

Approche méthodologique de l'étude de la fertilité des sols des oasis tunisiennes de la région du Djérid

B. Zougari-Elwedi⁽¹⁾, W. Issami⁽²⁾ et M. Sanaa⁽³⁾

- 1) Centre régional de recherche en agriculture oasienne (CRRAO). Route de Tozeur Km 1, Degache 2260, Tunisie.
- 2) Faculté des Sciences Mathématiques, Physiques et Naturelles de Tunis, Campus Universitaire, 2092. EL MANAR 2, Tunisie.
- 3) Institut National Agronomique de Tunisie. Laboratoire des Sciences du Sol et Environnement, 43, Av. Charles Nicole, 1082. Tunis Mahrajène, Tunisie.

* : Auteur correspondant : zougarib@yahoo.fr

RÉSUMÉ

Neuf palmeraies continentales tunisiennes, au Djérid (Tozeur, Degache et Nafta) sont considérées dans cette recherche. La fertilité des sols a été analysée sur des profils verticaux et à différentes distances latérales du palmier dattier. Ces sols ont une capacité d'échange cationique (CEC) très limitée du fait de leur texture sableuse. Ils ont montré de faibles teneurs en azote (<1,71ppm), en phosphore (<23,7ppm) et en matière organique (<1,69%). Cette déficience montre que les fumures organique et minérale pratiquées sont insuffisantes.

Les eaux d'irrigation de ces régions sont saumâtres et apportent des quantités non négligeables en Na, Mg et K qui sont à comptabiliser lors du calcul de ces apports.

L'amélioration de l'état de fertilité de ces sols nécessite une évaluation minutieuse des besoins qui doit remplacer l'actuel apport arbitraire des fumures organiques et minérales dans ces oasis.

Mots clés

Sol, fertilité, déficience, palmier dattier, Tunisie.

SUMMARY**METHODOLOGICAL APPROACH TO THE STUDY OF SOIL FERTILITY IN THE OASIS OF THE DJERID REGION OF TUNISIA**

Nine Tunisian continental palm groves, in Djerid (Tozeur, Degache and Nafta) are considered. Soil fertility was analyzed on vertical profiles and at different lateral distances from the date palm trunk. Because of their sandy texture, soils have a low cation exchange capacity (CEC) than a very limited chemical store. They showed low nitrogen (< 1.71 ppm), phosphorus (< 23.7 ppm) and organic matter contents (< 1.69 %). This deficiency shows that applied organic and mineral manures amounts are insufficient.

In these areas, irrigation waters are brackish and bring non negligible amounts of Na, Mg and K which are to be considered in fertilization calculation.

These soils fertility improvement requires a careful assessment needs which must replace current arbitrary contribution of the organic and mineral manures.

Key-words

Soil, fertility, Deficiency, Date Palm, Tunisia.

RESUMEN**ENFOQUE METODOLÓGICO DEL ESTUDIO DE LA FERTILIDAD DE LOS SUELOS DE LOS OASIS TUNECINOS DE LA REGIÓN DEL DJERID**

Se consideran nueve palmerales continentales tunecinas en el Djerid (Tozeur, Degache y Nafta). Se analizó la fertilidad de los suelos sobre perfiles verticales y a diferentes distancias laterales de la palmera datilera. Estos suelos tienen una capacidad de intercambio catiónico (CIC) muy limitada debido a su textura arenosa. Mostraron bajos contenidos en nitrógeno (< 1,71 ppm), en fósforo (< 23,7 ppm) y en materia orgánica (< 1,69 %). Esta deficiencia muestra que los abonos orgánico y mineral practicados están insuficientes.

Las aguas de riego de estas regiones son salobres y aportan cantidades no despreciables en Na, Mg y K que se deben contabilizar en el cálculo de estos aportes.

El mejoramiento del estado de la fertilidad de estos suelos necesita una evaluación minuciosa de las necesidades que deben sustituirse al actual aporte arbitrario de abonos orgánicos y minerales en estos oasis.

Palabras clave

Suelo, fertilidad, deficiencia, palmera datilera, Túnez.

Dans les principaux pays phœnicicoles, où le palmier dattier se développe dans les régions arides, sur des sols généralement pauvres et peu fertiles (Gautier, 1993), les recherches agronomiques sur la fertilisation du palmier dattier sont encore assez peu nombreuses, surtout les essais de comparaison de fumure concernant les 3 éléments minéraux (N-P-K) et le fumier (Zougari, 2014). Dans la zone phœnicicole tunisienne, les producteurs de dattes utilisent le fumier comme principal apport fertilisant au palmier (Ben Abdallah, 1990 ; Djerbi, 1994 et Mzalli et al., 2002), mais ceux-ci n'adaptent pas les doses à la diversité des situations d'oasis et de sols.

Dans ces régions, le fumier est apporté avec des quantités arbitraires et insuffisantes. Ces sols restent encore très déficients pour toutes les oasis (Zougari, 2004). Cette déficience est corrigée rationnellement par des apports suite à des analyses de sols et à des évaluations de bilans pour les cultures annuelles.

Ce diagnostic nécessite l'existence des normes de prélèvement et d'interprétation. Pour le palmier dattier, ces normes sont quasi-inexistantes pour les variétés de dattes en Tunisie. Leur mise au point nécessite l'établissement de lien entre la fertilité du sol et les rendements obtenus (Kolsi et Zougari, 2008).

Ce travail se propose de déterminer l'état de fertilité des sols cultivés en palmeraie, et de critiquer les apports fertilisants pour une meilleure fertilisation.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Présentation des sites d'expérimentation

La présente étude porte sur neuf palmeraies continentales de la variété Deglet Nour, saines de toute infection, dans la région du Djérid. Ces palmeraies sont représentatives de la majorité des palmeraies traditionnelles du Djérid où les palmiers sont souvent très âgés et où la palmeraie est conduite selon le système à trois étages (plantes annuelles, arbres fruitiers et

palmiers dattiers). L'âge des palmiers choisis y est de 55 ans, la densité de plantation est d'environ 8 m x 8 m. L'irrigation s'y fait par submersion à partir d'un sondage par un système de séguia bétonnées. L'échantillonnage de l'eau pour analyses y est effectué.

Les palmeraies sont irriguées par submersion tous les 10 jours à raison de 4 heures/h@ (13140 m³/ha/an) donnant 87,6 m³/palmier.

La fumure minérale est basée sur le Superphosphate à raison de 1 à 2 kg/pied, le sulfate de potasse à raison de 0,5 à 1 kg/pied, et l'ammonitrite à raison de 2 kg/pied, donnés en deux apports, au début de l'hiver et au printemps.

La fumure organique consiste en un épandage uniformisé de 100 à 150 kg de fumier décomposé (ovins + bovins) par pied en début d'hiver au moment du labour une fois tous les 3 ans soit environ 42 kg/palmier/an.

Dans cette étude, et pour toutes les palmeraies choisies, l'efficacité de l'irrigation par submersion (Ea) en % s'obtient par le rapport entre le volume stocké dans la zone racinaire (Vs) et le volume total d'eau apporté par irrigation (Ennabli, 1995).

$$Ea (\%) = 100 \times \frac{V_s}{V_e}$$

Pour les sites choisis, une corrélation significative positive entre la conductivité électrique (CE) et la teneur en gypse est obtenue.

$$CE = 0,77 (\% \text{ gypse}) + 2,76$$

(coefficient de corrélation R² = 0,89)

Les quantités de fertilisants minéraux et organiques sont celles données par les agriculteurs de ces régions. Elles ne résultent pas d'un calcul minutieux mais de leur expérience empirique.

Ce travail se propose de se baser sur l'analyse de la fertilité des sols afin de commenter ces apports empiriques.

Échantillonnage des sols

Les échantillons de sol sont prélevés à la tarière sur 3 profondeurs : 0-30 cm, 30-60 cm et 60-90 cm.

Figure 1 - Plan d'échantillonnage du sol dans les palmeraies choisies.

Figure 1 - A sampling plan of palm groves soil.

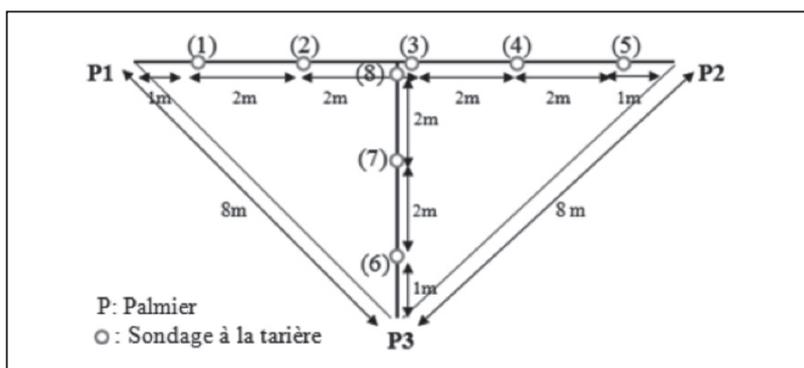


Tableau 1 - Caractérisation des eaux d'irrigation et quantités de cations apportées.**Table 1** - Characterization palm groves irrigation water and quantities of cations can be made.

		Na	Mg	Ca	K	SAR	pH	CE (dS/m)
Tozeur	Teneurs des eaux (mg/l)	290	9,1	150,0	20,7	8,77	7,6	3,3
	Quantités apportées (kg/ha/an)	-	119,57	1971,0	272,0	-	-	-
	Quantités efficaces (kg/ha/an)		35,87	591,3	81,6			
	Quantités efficaces (kg/palmier/an)		0,24	3,94	0,54			
Degache	Teneurs des eaux (mg/l)	282	8,6	160,0	23,9	8,3	7,5	2,7
	Quantités apportées (kg/ha/an)	-	112,7	2102,4	313,6	-	-	-
	Quantités efficaces (kg/ha/an)		33,8	630,7	94,1			
	Quantités efficaces (kg/palmier/an)		0,22	4,20	0,63			
Nafta	Teneurs des eaux (mg/l)	280	9,0	160	24,5	8,23	7,4	2,6
	Quantités apportées (kg/ha/an)	-	118,26	2102,4	321,9	-	-	-
	Quantités efficaces (kg/ha/an)		35,48	630,7	96,57			
	Quantités efficaces (kg/palmier/an)		0,23	4,2	0,64			

Tableau 2 - Caractérisation des fumiers apportés aux palmeraies de Tozeur, de Degache et de Nafta.**Table 2** - Characterization of manure applied to palm groves of Tozeur, Degache and Nafta.

	Palmeraie de	% MS	N	P	K	Ca	Mg
Teneurs (mg/g MS)	Tozeur	87,5	1,79	2,21	10,2	53,5	2,6
	Degache	84,6	1,84	2,37	11,6	52,7	2,4
	Nafta	81,8	1,86	2,46	12,9	50,8	3,0
Quantités apportées/palmier en kg de MS	Tozeur		0,063	0,078	0,359	1,882	0,091
	Degache		0,063	0,081	0,395	1,792	0,082
	Nafta		0,061	0,081	0,424	1,670	0,099
Quantités apportées par ha/an	Tozeur		9,44	11,66	53,82	282,28	13,72
	Degache		9,39	12,09	59,18	268,84	12,24
	Nafta		9,17	12,13	63,63	250,57	14,80
Quantités dans 1 kg de fumier sec	Tozeur		1,79	2,21	10,20	53,50	2,60
	Degache		1,84	2,37	11,60	52,70	2,40
	Nafta		1,86	2,46	12,90	50,80	3,00

MS: Matière sèche

Les sondages sont effectués à différentes distances latérales de chaque palmier dattier considéré : 1 m, 3 m et 5 m (figure 1). Trois palmiers par parcelle sont considérés et constituent 3 répétitions. Pour les analyses des sols, les prélèvements à de mêmes distances latérales de chaque palmier dattier constituent des répétitions.

Trois répétitions analytiques sont en outre adoptées donnant donc au total 9 répétitions par résultat.

A proximité de chacune de ces palmeraies étudiées mais dans un sol non cultivé, un sondage à la tarière est pratiqué

pour prélever le sol considéré alors comme témoin (sans aucun apport) aux mêmes profondeurs de prélèvement choisies.

L'échantillonnage est réalisé à deux moments importants du cycle de palmier dattier, la pollinisation (mi Avril) et la récolte (début Novembre).

Analyses des sols, des eaux et des fumiers

Les échantillons des sols prélevés sont enregistrés dans le registre du laboratoire et font l'objet d'une série d'analyses

physico-chimiques selon les méthodes de Pauwels et al. (1992). Les paramètres de qualité retenus et analysés sont les paramètres physicochimiques : pH (méthode potentiométrique à l'aide d'un pH-mètre), conductivité électrique (CE) (méthode de la pate saturée 1/5 à l'aide d'un conductimètre), Capacité d'échange cationique (CEC) (méthode de Bower), matière organique (MO) (méthode de Walkley et Black), azote (N) (méthode de Kjeldahl), phosphore assimilable (P) (méthode OLSEN), bases échangeables (le potassium (K), le calcium (Ca) et le sodium (Na)) (dosées par photométrie de flamme), magnésium (Mg) (dosé par spectrophotométrie d'absorption atomique), carbonate de calcium (CaCO_3) (le calcaire total est mesuré par le calcimètre Bernard et le calcaire actif est mesuré par titration en oxydo-réduction) et le gypse ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) (Méthode de Coutinet).

Les analyses des eaux d'irrigation et du fumier ont été faites aussi selon les méthodes de Pauwels et al. (1992).

Analyses statistiques des résultats

Le traitement statistique des résultats est réalisé grâce au logiciel STATISTICA (ver. V). L'ensemble des mesures a fait l'objet d'une analyse de la variance à deux facteurs au seuil de 5 % avec le test de Fisher. Elle est complétée par une comparaison multiple des moyennes par le test de Newman et Keuls (au seuil de 5 %) (Dagnelie, 1986).

RÉSULTATS

Caractérisation des apports

Les intrants sont constitués par les éléments apportés par les eaux d'irrigation, le fumier et les engrais.

Eaux d'irrigation

Les palmeraies choisies sont irriguées par des eaux de puits de surface. Ainsi, les CE des eaux d'irrigation sont moyennes ce qui est acceptable pour la culture du palmier dattier tolérant de fortes salinités (*tableau 1*), d'autant plus que la texture grossière des sols étudiés (*tableau 3*) favorise la lixiviation des sels. Le pH des eaux d'irrigation est légèrement alcalin.

Ces eaux sont généralement chargées en sodium (Na), calcium (Ca), potassium (K) et en magnésium (Mg), mais la teneur en Na est la plus élevée (*tableau 1*). Toutefois, les valeurs du taux d'adsorption du sodium (SAR) montrent des eaux faiblement sodiques.

La présence de quantités élevées de gypse dans le sol permet l'utilisation d'eaux d'irrigations salées et/ou à fortes teneurs en sodium (Mamou, 1995).

En sols sableux, on estime cette efficacité à 30 % (Ennabli, 1995). Le volume d'eau apporté par palmier (V_e) aux palmeraies choisies est en moyenne de 87,6 m³, les volumes d'eau (V_s) par

palmier, dits volumes efficaces, sont donc de 26,3 m³.

Les quantités de cations apportés par ces volumes « efficaces » sont non négligeables pour les deux palmeraies (*tableau 1*).

Fumure organique et minérale

Les fumiers apportent aux palmeraies choisies certaines quantités en éléments fertilisants suite à leur minéralisation. Dans les conditions en irrigué des parcelles étudiées, et avec des températures favorables à la minéralisation, on a pu supposer une minéralisation entière du fumier. Ces quantités sont calculées (*tableau 2*).

La fumure minérale est basée sur le super phosphate à raison de 1 à 2 kg/pied soit 44,1 kg P/ha, le sulfate de potasse à raison de 0,5 à 1 kg/pied soit 46,7 kg K/ha et l'ammonitrite à raison de 2 kg/pied soit 99 kg N/ha.

Caractérisation des sols

Sols non cultivés

Les sols non cultivés (témoins) à Tozeur, à Degache et à Nafta ont une texture grossière et se caractérisent par une faible fertilité chimique.

Les sols témoins sont toujours pauvres en azote total (0,07 ppm à Tozeur ; 0,04 ppm à Degache et 0,05 ppm à Nafta), en phosphore (7,0 ppm à Tozeur ; 5,53 ppm à Degache et 6,37 ppm à Nafta), en potassium (0,27 meq/100 g de sol à Tozeur ; 0,33 meq/100 g de sol à Degache et 0,22 meq/100 g de sol à Nafta), en magnésium (3,31 meq/100 g de sol à Tozeur ; 3,87 meq/100 g de sol à Degache et 3,42 meq/100 g de sol à Nafta) et en matière organique (0,04 % à Tozeur ; 0,07 % à Degache et 0,05 % à Nafta).

Sols cultivés

Texture

Les sols cultivés des palmeraies choisies à Tozeur, à Degache et à Nafta ont une texture grossière (*tableau 3*). Toutefois, les taux de sable pour les palmeraies choisies sont élevés (> 50 %).

Salinité

La mesure de la conductivité électrique (CE) de l'extrait 1/5 donne deux types de profils de salure. Les sols cultivés sont salés en profondeur et leur salinité diminue vers la surface. Par contre, pour les sols témoins, la salure est faible en profondeur et augmente en surface (*tableau 3*). La remontée des sels de la nappe phréatique à la surface du sol leur donne ainsi un profil d'évaporation.

pH, calcaire et gypse

Les sols étudiés sont alcalins à légèrement alcalins (pH entre 7,4 et 8,7) sur tous les horizons étudiés. Les sols témoins ont des pH plus élevés que les sols cultivés.

Tableau 3 - Caractérisation des sols de la région du Djérid (Tozeur, Degache et Nafta).**Table 3** - Characterization of Djerid soil. (Tozeur, Degache and Nafta).

	Sols	Profondeur (cm)	Texture (*)	CaCO ₃ (%)		pH	Gypse (%)	CE Extrait 1/5 (mmhos/cm)	CEC (meq/100g de sol)	MO %
				Total	Actif					
Tozeur	Sol témoin	0 - 30	LS	-	-	8,2	0,9	3,8 ± 0,02	2,1	0,03
		30 - 60	LS	-	-	8,5	1,1	3,4 ± 0,03	1,7	0,04
		60 - 90	SL	-	-	8,4	0,6	3,4 ± 0,00	2,5	0,00
	Sol Cultivé	0 - 30	LS	10,5 ± 1,08	7,8 ± 0,29	7,6	0,9	2,9 ± 0,00	4,4	1,69
		30 - 60	LS	11,8 ± 1,57	8,3 ± 0,58	7,4	1,5	2,5 ± 0,01	4,0	0,93
		60 - 90	LS	12,4 ± 1,20	8,0 ± 0,87	7,4	1,8	4,3 ± 0,12	4,0	0,58
Degache	Sol témoin	0 - 30	LS	-	-	8,5	3,1	3,5 ± 1,08	3,2	0,02
		30 - 60	LS	-	-	8,7	2,7	2,9 ± 1,42	3,5	0,02
		60 - 90	LS	-	-	8,6	4,0	2,8 ± 0,83	3,1	0,01
	Sol Cultivé	0 - 30	LS	12,3 ± 0,49	10,1 ± 0,42	7,7	2,4	2,3 ± 2,30	3,6	1,32
		30 - 60	LS	13,1 ± 1,04	9,4 ± 0,33	7,6	2,8	3,2 ± 0,87	3,5	1,14
		60 - 90	SL	15,1 ± 1,03	9,7 ± 0,48	7,6	3,1	3,2 ± 1,43	3,7	1,08
Nafta	Sol témoin	0 - 30	LS	-	-	8,2	1,1	3,3 ± 0,02	2,1	0,00
		30 - 60	LS	-	-	8,2	1,5	2,5 ± 0,03	2,2	0,01
		60 - 90	SL	-	-	8,2	1,7	2,3 ± 0,02	3,3	0,00
	Sol Cultivé	0 - 30	LS	11,8 ± 0,54	10,6 ± 0,46	7,6	1,5	3,2 ± 0,01	4,3	1,44
		30 - 60	LS	12,7 ± 1,1	9,4 ± 0,34	7,5	2,2	3,5 ± 0,04	3,8	1,06
		60 - 90	SL	14,2 ± 1,12	9,5 ± 0,83	7,6	2,4	3,7 ± 0,11	3,0	0,84

(*) SL : Sablo-limoneuse LS : Limono-Sableuse.

(*) Classe texturale (USA- Thien, 1979)

Les sols cultivés à Degache et à Nafta présentent des teneurs en calcaire total et actif légèrement supérieures à celle de Tozeur, mais toutes ces teneurs sont assez fortes (tableau 3).

Les pourcentages de gypse sont peu élevés, variant de traces à quelques pourcents, dans les différents sols étudiés (tableau 3)

Capacité d'échange cationique (CEC)

Quant à la capacité d'échange cationique (CEC), elle reste faible pour tous les sols cultivés et pour toutes les profondeurs étudiées (tableau 3). Ainsi le réservoir chimique des sols étudiés est très faible.

Matière organique (MO)

Les sols des palmeraies sont plus riches en matière organique que les sols non cultivés. Les apports organiques et minéraux ont eu un effet améliorateur plus visible à la surface (tableau 3). Les sols des palmeraies sont donc à l'origine des sols peu fertiles.

Etat de fertilité des sols cultivés à la pollinisation et à la récolte

Les paramètres suivants de la fertilité chimique des sols des palmeraies sont analysés verticalement et latéralement à deux dates critiques, la pollinisation et la récolte : N, P, K et Mg.

• A la pollinisation

Pour toutes les palmeraies choisies, les sols sont très pauvres en N sans variation systématique ; ceci confirme que les quantités de fumier apportées sont insuffisantes pour fournir l'azote à la plante par minéralisation. D'autant plus que dans ces sols sableux, et pour l'azote minéral apporté par l'engrais (ammonit), l'azote nitrique est rapidement drainé en profondeur et l'azote ammoniacal est peu fixé.

Pour le P assimilable, et sur la base de recherches préliminaires effectuées sur les palmeraies du Jérid ayant obtenu un seuil critique de 25 ppm P (Zougari, 2001), les sols étudiés sont peu pourvus en P (tableau 4). Cette pauvreté souligne un déficit dans les apports organiques et/ou minéraux.

Les teneurs en potassium (K) échangeable varient de 0,52 meq/100 g à 1,16 meq/100 g de sol. Pour le magnésium

Tableau 4 - Paramètres de fertilité chimique à la pollinisation.**Table 4** - Chemical fertility parameters at pollination.

Palmeraie de	Distance latérales du palmier	Profondeur (cm)	N (ppm)	P (ppm)	K éch (cmol+/kg)	Mg éch (cmol+/kg)
Tozeur	1 m	0 - 30	0,150 ± 0,005	23,70 ± 1,15	1,16 ± 0,11	6,50 ± 0,75
		30 - 60	0,100 ± 0,011	19,30 ± 1,11	1,02 ± 0,03	4,80 ± 0,28
		60 - 90	0,080 ± 0,005	16,20 ± 0,60	0,68 ± 0,02	4,80 ± 0,33
	3 m	0 - 30	0,060 ± 0,000	17,40 ± 0,66	0,98 ± 0,12	4,40 ± 0,45
		30 - 60	0,030 ± 0,000	14,40 ± 0,70	1,04 ± 0,00	3,00 ± 0,18
		60 - 90	0,024 ± 0,000	13,40 ± 0,44	0,80 ± 0,02	3,00 ± 0,20
	5 m	0 - 30	0,040 ± 0,002	15,80 ± 0,66	0,92 ± 0,02	3,90 ± 0,067
		30 - 60	0,010 ± 0,004	12,40 ± 0,83	0,79 ± 0,02	1,80 ± 0,82
		60 - 90	0,000 ± 0,000	13,20 ± 0,65	0,69 ± 0,07	2,90 ± 0,75
Degache	1 m	0 - 30	0,164 ± 0,002	22,00 ± 1,08	0,92 ± 0,05	5,02 ± 0,66
		30 - 60	0,165 ± 0,006	24,90 ± 0,82	1,06 ± 0,06	5,23 ± 0,57
		60 - 90	0,085 ± 0,002	18,80 ± 0,93	0,88 ± 0,03	3,45 ± 0,46
	3 m	0 - 30	0,063 ± 0,000	18,90 ± 0,75	0,92 ± 0,04	4,02 ± 0,25
		30 - 60	0,024 ± 0,001	19,20 ± 0,87	0,84 ± 0,01	4,12 ± 0,18
		60 - 90	0,010 ± 0,000	16,60 ± 0,36	0,80 ± 0,02	3,97 ± 0,33
	5 m	0 - 30	0,010 ± 0,000	14,70 ± 0,91	0,84 ± 0,05	3,06 ± 0,42
		30 - 60	0,000 ± 0,000	15,50 ± 0,82	0,72 ± 0,04	3,26 ± 0,31
		60 - 90	0,000 ± 0,000	14,80 ± 0,48	0,86 ± 0,03	2,43 ± 0,15
Nafta	1 m	0 - 30	0,133 ± 0,002	21,10 ± 0,66	0,96 ± 0,07	5,10 ± 0,30
		30 - 60	0,145 ± 0,005	22,90 ± 1,25	0,98 ± 0,06	5,23 ± 0,24
		60 - 90	0,065 ± 0,000	19,20 ± 1,04	0,84 ± 0,05	3,45 ± 0,47
	3 m	0 - 30	0,094 ± 0,000	18,90 ± 0,76	0,92 ± 0,08	3,82 ± 0,22
		30 - 60	0,094 ± 0,002	18,80 ± 0,88	0,90 ± 0,02	3,96 ± 0,18
		60 - 90	0,020 ± 0,000	15,60 ± 0,91	0,82 ± 0,04	3,80 ± 0,11
	5 m	0 - 30	0,036 ± 0,001	14,50 ± 0,56	0,86 ± 0,02	3,98 ± 0,23
		30 - 60	0,010 ± 0,000	14,60 ± 0,38	0,76 ± 0,02	3,67 ± 0,31
		60 - 90	0,000 ± 0,000	14,20 ± 0,52	0,52 ± 0,00	3,43 ± 0,25

N représente l'azote total, *P* représente le phosphore assimilable et *K* et *Mg* représentent respectivement *K* et *Mg* échangeable

échangeable (Mg), la teneur la plus élevée est enregistrée à Tozeur au niveau de la profondeur 0-30 cm et à une distance latérale de 1 m du palmier. Ainsi, l'état de fertilité azotée, phosphatée, potassique et magnésienne est meilleur pour les profils où l'éloignement par rapport au palmier dattier est de 1 m. Généralement, pour les palmeraies choisies, une diminution de *K* et *Mg* de la surface vers la profondeur est décelée pour toutes les distances latérales étudiées.

En tenant compte de la classification de la richesse en MO des sols (Lavelle et al., 1998). Les sols des palmeraies étudiées en sont pauvres sauf en surface où la MO atteint 1,51 % aux

palmeraies de Tozeur (tableau 5). En effet, la source principale de MO est le fumier qu'apportent les agriculteurs. Les sols sont donc d'autant plus pauvres en MO que leur mise en valeur est récente.

• TA la récolte

Le tableau 5 montre que la date d'épandage des fumures organiques et minérales a un effet visible sur la distribution de certains éléments dans le sol. En effet, de la pollinisation à la récolte, la comparaison des teneurs en *N*, *P*, *K*, *Mg* et MO (tableaux 4 et 5), a montré que pour toutes les palmeraies

Tableau 5 - Paramètres de fertilité chimique à la récolte.**Table 5** - Chemical Fertility Parameters at harvest

Palmeraies de	Distance latérales du palmier	Profondeur (cm)	N (ppm)	P (ppm)	K éch (meq/100 g sol)	Mg éch (meq/100 g sol)	MO (%)
Tozeur	1 m	0 - 30	0,656 ± 0,150	13,35 ± 0,75	0,50 ± 0,05	5,60 ± 0,66	1,51 ± 0,05
		30 - 60	1,483 ± 0,242	16,52 ± 1,15	0,42 ± 0,08	4,60 ± 0,75	0,68 ± 0,07
		60 - 90	1,231 ± 0,180	12,32 ± 0,76	0,46 ± 0,04	3,20 ± 0,33	0,52 ± 0,08
	3 m	0 - 30	1,101 ± 0,214	10,47 ± 0,94	0,58 ± 0,06	3,38 ± 0,25	1,41 ± 0,04
		30 - 60	1,714 ± 0,180	21,15 ± 2,15	0,44 ± 0,05	2,80 ± 0,42	0,72 ± 0,10
		60 - 90	1,310 ± 0,255	13,52 ± 1,10	0,41 ± 0,01	2,40 ± 0,15	0,64 ± 0,05
	5 m	0 - 30	0,504 ± 0,066	14,00 ± 0,85	0,88 ± 0,11	3,60 ± 0,22	0,68 ± 0,08
		30 - 60	0,506 ± 0,084	14,82 ± 0,72	0,72 ± 0,07	2,20 ± 0,18	0,40 ± 0,05
		60 - 90	0,487 ± 0,105	11,54 ± 1,11	0,54 ± 0,06	2,40 ± 0,14	0,48 ± 0,06
Degache	1 m	0 - 30	0,552 ± 0,050	13,10 ± 0,66	0,68 ± 0,03	4,60 ± 0,33	0,94 ± 0,01
		30 - 60	0,962 ± 0,074	14,50 ± 1,10	0,66 ± 0,02	4,80 ± 0,20	0,86 ± 0,05
		60 - 90	1,521 ± 0,122	12,44 ± 2,25	0,30 ± 0,04	3,20 ± 0,08	0,66 ± 0,05
	3 m	0 - 30	1,214 ± 0,140	12,32 ± 0,87	0,84 ± 0,05	3,80 ± 0,25	0,09 ± 0,06
		30 - 60	1,332 ± 0,058	17,12 ± 0,85	0,80 ± 0,00	3,80 ± 0,10	0,94 ± 0,04
		60 - 90	1,522 ± 0,170	10,84 ± 1,18	0,48 ± 0,11	3,60 ± 0,16	0,68 ± 0,07
	5 m	0 - 30	0,864 ± 0,084	10,00 ± 1,10	0,76 ± 0,07	2,60 ± 0,11	0,47 ± 0,04
		30 - 60	0,976 ± 0,102	12,50 ± 1,15	0,72 ± 0,02	2,90 ± 0,22	0,45 ± 0,07
		60 - 90	1,040 ± 0,130	9,84 ± 0,75	0,36 ± 0,08	2,50 ± 0,15	0,28 ± 0,06
Nafta	1 m	0 - 30	0,752 ± 0,050	11,82 ± 1,02	0,53 ± 0,06	4,60 ± 0,33	0,10 ± 0,08
		30 - 60	0,882 ± 0,094	12,07 ± 0,45	0,82 ± 0,10	5,00 ± 0,25	0,86 ± 0,06
		60 - 90	0,106 ± 0,088	10,64 ± 1,33	0,52 ± 0,02	3,70 ± 0,10	0,64 ± 0,05
	3 m	0 - 30	0,950 ± 0,076	12,70 ± 0,55	0,65 ± 0,06	2,90 ± 0,05	0,11 ± 0,06
		30 - 60	1,154 ± 0,105	16,20 ± 1,65	0,80 ± 0,05	3,90 ± 0,75	0,94 ± 0,05
		60 - 90	1,122 ± 0,111	10,60 ± 1,84	0,54 ± 0,08	2,80 ± 0,23	0,56 ± 0,05
	5 m	0 - 30	0,740 ± 0,085	10,42 ± 0,66	0,82 ± 0,08	3,80 ± 0,16	0,52 ± 0,03
		30 - 60	0,860 ± 0,102	10,60 ± 0,18	0,84 ± 0,06	3,80 ± 0,33	0,47 ± 0,07
		60 - 90	0,880 ± 0,095	8,96 ± 1,08	0,46 ± 0,04	3,30 ± 0,12	0,24 ± 0,05

meq : milliéquivalent

N représente l'azote total, P représente le phosphore assimilable et K et Mg représentent respectivement K et Mg échangeable.++

choisies, et globalement pour les différentes distances, la teneur en N a augmenté alors que celle de la MO a diminué. La variation des autres éléments n'est pas systématique.

Discussion et recommandations

Le réservoir chimique des sols de palmeraies étudiés de Tozeur, de Degache et de Nafta, est très faible. Un amendement organique serait donc nécessaire pour l'améliorer.

Les palmeraies choisies à Degache ont des pourcentages de gypse plus élevés que pour les palmeraies choisies à Tozeur

et à Nafta. Richards (1954) a montré que dans certains sols, le gypse est présent dans les sédiments, dans d'autres, il se forme par précipitation au cours de la salinisation par remontée de la nappe. Cette salinisation est la résultante des effets cumulés d'un climat aride où les précipitations sont rares et irrégulières et d'une gestion irrationnelle de l'irrigation, elle est accentuée par l'absence de lessivage et le dysfonctionnement du système de drainage (Kadri, 1987 ; Askri et Bouhliila, 2010, et Kadri et Van Ranst, 2012).

Modalité de distribution et efficacité de l'apport

Les quantités apportées sont appliquées sur les cuvettes d'irrigation qui occupent la plus grande surface de la parcelle.

Les surfaces à l'aplomb du palmier dattier comprennent l'essentiel de l'enracinement et sont principalement concernées par l'alimentation hydrique et minérale du palmier dattier. Ce n'est donc pas la totalité des apports par hectare qui intercepte la zone de prélèvement racinaire des palmiers. Il y a lieu d'apporter un facteur de correction exprimant l'efficacité de ces apports pour le palmier. Par exemple, si l'on considère un taux de couverture du palmier de 30 % (Zougari, 2004), il y aurait une surface d'interception racinaire de 30 % ; dans ce cas, on proposerait un facteur de correction de 30 %. Donc seuls 30 % des apports effectués concerneraient le palmier et sont au niveau de la zone d'interception racinaire.

Quantités apportées

Dans ces régions, les quantités des apports organiques et minéraux sont arbitraires et ne sont pas le résultat d'un calcul rationnel des besoins.

La rationalisation de ces apports est délicate. Deux options peuvent être envisagées. La première option est basée sur l'estimation du bilan apport-prélèvement (Sedra, 2003). Dans cette option, les apports doivent répondre aux prélèvements annuels comptabilisant les palmiers de l'année et la récolte entière. Une majoration est nécessaire pour tenir compte de la croissance du stipe, des racines et de la totalité de l'arbre, majoration très difficile à estimer.

Cette approche doit aussi comptabiliser le taux de couverture de l'arbre lié avec le volume d'interception racinaire qui exprime le taux d'utilisation de l'eau et des apports fertilisants. Dans ce taux d'utilisation, des coefficients de perte en eau et en éléments nutritifs sont à considérer.

La deuxième option se base sur les analyses foliaires qui sont accessibles mais nécessitent la connaissance de normes analytiques de comparaison et de l'organe analysé.

Dans ces cas, et pour une meilleure utilisation des apports, la localisation de ceux-ci à l'aplomb de l'arbre serait conseillée.

CONCLUSION

La déficience de la fertilité des sols oasiens étudiés a été diagnostiquée. Ces sols ont une capacité d'échange cationique (CEC) très limitée du fait de leur texture légère (sols sableux à limono-sableux). Ils ont montré de faibles teneurs en N, en P et en MO malgré l'apport de fumier qui paraît donc insuffisant.

Les eaux d'irrigation sont très chargées ; elles apportent des quantités non négligeables en Ca, Mg et K dépassant même celles apportées par le fumier. Ces quantités sont à comptabiliser dans les apports des éléments nutritifs.

Pour améliorer l'état de fertilité de ces sols, une évaluation rationnelle des besoins doit remplacer l'actuel apport arbitraire des fumures organiques et minérales dans ces oasis.

BIBLIOGRAPHIE

- Askri B., et Bouhlila R., 2010 - Évolution de la salinité dans une oasis moderne de la Tunisie. *Étude et Gestion des Sols* 17: 197-12.
- Ben Abdallah A., 1990 - La phœniciculture. *Opt. Médit. ; Série A* 11: 105-20.
- Dagnelie P., 1986 - Théorie et méthodes statistiques. Applications agronomiques. Vol. 2. Belgique: Presse Universitaire de Gembloux.
- Djerbi M., 1994 - Le sol et la fertilisation: Précis de la phœniciculture. Tunisie: FAO.
- EL Fekih M., 1969 - Le palmier dattier: Ecologie et condition de culture. *Sols de Tunisie* 55-63.
- Ennabli N., 1995 - L'irrigation en Tunisie. Tunisie: Imprimerie Officielle.
- Gautier M., 1993 - La fertilisation et l'irrigation des vergers. La culture fruitière. L'arbre fruitier (1). 2^e éd. Paris: Lavoisier.
- Kadri A., 1987 - Pédologie des milieux gypseux: contribution à l'étude hydro-pédologique et géochimique des accumulations gypso-salines dans le Nefzaoua (Tunisie présaharienne). DEA, Faculté des Sciences de Tunis.
- Kadri A., et Van Ranst E., 2012 - Contraintes de la production oasienne et stratégies pour un développement durable. *Cas des oasis de Nefzaoua (Sud tunisien)*. *Sécheresse* 13, 1: 5-12.
- Kolsi B. N. et Zougari B., 2008 - Mineral Composition of the Palms Leaflets of the Date Palm. *Journal of Plant Nutrition* 31, (3): 583-91. Doi: 10.1080/01904160801895100.
- Lavelle P., Pashanasi B., Charpentier F., Gilot C., Rossi J.P., Derouard L., et al., 1998 - Large scale effects of earthworms on soil organic matter dynamics. In: Edwards C, eds. *Earthworms ecology*. Washington DC: St Lucie Press.
- Mamou A., 1995 - Incidence de l'exploitation des nappes du sud tunisien, dans les oasis, sur la qualité chimique de leurs eaux. *Sols de Tunisie. Bulletin de la Direction des Sols* 16 : 30-43.
- Mzalli M.T., Lasram M., et Rhouma A., 2002 - L'arboriculture fruitière en Tunisie: Les arbres à noyau et le palmier dattier. Tunisie: ORBIS.
- Pauwels J.M., Van Ranst E., Verloo M., et Mvondo Ze. A., 1992 - Manuel de laboratoire de pédologie: Méthodes d'analyses des sols et des plantes. Equipement, gestion des stocks de verrerie et produits chimiques. Publications agricoles - 28. AGCD, Bruxelles: 265 p.
- Richards L.A., 1954 - Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. *Agriculture Handbook* n° 60. USDA
- Sedra M.H., 2003 - Le Palmier Dattier base de la mise en valeur des oasis au Maroc. Techniques phœnicicoles et Création d'oasis. Maroc: INRA-Éditions.
- Thien S.J., 1979 - A flow diagram for teaching texture by feel analysis. *Journal of Agronomic Education*. 8:54-55.
- Zougari B., 2001 - Fertilisation des palmiers dattiers. Projet de fin d'études. Ecole supérieure d'agriculture du Kef. Tunisie.
- Zougari B., 2004 - Approche méthodologique de l'étude de la fertilité des sols des oasis et de la nutrition minérale du palmier dattier (*Phoenix dactylifera*) (Variété Deglet Nour). Mémoire de Mastère. Institut National Agronomique de Tunis.

