

MICROFICHE N°

08228

République Tunisienne

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE

CENTRE NATIONAL DE

DOCUMENTATION AGRICOLE

TUNIS

الجمهورية التونسية
وزارة الزراعة

المركز القومي
للتوثيق الفلاحي
تونس

F 1

ES 275

RÉPUBLIQUE TUNISIENNE
MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE
DIRECTION DES SOLS



**gestion des eaux et des sols
dans l'oasis de tarfaya**

étude préliminaire

Ch. ZIDI, J.O. JOB, M. HACHICHA, M. GRIRA

Ministère de l'Agriculture
Direction des Sols

**GESTION DES EAUX ET DES SOLS DANS L'OASIS DE TARFAYA
ETUDE PRELIMINAIRE**



par: CH. ZIDI(1), J.O. JOB(2), M. HACHICHA(1), M. GRIRA(3)

Juin 1993

(1) Ministère de l'Agriculture, Direction des Sols

(2) Mission ORSTOM à Tunis

(3) Ministère de l'Agriculture, Arrondissement des Sols de Kébill

GESTION DES EAUX ET DES SOIS DE L'OASIS DE TARFAYA.

I- ETUDE PRELIMINAIRE.

1. PRESENTATION DE L'ETUDE.



Fig.1-Nefzaoua: plan de situation.

La région du Nefzaoua couvre à peu près 23000 km² dans le sud tunisien (fig.1). Elle comporte une cinquantaine d'oasis, alimentées par 94 forages artésiens (Santodirosso, 1986). Dans un certain nombre de cas, une gestion des eaux et des sols inadaptée a provoqué la salinisation des sols et une baisse des rendements.

Dans l'oasis de Tarfaya ces problèmes sont bien représentés. C'est pourquoi cette oasis a été choisie en 1992 pour faire une étude hydro-pédologique et géochimique de la salure des sols représentative de la situation de la région considérée. Cette oasis est en effet gérée par la Société de Développement Agricole des Dattes (SODAD) selon des techniques agronomiques standard. On peut s'attendre à y suivre plus facilement la gestion de l'eau et des sols que dans une oasis traditionnelle.

2. CARACTERISATION AGROPEDEOLOGIQUE DE LA NEFZAOUA.

2.1. Le milieu physique.

La région du Nefzaoua est classée dans la zone du climat aride mégathermal (Mainou, 1976), de type continental, froid en hiver et chaud en été. La température moyenne est de l'ordre de 30°C pendant la saison chaude, de juin à septembre, et de 13°C pendant la saison froide, de décembre à février. Les vents les plus fréquents, 120 j/an sont les vents de sable printaniers de secteur est à nord-est. Ils sont à l'origine de l'ensablement de points d'eau et des cultures.

La moyenne annuelle des pluies, entre 1901 et 1976 est de l'ordre de 90 mm. L'ETP calculée, selon la formule de Thornthwaite, est de 1300 mm (Sarfatti, 1988).

Le Nefzaoua est le prolongement sud-ouest des versants du Jebel Tébaga. Elle se présente sous forme de glacis emboîtés et se termine vers l'aval par les talwegs. En effet, c'est une zone de bassins versants emboîtés à modelé doux. Elle est limitée à l'Ouest par le Chott El Jerid, au Nord par le Jebel Tébaga, et à l'Est par les formations crétacées (Dahar) qui abritent les monts de Matmata. Cette vaste zone plio-quadernaire est ouverte vers le Sud sur le Sahara septentrional (fig. 2)

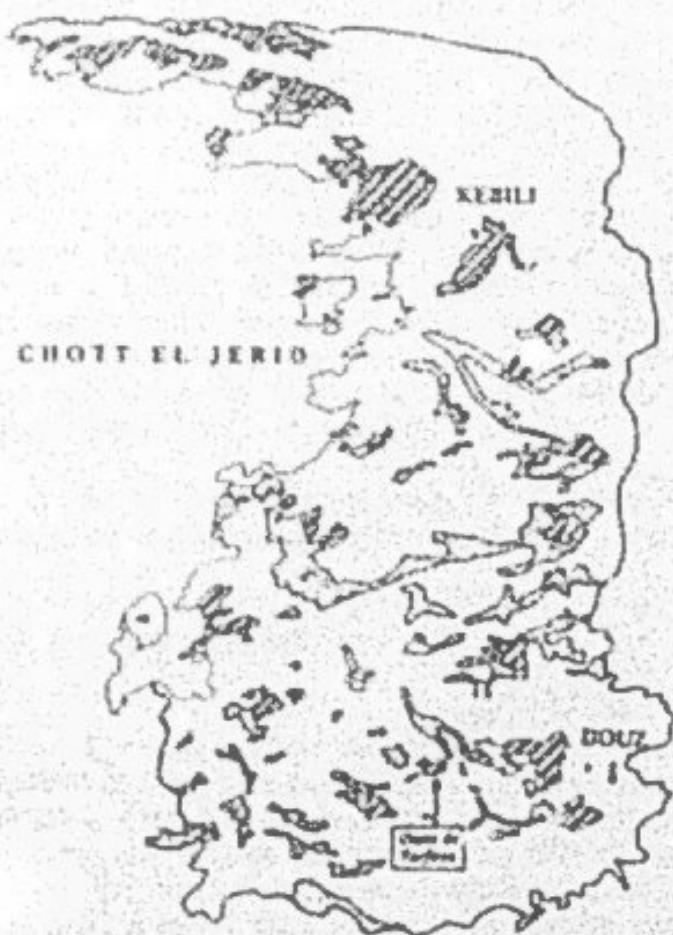


Fig.2- Imbrication des oasis (en rayures) et des dépressions (en pointillé) qui constituent les axes de drainage et/ou de stagnation des eaux.

Echelle: 1/400.000

Le paysage a été modelé par le réseau hydrographique des oueds qui descendent de la chaîne de Tébaga et des monts de Matmata et aboutissent aux dépressions fermées de la région, connues sous le nom de "garaet" ou de "chott". Les axes de drainage, bien visibles sur la figure 2, sont orientés Est-Ouest. A ce modelé hydrographique se superposent les formations éoliennes actuelles: les dunes de sables sont réparties dans toute la région et deviennent plus denses vers le Sud du côté du grand Erg. En effet la chaîne de Tébaga constitue un abri pour la région. Ces formations recouvrent généralement les hamadas. Les dunes sont alignées et orientées SO-NE en concordance avec la direction des vents dominants.

Deux caractéristiques principales du paysage retiendront notre attention:

- la formation des sols sur lesquels se sont développées les oasis;
- le drainage des bassins versants emboîtés.

En effet ces deux caractéristiques expliquent bien la répartition des sels dans les oasis irriguées.

2.2. Hydrogéologie.

La plupart des sols de la Nefzaoua se sont développés à partir de formations éoliennes gypseuses à très gypseuses qui peuvent quelquefois se superposer à d'anciennes croûtes gypseuses de nappe. La caractéristique principale de leur formation est donc la grande homogénéité texturale et la grande variabilité spatiale de la couverture pédologique due aux remaniements par les oueds des formations éoliennes.

L'alimentation des oasis se fait à partir de trois nappes: la nappe de surface du quaternaire, la nappe souterraine du Complexe Terminal (CT) et la nappe souterraine du Continental Intercalaire (CI). La nappe du CT circule dans le Sénonien et le Mio-pliocène sableux; elle est limitée par les formations imperméables du Sénonien lagunaire gypseux qui forme le mur et par le Mio-pliocène argileux qui forme le toit. L'alimentation se fait, soit à partir des eaux de pluies (cas du grand Erg oriental) ou par l'infiltration des eaux de ruissellement au niveau du Chott El Jérid. La nappe du CI correspond aux formations argilo-gypseuses et sableuses du Quaternaire des Chotts El Jérid et El Fejej. L'alimentation peut se faire soit directement par les eaux de pluies, soit par le ruissellement des eaux des versants. L'oasis de Tarfaya est alimentée par un forage artésien dans le CT. Son débit, comme celui de tous les forages de la région est sensiblement constant toute l'année. En hiver, les besoins en eau et l'ETP étant réduits, il y a un excès d'eau qui ne se draine pas tout en dehors de chaque petit bassin versant constitué par une ou plusieurs oasis et la dépression qui leur est associée.

La deuxième caractéristique du paysage est donc la difficulté qu'il y a à drainer chaque oasis dans cet ensemble de bassins versants emboîtés.

2.3. Implantation des oasis.

Les sols gypseux éoliens et le climat de la région conviennent bien à la culture du palmier-dattier. Les meilleures conditions édaphiques pour la croissance du palmier sont: sol sablo-limoneux profond (de 2 à 3 mètres), nappe supérieure à 160 cm. La variété Deglet supporte des salures importantes, au prix de rendements diminuant progressivement avec la salure. Le rendement dépend également de la profondeur de la nappe, des conditions d'irrigation et d'ensoleillement. La somme des températures des mois dont la température dépasse 18°C doit être au minimum de 3000°C pendant un an (Swingle et Mason in EL FEKH, 1965).

La surface estimée des oasis est de 5.000 ha, dont 3.200 ha d'oasis traditionnelles, et 1.800 ha d'oasis modernes, privées ou gérées par la SODAD (des informations complémentaires sur l'agropédologie du Nefzaoua pourront être trouvées dans: Rivista di agricoltura tropicale e subtropicale, IAO, Firenze, ann., LXXX n°2, 1986 et ann. LXXXII n°1-2, 1988, entièrement consacrées à ce sujet).

3. L'OASIS DE TARFAYA.

3.1. Situation de l'oasis et présentation.

L'oasis de Tarfaya, créée en 1971, est située à 5 km à l'Est de Douz (Fig.2). Le périmètre a une superficie de 127 ha, dont 100 ha plantés en palmiers, soit à peu près 6500 pieds. Il est alimenté en eau à partir d'un seul forage artésien d'une profondeur de 74 m, débitant un maximum de 80 l.s⁻¹. Le périmètre comporte un réseau d'irrigation de 7000 mètres de longueur, constitué de canalisations en béton enterrées conduisant à 68 bornes. Le drainage est assuré par des fossés à ciel ouvert de 180 cm de profondeur maximum d'une densité moyenne de 90 m.ha⁻¹.

3.2. Méthodologie d'étude.

Le principal objectif de cette étude est de définir une bonne gestion des eaux et des sols pour optimiser la production de dattes et minimiser la salinisation des sols. La méthodologie employée est la suivante:

- Dans une première étape, nous mesurerons en tout point de l'oasis la salure globale du sol au dessus de la nappe phréatique et sa répartition verticale. Pour cela nous utilisons la conductivimétrie électromagnétique, et des mesures piézométriques.

- Dans un deuxième temps, nous ferons un bilan salin quantitatif. Cela suppose de connaître les quantités de sels apportées au système sol-plante par irrigation, et celles soustraites par drainage. Cela sera fait par des enquêtes d'irrigation, des mesures de débit dans les drains et des mesures de profils hydriques saisonniers dans les sols.

- Dans un troisième temps, si nous disposons du matériel de mesure des paramètres bioclimatologiques suffisant, nous ferons un bilan hydrique du système. En plus des mesures déjà obtenues dans les étapes précédentes, il nous faudra connaître ou estimer l'ETR des cultures.

La première étape seule fait l'objet de ce rapport. L'étude pédologique fine sera faite dans la deuxième étape. Elle apportera des explications sur les mouvements des sels à l'intérieur du profil et sur la nutrition des plantes. Les analyses pédologiques de caractérisation sont en cours. A ce niveau d'étude de la salure, elles ne seront pas traitées.

3.3. La conductivimétrie électromagnétique.

La conductivimétrie électromagnétique est une méthode de mesure de la salure apparente du sol sur une profondeur inférieure à 2 mètres. Elle a l'avantage de permettre de nombreuses mesures dans l'espace et dans le temps.

Le principe de l'induction magnétique est de créer, à l'aide d'une bobine d'induction, un champ magnétique à l'intérieur du sol. Ce champ à son tour crée suivant la loi d'Ampère des courants secondaires qui sont proportionnels à la conductivité électrique du sol traversé. Ces courants sont captés par une bobine réceptrice qui affiche une déviation proportionnelle à leur intensité. Dans le montage que nous avons utilisé les bobines réceptrices et émettrices sont parallèles et distantes de un mètre.

A condition de respecter des conditions opérationnelles bien définies (Mc Neill,

3. L'OASIS DE TARFAYA.

3.1. Situation de l'oasis et présentation.

L'oasis de Tarfaya, créée en 1971, est située à 5 km à l'Est de Douz (Fig.2). Le périmètre a une superficie de 127 ha, dont 100 ha plantés en palmiers, soit à peu près 6500 pieds. Il est alimenté en eau à partir d'un seul forage artésien d'une profondeur de 74 m, débitant un maximum de 80 l.s⁻¹. Le périmètre comporte un réseau d'irrigation de 7000 mètres de longueur, constitué de canalisations en béton enterrées conduisant à 68 bornes. Le drainage est assuré par des fossés à ciel ouvert de 180 cm de profondeur maximum d'une densité moyenne de 90 m.ha⁻¹.

3.2. Méthodologie d'étude.

Le principal objectif de cette étude est de définir une bonne gestion des eaux et des sols pour optimiser la production de dattes et minimiser la salinisation des sols. La méthodologie employée est la suivante:

- Dans une première étape, nous mesurerons en tout point de l'oasis la salure globale du sol au dessus de la nappe phréatique et sa répartition verticale. Pour cela nous utilisons la conductivimétrie électromagnétique, et des mesures piézométriques.

- Dans un deuxième temps, nous ferons un bilan salin quantitatif. Cela suppose de connaître les quantités de sels apportées au système sol plante par irrigation, et celles soustraites par drainage. Cela sera fait par des enquêtes d'irrigation, des mesures de débit dans les drains et des mesures de profils hydriques saisonniers dans les sols.

- Dans un troisième temps, si nous disposons du matériel de mesure des paramètres bioclimatologiques suffisant, nous ferons un bilan hydrique du système. En plus des mesures déjà obtenues dans les étapes précédentes, il nous faudra connaître ou estimer l'ETR des cultures.

La première étape seule fait l'objet de ce rapport. L'étude pédologique fine sera faite dans la deuxième étape. Elle apportera des explications sur les mouvements des sels à l'intérieur du profil et sur la nutrition des plantes. Les analyses pédologiques de caractérisation sont en cours. A ce niveau d'étude de la salure, elles ne seront pas traitées.

3.3. La conductivimétrie électromagnétique.

La conductivimétrie électromagnétique est une méthode de mesure de la salure apparente du sol sur une profondeur inférieure à 2 mètres. Elle a l'avantage de permettre de nombreuses mesures dans l'espace et dans le temps.

Le principe de l'induction magnétique est de créer, à l'aide d'une bobine d'induction, un champ magnétique à l'intérieur du sol. Ce champ à son tour crée suivant la loi d'Ampère des courants secondaires qui sont proportionnels à la conductivité électrique du sol traversé. Ces courants sont captés par une bobine réceptrice qui affiche une déviation proportionnelle à leur intensité. Dans le montage que nous avons utilisé les bobines réceptrices et émettrices sont parallèles et distantes de un mètre.

A condition de respecter des conditions opérationnelles bien définies (Mc Neill,

1980; Job et Tabbagh, 1992), la mesure finale dépend directement de la conductivité propre du sol, plus celle des sels, intégrée sur une profondeur voisine de deux mètres. C'est une salure apparente, exprimée en unités arbitraires qui dépendent de la sensibilité de l'appareil.

Deux modes d'utilisation de la conductivimétrie, le mode horizontal (CEH) et le mode vertical (CEV) (JOB J., LOYER J.Y., AILOUL M., 1987) et ceci selon l'épaisseur de la tranche de sol traversée par le courant induit.

On appellera par la suite du texte:

CEM: la méthode de conductivimétrie électromagnétique,

CEH(θ_p): la valeur de la conductivité électromagnétique mesurée avec l'une des bobines horizontales à température ambiante et pour une teneur en eau du sol égale à θ_p .

3.4. Etalonnage sur profils témoins.

Les valeurs CEH(θ_p) et CEV(θ_p) dépendent de l'appareillage utilisé et doivent être étalonnées par rapport à la salure moyenne réelle du sol.

On choisit, comme référence de salure du sol en un point donné, la moyenne des valeurs des conductivités électriques à 25°C de l'extrait à saturation du sol (CEsat) des échantillons prélevés tous les 20 cm de 0 à 120 cm de profondeur.

Les mesures CEV(θ_p) et CEH(θ_p) dépendent en même temps de la concentration en sels dans le sol et de sa teneur en eau. Toute mesure de terrain, CEH(θ_p) par exemple, peut être convertie en salure moyenne du sol, soit CEsat, si l'on peut estimer en un point donné la valeur de θ_p . Pour cela une régression multiple entre ces paramètres doit être établie. Comme on est en présence d'une nappe qui dépasse rarement un mètre de profondeur nous utiliserons, pour l'étalonnage, les mesures en mode horizontal CEH.

La régression multiple conduit à:

$$CE_{sat} = 0.11 * CEH(\theta_p) - 0.08 * \theta_p \quad r = 0.96$$

La gamme de concentrations couvertes est de 5 à 76 dS.m⁻¹ en terme de CEsat et la gamme des teneurs en eau de 14 à 27 %.

Cette égalité montre que pour une teneur en sels du sol constante, CEH augmente avec l'humidité. On trouvera dans le tab.1 la correspondance entre CEH(θ_p), θ_p et CEsat.

Tab.1: Variation de CEsat en fonction de CEH (unités arbitraires) et de θ_p

| CEH | 50 | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 |
|----------------|-----|-----|------|------|------|------|
| 15 | 4.3 | 9.8 | 20.8 | 31.8 | 42.8 | 53.8 |
| 20 | 3.9 | 9.4 | 20.4 | 31.4 | 42.4 | 53.4 |
| 25 | 3.5 | 9.0 | 20.0 | 31.0 | 42.0 | 53.0 |
| 30 | 3.1 | 8.6 | 19.6 | 30.6 | 41.6 | 52.6 |
| θ_p (%) | | | | | | |

Ce tableau n'est valable que pour l'appareil que nous utilisons (GEONICS, EM. 38).

L'analyse du sol à ses différents niveaux montre une richesse en gypse, ce qui nous a incité à chercher une corrélation entre cet élément, la CEsat et la CEH(20). Une corrélation multiple donne :

$$CEsat = 0,098 * \text{Gypse} + 0,095 * CEH(20) \quad \text{avec } r^2 = 0,917 \text{ et } n = 21$$

La teneur en gypse des sols est variable, elle est généralement élevée et varie entre 20 et 45 % avec une valeur moyenne de l'ordre de 25 % pour des profondeurs allant de 0 à 120 cm. Le gypse se trouve réparti dans tous les horizons des profils analysés. Il est plus important dans les horizons supérieurs. Une étude plus approfondie des teneurs en gypse sera faite dans la deuxième partie.

3.5. Etude de la salinité du sol.

L'analyse des différents niveaux des profils montre une diminution de la salinité avec la profondeur. L'horizon de surface est généralement très salé et est toujours beaucoup plus salé que l'horizon qui le suit. Pour la variation dans l'espace (latérale) moyennant la relation $CEsat = f(CEH)$ et sur un ensemble de 175 mesures, on obtient la carte de salure moyenne suivante: (Fig. 3)

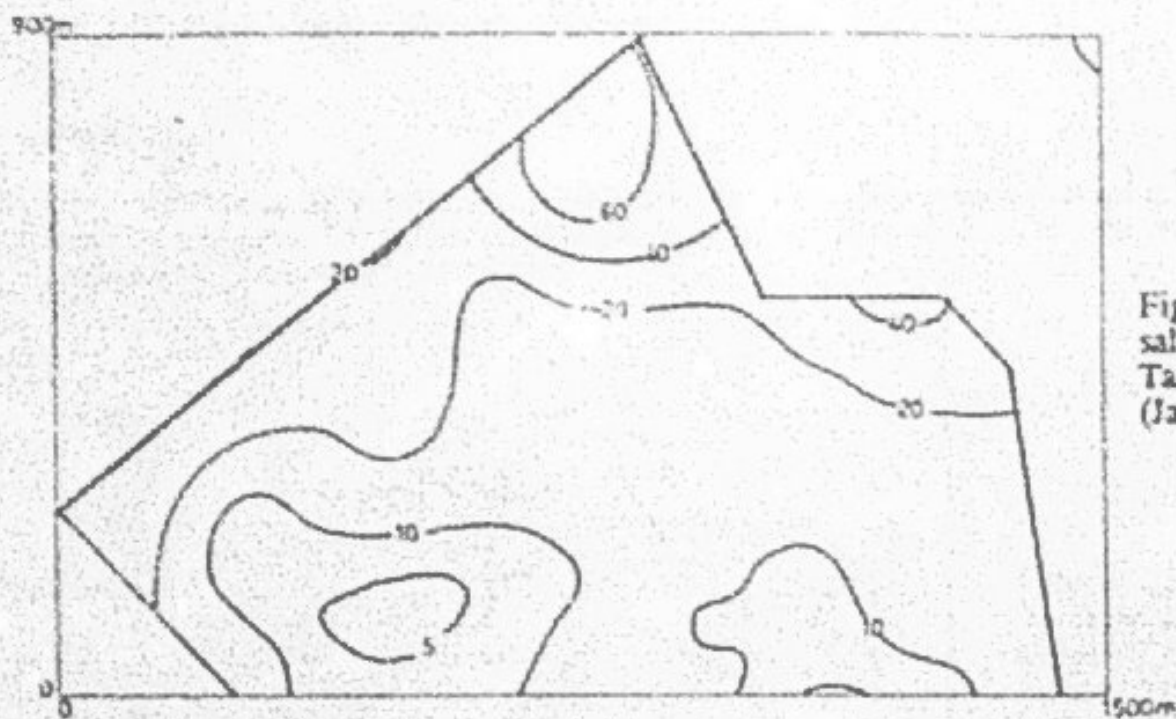


Fig.3: Carte de salure moyenne à Tarfaya. (dS.m⁻¹) (Janv. 93)

On observe un état de salure variable allant de 5 à plus que 100 dS.m⁻¹. La salinité est de plus en plus importante des limites sud du périmètre vers le Nord et le Nord-Ouest là où on note l'absence de cultures en relation avec les dépressions et particulièrement avec l'absence de bons exutoires.

3.6. Texture.

Les sols de Tarfaya étant riches en gypse et leur texture limoneuse (tab.2), nous

avons choisi, pour éviter la floculation, la méthode de tamisage pour l'analyse texturale. L'observation de ces éléments à la loupe binoculaire montre qu'ils sont constitués de particules de gypse de formes émoussées, brillantes ou ternes. Il s'agit d'un mélange de formations fluviales et éoliennes.

Tab. 2: Analyse texturale (Profil T18)

| Diamètres (mm) | 0-40 cm | 40-120 cm |
|----------------|---------|-----------|
| 1 | 3 | 2 |
| 0.5 | 3 | 1 |
| 0.4 | 2 | 1 |
| 0.3 | 4 | 1 |
| 0.2 | 7 | 2 |
| 0.15 | 10 | 3 |
| 0.106 | 22 | 29 |
| 0.075 | 30 | 48 |
| 0.045 | 10 | 8 |
| < 0.045 | 9 | 4 |

3.7. Etude de la nappe.

3.7.1. Caractéristiques physico-chimiques.

Profondeur:

L'examen de la carte des profondeurs de la nappe montre qu'on est en situation de mauvais drainage: La nappe est généralement comprise entre 0 et 100 cm de profondeur avec une moyenne de 75 cm (fig. 4).

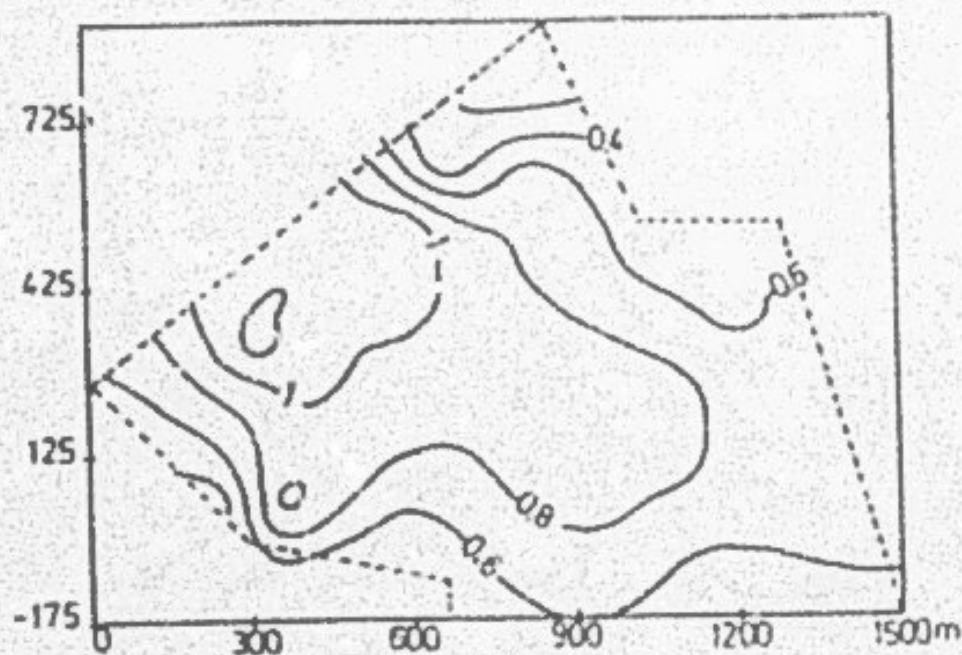


Fig. 4: Carte des profondeurs de la nappe à Tarfaya(m). (Janv. 93).

Piezométrie:

Le niveau de la nappe varie entre 44.9 et 47 mètres (NGT). La différence entre ces deux valeurs est de 2.1 m, comparée à la distance entre leurs points de mesure donne un gradient hydraulique moyen de l'ordre de $1.4 \cdot 10^{-3}$.

La nappe est de type radiale, elle est divergente au début puis convergente; deux écoulements préférentiels issus de cette convergence vers deux endroits différents, l'un constitué par les grands fossés de drainage qui représentent la limite nord-est du périmètre, l'autre par l'exutoire principal situé à l'Est du périmètre (fig. 5).

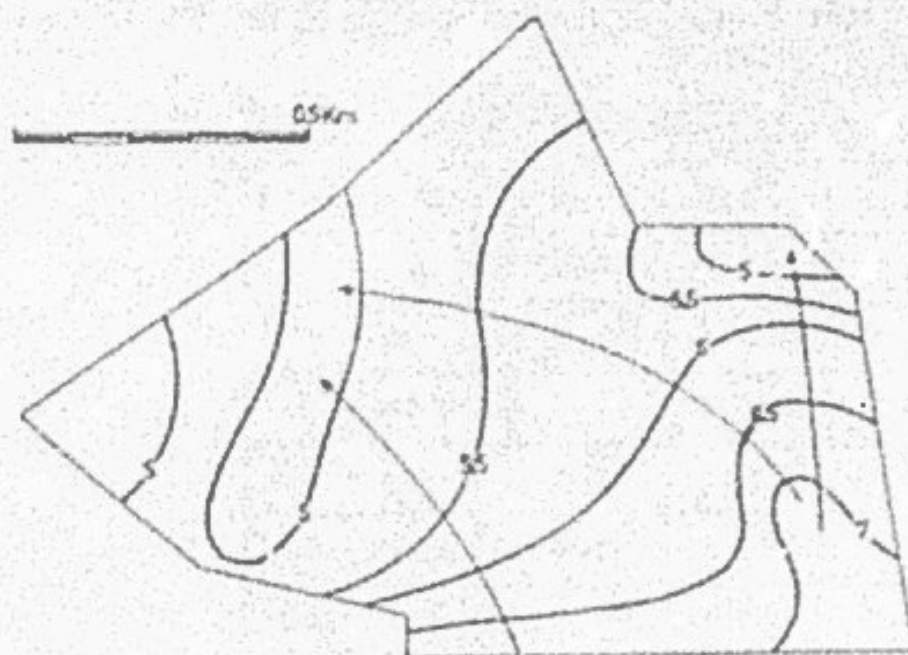


Fig. 5: Piézométrie de la nappe à Tarfaya (en mètres par rapport à la côte 40 m) (Janv. 93).

Salinité de la nappe:

Des mesures de salinité effectuées sur des échantillons d'eau prélevés au niveau des piézomètres donne un état de salure élevé à très élevé. Les valeurs de salinité vont de 3.5 à 100 dS.m⁻¹. Sa variation spatiale est en accord avec l'écoulement de la nappe (fig. 6).

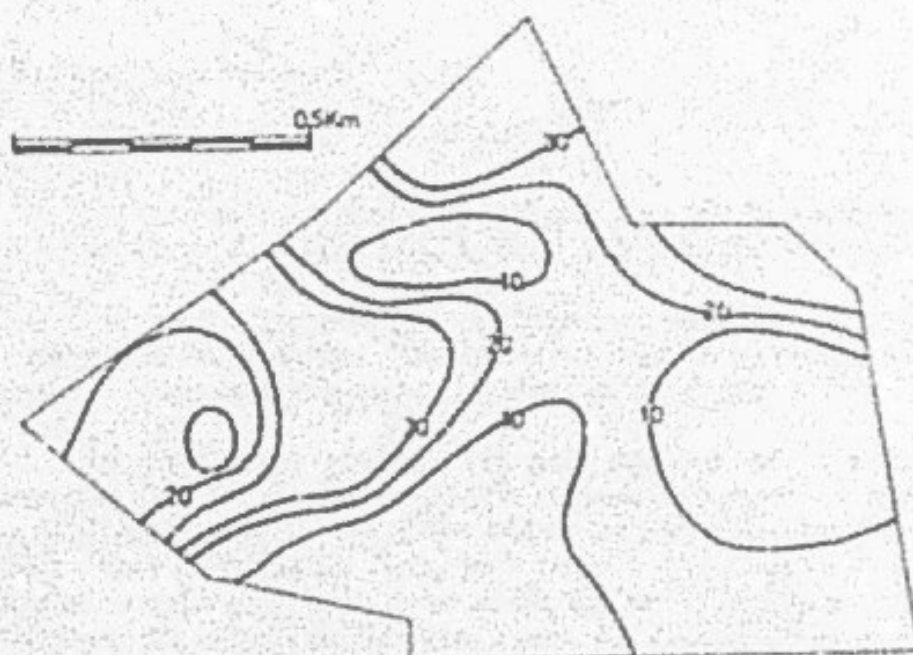


Fig. 6: Carte de salinité de la nappe à Tarfaya (dS.m⁻¹) (Janv. 93).

3.7.2. Relation sol-nappe

Des essais de corrélation, faits entre la conductivité de l'eau de nappe et la conductivité d'extrait de pâte aux différents niveaux de prélèvement, donnent les valeurs suivantes:

Tab. 2: Relation CE_{nap} - CE_{sat}

| Niveaux (m) | B_0 | B_1 | r |
|-------------|--------|-------|-------|
| 0 - 20 | 4.60 | 0.436 | 0.543 |
| 20 - 40 | - 0.75 | 1.099 | 0.737 |
| 40 - 60 | - 0.61 | 1.603 | 0.890 |
| 60 - 80 | 3.19 | 1.274 | 0.889 |
| 80 - 100 | 0.88 | 1.615 | 0.905 |
| 100 - 120 | 2.29 | 1.365 | 0.918 |

L'équation étant de la forme: $CE_{nap} = B_0 + B_1 \cdot CE_{sat}$

avec r = coefficient de corrélation.

La corrélation s'améliore régulièrement avec la profondeur, elle est la plus importante au niveau inférieur entre 100 et 120 cm de profondeur. A ce niveau de saturation, la nappe est en équilibre chimique avec le sol.

3.8. Géochimie des eaux.

On voit sur les trois figures (Fig. 7,8,9) que la dynamique des sels formés à partir des paires d'ions $CaSO_4$ et $MgSO_4$ est la même depuis la nappe vers la surface du sol.

Par contre, on remarque une augmentation de la concentration en $NaSO_4$ quand on se rapproche de la surface. On peut s'attendre à la formation de thénardite Na_2SO_4 en surface. Ce fait est confirmé par les analyses des rayons X (Fig. 10).

La dynamique générale des précipitations des sels suit l'ordre: halite ($NaCl$), thénardite (Na_2SO_4), bloedite ($MgSO_4 \cdot Na_2SO_4 \cdot 4H_2O$), sulfates de magnésium hydratés, gypse ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$). Cette dynamique est très semblable à celle que l'on trouve plus au Nord: Oasis d'El Guettar (Job, 1992) et peu différente que celle que l'on trouve plus au Sud: en bordure supérieure de la *sebkha* de Zarzis (Perthuisot, 1972). La particularité de la géochimie des sels en surface dans l'oasis de Tarfaya réside dans le fait qu'on y trouve pas de sulfates de magnésium hydratés comme dans les deux autres sites.

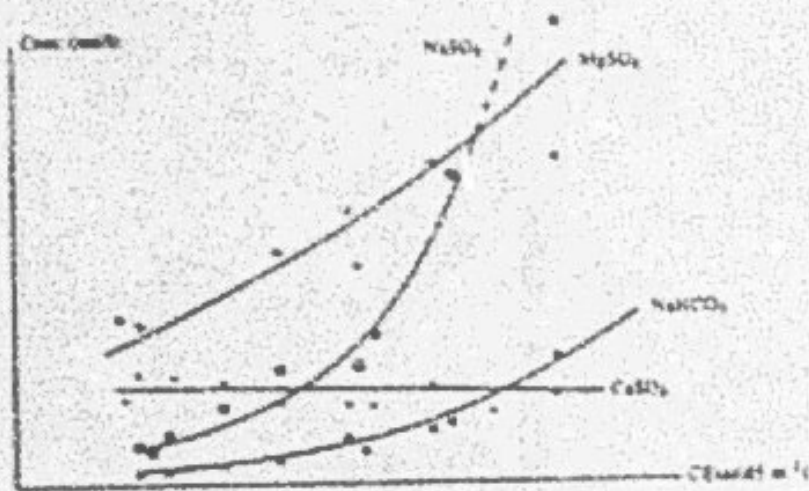


Fig. 7: Concentration des principaux ions apparés en fonction de la concentration de l'extrait de sol de l'horizon 20-40 cm

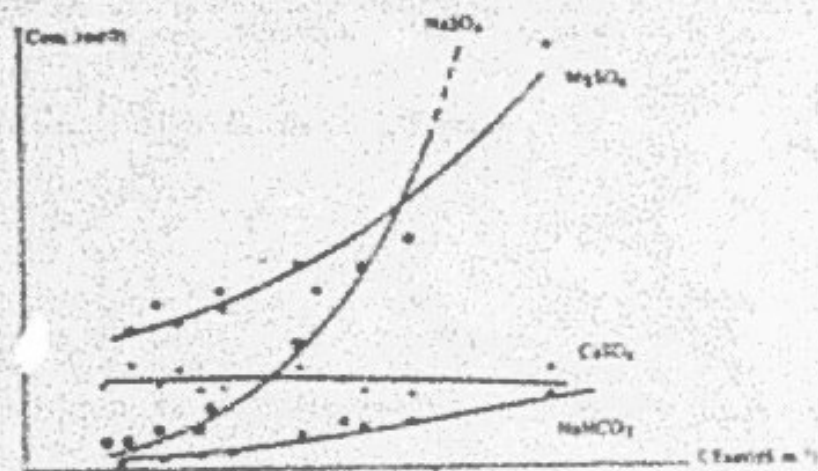


Fig. 8: Concentrations des principaux ions apparés en fonction de la concentration de l'extrait de sol de l'horizon 100-120 cm

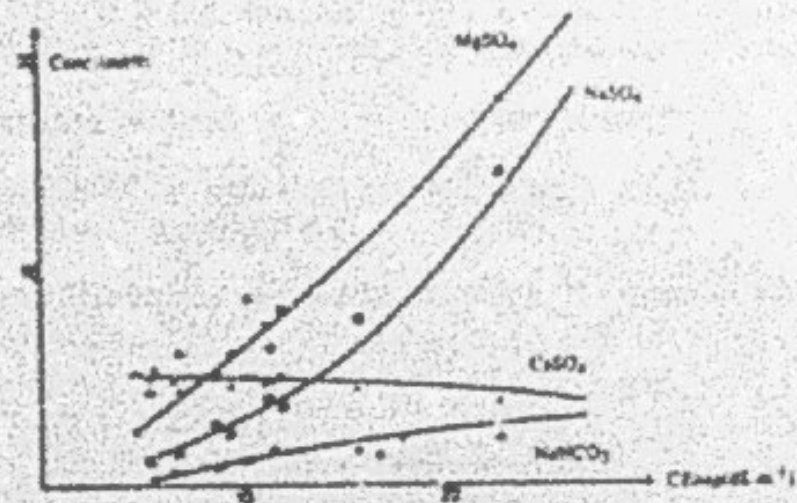


Fig. 9: Concentrations des principaux ions apparés en fonction de la concentration de la nappe

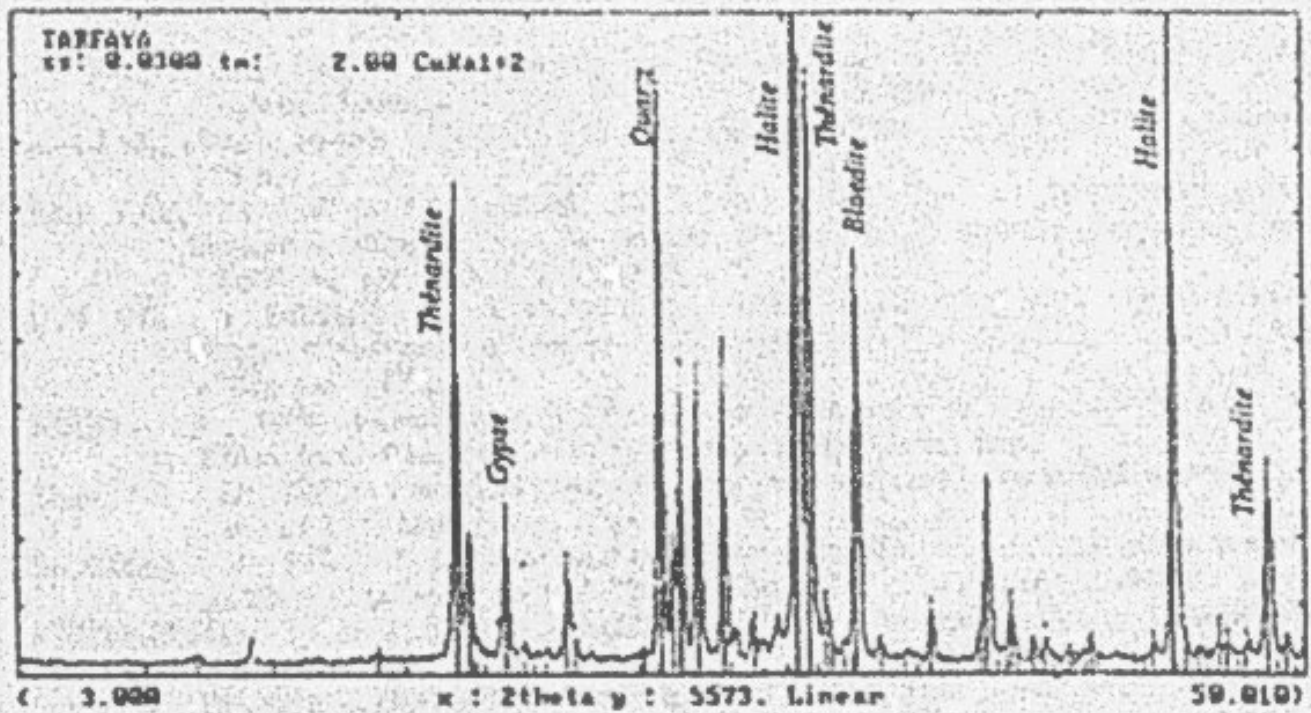


Fig. 10: Analyse des diagrammes de rayons X des sels de surface.

Conclusion

Les sols de l'oasis de Tarfaya sont très salés. Ils ont presque tous une salinité moyenne supérieure à 10 dS.m^{-1} , qui peut dépasser les 60 dS.m^{-1} à l'intérieur du périmètre. Il convient de surveiller la salure et son évolution au cours de l'année, d'autant plus que la nappe est peu profonde. Il faut craindre des remontées capillaires.

A ce niveau d'investigation, il n'a pas été possible de mesurer les quantités d'eau apportées par parcelle, entre chaque borne. Il faut cependant connaître ces quantités si l'on veut mesurer le stock de sels drainés et ceux qui, restant dans le profil, sont susceptibles de remontées capillaires.

On a démontré, en effet, que de 0 à 120 cm ces remontées capillaires fonctionnent pratiquement toute l'année, il faut donc mettre en place une étude fine de l'irrigation et une étude globale du drainage afin de pouvoir répondre aux trois questions suivantes:

1. Quelles sont les économies d'eau que l'on peut réaliser?
2. Quel est le lessivage minimum des sels jusqu'à une profondeur permettant des rendements acceptables du palmier dattier?
3. Quelle est l'influence de la salure et de l'hydromorphie des sols sur les rendements en dattes?

.....

Références citées dans le texte:

- EL FEKIH M., 1965- Etude pédologique des oasis continentales du Djerid (Sodada, Degache, Tozeur). H.E.R., Sec., Et., Pédol., n°289, Tunis, 138 p.
- JOB J.O., 1992- Les sols salés de l'oasis d'EL Guettar. Thèse Doc., Univ., Montpellier II, 150 p.
- JOB J.O., LOYER J.Y. AILLOUL M., 1987, Utilisation de la conductivimétrie électromagnétique pour la mesure directe de la salinité des sols. Cahier ORSTOM, sér. Pédol. Vol. XXIII, n°2 p: 123-131.
- JOB J.O., TABBAGH A., LOYER J.Y., 1992- Réalisation d'un conductivimètre électromagnétique à faible pénétration. ORSTOM/CNRS, contrat MRT n°88LD467, 17 p.
- MAMOU A., 1976- Contribution à l'étude hydrogéologique de la presqu'île de Kébili. Thèse doct. 3ème cycle. Univ. Pierre et Marie Curie, Paris.
- McNEILL J.D., 1980a- Electrical conductivity of soils and rocks, Technical note n° TN-5, Geonics Ltd, Mississauga, Canada.
- McNEILL J.D., 1980b- Electromagnetic conductivity terrain measurement at low induction numbers. Technical note n° TN-6, Geonics Ltd, Mississauga, Canada.
- PERTHUISOT J.P., FLORIDA S., JAUZEIN A., 1972- Un modèle récent de bassin côtier à sédimentation saline: la Sebka el Melah (Zarzis), Tunisie. Rev. Geogr. Physique et de Géologie Dynamique., Vol. XIV, Fasc. I p:67-84.
- SANTODIROCCO F., 1986- Le oasi continentali del sud tunisino: problematiche ed avvenire. Rivista di Agricoltura Subtropicale e Tropicale, Vol 80, n°2, p 143-164.
- SARFATTI P., ONGARO L., 1989- The continental oases of Southern Tunisia and the agrometeorological network of the Nefzaoua project. International Council for Research in Agroforestry, Nairobi (Kenya): ICRAF, 1989, p: 177-180.

Bibliographie complémentaire sur le sujet.

- BECOMEV-PAVA, 1964- Etude des périmètres irrigués type en Tunisie. Secrétariat d'Etat à l'Agriculture, Tunis, 48 pp.
- BOIVIN P., HACHICHA M., JOB J.O., LOYER J.Y., 1989- Une méthode de cartographie de la salinité des sols: conductivimétrie électromagnétique et interpolation par crigeage. Science du Sol, Vol.27, n°1, p:69-72.
- CNEA, 1976- Etude de création d'oasis nouvelles. Min. Agric., Tunis, 69 p.
- CNEA, 1975 - Création de nouvelles oasis. Vol. II, Direction de Génie Rural, p 31.
- FERSI M., 1978- Nouveau dossier pluviométrique de Kébili. D.R.E.S, Tunis.
- KACEM M., 1990- Contribution à l'étude de la réutilisation des eaux de drainage dans le gouvernorat de Kébili. Cas du périmètre de SMIDA. Mémoire de 3ème cycle, INAT, Tunis, 127 p.
- KADRI A., 1987- Pédologie des milieux gypseux. Contribution à l'étude hydro-pédologique et géochimique des accumulations. Mémoire de DEA, 171 p.
- KADRI A., GALLALI T., 1988- Contribution à l'étude hydro-pédologique et géochimique des accumulations gypso-salines dans le Nefzaoua, Tunisie présaharienne. Rivista di agricoltura subtropicale e tropicale, Anno LXXXII, n°1-2, p:189-241.
- KADRI A., SARTORI G., 1988- Etude pédologique d'un nouveau périmètre irrigué en Atilat dans la région de Nefzaoua Tunisien. Rivista di agricoltura subtropicale e tropicale, Anno LXXXII, n°1-2, p:242-261.
- MAMOU A., 1978- Le tarissement des sources artésiennes dans le Sud Tunisien et son effet sur l'augmentation de la salinité de l'eau. DRE, Gabès. 22 p.
- MAMOU A., 1987- Les aménagements hydrauliques traditionnels au Sud Tunisien. DRE, 16 p.
- PONTANIER R., 1967- Etude pédologique du périmètre de Nefzaoua. DRES, Div., Sols, n°ES-363, 85 p.

FIN

14

VUES