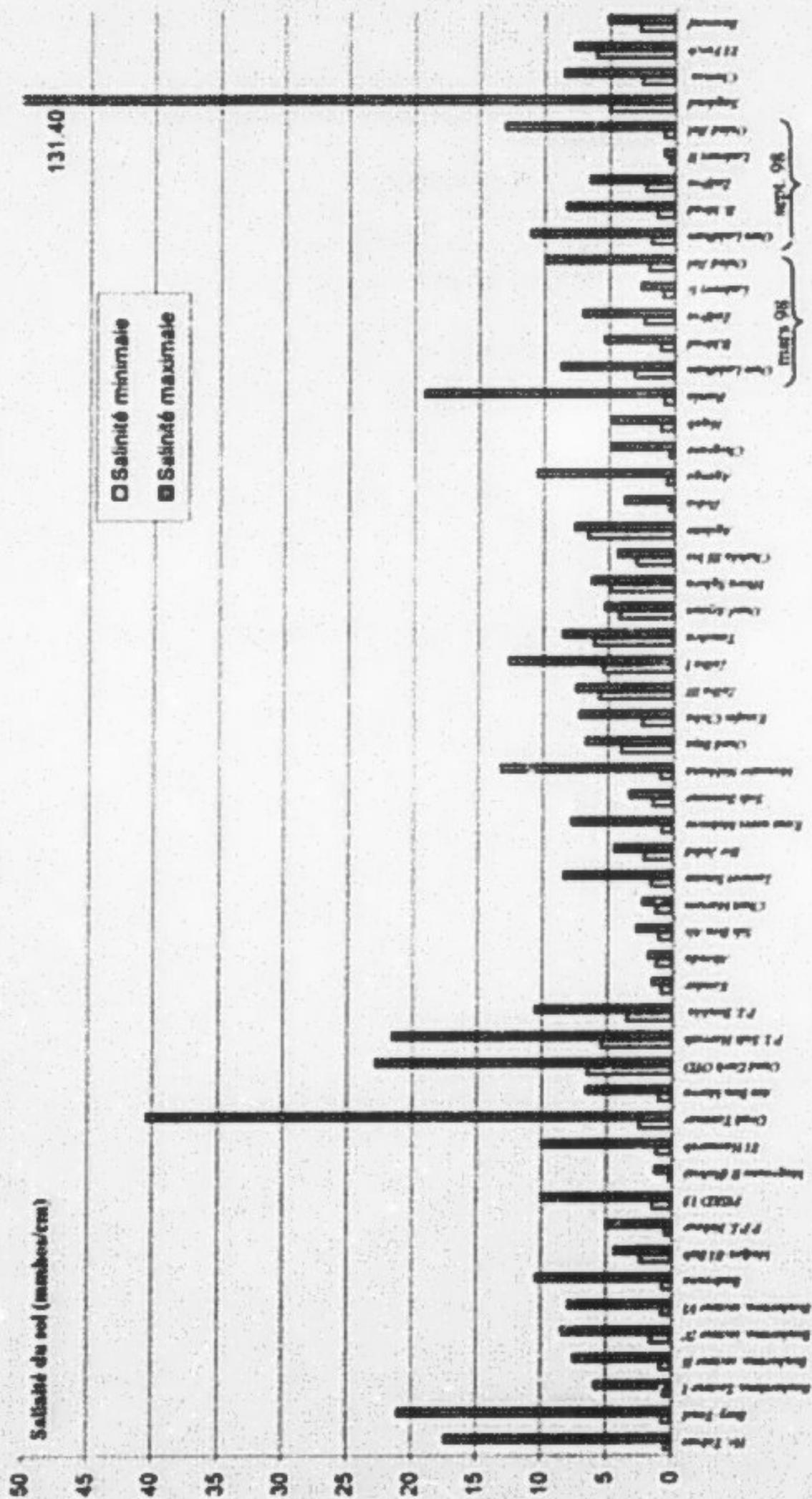
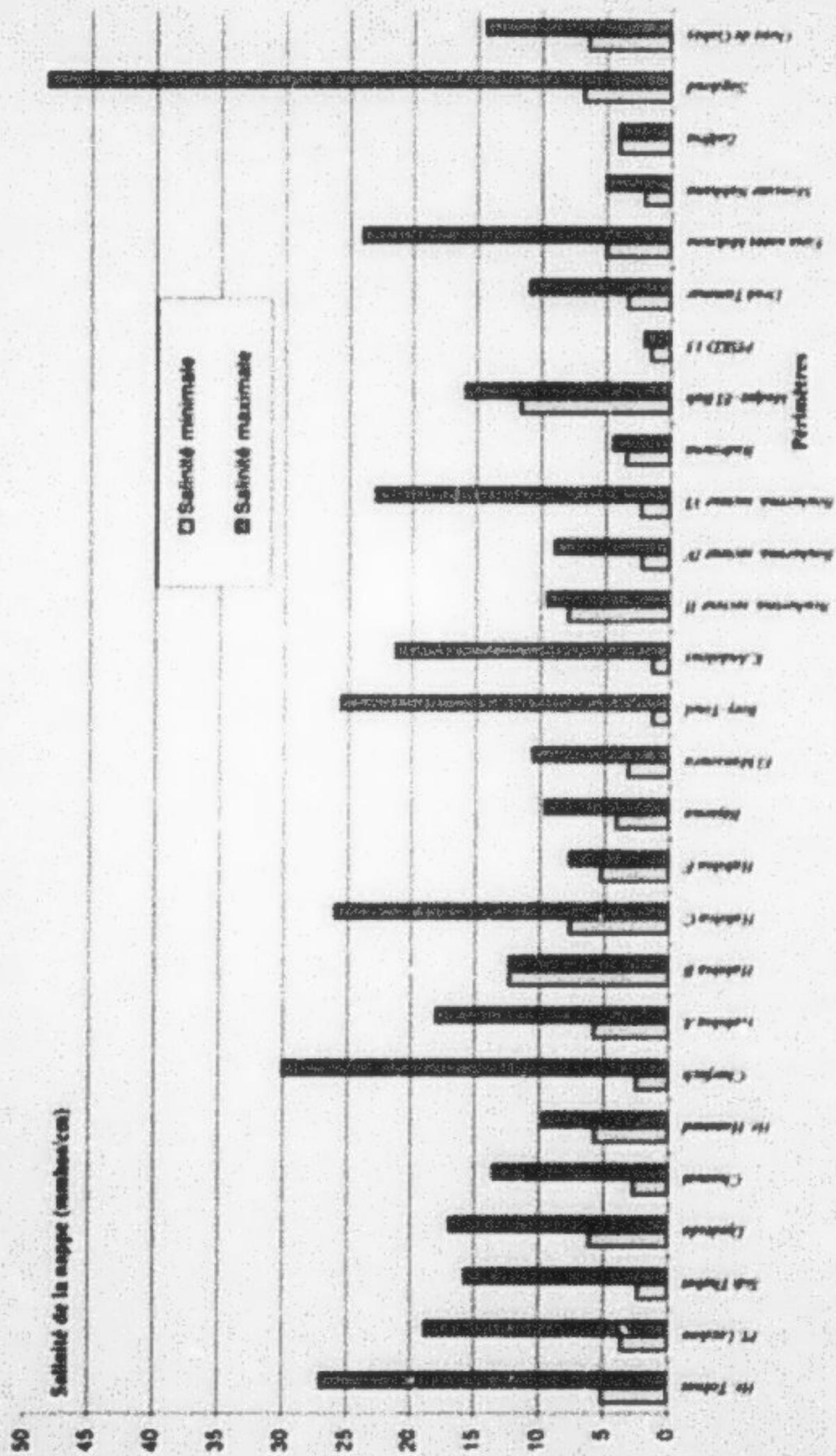




Figure 4 : Contrôle 1998. Salinités minimale et maximale de la nappe phréatique dans les périmètres contrôlés



REPUBLIQUE TUNISIENNE  
 MINISTERE DE L'AGRICULTURE  
 DIRECTION DES SOLS  
 C.R.D.A. de .....  
 Arrondissement des Sols

**Fiche de suivi de la salinité**  
**des sols et de la nappe**

Périmètre de : .....

Délégation de : .....

- Date de prélèvement .....
- Point de contrôle N° .....
- Coordonnées du point : x ..... y .....
- Eau d'irrigation : CE ..... mmhos/cm, RS ..... g/l
- Piézomètre N° ..... , niveau de la nappe ..... cm,  
 CE ..... mmhos/cm, RS ..... g/l

■ Résultats d'analyses des échantillons prélevés :

Profondeur cm	Humidité (Hp) en %	CEs mmhos/cm	CE 1/5 mmhos/cm	Texture	Remarques
0 - 20					
20 - 40					
40 - 60					
60 - 80					
80 - 100					
100 - 120					

L'enquêteur

**PROGRAMME D'ACTIONS  
POUR LA SURVEILLANCE DES SOLS SOUS  
IRRIGATION**

**DANS LES P.P.I. DE LA MEJERDA**



0 4 Km

**HACHICHA Mohamed et MTIMET Amor**

Octobre 1995

---

**FIN**

**28** . . . . .

**VUES**