



Université Mohamed Khider de Biskra
Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences Agronomiques

MÉMOIRE DE MASTER

Science de la Nature et de la Vie
Sciences Agronomiques
Spécialité : Hydro-pédologie

Réf. : Entrez la référence du document

Présenté et soutenu par :
Ben yahia Abir

Le : dimanche 24 juin 2018

Contribution à l'étude de l'effet de la fertilisation
potassique fractionnée sur la qualité de la datte
Deglet-Nour (Cas des oasis des Ziban)

Jury :

Titre : Melle HIOUANI . F	M.C.A . Université de Biskra	Président
Titre : Mr BEENSMAN . B	M.A.A . Université de Biskra	Rapporteur
Titre : Mr KHECHAI . S	M.A.A . Université de Biskra	Examineur

Année universitaire : 2017 - 2018

Remerciement

قال الله تعالى " لئن شكرتم لأزيدنكم "

قال رسول الله صلى الله عليه وسلم " لا يشكر الله من لا يشكر الناس "

D'abord les plus forts de mes remerciements sont pour mon Dieu «**ALLAH**» le tout puissant, de m'avoir guidé et m'avoir accordé la force et la patience pour réaliser ce travail.

Au terme de ce présent travail,...

J'adresse tout d'abord mes remerciements les plus sincères, Mr Khechai. Salim, qui a très volontiers accepté d'être le promoteur de ce projet. Sa grande connaissance dans le domaine, ainsi que son expérience, ont joué un rôle important dans la conception de ce travail.

Je remercie également les membres du jury, Pour avoir donné de leur temps et de leur énergie afin de suivre les étapes de mon travail.

Mes remerciements vont aussi à tous mes enseignants du Département D'Agronomie.

Mes remerciements vont également à tous ma promotion de l'année 2017 surtout les proches.

Merci à tous et toutes.

DEDICACE

Je dédie ce modeste travail à :

Mon père : pour ce encouragement

Ma mère : pour sa patience

Les deux êtres les plus chères au monde pour toute leur tendresse et les sacrifices

Consentis à mon éducation et ma formation et qui n'ont d'égal que le témoignage

De la profonde reconnaissance.

A tout mes chères frères, Imed El Dine, Housseem El Dine, El Mouâtez Belleh.

Et me cher sœur Douâ

*Toute ma famille élargie grands et petits ;
Tous nos enseignants ;*

*A ma chère cousine ;
Noussa et Widad ;*

*A mes chères collègues et amis sans exceptions de section d'Agronomie
2017/2018.*

A mes chères amis :

*Kisrane Aicha ; Mezghiche Nissrine ; Boulif Nassima ; Kessibi leila ;
Hananou Kamir ; Zoubiri Lamia ; Ouahab Houria. Kisrane khadidja*

ABIR BEN YAHIA

LISTE DES FIGURES

Numéro	Titre	Page
Figure 1	Carence en potassium chez des poinsettias.	22
Figure 2	Carence en Potassium Chez La Tomate.	22
Figure 3	Aspect brillant Chez la Pomme de Terre.	23
Figure 4	Aspect Métallique Chez la Pomme de Terre.	23
Figure 5	Stade Loulou.	25
Figure 6	Stade Khlel.	25
Figure 7	Stade Bser.	26
Figure 8	Stade Bleh.	26
Figure 9	Stade Tmer.	27
Figure 10	Teneurs des palmes en Ca^{++}	50
Figure 11	Teneurs des palmes en Mg^{++}	51
Figure 12	Teneurs des palmes en Na^{+}	51
Figure 13	Teneurs des palmes en K^{+}	52
Figure 14	Teneurs des dattes en Ca^{++}	53
Figure 15	Teneurs des dattes en Mg^{++}	53
Figure 16	Teneurs des dattes en Na^{+}	54
Figure 17	Teneurs des dattes en K^{+}	54
Figure 18	Teneurs des dattes en sucres totaux.	55
Figure 19	Teneurs des dattes en eaux	55
Figure 20	Consistance des dattes	56

LISTE DES TABLEAUX

numéro	Titre	Page
1	teneur en sucres de quelque variété des dattes Algériennes.	2
2	teneur en eau de quelques variétés de dattes de la région Fliache (Biskra).	3
3	teneur en sucres de quelques variétés de dattes algériennes de la région des Zibans, en % de matière sèche .	4
4	composition moyenne en acides aminés de la datte sèche .	5
5	Composition en acides gras de la datte Deglet –Nour, e n % de matière grasse.	6
6	Composition minéral de quelques variétés de dattes molles (mg/100g).	7
7	Composition vitaminique moyenne de la datte sèche.	7
8	Teneur en composés phénoliques de quelques variétés de dattes algériennes.	8
9	Composition biochimique des noyaux de dattes Irakiennes.	10
10	Caractéristiques de quelques ions chimiques.	11
11	Teneur du K des minéraux silicatés	12
12	Niveau de fertilité des sols en K ⁺	14
13	Niveau de fertilité des sols	16
14	<i>Classes d'état de saturation des sols.</i>	16
15	Composition chimique du sol 1.	45
16	Composition chimique du sol 2.	46
17	Composition chimique du sol 3.	46

18	Composition chimique du sol 4.	47
19	. Composition chimique du sol 5.	48
20	.Composition chimique du sol 6.	48
21	Composition chimique du sol 7.	49

Liste D'abréviations

C.E.C : La capacité d'échange cationique.

Ce : concentration de l'extrait.

CE : la conductivité électrique.

CRSTRA : Centre de Recherche Scientifique et Techniques sur les Régions Aride.

ITDAS : Institut technique du développement de l'agronomie saharienne.

MO : Matière organique.

Ms : matière sèche.

RE : rapport d'extraction.

Sommaire.

Remerciement

Dédicace

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste d'abréviations

Introduction générale

PREMIERE PARTIE : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE.

Chapitre I : Généralités sur les critères de qualité des dattes

I.1. Description de la datte	1
I.2. Variétés de dattes.....	1
I.3. Classification des dattes.....	1
I.4. Composition biochimique de la datte.....	2
I.4.1. Composition biochimique de la partie comestible "Pulpe".....	2
I.4.1.1. Eau.....	3
I.4.1.2. Sucres.....	3
I.4.1.3. Les acides aminés.....	4
I.4.1.4. Acides gras	5
I.4.1.5. Eléments minéraux.....	6
I.4.1.6. Vitamines.....	7
I.4.1.7. Fibres	8
I.4.1.8. Composés phénoliques.....	8
I.4.1.9 : Protéines.....	9

I.4.1.10. Lipides.....	9
I.4.1.11. Enzymes.....	9
I.4.1.12. Composés mineurs.....	10
I.4.2 : Composition biochimique de la partie non comestible "Noyau ".....	10

Chapitre II : Généralités sur fertilisation.

II.1. Propriétés chimiques du potassium.....	11
II .2. Origine du potassium.....	11
II.2.1.Potassium des minéraux silicatés.....	12
II .2.2. Potassium échangeable.....	12
II .2.3. Potassium rétrogradé.....	13
II.2.4.Potassium associé aux matières organiques.....	13
II .2.5. Engrais potassiques.....	13
II .3. Teneur du sol en potassium total.....	14
II .4. Concepts de capacité, intensité et pouvoir tampon potassiques des sols.....	15
II .5. Critères d'évaluation de la richesse des sols en potassium.....	15
I .5.1. C.E.C	15
II .5.2.Taux de saturation.....	16
II .5.3. Potassium échangeable.....	16
II .6. Dynamisme et disponibilité du potassium dans le sol.....	16
II .7 .Facteurs de disponibilité du potassium dans le sol.....	17
II .8. Rôles du potassium dans le fonctionnement métabolique de la cellule végétale.....	18
II .9. Alimentation des plantes en potassium.....	20
II .9.1. Pompe sodium-potassium ou $\text{Na}^+ - \text{K}^+$ ATPase.....	20
II .9.2. Phénomène d'antagonisme.....	21
II .9.3. Phénomène de synergie.....	21

II .10. Carence et toxicité potassique.....	21
---	----

DEUXIEME PARTIE : PARTIE EXPERIMENTAL.

Chapitre III : Matériels et Méthodes.

III.1. Matériel végétal	24
III. 2. Dispositif expérimental.....	24
III. 3.Stades de maturité de la datte.....	24
III. 4. Échantillonnage.....	27
III.4.1. Prélèvement des dattes.....	27
III.4.2. Prélèvement des palmes.....	27
III.4.3. Sols.....	27
III.5 .Analyses de laboratoire.....	27
III. 5.1. Analyse des dattes.....	28
III. 5.1.1. Analyses biochimiques des dattes.....	28
III. 5.1.1.1. Détermination de PH.....	28
III. 5.1.1.2. Détermination de la conductivité électrique (CE).....	29
III. 5.1.1.3. Teneur en eau.....	29
III. 5.1.1.4. Dosage des sucres totaux.....	29
III. 5.1.1.5. Dosage des sucres réducteurs.....	30
III.5.1.1.6. Teneur en saccharose.	31
III. 5.1.1.7. Dosage de l'acidité.....	31
III. 5.1.1.8. Détermination de la teneur en cendres.....	32
III. 5.2. Analyses chimiques des palmes et des dattes.....	33

III. 5.2.1. Dosage du Calcium et Magnésium.....	33
III. 5.2.2. Dosage du Phosphore.....	35
III. 5.2.3. Dosage des Nitrates.....	37
III. 6. Analyses du sol.....	39
III. 6.1.Dosage du Cl^-	40
III. 6.2.Bicarbonates HCO_3^-	41
III. 6.3.Dosage des sulfates (SO_4^{2-}).....	41
III. 7. Mesure de la capacité d'échange cationique.....	43
III.8. Chlorure de sodium (1000ppm).....	44
III.9. Chlorure de potassium (1000ppm).....	44

Chapitre IV : Résultats et Discussion.

IV.1.Etude des propriétés des sols.....	45
IV.1.1. Sol du palmier 1 (palmier témoin).....	45
IV.1.2 .Sol du palmier 2.....	45
IV.1.3.Sol du palmier 3.....	46
IV.1.4.Sol du palmier 4.....	47
IV.1.5.Sol du palmier 5.....	47
IV.1.6. Sol du palmier 6.....	48
IV.1.7. Sol du palmier 7.....	49
IV.2.Composition minérale des palmes.....	50

IV.2.1. Teneurs des palmes en calcium.....	50
IV.2.2. Teneurs des palmes en magnésium.....	51
IV.2.3. Teneurs des palmes en sodium.....	51
IV.2.4. Teneurs des palmes en potassium.....	52
IV.3.Composition minérale des dattes.....	52
IV.3.1. Teneurs des dattes en calcium.....	52
IV.3.2. Teneurs des dattes en Magnésium.....	53
IV.3.3. Teneurs des dattes en sodium.....	54
IV.3.4. Teneurs des Dattes en potassium.....	54
IV.4.Composition biochimique des dattes.....	55
IV.4.1. Teneurs des dattes en Sucres Totaux.....	55
IV.4.2. Teneurs en eaux des dattes.....	55
IV.4.3.Evaluation de la consistance des dattes (Sucres totaux / humidité).....	56

Conclusion générale

Références bibliographiques

Annexes

Résumé

Introduction

Le potassium (K) est un élément minéral majeur pour le développement et la croissance des plantes. Sur le coton, il permet l'obtention d'un bon rendement et d'une fibre de qualité **(Kerby et Adams, 1985; Cassman et al. 1989)**. Sur les céréales également, une fertilisation potassique permet une augmentation du rendement et de la qualité des graines. En effet, le potassium en augmentant la résistance des plants aux maladies et en favorisant la synthèse et le transport des produits de l'assimilation des feuilles vers les graines, augmente ainsi le poids de mille grains et donc les rendements. **(Ouedraogo, 2013)**. En effet, les quantités insuffisantes en cet élément affectent la croissance et le rendement. En revanche, un excès de potassium peut accroître le risque de carence en magnésium **(Mpika et al, 2015)**.

Selon **Magny et Baur, (1990); Denis, (2000)**, le potassium joue deux rôles fondamentaux: un rôle d'activateur enzymatique dans les processus métaboliques tels la synthèse des protéines et des sucres et un rôle physiologique à travers la régulation de la teneur des eaux des cellules et l'absorption des cations.

La différenciation entre les formes de potassium dans le sol est fondée sur leur disponibilité vis-à-vis des plantes. Cependant, des modèles conceptuels de compartiments de potassium ont été mis au point par certains auteurs **(Loué, 1977 ; Mhiri, 2002)**: le potassium échangeable et soluble dans la solution du sol représentent la forme facilement accessible aux plantes, le potassium des minéraux silicatés et le potassium rétrogradé dans les surfaces des argiles **(Boyer, 1973)**. Selon **Mrechedal et al, (2016)**, le potassium de constitution des édifices cristallins des argiles représentent plus de 95 % du potassium total des sols argileux.

Ainsi, La dynamique du potassium dans le sol obéit à un ensemble de processus (dissolution, altération, échange, fixation) qui commandent son passage d'un compartiment à un autre ou d'un horizon à un autre (lixiviation, remontée capillaire) et l'absorption racinaire **(Mhiri, 2002)**.

En effet, de nombreuses travaux ont fait l'objet de l'effet de la fertilisation potassique sur la production des cultures **(Far, 2014 ; Mpika et al, 2015 ; Clemente , Martinaz ,Alves, 2015)**. De même de nombreuses études ont évalué la composition des dattes en potassium **(Ahmed and al, 1995 ; Ali Mohamed and Khamis, 2004 ; Al-Kharusi and al ,2009; Baliga and al, 2010; Marzouk and Kassem, 2011 ; Khalid and al ,2017)**. Cependant peu

d'études été consacré à l'étude de l'effet de l'apport potassique sur la composition minérale et biochimique de ces fruits.

Dans ce contexte, le but de ce travail consiste à examiner l'effet de la fertilisation potassique fractionnée appliquée à différents stades de maturité sur la qualité de la datte Deglet-Nour.

Chapitre I

Généralités sur les critères de qualité des dattes

I.1. Description de la datte

La datte, fruit du palmier dattier, est une baie, généralement de forme allongée, ou Arrondie. Elle est composée d'un noyau ayant une consistance dure, entouré de chair.

La partie comestible de la datte, dite chair ou pulpe, est constituée de:

- ✓ un péricarpe ou enveloppe cellulosique fine dénommée peau.
- ✓ un mésocarpe généralement charnu, de consistance variable selon sa teneur en sucre et Est de couleur soutenue.
- ✓ un endocarpe de teinte plus claire et de texture fibreuse, parfois réduit à une membrane Parcheminée entourant le noyau (**Espiard, 2002**).

Les dimensions de la datte sont très variables, de 2 à 8 cm de longueur et d'un poids de 2 à 8 Grammes selon les variétés. Leur couleur va du blanc jaunâtre au noir en passant par les couleurs ambres, rouges, brunes plus ou moins foncées (**Djerbi, 1994**).

I.2. Variétés de dattes

Les variétés de dattes sont très nombreuses, seulement quelques une ont une Importance commerciale. Elles se différencient par la saveur, la consistance, la forme, la Couleur, le poids et les dimensions (**Djerbi, 1994 ; Buelguedj, 2001**). En Algérie, il existe plus de 940 cultivars de dattes (**Hannachi et al., 1998**). Les principales variétés cultivées sont :

- **La Deglet-Nour** : Variété commerciale par excellence. C'est une datte demi-molle, Considérée comme étant la meilleure variété de datte du fait de son aspect, son on tu sité et sa saveur. A maturité la datte est d'une couleur brune ambrée avec un épicarpe lisse légèrement plissé et brillant, le mésocarpe présente une texture fine légèrement fibreuse (**Boudrar et al., 1997 ; Kendri, 1999**).

- **Les variétés communes** : Ces variétés sont de moindre importance économique par rapport à *Deglet-Nour*. Les variétés les plus répandues sont : Ghars, Degla-Beïda et Mech-Degla (**Kendri, 1999 ; Masmoudi, 2000**). (**Ben abbes F, 2011**).

I.3. Classification des dattes

Selon **BALIGA et al., (2011)**, la classification des dattes peut être basée sur la forme, La texture et les propriétés organoleptiques de la datte. D'après **BOOIJ et al. (1992)**, Il Existe trois catégories de dattes : molles, demi molles et sèches.

- **Dattes molles** : leur teneur en eau est supérieure à 30%, elles sont principalement Composées de sucres réducteurs : glucose et fructose
- **Dattes demi –molles** : leur teneur en eau varie entre 20 à 30 %, elles sont riches en Saccharose.
- **Dattes sèches** : leur teneur en eau est moins de 20 %, elles sont à base de saccharose (Nagoudi D., 2014)

Tableau 1 : teneur en sucres de quelque variétés des dattes Algériennes (Belguedj, 2002).

Constituant par rapport à la matière sèche (%)	Type de datte					
	Molle		Demi-molle		Sèche	
	Ghars	Tinicine	Deglet- Nour	Tafazoiune	Degla- Beida	Mech – Degla
Sucres totaux	85,28	54,30	71,37	56,90	74	80,07
Sucres réducteurs	80,68	48	22,81	47,70	42	20
Saccharose	04,37	05,30	46,11	8,74	30,36	51,40

(Zidani, 2009).

I.4. Composition biochimique de la datte

I.4.1. Composition biochimique de la partie comestible "Pulpe"

La datte est constituée de deux parties, une qui est comestible, représentée par la pulpe (Mésocarpe) ; et l'autre, non comestible, qui est le noyau, ayant une consistance dure. Ce dernier représente 10 à 30% du poids de la datte, il est constitué d'un albumen protégé par une enveloppe cellulosique. Selon **Estanove (1990)**, la datte se compose essentiellement d'eau, de sucres réducteurs « glucose et fructose » et de sucres non réducteurs, « saccharose ». Les constituants non glucidiques représentent les protides, les lipides, la cellulose, les cendres (sels minéraux), les vitamines et les enzymes.

I.4.1.1. Eau

La teneur en eau est en fonction des variétés, du stade de maturation et du climat. Elle varie entre 8 et 30% du poids de la chair fraîche avec une moyenne d'environ 19% (Noui, 2007).

Tableau 2 : teneur en eau de quelques variétés de dattes de la région Fliache (Biskra), en % (Noui, 2007)

Variétés	Consistance	Teneur en eau
Deglet –nour	Demi -molle	22,60
Mech – degla	sèche	13,70
Ghars	Molle	25,40

I.4.1.2. Sucres

Les sucres sont les constituants majeurs de la datte. L'analyse des sucres de la datte a révélée essentiellement la présence de trois types de sucres : le saccharose, le glucose et le fructose (Estanove ,1990 ; Acourene et Tama, 1997). Ceci n'exclut pas la présence d'autres sucres en faible proportion tels que : le galactose, le glucose et le sorbitol (Favier et al., 1993 ; Siboukeur, 1997).

La teneur en sucres totaux est très variable, elle dépend de la variété et du climat. Elle varie entre 60 et 80 % du poids de la pulpe fraîche (Siboukeur, 1997).

Le tableau montre la teneur en sucres dans les dattes, signalons une grande variabilité des teneurs pour le saccharose et les sucres réducteurs. La teneur en saccharose varie entre 0,8 et 52,4 %, celle des sucres réducteurs est de 20 à 94 % de matière sèche.

Tableau 3: teneur en sucres de quelques variétés de dattes algériennes de la région des Zibans, en % de matière sèche (**Acourene et Tama., 1997**).

Variétés	Consistance	Sucres totaux	Saccharose	Sucres réducteurs
Chars	Molle	87,42	5,00	82,12
Tantboucht		79,80	0,90	78,80
Deglet-zibane		84,00	2,45	81,45
Ltima	Demi –molle	78,51	4,29	73,40
Safraia		79,00	1,31	77,61
El- ghazi		94,90	0,80	94,00
Mech-degla	Sèche	75,10	52,40	20,00
		72,30	40,55	36,80
Kenta		82,46	50,00	29,86
Horra				

I.4.1.3. Les acides aminés

Les dattes sont caractérisées par une faible teneur en protéines (tableau 4) .elle varie entre 0,38 et 2,5 % du poids sec. Malgré cette faible teneur, les protéines de la datte sont équilibrée qualitativement (**Yahiaoui, 1998**).

Tableau 4 : composition moyenne en acides aminés de la datte sèche (**Favier et al., 1993**).

Acides aminés	Teneur de la pulpe, en mg/100g
Isoleucine	64
Leucine	103
Lysine	72
Méthionine	25
Cystine	51
Phénylalanine	70
Tyrosine	26
Thréonine	69
Tryptophane	66
Valine	88
Arginine	68
Histidine	36
Alanine	130
Acide aspartique	174
Acide glutamique	258
Glycocolle	130
Proline	144
Sérine	88

I.4.1.4. Acides gras

La datte renferme une faible quantité de lipide. Leur taux varie entre 0,43 et 1,9 % du poids frais (**Djouab, 2007**). Cette teneur est en fonction de la variété et du stade de maturation.

Selon **Yahiaoui (1998)**, la teneur en lipides passe de 1,25% au stade hababouk à 6,33% au stade Kimiri (tableau 5). Cette teneur diminue progressivement au stade routab pour atteindre une valeur de 1,97% de matière sèche au stade tamar

Tableau 5 : Composition en acides gras de la datte Deglet –Nour, En % de matière grasse

Acides gras	Teneur en % de matière grasse
Acide linolénique (C18 :3)	12,30
Acide linoléique (C18 :2)	11,47
Acide oléique (C18 :1)	10,74
Acide stéarique (C18 : 0)	10,47
Acide palmitique (C16 : 0)	7,89
Acide myristique (C14 : 0)	8,66

(Source : Yahiaoui, 1998)

I.4.1.5. Eléments minéraux

L'étude de 58 variétés de dattes ; cultivées dans la région Ziban ; faite par **Acourene et al., (2001)**, montre que le taux de cendres est compris entre 1,10 et 3,69 % du poids sec. La datte est l'un des fruits les plus riches en élément minéraux essentiellement le potassium, le magnésium, le phosphore et le calcium.

Le tableau ci-dessous, donne la teneur en éléments minéraux de quelques variétés de dattes molles algériennes.

Tableau 6 : Composition minéral de quelques variétés de dattes molles (mg/100g)

Éléments minéraux	Variétés		
	Chars	Tanslit	Litm
Potassium (K)	664	435	452
Chlore (Cl)	256	176	157
Calcium (Ca)	80,50	60,10	61,20
Magnésium (Mg)	17,38	20,61	20,20
Fer (Fe)	2,03	0,83	1,30
Sodium (Na)	2,03	0,83	1,30
Cuivre (Cu)	1,92	0,99	1,10
Manganèse (Mn)	2,10	1,20	1,50

(Source : Siboukeur, 1997)

I.4.1.6. Vitamines

En général, la datte ne constitue pas une source importante de vitamines. La fraction vitaminique de la datte se caractérise par des teneurs appréciables de vitamines du groupe B (tableau 7). Ce sont des précurseurs immédiats des coenzymes indispensables à presque toutes les cellules vivantes et jouent un rôle primordial (Vilkas, 1993).

Tableau 7: Composition vitaminique moyenne de la datte sèche (Favier et al, 1995)

Vitamines	Teneur moyenne pour 100g
Vitamine C	2,00mg
Thiamine (B ₁)	0,06mg
Riboflavine (B ₂)	0,10mg
Niacine (B ₃)	1,70mg
Acide pantothénique (B ₅)	0,80mg
Vitamine (B ₆)	0,15mg
Folates (B ₉)	28,00µg

I.4.1.7. Fibres

La datte est riche en fibres, elle en apporte 8,1 à 12,7 % du poids sec (**Al-Shaib et Marshall, 2002**). Selon **Benchabane (1996)**, les constituants pariétaux de la datte sont : la pectine, la cellulose, l'hémicellulose et la lignine.

Du fait de leur pouvoir hydrophile, les fibres facilitent le transit intestinal et exercent un rôle préventif des cancers colorectaux, des appendicites, de la diverticulose, des varices et des hémorroïdes. Elles ont également un effet hypocholestérolémiant (**Albert, 1998 ; Jaccot et Campillo, 2003**).

I.4.1.8. Composés phénoliques

La datte renferme des substrats dits composés phénoliques (**Mansouri et al., 2005**).

Tableau 8 : Teneur en composés phénoliques de quelques variétés de dattes algériennes (**Mansouri et al ., 2005**)

Variétés	Teneur en mg /100g du poids frais
Tazizaout	2,49
Ougherouss	2,84
Akerbouche	3,55
Tazarzait	3,91
Tafiziouine	4,59
Deglet –Nour	6,73
Tantbouchte	8,36

L'analyse qualitative des composés phénoliques de la datte a révélée la présence des acides cinnamiques, des flavones, des flavanones et des flavonols (**Mansouri et al ., 2005**).

Selon **Henk et al., (2003)**, les poly phénols jouent un rôle important dans le corps : ils ont des effets anti –inflammatoires, antioxydants,abaissent la tension artérielle et renforcent le système immunitaire (**Amellal née chibane H,2008**).

I.4.1.9 : Protéines

La pulpe de datte ne renferme qu'une faible quantité de protéines variant entre 0.38 à 2.5% selon **Noui (2001)**.

D'autres part **Al-Shahib et Marshall (2003)** notent une quantité plus élevée allant de : 2.3% à 5.6 % du poids de la pulpe fraîche de la datte.

Favier et al. (1995) ont noté la présence dans la datte des acides aminés :

Isoleucine , leucine, lysine, méthionine, cystine , phénylalanine , tyrosine, thréonine, tryptophane, valine, arginine, histidine, alanine, acide aspartique, acide glutamique, glycocolle, proline et sérine.

I.4.1.10. Lipides

La teneur de la pulpe de datte en lipides est très faible soit 1.25% du poids frais (**Benflis, 2006**). Cependant la quantité signalée par **Al-Shahib et Marshall(2003)** est encore plus faible (0.2-0.5%) (**Saliha Daas Amiour, 2009**).

I.4.1.11. Enzymes

Les enzymes jouent un rôle important dans le processus de conversion se produisant Pendant le stade de formation et la maturation du fruit.

La qualité de la datte est influencée par l'activité de :

. L'invertase

Responsable de l'inversion du saccharose en fructose et glucose.

. La cellulase

Elle décompose la cellulose en chaines plus courtes.

. La pectinmethylesterase

Elle convertit les substances pectiques insolubles en pectine plus soluble qui ramollit le fruit.

.La polyphenoloxydase

Elle conduit au brunissement du fruit suite à l'oxydation des phénols (**Yahiaoui, 1998**). (**Ben abbes F., 2011**).

I.4.1.12. Composés mineurs

Bien que 95 % des constituants de la datte sont représentés par les composés cités ci-dessus, il existe d'autres composés moins importants qui influent sur la qualité du fruit tels que :

- * les acides organiques (acide citrique, l'acide malique,...),
- * les substances volatiles qui ont été analysé par GC-MS et dont l'éthanol, l'iso butanol et l'iso pentanol en représentent les constituants majeurs (**Benchabane, 1996**).
- * les pigments : en plus des caroténoïdes la chlorophylle se révèle aux stades précoces. (**Saliha Daas Amiour., 2009**).

I.4.2 : Composition biochimique de la partie non comestible "Noyau "

Le noyau présente 7 à 30 % du poids de la datte. Il est composé d'un albumen blanc, dur et corné, protégé par une enveloppe cellulosique (**Espiard, 2002**). Le tableau (9) révèle la composition biochimique des noyaux de dattes irakiennes.

Tableau 9 : Composition biochimique des noyaux de dattes Irakiennes (**Munier, 1973**).

Constituants	Teneur en %
Eau	6,46
Glucides	62,51
Protides	5,22
Lipides	8,49
Cellulose	16,20
Cendres	1,12

Selon Djerbi (1994), les noyaux constituent un sous-produit intéressant. En effet, de ces derniers, il est possible d'obtenir une farine dont la valeur fourragère est équivalente à celle de l'orge.

Des données analytiques sur la composition chimique du noyau de dattes montrent qu'il renferme plusieurs acides gras avec une proportion plus importante d'acides oléique et laurique (**Devshony et al. 1992**). (**Djoudi, 2013**).

Chapitre II

Généralités sur la fertilisation

II.1. Propriétés chimiques du potassium

Le potassium est l'élément chimique de numéro atomique 19, de symbole K (du latin *kalium*). C'est un métal alcalin mou, d'aspect blanc métallique, légèrement bleuté, que l'on trouve naturellement lié à d'autres éléments dans de nombreux minéraux. Il s'oxyde rapidement au contact de l'air et réagit violemment avec l'eau. Il ressemble chimiquement au sodium.

Le symbole K fait référence au latin *kalium*, lui-même forgé à partir de l'arabe al-qalyah (« cendre de plantes »). *Potassium* se dit aussi *kalium* en allemand et dans d'autres langues germaniques. Cet élément représente environ 2,58 % du poids total de la croûte terrestre, dont il est un des sept éléments les plus abondants.

Le rayon hydraté détermine l'aptitude de l'ion à se localiser dans les cavités interfoliaires des minéraux argileux (Tableau10).

Tableau 10 : Caractéristiques de quelques ions chimiques

Ions	Rayon atomique (nm)	
	Non Hydraté	Hydraté
K ⁺	0.27	0.53
NH ₄ ⁺	0.29	0.54
Na ⁺	0.20	0.76
Mg ⁺⁺	0.16	0.64

(Source : Mhiri : 2002)

Les principaux gisements de potassium sont situés en Saskatchewan, en Biélorussie, en Russie, au Nouveau-Mexique, en Californie et en Utah, ainsi qu'en Alsace et Allemagne.

II .2. Origine du potassium

Le potassium dans le sol se trouve uniquement sous forme minérale. Il provient soit de la décomposition de la matière organique et des minéraux du sol, soit des engrais (**Prajapati and Modi HA, 2012**)

II.2.1. Potassium des minéraux silicatés.

Le potassium est plus rencontré dans les minéraux silicatés : les micas, les feldspaths potassiques et certaines argiles comme les illites sont très riches en K^+ . Cette forme de potassium constituant des matériaux silicatés représente 98 % du poids total de cet élément dans les sols (Mhiri, 2002). Selon Li and al, (2015) ; les minéraux argileux constituent à la fois, le principal réservoir et le piège à potassium dans les sols si bien que la teneur en potassium est utilisée comme critère de distinction des minéraux d'altération (Tableau 11).

Tableau 11 : Teneur du K des minéraux silicatés

Minéraux	Teneurs en K (%)
Muscovite	9
Hydro muscovite	8
Biotite	6-10
Illite	6-8
Vermiculite	<2
Smectite	<0.5

(Source : Mhiri : 2002)

Le potassium n'est pas directement disponible. Cette disponibilité sera acquise, le plus souvent après l'altération des matériaux silicatés et d'une activité biologique plus ou moins longue, quand elle aboutira.

II .2.2. Potassium échangeable.

Le potassium échangeable est à la fois le potassium solubilisé et le potassium adsorbé sur les colloïdes argilo-humiques. La proportion de K^+ échangeable représente 90 % ou plus du potassium adsorbé, le potassium dissous dans la solution du sol représente au maximum les 10 % restant et bien souvent beaucoup moins (1 à 2 % du potassium total) (Prajapati and Modi, 2012). Les plantes peuvent utiliser aussi bien le potassium libre de la solution du sol que le potassium adsorbé sur le complexe adsorbant.

II .2.3. Potassium rétrogradé.

Le potassium est rétrogradé quand les ions K^+ passent de la surface externe des argiles pour être insinués à l'intérieur, entre les feuillets d'argile surtout les argiles gonflants (les montmorillonites et les illites). La rétrogradation des ions K^+ rend leur disponibilité difficile. Cette rétrogradation se fait quand le pH du sol augmente, en période de dessiccation et lorsque la présence d'ions calcium augmente dans la solution du sol (**Mhiri, 2002**), cependant ce processus n'est pas irréversible. La libération des ions K^+ peut se faire en période d'humectation et surtout aussitôt que la réserve d'ions K^+ pour les plantes diminue au cours de l'absorption par les racines.

II.2.4.Potassium associé aux matières organiques.

Lorsque le potassium est lié aux matières organiques, il est particulièrement facile à utiliser par les végétaux. Une liaison particulière du potassium avec les matières organiques existe lorsque le K^+ est adsorbé sur la paroi bactérienne ou encore lorsque les bactéries intègrent cet élément au cours de leur métabolisme (**Gierth and Mäser, 2007**), Selon **Assaha et al., (2017)**, ces bactéries restituent le potassium sous une forme particulièrement utilisable, après leur mort.

II .2.5. Engrais potassiques

Le potassium industriel se présente sous forme d'engrais simple et composé Ils peuvent être apportés sous formes d'engrais binaire ou ternaire mais sous forme d'engrais très complexe. Les principaux composés potassiques sont: le K_2SO_4 , KCl ou le NPK. Ce type d'engrais est couramment appliqué pour l'enrichissement du sol et satisfaire le besoin de la culture en cet élément, notamment dans les stades de floraison et fructification.

Les engrais potassiques ont tous la même efficacité du point de vue du potassium : le choix s'effectuera plutôt est fonction de la culture et la nature de l'anion associé (sulfate ou chlorure par exemple). Le chlorure de potassium présente, par ailleurs, un indice de salinité 2 à 3 fois plus élevé que le nitrate ou le sulfate de potasse ; il sera donc important d'éviter dans la majorité des sols à risque de salinité ou pour les cultures sensibles aux sels ; les ajouts de cet engrais.

II .3. Teneur du sol en potassium total.

Cette teneur est très variable selon la texture et la minéralogie des argiles. Elle peut atteindre 2 % en masse de la terre sèche (**Mhiri, 2002**). La teneur est estimée souvent à 20000 ppm dans la composition structurale du sol (**Prajapati and Modi, 2012**). La teneur du sol en potassium total n'a pas de signification agronomique directe. Les sols à texture fine sont potentiellement plus riches en potassium total tandis que les sols sableux sont généralement pauvres. La capacité d'échange cationique des sols (C.E.C meq/100g de sol) est un indicateur de richesse potentielle en potassium total.

Le potassium échangeable (bio disponible = assimilable) est la somme du K adsorbé (surface des argiles, matière organique) et du K en solution. Le potassium soluble est mesuré sur l'extrait de pâte saturée au laboratoire. L'échelle suivante permet de classer les sols en fonction de leur teneur en K soluble (Tableau 12).

Tableau 12 : Niveau de fertilité des sols en K⁺.

Niveaux de fertilité	K soluble en mg /L
Très faible	<2
Faible	2-4
Moyen	4-20
Elevé	20-40
Très élevé	>40

(Source : **Mhiri : 2002**).

L'échange cationique entre la solution du sol et la surface des argiles est régi par l'équilibre de Donnan (**Figure 1**).

Selon **Mhiri, (2002)**, la dilution de la solution du sol se traduit par une augmentation de l'adsorption de Ca⁺⁺, donc par une augmentation relative de K⁺ dans la solution.

Le potassium fixé se caractérise par:

- Processus d'adsorption difficilement réversible de K^+ échangeable ou en solution dans les cavités inter-foliaires des argiles.
- L'intensité de ce processus dépend des types d'argile de chaque sol et de son régime hydrique (ouverture/fermeture des argiles).
- Ce processus confère au sol un pouvoir de fixation du K^+ des engrais. Il diminue leur efficacité par rapport à la nutrition des cultures.
- Ce pouvoir de fixation peut être mesuré au laboratoire, ou estimé par des formules empiriques.

II .4. Concepts de capacité, intensité et pouvoir tampon potassiques des sols.

- La capacité : c'est un concept quantitatif de l'offre potentielle du sol. Il est en relation avec plusieurs paramètres (teneur en argile, nature des argiles, volume exploité par les racines, la C.E.C, S/T...).
- L'intensité : Elle est traduite par la concentration actuelle de la solution du sol en K^+ soluble.
- Le pouvoir tampon potassique du sol : C'est son aptitude à régénérer plus ou moins rapidement sa teneur en potassium échangeable au fur et à mesure de l'absorption par une culture. (Les sols de texture fine ont un pouvoir tampon plus élevé que celui des sols sableux).

II .5. Critères d'évaluation de la richesse des sols en potassium :

II .5.1. C.E.C

Le tableau ci-dessous résume l'état de fertilité chimique par la mesure de la capacité d'échange cationique. Cette grandeur est mesurée au laboratoire par une double saturation par de l'acétate de sodium et l'acétate d'ammonium.

Les sols argileux présentent des CEC élevées tandis que les sols à texture sableuses ont des CEC faibles. De même la présence de la matière organique fait augmenter la capacité du sol à retenir plus d'éléments chimiques sur les sites d'échanges.

Tableau 13 : Niveau de fertilité des sols

Classe	CEC meq /100g du sol
Faible	<15
Moyen	15-30
Elevé	30-45
Très élevé	>45

(Source : Mhiri : 2002).

II .5.2.Taux de saturation

Le pourcentage de saturation du complexe adsorbant est le deuxième critère d'évaluation de la richesse du sol en K. Le tableau 14 représente les classes de richesse en cet élément.

Tableau 14 : Classes d'état de saturation des sols

Classe	S/T	Sol
Très pauvre	<70	Forestier
Pauvre	70-95	Forestier
Potentiellement riche	>95	Calcaires argileux

(Source : Mhiri : 2002).

II .5.3. Potassium échangeable

C'est le critère le plus pertinent de la richesse du sol en potassium assimilable. Les recherches récentes ont permis de retenir deux références générales pour les cultures extensives pluviales :

- Dans les sols sableux : une marge critique 80-100 ppm
- Dans les sols argileux : une marge critique 200-250 ppm

II .6. Dynamisme et disponibilité du potassium dans le sol

La dynamique du potassium est régie par l'ensemble des processus qui commandent son passage d'un compartiment à un autre (dissolution, échange, fixation, libération), par son transfert d'un horizon à un autre et par l'absorption racinaire. C'est le bilan de tous ces processus qui détermine, à un instant donné, le statut du potassium dans un sol.

Le pouvoir tampon potassique du sol est fonction de la teneur du sol en substances colloïdales et est donc beaucoup plus élevé dans les sols argileux que dans les sols sableux. L'intensité potassique du sol est la concentration des ions K^+ dans la solution du sol.

La capacité potassique du sol est la rapidité avec laquelle les réserves du sol en potassium non assimilable passent dans le compartiment du potassium échangeable lors d'un apport ou d'un prélèvement de potassium. Cette capacité dépend de la texture du sol, le volume du sol exploité par les racines d'une culture, la nature des argiles, la Capacité d'Echange Cationique (C.E.C), le pouvoir tampon du sol et le taux de saturation du complexe par le potassium.

II .7 .Facteurs de disponibilité du potassium dans le sol.

Selon **Kronzucker et al, (2008)** ; **Li ans al, (2016)** différents facteurs contrôles la disponibilité du potassium dans le sol comme :

- La vitesse de passage du potassium du complexe absorbant vers la solution du sol lorsque celle-ci est appauvrie par les prélèvements des racines.
- La teneur du sol en éléments fins qui est un facteur influant non seulement la vitesse de transfert du potassium, mais aussi sur la détermination du nombre de sites d'échange de cet élément dans le sol.
- La nature des cations présents dans le sol dont certains sont susceptibles d'inhiber les mouvements du potassium échangeable sur le complexe absorbant. La présence du NH_4^+ induit une diminution du potassium échangeable. Selon **Barbier, (1987)** ; les hydroxydes de fer et d'aluminium sont à mesure de neutraliser les sites d'échange du potassium.
- La présence de l'aluminium surtout dans les sols acides sous forme échangeable occupe les sites potentiels du potassium en plus de diminuer sa mobilité. Les sols de $pH < 6$ sont considérés comme déficients en K^+ . Le calcium peut jouer un rôle analogue à celui de l'aluminium, lorsque le sol est alcalin.
- Le potassium est un élément mobile, donc susceptible de migrer dans les horizons plus profonds, ainsi que d'être entraîné en dehors de la parcelle (pertes par lessivages importantes en sol sableux). Cet aspect, lié à la texture du sol, au sur irrigation et au drainage.

II .8. Rôles du potassium dans le fonctionnement métabolique de la cellule végétale

L'examen du rôle du K consiste à comprendre son rôle dans les systèmes biochimiques et physiologiques de base des plantes. Bien que le potassium ne devienne pas un élément de la structure chimique des plantes, il joue de nombreux rôles importants dans la réglementation du développement de la plante (**Shen et al ,2015**). Potassium (K) augmente le rendement des cultures et améliore la qualité. Il est nécessaire pour de nombreux processus de croissance des plantes.

Le potassium est un élément chimique essentiel pour la plante, consommé comme un macroélément avec l'azote et le phosphore. Il est un élément essentiel pour la croissance des plantes ; on le trouve, sous forme de composés, dans la plupart des sols .Le K^+ est vital pour le fonctionnement des cellules animales. Le potassium est toujours abondant dans la matière sèche des végétaux. Il est absorbé par les racines sous forme du cation K^+ , et circule sous cette forme dans toute la plante.

La disponibilité en potassium joue un rôle essentiel sur la qualité des tubercules, en particulier concernant la résistance aux endommagements de type noircissement interne (*taches cendrées*).

Selon **Gierth and Mäser, (2007)**, **Javad Roussta, (2010)** et **Assaha et al, (2017)**, le K^+ est indispensable aux fonctions métaboliques, la croissance et au développement des plantes , Il permet à la fois :

- des synthèses dans les cellules, des transports entre cellules végétales. Il favorise la circulation de la sève ascendante dans le xylème et descendante dans le phloème. Il permet le transfert des assimilats (sucres, acides aminés) vers les racines et les organes de réserve (grains, fruits, tubercules).
- le maintien des équilibres électriques et de l'hydratation cellulaire : alimentation en eau, migration des glucides issus de la photosynthèse, régulation de l'azote.
- la résistance au stress climatiques tels que la sécheresse et le froid.
- la résistance à résister aux agressions extérieures (maladies, parasites)

-Le potassium se retrouve dans la solution des cellules végétales et est utilisé pour maintenir la pression de turgescence de la cellule.

-Il agit sur la photosynthèse : la photosynthèse végétale consiste à réduire le dioxyde de carbone de l'atmosphère par l'eau absorbée par les racines à l'aide de l'énergie solaire captée par les feuilles, en présence de sels minéraux, avec libération d'oxygène, afin de produire des glucides.

- Il joue un rôle dans le bon fonctionnement des stomates et agit comme activateur de plus de 80 systèmes enzymatiques. Il contrôle l'ouverture et la fermeture des stomates, et permet les échanges gazeux et régule la transpiration de l'eau et régule le cycle de l'eau dans la plante

- Il a aussi un rôle dans l'équilibre osmotique des cellules.

-Il intervient sur la composition et la qualité de nombreuses productions (équilibre sucre/acidité, teneur en vitamine C, composés aromatiques, qualité des fibres...).

Aussi, le potassium est mobile dans la plante. Il joue un rôle indispensable dans l'absorption des cations, dans l'accumulation des hydrates des protéines, le maintien de la turgescence de la cellule et la régulation de l'économie en eau de la plante (**Jacoby et al, 2011**). C'est aussi un élément de résistance des plantes au gel, à la sécheresse et aux maladies. Il est essentiel pour le transfert des assimilats vers les organes de réserve (bulbes et tubercules). Pour ces raisons, il est particulièrement important pour les cultures de type pomme de terre, betteraves.

Pour certains minéraux, la quantité présente dans le sol doit être supérieure à la quantité nécessaire ; en effet ils peuvent être présents dans le sol, mais non disponibles pour autant pour la plante. Le potassium est essentiellement retenu par l'humus ou l'argile (dans certains sols, il pourra donc être perdu en quantité importante par drainage).

La potasse favorise le développement des organes de réserve (tubercules, racines, fruits), ainsi que la coloration des fruits et des fleurs, tout en rendant les végétaux plus résistants aux maladies. Il s'agit d'un élément incontournable de la qualité des produits puisqu'il donne le goût sucré aux fruits mais permet aussi d'accumuler les sucres sous forme d'amidon dans les tubercules, les grains et les racines (**Chen et al, 2007**). La potasse aide aussi les tiges des plantes à rester rigides.

Le potassium est souvent apporté en une seule fois, de façon irrégulière, en grande quantité, car il est stocké par le sol et libéré progressivement. Les plantes très exigeantes en potassium sont la betterave ou la pomme de terre, alors que des plantes peu exigeantes sont le blé tendre, le blé dur, l'orge.

Les enzymes servent de catalyseurs pour les réactions chimiques, étant utilisées mais non consommées dans le processus. Ils rassemblent d'autres molécules dans une telle manière que la réaction chimique peut avoir lieu. Potassium "Active" au moins 60 enzymes différentes impliquées dans la croissance des plantes. La quantité de K présente dans la cellule détermine le nombre d'enzymes peuvent être activés et les taux de réactions chimiques peuvent se produire. Ainsi, le taux d'une réaction donnée est contrôlé par la vitesse à laquelle K pénètre dans la cellule.

II .9. Alimentation des plantes en potassium.

Des échanges entre la phase solide et la phase liquide (solution) du sol ont lieu en permanence, permettant le prélèvement de cet élément par les racines. On estime que seulement 10 à 20% de la nutrition des cultures est assurée à partir du K⁺ échangeable (en solution et adsorbé) (**Kaiser et al, 2016**). Le reste des besoins de la plante en potassium est donc assuré par les autres sources disponibles (libération par les matières organiques, par l'écartement des feuillets d'argile, par l'altération des minéraux silicatés potassiques).

II .9.1. Pompe sodium-potassium ou Na⁺-K⁺ ATPase

C'est une protéine transmembranaire dont l'activité enzymatique utilise l'énergie issue de la dégradation de l'ATP en ADP et phosphate inorganique pour transporter des ions potassium et sodium contre leur gradient de concentration. Elle joue un rôle dans le maintien du potentiel de repos des cellules (**Mills et al, 1985**). La pompe permet d'échanger les ions sodium (Na⁺) issus du milieu intracellulaire avec les ions potassium K⁺ issus du milieu extracellulaire dans un rapport précis (3 Na⁺/2 K⁺). Cette pompe est responsable du rétablissement de l'équilibre initial après un potentiel d'action (**Bose et al, 2017**).

II .9.2. Phénomène d'antagonisme

Même si le potassium est indispensable au pour la vie du végétal, des surdoses peuvent entraîner des effets néfastes pour la culture, par phénomènes d'antagonisme, selon divers mécanismes (**Tomas and Thomas, 2009**) :

Antagonisme par concurrence ionique : une augmentation de la concentration de la solution du sol en potassium induit une augmentation d'absorption de potassium par la racine au détriment du magnésium et du calcium. De même, un excès de disponibilité en potassium accentue les phénomènes chlorotiques en sols sensibles en limitant la disponibilité du fer et manganèse.

Appauvrissement du complexe par déplacement d'ions : les ions K^+ en excès prennent la place des ions Ca^{2+} et Mg^{2+} sur le complexe argilo-humique. Ces derniers sont alors exposés au lessivage : c'est l'action décalcifiante et anti-magnésienne des engrais potassiques ;

II .9.3. Phénomène de synergie

Selon **Oosterhuis et al, (2014)** , Il existe une interaction entre azote et potassium, dans le sens où la plante mieux nourrie en azote aura plus de besoin en potassium. L'azote a pour effet d'augmenter l'indice foliaire d'une culture. Pour maintenir la turgescence de cette surface foliaire et des tiges et racines, la plante a besoin d'une plus grande quantité de potassium. Il faut de plus noter le phénomène d'absorption sélective des ions par les racines : les végétaux semblent « préférer » les ions K^+ aux ions Ca^{++} .

II .10. Carence et toxicité potassique

Les carences en potassium peuvent avoir des effets sur le rendement en fonction de l'intensité de la carence et des exigences des cultures. Une analyse du tissu foliaire démontre que les niveaux de potassium avoisinent souvent ceux de l'azote (entre 3 % et 5 % du poids sec). Typiquement, les plantes qui manquent de potassium montrent des symptômes comme une chlorose suivie d'une nécrose aux extrémités et le long des rebords des feuilles. Puisque le potassium est mobile dans la plante, les symptômes de carence apparaissent sur les feuilles plus âgées (Figure 1 et 2).

Chez la pomme de terre, la carence se manifeste tout d'abord sur les feuilles âgées car le potassium est très mobile dans la plante. Cela commence par une décoloration puis des tâches nécrotiques brunes, en premier lieu, sur le bord des feuilles, qui se propagent à travers les nervures. Les feuilles deviennent gaufrées, déformées et prennent une couleur vert-foncé et un aspect brillant et métallique (bronzé) (Figure 3 et 4). .

Les carences en potassium ont un impact sur le rendement, la taille et la qualité des fruits (**Rogiers and al, 2017**). Un manque d'apport adéquat de potassium se traduit aussi par une moindre matière sèche dans les tubercules. Les carences en potassium réduisent également la capacité des plantes à résister aux agressions extérieures (maladies, parasites) et aux stress climatiques tels que la sécheresse et le froid.



Figure 1 .Carence en potassium
chez des poinsettias



Figure 2.Carence en potassium
chez la tomate



Figure 3.Aspect brillant chez

La Pomme de terre.



Figure 4. Aspect métallique chez

La Pomme de terre.

Dans les substrats de culture sans sol, la disponibilité du potassium n'est pas significativement influencée par le pH. Les symptômes de carence en potassium sont plus susceptibles d'apparaître lorsqu'une quantité insuffisante de potassium est fournie par la fertigation. Une carence en potassium provoquée peut aussi se produire si les taux de calcium, de magnésium ou de sodium sont trop élevés, mais cela est rare si la culture est fertilisée avec des taux de potassium normaux (**Rogiers and al, 2017**).

Les toxicités en potassium n'existent pas vraiment. Toutefois, des niveaux de potassium excessifs peuvent entraîner des antagonismes qui mènent à d'autres types de carences, comme une carence en magnésium ou en calcium, et rend les végétaux plus sensibles aux maladies et aux parasites de toutes sortes. Si cela se produit, il est préférable de faire tester la teneur en éléments nutritifs du substrat et du tissu végétal, et d'ajuster le programme de fertilisation ou le taux d'application.

Chapitre III

Matériels et Méthodes

III.1. Matériel végétal

Cette étude vise à étudier les critères de qualité de la datte Deglet-Nour. La palmeraie d'étude est en stade juvénile, les palmiers ont une vingtaine d'années.

III. 2. Dispositif expérimental

Le principe de cette étude consiste à apporter des sulfates de potassium sous forme solide pour différents stades de maturité de la datte Deglet-Nour. Pour mieux exprimer l'effet du potassium sur la qualité de ce fruit aucune fertilisation organique ou minérale n'est appliquée. La dose appliquée est de 3 kg de K_2SO_4 soit 1.5 unité de K^+ pure, comme il est vulgarisé par ITDAS. Elle est fractionnée en deux parties (50% +50%) pour chaque deux stades de maturité de la datte: **Loulou**, **Khlel**, **Bser** et **Bleh** ou Martouba.

Le schéma suivant illustre la méthodologie adoptée :

Palmier 1 : Témoin sans d'apport (0% de K_2SO_4).

Palmier 2 : 50% + 50% de K_2SO_4 apporté aux deux stades (Loulou et Khlel).

Palmier 3 : 50%+ 50% de K_2SO_4 apporté aux deux stades (Loulou et Bser).

Palmier 4 : 50% + 50% de K_2SO_4 apporté aux deux stades (Loulou et Bleh).

Palmier 5 : 50% + 50% de K_2SO_4 apporté aux deux stades (Khlel et Bser).

Palmier 6 : 50% + 50% de K_2SO_4 apporté aux deux stades (Khlel et Bleh).

Palmier 7 : 50% + 50% de K_2SO_4 apporté aux deux stades (Bser et Bleh).

III. 3.Stades de maturité de la datte

De nombreux auteurs ont adapté la terminologie utilisée en Irak. Les différents stades peuvent être définis comme suit (**Djerbi, 1994**) :

- **Loulou (Hababouk)** : Ce stade commence juste après la fécondation et dure environ cinq semaines. A ce stade le fruit est entièrement recouvert par le périanthe et se caractérise par une croissance lente.



Figure 5. Stade Loulou

▪**Khlel (Kimiri):** Il se caractérise par la couleur verte, un grossissement rapide du fruit, une Augmentation de la concentration de tanins et en amidon, une légère augmentation de sucres Totaux de la matière sèche. Ce stade dure neuf à quatorze semaines.



Figure 6. Stade Khlel

Bser : Au cours de ce stade, la couleur du fruit passe du vert au jaune clair, puis vire au jaune, au rose ou rouge selon les variétés. Cette phase est marquée par une augmentation rapide de la teneur en sucres totaux, de l'acidité active, par contre la teneur en eau diminue. Elle dure trois à cinq sema.



Figure 7. Stade Bser

▪**Bleh ou Routab** : Ce stade se caractérise par :

- La perte de la turgescence du fruit suite à la diminution de la teneur en eau,
- L'insolubilisation des tanins qui se fixent sous l'épicarpe du fruit,
- L'augmentation de la teneur des monosaccharides.

Ce stade dure de deux à quatre semaines



Figure8. Stade Bleh

▪**Tamer** : C'est le stade final de la maturation de la datte. Le fruit perd beaucoup d'eau, ce qui Donne un rapport sucre/eau élevé.



Figure9. Stade Tamer

III. 4. Échantillonnage

III .4.1. Prélèvement des dattes

L'échantillonnage des dattes Deglet-Nour est effectué, au stade Tamer, aux niveaux des palmiers sujets de la fertilisation potassique. Dans chaque palmier, les prélèvements de dattes sont exécutés sur trois niveaux de 3 régimes au stade Tamer.

III. 4.2. Prélèvement des palmes

Des jeunes palmes de la partie centrale de la couronne ont fait l'objet d'un échantillonnage au stade Tmer.

III. 4. 3. Sols .

L'échantillonnage du sol est effectué au niveau de deux couches représentatives au stade Tmer. Selon Khechai et Daoud, (2016), les racinaires de nutrition du palmier dattier sont plus rencontrées dans les couches rhizoshériques [0-50 cm et 50-100 cm].

III.5 .Analyses de laboratoire.

Les figures ci-dessous représentent les différentes appareillages et outils de laboratoire utilisés pour le dosage et les mesures effectuées.



Datte analysée



Réfractomètre



Cendre de dattes



pH mètre

Figure 18 : Matériels de laboratoire

III. 5.1. Analyse des dattes

III. 5.1.1. Analyses biochimiques des dattes

III. 5.1.1.1. Détermination de pH

On pèse 10g de pulpes de dattes coupées en petit morceaux qu'on mélange intimement avec 100ml d'eau distillée au mixeur et filtré le jus des dattes en appareille centrifugeuses et on détermine directement le pH au PH-mètre

III. 5.1.1.2. Détermination de la conductivité électrique (CE).

On pèse 10g de pulpes de dattes coupées en petit morceaux qu'on mélange intimement avec 100ml d'eau distillée au mixeur et filtré le jus des dattes en appareille centrifugeuses et on détermine directement le CE au conductivité mètre

III. 5.1.1.3. Teneur en eau.

La teneur en eau des fruits a été calculée selon la méthode suivante :

- Peser 5fruits $\longrightarrow$ P_1
- Sécher à l'étuve à 70°C pendant 18 h.
- Peser les après le séchage $\longrightarrow$ P_2

$$\text{Teneur en eau } \% = \frac{P_1 - P_2}{P_1} \times 100$$

III. 5.1.1.4. Dosage des sucres totaux

Principe

Le sucre total a été déterminé par la méthode réfractométrique décrite dans Muler, (1985).

Mode opératoire

- Peser 10g de pulpe de dattes coupées en petits morceaux dans un bécher y ajouter 100ml d'eau distillé
- Chauffer au bain marie pendant 30mn agitant de temps en temps avec une baguette de verre puis refroidir.
- Ajouter l'eau distillée jusqu'à ce que la totalité du contenu du bécher soit approximativement de 100 ml, mélanger après une attente de 20mn.
- Appliquer une petite goutte de la prise d'essai qui couvre uniformément aux instructions opératoires de l'appareil.

Expression de résultats

La teneur en sucres totaux est calculée par la formule suivant :

$$\text{Sucre totaux \%} = \frac{A \times D \times 4.25}{4} - 2.5$$

A : correspond à la quantité de matière sèche soluble donnée par le réfractomètre.

D : facteur de dilution.

4.25, 2.5, 4 : coefficient de transformation.

III. 5.1.1.5. Dosage des sucres réducteurs.

Principe

Cette méthode est basée sur la réduction de la liqueur de Fehling par les sucres réducteurs contenus dans l'échantillon (Navarre , 1974) cité par Bousdira (2007) .

Mode opératoire

Dans une première étape, étalonner la liqueur de Fehling à l'aide d'une solution de glucose à 5%. Ensuite, par comparaison, on détermine la quantité de sucres contenue dans l'extrait de datte.

Etalonnage

*Introduire dans un Erlenmeyer :

- 10ml de solution de Fehling A
- 10ml de solution de Fehling B
- 30ml d'eau distillée

* Verser en très petites quantités, la solution de glucose à 5% contenue dans une burette graduée, jusqu'à la décoloration complète de la liqueur de Fehling et la formation d'un précipité Cu_2O rouge.

Dosage

*remplacer la solution de glucose par l'extrait préparé et dilué

* introduire dans un Erlenmeyer :

- 10ml de solution de Fehling A
- 10ml de solution de Fehling B
- 30ml d'eau distillée. Verser en très petite quantité, l'extrait préparé et dilué contenu.

*Opérer comme précédemment

Expression des résultats

$$R = \frac{5 \times N}{N'} \times F$$

Soit :

R : la quantité de sucres réducteurs en g /litres

N : le nombre de ml de solution de glucose à 5% utilisée

N' :le nombre de ml filtrat utilisé pour la décoloration de la liqueur de Fehling

F : facteur de dilution

III. 5.1.1.6.Teneur en saccharose.

La teneur en saccharose est obtenue par la différence entre la teneur en sucres totaux et les sucres réducteurs présents dans l'échantillon.

$$\text{Saccharose \%} = \text{sucres totaux \%} - \text{sucres réducteurs}$$

III. 5.1.1.7. Dosage de l'acidité.

On met 10g de pulpe de dattes coupées en petit morceaux dans 100ml d'eau distillée qu'on mélange intimement au mixeur.

On procède directement au titrage avec NaOH (0.1N) en présence de la phénolphthaline.

Comme indicateur coloré (quelques gouttes)

NaOH 0.1N $\longrightarrow$ 4g/l

Phénolphtaline 1% $\longrightarrow$ 1g/100ml éthanol

$$TA\% = \frac{N \times F \times K \times V1}{P \times V2} \times 100$$

TA% : taux d'acidité en %

F : facteur de la solution de soude (0.985)

N : nombre de ml de soude (NaOH 0.1N) utilisé pour titrage.

K : quantité d'acide dans lequel nous voulons exprimer les résultats correspondant à 1ml de soude (1ml NaOH équivalent a 0.067g d'acide malique (acide organique de l'abricot).

V1 : volume de l'extrait avant le titrage (100ml).

V2 : volume de l'extrait au titrage (ex : 10ml).

P : poids de produit à analyser (10g)

Les facteurs correspondant à chaque acide

Acide malique	0.067	Datte
Acide oxalique	0.045	
Acide citrique	0.064	Orange –citron
Acide tartrique	0.075	
Acide sulfurique	0.049	
Acide acétique	0.60	
Acide lactique	0.00	

III. 5.1.1.8. Détermination de la teneur en cendres

Mode opératoire

- Dans des capsules en porcelaine , peser 10g de pulpe de dattes broyées .
- Placer les capsules dans un four à moufle réglé à 550 ± 15 °C pendant 2heures jusqu'à obtention d'une couleur grise , claire ou blanchâtre .

- Retirer les capsules du four et les mettre à refroidir dans le dessiccateur, puis les peser.

Expression des résultats

La formule ci-dessous a été utilisée pour exprimer les résultats :

$$\text{MO}\% = \frac{(M1-M2)}{p} \times 100$$

MO% : Matière organique.

M1 : Masse des capsules + prise d'essai.

M2 : Masse des capsules + cendres.

P : Masse de la prise d'essai.

III. 5.2. Analyses chimiques des palmes et des dattes

III.5.2.1. Dosage du Calcium et Magnésium

Réactif :

Solution tampon : 16.9g NH_4Cl dans 142.5ml NH_4OH concentré laisser refroidir complété à 250ml avec l'eau distillé

EDTA :(0.1N) 2g EDAT + 0.05g Mg cl_2 complété à 1l

NET : 0.5g NET + 4.5g hydroxylamine hydrochlorure dans 100ml Ethanol 95%

NaOH : 8g/100ml laisser refroidir (docement)

Calcon carboxylique : 0.2g calcon carboxylique +100g Nacl

Diluer les eaux 10fois : 5ml échantillon +45ml H_2O

Mode opératoire

Témoin :

Prenant Bécher contient :

- 50ml l'eau distillé

- 0.2 g calcon carboxylique +NaCl
- 2-3 ml NaOH
- titration avec la EDTA et changement la couleur rose –bleu

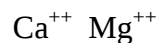


Prenant Bécher contient :

- 5 ml échantillon + 45 ml H₂O (dillution × 10)
- 2-3 ml NaOH
- 0.2g calcon carboxylique +NaCl

Cette solution est placée au-dessus l'agitateur

- Titration avec la EDTA et changement la couleur (rose –bleu)



Prenant bécher contient :

- 5ml échantillon + 45 ml H₂O (dillution × 10)
- 4ml solution tampon (PH=10)
- 4 goutte NET

Cette solution est placée au dessus l'agitateur

- Titration avec la EDTA et changement la couleur (rose – bleu)

$$\text{Ca}^{2+} = \frac{V1 - V2 * 0.01 * 1000}{A} * D$$

V1 : volume de titration avec la EDTA

V2 : volume de titration avec la EDTA (Té moin)

D : facteur de dilution

A : prise d'essai

$$[\text{Mg}^{2+} + \text{Ca}^{2+}] = \frac{v1 - v2 * 0.01 * 1000}{A} * D$$

$$\text{Mg}^{2+} = (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}) - \text{Ca}^{2+}$$

III.5.2.2. Dosage du phosphore

Principe :

Le dosage du phosphore se fait sur l'extrait obtenu par minéralisation selon la procédure générale. Le phosphore est présent dans l'extrait sous forme d'ortho phosphate. Avec les ions vanadate et molybdate, le phosphate forme un complexe phospho-vanado-molybdate de couleur jaune mesurable par spectrophotométrie d'absorption moléculaire à 430nm.

Réactifs et matériel consommable :

- **Solution d'ammonium molybdate -4-hydrate à 5% p/v :**

1. Dissoudre 50g de $(\text{NH}_4)_6 \text{MO}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ dans ± 500 ml d'eau chaude (50°C)

Laisser refroidir et transvaser quantitativement dans une fiole jaugée de 1L ajusté avec de l'eau.

- **2. Solution d'ammonium vanadate à 0.25 % p/v**

Dissoudre 2.5g de NH_4VO_3 dans ± 500 ml d'eau bouillante, laisser refroidir et ajouter 20ml HNO_3 concentré ($d= 1.4$). Transvaser quantitativement dans une fiole jaugée de 1L et ajuster avec de l'eau.

- **3. Acide nitrique dilué 1/3 :**

Diluer 167 ml HNO_3 concentré ($d=1.4$) à 500ml avec de l'eau.

- **Réactif nitro-vanado-molybdate :**

Faire 300ml composé de :

*100ml de solution d'ammonium molybdate

* 100ml de d'ammonium vanadate

* 100ml d'acide nitrique dilué 1/3

- **4. Solution mère de 500 μg P/ml :**

A. Dissoudre 2.1965g de potassium dihydrogénophosphate (KH_2PO_4), préalablement séché à 105°C durant une nuit, dans 1L d'eau.

B. Ajouter 2 gouttes de chloroforme avant de compléter le volume au trait de jauge ; le chloroforme sert à conserver la solution.

- Série détalons de 0 :20 :40 et 80 $\mu\text{g P/ml}$: pipeter dans une série de fioles jaugées de 50 ml respectivement 0 ; 2 ; 4 et 8 ml de la solution-mère et compléter avec la solution d'extraction (0.2 n HNO_3).
- Acide nitrique 0.2 n ; diluer 15 ml de HNO_3 concentré ($d=1.4$) à 1 L avec de l'eau.

Appareils et verrerie

- Spectrophotomètre ou colorimètre.
- Pipettes.
- Tube à essai de capacité 15 ml ou plus

Mode opératoire

- Porter successivement dans un tube à essai.
 - 2 ml de l'extrait de cendre.
 - 6 ml d'eau.
 - 2 ml réactif nitro-vanado-molybdate.Homogénéiser et laisser réagir 1 heure.
- Suivre le même mode opératoire pour les étalons.
- Doser par spectrophotométrie à 430 nm. Reprendre les extraits concentrés (1 ml d'extrait + 7 ml d'eau + 2 ml de réactif. maintenir aliquotes pour les étalons).

Calculs

(1) Calculer la concentration de l'extrait (= C_e : en $\mu\text{g P/ml}$) passé le spectrophotomètre à partir de la courbe d'étalonnage absorbance f (concentration (obtenue par voie graphique ou statistique (régression linéaire ou quadratique)).

(2) $\text{ppm P} = C_e \cdot 1/D \cdot 1/RE$

Ou : D : dilution

= 1, pour une prise d'essai de 2ml

= 1/2, prise d'essai = 1ml

RE : rapport d'extraction : en g/ml

= (poids prise d'essai de MS) / (volume extrait)

(3) mg p/g MS :

$$\text{mg P/g MS} = \text{Ce} * 1/\text{D} * 0.050$$

(4) Conversions : $\text{P} * 2.29 = \text{P}_2\text{O}_5$ $\text{P} = \text{P}_2\text{O}_5 * 0.437$

III.5.2.3. Dosage des Nitrates

Par la Méthode au salicylate de sodium

Les dosages colorimétriques sont perturbés par la présence de matières en suspension dans l'eau. Il est donc préférable de filtrer les échantillons d'eau avant les mesures, si possible sur entonnoir de Büchner avec un filtre en microfibres de verre.

Matériel

- Colorimètre
- Le cas échéant, fiole de filtration de Büchner branchée sur une trompe à vide

Liste des produits

- Nitrate de potassium (KNO_3)
- Salicylate de sodium
- Chloroforme
- Hydroxyde de sodium en pastilles (NaOH)
- Acide sulfurique
- Tartrate double de sodium et de potassium (sel de Seignette)
- Eau distillée
- Acide chlorhydrique à 5%

A. Préparations des dosages

Pour éviter toute contamination, il est recommandé de rincer la verrerie et les pipettes à l'acide chlorhydrique à 5 % puis à l'eau distillée.

- *Solution stock de nitrate de potassium (50 mg.L⁻¹ d'ions nitrates)*

Dissoudre 0,0815 g de nitrate de potassium anhydre dans 990 mL d'eau distillée, ajouter 1 mL de chloroforme (conservateur) et compléter à 1 litre avec de l'eau distillée.

- *Solution d'hydroxyde de sodium(NaOH) et de tartrate double de sodium et de potassium*

Dissoudre progressivement 40 g de soude et 6 g de tartrate double de sodium et de potassium dans 100 mL d'eau distillée.

Attention : la dissolution de l'hydroxyde de sodium dans l'eau dégage beaucoup de chaleur. D'autre part, la quantité dissoute en fait une solution extrêmement corrosive.

- *Solution de salicylate de sodium à 0,5 % (à préparer extemporanément)*

Dissoudre 0.5 g de salicylate de sodium dans 100 mL d'eau distillée

B. Etablissement de la droite étalon

1. Dans une série de flacons de 60 mL, introduire successivement :

Numéro des flacons	T	I	II	III	IV	V
Solution stock de nitrate de potassium à 50 mg.L ⁻¹ d'ions nitrates (mL)	0	2	4	6	8	10
Eau distillée (mL)	10	8	6	4	2	0
Solution de salicylate de sodium (mL)	1	1	1	1	1	1
Concentration en ions nitrates en mg.L ⁻¹	0	10	20	30	40	50

2. Evaporer chaque flacon à sec au bain-marie ou dans une étuve portée à 75-80 °C (ne pas surchauffer, ni chauffer trop longtemps).

3. Laisser refroidir.

4. Reprendre le résidu par 2 mL d'acide sulfurique concentré en ayant soin de l'humecter complètement. Attendre 10 minutes.
5. Ajouter 15 mL d'eau distillée puis 15 ml de la solution d'hydroxyde de sodium et de tartrate double de sodium et de potassium qui développe la couleur jaune.
6. Mesurer l'absorbance de chaque échantillon au colorimètre (longueur d'onde : 415 nm) et construire le graphique représentant l'absorbance en fonction de la concentration en nitrates ($A = f[\text{nitrates}]$)

C. Dosage dans l'échantillon

1. Introduire 10 mL de la solution à analyser dans un récipient de 60 mL (pour des teneurs en nitrate supérieures à 50 mg.L^{-1} , opérer une dilution).
2. Alcaliniser faiblement avec la solution d'hydroxyde de sodium.
3. Ajouter 1 mL de solution de salicylate de sodium
4. Evaporer chaque flacon à sec au bain-marie ou dans une étuve portée à 75-80 °C (ne pas surchauffer, ni chauffer trop longtemps).
5. Laisser refroidir.
6. Reprendre le résidu par 2 mL d'acide sulfurique concentré en ayant soin de l'humecter complètement. Attendre 10 minutes.
7. Ajouter 15 mL d'eau distillée puis 15 ml de la solution d'hydroxyde de sodium et de tartrate double de sodium et de potassium qui développe la couleur jaune.
8. Mesurer l'absorbance de chaque échantillon au colorimètre (longueur d'onde : 415 nm)
9. Déterminer graphiquement la concentration en nitrates dans l'échantillon à partir de la droite d'étalonnage

III. 6. Analyses du sol

-pH par un pH mètre au rapport (1/5)

-CE par un conductimètre au rapport (1/2.5)

-Eléments minéraux : Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^{+} , Na^{+} , $\text{H}_2\text{PO}_4^{2-}$ et NO_3^{-} les mêmes méthodes que ceux des dattes et des palmes

Note : le dosage du sodium et potassium solubles et échangeables sont effectuées su niveau du laboratoire de pédologie de CRSTRA.

III. 6.1/Dosage du Cl^- **Réactifs :**

- Nitrate d'argent (AgNO_3^-) 0.01N : dissoudre 1.6987g de nitrate d'argent dans 100ml d'eau distillée. Conserver à l'abri de la lumière
- Chlorure de sodium NaCl 0.01N : dissoudre 0.585g de chlorure de sodium dans 1000ml d'eau distillée
- Chromate de potassium K_2CrO_4 5% : dissoudre 5g de chromate de potassium dans 80ml d'eau distillée, et ajouter des gouttes de nitrate d'argent (AgNO_3^- 1N = 17g/l) jusqu'à l'apparition d'un léger précipité rouge. Ajuster avec l'eau distillée à 100ml.

Mode opératoire :

- Transvaser une aliquote de 10ml l'extrait diluée (à 10 ou à 100) dans une fiole de 100ml
- Ajouter 4 gouttes de chromate de potassium.
- Titrer avec la solution de nitrate d'argent jusqu'à l'apparition d'une coloration barbillon brique.
- Faire un témoin avec le chlorure de sodium pour estimer la normalité de nitrate d'argent exactement. Donc prélever 10ml de chlorure de sodium 0.01N et ajouter 3 gouttes de chromate de potassium et titrer avec le nitrate d'argent.

$$\text{Cl (méq/l)} = \frac{V \cdot N \cdot 1000}{A} \cdot D$$

V : volume d' AgNO_3^- 0.01N utilisé pour la titration de l'échantillon en ml .

A : volume de la prise d'essai ml.

N : normalité de la solution d' AgNO_3^- .

D : dilution (*10) ou (*100).

$$N_{\text{AgNO}_3^-} = \frac{10 \cdot N \cdot \text{NaCl}}{V_{\text{AgNO}_3^-}}$$

$N_{\text{AgNO}_3^-}$: normalité de la solution d' AgNO_3^- .

$V_{\text{AgNO}_3^-}$: volume d' AgNO_3^- utilisé (ml).

N_{NaCl^-} : normalité de la solution de NaCl.

III. 6.2. Bicarbonates HCO_3^- .

Réactifs

- **Phénolphtaline (1%)** $\Rightarrow$ 1g dans 100ml d'éthanol.
- **Méthyle orange (0.01%)** $\Rightarrow$ 0.01g dans 100ml d'eau distillée
- **Acide sulfurique 0.05N** $\Rightarrow$ 1.39 ml dans 1000ml d'eau distillée

Mode opératoire

- Prélever 20ml de la solution du sol ou de l'eau et ajouter 3 gouttes de phénolphtaléine : s'il y a une coloration rose, il y a les carbonates.
- Titrer avec l'acide sulfurique jusqu'à la disparition de la couleur rose .
- S'il n'y a pas une coloration de la solution ; il y a les bicarbonates . Ajouter des gouttes (3-4) de l'indicateur coloré méthyle orange et titrer avec sulfurique jusqu'à l'apparition de la coloration orange (changement de la coloration : jaune $\rightarrow$ orange).

Calcul :

$$HCO_3^-(\text{méq/l}) = \frac{x \cdot 0.05 \cdot 1000}{y}$$

X : volume de H_2SO_4 utilisé- pour la titration.

Y : volume de la solution du sol ; 20ml.

III.6.3 Dosage des sulfates (SO_4^{2-}).

Réactifs :

- Eau déminéralisée ayant une conductivité $< 0.1 \text{ mSm}^{-1}$.
- Solution NaCl, HCl :

Dans une fiole jaugée de 2000ml ajouter 40ml d'HCl concentré (36%, $d = 1.18$) à 480 de chlorure de sodium p .a. Ajuster au volume avec de l'eau déminéralisée . Homogénéiser.

- **Gomme d'acacia 0.25 % :**

Dans une fiole jaugée de 100ml dissoudre dans de l'eau déminéralisée 0.25g de gomme d'acacia. Ajuster au volume. Homogénéiser.

- **Chlorure de baryum ($\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) en poudre**
- **Solution mère de sulfate de sodium (Na_2SO_4) 200meq.l⁻¹ :**

Dans une fiole jaugée de 500ml contenant environ 400ml d'eau déminéralisée dissoudre 7.1025g de sulfate de sodium anhydre, ajuster au volume. Homogénéiser.

- **Solution fille de sulfate de sodium (Na_2SO_4) :**

Dans une fiole jaugée de 1000ml diluer respectivement 5, 10, 15, 20 et 25 ml de la solution mère avec de l'eau déminéralisée. Ces solutions contiennent respectivement 1, 2, 3, 4 et 5 meq/l. Ajuster au volume avec de l'eau déminéralisée. Homogénéiser.

Mode opératoire :

- Transférer 25ml de l'extrait dilué (à 10 ou à 100) dans une fiole jaugée de 100ml et ajouter 10ml de la solution (NaCl , HCl), 2ml de gomme d'acacia et 1g de poudre de chlorure de baryum.
- Agiter à la main et ajuster au volume avec de l'eau déminéralisée. Homogénéiser
- Préparer un témoin et les solutions filles selon le même protocole.
- En prenant le témoin comme référence, ajuster à 0.00 l'absorbance du spectrophotomètre, régler à 600nm.
- Mesurer l'absorbance au spectrophotomètre à 600nm pour les solutions filles et les échantillons.

Calcul :

Après lecture au spectrophotomètre, préparer un graphique sur papier millimètre dont l'axe des X étant l'absorbance et l'axe des Y la concentration en sulfates (meq/l) des solutions filles.

Tracer la droite d'étalonnage et déterminer à l'aide de cette droite les concentrations en sulfates (meq/l) des échantillons de la façon suivante :

$$\text{SO}_4 \text{ (meq/l)} = C \cdot D \text{ ou mmol/l}$$

C : concentration calculée à partir de la droite d'étalonnage.

D : niveau de dilution (10 ou 100).

III. 7. Mesure de la capacité d'échange cationique.

❖ Matériel utilisé

-Centrifugeuse

-Bécher de 1000ml

Préparation de la solution d'acétate de sodium

Peser 82.03g d'acétate de sodium dans un litre d'eau distillée +agitation dans un bécher d'un litre.

Préparation de la solution d'acétate l'ammonium

Peser 77.04g d'acétate d'ammonium dans un litre d'eau distillée +agitation.

Préparation de l'échantillon

-Peser 5g du sol et le mettre dans des tubes de centrifugeuse +20ml d'éthanol et les poser dans la centrifugeuse 3000 tr/min pendant 5 min et jeter la solution (répétition 3 fois).

-Ajouter 50ml d'acétate de sodium (1N) et les mettre dans la centrifugeuse 3000 tr/min pendant 5 min

- récupérer la solution pour les cations K, Mg, Ca échangeable. Laver à l'éthanol (3fois) et jeter la solution.

Ajouter au culot 50ml d'acétate d'ammonium à 3 reprises (50ml, 50ml, 50ml), doser la « CEC »dans cette solution par le dosage du Na.

-Peser 5g du sol.

-Laver à l' »thanol3 fois (20mlx3), jeter la solution.

-Ajouter 50ml x3 d'acétate d'ammonium pour le dosage du sodium échangeable.

La lecture de l'échantillon du CEC:

$$\text{CEC} = \text{R.V/S} \cdot 100/1000$$

S : poids du sol

R : résultat en meq du Na.

V : volume de l'extraction (150ml)

III. 8. Chlorure de sodium (1000ppm)

Préparation de la gamme d'étalonnage :

-Peser 2.5g de NaCl dans une fiole de 500ml et compléter jusqu'à un litre d'eau distillée, agiter

Solution fille

Dans une fiole de 100ml diluer respectivement 1.2.4.6.8.10 ml de la solution mère (NaCl) avec de l'eau distillée. Ces solutions contiennent respectivement 10.20.40.60.80.100ppm. Ajuster au volume avec de l'eau distillée, homogénéiser.

III. 9. Chlorure de potassium (1000ppm)

Dans une fiole de 1000ml dissoudre 1.9g de KCl dans 500ml d'eau distillée et compléter jusqu'à un litre d'eau distillée, agiter

Solution fille

Dans une fiole de 100ml diluer respectivement 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5, 3 et 3.5 de la solution mère avec de l'eau déminéralisée. Ces solutions contiennent respectivement 5, 10, 15, 20, 25, 30 et 35ppm. Ajuster au volume avec de l'eau distillée et homogénéiser.

Passer la gamme dans photomètre à flamme puis l'échantillon.

Chapitre IV

Résultats et Discussions

IV.1. Etude des propriétés des sols

IV.1.1. Sol du palmier 1 (palmier témoin)

Il ressort du tableau 15 que le sol est peu salé, la CE varie de 1.5 à 1.6 ds /m. le pH est basique accompagné par une concentration de la solution du sol en Na^+ et Cl^- et des teneurs faibles en NO_3^- et P_2O_4^- . Une légère salinisation de l'horizon souterrain est notée avec une croissance des teneurs en Na^+ , Cl^- , Ca^{++} , et Mg^{++} .

Le sol présente une faible capacité d'échange cationique où la CEC est strictement inférieure à 10C mol/Kg. L'augmentation de la CEC dans l'horizon Souterrain Coïncide avec l'augmentation des taux du Na^+ et diminution du Ca^{++} .

Tableau 15. Composition chimique du sol.

Horizons (cm)	pH	CE (dS.m ⁻¹)	Composition de la solution du sol (mMol.L ⁻¹)								
			Ca^{++}	Mg^{++}	Na^+	K^+	SO_4^{--}	Cl^-	HCO_3^-	NO_3^-	$\text{H}_2\text{PO}_4^{--}$
0-50	7.5	1,5	2.56	0,52	6, 93	0,9	4.56	8	2	0.14	0. 4
50-100	7.7	1,6	6,44	2,02	7.13	1,71	3.37	11	2.1	0.12	0, 3

Horizons (cm)	Cations échangeables en Cmol/Kg				
	Ca^{++}	Mg^{++}	Na^+	K^+	CEC
0-50	2,5	1,04	1,4	1,2	7.2
50-100	1.3	0.9	1.6	1.1	8.7

IV.1.2. Sol du palmier 2

Le tableau 16 révèle que le sol est moyennement salé et un pH basique. Une faible salinisation de l'horizon souterrain est enregistrée suivi par une croissance par lixiviation déscensum des éléments Na^+ , Cl^- , K^+ et Mg^{++} . Les taux du NO_3^- et PO_4^{--} sont faibles par rapports aux normes rapportés par (Fardeau, 1993).

Dans ce contexte, malgré que le sol présente une texture Sableux -limoneux, on note une augmentation de la CEC par rapport au sol témoin. Cette croissance est justifiée par l'augmentation des teneurs en potassium et en sodium.

Tableau 16.Composition chimique du sol.

Horizons (cm)	pH	CE (dS.m ⁻¹)	Composition de la solution du sol (mMol.L ⁻¹)								
			Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	SO ₄ [—]	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ [—]
0-50	7.4	1.7	4.54	1.12	7.59	3.52	6.71	6.4	2.25	0.7	1.06
50-100	7.5	1.8	3.3	1.60	8.24	4.45	5.68	9	2.5	0.8	0.82

Horizons (cm)	Cations échangeables en Cmol/Kg				
	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	CEC
0-50	3.26	1.9	7.16	2.32	14.2
50-100	1.54	0.9	8.56	4.29	13.87

IV.1.3.Sol du palmier 3

La composition chimique du tableau 17 montre que le sol se caractérise par un pH basique et une salinité faible. La solution du sol est enrichit par le K⁺ et le Na⁺ notamment dans la couche souterraine .le sol présente une faible fertilité azoté et un enrichissement remarquée en phosphore. La capacité d'échange cationique reflète une fertilité chimique moyenne où la CEC inferieure 20 C mol/Kg

Tableau 17. Composition chimique du sol

Horizons (cm)	pH	CE (dS.m ⁻¹)	Composition de la solution du sol (mMol.L ⁻¹)								
			Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	SO ₄ [—]	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ [—]
0-50	7.5	1.5	2.64	0.76	5.11	2.58	3.49	9.2	3.5	0.23	2.09
50-100	7.4	1.4	0.9	2.44	5.11	3.33	3.66	8	2.75	0.12	1.45

Horizons (cm)	Cations échangeables en Cmol/Kg				
	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	CEC
0-50	3.44	2.78	6.94	2.2	13.24
50-100	2.89	2.12	7.27	1.81	14.75

IV.1.4.Sol du palmier 4

Selon les données exposées par le tableau ci-dessous, le sol présente les mêmes données du sol traité par le potassium dans les stades Loulou et Bser

Tableau 18. Composition chimique du sol

Horizons (cm)	pH	CE (dS.m ⁻¹)	Composition de la solution du sol (mMol.L ⁻¹)								
			Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	SO ₄ ⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻
0-50	7.2	1.9	5.48	1.36	9.31	1.52	4.52	8.6	2.5	0.6	0.84
50-100	7.3	2	3.7	2.81	9.96	1.20	4.79	8	4	0.8	1.13

Horizons (cm)	Cations échangeables en Cmol/Kg				
	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	CEC
0-50	3.44	2.6	7.48	2.10	14.24
50-100	3.1	1.81	8.34	2.71	14.57

IV.1.5.Sol du palmier 5

Le sol a un pH basique accompagné par une salinisation souterrain de la couche rizhosphérique souterraine. La CE varié de 1.2 et 1.8 ds/m, cette salinisation est expliquée par un dynamique par lixiviation des sels solubles .le sol présente des teneurs faible eu NO₃⁻ et PO₄⁻ . Dans ces conditions, on note que l'ajout fractionné du potassium est en faveur d'une augmentation de la CEC et de la teneur en potassium échangeable. Cette croissance en cet élément est, aussi, accompagné par l'augmentation du Sodium échangeable.

Tableau 19. Composition chimique du sol 5

Horizons (cm)	pH	CE (dS.m ⁻¹)	Composition de la solution du sol (mMol.L ⁻¹)								
			Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	SO ₄ ⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻
0-50	7.45	1.2	1.88	0.2	5.65	3.52	3.67	6.21	3.25	0.29	0.85
50-100	7.35	1.8	2.28	2.64	7.76	4.57	4.73	8.5	2.5	0.7	0.91

Horizons (cm)	Cations échangeables en Cmol/Kg				
	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	CEC
0-50	3.52	1.8	5.48	3.9	14.8
50-100	3.27	1.2	7.91	3.84	13.98

IV.1.6. Sol du palmier 6

L'examen du tableau 20 illustre que le sol augmente de salure, la C E oscille entre 1.5 et 2 ds/m .Cette croissance de la salinité est accompagnée par l'augmentation du la teneur en sodium et magnésium et une diminution du calcium Les teneurs en NO₃⁻ et PO₄⁻ restent faibles dans la solution du sol. La CEC exprime une fertilité chimique moyennent les teneurs sont à l'ordre de 15 Cmol /Kg .K⁺ et Na⁺ augment de teneurs en faveur d'une diminution du Ca⁺⁺ et Mg⁺⁺.

Tableau 20.Composition chimique du sol

Horizons (cm)	pH	CE (dS.m ⁻¹)	Composition de la solution du sol (mMol.L ⁻¹)								
			Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	SO ₄ ⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ⁻
0-50	7.54	1.5	3.7	2.56	6.51	2.10	3.77	7.2	3.2	0.6	1.42
50-100	7.65	2.0	3.2	3.07	7.73	2.29	5.71	7	4.25	0.9	2.40

Horizons (cm)	Cations échangeables en Cmol/Kg				
	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	CEC
0-50	3.46	1.1	8.13	2.49	14.67
50-100	2.74	0.9	8.31	2.72	14.87

IV.1.7. Sol du palmier 7

Le tableau 21 montre que la solution du sol est enrichit par le potassium échangeable. Cette enrichissement est suivi par l'augmentation des la capacité d'échange cationique notamment pour l'horizon souterrain.

Tableau 21. Composition chimique du sol

Horizons (cm)	pH	CE (dS.m ⁻¹)	Composition de la solution du sol (mMol.L ⁻¹)								
			Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	SO ₄ ⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻
0-50	7.62	2	3.52	0.72	8.94	3.90	4.74	10.5	3.75	0.15	1.47
50-100	7.46	1,6	1.2	2.62	7.27	3.45	3.69	8	3.25	0.12	1.26

Horizons (cm)	Cations échangeables en Cmol/Kg				
	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	CEC
0-50	3.54	3.56	6.02	4.55	17.21
50-100	3.01	3.21	8.34	4.84	18.23

IV.2.Composition minérale des palmes

IV.2.1. Teneurs des palmes en calcium

L'examen de la Figure 10 illustre que le Ca⁺⁺ est mieux absorbé en présence du K⁺ comparativement au témoin .Les teneurs des palmes en Ca⁺⁺ sont comprises entre 20 et 26.6 mg tandis que elles sont à l'ordre de 18 mg pour la datte Témoin. Ainsi, on note que le fractionnement de la fertilisation potassique semble favorise plus l'absorption du calcium .L'absorption minérale en Ca⁺⁺ diminue avec la maturation de la Datte Deglet-Nour.

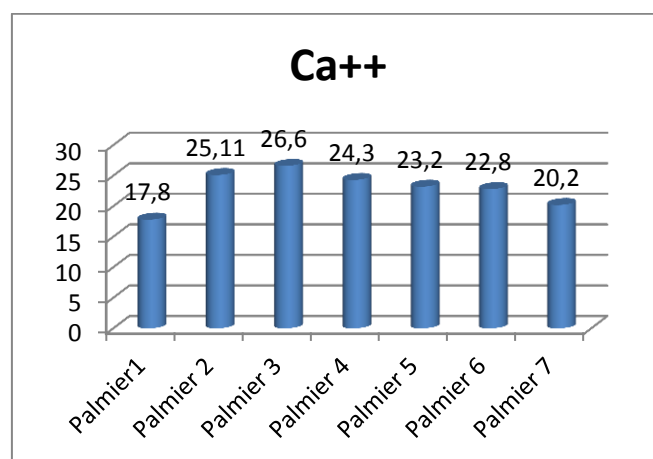


Figure 10. Teneurs des palmes en Ca⁺⁺

IV.2.2. Teneurs des palmes en magnésium

Selon les résultats de la figure 11, on note que les palmes qui ont subi un fractionnement potassique sont plus alimentées en Mg⁺⁺ que les palmes témoins. Les teneurs en magnésium des palmes enrichis par le K⁺ varient de 12,5 et 17 mg. A ce propos, on note une augmentation des teneurs en Mg⁺⁺ avec l'évolution des stades de maturité de la datte. Le fractionnement du K⁺ dans le stade Khlel semble favoriser une meilleure absorption du Mg⁺⁺.

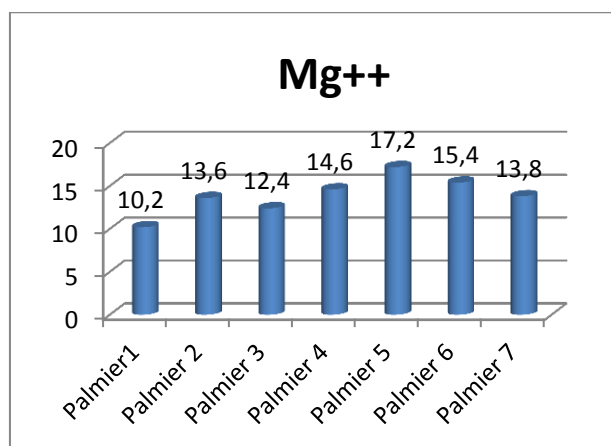


Figure 11. Teneurs des palmes en Mg⁺⁺

IV.2.3. Teneurs des palmes en sodium

L'analyse de la figure 12 montre que la fertilisation potassique réduit les teneurs en Na⁺ dans les palmes. Les teneurs des palmes en sodium sont comprises entre 22,25 et 28 mg tandis qu'elles sont à l'ordre de 42,4 mg pour les palmes témoins. On suggère qu'une

régression des taux du Na^+ dans les palmes est plus prononcée après le fractionnement du K^+ dans le stade de maturité Loulou.

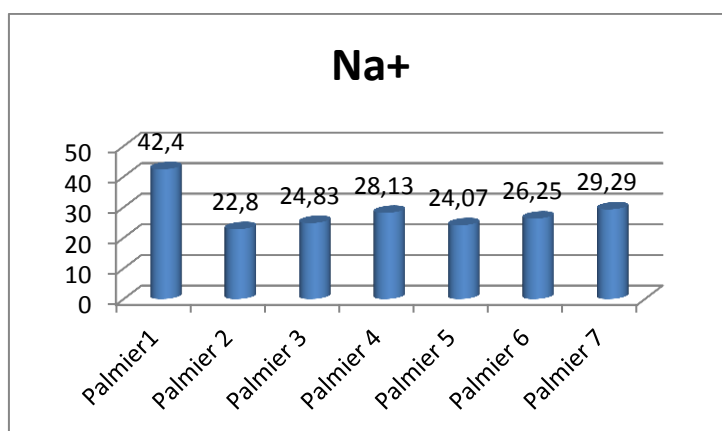


Figure 12. Teneurs des palmes en Na^+

IV.2.4. Teneurs des palmes en potassium

La fertilisation potassique fractionnée favorise une meilleure absorption du K^+ comparativement aux palmes témoins. Les teneurs en K^+ absorbées au niveau des palmes varient de 30 à 78.5 mg. Une meilleure absorption potassique des palmes est enregistrée après le fractionnement de cet élément dans les stades (Loulou -Khlel), (Loulou -Bser) et (Loulou et Bleh), tandis que les mauvaises teneurs en K^+ des palmes sont signalées après le fractionnement du potassium pour les stades (Khlel –Bleh) et (Bser –Bleh).

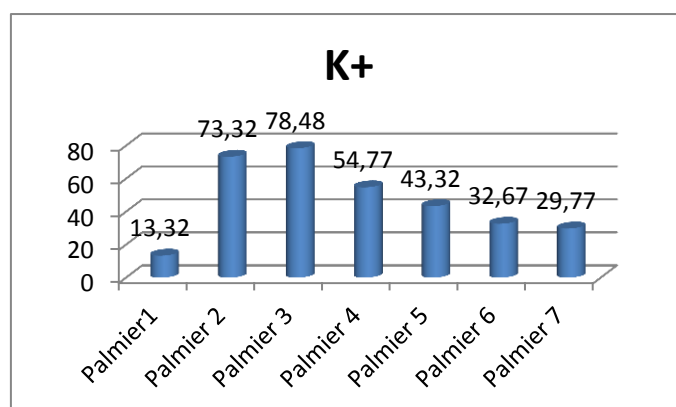


Figure 13. Teneurs des palmes en K^+

IV.3.Composition minérale des dattes

IV.3.1. Teneurs des dattes en calcium

L'examen de la figure 14 montre que la composition minérales des dattes en Ca^{++} est influencée par la fertilisation potassique fractionnée, Ainsi ; on note que les dattes produites après la fertilisation au stades loulou présentent les taux les plus élevés. Dans ce stades, les taux des dattes en Ca^{++} sont relativement plus importantes que ceux des dattes témoins.

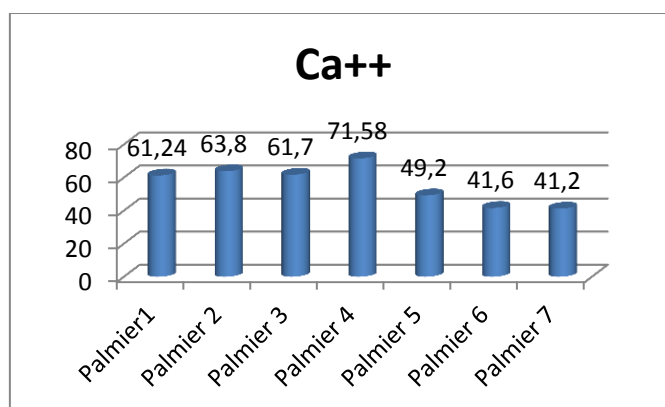


Figure 14. Teneurs des dattes en Ca^{++}

IV.3.2. Teneurs des dattes en Magnésium

La figure 15 illustre que les dattes qui ont subi une fertilisation potassique présente moins de Mg^{++} comparativement aux dattes témoins ceci semble être liée à la croissance des taux de Ca^{++} dans les différentes dattes analysées. Dans ce cas, on suggère que la fertilisation potassique n'a pas d'effet significatif sur la qualité minérale des Dattes en Mg.

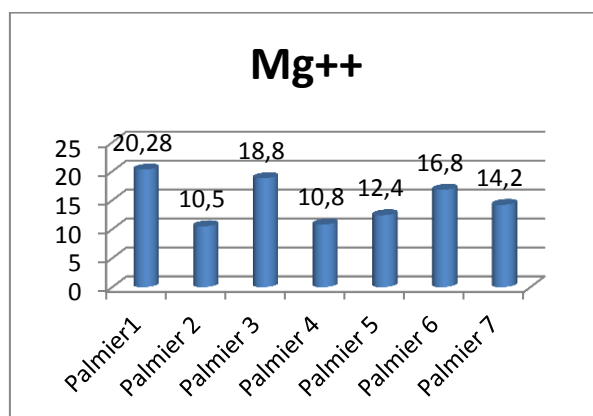


Figure 15. Teneurs des dattes en Mg^{++}

IV.3.3. Teneurs des dattes en sodium

L'examen de la figure 16 révèle que la composition minérale des dattes en sodium des palmiers présente un effet positif après une fertilisation potassique. En effet, on note une chute remarquable du taux de Na^+ des dattes analysées par rapport aux dattes témoins.

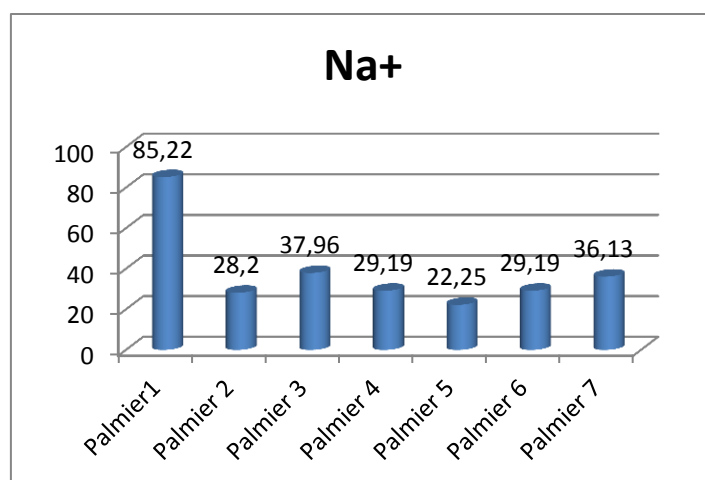


Figure 16. Teneurs des dattes en Na^+

IV.3.4. Teneurs des Dattes en potassium

L'analyse de la figure 17 montre que les dattes des palmiers fertilisés présentent des taux remarquables par rapport aux dattes témoins. Les teneurs en K^+ sont comprises entre (1025.6 et 1420)mg pour les différentes dattes examinées. A ce propos, la fertilisation fractionnée aux stades Loulou, Khlel, (Loulou-Bser) et (Loulou-Bleh) présentent les résultats comparativement aux dattes de différents stades.

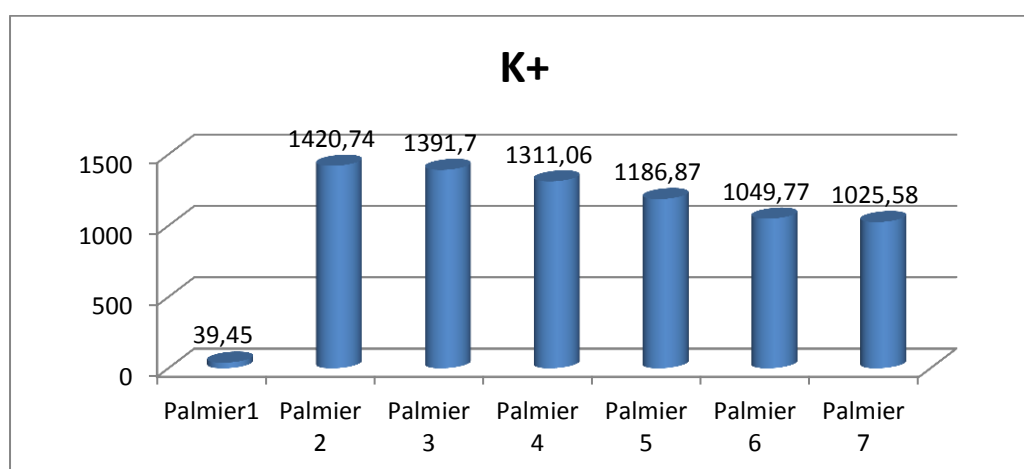


Figure 17. Teneurs des dattes en K^+

IV.4.Composition biochimique des dattes

IV.4.1. Teneurs des dattes en Sucres Totaux

L'examen de la figure 18 montre que les dattes analysées présentent des taux plus importante que de la datte témoins.

Les teneurs varient de 64 à 76% A ce propos les résultats montrent que les dattes qui ont subies une fertilisation potassique aux stades (loulou) présentent les meilleurs résultats .

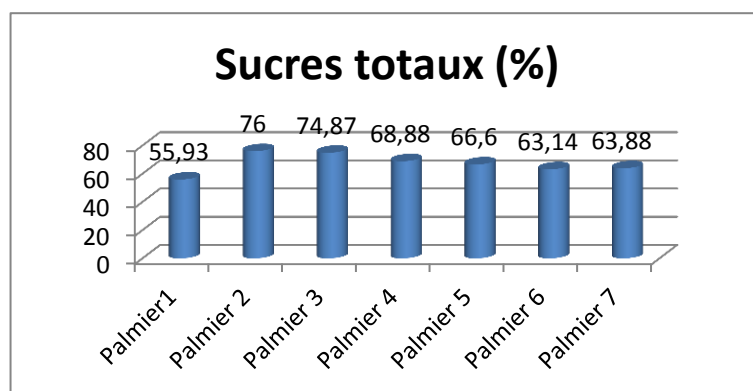


Figure 18. Teneurs des dattes en sucres totaux.

IV.4.2. Teneurs en eaux des dattes

Il ressort du tableau ci-dessous que les dattes analysées présentent plus d'humidité que la dattes, témoin (palmier 1) la teneurs en eaux des dattes qui ont subient une fertilisation potassique oxillent de 19 à 24%.Les Dattes produites au Caus de la fertilisation potassique dans la phase Loulou présent les d'humidité que Celles produites dans les stades Khlel,Ber et Bleh

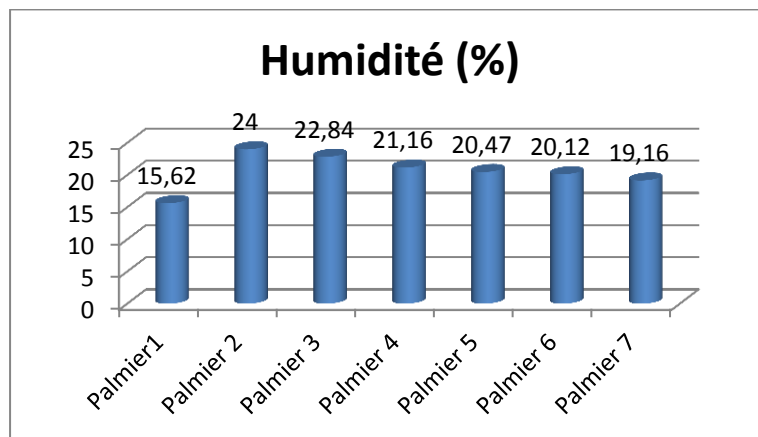


Figure19. Teneurs des dattes en eaux

IV.4.3.Evaluation de la consistance des dattes (Sucres totaux / humidité)

L'étude des figure 20 montre que les dattes témoins sont plus sèche comparativement aux dattes des palmiers fertilisés.

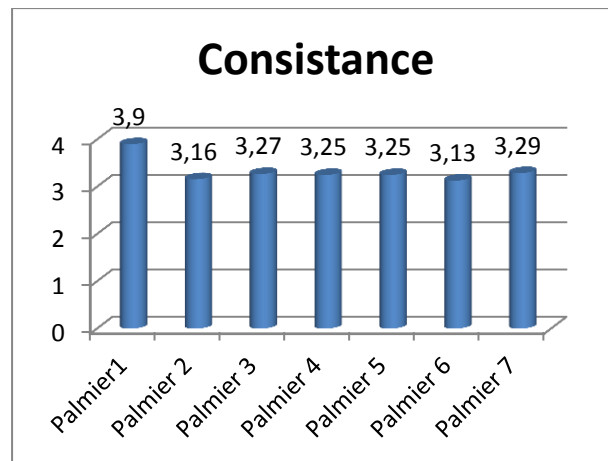


Figure 20. Consistance des dattes

Conclusion

Générale

Cette recherche est portée sur étude de l'effet de la fertilisation potassique fractionnée dans un sol limoneux sableux en fonction des stades de maturité (Loulou, Khlel, Bser, Bleh) sur composition chimique et biochimique de la datte Deglet-Nour ; une dose de 3 kg de sulfate de potasse est appliquée dans un sol des oasis des Ziban.

Les principaux résultats obtenus montrent que le sol étudié est moyennement salé où la salinisation est exprimée par une lixiviation des sels au cours de l'irrigation agricole. Elle est aussi, caractérisée par une faible minéralisation, un faciès chloruré sodique et un risque d'alcalisation faible à moyen.

On suggère que l'application d'une fertilisation fractionnée du K_2SO_4 permet l'augmentation des teneurs en K^+ soluble, échangeable et de la capacité d'échange cationique (CEC). Les taux obtenus demeurent au-dessus du seuil de fertilité potassique estimé par (Bučienė et al, 2014) de même, ils sont plus important que ceux rapportés par (Ait Mechedal et al, 2017) sur les sols salés. Cet enrichissement du statut potassique potassium est, particulièrement, observé après l'apport fractionné des engrais potassiques dans les stades de maturité (Bser et Bleh) de la datte Deglet-Nour. Aussi, il est noté que l'accroissance du taux K^+ échangeable semble en faveur d'une substitution isomorphique du sodium dans la solution du sol

Dans ce contexte, on note que la fertilisation potassique fractionnée affecte la composition minérale des palmes analysées. Ainsi, une diminution de la teneur du sodium accompagnée par une croissance notable du calcium et potassium est signalée, particulièrement, après le fractionnement du potassium dans les stades de maturité de la datte (Loulou et Khlel) et (Loulou et Bser), tandis que l'absorption magnésienne est plus remarquée dans les stades de maturité de la datte (Khlel et Bleh) et (Bser et Bleh).

Il est admet que l'application fractionnée des sulfates de potasse affecte la composition minérale des dattes Deglet-Nour. En effet, les fruits obtenus présentent des teneurs plus élevées en potassium et en calcium par rapport aux dattes témoin et aux données bibliographiques relatives au même cultivars (Benchaabane, 2007 ;Mrabet et al, 2008 ;Ben Thabet et al, 2009 ; Khechai et Daoud ,2017) et à d'autres cultivars (Ahmed and Ahmed, 1995 ; Al-Hooti al 2002 ; Ali-Ahmed and Khamis , 2004). Cette augmentation en Ca^{++} et K^+ est plus prononcée dans les stades de mûr de datte (Loulou et Khlel),(Loulou et Bser) et

(Loulou et Bleh). Ce résultat illustre une bonne alimentation potassique est en faveur d'une absorption de calcium

Aussi, l'analyse de la composition biochimique montre que les sucres totaux, les teneurs en eaux des dattes et la consistance est tributaire d'un bon approvisionnement en potassique est influencée positivement par la fertilisation potassique. A ce propos on remarque que ces paramètres de qualités présentent les teneurs les plus élevées, notamment, après une fertilisation dans les stades de maturité de la datte (Loulou et Khlel) et (Loulou et Bser).

En fin, il ressort de cette étude que la fertilisation potassique fractionné engendre une augmentation du réservoir du sol en potassium. Ainsi, bonne une gestion durable et la la production de datte Deglet-Nour de qualité, il est utile d'appliquer un fractionnement de cet élément fertilisant aux cours des trois premiers stades de maturité de la datte.

Référence bibliographique

- (Anonyme ; octobre 1984) -étude de la fertilisation nitro-phospho -potassique du maïs sur verti sol et sur sol peu évolué d'apport
- Acourene , s. Buelguedj . M ; tama. M ; taleb. B ; (2001). Caractérisation évaluation de la qualité de la datte et identification des cultivars rares de palmier dattier de la région des zibans . Recherche agronomique, n° 8. Ed. Inraa. 19-39.
- Albert. L ; (1998). La santé par les fruits .ed. Veechi, 44-74.
- Ali mhiri, 2002- le potassium dans les sols de tunisie. Institut national agronomique de tunisie.13p.
- Al-shahib w. Marshall r. J; 2003. The fruit of the date palm: it's possible use as the best food for the future. *Int. J. Food sci. Nutr.*, 54: 247-259. [abstract].
- Al-shaib w. Marshall rj ; 2002. Dietary fibre content of dates from 13 varieties of date palm *Phoenix dactylifera* L. International journal of sciences and nutrition. 54,247-259.
- Asaha dvm, ueda a, saneoka h, al-yahyai r, yaish mw.2017 the role of Na⁺ and K⁺ transporters in salt stress adaptation in glycophytes. *Front physiol.* 18;8: 509.
- Baliga . M-s. Baliga . B-r-v. Kandathil . S-m ; (2011). A review of the chemistry and pharmacology of the date fruits (*Phoenix dactylifera* L.). Food
- Belguedj .m ; (2002). Caractéristique des cultivars de dattiers dans les palmeraies sud-est algériens . (ed) dossier - document – débat ,289p.
- Ben abbes. Farah ; (2011). Magister, étude de quelques propriétés chimiques et
- Benchabane. A ;(1996). Rapport de synthèse de l'atelier « technologie et qualité de la datte ». In options méditerranéennes, série a , n°28. Séminaires méditerranéens. Ed. Iam, zaragoza, spain ,205-210.
- Benflis .s ;(2006). Caractéristiques biochimiques de l'extrait de datte variété sèche «mech-degla ». Mémoire d'ingénieur. Département d'agronomie. Batna, 49 p.
Biologiques d'extraits de dattes « *Phoenix dactylifera* L. ».
- Bose j, munns r, shabala s, gillham m, pogson b, tyerman sd, 2017. Chloroplast function and ion regulation in plants growing on saline soils: lessons from halophytes. *J exp bot.* 1;68(12):3129-3143.
- Boudrar. C. Bouzid l. Et nait larbi h ; (1997). Étude des fractions minérale et glucidique de la datte *deglet-nour* au cours de la maturation. Mémoire d'ingénieur, ina. El Harrach. Alger 60 p.

- Buelguedj. M ; (2001). Caractéristiques des cultivars de dattes dans les palmeraies du sud-est algérien. Revue annuelle. Inraa. El-harrach alger, n° 11, pp 289.
- Chen z, pottosin i i, cuin ta, fuglsang at, tester m, jha d, 2007. Root plasma membrane transporters controlling k^+/na^+ homeostasis in salt-stressed barley. Plant physiol. 145(4):1714-25
- Chibane. Hayet ; (2011).aptitude technologiques de quelques variétés communes de dattes : formulation d'un yaourt naturellement sucré et aromatisé.
- Clemente .j.m, martinaz .h.e , alves .l.c,2015.effects of nitrogen and potassium on the chemical composition of coffee beans and on beverage quality. Acta scientiarum, agronomy ,v37, n3, p 297-305.
- Daas amiour. Saliha ;(2009). Etude quantitative des composés phenoliques des extraits de trois variétés de dattes (*Phoenix dactylifera* L.) Et évaluation in vitro de leur activité biologique.de recherche scientifique pour le développement en coopération (Orstom) laboratoire de pédologie B. Denis .
- Devshony. S. E. Eteshola et A. Shani ; (1992). Characteristics and some potential applications of date palm (*Phoenix dactylifera* L) seeds and seed oil.
- Djerbi. M ; (1994). Précis de phoeniciculture. Fao, 192 p.
- Djoub. A ;(2007). Essai de formulation d'une margarine allégée à base d'un extrait de dattes mech-degla. Thèse de magister, spécialité génie alimentaire, université de Boumerdes. 102 p.
- Djoudi. Imane ; (2013). Contribution à l'identification et à la caractérisation de
- Espiard. E ; (2002). Introduction à la transformation industrielle des fruits. Ed.tech et doc- Lavoisier, 360 p.et de ses conséquences sur l'évolution de leurs caractéristiques physiques et chimiques ; Institut français
- European scientific journal June 2014 edition vol.10, no.18 ISSN: 1857 – 7881(print) e - ISSN1857- 7431.
- Fardeau Jc, 1993. Le phosphore assimilable des sols : sa représentation par un modèle fonctionnel à plusieurs compartiments. Agronomie,13,317-331.
- Favier, J.c. Ireland. R.j. Laussucq. C. Feinberg. M ;(1993). Répertoire général des aliments. Table de composition des fruits exotiques, fruits de cueillette d'Afrique. Tome iii, ed. Orstom edition, Lavoisier, Inra edition, 27-28.

- Favier. J.c. Ireland. R.j. Toque. C. Feinberg. M ; (1995). Répertoire général des aliments. Table de composition. Ed. Tec et doc-lavoisier, inra edition, cneva et ciquai ,897p.
- gierth m and mäser p, 2007. Potassium transporters in plants--involvement in k⁺ acquisition, redistribution and homeostasis. Febs lett. 25;581(12):2348-56.
- Hannachi. S. Khitri. D. Benkhalifa .a et brac de perrière r.a ; (1998). Inventaire variétal de la palmeraie algérienne. Ed. Anep. Rouiba, alger. 225 p.
- Henk. J. Zwir. E. Rik. L ;(2003). Caroténoïdes et flavonoïdes contre le stress oxydatif. Arômes ingrédients additifs, n° 44,42-45.
- J. Boysr, ingénieur agronome ina, directeur de recherches, office de la recherche scientifique et technique outre- mer (orstom), bondy/france. Comportement du potassium dans les sols tropicaux cultivés. Tiré-à-part du compte rendu du 10e colloque .de l'institut international de la potasse, abidjan/côte d'ivoire (1973).
- Jaccot. B. Campillo. B ; (2003). Nutrition humaine. Ed. Masson, paris, 311 p.
- jacoby rp, taylor nl, millar ah, 2011. The role of mitochondrial respiration in salinity tolerance.trends plant sci. Nov;16(11):614-23.
- Javad roussta m, 2010. Effect of application of potassium sulfate and calcium chloride on date bunch fading disorder iniran.19th world congress of soil science, soil solutions for a changing world, brisbane , australia ,2p.
Journal of the american oil chemists' society (jaocs), 69.595-597.
- Kaiser de, rosen cj., and lam j a, 2016 . Potassium for crop production. From regents of the university of minnesota website:www.extension.umn.edu/agriculture/nutrient-management/,9p.
- Kendri. S ; (1999). Caractéristiques biochimiques de la biomasse "*saccharomyces cerevisiae*" produite à partir des dattes "variété ghars". Mémoire d'ingéniera. Département d'agronomie. Batna. 51 p.
- kronzucker hj, szczerba mw, schulze lm, britto dt,2008 . Non-reciprocal interactions between k⁺ and na⁺ ions in barley (*hordeum vulgare* l.). J exp bot. 59(10):2793-801.
- Loué (*) ;(note préseiitée par m. Drouineau) ; 9 mai1970 - importance de l'interaction azote x potassium dans l'appréciation de la reponse à la potasse, pp. 721à739.

- M. Zeraoui et m. Mrini ;(24-28) novembre, 2004 -fertilité des sols et fertilisation potassique des principales cultures dans la région du gharb (maroc): développement de la fertigation, office régional de mise en valeur agricole du gharb-kénitra.
- Mansouri. A. Embarek. G. Kokkalou. E. Kefalas. P; (2005). Phenolic profile and antioxidant activity of the algerian ripe date palm fruit (phoenix dactylifera). Food chemistry, 89,411-426.
- Masmoudi. N ; (2000). Essai de production de biomasse "*saccharomyces cerevisiae*" à partir des dattes "ghars". Mémoire d'ingénieur. Département d'agronomie. Batna.52p.
- Mhiri a,2002 ; le potassium dans les sols de la tunisie .atelier sur la gestion de la fertilisation potassique, acquis et perspective de la recherche, tunisie
- mills d, robinson k, hodge tk ,1985. Sodium and potassium fluxes and compartmentation in roots of atriplex and oat. Plant physiol. 78(3):500-9.
- Mohammadi.z, nejad.t.s, far .a.s, 2014. The effect of potassium sulfate fertilizer on potassium accumulation in leaves and stomatal behavior under deficit irrigation at flowering stage in cowpeas. International journal of plant, animal and environmental sciences. V.4, issue 2, p215-220.
- Mpika et al. 2015 influence d'un apport fractionné en potassium et en azote sur la croissance et le rendement de trois variétés de tomate de la zone périurbaine de brazzaville en république du congo, j. Appl. Biosci.
- Munier, p ; (1973). Le palmier dattier. Ed g-p maisonneuve, la rose. Paris.
- Munier. P ; (1973). Le palmier dattier, ed. Maison-neuve et larose, paris. 217 p.
- Nagoudi. Djamila ; (2014). Effet de la congélation sur les caractéristiques des dattes de cultivars timjoughert et adela, bent qbala.
- Nom des auteurs étermination de la dose optimale de fumure potassique sous culture de palmier à huile (*elaeisguineensis jacq.*) Dans les conditions du sud-est de la côte d'ivoire : cas du matériel végétal en cours de vulgarisation
- Noui .y ; (2001). L'optimisation de la production de la biomasse "*saccharomyces cerevisiae*" cultivé sur un extrait de datte. Mémoire d'ingénieur. Département d'agronomie. Batna, 62 p.

- oosterhuis dm, loka da' eduardo m.kawakami em' pettigrew wt,2014. The physiology of potassium in crop production. Advances in agronomy volume 126, pages 203-233
- Ouedraogo b ; 2013-relation entre potassium échangeable, matière organique et teneur en argile des sols dans les rotations coton-céréales sous culture. Diplome de master en science du sol. Université polytechnique de bobo-dioulasso, burkinafaso ; 58 p.
- Ouedraogo bouraïma ; 2013-relation entre potassium échangeable ,matière organique et teneur en argile des sols dans les rotations coton-céréales sous culture. Diplome de master ii en science du sol, universite polytechnique de bobo-dioulasso, burkinafaso, 58p.
- Prajapati k and modi ha, 2012. The importance of potassium in plant growth- a review. Indian journal of plant sciences, pp177-186.
Quelques accessions du palmier dattier (phoenix dactylifera.l) dans la région de biskra.research international, vol.44, pp : 1812 -1822.
- rogiers sy, coetzee za, walker rr, deloire a, tyerman sd, 2017 . Potassium in the grape (vitis vinifera l.) Berry: transport and function. Front plant sci. 27;8:1629.
- shen y, shen l, shen z, jing w, ge h, zhao j, zhang w,2015 . The potassium transporter oshak21 functions in the maintenance of ion homeostasis and tolerance to salt stress in rice. Plant cell environ. ;38(12):2766-79.
- Siboukeur. O ; (1997). Qualité nutritionnelle, hygiénique et organoleptique du jus de dattes. Thèse magister, ina.el-harrach, alger, 106 p.
- Tomas tc and thomas ac (2009).vital role of potassium in the osmotic mechanism of stomata aperture modulation and its link with potassium deficiency.plant signal behaviour 4(3)240–243.
- Vilkas. M ;(1993). Vitamines.ed.hermann, 158 p.
- Yahiaoui. K ; (1998). Caractérisation physico-chimique et évolution du brunissement de la datte « d-n » au cours de la maturation. Mémoire de magister. I.n.a. El harrach. Alger.66p.
- Zidani. Sara ; (2009). Influence des techniques de sechage sur la solubilite des proteines de la levure (saccharomyces cerevisiae) produite dans un milieu à base de datte.

Annexes

Composition minérale des palmes.

	Ca⁺⁺	Mg⁺⁺	Na⁺	K⁺	NO₃⁻	H₂PO₄⁻
Palmier 1	17.8	10.2	42.4	13.32	10.04	4.25
Palmier 2	25.11	13.6	22.8	73.32	4.31	3.62
Palmier 3	26.6	12.4	24.83	78.48	12.8	1.51
Palmier 4	24.3	14.6	28.13	54.77	5.48	4.81
Palmier 5	23.2	17.2	24.07	43.32	20.37	3.83
Palmier 6	22.8	15.4	26.25	32.67	7.77	6.46
Palmier 7	20.2	13.8	29.29	29.77	4.45	1.2

Composition minérale des Dattes.

	Ca⁺⁺	Mg⁺⁺	Na⁺	K⁺	NO₃⁻	H₂PO₄⁻
Palmier 1	61.24	20.28	85.22	39.45	8.3	1.12
Palmier 2	63.8	10.5	28.2	1420.74	-	2.22
Palmier 3	61.7	18.8	37.96	1391.7	11.50	1.68
Palmier 4	71.58	10.8	29.19	1311.06	-	1.85
Palmier 5	49.2	12.4	22.25	1186.87	5.17	1.34
Palmier 6	41.6	16.8	29.19	1049.77	4.42	2.24
Palmier 7	41.2	14.2	36.13	1025.58	6.01	3.38
Palmier7						

Composition biochimique des dattes.

	Sucres Totaux %	Humidité %	Consistance
Palmier1	55.93	15.62	3.9
Palmier2	76	24	3.16
Palmier3	74.87	22.84	3.27
Palmier4	68.88	21.16	3.25
Palmier5	66.6	20.47	3.25
Palmier6	63.14	20.12	3.13
Palmier7	63.88	19.16	3.29

Résumé

Cette étude a pour objet d'évaluer l'effet de la fertilisation potassique fractionnée en fonction des stades de maturité sur la qualité de la datte Deglet-Nour.

Les principaux résultats obtenus montrent que l'application d'une fertilisation fractionnée par le K_2SO_4 a permis l'enrichissement du statut potassique potassium, particulièrement, aux stades de maturité (Bser et Bleh) de la datte Deglet-Nour.

Dans ce contexte, on note que la fertilisation potassique fractionnée affecte la composition minérale des palmes analysées. En effet, une croissance notable du Ca^{++} et K^+ est accompagnée d'une diminution de la teneur en Na^+ des palmes dans les stades de maturité de la datte (Loulou et Khlel) et (Loulou et Bser).

L'application fractionnée des sulfates de potasse affecte la composition minérale et biochimique de la datte Deglet-Nour. En effet, les fruits obtenus présentent des teneurs plus élevées en potassium et en calcium par rapport aux dattes témoin et aux données bibliographiques relatives au même cultivar. De même, l'augmentation des teneurs dattes en sucres totaux et en eaux est tributaire d'un bon approvisionnement en potassique.

Mots clés : Ziban, Deglet-Nour, Fertilisation fractionnée, potassium, qualité des dattes.

ملخص

الغرض من هذه الدراسة هو تقييم تأثير التسميد البوتاسي الجزئي بمرحلة النضج على جودة نقلة-نور.

أهم النتائج المتحصل عليها تظهر أن تطبيق التخصيب بالبوتاسيوم (K_2SO_4) المجزأ بمراحل يسمح بغناء تموضع بوتاسيوم البوتاسيك الجزئي على مراحل نضج (Bser et Bleh) على تمر نقلة نور.

في هذا السياق تحصلنا بأن التخصيب بالبوتاسيوم المجزأ بمراحل يؤثر على التركيب المعدني للجريد المدروس. حيث يؤثر على زيادة Ca^{++} و K^+ و الموافق لانخفاض محتوى Na^+ في لجريد المدروس في مراحل نضج التمر (Loulou et Khlel) و (Loulou et Bser).

تطبيق سلفات البوتاس المجزأ على مراحل يؤثر على التركيب العضوي والكيميائي لتمر نقلة نور. الثمار المتحصل عليها تعطي أن المحتوى عالي بالبوتاسيوم و الكالسيوم مقارنة بالتمر الشاهد (الغير مخصب) و المعطيات البيبلوغرافية المرتبطة مع هذا الصنف. و في نفس السياق زيادة محتوى التمر بالسكر الإجمالي و الماء يعتمد على إمدادات جيدة من البوتاسيوم.

الكلمات المفتاحية: الزيبان , نقلة نور , التخصيب المجزأ , البوتاسيوم , جودة التمر .

Summary

The purpose of this study is to evaluate the effect of fractional potassic fertilization with maturity stages on the quality of the Deglet-Nour date.

The main results obtained show that the application of a fractional fertilization by K_2SO_4 allows enrichment of potassium status, particularly at the maturity stages (Bser and Bleh) of the Deglet-Nour date.

In this context, it is noted that fractional potassic fertilization affects the mineral composition of the palms analyzed. Indeed, a notable growth of Ca^{++} and K^+ is accompanied by a decrease in the Na^+ content of the palms in the maturity stages of the date. (Loulou and Khlel) and (Loulou et Bser).

The fractional application of potassium sulphate affects the mineral and biochemical composition of the Deglet-Nour date. In fact, the fruits obtained have higher levels of potassium and calcium compared to control dates and bibliographic data relating to the same cultivar. Similarly, the increase in the dates of total sugars and water is dependent on a good supply of potash.

Key words: Ziban, Deglet-Nour, Fractionated Fertilization, Potassium, Date Quality