

IRRIGATION A L'EAU SALÉE ET DRAINAGE EN TUNISIE

par

J. P. COINTEPAS*

RÉSUMÉ

Parmi les précautions à prendre quand on irrigue à l'eau salée, la plus importante est la surveillance de la nappe phréatique. Dans un périmètre du centre de la Tunisie, on a constaté en quatre ans une remontée de 3 m. de la nappe phréatique, ce qui a rendu à peu près stérile 20 % de la surface du périmètre. Un drainage à 1,70 m de profondeur a permis un nouveau démarrage de la végétation. La salure du sol n'a pas été sensiblement modifiée.

D'autres exemples choisis en divers points de la Tunisie et notamment dans les oasis du Sud montrent qu'un drainage profond est indispensable pour assurer une production végétale convenable. La proximité de la nappe provoque en effet à la fois une asphyxie des plantes et une forte salure de surface due à la remontée capillaire. La profondeur du drainage varie pour chaque espèce végétale. Elle varie aussi en fonction des caractéristiques physiques et chimiques du sol. Elle doit être déterminée soigneusement dans chaque cas particulier.

L'utilisation d'une eau saumâtre en irrigation n'est pas un phénomène nouveau en Tunisie puisque les oasis du Sud tunisien produisent dattes et légumes depuis la plus haute antiquité. Cependant la mise au point relativement récente de puissants moyens de captage tels que barrages, sondages profonds, etc. . a permis un accroissement considérable des surfaces irriguées. Or, force a été de constater que la grande majorité des eaux disponibles en Tunisie était plus ou moins chargée en sel.

Ce phénomène s'explique par le développement important en Tunisie des affleurements sédimentaires plus ou moins salés ou gypseux. De sorte qu'il est rare de disposer d'une eau d'irrigation à moins de 2 g/l. Seuls quelques massifs gréseux bien arrosés du nord de la Tunisie échappent à cette règle.

La création de nombreux périmètres sur l'ensemble du territoire tunisien a permis de déterminer suivant les régions climatiques les critères d'irrigation à l'eau salée. Parmi ces critères, nous en retiendrons deux qui sont valables dans toutes les zones irriguées :

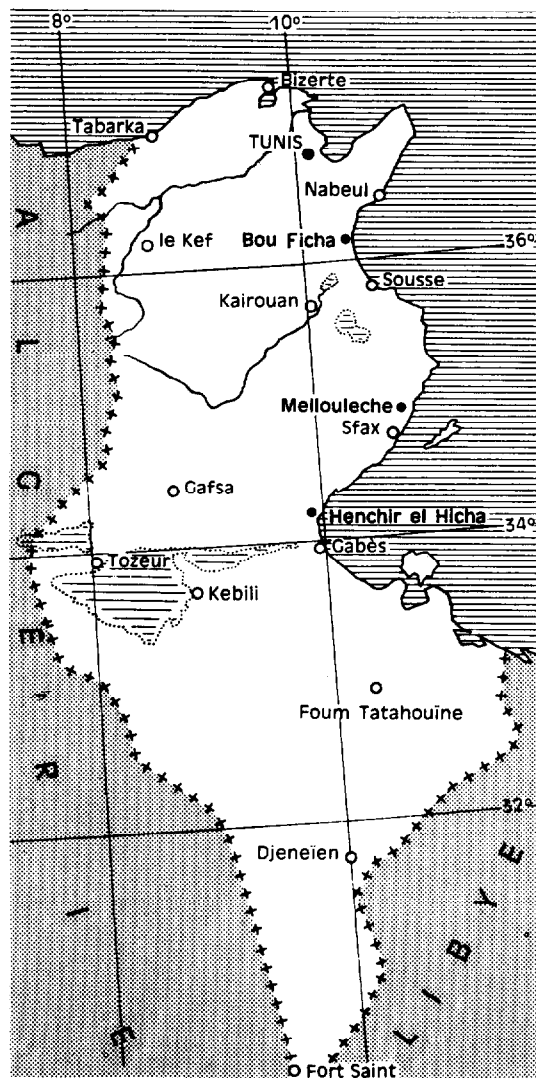
* Maître de Recherches principal O.R.S.T.O.M. Mission O.R.S.T.O.M. de Tunisie

- choix des cultures, qui doit être adapté à la tolérance au sel,
- lutte contre l'excès d'eau qui risque d'engorger le sol.

Dans la présente note nous insisterons sur cette seconde caractéristique et nous prendrons pour exemple un périmètre du centre de la Tunisie où le non respect de cette règle a causé d'assez graves déboires.

ÉTUDE DE LA SALURE ET DE L'HYDROMORPHIE DANS UN PÉRIMÈTRE IRRIGUÉ (Melloulèche)

Le périmètre étudié est situé à 50 km au nord de la ville de Sfax en bordure de mer. La pluviométrie moyenne mesurée à Sfax est de 220 mm, la température moyenne de 19°C. La saison pluvieuse s'étend de septembre à avril avec trois maxima : novembre-janvier et mars. Les écologistes dénomment ce climat : aride supérieur à hivers doux.



La zone irriguée couvre 110 ha. La topographie est en pente douce, régulière, de l'ordre de 6‰.

Les sols sont de deux types :

- dans la moitié ouest, des sols à sable fin limoneux épais de 50 à 60 cm, reposant sur une croûte calcaire dure de 30 cm d'épaisseur mais partiellement disloquée, passant elle-même à un encroûtement noduleux (75 % de calcaire), puis à un limon à taches calcaires (50 % de calcaire);
- dans la moitié est, plus basse, des sols à sable fin limoneux ou sable argileux, reposant à 1 m de profondeur sur une croûte tendre, peu épaisse, calcaro-gypseuse (25 à 35 % de calcaire, 13 à 30 % de gypse). Cette zone semble correspondre à un ancien marécage comblé, se terminant en une petite dépression salée et gypseuse, qui avait été dès l'origine exclue du périmètre (conductivité : 8 à 9 mmhos/cm à partir de 1 m). L'ensemble du périmètre n'était pratiquement pas salé (moins de 2 mmhos/cm).

L'eau d'irrigation provient d'un sondage artésien débitant 80 l/sec. La salure de cette eau est élevée (4 g/l) et surtout la balance ionique est très mauvaise (S.A.R. = 15)*. Le débit fictif continu est de 0,80 l/sec/ha, soit un apport moyen de 6,9 mm/jour, alors que l'évapotranspiration potentielle en été est évaluée à 5,5 mm/jour.

Quand le périmètre a été mis en eau en 1958, la nappe phréatique oscillait entre 6,50 m au nord-ouest (partie haute), et 3,50 m au sud, à la limite de la partie basse. La salure de cette nappe était très forte : 7 à 11 g/l.

Ce n'est qu'au bout de quatre ans que la remontée de la nappe fit sentir ses effets. Elle se manifesta par l'apparition de taches stériles qui s'étendirent jusqu'à couvrir les 20 ha de la zone basse. Les semis de fétuque, plante réputée résistante au sel, échouaient régulièrement, et une plantation d'oliviers située en aval du périmètre périssait.

Le Service pédologique a donc entrepris une étude systématique de la nappe et a pu montrer que celle-ci était remontée de 3 m dans le nord du périmètre, et de 2 à 3 m entre le périmètre et la mer. Un réseau de piézomètres a permis de constater que, dans la partie haute, l'irrigation provoquait la formation d'un engorgement temporaire qui durait 5 à 6 jours. Cet engorgement n'était cependant pas très néfaste, car la nappe se situait généralement à 2 ou 3 m de profondeur. Dans la partie basse, par contre, la nappe se trouvait à 1 m de profondeur. Chaque irrigation la faisait remonter de 30 cm, et elle ne retrouvait son niveau primitif qu'au bout de 8 à 10 jours. On a pu constater que, chaque fois que la nappe atteignait 1,30 de profondeur, la salure du sol devenait très élevée. Lorsqu'elle se situait à 1 m, le sol était à peu près stérile (on a relevé à la surface du sol des conductivités de 80 mmhos/cm). Cette remontée de la nappe était particulièrement nette de janvier à mars, période pluvieuse de la région, mais aussi période des semis, ce qui explique l'échec des cultures dans certaines parcelles.

Un réseau de drains en poterie avait été mis en place en 1958, mais il était situé au niveau de la croûte. Il ne fonctionnait donc que 2 ou 3 jours après les irrigations, et dans la partie basse seulement. On décida donc de porter la profondeur de ce réseau à 1,70 m, ce qui, compte-tenu de la perméabilité du sol et de l'espacement des drains (50 m), devait maintenir la nappe entre 1,30 et 1,50 m.

Deux ans après l'exécution de ces travaux, le réseau ne fonctionne toujours pas dans la partie haute. Mais, dans la partie basse, les drains coulent pendant 8 à 10 jours après chaque irrigation. En janvier-février 1964, la plupart des drains ont fonctionné sans arrêt à la suite d'un hiver pluvieux.

Les résultats obtenus ont été spectaculaires. La végétation halophile a presque totalement disparu (à l'exception des spergules). La fétuque et la luzerne reparaissent, sans toutefois atteindre le rendement des parcelles bien drainées. En fait, leur rendement réel n'a pu être chiffré car ces plantes sont paturées et non fauchées.

* S.A.R. = Sodium Adsorption Ratio =
$$\frac{\text{Na (me/litre)}}{\frac{\text{Ca} + \text{Mg}}{2} \text{ (me/litre)}}$$

Parallèlement à l'étude de la nappe, une étude du sol a donné un aperçu de l'évolution de la salure. Le tableau ci-dessous schématise les résultats obtenus.

Profondeur du sol	Salure du sol (Conductivité en mmhos/cm)							
	Partie haute du périmètre			Partie basse du périm.		En aval du périmètre		
	Avant irrigation	Avant drainage	Après drainage	Avant drainage	Après drainage	Avant irrigation	Avant drainage	Après drainage
0 - 20 cm	1,5	6 à 10	6 à 8	10 à 75	13 à 20	7	20 à 80	40
20 - 30 cm	1 à 2	7 à 10	5 à 8	11 à 14	8 à 14	6 à 7	9 à 10	20
30 - 60 cm	1 à 2	9 à 9	4 à 6	8	9 à 13	6	6 à 7	10 à 12
60 - 100 cm				6	9 à 13	6	6 à 7	7

Un essai précis a même été entrepris qui consistait à apporter des doses d'irrigation connues, allant de 7 000 m³/ha à 10 000 m³/ha. La salure sous coton a varié entre 4 et 7 mmhos/cm, avec un léger maximum au niveau de la croûte, ce qui peut s'expliquer, soit par un défaut de perméabilité dans cet horizon, soit par une forte densité des racines, qui, ne pouvant s'enfoncer plus loin, exploitent l'eau à ce niveau.

L'examen des résultats d'analyse montre que la salure du sol n'a pas tellement changé après drainage. Les parcelles inférieures n'ont pas été dessalées, ce qui est dû probablement à une sous-irrigation de ces parcelles. Néanmoins, malgré une salure stationnaire, la végétation a repris. La structure poudreuse de surface, très fréquente dans les taches stériles, a à peu près disparu depuis que le réseau fonctionne. L'hydromorphie était donc la cause des échecs enregistrés. La nappe phréatique avait un double rôle néfaste :

- asphyxie des plantes rendues plus sensibles par la présence de sel ;
- alimentation continue du débit capillaire, qui, par évaporation à la surface du sol, provoquait des salures considérables, et une structure poudreuse dans les premiers centimètres, d'où l'échec des semis.

Lorsque la nappe est rabattue à 1,50 m comme c'est le cas actuellement, on constate un maintien de la salure du sol à un niveau acceptable, et dont l'équilibre est plutôt fonction du régime des irrigations. Les irrigations fréquentes (700 m³/ha tous les 8-10 jours) semblent l'optimum pour le maintien d'une faible salure.

Compte-tenu de ces données, on a établi un assolement biennal intensif. Nous indiquons ci-dessous la succession des cultures ainsi que les rendements moyens et maxima obtenus :

- Fèves (mi-septembre à mi-avril) 4 q/ha en sec (max. : 11 q/ha)
- Coton (mi-avril à mi-octobre) 15 q/ha (max. : 28 q/ha)
- Blé tendre (mi-octobre à mi-mai) 20 q/ha (max. : 35 q/ha)
- Sorgho fourrager (mi-mai à septembre) 8 à 10 t/ha de foin
- Prairies temporaires pendant 3 ans, alimentant 100 vaches laitières :
 - Fétuque, luzerne 8 à 10 t/ha de foin
 - Vesce, avoine 5 t/ha de foin.

Les productions rentabilisent l'irrigation à condition d'appliquer des engrais et surtout une fumure organique.

L'expérience acquise dans le périmètre de Mellouleche montre que l'hydromorphie constitue le grand danger pour les cultures irriguées à l'eau salée. De nombreux exemples recueillis en divers points de Tunisie confirment la généralité du phénomène.

AUTRES EXEMPLES D'HYDROMORPHIE EN ZONE IRRIGUÉE

Au périmètre de Mellouleche, on peut opposer un autre périmètre du Sud tunisien, Henchir el Heicha, à 100 km au sud de Sfax. Ce périmètre est situé sur des sols sablo-argileux calcaires (12%) devenant argilo-sableux très calcaires (25%) à partir de 50 cm. A 140 cm environ, on passe à un horizon gypseux finement cristallisé (10 à 12% de gypse), formation ancienne de nappe appelée localement "terch". Ce périmètre fonctionne depuis 1958. L'eau d'irrigation, quoique plus chargée qu'à Mellouleche (5,5 g/l), est mieux équilibrée (S.A.R. = 8). Aucune nappe phréatique ne s'est formée en sept ans. La salure du sol oscille entre 4 et 6 mmhos/cm. L'hydromorphie étant absente, les dégâts causés par la salure sont restreints, et les rendements sont meilleurs qu'à Mellouleche (luzerne : 30 t/ha de foin, coton : plus de 20 q/ha).

M. HAMZA, étudiant une plantation d'oliviers à Bou-Ficha, entre Tunis et Sousse, a mis en évidence l'importance de l'hydromorphie, dont les symptômes sur l'olivier sont différents de ceux de la salure seule. Une salure supérieure à 5 mmhos/cm se manifeste par des brûlures sur les feuilles. A un stade plus élevé, 8-10 mmhos/cm, la couronne est peu développée, le feuillage est maigre, aux extrémités jaunies. Les effets de l'hydromorphie se caractérisent par un feuillage vert vif peu développé, et des manifestations de tuberculose sur les troncs. Ces symptômes apparaissent dès que la nappe est à 1,30 m. Dès qu'elle remonte à 1 m et moins, l'olivier meurt, même si la salure est inférieure à 5 mmhos/cm.

Des observations analogues ont été faites par J.P. COINTEPAS dans le Sud tunisien, près de Gabès, sur une olivette irriguée avec une eau à 4,0 g/l. Le sol est un sol d'alluvions sablo-argileuses calcaires-gypseuses. La salure y est à peu près uniformément de 7 à 8 mmhos/cm. Les rendements oscillent entre 25 et 30 kg d'olives par arbre dans les meilleures parcelles. Ils tombent à 11 ou 12 kg/arbre lorsque, à salure du sol égale, la nappe est à 1,40 m et moins.

H. LARGUECHE arrive aux mêmes conclusions après étude de quelques variétés d'eucalyptus. Pour les variétés courantes dans la région de Tunis (*E. camaldulensis*, *E. occidentalis*) l'hydromorphie à moins de 50 cm provoque le dépérissement des arbres. Le phénomène s'accompagne de la formation de sulfures autour des racines.

Les oasis du Sud tunisien viennent encore confirmer l'effet néfaste de l'hydromorphie. La plupart d'entre elles sont installées sur des terrasses ou en bordure des Sebkhass, afin de pouvoir profiter des sources qui jaillissent le long de failles ou des reliefs. On peut ainsi observer tous les stades d'apparition de l'hydromorphie. G. NOVIKOFF, phytosociologue au Service pédologique, relève un certain nombre d'observations qu'il a pu effectuer dans les oasis du Djérid.

La palmeraie "L'Oasis" près de Tozeur est située sur une pente en bordure d'une petite dépression. En haut de la plantation, la nappe est à plus de 2 m de profondeur ; dans la partie moyenne elle est à 1,60 m. En bas de pente, son niveau se situe vers 1,25 m. Le réseau de drainage atteint 1,50 m et les fossés sont écartés de 100 m dans le sens de la pente. Le sol est un sable grossier, gypseux en profondeur. Les rendements du palmier, variété Deglat-en-Nour, passent de 3 à 1 au fur et à mesure que la nappe se rapproche de la surface. L'enracinement devient superficiel, et on observe, dans le profil, du gley radicaire et des taches de sulfures.

Une autre palmeraie industrielle, située près de Kébili, sur sol gypseux, sablo-limoneux en surface, passant à limono-sableux ou limono-argileux en profondeur, a son plan d'eau stabilisé vers 1,40 m ou 1,50 m. En général, les racines exploitent toute la couche assainie. Les rendements sont élevés et, cependant, on constate une différence de rendements de 5 à 8% entre les rangées situées le long des fossés et celles qui sont situées au milieu de l'intervalle des drains, qui, dans cette plantation, sont espacés de 60 m.

Au cours des levés pédologiques systématiques qu'a effectués le Service pédologique, de telles observations ont pu être renouvelées dans toutes les oasis. Le palmier, variété Deglat-en-Nour, qui est la grande variété d'exportation, est moins sensible à la salure qu'à l'hydromorphie. Toute remontée du plan d'eau provoque une réduction du système radicaire. Certaines nappes ont en outre un équilibre ionique plus nocif (proportion des ions sulfates et du calcium par rapport au chlore et au sodium). Par ailleurs, les mouvements de la nappe donnent naissance à une forma-

tion gypseuse finement cristallisée, très consistante, "le terch". Cette formation constitue un obstacle mécanique à la pénétration des racines. Ces différents facteurs contribuent à réduire sérieusement les rendements. Les agriculteurs tunisiens disposent d'une série de variétés de palmiers dont la rusticité augmente quand les conditions d'hydromorphie deviennent plus sévères : Allig, Bouhattam, .. Malheureusement ces dattes ne sont guère vendables que sur les marchés locaux d'où leur intérêt limité.

CONCLUSION

La conduite de l'irrigation à l'eau salée nécessite donc une grande surveillance de la nappe phréatique. Avant l'établissement d'un périmètre irrigué, il est indispensable d'étudier les conditions hydrologiques de la région (profondeur, débit maximum de la nappe). Lorsque la nappe est inexistante ou très profonde, il faut encore vérifier qu'il ne se formera pas une nappe perchée sur un horizon moins perméable. Des mesures de perméabilité en profondeur sont donc nécessaires.

La nappe phréatique a en effet un rôle néfaste :

- en provoquant l'asphyxie des plantes qui, à salure égale du sol, sont plus sensibles qu'en sol bien drainé ;
- en créant par évaporation à la surface du sol une salure élevée, qui détruit la végétation à enracinement superficiel, et lui substitue une végétation halophile : *Spergule, Sueda, Halocnemum, Arthrocnemum*.

Il est donc nécessaire de drainer profondément. Grâce aux exemples cités dans cette note, il est visible que les profondeurs limites de la nappe vont de 1,30 m à 1,70 m suivant les espèces végétales et la nature des sols.

Là encore, une simple évaluation de la texture du sol n'est pas suffisante pour déterminer la profondeur d'un drainage. Dans l'exemple de l'oasis de Kébili, un rabattement de la nappe à 1,40 m dans un sol de texture sablo-limoneuse à limono-sableuse s'est avéré suffisant. Dans la palmeraie de Tozeur, bien que le plan d'eau soit à 1,60 m et que la texture du sol soit celle d'un sable grossier, l'hydromorphie se fait sentir dès 70 ou 80 cm. Outre la texture du sol, sa structure semble jouer un grand rôle.

Les problèmes d'irrigation à l'eau salée sont donc rendus très complexes par les facteurs qui entrent en jeu : composition physique et chimique du sol qui conditionne la circulation de l'eau, salure de la nappe et variations de son niveau au cours des saisons ou au cours de l'irrigation, de sorte que chaque cas particulier doit être étudié de façon très complète avant la mise en eau du périmètre.

Tunis, le 5 Septembre 1965

BIBLIOGRAPHIE

- COINTEPAS (J.P.) - juin 1963 - Note sur une plantation d'oliviers du Sud tunisien. Service pédologique - Tunis, ES 49.
- COINTEPAS (J.P.) - juin 1963 - Note sur le drainage du périmètre de Melloulèche. Service pédologique - Tunis, n° 236.
- DIMANÇHE (P.) - octobre 1962 - Etude pédologique de l'Oasis de Nefta. Service pédologique - Tunis, n° 240.
- GOUNOT (M.), LE HOUEROU - 1958 - Tunisie : carte des étages bioclimatiques. in "Contribution à l'étude des groupements végétaux messicoles et rudéraux de la Tunisie" par GOUNOT *Ann. Serv. Bot. et Agron. Tunisie*, vol.31.
- HAMZA (M.) - février 1961 - Contribution à l'étude de la tolérance de l'olivier à l'asphyxie et à la salure. Service pédologique - Tunis, ES 35.
- LARGUECHE (Mlle H.) - novembre 1960 - Comportement radiculaire de quelques essences forestières dans les sols salés. Service pédologique - Tunis, ES 32.
- NOVIKOFF (G.) - juin 1960 - Etude agrologique de quelques palmeraies des Nefzaouas et du Djerid. Service pédologique - Tunis, ES 26.
- SABATHE (R.) - juillet 1952 - Etude pédologique provisoire du périmètre de Mellouleche. Service pédologique - Tunis, 402 E.
- U.S. Dept of Agric. - 1954 - Diagnosis and improvement of Saline and Alkali Soils. *Agriculture Handbook*, n° 60, 160 p.