



MICROFICHE N°

09730

République Tunisienne

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE

CENTRE NATIONAL DE

DOCUMENTATION AGRICOLE

TUNIS

الجمهورية التونسية
وزارة الزراعة

المركز القومي
للتوثيق الفلاحي
تونس

F

1

ES 298

REPUBLIQUE TUNISIENNE
MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE
DIRECTION DES SOLS



**regime de la nappe phréatique
et risque de salinisation dans le périmètre
irrigué de henchir Tobias**

M. Hochicha et K. Jelassi

Ministère de l'Agriculture
DIRECTION DES SOLS

**REGIME DE LA NAPPE PHREATIQUE
ET RISQUE DE SALINISATION
DANS LE PERIMETRE IRRIGUE DE HENCHIR TOBIAS**

E.S. 298

par
M.HACHICHA
et **K.JELASSI**

Février 1997

INTRODUCTION

Le périmètre de Henchir Tobias est un aménagement hydro-agricole récent réalisé dans le cadre du Plan Directeur des Eaux du Nord. De par les propriétés physico-chimiques défavorables de ses sols et la qualité moyenne des eaux d'irrigation, il représente de hauts risques de salinisation. Depuis 1989, le Service de la Recherche et de l'Expérimentation Pédologique assiste l'Arrondissement des Sols de Bizerte à la mise en œuvre du contrôle de la salinisation. L'action a débuté par la mise en place d'un réseau de piézomètres et la surveillance périodique de la nappe. Plusieurs notes et rapports ont été établis sur le périmètre: Mr M.Zamir en 1995, Achouri et Laamari et Seddik en 1994 et aussi l'expert AGRAR-AHT qui a assisté l'arrondissement entre 1994 et 1996 (Mr Cavalaers). Cette étude constitue notre contribution à cet effort avec l'intention de définir les orientations futures dans une gestion durable sur la base du régime de la nappe et du régime des sels dans le périmètre.

MATERIELS ET METHODES

Le périmètre de Henchir Tobias

Situé entre Utique, Kalaat Landelous et pont de Bizerte et au Nord-Est de la plaine d'El Mabitouh, le périmètre couvre une superficie de 1400 ha. Il a été réalisé dans le cadre du projet de la mise en valeur des périmètres irrigués de la basse vallée de la Medjerda. Le centre du périmètre possède les coordonnées géographiques suivantes:

- Longitude X: 8°58'32"
- Latitude Y: 41°11'50"
- Altitude: 6 m au dessus de la mer

La région reçoit en moyenne 450 mm de pluie et présente une ETI⁰ de l'ordre de 1500 mm. Le déficit hydrique est comblé par les irrigations d'été ou d'appoint.

Assaini et drainé entre 1985 et 1987, le périmètre possède les caractéristiques du réseau de drainage suivant:

- des fossés à ciel ouvert d'environ 35.000 mètres linéaires. Ils constituent les collecteurs et les émissaires.

- des drains enterrés en PVC totalisant environ 310.000 mètres linéaires.

Les eaux de drainage sont rejetées à Garaat Zouaouine.

Pour son irrigation, le périmètre a été aménagé en unités de 5 ha. L'eau provient du Barrage de Sidi Salem situé à 80 km sur l'Oued Medjerda et reprise au niveau d'un pont mobile à environ 10 km de la mer. La salinité est en moyenne de 2,5 g/l au cours des mois de pointe. Elle varie au cours de l'année entre 2 à 3 g/l. L'irrigation est appliquée par aspersion. La mise en eau a été effectuée en fin 1991 et début 1992.

Les cultures annuelles sont de loin les plus répandues dans le périmètre suivies des cultures maraîchères. Sur les bords de la Medjerda mieux drainés, on pratique l'arboriculture (poiriers). De nouvelles plantations de pommiers commencent à gagner sur le périmètre.

INTRODUCTION

Le périmètre de Henschir Tobias est un aménagement hydro-agricole récent réalisé dans le cadre du Plan Directeur des Eaux du Nord. De par les propriétés physico-chimiques défavorables de ses sols et la qualité moyenne des eaux d'irrigation, il représente de hauts risques de salinisation. Depuis 1989, le Service de la Recherche et de l'Expérimentation Pédologique assiste l'Arrondissement des Sols de Bizerte à la mise en œuvre du contrôle de la salinisation. L'action a débuté par la mise en place d'un réseau de piézomètres et la surveillance périodique de la nappe. Plusieurs notes et rapports ont été établis sur le périmètre: Mr M.Zamir en 1995, Achouri et Laamari et Seddik en 1994 et aussi l'expert AGRAR-AHT qui a assisté l'arrondissement entre 1994 et 1996 (Mr Cavalaers). Cette étude constitue notre contribution à cet effort avec l'intention de définir les orientations futures dans une gestion durable sur la base du régime de la nappe et du régime des sels dans le périmètre.

MATERIELS ET METHODES

Le périmètre de Henschir Tobias

Situé entre Utique, Kalaat Landelous et pont de Bizerte et au Nord-Est de la plaine d'El Mabitouh, le périmètre couvre une superficie de 1400 ha. Il a été réalisé dans le cadre du projet de la mise en valeur des périmètres irrigués de la basse vallée de la Medjerda. Le centre du périmètre possède les coordonnées géographiques suivantes:

- Longitude X: 8°58'32"
- Latitude Y: 41°11'50"
- Altitude: 6 m au dessus de la mer

La région reçoit en moyenne 450 mm de pluie et présente une ETI⁰ de l'ordre de 1500 mm. Le déficit hydrique est comblé par les irrigations d'été ou d'appoint.

Assaini et drainé entre 1985 et 1987, le périmètre possède les caractéristiques du réseau de drainage suivant:

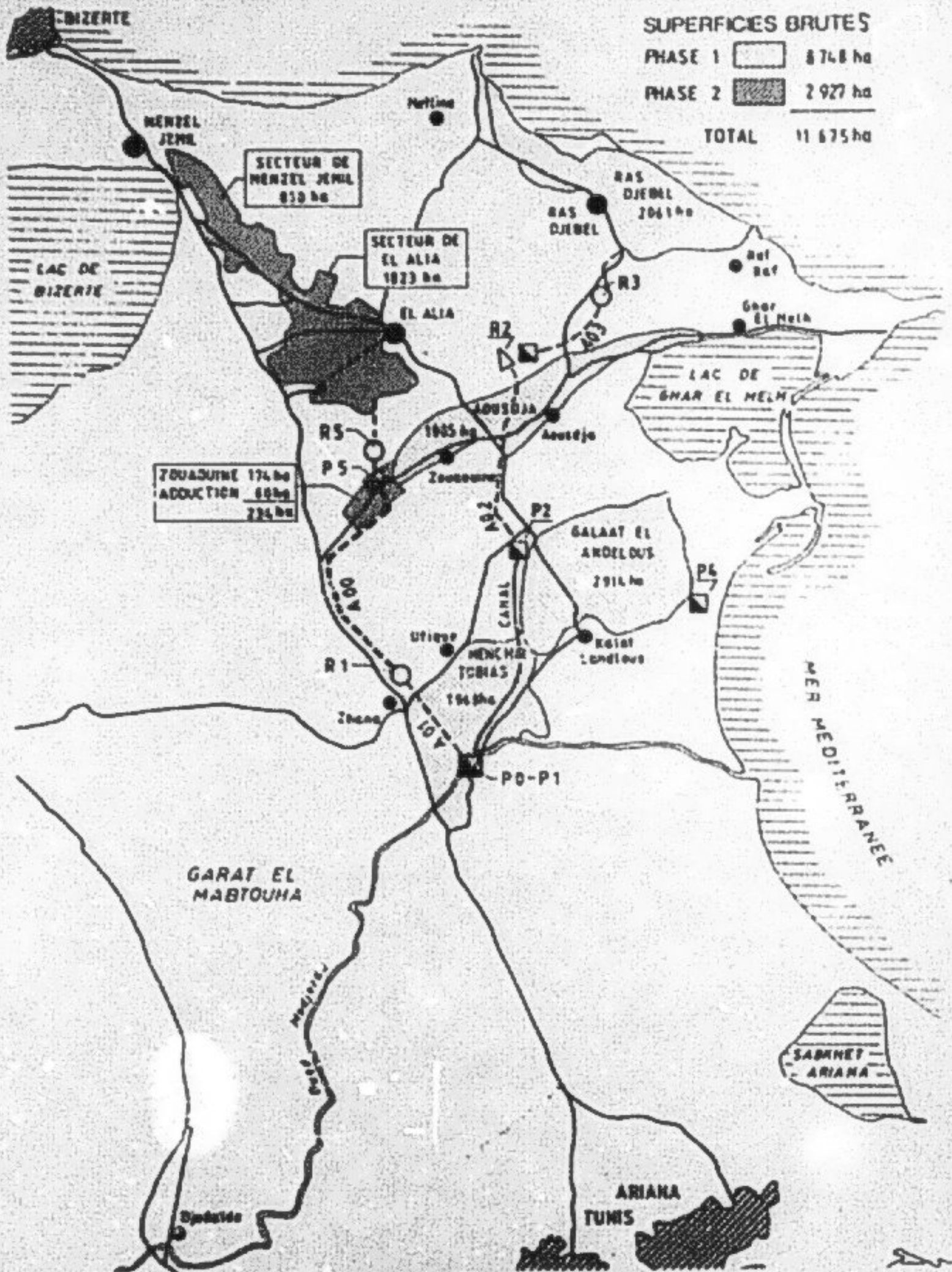
- des fossés à ciel ouvert d'environ 35.000 mètres linéaires. Ils constituent les collecteurs et les émissaires.

- des drains enterrés en PVC totalisant environ 310.000 mètres linéaires.

Les eaux de drainage sont rejetées à Garaat Zouaouine.

Pour son irrigation, le périmètre a été aménagé en unités de 5 ha. L'eau provient du Barrage de Sidi Salem situé à 80 km sur l'Oued Medjerda et reprise au niveau d'un pont mobile à environ 10 km de la mer. La salinité est en moyenne de 2,5 g/l au cours des mois de pointe. Elle varie au cours de l'année entre 2 à 3 g/l. L'irrigation est appliquée par aspersion. La mise en eau a été effectuée en fin 1991 et début 1992.

Les cultures annuelles sont de loin les plus répandues dans le périmètre suivies des cultures maraîchères. Sur les bords de la Medjerda mieux drainés, on pratique l'arboriculture (poiriers). De nouvelles plantations de pommiers commencent à gagner sur le périmètre.



Méthodes

Les mesures semestrielles ont concerné le niveau et la salinité de la nappe à travers un réseau de 35 piézomètres (Figure 2). A proximité de ces derniers, le sol a été prélevé à différentes profondeurs. Ce travail est relatif à quatre campagnes consignées dans le tableau I.

Tableau I. Données sol-nappe
recueillies au cours des différentes campagnes.

Campagne	S O L	N A P P E
Nov.94	-Granulo. 5 sites (0 à 2 m) -Salure: 22 mesures CEM, 21 sites CE et CE(1/5) 5 sites bilan des sels -Humidité: 22 sites	-Niveau: 22 piézo. -Salinité: 19 piézo. 5 Bilan des sels
Avr.95	-Salure: 5 sites CE(1/5) -Humidité: 5 sites	-Niveau: 28 piézo. -Salinité: 28 piézo. 5 Bilan des sels -Nitrates: 28 piézo.
Nov.95	-Salure: 5 sites CEM et 5 bilan des sels	-Niveau: 19 piézo. -Salinité: 19 piézo.
Avr.96	-Salure: 5 sites CE(1/5) et humidités	-Niveau: 27 piézo. -Salinité: 27 piézo. -Nitrates: 27 piézo.

Chaque variable a été soumise à une analyse statistique sommaire qui a permis de définir la moyenne et sa dispersion (min., max. et Coefficient de Variation=C.V.). Le C.V. provient du rapport de l'Ecart Type/Moyenne.

Cette analyse est suivie par une esquisse cartographique.

Méthodes

Les mesures semestrielles ont concerné le niveau et la salinité de la nappe à travers un réseau de 35 piézomètres (Figure 2). A proximité de ces derniers, le sol a été prélevé à différentes profondeurs. Ce travail est relatif à quatre campagnes consignées dans le tableau I.

Tableau I. Données sol-nappe
recueillies au cours des différentes campagnes.

Campagne	S O L	N A P P E
Nov.94	-Granulo. 5 sites (0 à 2 m) -Salure: 22 mesures CEM, 21 sites CE et CE(1/5) 5 sites bilan des sels -Humidité: 22 sites	-Niveau: 22 piézo. -Salinité: 19 piézo. 5 Bilan des sels
Avr.95	-Salure: 5 sites CE(1/5) -Humidité: 5 sites	-Niveau: 28 piézo. -Salinité: 28 piézo. 5 Bilan des sels -Nitrates: 28 piézo.
Nov.95	-Salure: 5 sites CEM et 5 bilan des sels	-Niveau: 19 piézo. -Salinité: 19 piézo.
Avr.96	-Salure: 5 sites CE(1/5) et humidités	-Niveau: 27 piézo. -Salinité: 27 piézo. -Nitrates: 27 piézo.

Chaque variable a été soumise à une analyse statistique sommaire qui a permis de définir la moyenne et sa dispersion (min., max. et Coefficient de Variation=C.V.). Le C.V. provient du rapport de l'Ecart Type/Moyenne.

Cette analyse est suivie par une esquisse cartographique.

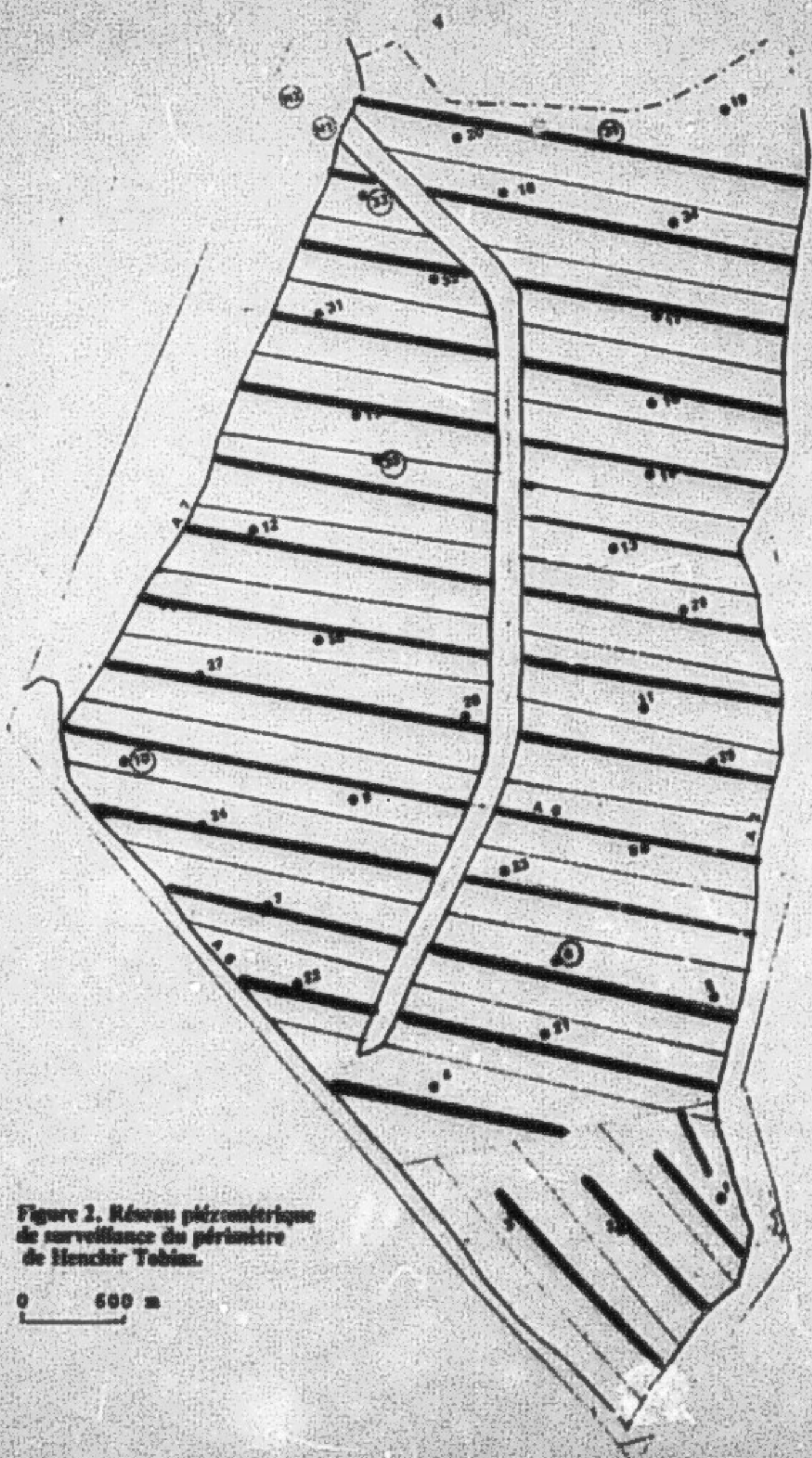


Figure 2. Réseau piézométrique
de surveillance du périmètre
de Henchir Tobian.

0 500 m

RESULTATS

Les résultats sont relatifs aux données recueillies sur le régime de la nappe et le régime des sels dans les sols du périmètre (Tableau 2).

Tableau 2. Résultats des données sol-nappe recueillies au cours des différentes campagnes.

Campagne	S O L	N A P P E
Nov. 94	-variabilité de la texture -variabilité de la salure -variabilité du faciès géochimique	-variabilité du niveau -variabilité de la salinité
Avr. 95	-profils salins pour 5 sites	-variabilité du niveau -variabilité de la salinité -variabilité des nitrates
Nov. 95	-profils salins pour 5 sites	-variabilité du niveau -variabilité de la salinité
Avr. 96		-variabilité du niveau -variabilité de la salinité -variabilité des nitrates

1. Caractérisation de la texture des sols

Les sols peu évolués d'apport alluvial occupent la moyenne partie du périmètre et sont formés par des matériaux déposés par l'Oued Medjerda.

L'analyse de la texture pour 5 sites (10 profondeurs de 20 en 20 cm jusqu'à 200 cm) répartis sur tout le périmètre décelé la prédominance de la fraction argilo-limoneuse fine. En terme de pourcentage, 94% des échantillons possèdent plus de 60% d'argile + limon fin (< 20 microns). Dans la majorité des cas, les sites présentent une texture continue où la fraction argile + limon fin dépasse les 60%. Dans quelques sites, les horizons de surface sont plus limoneux ou inversement. Quelques exemples illustrent cette discontinuité texturale (Figure 3 a, b et c).

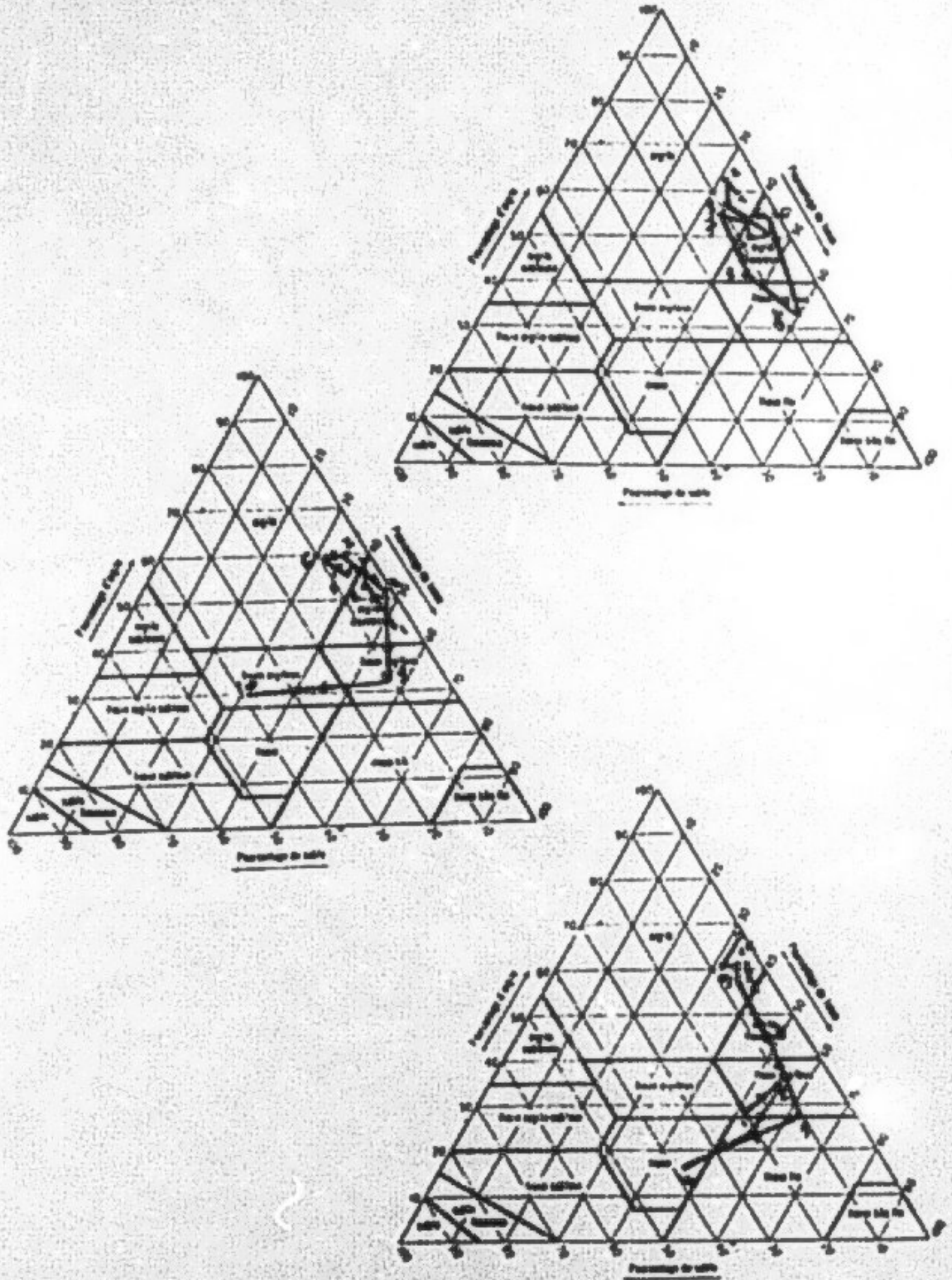


Figure 3. Triangles caractéristiques de la texture des sols.

2. Caractérisation de la nappe phréatique

2.1. Profondeur de la nappe

La profondeur de la nappe présente un régime saisonnier caractérisé par un rabattement en été et une remontée en hiver. Les valeurs moyennes sont sensiblement similaires au cours des deux années de suivi. Ces valeurs présentent une dispersion assez faible en hiver et moyenne en été. L'hiver, la profondeur moyenne de la nappe est d'environ 145 cm avec un C.V. de 20 à 28%. En été, elle n'est que de 174 à 196 avec un C.V. < 16% (tableau 3).

Tableau 3. Caractéristiques moyennes de la profondeur de la nappe (en cm).

Mois/An	11/1994	4/1995	11/1995	4/1996
Min.	121	61	164	102
Moy.	174	145	196	146
Max.	230	235	240	212
C.V.%	16	28	12	20

L'hydrographe de la profondeur de la nappe confirme cet état de faible variabilité interannuelle et de la forte variabilité intersaisonnière (Figure 4). Deux informations sont importantes concernant l'efficacité du réseau de drainage. Il apparaît efficace car il maintient la nappe au dessus de la cote des drains. En outre, le curage et la maintenance assurés dans le périmètre entre l'année 1995 et l'année 1996 ont eu un impact positif car la situation s'est encore améliorée.

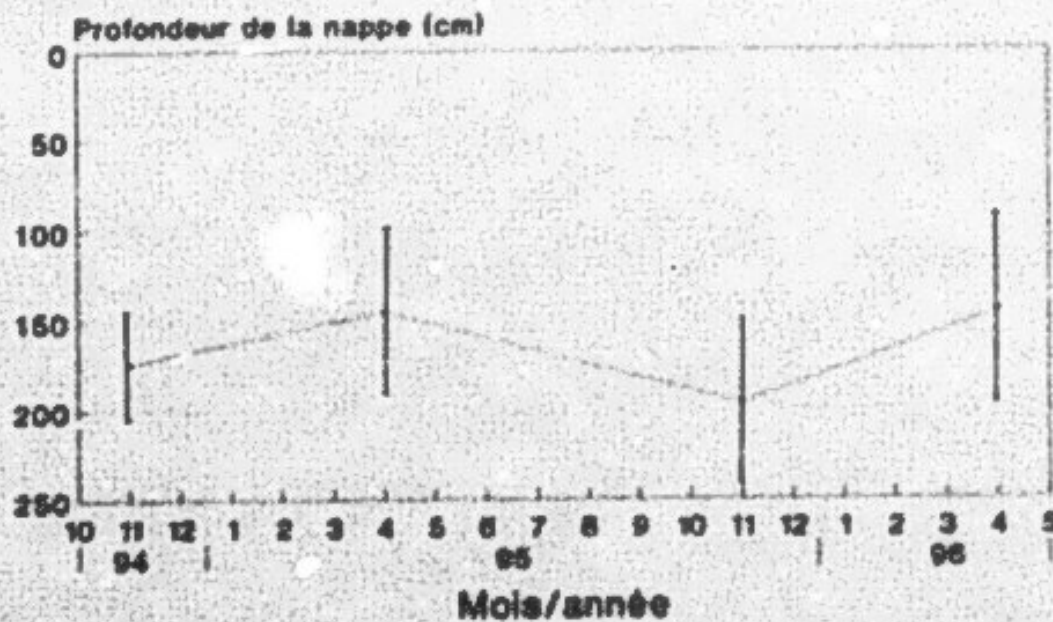


Figure 4. Hydrographe de la profondeur de la nappe.

Dans l'espace, la partie Est du périmètre est celle où la nappe affleure près de la surface en hiver mais aussi en été (Figure 5 a, b, c et d). Par ailleurs, l'effet du curage entrepris au cours du printemps et de l'été 1995 est mis en évidence par un rabattement considérable de la nappe dans plusieurs secteurs du périmètre aussi bien l'hiver que l'été. Il suffit de comparer les situations de novembre 94 et avril 95 avec les situations de novembre 95 et avril 96.

2. Caractérisation de la nappe phréatique

2.1. Profondeur de la nappe

La profondeur de la nappe présente un régime saisonnier caractérisé par un rabattement en été et une remontée en hiver. Les valeurs moyennes sont sensiblement similaires au cours des deux années de suivi. Ces valeurs présentent une dispersion assez faible en hiver et moyenne en été. L'hiver, la profondeur moyenne de la nappe est d'environ 145 cm avec un C.V. de 20 à 28%. En été, elle n'est que de 174 à 196 avec un C.V. < 16% (tableau 3).

Tableau 3. Caractéristiques moyennes de la profondeur de la nappe (en cm).

Mois/An	11/1994	4/1995	11/1995	4/1996
Min.	121	61	164	102
Moy.	174	145	196	146
Max.	230	235	240	212
C.V.%	16	28	12	20

L'hydrographe de la profondeur de la nappe confirme cet état de faible variabilité interannuelle et de la forte variabilité intersaisonnière (Figure 4). Deux informations sont importantes concernant l'efficacité du réseau de drainage. Il apparaît efficace car il maintient la nappe au dessus de la cote des drains. En outre, le curage et la maintenance assurés dans le périmètre entre l'année 1995 et l'année 1996 ont eu un impact positif car la situation s'est encore améliorée.

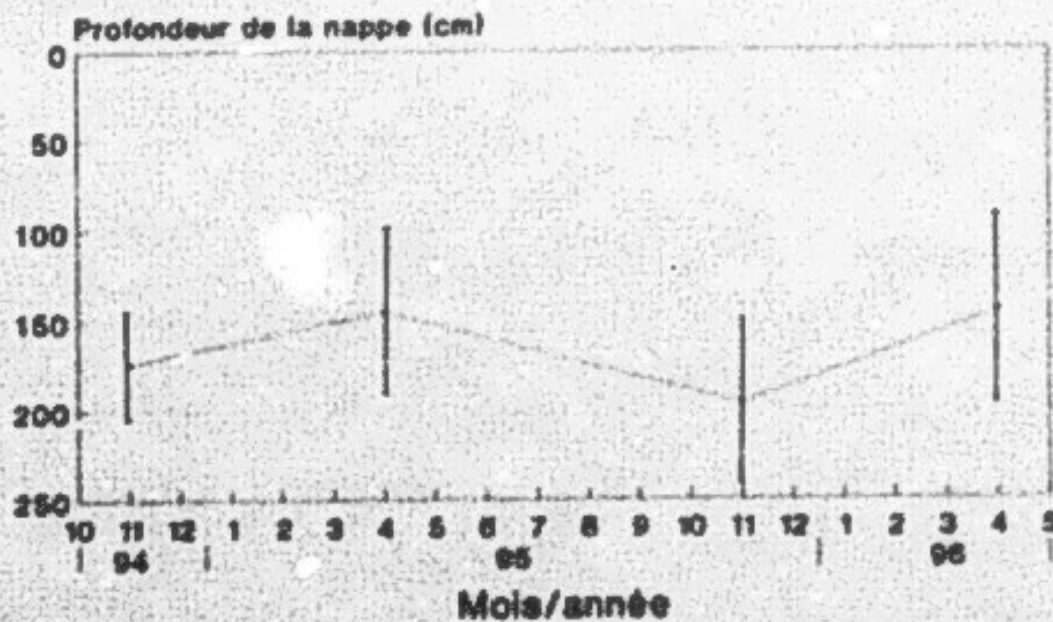
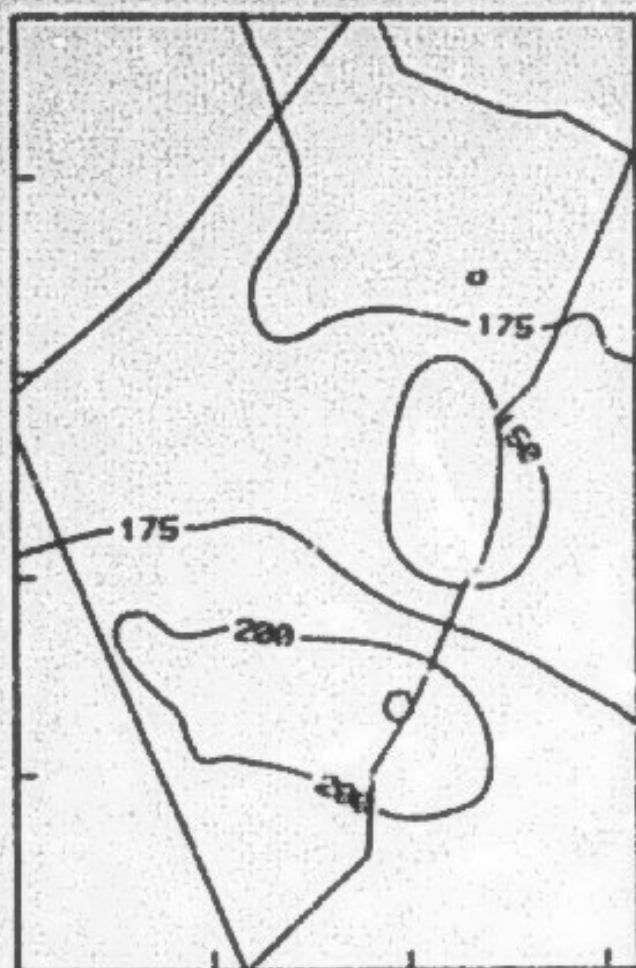
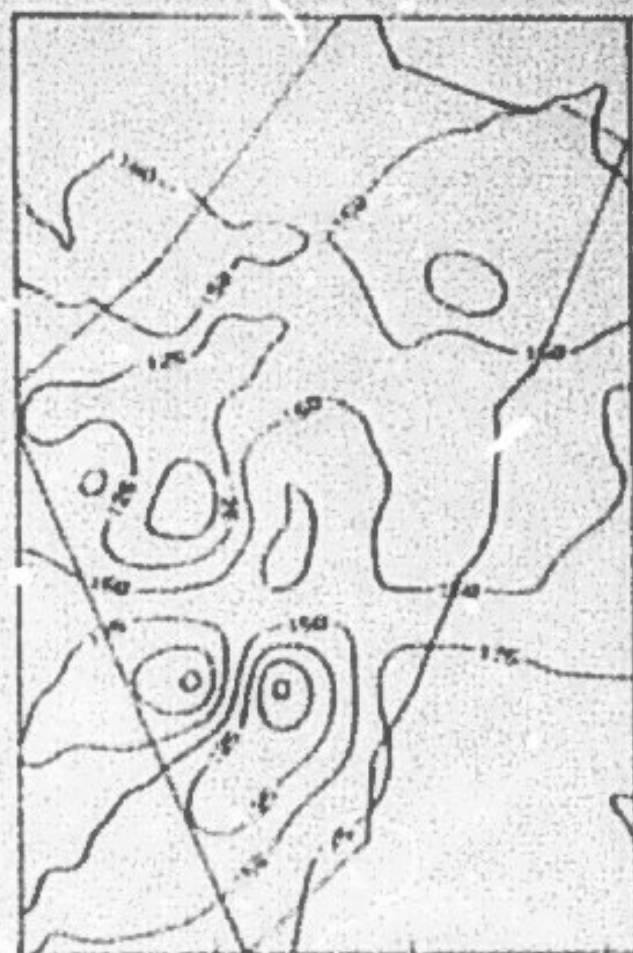


Figure 4. Hydrographe de la profondeur de la nappe.

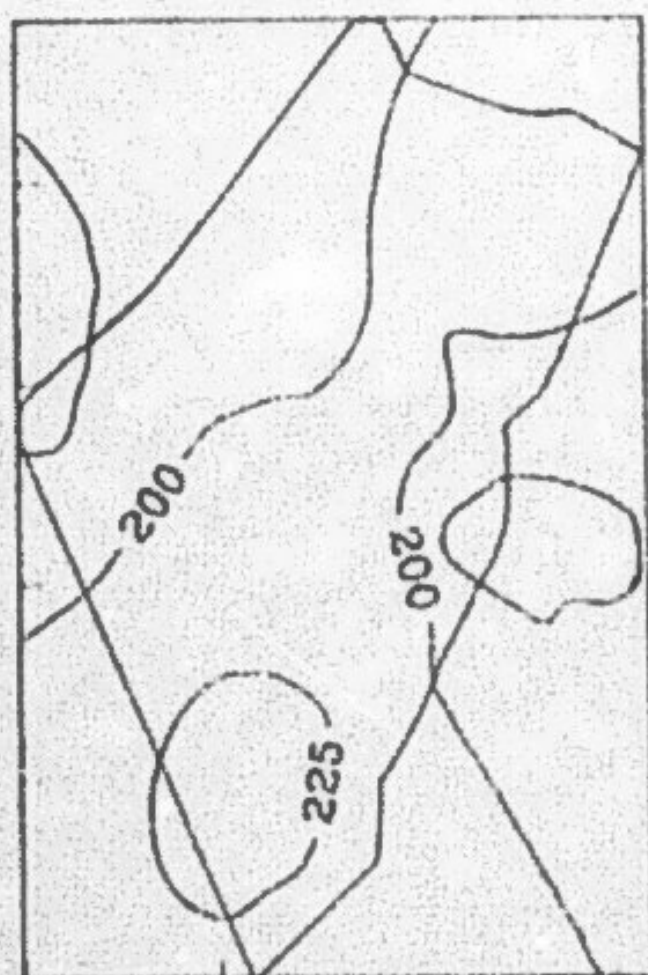
Dans l'espace, la partie Est du périmètre est celle où la nappe affleure près de la surface en hiver mais aussi en été (Figure 5 a, b, c et d). Par ailleurs, l'effet du curage entrepris au cours du printemps et de l'été 1995 est mis en évidence par un rabattement considérable de la nappe dans plusieurs secteurs du périmètre aussi bien l'hiver que l'été. Il suffit de comparer les situations de novembre 94 et avril 95 avec les situations de novembre 95 et avril 96.



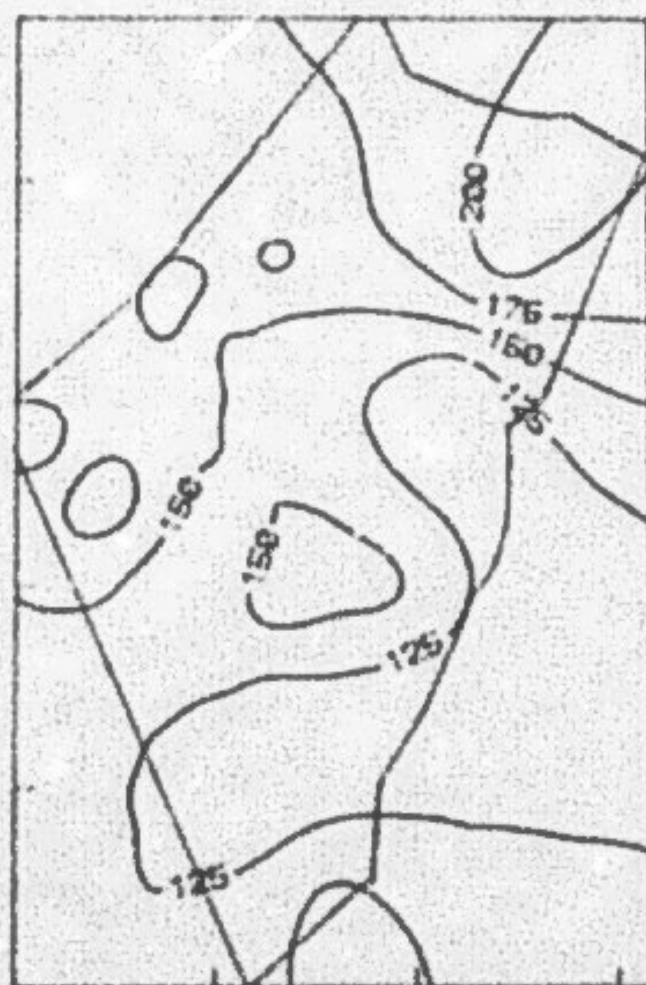
5a. En novembre 1994.



5b. En avril 1995.



5c. En novembre 1995.



5d. En avril 1996.

Figure 5. Profondeur de la nappe.

2.2. Salinité de la nappe

Le régime saisonnier de la salinité de la nappe est à peine décelable pour les trois premières campagnes. La baisse de la salinité n'est significative que l'hiver 1996. Les valeurs moyennes présentent une même dispersion, moyenne (Tableau 4).

Tableau 4. Caractéristiques moyennes de la salinité de la nappe (dS/m).

Mois/an	11/1994	4/1995	11/1995	4/1996
Min.	5,4	6,1	5,4	4,1
Moy.	16,7	15,5	15,8	11,6
Max.	24	26,7	24,2	18,9
C.V.%	37	34	37	35

L'hydrographe de la salinité de la nappe confirme cet état de moyenne variabilité interannuelle et intersaisonnière (Figure 6). Toutefois, on peut déduire que le réseau de drainage est efficace et ne permet pas la concentration des eaux car on n'observe pas de salinité très élevée. Mais aussi, le curage entrepris dans le périmètre entre l'année 1995 et l'année 1996 a amélioré cette efficacité car on enregistre juste après une baisse sensible de la salinité de la nappe.

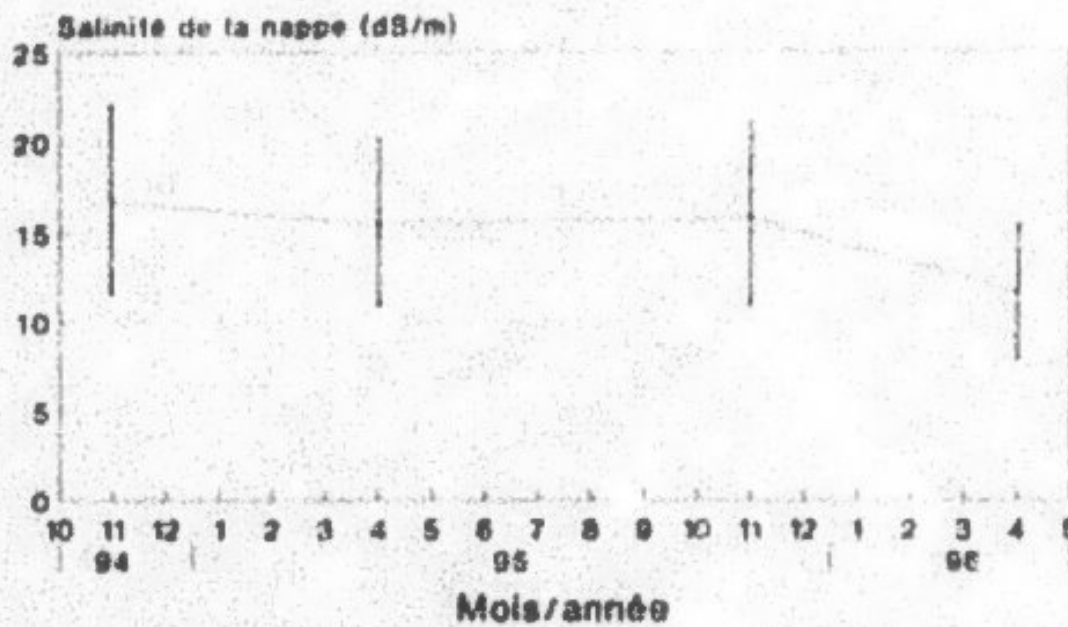
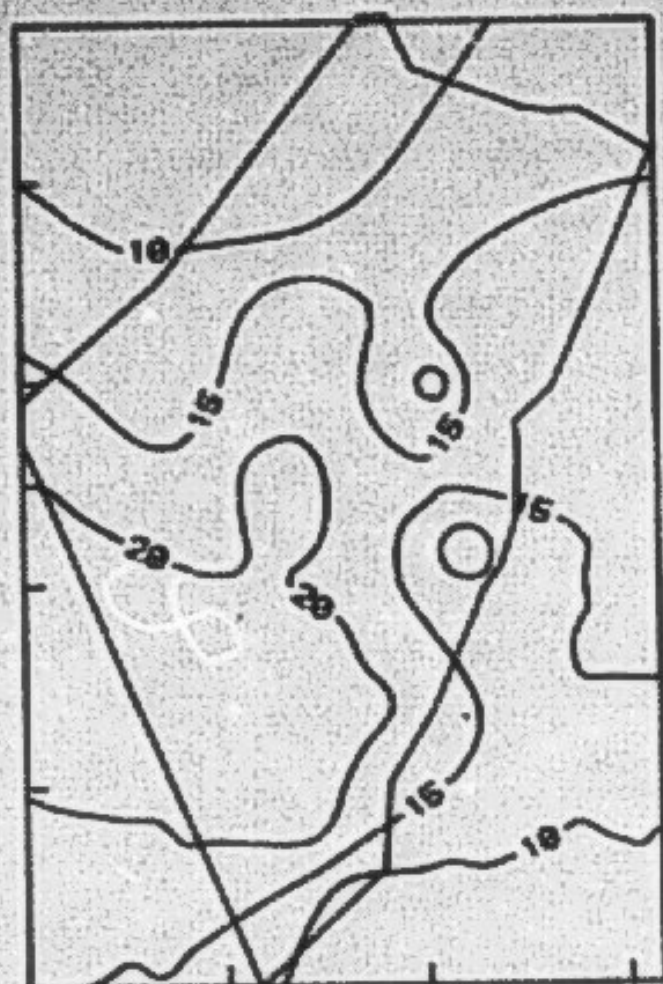


Figure 6. Hydrographe de la salinité de la nappe.

Dans l'espace, la salinité présente un gradient décroissant sud-nord avec une plage centrale et l'est du périmètre où la salinité est élevée (Figure 7 a, b, c et d). La différence de la salinité n'est pas nette. Elle apparaît significative après le curage entrepris au cours du printemps et de l'été 1995.



7a. En novembre 1994.

10



7b. En avril 1995.



7c. En novembre 1995.



7d. En avril 1996.

Figure 5. Salinité de la nappe.

0 1000 m

2.3. Composition en nitrates de la nappe.

Soucieux de la contamination des eaux de la nappe par les nitrates, nous avons procédé à l'analyse de ces éléments dans les eaux recueillies dans les piézomètres à la fin de l'hiver 95 (4/95) et à la fin de l'hiver 96 (4/96).

Au cours de l'année 95, les valeurs varient de 0 à 174 mg/l. Dans plus de 40% (12 sites/28 sites), la teneur est supérieure à 5 mg/l.

Au cours de l'année 96, le lessivage des nitrates est très prononcé. Cependant, d'autres foyers de concentration en nitrates apparaissent.

En général, on n'observe pas de processus additif des nitrates. Toutefois, le lessivage des nitrates pose le problème de leur lieu de réception. Dans le réseau de drainage et au niveau de l'exutoire, les nitrates conduisent à la prolifération des plantes aquatiques et à l'eutrophisation. Un emploi raisonné des engrais azotés doit être mis en application.

3. Impact des variations de la nappe et de l'irrigation sur la salure des sols.

Cet impact est apprécié par le profil salin de 5 sites répartis sur l'ensemble du périmètre. Les profils sont relatifs aux mois de novembre 1994 et novembre 1995.

On distingue deux situations:

- le cas où la parcelle n'a pas été irriguée au cours de l'été 1995;
- le cas où la parcelle a été irriguée au cours de l'été 1995.

Dans le premier cas, le lessivage est très net. Il se poursuit profondément si la nappe est profonde (Figure 8) et s'arrête plus en surface si la nappe est proche de la surface du sol.

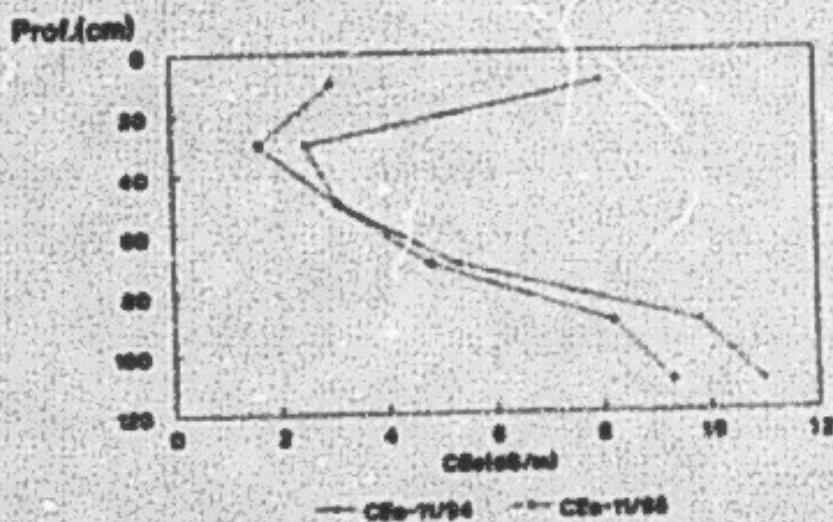


Figure 8. Profil salin d'un sol non irrigué et bien drainé.
Près du piézomètre 6.

En nov.94: la nappe est à 2 m et la salinité est de 22 dS/m.
En nov.95: la nappe est à 2 m et la salinité est de 12 dS/m.

Dans le deuxième cas, le lessivage hivernal est masqué par la salinisation estivale par les eaux d'irrigation. Cette salinisation affecte la couche 0-40 cm. Plus en profondeur, la désalinisation induite par le drainage est très nette (Figure 9). Elle est moins nette si le drainage est imparfait (Figure 10).

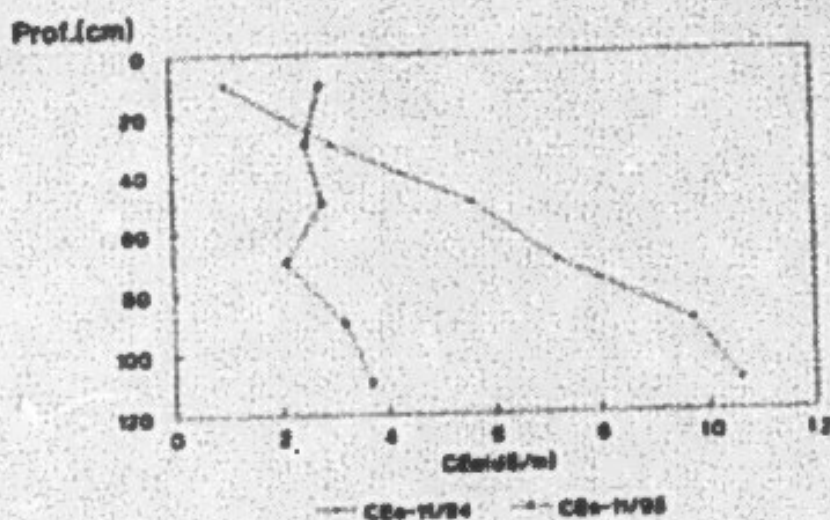


Figure 9. Profil salin d'un sol irrigué et bien drainé.
Près du piézomètre 35.

En nov.94 et en nov.95: la nappe est à plus de 2,5 m.

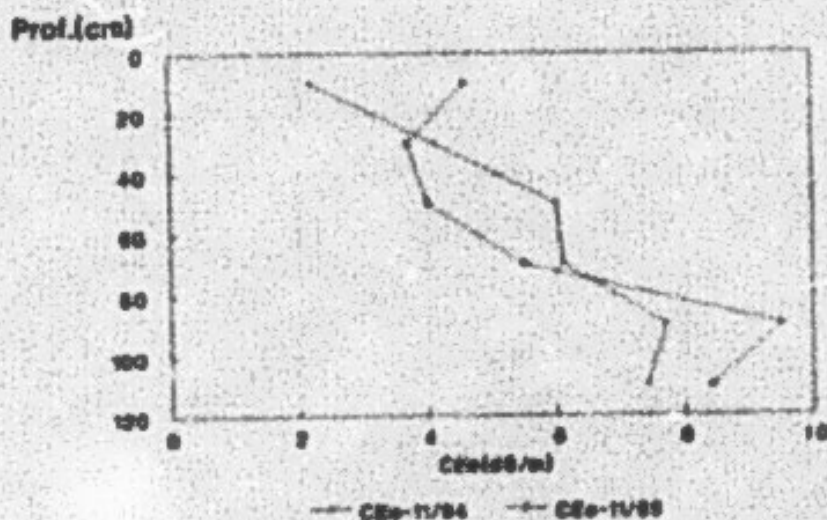


Figure 10. Profil salin d'un sol irrigué et mal drainé.
Près du piézomètre 10.

En nov.94: la nappe est à 1,5 m et la salinité est de 18 dS/m.
En nov.95: la nappe est à 1,7 m et la salinité est de 5 dS/m.

Dans le deuxième cas, le lessivage hivernal est masqué par la salinisation estivale par les eaux d'irrigation. Cette salinisation affecte la couche 0-40 cm. Plus en profondeur, la désalinisation induite par le drainage est très nette (Figure 9). Elle est moins nette si le drainage est imparfait (Figure 10).

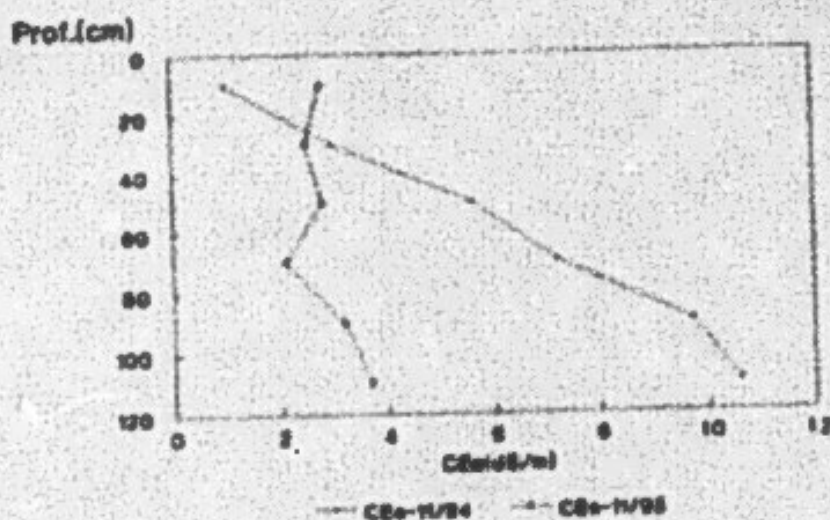


Figure 9. Profil salin d'un sol irrigué et bien drainé.
Près du piézomètre 35.

En nov.94 et en nov.95: la nappe est à plus de 2,5 m.

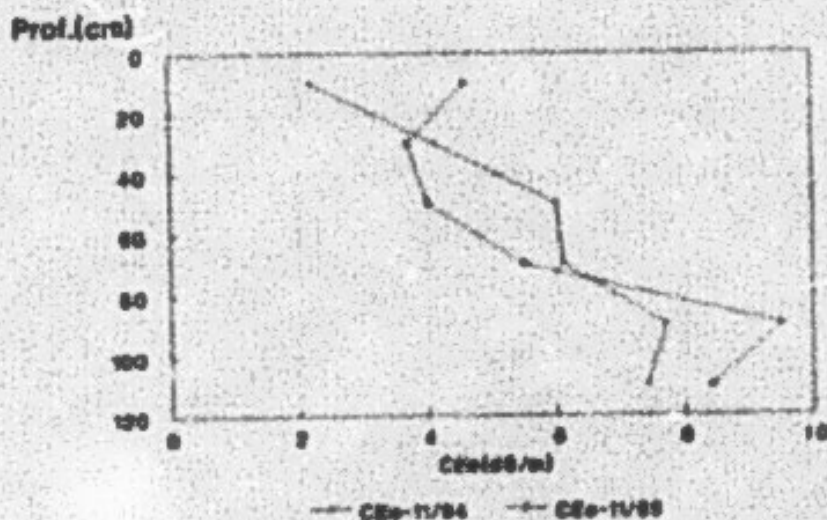


Figure 10. Profil salin d'un sol irrigué et mal drainé.
Près du piézomètre 10.

En nov.94: la nappe est à 1,5 m et la salinité est de 18 dS/m.
En nov.95: la nappe est à 1,7 m et la salinité est de 5 dS/m.

Sur le plan géochimique, les sels fréquents dans les solutions des sols, sont des composés chloruré sulfuré sodiques (Tableau 11).

**Tableau 6. Exemple des caractéristiques chimiques des sols
près du piézomètre 10 (11/1994).**
(les anions et les cations en meq/l).

Prof. cm	0 - 20	20 - 40	40 - 60	60 - 80	80 - 100
PH 1/2,5	9,2	8,0	8,1	8,1	8,0
CE dS/m	4,6	3,7	4,0	5,5	9,5
HCO ₃ ⁻	6,0	4,0	4,0	4,0	4,0
SO ₄ ²⁻	12,7	9,6	9,6	16,5	59,1
Cl ⁻	30,8	26,8	32,9	39,8	63,4
Ca ²⁺	4,4	17,6	14,4	15,0	12,2
Na ⁺	41,6	18,8	25,0	38,8	64,2
K ⁺	0,73	0,19	0,15	0,16	0,23
Mg ²⁺	2,1	5,0	5,0	7,0	21,0
CT. (%)	30	30	30	30	31
CA (%)	23	23	18	25	25
M.O. (%)	0,8	0,7	0,6	0,3	0,3

CONCLUSION

Le suivi et les mesures réalisés sur les caractéristiques de la nappe et du sol dans le périmètre de Henchir Tobias apportent plusieurs enseignements qu'il faut intégrer dans une approche de gestion durable de cet aménagement. Ces enseignements concernent d'abord la nappe. Ses variations peuvent être maîtrisées par la maintenance du réseau de drainage. Ce qui permet aussi de contenir la salinisation par les eaux d'irrigation dans des limites tolérables par les cultures. Les secteurs situés vers l'Est du périmètre sont les plus sensibles. A ce sujet, le canal d'assainissement de Garaït Mabouth qui traverse le périmètre pour décharger les eaux très salées de la Garaït vers la Mejerda au niveau d'une ancienne écluse, doit être entretenu et curé autant que les autres fossés de drainage. D'ailleurs, la profondeur et la salinité dans ce secteur est et la salure des sols sont nettement plus élevées même après le curage des fossés dans tout le périmètre.

D'autre part, l'évolution de la salure des sols mais aussi la concentration de la nappe en nitrates mise en évidence par des mesures globales, doivent être détaillées au niveau des parcelles. A cet effet, deux actions peuvent dans l'avenir se joindre au suivi piézométrique actuel, il s'agit du contrôle:

- au niveau des grands émissaires, des quantités de sels importés et exportés (bilan des sels);
- au niveau de parcelles et sous cultures irriguées intensivement, des quantités apportées et exportées en engrais azotés (bilan des nitrates) et en sels (bilan des sels).

BIBLIOGRAPHIE

- AGRAR-UND HYDROTECHNIK GmbH, 1994.-Rapport de mission n°3 (Cavaliers). 33 pages.
- ACHOURI M. et LAAMIRI M.-T., 1996.- Programme de suivi de la salinité des sols et de la qualité de l'eau (PI Hr Tobias). Arr.Sols, CRDA Bizerte, 7 pages.
- SEDDIK S., 1996.- Problématique de drainage et interventions effectuées: Cas de Henchir Tobias. Arr. EPI, CRDA Bizerte, 4 pages.
- ZANTOUR M., 1995.- Surveillance de la salinité dans le périmètre de Henchir Tobias. Arr.Sols, CRDA Bizerte, 4 pages.

FIN

16

VUE