

## State of soil fertility and mineral nutrition of date palm (Deglet Nour Variety) in the Djerid region

### Etat de la fertilité des sols et de la nutrition minérale du palmier dattier (Variété Deglet Nour) dans la région du Djérid

ZOUGARI-ELWEDI BOUTHEINA<sup>\*1,2</sup> ET SANAA MUSTAPHA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centre Régional de la Recherche en Agriculture Oasienne (CRRAO), Route de Tozeur Km1, Degache 2260, Tunisie.

<sup>2</sup>Université de Carthage. Laboratoire des Sciences Horticoles, Institut National Agronomique de Tunisie, 43, Av. Charles Nicole, 1082. Tunis Mahrajène Tunisie.

\*Corresponding author: zougarib@yahoo.fr

**Abstract** - Date palm cultivation (Deglet Nour variety) is one of the most important agricultural activities in the Djerid region (South west of Tunisia). Despite the importance of this activity, average yields of date palms remain low compared to average global yields. Our objectives were therefore to study the state of soil fertility and the mineral nutrition of the date palm.

Our study focused on 9 traditional palm groves, chosen in the Djerid region (Tozeur, Degache and Nefta). For each palm grove, 3 date palms were selected and fertilized by the same amounts of mineral and organic manure to minimize variations in the mineral content of the plant.

Physico-chemical analyzes have shown that the soils of the experimented palm groves have a coarse texture and are characterized by their alkalinity (pH > 7), low availability of organic matter (OM < 1%), and low cation exchange capacity (CEC < 5.3) and therefore a low chemical reservoir to retain cations. Comparison of the effective contributions with the estimated withdrawals of the year makes it possible to say that the contributions are lower than the calculated levies for nitrogen (N), phosphorus (P), potassium and Calcium (Ca).

These results allow us to hypothesize that there are other factors (climate, cultivation techniques, presence of beneficial microorganisms that naturally exist in the soil, ...) that play an important role in improving soil fertility and mineral nutrition of the date palm.

---

**Keywords:** Soil fertility, mineral nutrition, intake, sampling, date palm.

---

**Résumé** - La phœniciculture, en particulier la culture de la variété Deglet Nour est la principale richesse de la région du Djérid (sud-ouest de la Tunisie). Malgré cette importance, les rendements moyens des palmiers dattiers demeurent faibles comparés aux rendements moyens mondiaux. Nos objectifs ont donc été d'étudier l'état de fertilité des sols et la nutrition minérale du palmier dattier.

Notre étude a porté sur 9 palmeraies traditionnelles, choisies dans la région du Jérid (Tozeur, Degache et Nefta). Pour chaque palmeraie, 3 palmiers dattiers ont été choisis et fertilisés en même temps par les mêmes quantités de fumure minérale et organique pour minimiser au maximum les variations des teneurs du végétal en éléments minéraux.

Les analyses physico-chimiques ont montré que des sols des palmeraies expérimentées ont une texture grossière et se caractérisent par leur alcalinité (pH > 7), faible disponibilité en matière organique (MO < 1%), et un faible capacité d'échange cationique (CEC < 5.3) et par conséquent un faible réservoir chimique pour retenir les cations. La comparaison des apports efficaces avec les prélèvements estimés de l'année permet de dire que les apports sont inférieurs aux prélèvements calculés pour L'azote (N), le phosphore (P), le potassium et le Calcium (Ca). Ces résultats nous permettent de formuler l'hypothèse qu'il existe d'autres facteurs (climat, techniques culturales, présence de micro-organismes bénéfiques qui existent naturellement dans le sol, ...) qui jouent un rôle important dans l'amélioration de la fertilité des sols et de la nutrition minérale du palmier dattier

---

**Mots clés** - Fertilité du sol, nutrition minérale, apport, prélèvement, Palmier dattier.

---



## 1. Introduction

Le palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) est développé en milieu aride et saharien sur des sols souvent squelettique et pauvre en matière organique (Mzalli *et al.*, 2002). Ces sols ne favorisent pas une nutrition minérale adéquate des palmiers dattiers. C'est pourquoi, le recours aux engrais chimiques qui pourraient être une solution à la faible production. Cependant, l'utilisation des engrais chimiques a atteint ses limites : pollution et perte de biodiversité dans les régions d'agriculture intensive, dégradation des systèmes agricoles les plus fragiles et coûts prohibitifs pour les producteurs les plus pauvres (Plenchette *et al.*, 2005).

En vue d'adapter la fumure à la fertilité du sol dans la grande diversité des situations de sols et d'oasis, il serait intéressant de mieux connaître l'état de fertilité du palmier dattier afin d'améliorer son état nutritionnel. C'est la fertilisation raisonnée qui vise à ajuster les apports aux besoins de l'arbre et à son stade de développement afin d'obtenir des fruits de qualité et d'assurer une bonne rentabilité économique. Or, la fertilisation du palmier dattier se limite dans la plupart des cas à l'apport du fumier une fois tous les trois ans. La combinaison des apports minéraux aux apports organiques peut augmenter significativement les rendements en dattes (Mzalli *et al.*, 2002). Ces apports nécessitent une meilleure connaissance des besoins du palmier dattier en éléments minéraux, ce qui est encore très limitée par rapport à d'autres arbres fruitiers (Zougari, 2014).

La situation actuelle des oasis de la région du Djérid impose l'étude de la fertilisation du palmier dattier qui nécessite des bases rationnelles. De même, l'étude des caractéristiques physico-chimiques du sol qui représente un axe prioritaire pour améliorer la phœniciculture dans cette région.

## 2. Matériel et méthode

Le choix des sites retenus pour faire l'objet d'une prospection, a été effectué en se basant sur les données d'une tournée permettant de dégager les ressemblances et les différences en termes de techniques culturales et surtout de la fertilisation. Neuf palmeraies sont choisies dans la région du Jérid (3 à Tozeur, 3 à Degache et 3 à Nefta). Ces palmeraies sont représentatives de la majorité des palmeraies de la région du Djérid

Pour ces 3 sites, la variété est Deglet Nour. Pour chacun, l'uniformité de l'âge des palmiers (50 ans) est respectée, les pieds jeunes de remplacement sont écartés. Seules les parcelles bien alimentées en eau sont retenues, afin d'éviter les problèmes d'un stress hydrique. En outre, les parcelles choisies sont exemptes de toute infection.

L'irrigation s'effectue à partir des forages mis en commun par les agriculteurs de chaque région dans le cadre d'une association d'intérêt collectif. Les forages sont de 300 m de profondeur et à un débit de 25 l/s (CRDA de Tozeur). L'irrigation se fait par submersion en cuvette à raison de 4 heures/ha une fois tous les dix jours. Donc ces parcelles reçoivent annuellement 13140 m<sup>3</sup>/ha.

Les résultats d'analyses des eaux d'irrigation des ces palmeraies sont illustrées dans le tableau 1.

**Tableau 1.** Caractérisation des eaux d'irrigation des trois sites.

	Palmeraie de	pH	CE (mS/cm)	Na (mg/l)	Mg (mg/l)	Ca (mg/l)	K (mg/l)	P (mg/l)
<b>Teneur</b>	Tozeur	7,76	4,72	397	11,77	202	20,93	1,7
	Degache	7,64	3,89	311	8,94	183	23,51	1,5
	Nefta	7,39	4,22	341	10,85	197	23,11	1,9
<b>Quantité apportée (kg/ha/an)</b>	Tozeur	-	-	-	154,7	2654,3	275,1	22,3
	Degache	-	-	-	118,2	2404,6	308,9	19,7
	Nefta	-	-	-	142,6	2588,6	303,7	25,0

Les palmiers dattiers choisis dans ces trois sites sont fertilisés en même temps par les mêmes quantités de fumures minérale et organique pour minimiser au maximum les variations des teneurs du végétal en éléments minéraux par la suite. La fumure minérale est basée sur le Super 45 (1,5 kg/pied), le sulfate de potasse (1 kg/pied) enfin l'ammonitrate (2 kg/pied) en deux apports, la moitié pendant le mois de novembre et le reste après la nouaison (mai).

La fumure organique consiste en un épandage uniformisé de 75 kg de fumier de bovin par pied. L'enfouissement a lieu pendant le labour (mars- avril) tous les trois ans. Pour les palmeraies choisies, l'épandage de fumier a été réalisé lors de la campagne précédente.

Un échantillon composite a été analysé en laboratoire afin de déterminer ses teneurs en quelques éléments fertilisants (Tableau 2).

**Tableau 2.** Caractérisation d'un échantillon composite de fumier apporté aux 3 sites.

	% MS	N	P	K	Ca	Mg
Teneur (mg/g MS)	86,7	1,75	2,36	12,5	47,6	2,8
Quantités apportées (kg/ha)	-	5,69	7,67	40,64	154,76	9,1

Ce calcul est approximatif car il considère des éléments totaux à l'état directement minéralisé et en négligeant la cinétique de la minéralisation de la MO.

L'essai a démarré dans les différents sites expérimentaux installés, au début de la saison pluvieuse. Les échantillons de sols et de racines de chaque palmier ont été prélevés à la tarière sur trois profondeurs : 0-30 cm, 30-60 cm et 60-90 cm et à différentes distances latérales du palmier dattier afin de mettre au point et d'évaluer une stratégie d'échantillonnage efficace.

Pour ce travail, différentes périodes d'échantillonnage de sol et de folioles sont faites à quatre stades phénologiques facilement identifiables :

\* Le premier échantillonnage a lieu au repos hivernal : il se situe au mois de janvier.

\* Le deuxième échantillonnage à la pollinisation : il se situe vers le mois d'avril.

\* Le troisième échantillonnage a lieu au virage des fruits : il se situe vers le mois de juillet

\* Le quatrième échantillonnage à la récolte : il se situe vers le mois de novembre.

Les échantillons des sols et des folioles sont prélevés aux mêmes dates, sur tous les palmiers choisis. Pour l'analyse du sol et du végétal, on se base dans ce travail sur la méthode générale d'analyses foliaires des plantes (Pauwels *et al*, 1992).

L'analyse statistique des résultats est réalisée grâce au logiciel STATISTICA version 5, Beaux *et al*. (1991). L'ensemble des mesures a fait l'objet d'une analyse de la variance à deux ou trois facteurs par le test F de Fisher pour vérifier l'hypothèse d'égalité des moyennes au seuil de risque de 5%. Elle est complétée par des comparaisons multiples des moyennes par le test de Newman et Keuls quand l'hypothèse d'égalité des moyennes est rejetée, selon Steel Robert et James (1980) et Dagnélie (1986).

### 3. Resultats et discussions

#### 3.1. Détermination de la texture de la composition granulométrique des sols des palmeraies

En général, les sols de trois sites choisis sont des sols limono-sableux (Tableau 1). Toutes les textures obtenues sont des textures grossières.

En effet, les trois sites se caractérisent par une teneur élevée en sable qui dépasse 50% alors que la plus faible teneur se trouve dans le sol de Tozeur. Ce dernier renferme la plus forte teneur en argile Alors que la plus faible teneur est enregistrée dans celui de Degache (Tableau 3).

**Tableau 3.** Texture et composition granulométrique des sols des palmeraies de Tozeur, Degache et Nefta.

Sols	Profondeur (cm)	%A	%L		%S	Texture (*) (U.S.A.)
			%Lf + %Lg			
Palmeraies de Tozeur	0 – 30	21,2 ±1.23	26,0 ±1.18		52,7 ±0.97	LAS
	30 – 60	17,7±1.02	22.1 ±1.34		60,2 ±1.16	LS
	60 – 90	9.0 ±0.31	30.4 ±1.92		60,5 ±0,87	LS
Palmeraies de Degache	0 – 30	16,0 ±1.17	28.3 ±1.64		55,7 ±0.67	LS
	30 – 60	10,5 ±0.71	24.8 ±1.15		64,7 ±2.12	LS
	60 – 90	6.0 ±0.26	31.7 ±2.02		62,3 ±1.13	LS
Palmeraies de Nefta	0 – 30	18,2 ±1.06	20.8 ±1.01		61,0 ±1.33	LS
	30 – 60	13,3 ±0.73	23.6 ±1.52		63,0 ±1.18	LS
	60 – 90	9,7 ±0.21	25.4 ±0.53		64,9 ±1.04	LS

(\*) LS : Limono-Sableuse LAS : limono-argilo-sableux Lf : Limon fin Lg : Limon grossier

#### 3.2. Détermination de quelques paramètres de fertilité (pH, CE, CEC et CaCO<sub>3</sub>) des sols des palmeraies

Les résultats des analyses chimiques (pH, calcaire et conductivité électrique) des sols prélevés au niveau des sites choisis au début de ce travail sont illustrés dans le tableau 4.

**Tableau 4.** Caractérisation des sols des palmeraies choisis (à Tozeur, à Degache et à Nefta) par certains paramètres de fertilité. (Les écarts-types sont indiqués entre parenthèses).

Sols	Profondeur (cm)	pH	CE		CEC		CaCO <sub>3</sub> %	
			Extrait 1/5 (mmhos/cm)		(meq/100g de sol)		Total	Actif
Palmeraies de Tozeur	0 – 30	8,8 ±0,02	7,4 ±0,12		5,3		12,7 ± 1,01	7,3 ±0,09
	30 – 60	8,7 ±0,05	5,3 ±0,01		4,8		12,5 ±1,17	8,1 ±0,38
	60 – 90	7,4 ±0,01	5,2 ±0,16		4,5		10,1 ±1,20	8,0 ±1,07
Palmeraies de	0 – 30	8,5 ±0,03	1,6 ±0,08		4,9		12,1 ±0,88	7,7 ±0,29

<b>Degache</b>	30 – 60	8,4 ±0,05	4,8 ±0,01	4,4	13,1 ±1,27	8,1 ±0,48
	60 – 90	7,9 ±0,08	7,6 ±0,22	4,0	12,2 ±1,30	8,0 ±0,75
<b>Palmeraies de Nefta</b>	0 – 30	8,7 ±0,02	2,2 ±2,03	5,0	13,5 ±0,49	8,5 ±0,39
	30 – 60	8,4 ±0,04	5,1 ±0,46	4,4	11,1 ±1,22	8,8 ±0,66
	60 – 90	8,0 ±0,00	12,0 ±1,40	4,5	10,5 ±1,07	7,3 ±0,60

### 3.3. Variation des teneurs en éléments minéraux et de la matière organique dans les sols des palmeraies

Les échantillons prélevés par saison sont analysés afin de déterminer les éléments minéraux azote (N), phosphore (P), potassium (K), calcium (Ca), magnésium (Mg), cuivre (Cu), zinc (Zn) et de la matière organique (MO). Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau 5.

- Le suivi de la variation de la teneur en azote (N), pour les palmeraies de Tozeur, de Degache et de Nefta, en fonction de saisons et des apports de l'ammonitrate (au mois de novembre et au mois de mai), montre que la migration de cet élément vers la profondeur est rapide. L'analyse des profils azotés (azote total) montre que cet élément est très mobile pour ces zones d'étude. Ce résultat est confirmé par ceux trouvés par Zougari *et al.* (2016).

Les teneurs en azote dans les palmeraies de Tozeur sont plus élevées que dans les autres palmeraies choisies. Ces résultats peuvent être expliqués par le pourcentage d'argile enregistré dans les palmeraies de Tozeur qui est plus élevé que pour les autres palmeraies. Donc le pouvoir fixateur du sol dépend généralement de sa teneur en argile.

**Tableau 5.** Evolution des teneurs en éléments minéraux et de la MO dans les sols des palmeraies de Tozeur, Degache et Nefta en fonction de la saison.

Variable		N (ppm)	P (ppm)	K (meq/ 100g sol)	Ca (meq/ 100g sol)	Mg (‰)	Cu (ppm)	Zn (ppm)	MO (%)
Tozeur	Hiver	0,132±0,00	19,23±1,21	0,92±0,04	5,86 ±0,13	7,3±0,10	0,43±0,06	2,9±0,46	1,47±0,12
	Printemps	0,045±0,01	19,35±2,41	0,94±0,10	5,43 ±0,10	7,2±0,13	0,31±0,01	4,1±0,04	0,88±0,02
	Eté	0,090±0,01	18,74±0,60	0,79±0,06	5,13±0,17	7,5±0,15	0,28±0,01	3,9±0,03	0,86±0,05
	Automne	0,082±0,00	18,31±1,18	0,68±0,03	5,13±0,27	7,6±0,10	0,28±0,01	3,4±0,13	0,75±0,03
Degache	Hiver	0,152±0,01	15,83 ±1,71	0,88±0,09	5,15±0,08	6,4±0,07	0,41±0,00	2,3±0,63	1,12±0,14
	Printemps	0,023±0,00	15,58±2,44	0,81±0,02	4,95 ±0,04	6,4±0,06	0,38±0,01	3,6±0,02	0,76±0,06
	Eté	0,074±0,00	15,34±0,51	0,82±0,10	4,74±0,24	6,8±0,12	0,36±0,01	3,1±0,02	0,81±0,04
	Automne	0,070±0,00	15,37±1,52	0,42±0,04	4,68±0,15	6,7±0,14	0,38±0,06	3,0±0,08	0,77±0,01
Nefta	Hiver	0,121±0,01	16,07±1,13	0,93±0,12	5,27 ±0,04	7,0±0,13	0,38±0,01	2,4±0,33	0,96±0,08
	Printemps	0,038±0,00	15,66±1,03	0,88±0,09	5,13 ±0,15	7,2±0,15	0,35±0,01	4,2±0,02	0,33±0,09
	Eté	0,070±0,00	15,68±0,88	0,81±0,05	5,23±0,27	7,2±0,09	0,34±0,03	4,0±0,12	0,78±0,08
	Automne	0,048±0,01	15,62±1,65	0,60±0,01	5,15±0,21	7,6±0,19	0,30±0,05	3,4±0,10	0,80±0,00

- D'après les résultats d'analyse présentés dans le tableau 5 on remarque que le phosphore (P) est peu mobile dans les sols des sites choisis. Toutefois les teneurs en phosphore assimilable (P) sont plus élevées dans les palmeraies de Tozeur. Ainsi ces teneurs varient de 15,24 ppm à 19,23 ppm. Si on considère un seuil critique de 25 ppm de phosphore assimilable (Zougari, 2001), tous ces profils du sol sont dits pauvres en P

- Les résultats d'analyse du potassium ne donnent pas une variation systématique. Les teneurs en potassium (K) les plus élevées sont enregistrées en général pendant l'hiver. Les teneurs en potassium dans les palmeraies de Tozeur sont plus élevées en comparaison avec celles des autres palmeraies choisies. Ceci est en relation avec la texture du sol. Ce résultat confirme ceux trouvés par Shaviv *et al.* (1985) qui ont montré que les sols à texture fine sont potentiellement plus riches en potassium alors les sols sablonneux sont généralement pauvres.

Dans ce contexte, Moughli (2000) a montré que le potassium échangeable dépend beaucoup de la CEC du sol. En général, il présente des valeurs élevées dans les sols à texture fine et plus basses dans les sols sableux et pauvres en matière organique. Cependant, les résultats de Moughli (2000) dans ce cas ne sont pas tous vérifiés.

- En général, les teneurs en calcium (Ca) décroissent faiblement de l'hiver à l'automne. Ces résultats sont aussi vérifiés pour les teneurs en phosphore assimilable des sols des palmeraies choisies (tableau 5). Dans ce cas l'antagonisme entre le phosphore et le calcium ne se vérifie pas. En effet, Javot *et al.* (2007) ont montré que plusieurs groupes d'organismes peuvent intervenir pour améliorer biologiquement l'absorption du P par la plantes.

- Les teneurs en magnésium (Mg) des échantillons du sol prélevés augmentent faiblement avec le temps (tableau 5). Ce résultat peut être expliqué par la quantité de magnésium apportée par l'eau d'irrigation.

- Les résultats d'analyse de cuivre (Cu) et de zinc (Zn) ne donnent pas une variation systématique (tableau 5).

La concentration du cuivre dans la solution du sol est jugée très faible (Moughli, 2000). Le cuivre est peu mobile dans le sol. Il en résulte que l'enrichissement du sol en cuivre est dû à l'apport de fertilisants et surtout limité aux couches supérieures du sol. Ce résultat confirme ceux trouvés par O'Brien (2009) qui a remarqué que plus de 98% de ce cuivre est associé à la matière organique. En fait, le cuivre est plus fortement lié à la matière organique que le sont d'autres cations d'oligoéléments et ces associations du cuivre jouent un rôle important dans la régulation de la mobilité et de la disponibilité du cuivre dans le sol. De ce fait, la relation cuivre-sol étant très forte.

- Les résultats d'analyse présentés dans le tableau 5 ont montré que les sols des palmeraies choisies, sont pauvres en matière organique (MO) (Généralement inférieur à 1%) (Veze, 1993). Ceci s'explique par la texture grossière des sols et les quantités de fumier qu'apportent les agriculteurs sur ces sols qui ont une faible fertilité chimique (Tableau 5).

Les résultats d'analyse de ces paramètres de fertilité (N, P, K, Ca, Mg, Cu, Zn et MO) ont montré que la date d'épandage des fumures organiques et minérales semble avoir un effet très remarquable sur cette distribution donc sur la migration des éléments minéraux dans le sol.

Ces résultats ont permis de proposer l'application bisannuelle de fumier qui est une excellente manière de maintenir la fertilité du sol et d'assurer une bonne productivité du palmier.

### 3.4. Etat nutritionnel du végétal

#### 3.4.1. Evaluation de l'état nutritionnel par l'analyse de la zone médiane de la palme médiane

Les résultats d'analyse des folioles des palmes effectués par Zougari (2004) ont permis de proposer le prélèvement des folioles de la zone médiane de la palme médiane dans le diagnostic foliaire. L'analyse des folioles de cette zone, pour différentes périodes (hiver, printemps, été et automne) est effectuée afin d'évaluer son état nutritionnel (Tableau 6).

**Tableau 6.** Evaluation saisonnière de l'état nutritionnel du palmier par l'analyse des folioles des zones médianes (palmeraies de Tozeur, de Degache et de Nefta).

Saison	Palmeraies de	N (‰)	P (‰)	K (%)	Ca (%)	Mg (‰)	Cu (ppm)	Zn (ppm)
Hiver	Tozeur	1,570 a	0,867 a	0,126 a	2,122b	1,210b	2,70 b	11,12b
	Degache	1,501 c	0,817 c	0,118ab	2,208a	1,330a	3,22 a	11,61a
	Nefta	1,542 b	0,844 b	0,108 c	2,180a	1,200b	2,98 b	11,48a
Printemps	Tozeur	1,584 a	0,811 a	0,111 a	2,280a	1,215b	3,12 ab	9,23 c
	Degache	1,517 c	0,758 b	0,102 a	2,220b	1,342a	3,23 a	9,78 b
	Nefta	1,566 b	0,765 b	0,097 a	2,230b	1,215b	2,87 b	10,05 a
Eté	Tozeur	1,612a	0,815 a	0,095 a	2,350a	1,227b	2,78 b	9,39 a
	Degache	1,574b	0,732 b	0,105 a	2,294b	1,366a	3,05 a	9,54 a
	Nefta	1,591b	0,726 b	0,093 a	2,376a	1,247b	2,71 b	9,72 a
Automne	Tozeur	1,486 a	0,788 a	0,089 a	4,142b	1,243b	3,17 a	11,69 a
	Degache	1,277 b	0,712 b	0,090 a	4,666a	1,397a	3,11 a	10,83 b
	Nefta	1,230 b	0,710 b	0,084 a	4,220b	1,258b	2,95 b	10,75 b

Les teneurs en N, P, K, Ca, Mg, Cu et Zn dans les folioles médianes des palmes médianes des palmiers dattiers choisis ont été étudiés pendant les quatre saisons.

Les teneurs en N, P et K diminuent avec le temps. Les teneurs moyennes de ces éléments nutritifs pour les quatre saisons sont échelonnées de 1,230 à 1,612 ‰ de N ; 0,710 à 0,867 ‰ de P et 0,084 à 0,126 % de K. Ce résultat est confirmé par ceux trouvés par Ibrahim et Hajaj Khalifa (1998). Par contre les teneurs en Ca augmentent au cours du temps, elles varient de 2,122% à 4,666% ce qui confirme les résultats de Reuther (1948) et (Bekr, 1972) qui ont montré que les feuilles âgées sont les plus riches en calcium (Ca) et que les teneurs en cet élément augmente progressivement avec l'âge de la palme.

Les teneurs en Mg, Cu et en Zn varient au cours du temps et elles n'ont pas un sens de variation précis. Les résultats des analyses statistiques obtenus (Tableau 7) concernant la nutrition minérale du palmier dattier en fonction des facteurs étudiés : palmeraie et saison, montrent qu'il y a des différences significatives entre les trois palmeraies et entre les dates d'échantillonnage pour les éléments minéraux étudiés. Il est aussi à noter que ces résultats confirment ceux avancés par Marchal (1984) sur la teneur en ces éléments minéraux.

**Tableau 7.** Résultats d'analyse statistique des teneurs des folioles de la région médiane de la palme médiane. Effet (saison, palmeraie).

	Variable	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Cu (ppm)	Zn (ppm)
Saisons	Automne	1,331 d	0,737d	0,088 d	4,343 a	1,299 a	3,077 a	11,090 b
	Hiver	1,538 c	0,843 a	0,117 a	2,171 d	1,247 d	2,967 b	11,403 a
	Printemps	1,556 b	0,778 b	0,103 b	2,243 c	1,257 c	3,075 a	9,687 c
	Eté	1,592 a	0,758 c	0,078 c	2,340 b	1,280 b	2,847 c	9,550 d
Palmeraies	Degache	1,467 c	0,755 c	0,104 a	2,847 a	1,359 a	3,153 a	10,440 b
	Nefta	1,482 b	0,761 b	0,095 b	2,752 a	1,230 b	2,878 c	10,500 a
	Tozeur	1,563 a	0,820 a	0,105 a	2,724 a	1,224 c	2,943 b	10,358 c

Les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de risque 5 % (Test Newman-keuls)

Il est aussi à noter que l'époque du prélèvement des échantillons agit sur les teneurs en éléments minéraux des feuilles du palmier dattier ce qui confirme les résultats de Marchal (1984) et Gautier (1993).

### 3.4.2. Evaluation des prélèvements annuels des éléments nutritifs du palmier dattier

Pour une campagne de production, les prélèvements annuels du palmier dattier ne se font pas seulement par les fruits, mais aussi par les spaths, les pédicelles et les palmes de l'année (palmes de la couronne supérieure).

Dans ce travail, on ne pourra pas tenir compte des racines et des stipes et on estimera ces prélèvements sur la base des palmes et des régimes produits.

#### \* Evaluation des prélèvements des éléments nutritifs dans les palmes des couronnes supérieures

L'estimation des prélèvements des éléments nutritifs dans les palmes des couronnes supérieures, du palmier dattier a été effectuée par l'analyse des folioles des palmes ainsi que les rachis correspondants. L'estimation des prélèvements des palmes des couronnes supérieures, des éléments minéraux (N, P, K, Ca et Mg) est illustré dans le tableau 8.

**Tableau 8.** Quantités prélevées par les palmes supérieures (rachis et folioles) des 3 sites.

Palmeraie de		Poids (g de MS)	N (mg)	P (mg)	K (mg)	Ca (mg)	Mg (mg)
Tozeur	rachis	1476,3	220,7	1137,5	4837,4	2592,2	3783,1
	folioles	342,6	209,3	408,2	680,2	472,5	442,4
	palme entière	1818,9	430,0	1545,7	5517,6	3064,7	4225,6
Degache	rachis	1497,4	229,9	1159,0	4637,5	2536,6	4057,1
	folioles	341,6	209,3	412,9	714,3	462,7	452,3
	palme entière	1839,0	439,2	1571,9	5351,7	2999,3	4509,3
Nefta	rachis	1417,2	231,3	1088,6	4300,6	2195,6	3902,7
	folioles	341,6	205,7	413,1	1247,2	465,6	450,9
	palme entière	341,6	437,1	1501,6	5547,9	2661,1	4353,7

Pour toutes les palmeraies choisies les rachis des palmes des couronnes supérieures présentent les teneurs en N, P, K, Ca et Mg les plus élevées (tableau 8)

#### \* Evaluation des prélèvements des éléments nutritifs dans les régimes

Pour chaque palmeraie, les paramètres de rendement ont été mesurés, nombre de régimes, nombre de branchettes par régime, poids et nombre de fruits par régime (Tableau 9).

Tous ces paramètres sont presque égaux pour les trois sites choisis. Ce qui est lié au choix des palmeraies dès le début de l'expérience.

**Tableau 9.** Caractérisation des rendements des palmeraies

Palmeraie de	(R)	(B)	(F3)	(PF)	(NF)	(PS)	(PB)	(PFP)	(RD)
<b>Tozeur</b>	9	55	29	7,5	1595	576	469	108	16
<b>Degache</b>	9	60	25	7,4	1500	603	521	100	15
<b>Nefta</b>	9	59	23	7,5	1357	582	493	92	14

(R) : Nombre moyen de régimes/palmier

(B2) : Nombre moyen des branchettes/régime

(F) : Nombre moyen fruit/ branchette

(PF) : Poids moyen d'un fruit (g)

(NF) : Nombre moyen de fruits/ régime

(PS) : Poids moyen de la spath (g)

(PB) : Poids moyen des branchettes (g)

(PFP) : Poids moyen des fruits par palmier (kg)

(RD) : Rendement en fruits (t/ha)

#### \* Evaluation des prélèvements des éléments nutritifs dans le fruit

Le poids moyen d'une datte est de 7,5g pour la palmeraie de Tozeur et celle de Nefta alors qu'il est de 7,4g pour la palmeraie de Degache. Le poids moyen d'un noyau est de 0,81g ; 0,79g et 0,82g respectivement aux trois palmeraies. La pulpe représente aussi autour de 89% du poids de la datte ; ce résultat comparable à celui de Munier (1973), soit 6,69g pour la palmeraie de Tozeur, 6,61g pour la palmeraie de Degache et 6,68g pour la palmeraie de Nefta. Si on considère le poids d'une datte et le poids de la pulpe correspondante comme paramètre de qualité, les dattes des trois palmeraies ont presque la même qualité.

La connaissance de la composition en matière minérale de la pulpe de datte présente un grand intérêt pour une meilleure conduite de la culture du palmier dattier. En effet, elle intervient pour établir un bilan des éléments minéraux prélevés par le palmier après la récolte. Ce qui servira de base au calcul de la fertilisation minérale à envisager.

**Tableau 10.** Les quantités des éléments minéraux prélevées par les dattes des trois sites choisis dans la région du Djérid.

Palmeraie de	Eléments	Teneur (%)	Une datte (g)	Fruits régime (g)	Exp/ha kg d'élément exporté/T fruit	pu+no/palmier (g)	Exp/ha (kg)	kg d'élément exporté/T fruit	
Tozeur		Pulpe	1,66	8,88	14,17	127,53	150,44	22,6	1,393
		Noyau	1,97	1,60	2,55	22,91			
Degache	N	Pulpe	1,61	8,51	12,77	114,93	134,56	20,2	1,346
		Noyau	1,84	1,45	2,18	19,62			
Nefta		Pulpe	1,59	8,50	11,53	103,77	122,50	18,4	1,332
		Noyau	1,87	1,53	2,08	18,73			
Tozeur		Pulpe	0,12	0,64	1,02	9,22	19,34	2,9	0,179
		Noyau	0,87	0,70	1,12	10,12			
Degache	P	Pulpe	0,14	0,74	1,11	9,99	19,70	3,0	0,197
		Noyau	0,91	0,72	1,08	9,71			
Nefta		Pulpe	0,13	0,69	0,94	8,48	17,90	2,7	0,195
		Noyau	0,94	0,77	1,05	9,41			
Tozeur		Pulpe	6,54	35,00	55,83	502,45	539,66	80,9	4,997
		Noyau	3,20	2,59	4,13	37,21			
Degache	K	Pulpe	6,48	34,27	51,40	462,59	497,79	74,7	4,978
		Noyau	3,30	2,61	3,91	35,19			
Nefta		Pulpe	6,50	34,74	47,14	424,23	457,28	68,6	4,970
		Noyau	3,30	2,71	3,67	33,05			
Tozeur		Pulpe	2,21	11,83	18,87	169,79	185,37	27,8	1,716
		Noyau	1,34	1,09	1,73	15,58			
Degache	Ca	Pulpe	2,16	11,42	17,13	154,20	169,02	25,4	1,690
		Noyau	1,39	1,10	1,65	14,82			
Nefta		Pulpe	2,13	11,38	15,45	139,02	153,14	23,0	1,665
		Noyau	1,41	1,16	1,57	14,12			
Tozeur		Pulpe	3,22	17,23	27,49	247,39	248,08	37,2	2,297
		Noyau	0,06	0,05	0,08	0,70			
Degache	Mg	Pulpe	3,15	16,66	24,99	224,87	225,09	33,8	2,251
		Noyau	0,02	0,02	0,02	0,21			
Nefta		Pulpe	3,13	16,73	22,70	204,28	204,58	30,7	2,224
		Noyau	0,03	0,02	0,03	0,30			

Pour les dattes des trois palmeraies considérées, le taux d'humidité de la pulpe est de 30% (zougari, 2004). Pour une datte donnée, les teneurs en N et P sont plus grandes pour le noyau alors que celles en K, Ca et Mg sont plus élevées pour la pulpe et ceci pour les trois palmeraies (Tableau 10).

Aussi la pulpe prélève des quantités plus importantes que le noyau pour tous les éléments considérés à l'exception du P qui est prélevé en quantités quasi-équivalentes pour ces deux compartiments.

Les palmiers dattiers de la région de Tozeur exporte plus que les deux autres régions dans ses fruits pour tous les éléments considérés à l'exception du phosphore (P); ce résultat est expliqué par le rendement brut de la première (16,2 T/ha) qui est supérieure à celui de deux autres sites (15 T/ha à Degache et 13,8 T/ha à Nefta).L'évaluation d'un kg de noyau a été effectuée (Tableau 11).

**Tableau 11.** Evaluation de la valeur des noyaux de datte pour les trois sites en g d'élément/ kg de noyau.

Palmeraie de	N	P	K	Ca	Mg
Tozeur	1,97	0,87	3,2	1,34	0,06
Degache	1,84	0,91	3,3	1,39	0,02
Nefta	1,87	0,94	3,3	1,41	0,03

### \* Evaluation des prélèvements des éléments nutritifs dans les spaths et les pédicelles

Les poids moyens par régime de la spath et des pédicelles sont rassemblés dans le tableau 12.

**Tableau 12.** Poids moyens par régime de la spath et des pédicelles

	Spaths			Pédicelles		
	PF	PS	(PF-PS) /PF	PF	PS	(PF-PS) /PF
Tozeur	581	223	0.62	456	261	0.43
Degache	554	212	0.62	511	279	0.45
Nefta	568	231	0.59	473	245	0.48

Ces organes prélèvent une quantité non négligeable d'éléments minéraux dont on doit tenir compte dans le calcul des prélèvements du palmier dattier (Tableau 13).

Pour un même régime, les teneurs les plus élevées en éléments nutritifs (N, P, K et Ca) se trouvent toujours au niveau des spaths. L'inverse est remarqué pour le Mg.

**Tableau 13.** Evaluation des prélèvements des éléments nutritifs dans la spath et les pédicelles pour les trois sites.

		N	P	K	Ca	Mg
<b>Teneurs (mg/g MS)</b>	Spath(T)	1,37	0,40	20,11	3,13	0,09
	Pédicelles (T)	1,23	0,26	10,91	0,13	0,20
	Spath(D)	1,30	0,48	19,83	3,31	0,14
	Pédicelles (D)	1,16	0,23	11,05	0,09	0,27
	Spath(N)	1,25	0,48	20,18	3,16	0,15
	Pédicelles (N)	1,23	0,17	11,21	0,14	0,19
<b>Prélèvements (g)</b>	Spath(T)	0,31	0,09	4,48	0,70	0,02
	Pédicelles (T)	0,32	0,07	2,85	0,03	0,05
	Spath(D)	0,28	0,10	4,20	0,70	0,06
	Pédicelles (D)	0,32	0,06	3,08	0,03	0,08
	Spath(N)	0,29	0,11	4,66	0,73	0,03
	Pédicelles (N)	0,30	0,04	2,75	0,03	0,05

(T) : Tozeur ; (D) : Degache ; (N) : Nefta

### 3.4.3. Approche estimative des prélèvements pour un hectare de palmier dattier

Les prélèvements totaux pour un hectare de palmier dattier (palmes et régimes) de la variété «Deglet Nour» sont estimés (Tableau 14).

**Tableau 14.** Evaluation des prélèvements annuels de certains éléments nutritifs en kg/ha

Palmeraie		N	P	K	Ca	Mg
<b>Tozeur</b>	Spath	0,41	0,12	6,05	0,94	0,03
	Pédicelles	0,43	0,09	3,84	0,05	0,07
	fruit	22,57	2,90	80,95	27,81	37,21
	palmes sup	1,90	6,96	24,83	13,79	19,02
	total	25,31	10,07	115,67	42,59	56,33
<b>Degache</b>	Spath	0,37	0,14	5,68	0,95	0,08
	Pédicelles	0,44	0,09	4,16	0,03	0,10
	fruit	20,18	2,95	74,67	25,35	33,76
	palmes sup	2,00	7,07	24,08	13,50	20,29
	total	22,99	10,25	108,59	39,83	54,23
<b>Nefta</b>	Spath	0,39	0,15	6,29	0,99	0,05
	Pédicelles	0,41	0,06	3,71	0,05	0,06
	fruit	18,38	2,68	68,59	22,97	30,69
	palmes sup	2,00	6,76	24,97	11,98	19,59
	total	21,18	9,65	103,56	35,99	50,39

Sup : supérieure

Les fruits prélèvent des quantités plus importantes que les spaths, les pédicelles et les palmes supérieures pour tous les éléments considérés à l'exception du phosphore (P) (Tableau 14).

### 3.4.4. Comparaison entre les apports et les prélèvements annuels

Par ailleurs, les moyennes des apports effectués aussi bien par les engrais minéraux que par les eaux d'irrigation (Tableau 1) et le fumier (Tableau 2) ont été récapitulées au tableau 15 en calculant les apports bruts totaux mais aussi les apports totaux efficaces.

**Tableau 15.** Récapitulation des moyennes des apports annuels de certains éléments minéraux.

N		P		Kg/ha K		Ca		Mg	
(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)
106,2	31,8	74,5	22,3	398,8	119,6	2703,9	811,2	147,6	44,3

(1) : Apport brut (2) : Apport efficace

En effet, le sol des palmeraies choisies étant sableux à grande perméabilité, les quantités d'eau d'irrigation apportées par submersion sont, en grande partie, perdues. Un coefficient d'efficacité de 0,3 a été adopté (Zougari, 2004).

En outre, les trois sites ont une faible capacité d'échange cationique (CEC) donc un faible réservoir chimique pour retenir les cations. L'hypothèse du même coefficient de perte par lixiviation pour les éléments N, K, Ca et Mg a été retenue. Pour le P, les pertes peuvent être par rétrogradation ou par lixiviation, le même coefficient a été adopté pour la somme de ces processus. Les apports totaux efficaces sont calculés comme suit :

$$\text{Apport efficace} = \text{Apport brut} \times 0,3$$

**Tableau 16.** Récapitulation des moyennes des prélèvements annuels de certains éléments minéraux en kg/ha.

N	P	K	Ca	Mg
23,16	9,99	109,27	39,47	53,65

La comparaison de ces «apports efficaces» avec les prélèvements de l'année (Tableau 16) (régimes et palmes de l'année) permet de dire que pour les palmeraies choisies et à l'exception du Mg, ces apports sont supérieurs aux prélèvements calculés.

Toutefois, une réserve à cette remarque est à faire. En effet, dans les prélèvements de l'année, ceux faits par le stipe, le « Lif », les racines et les pétioles n'ont pas pu être comptabilisés. Leur prise en compte donnerait probablement des conclusions de bilan négatif avec des apports inférieurs aux prélèvements.

#### 4. Conclusion

Les sols des sites choisis dans la région de Djérid ont une texture grossière et se caractérisent par leur alcalinité (pH>7) et une faible capacité d'échange cationique (CEC). Ces sols sont caractérisés par une faible teneur en matière organique, (MO<1% ) ce qui est influencé par le climat aride de la région étudiée. Aussi les faibles teneurs en azote et en phosphore, causées par la nature du sol limite la production des palmiers dattier.

Les eaux d'irrigation constituent une richesse naturelle non seulement sur le plan de l'alimentation hydrique mais aussi en tant que source au niveau de l'alimentation minérale du palmier dattier. Ces eaux d'irrigation apportent des quantités non négligeables en Ca, Mg et K dépassant même celles apportés par le fumier. Ces quantités aident à améliorer l'état nutritionnel du palmier dattier.

La comparaison des apports efficaces avec les prélèvements de l'année estimés, nous permettent de formuler l'hypothèse qu'il y a d'autres facteurs (climat, techniques culturales, présence de micro-organismes bénéfiques qui existent naturellement dans le sol, ...) qui agissent sur l'amélioration de la fertilité des sols et de la nutrition minérale du palmier dattier.

En vue d'adapter les apports de fertilisants aux prélèvements du palmier dattier dans la grande diversité des situations de sols et d'oasis, il y a lieu de mieux connaître la biologie du sol et de l'étudier afin d'améliorer l'état nutritionnel du palmier dattier responsable des rendements en quantité et en qualité. C'est l'objet de la fertilisation raisonnée qui vise à ajuster les apports aux besoins du palmier dattier et à son stade de développement afin d'obtenir des fruits de qualité et d'assurer une bonne rentabilité économique.

## 5. References bibliographiques

- Beaux M.F., Gouet H., Gouet J.P., Morghem P., Philippeau G., Tranchefort J. et Verneau M. 1991.** Manuel d'utilisation du Logiciel STATITCF. Imprimerie Institut Technique des Céréales et des Fourrages. France.
- Bekr A. 1972.** The Date Palm: A review of its past and present status; and the recent advances in its culture, industry and trade. Al-Ani Press, Baghdad, Iran. 1085 p.
- Dagnelie P. 1986.** Théorie et méthodes statistiques. Applications agronomiques. Gembloux, Presses agronomiques, Belgique. 451 p.
- Gautier C. 1993.** A satellite-derived climatology of the ITCZ, *Journal of climate*, 6: 2162-2174.
- Javot H., Pumplin N. et Harrison M. 2007.** Phosphate in the arbuscular mycorrhizal symbiosis: transport properties and regulatory roles. *Plant Cell Environ.* 30: 310–312.
- Marchal, J. 1984.** Palmier dattier. In. *L'analyse végétale dans le contrôle et l'amélioration des plantes*. Ed. Lavoisier, 458-471 pp.
- Moughli L., 2000.** Les engrais minéraux : caractéristiques et utilisations. Ed. Institut Ag ronomique et Vétérinaire Hassan II, Maroc. 40p.
- Munier P. 1973.** Culture de palmier dattier. Ed. Maisonneuve et Larose, Paris. 221p.
- Mzalli M.T., Lasram M., et Rhouma A. 2002.** L'arboriculture fruitière en Tunisie. Les arbres à noyau et le palmier dattier. Ed. ORBIS Impression, Tunis. 236 p.
- O'Brien M.J., Gomola C.E. et Horton T.R. 2011.** The effect of forest soil and community composition on ectomycorrhizal colonization and seedling growth. *Plant Soil* 341: 321-331.
- Pauwels J.m., Van Ranst E., Verloo M. et Mvondo Z.A. 1992.** Méthodes d'analyses d'éléments majeurs dans la plante. Manuel de laboratoire de pédologie : Méthodes d'analyses des sols et des plantes. Equipement, gestion des stocks de verrerie et produits chimiques. Publications agricoles. AGCD, Bruxelles. 265 p.
- Plenchette C., Clermont-Dauphin C., Meynard J.M. et Forlin J.A. 2005.** Managing arbuscular mycorrhizal fungi in cropping systems. *Cano J. Plant Sci.* 85: 31-40.
- Reuther W. 1948.** The mineral composition of date palm foliage. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 51: 137-144.
- Shaviv, A., M. Mohsin, P. F. Pratt, and S. V. Mattigod. 1985.** Potassium fixation characteristics of five southern California soils. *Soil Science Society of America Journal* 49: 1105–09.
- Steel Robert G. D. and Torrie J. H. 1980-** Principles and procedures of statistics. A biometrical approach. McGraw-Hill Book. Company. New York, USA.
- Vez A. 1993.** La fertilisation des arbres fruitiers, Kiwis et des arbustes à baies. *Revue Suisse de viticulture, Arboriculture, Horticulture.* 25 : 189-199.
- Zougari, B. 2001.** Fertilisation du palmier dattier. Projet de fin d'étude. Ecole Supérieure d'Agriculture du Kef, Tunisie 74p.
- 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 Tunisie, Tunis. 104 p.
- Zougari, B. 2014.** Impact des mycorhizes sur la nutrition minérale du palmier dattier (*Phoenix dactylifera*) dans la région du Jérid. Thèse de doctorat. Institut National Agronomique de Tunisie, Tunis. 150 p.
- Zougari, B. ; Issami, W. ; Sanaa, M. 2016.** Approche méthodologique de l'étude de la fertilité des sols des oasis tunisiennes de la région du Djérid. *Etude et gestion des sols*, 23 : 163-171.