

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE ABDELHAMID IBN BADIS DE MOSTAGANEM



Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences agronomiques
Laboratoire de Biodiversité, conservation de l'eau et des sols
Domaine : SNV
Filière : Sciences Agronomiques
Spécialité : Production agricole et développement agricole durable

THESE

PRESENTEE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME DE
DOCTORAT 3^{ème} CYCLE LMD

Par

OUAMANE Rim

THEME

**Effet de la salinité des sols sur la production des dattes
Essai de fertilisation phospho-potassique
sur le palmier dattier dans la région des Ziban**

Soutenue publiquement le 25/04/2019 Devant le jury composé de :

Président	Pr LOTMANI Brahim	Université de Mostaganem
Examineur	Pr LARID Mohamed	Université de Mostaganem
Examineur	Pr BELKHODJA Moulay	Université d'Esenia-Oran
Directeur de thèse	Pr REGUIEG Y. Houcine A.	Université de Mostaganem
Co-directeur de thèse	Dr MASMOUDI Ali	Université de Biskra

Année universitaire : 2018/ 2019

Remerciements

Je tiens à exprimer mes remerciements à :

*MM. le Pr. REGUËG Yssad Houcine, Dr. MASMOUDI Ali : respectivement,
Directeur et co-directeur de thèse pour leur patience, compréhension et orientations qui ont
permis de mener ce travail à son achèvement.*

*Je souhaite également remercier MM. le Dr. Abd El Hafid Yossef et OUAMANE
Tarek chercheurs au (C.R.S.T.R.A) de Biskra pour toute leur aide précieuse.*

*Mr HADOUO Nadjib propriétaire de la palmeraie objet de notre étude, qui nous a
apporté soutien et aide pour la réalisation de ce travail, qu'il trouve- ici nos remerciements et
reconnaissance.*

*Nos remerciements à tout le personnel du laboratoire du département d'agronomie de
Biskra pour leur collaboration.*

A toutes les personnes qui ont contribué à l'épanouissement de ce modeste travail.

J'adresse mes vifs remerciements

Dédicaces

A mes chers parents pour leur soutien indéfectibles. A mon époux, pour les hautes valeurs qu'il porte dans son cœur et son esprit, sa patience,

A mes sœurs et mes frères,; Sofiane, Youcef, Mohammed.

A tous mes enseignants et encadreurs depuis mon âge de l' «abc» jusqu'à ce jour ... une pensée à ceux qui nous ont quitté.

A tous ceux qui suent pour que notre « Oumma » progresse et se hisse à la place qui devrait être la sienne.

A tous mes ami (e)s avec lesquels j'ai partagé espoirs, succès... et ... désillusions.

Je dédie ce travail.

Table des matières

Résumé.....	I
Liste des figures	II
Liste des tableaux.....	III
Introduction	1

CHAPITRE 1

PRESENTATION DE LA REGION D'ETUDE

1.1. SITUATION GEOGRAPHIQUE DE LA REGION D'ETUDE	4
1.2. L'ETUDE CLIMATIQUE.....	5
1.2.1. LES DONNEES CLIMATIQUES	5
A. <i>Température</i>	5
B. <i>Précipitations</i>	6
C. <i>Les vents</i>	7
E. <i>L'Humidité relative</i>	8
1.2.2. SYNTHESE CLIMATIQUE.....	8
A. <i>Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN</i>	8
B. <i>Quotient pluviométrique d'Emberger</i>	9
1.3. LE SOL.....	10
1.3.1. SOL DES MILIEUX ARIDES	10
1.3.2. SOLS DE LA REGION DE BISKRA	10
A. <i>Sol calcaire</i>	11
B. <i>Sols gypseux</i>	12
C. <i>Interaction gypse- calcaire</i>	14
D. <i>Sol salé</i>	14
1.4. HYDROGEOLOGIE DE LA REGION.....	19
1.4.1. LES NAPPES SUPERFICIELLES	19
1.4.2. LES NAPPES DES SABLES.....	19
1.4.3. LA NAPPE DES CALCAIRES	19
1.5. COUVERT VEGETAL	20

CHAPITRE 2

GENERALITES SUR LE PALMIER DATTIERS

2.1. INTRODUCTION.....	22
2.2. SYSTEMATIQUE	22

2.3. ORIGINE ET HISTOIRE	22
2.4. REPARTITION GEOGRAPHIQUE	23
2.4.1. DANS LE MONDE	23
2.4.2. EN ALGERIE.....	24
2.5. DESCRIPTION MORPHOLOGIQUE DU PALMIER DATTIER	25
2.5.1. APPAREIL VEGETATIF.....	25
A. <i>Les palmes</i>	25
B. <i>Le tronc</i>	26
C. <i>Les racines</i>	26
D. <i>La couronne, ou la frondaison</i>	27
2.5.2. L'APPAREIL REPRODUCTEUR	28
A. <i>Les inflorescences ou les spathes</i>	28
B. <i>Les fleurs</i>	28
C. <i>Le fruit</i>	29
2.6. LES EXIGENCES ECOLOGIQUES ET EDAPHIQUES	30
2.6.1. ECOLOGIQUES.....	30
A. <i>La température</i>	30
B. <i>La lumière</i>	30
C. <i>La pluviométrie</i>	30
D. <i>Les vents</i>	31
E. <i>L'humidité</i>	31
2.6.2. EDAPHIQUES	31
A. <i>Les besoins hydriques</i>	31
B. <i>Le sol</i>	32
2.7. CALENDRIER CULTURAL	32
2.7.1. DEFONCEMENT DE LA CROUTE GYPSEUSE	32
2.7.2. AMENDEMENT	32
2.7.3. TRAVAIL DU SOL.....	33
2.7.4. PLANTATION.....	33
2.7.5. FERTILISATION	34
A. <i>Organique</i>	34
B. <i>Minérale</i>	35
2.7.6. POLLINISATION	37
2.7.7. IRRIGATION	38
2.7.8. TOILETTAGE DU PALMIER DATTIER	39
A. <i>Les Kornafs</i>	39
B. <i>Ciselage des régimes</i>	39
2.7.9. LIMITATION DE NOMBRE DE REGIME.....	40
2.7.10. SEVRAGE	40
2.8. LES METHODES DE MULTIPLICATION DE PALMIER DATTIER	41
2.9. LA RECOLTE	41
2.10. IMPORTANCE DU SECTEUR PHOENICICOLE.....	42
2.10.1. DANS LE MONDE	42
2.10.2. EN ALGERIE.....	43
2.10.3. DANS LES ZIBAN	45

2.11. GENERALITE SUR LES DATTES	45
2.11.1. DEFINITION DE LA DATTE	45
2.11.2. FORMATION ET MATURATION DE LA DATTE	46
2.11.3. LES VARIETES DES DATTES	47
2.11.4. CLASSIFICATION DES DATTES	47
2.12. COMPOSITION BIOCHIMIQUE DE LA PARTIE COMESTIBLE (PULPE)	47
2.12.1. L'EAU.....	47
2.12.2. LES SUCRES	48
2.12.3. LES PROTEINES	48
2.12.4. LES LIPIDES	49
2.12.5. LES ELEMENTS MINERAUX	50
2.12.6. LES VITAMINES	50
2.12.7. LES FIBRES	51
2.12.8. LES COMPOSES PHENOLIQUES.....	51
2.13. COMPOSITION BIOCHIMIQUE DE LA PARTIE NON COMESTIBLE « NOYAU »	52
2.14. VALEUR NUTRITIONNELLE DE LA DATTE	52
2.15. TECHNOLOGIE DE LA DATTE	53
2.15.1. CONDITIONNEMENT DE LA DATTE.....	53
2.15.2. TRANSFORMATION DE LA DATTE	53
2.15.3. IMPORTANCE ECONOMIQUE DE LA TRANSFORMATION DE LA DATTE	55

CHAPITRE 3

IMPACT DE STRESS SALINS SUR LES PLANTES ET LE PALMIERS

3.1. LE STRESS SALIN	56
3.1.1. NOTION DE STRESS.....	56
3.1.2. EFFETS DE LA SALINITE SUR LES PLANTES	56
A. <i>Sur la croissance</i>	57
B. <i>Sur l'eau et l'Oxygène dans la plante</i>	59
C. <i>Sur l'anatomie de la feuille</i>	59
D. <i>Sur le taux des ions</i>	60
E. ACCUMULATION DE LA PROLINE	61
F. SUR L'ULTRA STRUCTURE DU CHLOROPLASTE	61
G. SUR LA PHOTOSYNTHESE.....	61
H. SUR LA PRODUCTION DE PALMIER DATTIER	62
3.2. LA TOLERANCE DES PLANTES A LA SALINITE	63

CHAPITRE 4

MATERIELS & METHODES

4.1. MATERIEL SOL	65
4.2. METHODOLOGIE	68
4.2.1. PROSPECTION DE TERRAIN.....	70
4.2.2. ANALYSES DE LABORATOIRE.....	71

4.3. MATERIEL VEGETAL.....	73
4.3.1. LA PRATIQUE CULTURALE ADOPTEE DANS LA PARCELLE	73
A. IRRIGATION	73
B. LA FERTILISATION.....	73
4.3.2. PROTOCOLE EXPERIMENTAL (ESSAI DE LA FERTILISATION).....	73
A. CHOIX DES SITES	73
B. TRAITEMENTS ET DISPOSITIFS.....	74
4.2.3. EXPERIMENTATION DANS LA PARCELLE.....	76
4.3. LES PARAMETRES MESURES.....	76
4.3.1. MESURES BIOMETRIQUES	76
4.3.2. LES PARAMETRES BIOCHIMIQUES	77
4.3.3. LES ANALYSES AU LABORATOIRE	77
A. Détermination de la teneur en eau (Audigie et al. 1978).....	77
B. Détermination de l'acidité titrable (Afnor, 1974)	78
C. Détermination de la teneur en sucres totaux (Afnor ; 1986).....	78
D. Détermination de sucres réducteurs (Navarre, 1974) Principe	79
E. Dosage des éléments minéraux (Mvondo et al. 1992).....	79

CHAPITRE 5

RESULTATS & DISCUSSION

5.1. CARACTERISATION DES SOLS DE LA REGION D'ETUDE.....	81
5.1.1. CARACTERISATION DU PROFIL 1	81
A. Données générales	81
B. Description morphologique du profil 1.....	81
C. Résultats analytiques du profil 1	82
5.2.1. CARACTERISATION DU PROFIL 2	86
A. Données générales	86
B. Description morphologique du profil 2.....	86
D. Résultats analytiques du profil 2	87
5.2.2. CARACTERISATION DU PROFIL 3	90
A. Données générales	90
B. Description morphologique du profil 3.....	91
C. Résultats analytiques du profil 3	93
5.2.3. CARACTERISATION DU PROFIL 4	96
A. Données générales	96
B. Description morphologique du profil 4.....	97
C. Résultats analytiques du profil 4	99
5.2. DISTRIBUTION SPATIALE DE LA SALINITE DANS LE SOL.....	103
5.2.1. CONDUCTIVITE ELECTRIQUE DE L'EXTRAIT DE SATURATION (CEPs).....	103
5.2.2. CONDUCTIVITE ELECTRIQUE DE L'EXTRAIT DILUE (CED1/5)	104
5.2.3. DISTRIBUTION DE LA SALINITE DU SOL ET LES EAUX D'IRRIGATIONS DU NORD AU SUD	105
5.2.4. DISTRIBUTION DE LA SALINITE	106
A. Distribution de la salinité dans l'horizon de surface (0-20cm).....	106
B. Distribution de la salinité dans l'horizon de sub-surface (20-40cm).....	108

C. <i>Distribution de la salinité dans l'horizon de profondeur (40-60cm)</i>	110
5.3. FERTILISATION PHOSPHO-POTASSIQUE DU PALMIER DATTIER	112
5.3.1. MESURES BIOMETRIQUES DES DATTES	112
A. <i>Le poids des dattes</i>	112
B. <i>Longueur des dattes</i>	113
C. <i>Diamètre des dattes</i>	114
D. <i>Poids du noyau de la datte</i>	115
5.3.2. LES PARAMETRES BIOCHIMIQUES	117
A. <i>Le taux des sucres totaux</i>	117
B. <i>Le taux de sucre réducteur</i>	118
C. <i>Le taux de sucre non réducteur</i>	119
D. <i>Acidité</i>	120
E. <i>L'humidité et les éléments minéraux</i>	121
5.3.3. LA PRODUCTION QUANTITATIVE PAR PALMIER DATTIER	125
5.3.4. CLASSIFICATION DES DATTES	126
DISCUSSION GENERALE	128
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE	138
ANNEXES	155
PUBLICATION	167

RÉSUMÉS

Résumé

L'étude a été réalisée durant deux années consécutives (2015-2016) sur 54 palmiers dattiers variété Deglet-Nour situés dans deux sites S1, S2 de degré de salinités différents et irrigués par une eau salée dans la région d'El Hadjeb -Biskra. Les palmiers en question ont été fertilisés en recevant trois doses de potassium (0, 2 et 3 kg / palmier) sous forme de sulfate de potassium K_2SO_4 (50 %) combiné à trois niveaux de phosphore (0, 1 et 2 kg / palmier) comme superphosphate (TSP) afin d'étudier l'influence de ces éléments fertilisants dans les conditions précitées sur le rendement, la qualité du fruit et la durée nécessaire pour la réponse des palmiers dans de telles conditions. Les résultats obtenus permettent d'affirmer que l'application de 2 kg de potassium/ palmier dans un milieu excessivement salé et 3kg/palmier dans un milieu peu à non salé associés à 1 kg de phosphore dans les deux cas de salinité différentes des deux sites S1 et S2 augmente le rendement et donne des meilleurs résultats en ce qui concerne le poids, la longueur, le diamètre de datte. La caractéristique chimique des fruits s'est également améliorée par le même traitement après deux ans d'étude.

Mot clé : Salinité, dattes, Palmier dattier, production, phosphore, potassium.

Abstract

A field of study was carried out during two consecutive years (2015-2016) on 54 date palm Deglet-Nour cultivar that was grown in two sites S1, S2 have different degrees of salinity and irrigated with salt water in the area from El Hadjeb – Biskra. Palms were fertilized with three levels of potassium (0, 2 and 3 kg /palm) as potassium sulphate K_2SO_4 (50%) combined with three levels of phosphorus (0, 1 and 2 kg/palm) as superphosphate (TSP) in order to study in order to study the influence of these nutrients in the aforementioned conditions on the yield, fruit quality and the necessary duration for the responses of palm tree to these fertilizing elements in such conditions The results obtained make it possible to affirm that the application of 2 kg of potassium/palm in an excessively salty environment and 3 kg / palm in a low salty environment combined with 1 kg of phosphorus in the two cases of salinity different from the two sites S1 and S2 increase the yield and give better results of fruits weight, length, diameter and weight of pulp. Fruits' chemical characteristic also improved by the same treatment after two years of the study.

Key Word: Salinity, dates, date palm, production, phosphorus, potassium.

المخلص

نفذت تجربة حقلية خلال سنتين متتاليتين (2015-2016) على 54 من النخيل الناضجة نوع ديجليت نور تقع في موقعين مختلفين في الملوحة وتروى بالمياه المالحة في منطقة الحاجب – بسكرة. حيث تم إضافة توليفة سما دية تحتوي على ثلاثة مستويات بوتاسيوم (0, 2 و 3 كغ / النخيل) على شكل كبريتات البوتاسيوم (50%) مع ثلاثة مستويات من الفوسفور (1, 2 و 3 كغ / النخيل) على شكل سوبر فوسفات بهدف دراسة تأثير هذه العناصر الغذائية في الظروف المذكورة على المحصول و نوعية الفاكهة و الوقت اللازم لاستجابة النخيل في ظل هذه الظروف. بينت النتائج تفوق التوليفة السما دية المشكلة من 2 كغ من البوتاسيوم / النخلة في البيئة المالحة جدا و 3 كغ / نخلة في البيئة الأقل ملوحة مرتبطة ب 1 كغم من الفوسفور في كلتا الحالتين كما بينت النتائج زيادة في كل من المحصول, وزن, طول وقطر التمر كما تحسنت الخصائص الكيميائية للثمار بنفس المعاملة بعد عامين من الدراسة.

الكلمات المفتاحية : الملوحة, التمور, نخيل التمر, انتاج, فوسفور, بوتاسيوم

N°	Liste des tableaux	Page
1	Classe de la salinité en fonction de la conductivité électrique de l'extrait aqueux.	17
2	Les doses des éléments fertilisants selon l'âge du palmier	37
3	Les stades d'évolution et les appellations utilisées en Afrique du Nord et en Irak	46
4	Teneur en eau de quelques variétés de dattes de la région de Biskra	48
5	Teneur en sucres de quelques variétés de dattes algériennes de la région des Zibans, en % de matière sèche	48
6	Composition en sucres de la dattes Mech-Degla	48
7	Composition moyenne en acides aminés de la dattes sèche.	49
8	Composition en acides gras de la dattes Deglet – Nour, en % de matière grasse	50
9	Composition minérale de quelques variétés de dattes molles algériennes, en mg /100g de partie comestible	50
10	Composition vitaminique moyenne de la dattes sèche	51
11	Teneur en composés phénoliques de quelques variétés de dattes algériennes	51
12	Composition biochimique des noyaux des dattes Irakiennes	52
13	Les doses des éléments fertilisants appliquées	75
14	Statistiques descriptives des propriétés physiques et physico-chimiques du profil1	85
15	Statistiques descriptives des paramètres de la solution du sol du profil 1	86
16	Statistiques descriptives des paramètres du profil 2	89
17	Statistiques descriptives des paramètres de la solution du sol du profil 2	91
18	Statistiques descriptives des propriétés physiques et physico-chimiques du profil3	95
19	Statistiques descriptives des paramètres de la solution du sol du profil 3	97
20	Statistiques descriptives des propriétés physiques et physico-chimiques du profil4	101
21	Statistiques descriptives des paramètres de la solution du sol du profil 4	102
22	Les résultats de la CEps en dS/m	104
23	Résultats statistiques de la CEd 1/5	105
24	La consistance des dattes en 1 ^{ère} année	129
25	La consistance des dattes en 2 ^{ème} année	130

N°	Liste des figures	Page
1	Carte des limites administratives de la wilaya de Biskra	5
2	Températures moyennes mensuelles à Biskra pour la période (1998-2012) (Station météorologique de Biskra)	6
3	Précipitations annuelles totales en (mm) durant la période (1998-2012)	6
4	La vitesse du Vent enregistrée en km/h durant l'année (1998-2012)	7
5	Humidité moyenne en pourcentage pour l'année (1998-2012)	8
6	Diagramme Ombrothermique de Gaussen de la région de Biskra	9
7	Le Climagramme d'Emberger de Biskra (1998 – 2012)	10
8	Répartition des sols salins du Nord de l'Algérie (INSID, 2008)	15
9	couvert végétale du Sahara	21
10	La répartition du Phoenix dans le monde	24
11	Répartition du palmier dattier en Algérie	25
12	Une palme (Peyron, 2000)	25
13	Tronc de palmier dattier	26
14	Schéma du palmier dattier (Munier, 1973)	26
15	Les quatre types de racines (Peyron, 2000)	27
16	Inflorescences et fleurs du dattier (Munier, 1973)	18
17	Inflorescences et fleurs du dattier	18
18	Diagramme florale des fleurs du palmier dattier (Daher meraneh, 2010)	18
19	Datte et son noyau (Peyron, 2000)	29
20	La mise en place d'un rejet	33
21	La protection d'un rejet	33
22	La technique de pollinisation	38
23	Elimination des palmes sèches	39
24	Le ciselage de régimes à pédicelles longs et courts	39
25	Ciselage au niveau du pédicelle (Peyron, 2000)	40

26	L'élimination d'un gourmand	41
27	La récolte	42
28	La protection d'un rejet	42
29	Evolution de la production mondiale du palmier dattier (2003 – 2013)	43
30	Distribution du palmier dattier dans le monde en 2013	43
31	Evolution de la superficie du palmier dattier en Algérie (2003 – 2013)	44
32	Evolution de la production du palmier dattier en Algérie (2003 – 2013))	44
33	Distribution spatiale du palmier dattier en Algérie (2013)	44
34	Distribution de production dattier en Algérie (2013)	45
35	Distribution du nombre de pieds de chaque cultivar dans les Ziban (2013)	45
36	opération de transformations de la datte (Estanove, 1990)	55
37	Effet de la salinité sur la croissance (reprise)	58
38	jaunissement des feuilles	60
39	La production des palmiers dans un milieu salé	63
40	Plan de situation de la station expérimentale avec le réseau hydrographique de la zone d'étude	66
41	Parcelle d'étude	67
42	Vue générale de la parcelle d'étude	68
43	Démarche méthodologique	70
44	Plan d'échantillonnage (ARC-GIS 9.3.)	71
45	Méthode de prélèvement des échantillons de sol	71
46	Dispositif expérimental	75
47	Instruments utilisés pour la mesure des paramètres physiques	76
48	Détermination de la teneur en eau	78
49	Titration volumique de l'extrait de la datte	79
50	Dosage des sucres totaux	80
51	Colorimètre	81

52	Photomètre à flamme	81
53	Profil 1	83
54	Coupe schématique du profil 1	83
55	Répartition moyenne des cations dans la solution	86
56	Répartition moyenne des anions dans la solution	86
57	Profil 2	88
58	Coupe schématique du profil 2	88
59	Répartition moyenne des cations dans la solution du sol du profil 2	91
60	Répartition moyenne des cations dans la solution	91
61	Profil 3	93
62	Coupe schématique du profil 2	93
63	Accumulations gypseuses	94
64	Répartition moyenne des cations dans la solution du sol du profil 3	97
65	Répartition moyenne des anions dans la solution du sol du profil 3	97
66	Profil 4	99
67	Coupe schématique du profil 4	99
68	accumulation saline dans le profil 4	100
69	Répartition moyenne des cations dans la solution du sol du profil 4	103
70	Répartition moyenne des anions dans la solution du sol du profil 4	103
71	la conductivité électrique du Profil salin moyen	104
72	la conductivité électrique du Profil salin moyen	105
73	Corrélation entre CEd1/5 et Ceps	106
74	Distribution spatiale de la salinité moyenne du Nord au Sud	107
75	la conductivité électrique des eaux d'irrigation du Nord au Sud	107
76	Carte de salinité de l'horizon de surface (0-20cm)	109
77	Carte de salinité de l'horizon de sub-surface (20-40cm)	110
78	Carte de salinité de l'horizon de profondeur (40-60cm)	112

79	Répartition en (Ha) des classes de salinité dans les horizons	113
80	Le poids des dattes dans les deux saisons d'étude	114
81	La variation du poids des dattes dans les deux sites	115
82	La longueur des dattes dans les deux saisons d'étude	115
83	La variation de la longueur des dattes dans les deux sites	116
84	Le diamètre des dattes dans les deux saisons d'étude	117
85	La variation du diamètre des dattes dans les deux sites	117
86	Le poids du noyau des dattes dans les deux saisons d'étude	118
87	La variation du poids du noyau dans les deux sites	119
88	Le taux de sucres totaux des dattes dans les deux saisons d'étude	120
89	La variation de sucres totaux dans les deux sites.	120
90	Le taux de sucre réducteur des dattes dans les deux saisons d'étude	121
91	Le taux de sucre non réducteur des dattes	122
92	La variation de taux de sucre réducteur et non réducteur dans les deux sites	122
93	le taux d'acidité des dattes dans les deux saisons d'étude.	123
94	La variation d'acidité des dattes dans les deux sites.	123
95	la teneur des dattes en eau dans les deux saisons d'étude	124
96	La variation de l'humidité dans les deux sites.	125
97	Le taux de phosphore des dattes dans les deux saisons d'étude	126
98	la variation de taux de phosphore dans les deux sites.	126
99	Le taux de potassium des dattes dans les deux sites	127
100	la variation de taux de potassium dans les deux sites.	127
101	la production des palmiers traités dans les deux saisons d'étude	128
102	La variation de la production des dattes dans les deux sites	129

INTRODUCTION

Le palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) représente l'une des espèces fruitière existant depuis l'antiquité (4000 ans avant Jésus) se caractérise par l'excellence de son fruit extrême douceur (datte).

Il constitue le pivot de l'écosystème saharien et la base de l'existence et de la durabilité des oasis. Cette culture a couvert en 2013, à l'échelle mondiale, une superficie de 1112490 ha avec une production de 7627624,40 tonnes (**FAO stat, 2013**). Avec plus de 18.6 millions de palmiers et plus de 940 variétés, l'Algérie occupe une place importante parmi les pays producteurs et exportateurs de dattes dans le monde, classé en 2013 au quatrième rang en termes de production, elle se classe à la première place en termes de qualité, grâce à la variété Deglet Nour, considérée comme le cultivar le plus économiquement important cultivé en Algérie.

Les palmeraies se focalisent dans les régions sahariennes et occupent une superficie évaluée à 167.000 hectares pour une production de dattes, toutes variétés confondues, de près de 990.000 tonnes (**D.S.A. de Biskra, 2015**).

Le palmier dattier est l'élément fondamental de l'écosystème dans les oasis des Ziban et joue un rôle primordial sur le plan socio-économique et écologique

Ses oasis représentent la majorité du patrimoine phoenicicole national, elle se place en tête des palmeraies des wilayas productrices des dattes avec 27.4% (soit 42.910 Ha) de la superficie totale, 23.1% (soit 4.315.100 palmier) du nombre totale des palmiers dattiers et 41.2% soit 4.077.900 Qx de la production nationale de dattes.

Cette production dattière en quantité et en qualité est influencée par plusieurs facteurs qui peuvent être liés au sol, à la qualité des eaux d'irrigation qui constituent des éléments fondamentaux favorisant la production des dattes (**Allam, 2008**). Les sols du Sahara où se pratique la phoeniculture sont des sols généralement pauvres, à mauvaise structure, à matière organique très faible et sont largement affectés par la salinité à cause des eaux d'irrigation et des eaux phréatiques chargées en sel (**Furre, 1975 ; Dubost et al 1983**).

La mauvaise gestion des eaux d'irrigation et de drainage présente des conséquences préjudiciables sur l'environnement phoenicicole dans les régions sahariennes (**Munier, 1973**) Elle a entraîné dans les oasis des Ziban la salinisation des sols et la chute des rendements

(Dutil, 1971 ; Dubost, 1991). L'utilisation agricole des sols salés est rendue malaisée par la présence de sels solubles en quantité importante ces caractères qui ont une influence néfaste sur le développement de la végétation ou des cultures. Différents paramètres de productivité tels que la germination des graines, la croissance des semis, la vigueur, le rinçage et la fructification de la reproduction sont affectés en réfléchissant à une production optimale et la productivité.

La cause principale des risques de salinité est la toxicité ionique altération de la séquestration des ions sodium dans les vacuoles. La concentration ionique accrue de la solution du sol diminue le potentiel osmotique du sol créant un stress hydrique sévère qui déraille le processus d'adoption. Cela peut créer un déséquilibre dans le processus d'absorption d'autres minéraux pour atteindre la tolérance au sel (Parida et Das, 2005).

L'utilisation des sols salés, par la méthode habituelles, permet d'obtenir certaines récoltes, mais très diminuées et d'une qualité médiocre à cause de la teneur en sels ou par les mauvaises propriétés physiques. Cette diminution des rendements devient très importante à partir de certaines teneurs en sels solubles dans le sol. L'effet défavorable d'une trop forte quantité de sel sur les plantes est de deux ordres ; le sel empêche les plantes de recevoir suffisamment d'eau, même lorsque le sol est bien arrosé, Les plantes sont alors rabougries. Si le sel est réparti également dans le champ, toutes les plantes seront rabougries. La baisse des rendements peut atteindre jusqu'à 25% ; le sel a un effet toxique direct sur les plantes. La plupart des arbres fruitiers sont sujet à des dégâts lorsque la quantité de sel est élevée. Il en résulte des brûlures caractéristiques des feuilles qui ensuite tombent. Les arbres peuvent mourir lorsque se fait une accumulation d'une quantité de sel nocive de sodium ou de chlorure. Les sels dissous dans la solution du sol ont des effets indirects sur les végétaux par leur action sur la structure du sol et la circulation des fluides et de l'oxygène en particulier. Elles ont des effets indirects sur la croissance et le développement des plantes, certaines sont adaptées à ces concentrations par différents mécanismes physiologiques, ce sont les plantes halophytes, mais les plantes cultivées ne le sont pas (Raoul Calvet, 2003).

Par conséquent, l'adaptation d'un programme approprié de fertilisation à des taux adéquats, des sources appropriées d'éléments fertilisants sont des stratégies importantes pour un meilleur rendement (Fagria et Baligar, 2005). Dans ce contexte la fertilisation s'impose comme élément indispensable pour atténuer la salinité, rétablir les sols et mettre en disponibilité une réserve en ces éléments au profit des cultures et par conséquent d'avoir des rendements satisfaisants en quantité et qualité. La fertilisation du palmier dattier à l'aide des fertilisants d'origine organique ou minérale joue un rôle important dans l'augmentation de la

productivité des arbres et dans l'amélioration de la qualité de production ; mais son effet positif et significatif nécessite un calendrier adéquat d'apport complet de fertilisants dont la fréquence, la quantité et la qualité, de la méthode d'irrigation, de l'âge des palmiers et des systèmes d'exploitation au niveau d'une oasis dans sa globalité ou au niveau d'un verger phoenicicole oasien. Afin d'améliorer la production, l'utilisation rationnelle des fertilisants est nécessaire pour éviter la fatigue des sols.

Les recherches agronomiques sur la fertilisation du palmier dattier sont encore assez limitées, en particulier les essais de fertilisation avec du phosphore et du potassium. Dans les zones phoenicicol algérienne, les producteurs des dattes utilisent le fumier comme principale contribution fertilisante au palmier. Mais récemment, avec l'augmentation de la salinité du sol par l'eau d'irrigation et la remonté capillaire, l'ajout de fumier organique devient insuffisant pour obtenir une meilleure qualité des dattes.

Dans ce contexte, la présente étude s'est fixé pour objectif d'étude de l'efficacité de l'utilisation des différents niveaux du potassium et du phosphore sur le rendement et la qualité des dattes Deglet-Nour cultivées dans un sol gypseux et irriguées par des eaux salées. Des approches complémentaires ont été mises en œuvre, dans cette étude, à savoir :

- La cartographie de la salinité pour réaliser une spatialisation de la salinité dans une palmeraie irriguée.
- l'analyse de la répartition des classes de salinité;
- et la caractérisation des sols étudiés et leur référencement par rapport au système de classification Américain de l'USDA (Soil Taxonomy) ;
- Essai de la fertilisation phospho-potassique dans deux classes de salinité différente ;
- Evaluation de la production des dattes quantitative et qualitative;
- le suivi de l'évolution de la production des dattes quantitativement et qualitativement au cours de deux années successives.

1.1. Situation géographique de la région d'étude

La région de Biskra appartient à la partie Nord du grand bassin sédimentaire des contreforts méridionaux de l'Atlas saharien et la bordure septentrionale saharienne. Elle se situe dans une zone semi-aride à semi-désertique (ANAT, 2003) à 425 km au Sud-Est d'Alger, à 243 km au Sud de Constantine, à 220 km au Nord de Touggourt et à 113 km à l'Est de Bou Saada.

La wilaya de Biskra se trouve donc à l'Est du pays et au Sud des Aurès. Elle s'étend jusqu'à la zone du Chott Melghir au Sud-Est et jusqu'à l'Erg oriental au Sud-Ouest. Elle comprend 12 daïra et 33 communes ; ses limites territoriales se résument comme suit (**Figure 1**) :

- Au Nord : La Wilaya de Batna.
- Au Nord-Ouest : La Wilaya de M'Sila.
- Au Sud-Ouest : La Wilaya de Djelfa.
- Au Sud : La Wilaya d'El-Oued.
- Au Nord Est : La Wilaya de Khenchela.

Son altitude est de 125 mètre/au-dessus du niveau de la mer. Biskra occupe une superficie de 22.379.95 Km² avec une population de 758354 habitants (DPAT, 2010).

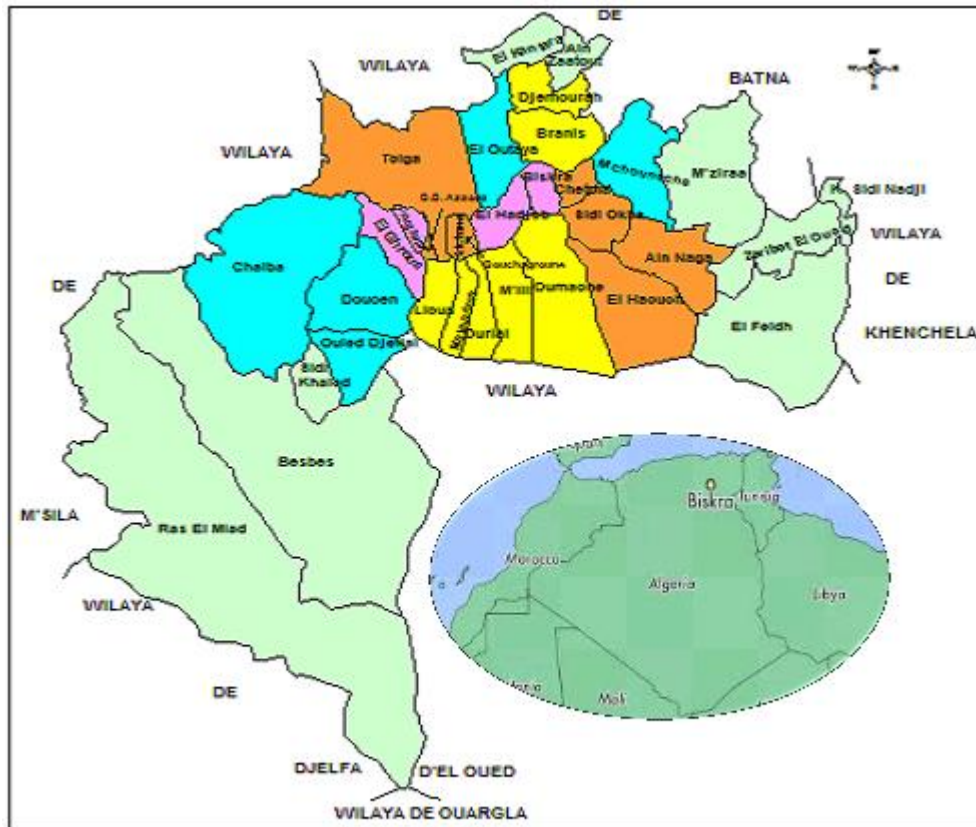


Figure 1: Carte des limites administratives de la wilaya de Biskra

1.2. L'étude climatique

1.2.1. Les données climatiques

Les oasis des Ziban sont parmi les zones arides caractérisées par un climat toujours peu pluvieux et parfois sec avec une pluviosité très irrégulière et inférieure à 200 mm/an (**Dubost, 2002**).

A. Température

Du fait de la pureté de leur atmosphère et souvent aussi de leur position continentale, les déserts présentent de forts maximums de température et de grands écarts thermiques. La température est un facteur favorable lorsqu'il y a suffisamment d'eau, et de ce fait les mares, les suintements ou les oueds représentent un milieu biologique très riche. Mais en milieu sec la température devient un facteur aggravant car, elle augmente la vitesse de l'évapotranspiration. (**Ozenda, 1991**). La température représente un facteur limitant de toute première importance car elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait la répartition de la totalité des espèces et des communautés d'êtres vivants dans la biosphère. (**Ramade, 2003**)

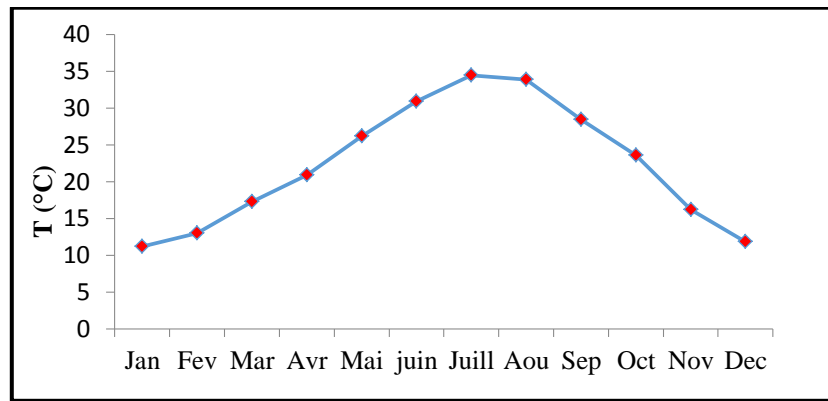


Figure 2. Températures moyennes mensuelles à Biskra pour la période (1998-2012) (Station météorologique de Biskra)

Durant la période (1998-2012), les températures moyennes mensuelles les plus basses sont enregistrées durant le mois de janvier (11,2°C). Les températures moyennes mensuelles maximales sont enregistrées durant les mois de juillet et d'août avec respectivement 34,3 °C et 33,9 °C (**Figure 2**).

B. Précipitations

Elle constitue un facteur écologique d'importance fondamentale, non seulement pour le fonctionnement et la répartition des écosystèmes terrestres, mais aussi pour certains écosystèmes limniques tels que les mares, les lacs temporaires et les lagunes saumâtres soumises à des périodes d'assèchement (**Ramade, 2003**).

L'insuffisance de pluies sahariennes est accompagnée d'une irrégularité très remarquable du régime pluviométrique et d'une variabilité inter- annuelle considérable, ce qui accentue la sécheresse (**Ozenda, 1991**).

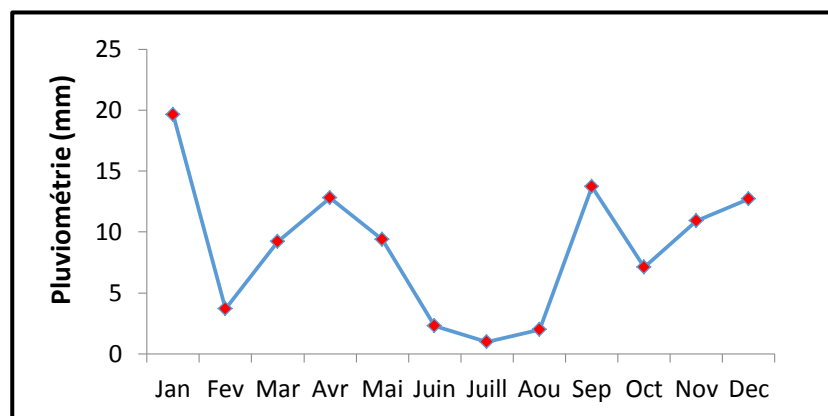


Figure 3. Précipitations annuelles totales en (mm) durant la période (1998-2012) (Station météorologique de Biskra)

Durant la période (1998-2012) une irrégularité des pluies est remarquée avec un pic au mois de janvier avec (18,7mm), les précipitations les plus faibles sont au mois de Juillet (1mm) (**Figure 3**).

C. Les vents

Il constitue en certains biotopes un facteur écologique limitant. Sous l'influence de vents violents, la végétation est limitée dans son développement (**Ramade, 2003**). Il intervient des fois par sa violence, par les particules qu'il transporte et qui peuvent déchirer les parties aériennes des plantes, et par les remaniements qu'il provoque dans le sol. Cependant son action peut être quelque fois favorable, par exemple lorsqu'il provoque un important dépôt de sable sur des sols salés qui étaient stériles, ou bien lorsqu'il contribue à la dispersion des végétaux et de leurs semences (**Ozenda, 1991**). Le vent a tout d'abord une action indirecte :

- * En abaissant ou en augmentant la température, suivant les cas.
- * En augmentant la vitesse d'évaporation, il a donc un pouvoir desséchant.
- * Les vents locaux sont de fréquence Nord-est et Nord-ouest et faible au Sud. Le sirocco reste le vent qui mérite le plus d'attention en raison de l'action nuisible que ce vent chaud peut exercer sur les cultures. Il souffle du Sud pendant la saison sèche amenant avec lui sable et poussière

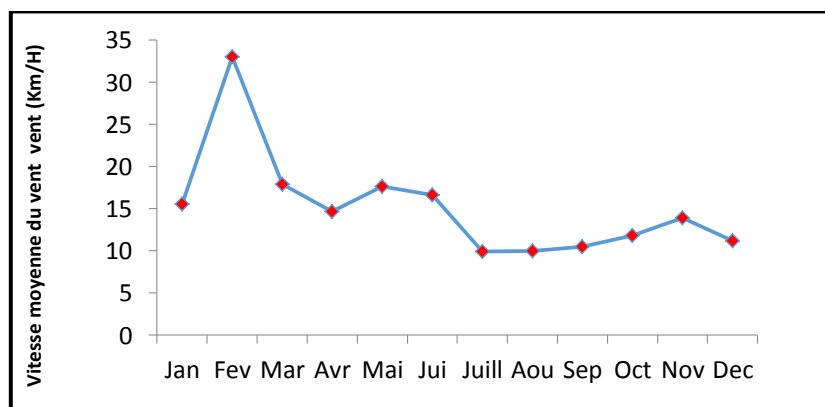


Figure 4: La vitesse du Vent enregistrée en km/h durant l'année (1998-2012) (Station météorologique de Biskra)

Les résultats enregistrés indiquent que la vitesse maximale du vent a été marquée au cours du mois de février pour une valeur de 31.6 km/h et la vitesse minimale au cours du mois de juillet pour une valeur de 10.6 km/h.

Dans la région de Biskra ; les vents soufflent au cours de l'année et le maximum de force des vents est enregistré en fin d'hiver et au printemps. Les vents de sable sont fréquents en Mars et Avril. (Figure 4).

E. L'Humidité relative

Selon **Ramade (2003)**, c'est le rapport entre la teneur en vapeur d'eau de l'air et la masse théorique de vapeur d'eau que peut renfermer l'atmosphère à saturation compte tenu de la température et de la pression barométrique existante. L'humidité de l'air dans la région varie entre 19 et 49.33% avec une moyenne 34.62%. Généralement le taux d'humidité est élevé pendant les mois de novembre, décembre et janvier et l'humidité la plus faible est remarquée au mois de juillet (Figure 5).

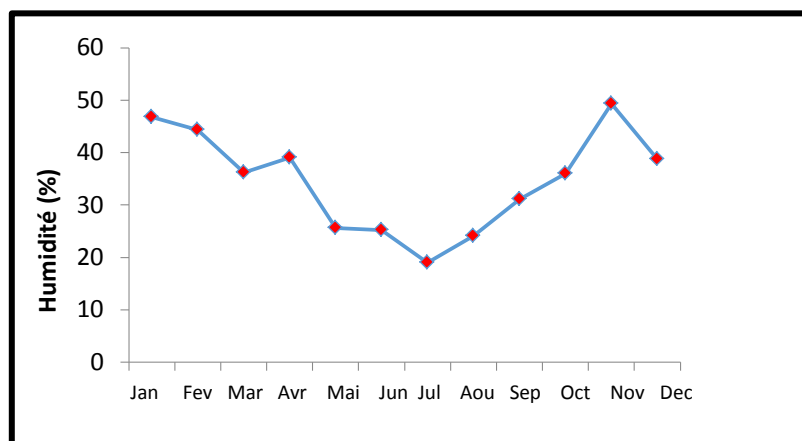


Figure 5. Humidité moyenne en pourcentage pour l'année (1998-2012)
(Station météorologique de Biskra)

1.2.2. Synthèse climatique

A. Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN

Bagnouls et Gausсен (1953) définissent un mois sec comme étant " celui où le total mensuel des précipitations exprimé en millimètres est égal ou inférieur au double de la température moyenne mensuelle exprimé en degrés centigrades". Le mode de représentation graphique de ces deux paramètres permet de déterminer et de localiser la période sèche.

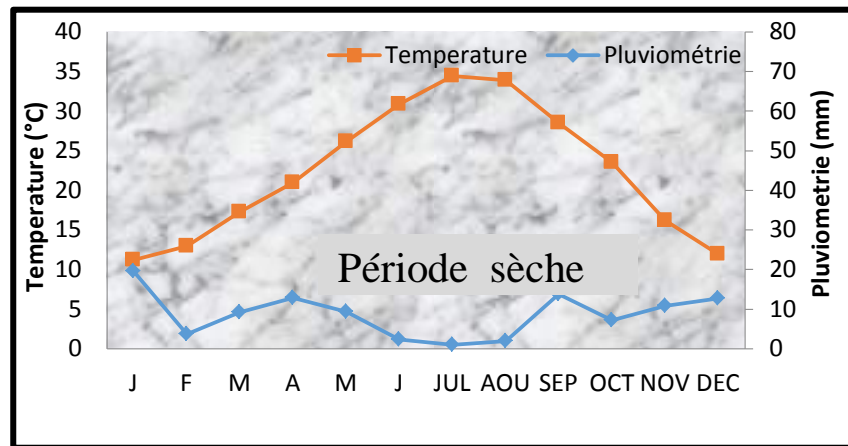


Figure 6. Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gaussen de la région de Biskra

Le diagramme Ombrothermique de Gaussen est une représentation graphique où sont portées, en abscisse les mois, en ordonnées les précipitations (P) et les températures (T), selon la formule $P = 2 T$. L'intersection des deux courbes P et T où l'aire comprise entre les deux courbes représente les périodes sèches.

L'analyse du diagramme montre que la période sèche, dans la région de Biskra durant la période de 1998 à 2012, est comprise entre les mois de Février jusqu'à Novembre et une période humide pendant le mois de Janvier et Décembre (**Figure 6**).

B. Quotient pluviométrique d'Emberger

Afin de déterminer l'étage bioclimatique de la région de Biskra, on a calculé le quotient pluviométrique d'Emberger (Q) avec des données climatiques calculées durant la période 1998 - 2012. Selon la formule établie par **EMBERGER (1952)**, le quotient pluviométrique de la région méditerranéenne est exprimé par la formule suivante : $Q = 3.43.P/M-m$

- M : la moyenne des températures du mois le plus chaud.
- m : la moyenne des températures du mois le plus froids.
- P : pluviométrie annuelle en mm.

L'emplacement de cet indice sur le climagramme d'Emberger permet de localiser la zone d'étude dans l'étage bioclimatique saharien à hiver chaud ($Q=11,28$) (**Figure 7**).

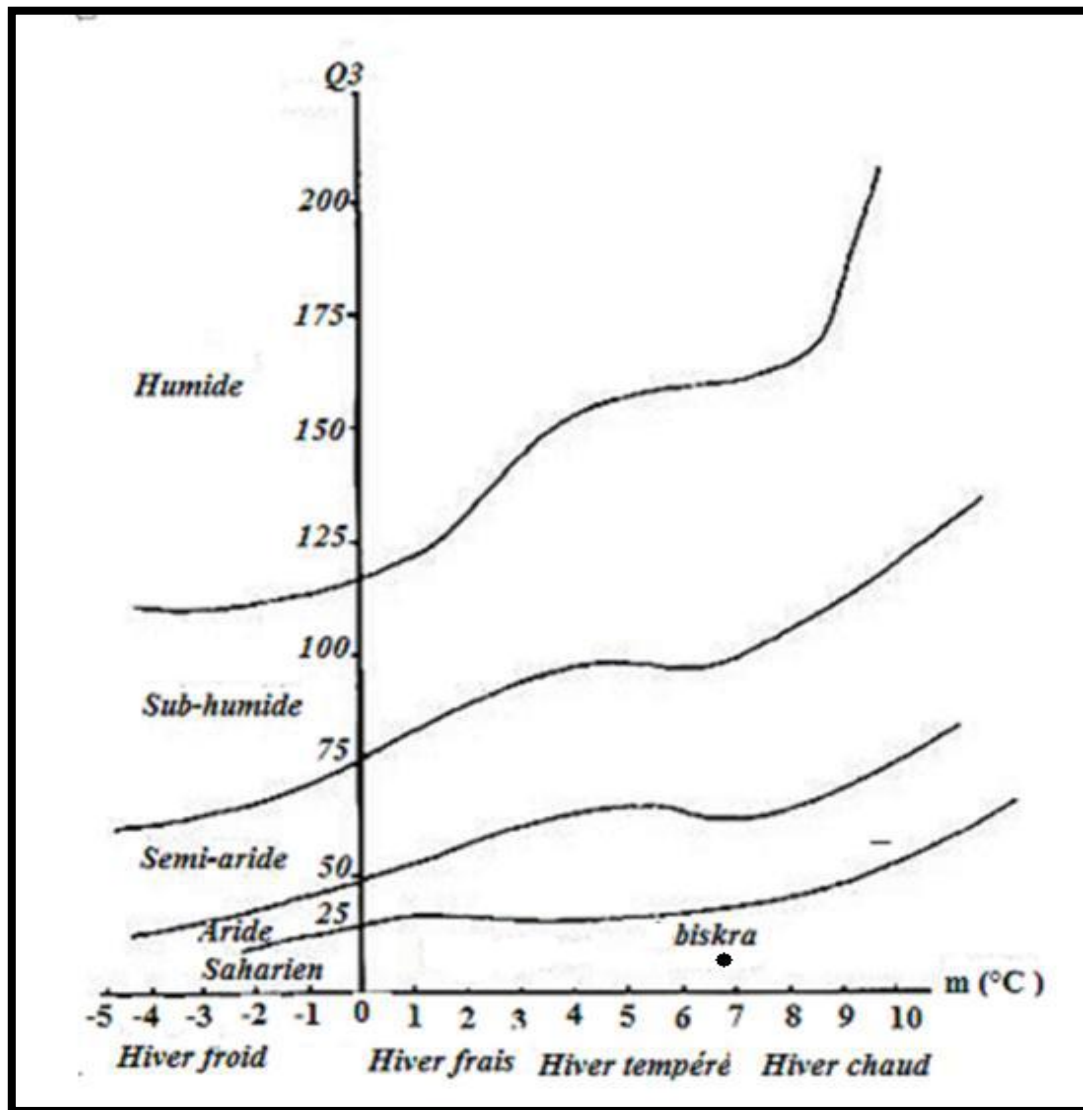


Figure 7. Le Climagramme d'Emberger (Biskra 1998 – 2012)

1.3. Le sol

1.3.1. Sol des milieux arides

Généralement les aridisols sont caractérisés par un déficit hydrique, une faible fertilité du sol, une texture sableuse et des horizons d'accumulation riches en sels, en calcaire et en gypse. Les sols arides en Algérie occupent une superficie de l'ordre de 2 millions de km².

1.3.2. Sols de la région de Biskra

La région de Biskra est sous l'influence de l'effet conjugué de l'aridité du climat, de la nappe phréatique et de l'irrigation par les eaux salées. L'étude pédologique fait apparaître les grands traits de la pédogenèse des sols des climats arides : les sols gypseux, calcaires et les sols salés

A. Sol calcaire

Le constituant essentiel du calcaire est le carbonate de calcium, cristallisé sous forme de calcite à symétrie rhomboédrique (**Deo Shorta, 1979 ; Djili et Daoud, 1999 ; Djili, 2000**). Le calcaire est une roche sédimentaire principalement organogène qui peut être détritique (contenant au moins 50% de CaCO_3) (**Baize et Jabiol, 1995**), ou chimique. Le calcaire est généralement bien stratifié ou compact. Sa couleur est variable mais souvent blanchâtre, gris ou sombre.

a. Les propriétés des sols calcaires

Selon **Legros (2007)**, les sols calcaires et les sols saturés en calcium ont en commun :

- Un pH relativement élevé ; il est voisin de la neutralité dans les sols saturés et 7,5 à 8,5 dans les sols calcaires ;
- Une belle structure fragmentaire et anguleuse en particulier si le sol est riche en argile ; au contraire, les sols acidifiés ont souvent une structure continue ou massive ; Une bonne stabilité de cette structure mesurée par des tests adéquats ;
- Une teneur notable en composés organiques stables, la teneur en matière organique des sols est proportionnelle à leur teneur en calcium échangeable; le rôle stabilisateur du calcium est ainsi mis en évidence ;
- Les limites entre les horizons sont progressives dans la mesure où il s'agit de sols jeunes et peu évolués.

b. Distribution des sols calcaires en Algérie

Les sols calcaires en Algérie sont localisés dans le Nord du pays, où ils sont en majorité faiblement à fortement calcaires (**Djili, 2000**). Selon **F.A.O. (2005)**, les types de sol calcaire en Algérie sont : Sols bruns calcaires dans les bioclimats humides et sub-humides (calcicoles). Sols à accumulations calcaires en profondeur (chatains et bruns iso humiques) dans les bioclimats semi-arides et arides (calcisols). Selon **Djili (2000)**, le profil calcaire en Algérie est en fonction de la pluviométrie :

- Les Zones arides ($P < 300$ mm) : l'accumulation de calcaire semble être homogène dans tout le profil, mais avec un pourcentage de calcaire légèrement plus élevé dans les horizons de Sub- surface ;
- Les Zones semi- arides ($350 < P < 450$ mm), le profil devient de plus en plus calcaire en profondeur ;

- Les Zones humides et Sub- humides ($P > 600$ mm), le profil est relativement moins calcaire que ceux des autres zones climatiques, le calcaire est reparti d'une façon homogène dans les horizons de surface et de Sub-Surface.

B. Sols gypseux

D'après **Van Alphen et Rios Romero (1971)**. On désigne sous-sols gypseux, les sols à teneur supérieurs à 2% de gypse, alors que la classification **FAO (1998)** nomme gypsisols les sols à teneur supérieur à 5% de gypse (**Razi ,2006**). Selon **Pouget (1968)** et **Halitim, (1988)** les sols gypseux contiennent des teneurs en gypse très élevée (60 à 90 %).

a. Gypse dans le sol

Le gypse et les sels solubles peuvent s'accumuler dans les sols dès que l'évapotranspiration devient nettement supérieure aux précipitations (**Halitim, 1985**). En conditions d'aridité extrême du Sahara, les eaux sont insuffisantes pour véhiculer les ions nécessaires aux grandes accumulations de gypse et de sels solubles, à l'exception des vallées, comme celles de l'oued Rhir et aussi le Souf (**Razi, 2006**). En Algérie, les sols gypseux occupent approximativement 8000 Km², qui représente 12.2 % des sols gypseux du monde, ce qui correspond au troisième rang mondial en ce qui concerne les réserves en gypse (**FAO, 1990**). Les plus grandes extensions se localisent dans les zones présentant une moyenne des précipitations comprises entre 100 et 250 mm (**Rahmouni et Djili, 2012**). Dans les zones arides et désertiques, le gypse s'individualise sous forme généralisée comme croûte et encroûtement. La croûte gypseuse a été décrite pour la première fois au Sahara en 1868 par Piccard (**Durand, 1959**). En Algérie, les sols présentant des accumulations gypseuses, ont été rapportés par plusieurs auteurs (**Durand, 1949 ; Durand, 1953 ; Belair, 1954 ; Durand, 1959 ; Durand, 1963 ; Dutil, 1971 ; Sogreah, 1971 ; Boyadgier, 1974 ; Dekkiche, 1976 ; Horta, 1980**)

Dans l'Ouest des Ziban, lorsqu'on traverse les palmeraies du Zab-Dhahri tout au long de l'axe Ain Benoui, El-Hadjeb, Bouchegroun, Lichana, Tolga, on rencontre, souvent, une formation genre de carapace que l'usage local lui consacre le nom de deb deb. Les auteurs géologues et hydrogéologues qui ont signalé sa présence (**Anonyme, 1937 ; Samsoen, 1941 ; Flandrin, 1952**) ont montré toujours une confusion envers sa composition. Les auteurs pédologues qui ont travaillé dans cette région se réfèrent le plus souvent à la carte géologique de Biskra (**Gousskov, 1964**) qui décrit cette formation comme une croûte calcaréo-gypseuse où notent tout simplement croûte gypso-calcaire ou parfois gypseuse (**Bensaid, 1999 ; Rouhana, 2007 ; Hiouani, 2007 ; Tir, 2007 ; Moustephaoui et Bensaid, 2014**).

b. Formes d'accumulations du gypse

Le gypse pédogénétique s'accumule dans le sol sous des formes localisées ou continues, en fonction des conditions dans lesquelles il précipite. Les accumulations de gypse sont rarement composées de gypse pur, mais sont généralement un mélange de gypses, de calcaire et /ou des particules de sol. Les différents travaux menés jusqu'à présent ont caractérisé les formes suivantes:

❖ Croûtes gypseuses

Elles se présentent sous forme de couches dures et massives, d'une couleur allant du blanc au saumon. Elles sont impénétrables par les racines. La teneur en gypse varie entre 40 et 80 % (**Durand, 1968**). Suivant les régions et les conditions de milieu dans lesquelles elles se sont développées, il ressort les formations suivantes :

- Croûtes gypseuses: elle apparait comme une patine plus durcie, pellicule de quelques millimètres à peine en général, et située à la partie superficielle de l'encroûtement. Elles résultent de la remontée à la surface ou bien du dépôt entre les fissures de fines particules gypseuses;
- Croûtes de nappes: elles résultent du dépôt de gypse suite à la fluctuation du niveau d'une nappe active saturée;
- Croûte polygonale de surface: ce sont des formations apparentes, qui résultent du phénomène de dessiccation de surface. Elles se caractérisent par des bords recourbés (**Halitim, 1988**).

❖ Encroutement gypseux

L'encroûtement gypseux est le reste de la formation enrichie en surface de calcium et assez compact, se trouvant sous la croûte gypseuse (**Burreau, 1960**). **Pouget (1969)** définit l'encroûtement gypseux de nappe comme étant « un horizon gypseux et induré, dont l'origine est en relation avec la présence d'une nappe salée ». Ces formes d'accumulation gypseuses diffèrent par l'aspect textural, pédogénitique et chimique.

Les sols gypseux offrent à la végétation un milieu très défavorable et difficile à traverser aussi bien du point de vue physique que chimique (déficit en élément nutritif, pH fort, diminution de nitrate et d'autres oligo- éléments). Cependant les cultures les mieux adaptées à la présence du gypse sont : le palmier dattier et la luzerne.

C. Interaction gypse- calcaire

Plusieurs travaux (**Boyadgiev, 1974 ; Baci, 1984 ; FAO, 1990 ; Florea et Al joumaa, 1998 ; Djili, 2000**) ont montré que l'augmentation du taux de gypse entraîne la diminution de la teneur en calcaire et vice versa. **Halitim (1985)** a montré par ces études dans les zones arides d'Algérie, que le gypse est toujours postérieur à la calcite.

L'étude microscopique en zone aride de l'Algérie faite par **Halitim et Robert (1987)** montre qu'un envahissement de l'accumulation calcaire par le gypse avec une désintégration et une dilution au niveau de calcaire. Ils pensent que ce phénomène est dû à la pression de cristallisation du gypse qui détruit les individualisations calcaires par suite de l'arrivée continue des solutions sulfato- calciques et leurs précipitations à ce niveau.

D. Sol salé

a. Définition

Les sols salés sont des sols dont l'évolution est dominée par la présence de fortes quantités de sels solubles, plus solubles que les gypses ou par la richesse de leur complexe adsorbant en ions, provenant de ces sels et susceptibles de dégrader leurs structures en particulier le Sodium (**Aubert, 1983**).

b. Distribution des sols salés en Algérie

En Algérie, les sols salés occupent de grandes étendues (**Halitim, 1985**). Selon le **Houerou (1993)**, les sols salés occupent de vastes superficies (3.2 millions d'hectares de la superficie totale). Près de 10-15 % de terres irriguées, sont concernées par ces problèmes. Bien que le problème d'alcalinisation, selon **Daoud et Halitim (1994)** ne se pose plus, on estime que les terres salinisées seront difficilement récupérables. La plupart de ces sols sont situés, en région aride et semi-aride, mais aussi sous bioclimat subhumide (**Halitim, 1973**). Selon **Djili (2000)**, les sols salés sont localisés au Nord qu'au Sud Algérien, et s'expriment mieux entre les isohyètes 450 mm qui semblent être la limite supérieure des sols fortement sodiques (**Figure 8**)

Les sels les plus fréquents, dans les régions arides et semi- arides, sont surtout les chlorures, les sulfates de sodium, les sulfates de magnésium et à un moindre degré les carbonates de sodium (**Halitim, 1988**).

Selon **Aubert (1975)**, les sols salés d'Algérie sont caractérisés, en général, par une conductivité électrique supérieure à 7dS/m et un pourcentage de sodium échangeable (ESP) qui varie de 5 à 60 % de la CEC.

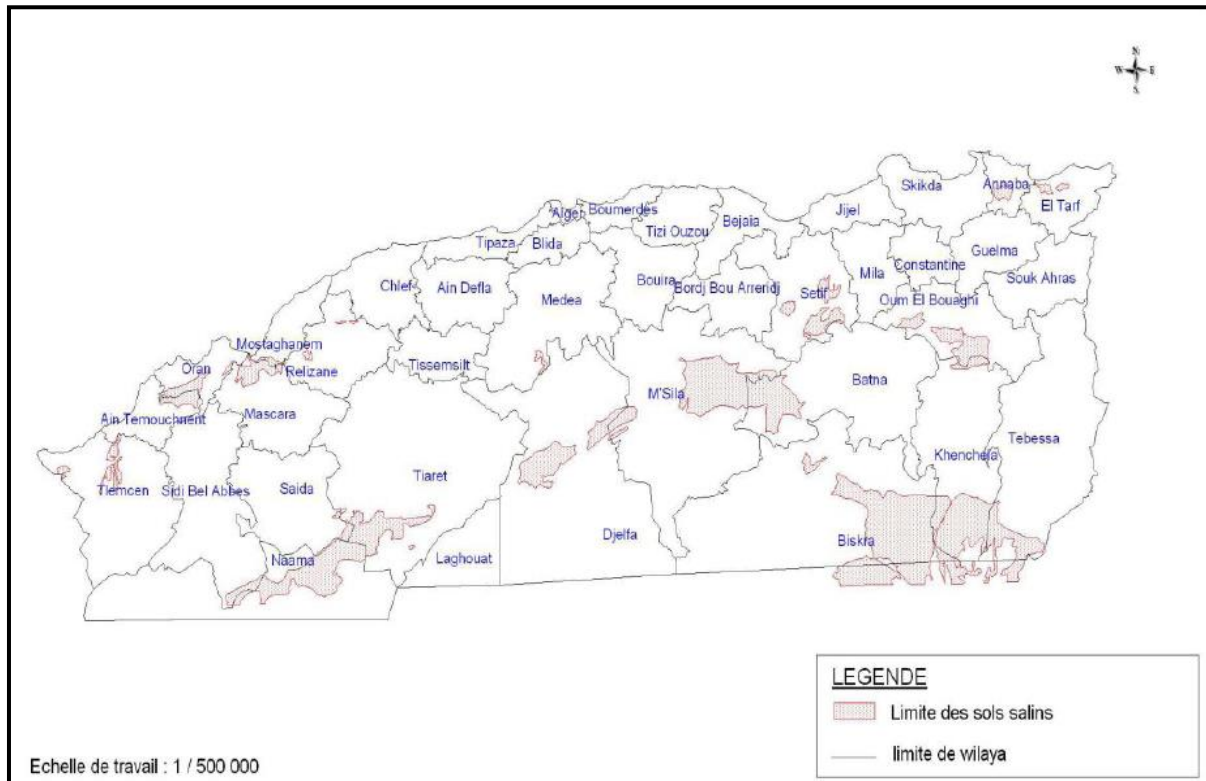


Figure 8: Répartition des sols salins du Nord de l'Algérie (INSID, 2008)

c. Les mécanismes de la salinisation

Les sols salés sont formés à partir de trois processus physico-chimiques qui sont la salinisation, la sodisation et l'alcalinisation (**Montoroi et al, 2005**). Ces mécanismes peuvent s'associer différemment suivant les caractéristiques du milieu d'accumulation (**Ilou, 1995**).

❖ La salinisation

Le mécanisme de la salinisation des sols se produit lorsque la minéralisation de la solution du sol dépasse un certain seuil sous l'influence d'un mécanisme physique (évaporation, drainage insuffisant, altération des minéraux et accumulation...). Au-delà de ce seuil, les végétaux subissent une sécheresse physiologique due à une pression osmotique très forte et à une toxicité en certains éléments (**Montoroi et al, 2005**).

La teneur d'une solution de sol en sels solubles est déterminée par sa conductivité électrique (CE), rapportée à une température standard (en général 25°C) et exprimée en $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$. Celle-ci est d'autant plus élevée que la concentration ionique de l'électrolyte l'est aussi (**Montoroi et al, 2005**). On définit en général deux types de salinisation, la salinisation primaire et la salinisation secondaire.

- **La salinisation primaire**

Elle résulte de la présence initiale de sels dans le sol ou dans la nappe phréatique et peut affecter des milieux naturels sans qu'il y ait intervention directe de l'homme. L'altération des roches contenant des minéraux sodiques, potassiques ou magnésiques conduit à des sels souvent solubles, en particulier les chlorures, les sulfates, les carbonates, les bicarbonates et parfois les silicates de ces métaux (**Zahow et Amrhein, 1992**).

- **La salinisation secondaire**

C'est un processus d'enrichissement d'un sol en sels solubles causé par l'approvisionnement en eau pour l'irrigation et qui aboutit à la formation d'un sol salin. L'irrigation altère le bilan hydrique du sol en générant un apport d'eau supplémentaire ; cet apport est toujours associé à un apport de sels (**FAO, 2006**). Un excès d'eau entraîne la remontée d'une nappe phréatique salée, tandis qu'un manque d'eau provoque une lixiviation insuffisante des sels (**Boivin et al, 2002**). Les sols affectés par salinisation secondaire est de 20% à 50% des terres irriguées en Algérie (**Douaoui et Hartani, 2007**)

- ❖ **La sodisation**

Le processus de sodisation se produit lorsque le complexe organo-minéral d'échange est progressivement saturé par l'ion Na^+ (horizon sodique). Les agrégats deviennent instables à partir d'un certain seuil et la dégradation des propriétés physique du sol est potentielle (**Servant, 1978**).

La sodisation des sols est l'une des conséquences les plus dommageables et la plus répandue de l'irrigation, en zone aride. Elle influe sur la perméabilité en favorisant le gonflement et la dispersion des colloïdes du sol et entraîne des problèmes de toxicité des plantes (**Ilou, 1995**).

- ❖ **L'alcalinisation**

Le processus d'alcalinisation intervient lorsqu'un sol à complexe saturé en sodium se transforme physiquement suite aux réactions d'échange entre l'ion Na^+ et les protons au moment d'une humectation (**Montoroi et al, 2005**).

L'alcalinisation se traduit par une augmentation du pH du sol suite à l'accumulation de bases faibles. Elle peut être d'origine naturelle ou due à une irrigation mal contrôlée.

Les eaux d'irrigation faiblement minéralisées présentent une alcalinité résiduelle calcite positive, c'est à dire un excès de carbonates (bases faibles) par rapport au calcium. La concentration de ces eaux par évaporation au cours de l'irrigation entraîne la précipitation de

la calcite. Au fur et à mesure que les processus de concentration et de précipitation de la calcite se poursuivent, la teneur en calcium décroît alors que les carbonates s'accumulent.

d. Principales caractéristiques des sols salés

❖ La conductivité électrique

Pour caractériser la salinité des sols, on met habituellement l'accent sur la détermination de la composition ionique de la solution d'un extrait aqueux de sol (**Halitim, 1988**). Obtenir à partir d'un échantillon de terre, soit une pâte saturée en eau distillée (méthode de **Richards (1954)**, soit une solution d'extraction aqueuse en prenant soin de veiller à ce que le rapport sol/eau soit constant (1/ 5 ou 1/ 10) exprimée en mm hos/ m à 25°C. Le **tableau (1)** donne quelques classifications de salinité.

Tableau 1. Classe de la salinité en fonction de la conductivité électrique de l'extrait aqueux à 25 °C cité in Mathieu et al (2003).

Mmhos.cm ⁻¹ dS.m ⁻¹	0.6	1	2	3	4
CE _{1/5}	Non Salé	Légèrement Salé	Salé	Très salé	Extrêmement Salé

❖ pH

Le pH est indicateur de la réaction du sol, les sols salés présentent des pH basiques (>7) car les hydroxydes sont plus prépondérants que les hydrogènes. Certains auteurs ont établi que l'accroissement du pH reflète la saturation du Na⁺ sur le complexe d'échange et l'état de la saturation du sol (**Aubert, 1983 ; Bridges, 1978 ; Duchauffour, 1969**)

- Un pH compris entre 8 et 9 est retenu, généralement comme limite de la dégradation de la structure (**Aubert, 1983 ; Bridges, 1978**)
- La valeur de 9 atteintes lorsque Na⁺ représente 30 % de la CEC et la pH 10 correspond à une ESP > 15 % (**Aubert, 1983**).
- Le pH peut dépasser 10 ; après précipitation du carbonate de calcium, les ségrégations salines sont fortement sodiques et renferment des sels alcalins (NaHCO₃) , Na₂CO₃ , Na₂SO₄) (**Servant, 1975**).

❖ Composition en sels :

Les sels les plus couramment représentés sont les sels sodiques qui sont également les plus solubles. A partir de la composition ionique, les solutions peuvent être classées sur le diagramme de piper (**Cherbuy, 1991**), qui permet de déterminer différents faciès selon le type anionique ou cationique de la salure.

- **SAR (Sodium adsorption ratio):**

Il représente le taux de sodium adsorbable par rapport aux autres cations (Ca^{++} et Mg^{++}). La relation entre les trois cations est proposée par le laboratoire de Riverside (**Richards, 1954**), et s'exprime comme suit :

$$\text{SAR} = \text{Na}^+ / ((\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}) / 2)^{0.5}$$

Dans laquelle : Na^+ , Ca^{++} , Mg^{++} sont les teneurs en meq/l de la solution.

Le SAR est un critère utilisé pour prévoir l'évolution de la composition du complexe d'échange et on peut distinguer deux cas (**Cherbuy, 1991**):

- Si le SAR > 10, il y a sodisation
- SAR < 10, il y pas enrichissement du complexe d'échange en sodium

D'après **Rieu et al (1992)** le SAR constitue un critère d'appréciation de la qualité des eaux d'irrigation car il définit leur pouvoir alcalinisant.

- **ESP (Exchange sodium pourcentage) :**

Il s'agit du pourcentage de sodium échangeable sur le complexe d'échange est exprimé par la formule qui suit (**Richards, 1954**) :

$$\text{ESP} = 100 * \text{Na échangeable (en meq/l)} / \text{CEC (en meq/l)}.$$

La norme retenue par l'**USSL (1954)** pour le taux de sodium échangeable est de 15 % de la capacité d'échange cationique (CEC). Selon la **FAO (1984)** la limite de classe pour le taux de sodium échangeable est donnée comme suit :

- ESP < 5% alcalinité légère
- 5% < ESP < 20 % alcalinité modérée
- 20 % < ESP < 45 % alcalinité grave
- ESP > 45 % alcalinité très grave.

1.4. Hydrogéologie de la région

Les ressources en eau souterraines dans la wilaya de Biskra sont représentées par les aquifères suivants :

1.4.1. Les nappes superficielles

Cette nappe se localise généralement dans les accumulations alluvionnaires, et c'est au niveau des palmeraies qu'elles sont le mieux connu avec une profondeur entre 20 et 150m. Elle peut aussi atteindre 10 m de profondeur.

Les nappes les plus importants dans la wilaya, sont celle de l'oued Biskra et de l'oued Djedai. Leur alimentation est assurée par les précipitations atmosphériques, l'infiltration des eaux des oueds en période de crue et par les eaux d'irrigation.

1.4.2. Les nappes des sables

Constituée par une alternance de niveau d'argile, sable et cailloutis d'âge Miopliocène, elle couvre une grande superficie de la wilaya. Cette nappe est fortement exploitée dans la partie Est de la wilaya et notamment dans la zone de M'ziraa.

Du point de vue hydrodynamique, cette nappe présente un système très hétérogène représenté par des couches de diverses perméabilités. La profondeur de cette nappe est de 100 à 300m. À l'est de la wilaya de Biskra, cette nappe se subdivise en deux aquifères séparés par une épaisse couche d'argile sableuse, l'un profond désigné sous le nom du Pontien et l'autre moyennement profond qui est la nappe du Mio-pliocène connue dans cette région.

Le sens d'écoulement principal de la nappe des sables est vers la zone du Chott Melghir.

1.4.3. La nappe des calcaires

Cette nappe est constituée essentiellement de calcaire fissuré d'âge Eocène inférieur. Elle est la plus sollicitée dans les palmeraies des Ziban, ou elle est appelée « nappe de Tolga ». La profondeur de cette nappe varie de 100 m dans la zone de Tolga à 500 m dans la zone de Lioua. Au nord et au nord-est de la wilaya, la nappe de calcaire est représentée par un aquifère très important qui est le Maestrichtien et le Campanien d'une profondeur comprise entre 200 et 900 m.

1.4.4. La nappe du continental intercalaire

C'est un réservoir très important constitué essentiellement de grès et de marne d'âge Albien et Barrémien, d'une profondeur entre 1600 et 2500 m, la température de l'eau peut dépasser les 60°C. Elle est rarement exploitée, sauf à Oulad Djalal ou Sidi Khaled où les formations gréseuses de l'albien ou du barrémien sont touchées ;

1.5. Couvert végétal

Selon leur mode d'adaptation à la sécheresse, les plantes des régions arides peuvent être divisées en deux catégories (**Figure 9**) :

- ❖ Plantes éphémères, appelées encore « achebs », n'apparaissant qu'après la période de pluies et effectuant tout leur cycle végétatif avant que le sol ne soit desséché. La longueur de ce cycle est très variable d'une espèce à une autre et dure généralement d'un à quatre mois (**Ozenda, 1991 et Chehma, 2005**). Ce sont des thérophytes dont les graines ont une dormance durable et un pouvoir germinatif qui peut être conservé pendant longtemps.
- ❖ Plantes permanentes ou vivaces (palmier dattier), ou l'adaptation met ici en jeu, à côté de phénomènes encore mal connus, un ensemble d'adaptation morphologique et anatomique qui consistent surtout en un accroissement du système absorbant et une réduction de la surface évaporant. Elles ont la capacité de survivre en vie ralentie durant de longues périodes et sont dotées de mécanismes d'adsorption racinaire et de rétention d'eau performants, (**Ozenda, 1991**).

La végétation des zones arides, en particulier celle du Sahara, est très clairsemée, à aspect en général nu et désolé, les arbres sont aussi rares que dispersés et les herbes n'y apparaissent que pendant une période très brèves de l'année, quand les conditions deviennent favorables, (**Unesco, 1960**). Au Sahara, comme partout ailleurs, la végétation est le plus fidèle témoin du climat (**Gardi, 1973**). Par conséquent l'absence de végétation sur de grandes étendues est le caractère le plus simple du paysage saharien, le tapis végétal est discontinu et très irrégulier, les plantes utilisent surtout les emplacements où le ravitaillement en eau se trouve un peu moins défavorable qu'ailleurs (**Ozenda, 1991**). Ce sont souvent des plantes de petite taille. Selon les études phytoécologiques effectuées par l'ASAL et DGF, (**2010**) ; **Hanafi et Chammah, (2010)** et sur la base des observations sur terrain, notre zone d'étude est caractérisée par trois types de faciès :

- ❖ Les steppes à graminées : C'est des steppes à graminées pérennes, telles les steppes à alfa (*Stipa tenacissima*), les steppes à sparte (*Lygeum spartum*).
- ❖ Les steppes halophiles : Les espèces dominantes comprennent beaucoup de Salsolaceae, telles que l'Atriplex, la Salicornia, la Suaeda, les tamaris (*Tamarix spp.*). Se trouve dans les sols salés.
- ❖ Les steppes à psamophytes : les espèces dominantes sont le Rtem (*Retama retam*). Se trouve autour du cordon dunaire de sable.

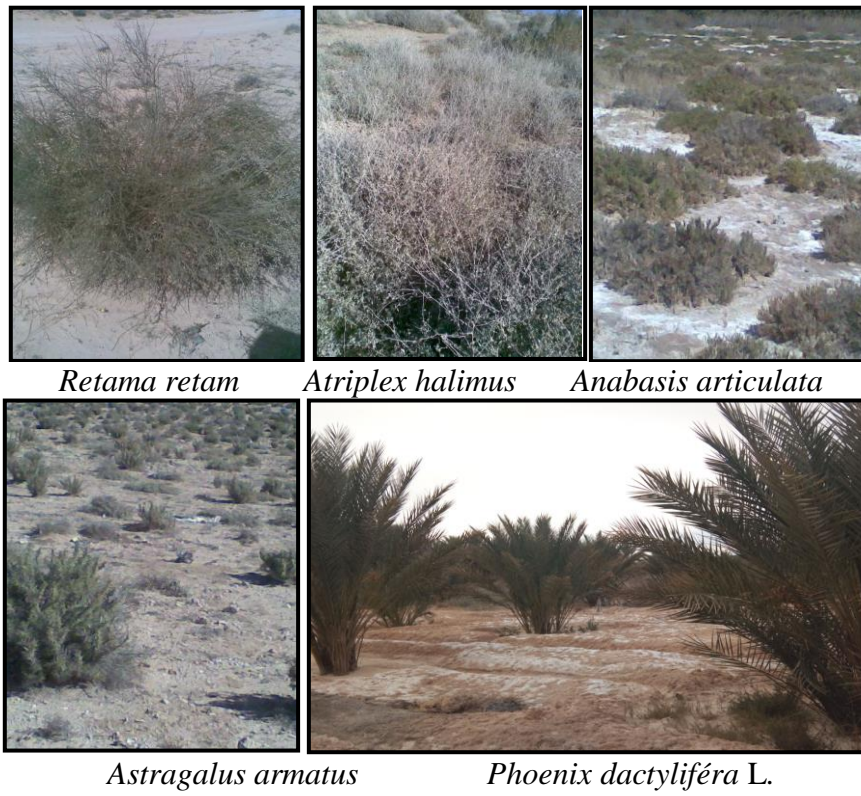


Figure 9. Principales espèces du couvert végétal de la zone d'étude

2.1. Introduction

Le palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) est une plante pérenne de la famille des Arecaceae, Cultivé depuis plus de 4000 ans, le palmier demeure une ressource vitale dans les zones arides et semi-arides du globe. Il fut propagé en dehors de son aire de culture non seulement pour ses fruits mais aussi pour ses intérêts culturels et ornementaux.

La première description du palmier dattier est le fruit du travail du botaniste suédois Linné qui, en 1753, attribue le nom botanique de *Phoenix dactylifera* (**Munier, 1973**). Son nom de genre *Phoenix* dérive de phoinix, nom donné à cette plante par les grecs de l'antiquité qui le considéraient comme l'arbre des phéniciens (un peuple à la peau de couleur rouge foncé, de tradition phoenicicole et originaire du pays de Pont ou corne de l'Afrique). Une autre origine du nom de *Phoenix* fait allusion à un oiseau mythique égyptien, le phénix, qui renaît de ses cendres après l'incendie, comme se régénère le palmier après le passage d'un feu (**Ouennoughi et al., 2005**). Son nom d'espèce *dactylifera* comprend les mots latins *dactylus* signifiant doigt par référence à la forme des fruits semblables à des doigts et *fera* signifiant « je porte ». Cette appellation fait référence aux phéniciens, porteurs de dattes, qui auraient participé à la diffusion de la culture du palmier dattier au sein de la Mésopotamie. Le palmier dattier est le nom commun en français de cette plante. Il est aussi appelé *nakhil* en arabe.

2.2. Systématique

D'après les données récentes de l'International Code Of Botanic Nomenclature (**Henderson, 1999 in El-houmaizi, 2002; Moore, 1963**) le palmier dattier occupe la place ci-dessous dans le règne végétal :

- Embranchement : **Angiospermes** ;
- Classe : **Monocotylédones** ;
- Ordre : **Principes** ;
- Famille : **Areacacées** ;
- Tribu : **Phoenicées** ;
- Genre : **Phoenix** ;
- Espèces : *Phoenix dactylifera* L.

2.3. Origine et histoire

L'origine géographique précise du palmier dattier paraît très controversée. Elle fait l'objet de plusieurs hypothèses. Selon **Munier (1973)**, le palmier dattier résulterait de l'hybridation

de plusieurs types de Phoenix et sa domestication aurait eu lieu dans la région orientale du Sahara. Cependant, des travaux de **Zohary et Hopf (1988)** ont rapporté l'existence d'un ancêtre sauvage du palmier dattier, qui serait localisé dans la région méridionale chaude et sèche du Proche Orient, au Nord Est du Sahara et au Nord du désert d'Arabie. Des travaux plus récents ont montré que le palmier dattier proviendrait de la domestication d'une population sauvage de la même espèce (**Pintaud et al., 2010**). Sur la base d'études archéobotaniques, la domestication du palmier dattier remonterait vers 6000 ans avant J.C. dans la région du Golfe Persique comme témoignent des fossiles de graines trouvées dans la région de Dalma aux Emirats. Cette domestication serait associée à la naissance des premières civilisations agricoles du croissant fertile, entre la Mésopotamie et l'Egypte, vers 4000 ans avant JC. Depuis ce lieu d'origine, la culture du palmier dattier s'est, étendue vers l'Est et vers l'Afrique orientale (XVe siècle) et du nord (XIe siècle). Dès le XXe siècle, le palmier dattier est introduit en Amérique et en Australie. Sa propagation s'est effectuée en suivant plusieurs voies : par les navigateurs arabes, par la colonisation et par les anciennes transactions commerciales où les dattes étaient utilisées comme monnaie d'échange (**Ouennoughi et al., 2005**).

2.4. Répartition géographique

2.4.1. Dans le monde

L'aire de répartition du palmier dattier s'étale dans l'hémisphère nord entre les parallèles 9°18' (Cameroun) et 39°44' (Elche Espagne) (**Toutain, 1967**). D'après **Ben Abes (2011)**; le palmier dattier existe dans les cinq continents, il est cultivé intensivement dans les zones arides et semi arides d'Afrique, de Moyen Orient et en Espagne (le seul pays européen producteur de datte), et en faible intensité au niveau du Mexique, Argentine et Australie (**Figure 10**).



Figure 10: La répartition des palmiers dattiers dans le monde

2.4.2. En Algérie

La culture du palmier dattier occupe toutes les régions situées sous l'Atlas saharien soit 6000 ha depuis la frontière Marocaine à l'Ouest jusqu'à la frontière Est Tuniso-Libyenne. Du Nord au Sud du pays, elle s'étend depuis la limite Sud de l'Atlas saharien jusqu'à Reggane à l'Ouest, Tamanrasset au centre et Djanet à l'Est (**Matallah, 2004**). Selon **Babahani (2011)**, les palmeraies se localisent dans les zones géographiques suivantes:

- Ziban au Nord-Est du sahara (Biskra, Tolga, Sidi Okba...);
- Oued Righ au Sud des Ziban (Mghair, Djamaa, Touggourt);
- Souf au Sud-Ouest d'Oued Righ (El Oued, Guemar, Débila,...);
- Ouargla au Sud-Ouest d'Oued Righ (El Bour, Ngoussa, Rouissat,...);
- Mzab à l'ouest d'Ouargla (Ghardaïa, El Attef, Bounoura,...);
- Région de Dayas au Nord de la chebka de Mzab (Laghouat, Boussaâda, Ouled Rahma, Ouled Harket,...);
- Région d'El Menia, au Sud du Mzab (lisière est du grand Erg Occidental);
- Gourara situé entre le grand Erg Occidental au Nord et le plateau de Tadmait au Sud (Timimoun, Aoughrouth,...);
- Touat, situé entre Oued Messaoud et Oued l'Rmal, jusqu'à la Sebkha de Timi (Tssabit, Sbaa, Tamentit, Zaouit Kounta,...);
- Tidikelt situé entre Aoulef à l'Ouest et In Salah (inclus) à l'Est (In Ghar, Tir, Akabli.); Saoura au Sud-Ouest de l'Atlas saharien entre la Hamada de Ghuir et le grand Erg Occidental (Beni Ouanif, Bechar, Abadala, Taghit, Beni Abbès...);
- Tindouf à l'extrême Sud-Ouest situé entre la hamada ghuir au Nord et le massif de l'Eglab au Sud;

- Hoggar, région de Touaregs située à l'extrême Sud du Sahara (In Amguel, Tamanrasset, Timiaouine, In Guezaam,...) ;
- Tassili région de Touaregs également située au Nord-Est de l'Ahaggar (Illizi, Djanet, Ihrir, Djarat,...).

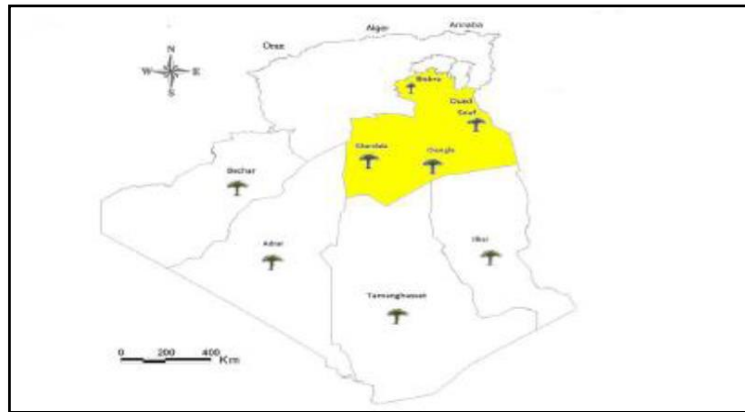


Figure 11. Répartition du palmier dattier en Algérie

2.5. Description morphologique du palmier dattier

2.5.1. Appareil végétatif

A. Les palmes

Les palmes (Djérid) : sont des feuilles composées insérées en hélice, très rapprochées sur le stipe. Elle comporte une gaine pistillaire (cornaf) enfuit d'un feutrage dense dans un pétiole semi cylindrique épineux vers la base (chouque-srab) dur et foliole (saaf).

Les feuilles : longues de plusieurs mètres, ont un limbe divisé en deux rangés de folioles étroites, pliées en long suivant leur nervures, raides et piquantes au sommet, les folioles inférieurs de chaque feuille sont transformées en épines (**Ozenda, 1983**).

On utilise fréquemment les caractères des palmes pour définir les variétés ; parmi les plus stables : la disposition des folioles et des épines sur le pétiole (rachis) ainsi que les angles entre folioles et le rachis (**Munier, 1973**).

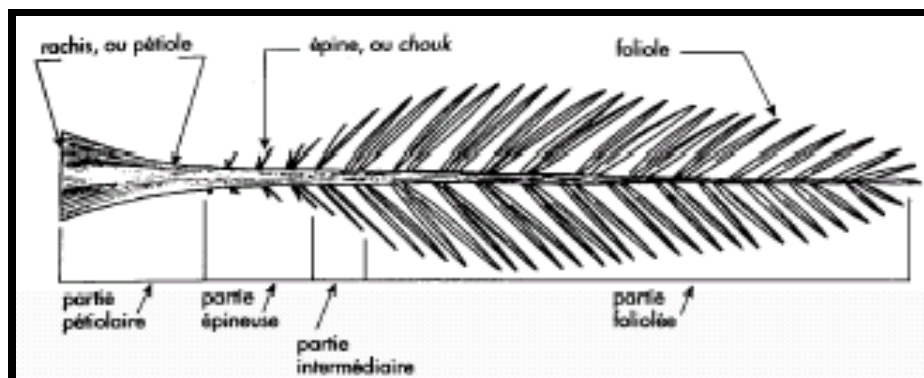


Figure12: Une palme (Peyron, 2000)

B. Le tronc

Le tronc du palmier dattier ou « stipe » est cylindrique, parfois lignifié de couleur brune à ramification monopodiale, il peut atteindre 30-40m de long (**Ben abdallah, 1990**).

A l'aisselle de chaque palme se trouve un bourgeon axillaire (adventif) qui en se développant peut donner naissance à une inflorescence (dans la partie coronaire), à un rejet (dans la partie basale) ou à un gourmand (dans la partie moyenne), l'aptitude d'émission des rejets c'est une caractéristique variétale. Il reste couvert pendant plusieurs années par les bases foliaires des anciennes feuilles desséchées, les bases foliaires finissent par tomber, dégageant le stipe proprement dit sur lequel les cicatrices des feuilles restent visibles.

L'accroissement en épaisseur du tronc est assuré par un cambium extra fasciculaire qui disparaît très tôt : ce qui confère au stipe du dattier une épaisseur sensiblement la même durant toute la vie. Le tronc des jeunes palmiers est recouvert par le fibrillaires (lif) qui ne persiste à l'état adulte que dans la partie coronaire.

Le stipe ne se ramifié pas, mais le développement des gourmands ou rejets aériens (Rekabs) peut donner naissance à des ramifications (**Djerbi, 1996**).



Figure 13. Tronc de palmier dattier

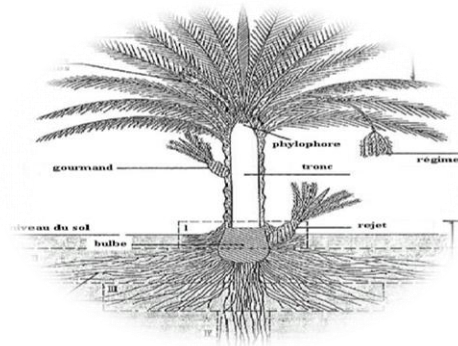


Figure 14. Schéma du palmier dattier
(Munier, 1973)

C. Les racines

Le système racinaire du palmier dattier est de type fasciculé très développé, généralement noyé dans une masse spongieuse de racines mortes pourvus d'un bulbe où sont accumulées toutes les réserves (**Toutain, 1967**). Ce système présente plusieurs zones d'enracinement :

- **Zone 1** : racines respiratoires (superficielles) : servent aux échanges gazeux. Elle se développent quelquefois très haut à la base du tronc, ou stipe, en poussant sous les bases pétiolaires des palmes, Kornafs ou cornafs . Ceux sont alors des racines aériennes, les racines respiratoires souterraines ont peu de radicelles.

Ce système joue un rôle important, et nécessaire au palmier, dans les échanges gazeux avec l'air de l'atmosphère du sol (**Peyron, 2000**).

▪ **Zone 2** : racines nutritives (moyennes) : constituent la plus forte proportion de racines du système. Elles sont très longues, obliques ou horizontales. Elles sont pourvues de nombreuses radicelles et peuvent se développer bien au-delà de la zone de projection de la frondaison d'un palmier adulte, d'où l'importance des grandes cuvettes ou, mieux, des planches d'irrigation. (Peyron, 2000)

▪ **Zone 3** : racines d'absorption (inferieures) : ont pour fonction de chercher l'eau .la Zone de ces racines est plus ou moins développée selon le mode de culture et la profondeur de la nappe phréatique. (Peyron, 2000)

▪ **Zone 4** : les racines du faisceau pivotant : le pivot de racines d'absorption est quasi inexistant si la conduite de culture permet une absorption suffisante au niveau des racines de nutrition et d'absorption .il est réduit si la nappe phréatique se trouve à faible profondeur mais, si nécessaire, se véritable pivot de racines peut atteindre l'eau jusqu'à une profondeur de 17 mètres. (Toutain, 1967).

Dans les conditions normales, le système racinaire d'un palmier ayant une taille de 8 à 10 m peut s'étendre latéralement à plus de 7m du tronc et atteindre une profondeur supérieure a 6m (Fonteny, 1960 in El houmaizi, 2002).

La densité des racines dans le sol est décroissante en profondeur, le nombre et la densité varient selon la nature du sol, les conditions climatiques et les cultivars (Al-bakre, 1972) (figure 15).

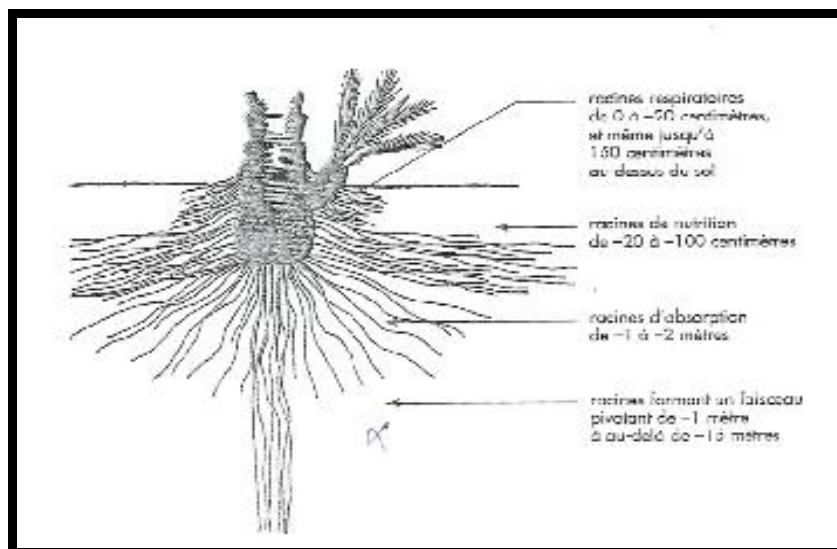


Figure15. Les quatre types de racines (Peyron, 2000)

D. La couronne, ou la frondaison

L'ensemble des palmes forme la couronne du palmier dattier chez les adultes, la couronne contient de 50-200 palmes (Peyron, 2000). On distingue :

- couronne basale : avec des palmes âgées

- couronne centrale : avec des palmes adultes
- les palmes du cœur : avec des palmes non ouvertes et n'ayant pas encore atteint leur taille définitive.

Les palmes sont issues du bourgeon terminal (**Munier, 1973**) ou « phyllophore » se trouve à l'extrémité du tronc. À l'aisselle des palmes, à partir des bourgeons axillaires, se développent les inflorescences et éventuellement les gourmands (**Peyron, 2000**).

2.5.2. L'appareil reproducteur

Le palmier dattier commence à fleurir après une longue phase juvénile, entre 5 et 8 ans après la germination des graines dans des conditions de culture favorables. La floraison est généralement annuelle et dure durant toute la vie de la plante.

A. Les inflorescences ou les spathes

Le palmier dattier est une plante dioïque c'est-à-dire chaque individu ne porte que des inflorescences d'un même sexe. L'inflorescence du dattier naît du développement des bourgeons axillaires situés à l'aisselle des palmes dans la région coronaire du tronc. (**Peyron, 2000**). Les spathes ont une forme de grappes d'épis protégés par une bractée ligneuse close et fusiforme. Elles sont de couleur vert-jaunâtre (**Sedra, 2003**).

B. Les fleurs

Les fleurs sont unisexuées à pédoncule très court. Elles sont de couleur ivoire, jaune-verdâtre selon le sexe et le cultivar ou la variété. En période de pollinisation, les spathes s'ouvrent d'elles-mêmes suivant, la ligne médiane du dos.

- La fleur femelle : est globulaire, d'un diamètre de 3 à 4 mm ; elle est constituée d'un calice court, de trois sépales soudés et d'une corolle, formée de trois pétales ovales et de six étamines avortées ou staminoïdes. Le gynécée comprend trois carpelles, indépendants à un seul ovule anatrophe. Au moment de la pollinisation, un seul ovule est fécondé, ce qui aboutit au développement d'un seul carpelle qui, à son tour, évolue pour donner à maturité, le fruit appelé datte. Les autres ovules avortent et tombent après la pollinisation.

- La fleur mâle : a une forme légèrement allongée et est constituée d'un calice court, de trois sépales soudés et d'une corolle formée de trois pétales et de six étamines. Les fleurs mâles sont généralement, de couleur blanche crème, à odeur caractéristique de pâte de pain. Les phénomènes de changement de sexe chez le palmier ou de l'existence d'inflorescences des deux sexes à la fois, sont très rares (**Daher meraneh, 2010**).

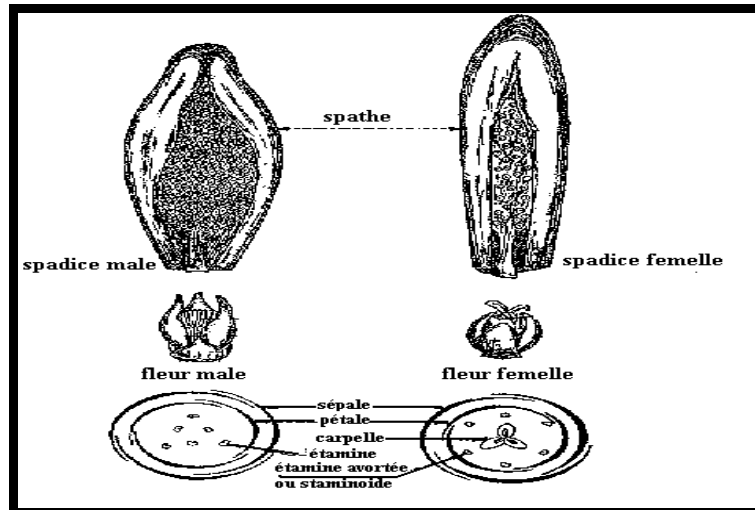


Figure16. Inflorescences et fleurs du dattier (Munier, 1973)



Figure17. Inflorescences et fleurs du dattier

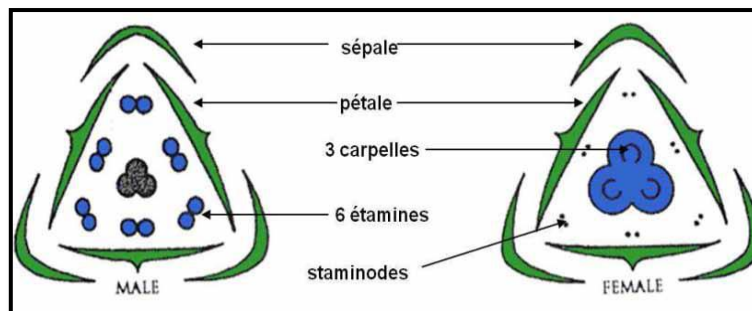


Figure 18. Diagramme florale des fleurs du palmier dattier (Daher meraneh, 2010)

C. Le fruit

Le fruit est une baie contenant une graine appelée communément, noyau Après fécondation, l'ovule évolue pour donner un fruit de couleur verte (taille d'un pois puis d'un fruit de raisin jusqu'à la taille normale de la datté), constitué de mésocarpe protégé par un fin péricarpe et un endocarpe membraneux de forme allongée (**Figure 19**). En effet, cinq stades d'évolution du fruit sont connus et prennent des appellations locales différentes en fonction des pays et des régions. (Sedra 2003 ; Munier, 1973).

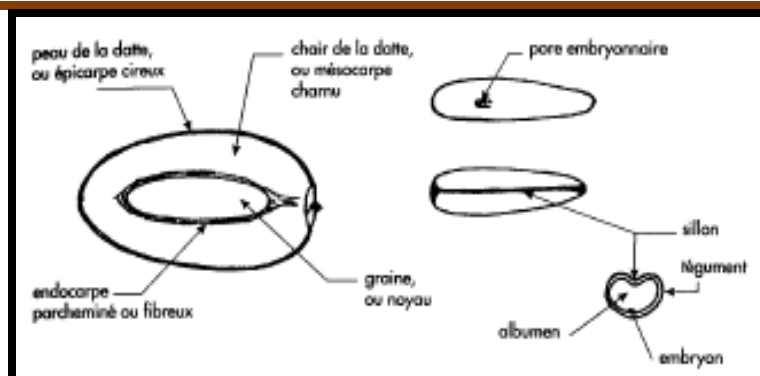


Figure19. Datte et son noyau (Peyron, 2000).

2.6. Les exigences écologiques et édaphiques

2.6.1. Ecologiques

A. La température

Le palmier dattier est cultivé comme arbre fruitier dans les régions chaudes arides et semi arides du globe. C'est une espèce thermophile. Son activité se manifeste à partir d'une température variant de + 7 à 10°C, selon les individus, les cultivars et les conditions climatiques locales (Munier, 1973).

- Zéro de végétation: 10°C.
- la Somme des températures nécessaires à sa croissance est de 4500 °C à 5000 °C.
- La résistance au gel: - 9 °C jusqu'à - 15 °C.
- Le zéro de floraison: entre 17 °C et 24 °C (selon les régions).
- La nouaison des fruits à températures journalières de 25°C.
- la Somme des températures pour la fructification varie de 1000 °C à 1660 °C (la variété Deglet Nour exige environ 2000° C) (Peyron, 2000).

B. La lumière

Le palmier dattier reçoit le maximum de lumière à cause de sa position dominante ; il capte l'énergie solaire d'une manière intense grâce à la répartition judicieuse de ses palmes et folioles orientés tous azimuts (Toutain, 1977).

Une trop forte densité de plantation empêche la pénétration des rayons du soleil jusqu'au sol. La lumière est tamisée par le couvert des palmiers tendant vers la lumière et s'effilent en poussant du cœur. La densité de plantation doit être donc calculée en tenant compte de cette caractéristique (Peyron, 2000). La densité actuelle pratiquée est 8*8 ou 9*9.

C. La pluviométrie

La pluviométrie des régions sahariennes est insuffisante pour assurer les besoins de notre culture surtout le palmier dattier, car à Biskra la moyenne est de 50 mm et les besoins du palmier dattier sont de 2370 mm, mais si elle intervient durant la période de la fécondation

des fleurs et la maturation des dattes elle va causer de graves dégâts : pourriture des spathes, avortement et réduction de l'action du pollen.

D. Les vents

Les vents fréquents ont des actions mécaniques desséchantes. Ils peuvent aussi souiller la récolte, dessécher les dattes, déchausser les jeunes palmiers et brûler les jeunes pousses, détériorer ou encombrer les planches et les bassins et provoquer l'ensablement de certaines Palmeraies (**Babahani, 1998**).

Les brises vents en bon état, peuvent réduire cet effet notamment pour les cultures sous-jacentes.

E. L'humidité

L'humidité de l'air a une influence importante sur le palmier dattier. Pendant la période de la maturation, elle affecte la qualité des dattes ; si elle est élevée ; les fruits deviennent mous et collants ainsi que plusieurs maladies apparaissent (**Munier, 1973**).

Mais à une basse humidité, ils deviennent très secs et surtout si elle est accompagnée de vents chauds et secs (Ch'hili) l'humidité idéale est estimée entre 48-52% d'humidité de l'air.

2.6.2. Edaphiques

A. Les besoins hydriques

La zone saharienne est caractérisée par de faibles précipitations (moins de 150 mm voire moins de 50 mm). Dans de nombreuses régions, le dattier ne s'alimente en eau qu'à partir d'une nappe phréatique peu profonde. On a vu que l'enracinement du dattier peut aller jusqu'à plus de 5 mètres de profondeur.

On considère qu'avec une nappe à 2 mètres (capillarité de 80 cm environ), le palmier peut satisfaire ses besoins pour la production de dattes, à condition d'une part, que l'eau soit peu ou non salée et d'autre part, que l'amplitude du niveau de cette nappe ne soit pas trop importante. En effet, les racines ne vivent pas longtemps dans l'eau stagnante. **Nixon (1954)** signale des palmiers vivant dans des sols où le niveau de la nappe est de 60 cm ; mais les palmiers sont en général stériles.

L'effet inverse d'une baisse de la nappe oblige les racines à suivre en profondeur, mais avec le risque d'être asphyxiées lors d'une remontée ultérieure.

La pratique de l'agriculture dans la zone saharienne n'est donc possible qu'à l'aide de l'irrigation. Les besoins en eau des cultures sont liés étroitement aux conditions climatiques notamment l'évapotranspiration mais aussi à la nature du sol, à la biologie de la plante et à sa place dans les strates des cultures du système cultural de la palmeraie.

B. Le sol

La plantation du palmier dattier doit se faire dans des sols légers : sableux, sablo-limoneux et limono-sableux, à faible teneur en argile (moins de 10%) (**Babahani, 1998**). Les qualités physico-chimiques recherchées aux sols de palmeraies sont d'après **Munier, (1973)** :

- La perméabilité : le sol doit permettre la pénétration de l'eau, à une profondeur de 2 à 2,5m;
- La profondeur : le sol doit avoir une profondeur minimale de 1,5 à 2 m;
- La topographie : pour une meilleure association irrigation drainage, le sol doit avoir une pente de 2 à 6 ‰;
- La salinité : la croissance est normale à une teneur en sels de la solution du sol de 10 ‰ (10 g /l), il peut tolérer une concentration de 15 ‰, au-delà de cette dernière valeur, le pied commence à flétrir. A 30 ‰, il n'y aurait pas de production, le flétrissement continue et à 48 ‰ le dattier meurt;
- Le pH : il doit être neutre ou faiblement alcalin.

2.7. Calendrier cultural

Les pratiques et les soins culturaux ont un intérêt certain dans l'expression des potentialités de production et de croissance des organes végétatif et reproductif normaux des cultivars. La croissance normale d'une variété et la production en dattes (qualité et quantité) pourraient diminuer si l'entretien du palmier est insuffisant ou absent.

2.7.1. Défoncement de la croute gypseuse

La croute ou l'encroutement gypseux doivent normalement être défoncés avant la plantation, sur une profondeur d'au moins un mètre sur toute la surface de la planche.

Ces exigences sont rarement respectées ; Le plus souvent on se contente de décroûter le trou de plantation. Dans une plantation, la croute subsistait intacte à 40 cm au pied du palmier.

L'aspect et le rendement des dattiers plantés dans ces conditions sont déplorables ; ils ont actuellement une dizaine d'années et leur production est minime, beaucoup d'entre eux sont même en train de se dessécher (**Peyron, 2000**).

2.7.2. Amendement

Les sols des palmerais sont souvent salés pauvres en humus, en raison d'une combinaison de différents processus :

- Sols alluvionnaires ou sableux sans matière organique ;
- Eau d'irrigation à forte teneur en sel ;

- Mauvais drainage ou proximité d'une nappe salée qui envahit une nappe phréatique d'eau douce surexploitée.

Si possible, on corrige la composition et les propriétés physiques du sol par des amendements texturaux.

- En cas de terres argileuse lourde on fait un apport de sable de 50 à 100 tonnes/ ha, Le sable est également utilisé pour la création de sols artificiels dans les zones de chottes, la hauteur de la couche apportée peut atteindre 60 cm.
- Pour le cas des sols sodiques : 2 à 10 tonnes de gypse en tenant compte de la quantité de sodium échangeable.
- Pour les sols limoneux ou trop lourds : apport de sable, qui aère le sol et l'empêche de se tasser rapidement.
- Pour les sols sableux : apports d'engrais organique, d'où la nécessité d'un élevage associé et dans certains cas, apport d'argile.

Une méthode simple, que peu de paysans pensent à employer, consiste à éliminer les dépôts par grattage et décapage des encroutements de sel de surface. Combinés aux lessivages par irrigation de dessalage, ces amendements se révèlent efficaces. (**Peyron 2000**).

2.7.3. Travail du sol

En palmeraie, le travail du sol est nécessaire pour :

- Limiter les pertes d'eau par évaporation ;
- Eviter les concentrations salines en surfaces dans les terrains salés.

Souvent en sol salé ou lorsque l'eau est salée, il se forme un complexe imperméable avec les limons ou avec les particules fixes du sol, ce qui réduit l'efficacité de l'irrigation. Si le sol a été ameubli en profondeur de la plantation, un nouveau sous-solage n'est nécessaire que trois ans plus tard .il faut veiller à ne pas abimer les systèmes racinaires. Dans tous les cas, un binage de 20 à 30 cm de profondeur, selon la proximité des racines, est nécessaire au moins une fois par an. Outre l'avantage d'aérer et d'ameublir le sol, les sarclages permettent de désherber les surfaces envahies par les mauvaises herbes qui détournent à leur profit une partie de l'humidité du sol (**Peyron, 2000**).

2.7.4. Plantation

C'est l'opération la plus délicate et la plus sensible d'où il faut choisir des rejets en bonne santé et de bonne qualité. La meilleure période de plantation se situe au début de la reprise de végétation (fin de Février-Mars) ou au mois d'Août (exemple : la wilaya de Biskra).

✚ La mise en place

- Nettoyer la touffe et dégager la partie basale des rejets situés à proximité du sol (moins de 50 cm)
- Enterrer bien le rejet dans le sol (**Figure 20**)
- Couvrir le rejet par des palmes sèches (ou life, roseaux, toile) pour éviter le dessèchement (**Figure 21**).
- Couvrir les bases des rejets avec de la terre pour favoriser leur enracinement. Pour ce faire, il est recommandé d'installer tout autour du tronc du palmier, des caisses en bois ou en plastique qui entourent les bases de ces rejets aériens et de les remplir avec un sol indemne de maladies, des palmes sèches(ou life, roseaux, toile) ou un bon terreau, permettant de conserver l'humidité.
- Irrigation abondante en moyenne tous les 3 à 4 jours (**Sedra, 2003**).



Figure20. La mise en place d'un rejet Figure21. La protection d'un rejet

2.7.5. Fertilisation

A. Organique

La fumure organique utilisée dans la plupart des palmeraies algérienne, peut être le fumier domestique ou le fumier de ferme. Le compost (déchets agricoles et humains décomposés et convertis en humus) et l'engrais vert (enfouissement d'une légumineuse sur le champ avant la floraison) sont très rarement utilisés. La fumure organique a plusieurs intérêts, elle favorise l'activité microbienne du sol, permet l'amélioration de sa rétention en eau et de sa structure, et fournit des éléments nutritifs essentiels (surtout l'azote) et de nombreux oligoéléments fertilisants. Dans le cas de l'apport de la fumure organique, il est conseillé d'épandre 5 à 240 kg de fumier par arbre sur la surface autour de l'arbre (rayon de 1 à 2 m) en fonction de l'âge de l'arbre. Il est à signaler, que la zone des racines qui alimentent le mieux les palmiers, comprend une surface qui s'étale jusqu'à 2 m de rayon tout autour du tronc. Pour

un palmier adulte, le fumier et peut être apportés et enfouis dans des tranchées autour du tronc de l'arbre de 20 à 40 cm de largeur et de 20 à 30 cm de profondeur et distantes du tronc de 70 à 100 cm ; et ce à raison d'une ou deux tranchées tous les 2 à 3 ans. Ces fertilisants sont apportés en une seule fois, une semaine ou quelques semaines après la récolte des dattes. Du fumier supplémentaire peut être apporté en surface en cas de cultures associées (**Sedra, 2003**). **Toutain (1985)** a signalé que pour un palmier produisant 90kg de dattes, il faut apporter 175 kg de fumier. Selon **Peyron (2000)**, Pour un palmier dattier en plain production, il est estimé 100Kg de fumier/an en hiver mélangé avec le sol et irriguer.

B. Minérale

❖ Phosphore

Le phosphore est un élément fondamental parmi les trois éléments majeurs (N, P, K) apportés par les engrais et le plus anciennement connu. Le phosphore se trouve dans la plante sous forme minérale (**Duthil, 1973**). Mais il est beaucoup plus fréquemment présent combiné sous forme organique. Sa répartition dans les tissus est très inégale et augmente généralement avec la teneur en azote (**Gervy, 1970**). La teneur des végétaux en phosphore est soumise à des variations très importantes ; elle dépend principalement de la nature de l'espèce, de l'âge de la plante et de l'organe analysé ; elle dépend également, mais dans une moindre mesure, de la richesse du sol en P_2O_5 ; elle dépend enfin très faiblement de la présence d'autres éléments donnant lieu à des antagonismes avec l'acide phosphorique (**Gervy, 1970**).

• Rôle physiologique du phosphore:

Le phosphore joue également plusieurs rôles dans la vie des plantes. Il est considéré comme un constituant essentiel des chromosomes, il intervient partout où il y a multiplication cellulaire d'où l'importance du phosphore dans les phénomènes de croissance et de reproduction. Il joue également un rôle déterminant dans le transfert d'énergie, il est indispensable à la photosynthèse et aux processus chimio-physiologiques de la plante (**Lambert, 1979**). Selon **Moughli, (2000)** le phosphore participe dans :

- L'accélération de la maturation des fruits par conséquent l'augmentation de la teneur en sucre.
- La maintenance d'identité génétique
- Stimulation de la croissance des racines : Un apport localisé de phosphore (et nitrate) entraîne une prolifération des racines dans cette zone. Par contre, on a constaté moins de réponse de la racine à des apports localisés de potassium ou d'ammonium. Il a été montré que le phosphore améliore la réponse de plusieurs cultures à la fertilisation azotée. Pour que les plantes utilisent le supplément d'azote (par exemple pour la synthèse des

protéines ou de la chlorophylle), elles ont besoin de plus de phosphore pour fournir l'ATP nécessaire (Moughli, 2000).

❖ Potassium

Le potassium est l'élément nutritif absorbé en plus grandes quantités que tous les autres éléments minéraux. Il y a dans les sols, une quantité abondante de potassium. Malheureusement, la portion assimilable par la plante est minime. A l'intérieur du sol, le potassium est disponible sous formes qu'on peut répartir en trois catégories : relativement indisponible, lentement disponible et facilement disponible.

• Rôle physiologique du Potassium

Le K^+ est le cation le plus abondant dans le cytoplasme. Son absence affecte la photosynthèse étant donné son rôle dans l'ouverture et la fermeture des stomates. Il joue également un rôle d'équilibre cationique-anionique de la plante ; sa prédominance fait qu'il peut contrebalancer les anions présents dans le cytoplasme, les vacuoles, le xylème et le phloème. Il contribue de façon majeure au potentiel osmotique et a un rôle pour stabiliser le pH (Whiterhead, 2000). Le K^+ est très mobile dans la plante ; il intervient dans le transport des photosynthétats jusqu'aux feuilles et est impliqué dans le chargement du phloème (Marschner, 1995). Très échangeable, le K^+ joue un rôle majeur dans le transport membranaire. Il est aussi impliqué dans l'activation de plusieurs réactions enzymatiques dont celles intervenant dans la synthèse protéique.

La fertilisation du palmier dattier à l'aide des fertilisants d'origine organique ou minérale joue donc un rôle important dans l'augmentation de la productivité des arbres et dans l'amélioration de la qualité de production ; mais son effet positif et significatif nécessite un calendrier adéquat d'apport complet de fertilisants dont la fréquence, la quantité et la qualité varient en fonction de la texture du sol, de la méthode d'irrigation, de l'âge des palmiers et des systèmes d'exploitation au niveau d'une oasis dans sa globalité ou au niveau d'un verger phoenicicol oasien.

Des études en Californie indiquent qu'un hectare planté de palmiers dattiers (120 palmiers) perd chaque année de grandes quantités d'éléments nutritifs essentiels par le puisement des palmiers à ces éléments indispensables à la croissance et la formation de nouvelles feuilles et du fruit, en plus des opérations de toilettage des palmiers ont lieu à la fin de chaque récolte pour enlever les palmes sèches de l'année écoulée et les restes des vieilles grappes (Alarajen) qui ont eux-aussi puisé de grandes quantités de ces éléments. La quantité consommée par palmier pour une production de 45 kg de dattes est de (600 g) de

phosphore et (225 g) de potassium et la quantité des éléments perdue par un hectare chaque année est estimée par 54 kg (N) et 7 kg (P) 144 kg (K).

Selon **Hass et Bliss (1935)**, un hectare de 120 palmiers exporte 29 kg d'azote, 5 kg de phosphate et 70 kg de potassium. **Embleton et Cook (1947)** ont estimé que la taille d'une plantation d'un hectare entraîne une perte de 25 kg d'azote, 2 kg de phosphate et 74 kg de potassium. **Dessouki et Al hamadi (1998)** et **Ibrahim et al (2001)** ont montré que 1kg de super phosphate et 2 kg de sulfate de potassium entraînent une amélioration de la qualité des dattes et une augmentation du rendement .De nombreux programmes fertilisation de palmiers ont été proposés sur la base de recherches et d'études antérieures, y compris le programme suivant (**Al- bakr, 1972**) selon l'âge des arbres

Tableau 2. Doses des éléments fertilisants selon l'âge du palmier (Al-Bakr, 1972)

L'âge du palmier	Elément en g/palmier/an		
	N	P	K
1	145	115	250
5	310	250	1370
10	425	300	1370

Selon **Houssin et al (2012)**, le palmier dattier exige un apport annuel en éléments fertilisants estimé à 1.5 à 3 kg de (N), 0.5 kg (P) et 2 à 3kg de (K), **Ibrahim et al,(2001)** signale quant à lui que les meilleures traitements d'engrais et par l'addition de 45 kg fumure organique,2.25kg super- phosphate et 3.75kg sulfate d'ammonium.

D'une façon générale, la réponse des palmiers à la pratique de la fertilisation minérale ne peut être très nette qu'à partir de la deuxième année, dans le cas de l'expérimentation réalisée en milieu réel (**Sedra et Zirari, 1998**).

2.7.6. Pollinisation

La pollinisation est une opération très délicate et importante à laquelle une attention particulière doit être portée car tout retard dans sa réalisation entrainerait des répercussions sur la production et le rendement en quantité et qualité (**Figure 22**). La pollinisation est effectuée soit naturellement par le vent ou les insectes dans les jardins oasiens familiaux et dans les palmeraies spontanées, soit artificiellement par les exploitants qui placent quelques épillets de fleurs mâles (1 à 12) au sein des épillets femelles (**Enaimi et Jafer, 1980**). Dans les plantations industrielles, la pollinisation est mécanisée (poudre de pollen diluée avec du

talc ou de la cendre de bois tamisé afin d'améliorer la nouaison (**Monciero, 1954 ; Ben-Abdallah, 1990**).

À l'ouverture des spathes, le pollen des fleurs mâles est mature et peut se conserver pendant plusieurs années, à condition de le garder dans un endroit à l'abri de la lumière afin de préserver la qualité de son pouvoir germinatif.

Des études de pollinisation ont montré l'absence d'incompatibilité pollen / carpelle chez le palmier dattier (**Ben-Abdallah, 1990 ; Leroy, 1958**) ; Cependant, tous les pollens n'ont pas la même capacité de fécondation. Le pourcentage de nouaison dépend de la qualité du pollen, du cultivar et des conditions de température et d'humidité régnant lors de la pollinisation. La nouaison est maximale (90 à 100%) lorsque la pollinisation est effectuée dès l'ouverture de la spathe femelle. Elle décroît ensuite car la réceptivité des fleurs femelles est limitée à une semaine au maximum (**Leroy, 1958**).



Figure22. La technique de pollinisation

2.7.7. Irrigation

L'irrigation est une opération primordiale et très importante en phoeniculture les apports doivent être suffisants pour couvrir tous les besoins du palmier dattier, pour satisfaire les pertes par infiltration et par évaporation à la surface du sol, pour satisfaire les besoins des cultures intercalaires, s'il y a lieu, et pour lessiver le sol afin d'éliminer les sels accumulés (**Ben Abdallah, 1990**)

L'évaluation des besoins en eau s'appuie sur le calcul de l'évapotranspiration potentielle en palmeraie, qui correspond à la quantité qui s'évapore par le sol et la végétation lorsque 'ils sont convenablement pourvus en eau (**Peyron, 2000**)

2.7.8. Toilettage du palmier dattier

A. Les Kornafs

Chaque année, les palmes sont émises tandis que d'autres sèchent en restant attachées au tronc et que l' doit éliminer totalement (ITIDAS, 2007).

La première année, scier la palme juste au-dessous de la première épine, au niveau de son étranglement. La deuxième année, couper à la base de sa partie la plus large, cette coupe doit être propre, régulière, bien horizontal pour former une « marche d'escalier » afin de faciliter aux ouvriers de grimper au palmier (Figure 23).



Figure23. Élimination des palmes sèches

B. Ciselage des régimes

Cette opération consiste à éclaircir les régimes pour celà on enlève un certain nombre de fruits ou d'épillets. Sur les régimes à longues pédicelles, on coupe un tiers de sa longueur (tejmane). Après quelques jours, on enlève la foliole et puis on coupe le tiers ou la moitié des pédicelles de centre du régime (tegbabe) (Peyron, 2000) (Figure 24,25).

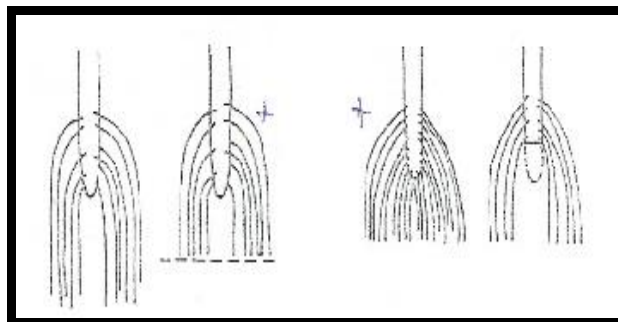


Figure24. Le ciselage de régimes à pédicelles longs et courts

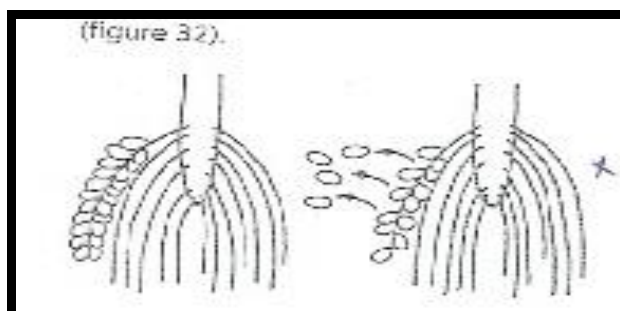


Figure25. Ciselage au niveau du pédicelle (Peyron, 2000)

2.7.9. Limitation de nombre de régime

La production d'un palmier dattier dépend de l'âge et des conditions de culture et d'entretien. Après 2 à 3 ans de plantation il est recommandé de supprimer tout régime juvénile pour éviter la fatigue du palmier dattier.

- A 5 ou 6 ans, on peut laisser 2 à 3 régimes.
- L'année suivante, on peut laisser 3 à 5 régimes.
- A l'âge de 10 à 12, on laisse 10 à 12 régime. (Peyron, 2000)

2.7.10. Sevrage

Le sevrage consiste à séparer un rejet de son pied mère par une coupe nette à l'endroit de son point d'attache.

• La technique du Sevrage

- Veiller à éviter les blessures, arrachement, meurtrissures, hachures, éclatement et ébranlements, de façon à réunir toutes les conditions favorables à une bonne reprise.
- Rabattre le rejet, et à l'aide du sécateur on coupe les palmes externes pour faciliter l'accès au stipe.
- Rassembler et attacher les palmes restantes.
- Dégager soigneusement la terre et enlever les kornafs enterrés de façon à repérer le point d'attache au pied mère.
- On couvre le point d'attache par un sol humide pour réduire la plaie de sevrage.
- Nettoyer le rejet en rabattant les racines blessées.
- Disposer le rejet en jauge, à l'ombre près d'une « seguida » et le recouvrir de palmes jusqu'à son transport.
- Sevrage des gourmands : Il faut arracher les gourmands dès leurs apparitions (Figure 26) (Sedra 2003).

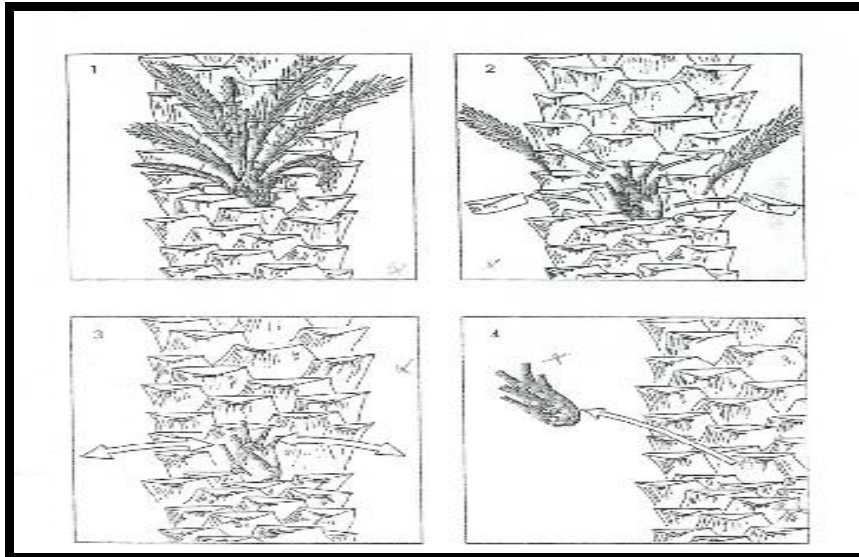


Figure26. L'élimination d'un gourmand (Peyron, 2000)

2.8. Les méthodes de multiplication de palmier dattier

Le palmier dattier est une plante dioïque à fleurs unisexuées, ce qui fait qu'un palmier donné ne produit que des fleurs de même sexe. Les fleurs mâles et les fleurs femelles sont portées par des pieds différents (Munier, 1973). La multiplication se fait par :

- **Rejets** : produisant les mêmes caractères du pied mère à savoir : le sexe, la résistance aux maladies, la quantité de fruits.
- **semis** : ne produisant pas de dattiers fidèles aux caractères du pied d'origine.
- **culture cellulaire des tissus** : c'est la multiplication in vitro (Munier, 1973 ; Ben abdalah, 1990 ; Belguedj, 2001).

2.9. La Récolte

La récolte des dattes s'effectue quand la majorité des fruits sont murs. Parfois quelques jours avant, afin de faciliter la tâche. Suivant les variétés, qui sont précoces ou tardives, et les conditions locales, la récolte s'étale sur une période de trois semaines à trois mois. Comme les dattes des différents régimes ne murissent pas en même temps, plusieurs cueillettes sont nécessaires : les fruits une fois murs tombent, s'abiment ou sont perdus. Les dattes qui restent sur l'arbre peuvent couler, se dessécher ou être abimées par les oiseaux. Il est donc impératif de les ramasser (ITIDAS, 2007) (Figure 27).

❖ Le grappillage

Le grappillage est la méthode de récolte la plus satisfaisante d'un point de vue technique. Mais, sur le plan économique, elle oblige le phoeniculteur à grimper au moins une fois tous les deux jours sur chaque palmier. Elle reste cependant utilisable pour les fruits de grande

qualité marchande, dans les pays où la main-d'œuvre n'est pas couteuse, ou encore dans le cadre des unités culturelles familiales.

La récolte exige beaucoup de main- d'œuvre et beaucoup de soins c'est une des opérations les plus impotentes car, bien conduite, elle permet de livrer au marché extérieur des produits de bonne qualité (**Peyron, 2000**).

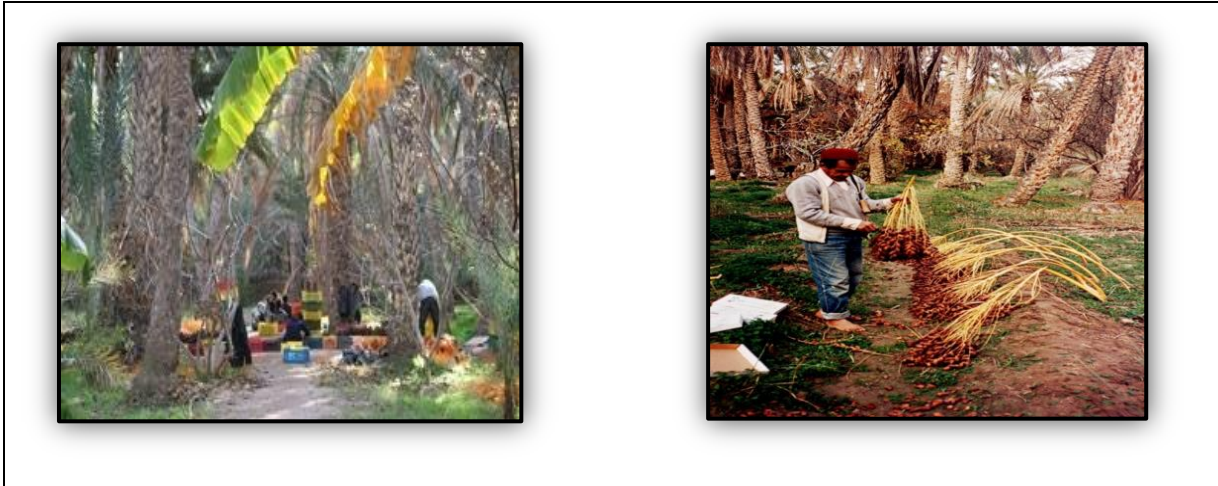


Figure 27. La récolte

2.10. Importance du secteur phoenicicole

2.10.1. Dans le monde

L'effectif total de palmiers est estimé à 200 millions pieds répartis dans plus de trente pays différents (**Hasnoui, 2013**). L'importance de ce secteur est marquée par l'évolution de la superficie consacrée dont en 2003 1095452 Ha et en 2013 est exprimé par 1112490 Ha d'après les statistiques de la **FAO stat 2013** (**Figure 28**)

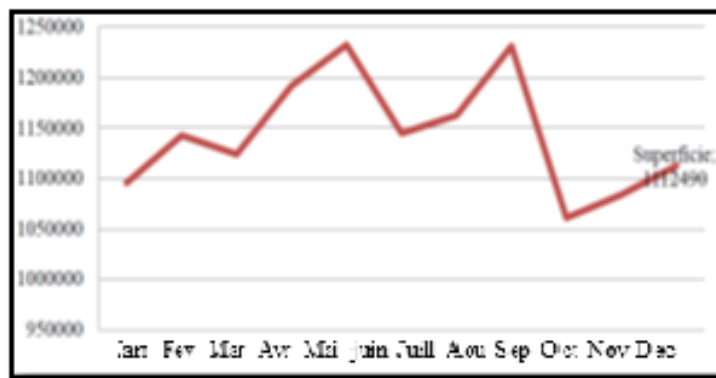


Figure 28. Évolution de la superficie mondiale du palmier dattier (2003 – 2013)

Ainsi que l'augmentation de la production signalée dans la même période dont elle atteint les 6670862 tonnes (T) en 2003 et 7627624,40 T 2013 (**Figure 29**).

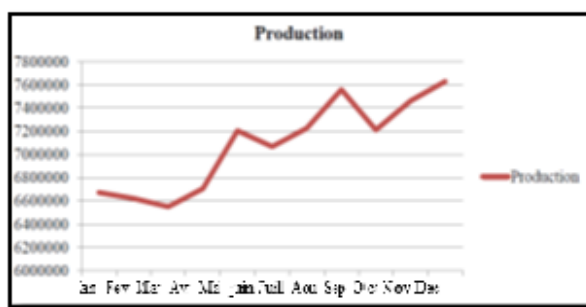


Figure 29. Evolution de la production mondiale du palmier dattier (2003-2013)

En 2013 et dans le classement mondial de la **FAO stat (2013)** on montre que : l’Egypte occupe la première place par une production 1501799T soit 22%, en deuxième place la république islamique d’Iran (1083720T soit 16%) suivie par l’Arabie Saoudite (1065032T soit 15%) et en quatrième place l’Algérie avec une production 848199T (12%) (**Figure 30**).

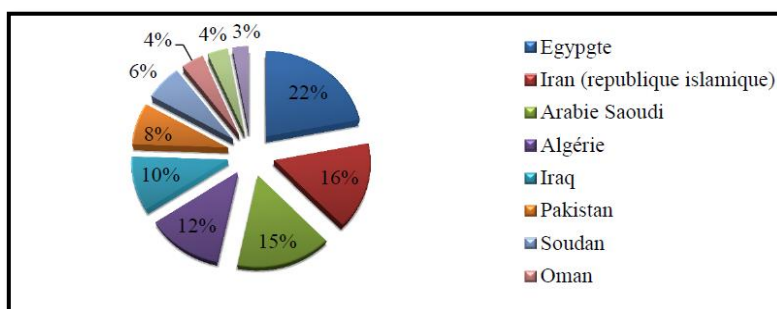


Figure 30. Distribution du palmier dattier dans le monde en 2013

2.10.2. En Algérie

La phoeniciculture en Algérie est considérée comme le pivot central autour duquel s’articule l’agriculture saharienne. On peut exprimer cette importance soit par l’évolution du nombre de pieds recensés qui étaient de 9 millions en 1996 passe vers 15 millions en 2005 et vers 16,5 millions en 2008 et qui était de l’ordre de 17 millions en 2011 soit par l’augmentation de la superficie occupée par cette culture : 128800 Ha en 2003 et atteint 164695 Ha en 2013 (**FAO stat, 2013**) (**Figure 31**).

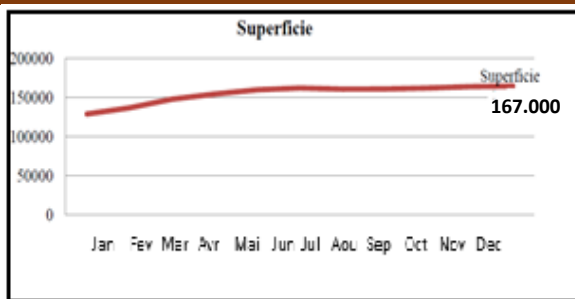


Figure 31. Évolution de la superficie du palmier dattier en Algérie (2003-2013)

Au même titre, la production a augmenté de 492217 T en 2003 jusqu'à 848199T en 2013 (FAO stat, 2013) (Figure 32).

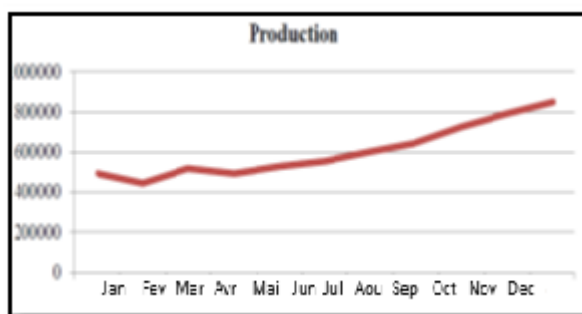


Figure 32. Évolution de la production du palmier dattier en Algérie (2003 – 2013)

En Algérie et d'après les données statistiques de la **D.S.A de Biskra (2015)** les wilayas pilotes dans le secteur phoenicicole sont : Biskra, El-Oued, Adrar, Ourgla, Bechar, Ghardaïa et Tamanrasset par la superficie occupée et qui sont classées par ordre décroissant (Figure 33).

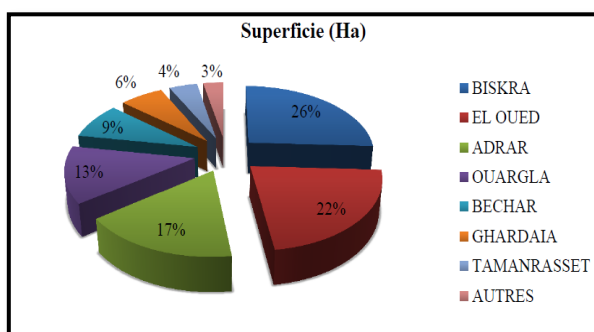


Figure 33. Distribution spatiale du palmier dattier en Algérie (2013)

Et en terme de production sont ordonnées comme suit : Biskra, El Oued, Ouargla, Adrar, Ghardaïa, Bechar et Tamanrasset (Figure 34).

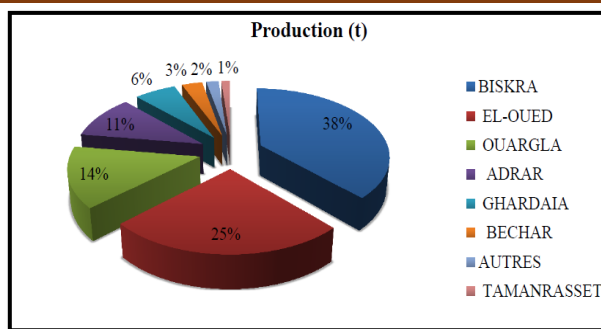


Figure 34. Distribution de la production de datte en Algérie (2013)

(M.A.D.R., 2015).

La région de Biskra occupe la première place à l'échelle nationale en consacrant une superficie de 42493 Ha soit 26% de la surface globale d'Algérie afin de produire 321440 t soit 38% de la production nationale

2.10.3. Dans les Ziban

La région des Ziban est caractérisée par la qualité de ses dattes précisément la Deglet-nour. Selon les données de la **D.S.A (2015)**, le patrimoine phoenicicole de cette région en 2013 est estimé à plus de 3 millions de pieds localisés dans une superficie de 42493 Ha, dont la Deglet-nour occupe 60%, Degla Beida et analogue (datte sèche) 27% et Ghars et analogue (datte molle) par 13% (**Figure 35**).

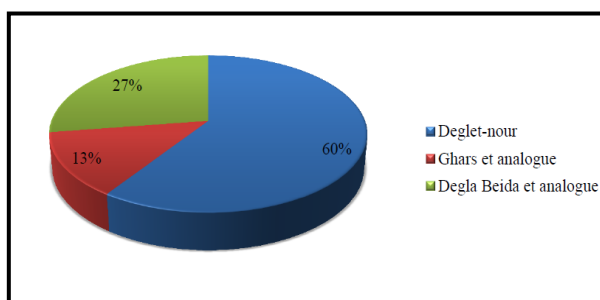


Figure 35. Distribution du nombre de pieds de chaque cultivar dans les Ziban (2013)

(D.S.A de Biskra 2015)

2.11. Généralité sur les dattes

2.11.1. Définition de la datte

La datte, fruit du palmier dattier, est une baie, généralement de forme allongée oblongue ou arrondie. Elle est composée d'un noyau, ayant une consistance, dur entouré de chair. La partie comestible de la datte, dite chair ou pulpe (**Espiard, 2002**), est constituée de :

- Un péricarpe ou enveloppe cellulosique fine dénommée peau.
- Un mésocarpe généralement charnu, de consistance variable selon sa teneur en sucre et de couleur soutenue

- Un endocarpe de teinte plus claire et de texture fibreuse parfois réduit à une membrane parcheminée.
- Les dimensions de la datte sont très variables, de 2 à 8 cm de longueur et d'un poids de 2 à 8 g 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).

2.11.2. Formation et maturation de la datte

Les fleurs fécondées, à la nouaison, donnent un fruit qui évolue en taille, en consistance et en couleur jusqu'à la récolte (Peyron, 2000). La datte passe par différents stades d'évolution (Al Shahid et marshall, 2002 ; Benchabane, 1996 ; Sawaya et al, 1983) (Tab 3).

Tableau 3. Stades d'évolution et appellations utilisées en Afrique du Nord et en Irak (Djerbi, 1994)

Pays	Stade de développement de la datte				
	I	II	III	IV	V
Irak	Hababouk	Kimiri	Khlal	Routab	Tamr
Algérie	Loulou	Khlal	Beser	Martouba	Tamr
Libye	-	Gamag	Bser	Routab	Tamr
Mauritanie	Zei	Tefejena	Enguei	Blah	Tamr

De nombreux auteurs ont opté pour la terminologie adoptée en Irak. Les différents stades peuvent être définis comme suit (Djerbi, 1994) :

- **Hababouk** : ce stade commence juste après la fécondation et dure environs cinq semaines à ce stade le fruit est entièrement recouvert par le périanthe et se caractérise par une croissance lente.
- **Kimiri** : il se caractérise par la couleur verte, un grossissement rapide du fruit, une augmentation de la concentration en tanins et en amidon, une légère augmentation des sucres totaux et de la matière sèche. ce stade dure neuf à quatorze semaines.
- **Khalal** : au cours de ce stade, la couleur passe du vert au jaune clair puis vire au jaune, au rose au rouge selon les variétés. Cette phase est marquée par l'augmentation rapide de la teneur en sucre totaux, de l'acidité active, par contre la teneur en eau diminue. Elle dure trois à cinq semaines.
- **Routab** : la couleur jaune ou rouge du stade khalal passe au foncé ou au noir. Certaines variétés deviennent verdâtres comme la khadraoui (Irak) et la Bouskri (Maroc). Ce stade est caractérisé par :
 - La perte de la turgescence du fruit suite de la diminution de la teneur en eau.

- L'insolubilisation des tanins qui se fixent sous l'épicarpe du fruit.
- L'augmentation de la teneur de monosaccharide.
- **Tamr** : 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.

2.11.3. Les variétés des dattes

Les variétés de datte sont très nombreuses, seulement quelques-unes ont une importance commerciale. Elles se différencient par la saveur, la consistance, la couleur, le poids, la forme et les dimensions (**Buelguedj, 2001 ; Djerbi, 1994**). 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 onctuosité et sa saveur à 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 (**Kendri, 1999 ; Boudrar et al, 1997**).
- **Les variétés communes** : ces variétés sont de moindre importance économique par rapport à Deglet –Nour. Les variétés les plus répandus sont : ghars, Deglet- beida et Mech -dagla (**Kendri, 1999**).

Selon **Belguedj (2001)** une grande proportion de variétés communes est de consistance molle.

2.11.4. Classification des dattes

D'après **Espiard (2002)**, la consistance de la datte est variable .selon cette caractéristique, les dattes sont réparties en trois catégories :

- Dattes molles : Ahmar (Mauritanie), Kashram et Miskani (Egypte et Arabie saoudite).
- Dattes demi- molles : Deglet –Nour (Tunisie, Algérie), Mehjoul (Mauritanie), Sifri et Zahidi (Arabie- Saoudite).
- Dattes sèches de consistances dure : Degla- beida et Mech-degla (Tunisie, Algérie), Amersi (Mauritanie).

2.12. Composition biochimique de la partie comestible (pulpe)

2.12.1. L'eau

La teneur en eau varie 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% (**Matallah, 1970**) (**Tab. 4**).

Tableau 4. Teneur en eau de quelques variétés de datte de la région de Biskra (Kenfhar, 2004)

Variétés	Consistance	Teneur en eau
Deglet –Nour	Delmi-molle	22.60
Mech-Degla	sèche	13 .70
Ghares	Molle	25.40

2.12.2. Les sucres

Les sucres sont les constituants majeurs de la datte. L'analyse des sucres de la datte à révéler essentiellement la présence de trois types de sucres : le saccharose, le glucose et le fructose (Acourene et Tama, 1997 ; Estanove, 1990 ; Matallah, 1970). Ceci n'exclut pas la présence d'autres sucres en faibles proportions tels que : le galactose, la xylose, et le sorbitol (Bouddar et al ,1990 ; Siboukeur, 1997 ; Favier et al., 1995). 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).

Tableau 5. Teneur en sucres de quelques variétés de dattes algériennes de la région des Ziban (% de matière sèche) (Acourene et Tama, 1997).

Variétés	Consistances	Sucres totaux	Saccharose	Sucres réducteurs
Ghars		87.42	5.00	82.12
Ltima	Demi- molle	78.51	4.29	73.48
Mech- Degla		75.10	52.40	20.00

Les proportions des différents sucres dans la datte, varient en fonction de la variété et des stades de maturation (Djerbi, 1994).

Tableau 6. Composition en sucres de la datte Mech-Degla (Ait Ameer, 2011)

Sucres	Teneur (g/ 100g) du poids sec
Sucres totaux	80.77
Saccharose	51.79
Glucose	14.91
Fructose	14.07

2.12.3. Les protéines

Les dattes sont caractérisées par une faible teneur en protéines. Elle varie entre 0.38 et 2.5% du poids sec (Razi, 1993). Malgré cette faible teneur, les protéines de la datte sont équilibrées qualitativement (Kendri, 1999 ; Yahiaoui, 1998).

Tableau 7. Composition moyenne en acides aminés de la datte sèche (Favier et al, 1995)

Acides aminés	Teneur dans la pulpe
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

Selon **Al-Shahib et Marshall (2003)**, les protéines de la datte contiennent 23 acides aminés dont certains ne sont pas présent dans certains fruits comme la banane, la pomme et l'orange.

2.12.4. Les lipides

La datte renferme une faible quantité de lipides. Leur taux varie entre 0.43 et 1.9% du poids frais (**Matallah, 1970**). 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. Cette teneur diminue progressivement au stade Routab pour atteindre une valeur de 1.97% de matière sèche au stade Tamar.

Tableau 8. Composition en acides gras de la datte Deglet Nour (% de matière grasse) (Yahiaoui , 1998).

Acide gras	Teneur en % de matière grasse
Acide linoléique (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

2.12.5. Les éléments minéraux

L'étude de 58 variétés de dattes cultivée dans la région des Ziban faite par **Acourene et al (2001)**, montre que le taux de cendre-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 9. Composition minérale de quelques variétés de dattes molles algériennes (mg /100g de partie comestible) (Siboukeur, 1997).

Eléments minéraux	Variétés		
	Ghars	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

2.12.6 Les vitamines

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

Tableau 10. Composition vitaminique moyenne de la dattes sèche (Favier et al., 1995)

Vitamines	Teneur moyenne pour 100g
Vitamines C	2.00 mg
Thiamine B ₁	0.06 mg
Riboflavine B ₂	0.10 mg
Niacine B ₃	1.70 mg
Acide pantothénique B ₅	0.80 mg
Vitamine B ₆	0.15 mg
Folates B ₉	28.0 g

2.12.7. Les fibres

La dattes est riche en fibres, elle en apporte 8.1 à 12.7 % du poids sec (**Al Shahib et Marshall, 2002**). Selon **Benchabane (1996)**, les constituants pariétaux de la dattes sont : la pectine, la cellulose, l'hémicellulose et la lignine.

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

2.12.8. Les composés phénoliques

La dattes renferme des substrats dits composés phénoliques (**Benazzouk et al, 1999 ; Yahiaoui, 1998; Barreveled, 1993**).

Tableau 11. Teneur en composés phénoliques de quelques variétés de dattes algériennes (Mansouri et al ; 2005)

Variétés	Teneur en mg /100 g du poids frais
Tazizaout	2.49
Ougherouss	2.84
Akerbouche	3.55
Tazarzait	3.91
Tafiziouine	4.59
Deglet-Nour	6.73
Tantbouchete	8.36

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

L'oxydation enzymatique des polyphénols de la datte est à l'origine d'un brunissement plus ou moins intense (**Matallah, 2004**). Un certain degré de brunissement est en effet recherché lors de la maturation des dattes (**Cheftel et Cheftel, 1977**).

Selon **Henk et al (2003)**, les polyphénols jouent un rôle important dans le corps : elles ont des effets anti- inflammatoires, antioxydants, abaissant la tension artérielle et renforcent le système immunitaire.

2.13. 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**) (Tab12).

Tableau 12. Composition biochimique des noyaux des 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.

2.14. Valeur nutritionnelle de la datte

La datte constitue un excellent aliment, de grande valeur nutritive et énergétique (**Peyron, 2000 ; Toutain, 1967**) :

- La forte teneur en sucre confère à ces fruits une grande valeur énergétique.
- Une teneur intéressante en sucres réducteurs facilement assimilable par l'organisme.
- Les protéines de la datte sont équilibrées qualitativement, mais en faible quantité.
- Un apport important en élément minéraux. Les dattes sont riches en minéraux plastiques : Ca, Mg, P, S et en minéraux catalytiques : Fe, Mn (**Matallah, 1970**).
- Elles sont reminéralisantes et renforcent notablement le système immunitaire (**Albert, 1998**).

- Le profil vitaminique de la datte se caractérise par des teneurs appréciables en vitamines du groupe B. ce complexe vitaminique participe au métabolisme des glucides, des lipides et des protéines (**Tortora et al, 1987**).

2.15. Technologie de la datte

La technologie de la datte recouvre toutes les opérations qui, de la récolte à la consommation, ont pour objet de préserver toutes les qualités des fruits et de transformés ceux qui ne sont pas consommés, ou consommables à l'état, en divers produits, bruts ou finis, destinés à la consommation humaine ou animale à l'industrie (**Estanove, 1990**).

2.15.1. Conditionnement de la datte

L'industrie de conditionnement joue un rôle primordial dans la préservation, l'amélioration de la qualité et l'augmentation de la valeur marchande des fruits, surtout celles qui sont destinées à l'exportation.

Le conditionnement des dattes, concerne l'ensemble des opérations effectuées après la cueillette et destinés à présenter un produit fini prêt à être consommé. Ces opérations sont : la désinsectisation, le triage et le lavage éventuel, l'humidification et/ou le séchage, l'enrobage éventuel par le sirop, la mise en caisse ou en boîte et l'entreposage frigorifique (**Abdelfateh, 1988**). Les conditionnements sont très personnalisés dans chaque entreprise et selon le clientèle destinataire (**Espiard, 2002**).

2.15.2 Transformation de la datte

A. Confiserie à base de datte

❖ Pâte de datte

Les dattes molles ou ramollies par humidification donnent lieu à la production de pâte de datte. La fabrication est faite mécaniquement. Lorsque le produit est trop humide il est possible d'ajouter la pulpe de noix de coco ou la farine d'amande douce. La pâte de datte est utilisée en biscuiterie et en pâtisserie (**Espiard, 2002 ; Kendri, 1999**).

❖ Farine de datte

Elle est préparée à partir de dattes sèches ou susceptibles de le devenir après dessiccation. Riche en sucre, cette farine est utilisée en biscuiterie, pâtisserie, aliment pour enfants (**Ait-Ameur, 2001 ; Kendri, 1999**) et yaourt (**Benamara et al, 2004**).

❖ Sirop, crèmes et confitures de dattes

Ces produits sont également fabriqués à base des dattes saines car il est important d'éviter tout arrière-gout de fermentation.

Selon **Espiard (2002)**, cette gamme de produit est basée sur l'extraction des sucres par diffusion de ces derniers et des autres composants solubles de la datte. Par mélange et cuisson

de pâte ou morceaux de dattes et de sirop nous pouvons obtenir des crèmes ou des confitures d'excellente qualité.

B. Mise en valeur des déchets

Les dattes abimées et de faible valeur marchande peuvent être utilisées en raison de leur forte teneur en sucre pour la production de :

❖ Biomasse et protéines unicellulaires

La production de protéines reste un objet essentiel afin de subvenir aux besoins mondiaux.

A cet égard des essais de production de protéines d'organismes unicellulaires par culture de levure *Saccharomyces cerevisiae* sur un milieu à base de dattes ont été réalisés. Selon **Kendri (1999)**, l'analyse des biomasses produites montre leur richesse en protéines à raison de 32 à 40 % de poids sec.

❖ Alcool

Les dattes constituent un substrat de choix pour la production de l'alcool éthylique. Selon **Kendri (1999)**, l'alcool éthylique a été produit au laboratoire avec un rendement de 87%.

❖ Vinaigre

Les dattes peuvent être utilisées pour l'élaboration de nombreux produits alimentaires parmi lesquels le vinaigre (**Ould El Hadj et al, 2001**). Ce dernier a été produit par culture de la levure *Saccharomyces uvarum* sur un extrait de datte (**Boughnou, 1988**).

❖ Aliments de bétail

Les rebuts et les noyaux de dattes constituent des sous-produits intéressants pour les aliments de bétail. La farine des noyaux de dattes peut être incorporée avec un taux de 10% dans l'alimentation des poulets sans influencer négativement leurs performances (**Gualtieri et Rappaccini, 1994**).

❖ Autres produits

La datte constitue un substrat de choix pour la production de nombreux autres produits tel que : le vin (**Espiard, 2002**) et le jus de datte (**Siboukeur, 1997**) (**Figure 36**).

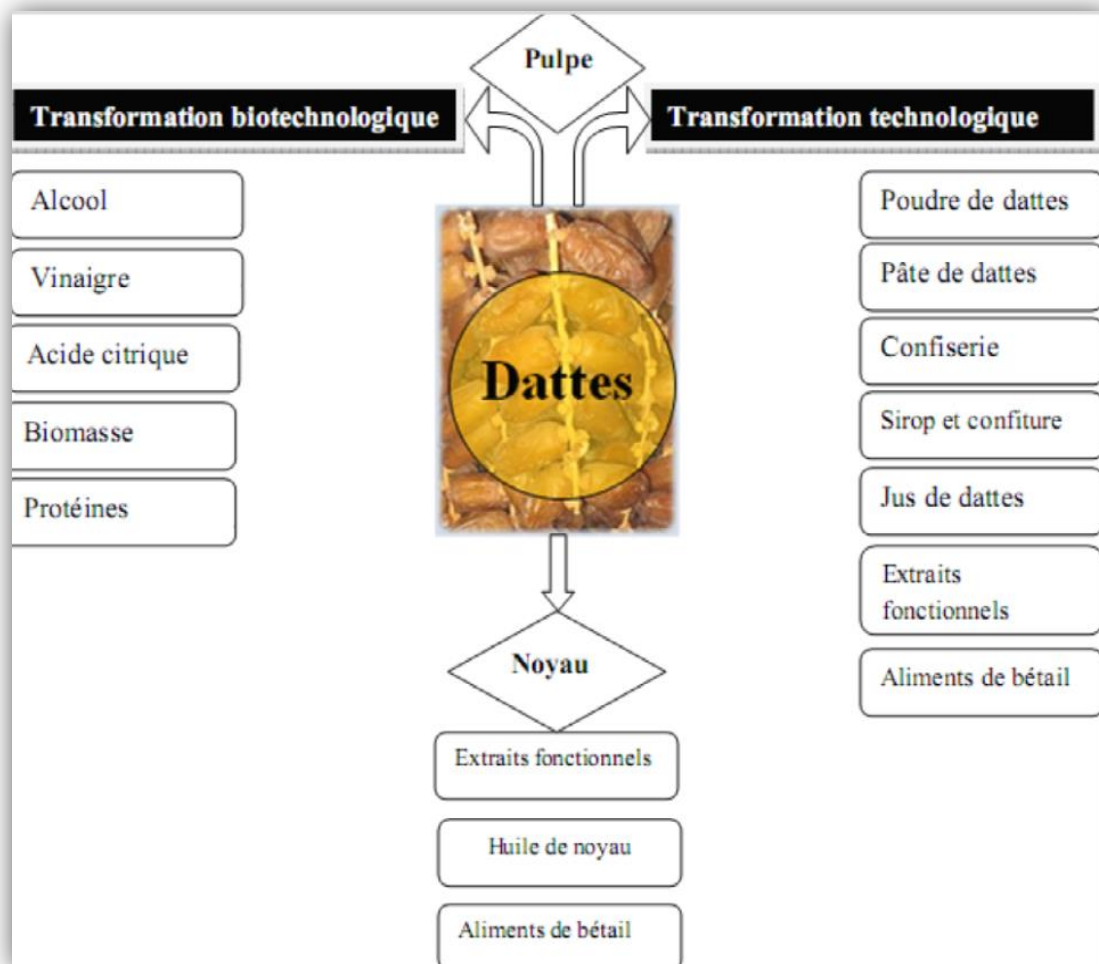


Figure 36. Opération de transformation de la datte (Estanove, 1990)

2.15.3. Importance économique de la transformation de la datte

La datte est un produit qui présente des avantages comparatifs et pour lequel il n'existe pas de problèmes de concurrence entre les pays développés et les pays sous-développés comme c'est le cas pour d'autres produits agricoles (tomates, agrumes, olive, etc.)

La datte, fait l'objet d'un commerce intérieur et extérieur important, surtout la variété Deglet-Nour. Les autres variétés, même si elles ne sont pas largement commercialisées sur les marchés, peuvent être transformées en divers produits dont l'impact socio-économique est considérable tant du point de vue de la création d'emplois et la stabilisation des populations dans les zones à écologie fragile. Ainsi les produits issus de la transformation de la datte limiteraient, par ailleurs la dépendance économique du pays vis-à-vis de l'étranger et lui permettraient d'économiser des devises susceptibles d'être dégagées pour d'autres secteurs (Touzi,1996).

3.1. Le stress salin

3.1.1. Notion de stress

Le mot stress est apparu autour de 1940. Il s'agissait d'un mot anglais, employé en mécanique et en physique, qui voulait dire « force, poids, tension, charge ou effort ». Ce n'est qu'en 1963 que Hans Seyle utilise ce mot en médecine, où il définit « des tensions faibles ou fortes, éprouvées depuis toujours, et déclenchées par des événements futurs désagréables ou agréables ». Claude Bernard fut le premier à dégager une notion physiologique du stress en 1868. Selon lui, les réactions déclenchées par le stress visaient à maintenir l'équilibre de notre organisme. L'ensemble de ces réactions internes a été nommé homéostasie par le physiologiste américain **Bradford (1915)**, à partir du grec stasis (état, position) et homoios (égal, semblable à). Il y inclura en outre la notion de stress. Le lien stress-homéostasie-adaptation va perdurer jusqu'à nos jours et les recherches menées concernant ces processus sont à la base d'une littérature abondante. L'association de ces trois notions constitue l'approche biologique du stress et permet notamment d'expliquer l'influence du stress qui est de permettre, lorsqu'il est appliqué dans certaines limites, l'adaptation à l'environnement, et donc au maintien de la vie. D'une façon plus générale, on peut dire qu'au niveau cellulaire, un stress est causé par la variation d'un paramètre environnemental qui entraîne la mise en place des mécanismes de régulation de l'homéostasie. Les organismes sont généralement soumis à deux types de stress : les stress biotiques (dus à une agression par un autre organisme) et les stress abiotiques (qui sont dus principalement à des facteurs environnementaux) (**Levitt, 1980**).

3.1.2. Effets de la salinité sur les plantes

La Salinisation est définie par la **FAO (2001)**, comme un enrichissement en sels solubles de la surface et de la tranche supérieure du sol lorsque la salinité dans les 20 cm sommitaux dépasse 1 à 2% (20g de sel par Kg de sol). Les conséquences d'un stress salin peuvent résulter de trois types d'effets que le sel provoque chez les plantes :

- Le stress hydrique : une forte concentration saline dans le sol est tout d'abord perçue par la plante comme une forte diminution de la disponibilité en eau. Cela nécessite un ajustement osmotique.
- Le stress ionique : en dépit d'un ajustement osmotique correct, la toxicité ionique survient lorsque l'accumulation de sels dans les tissus perturbe l'activité métabolique.
- Le stress nutritionnel : des concentrations salines trop fortes dans le milieu provoquent une altération de la nutrition minérale. En particulier, vis-à-vis des transporteurs ioniques cellulaires, le Sodium entre en compétition avec le Potassium et le Calcium, les

chlorures avec le nitrate, le phosphate et le sulfate. La salinité du sol ou de l'eau est causée par la présence d'une quantité excessive de sels.

Généralement un taux élevé de Na^+ et Cl^- cause le stress salin. Le stress salin a un triple effet : il réduit le potentiel hydrique, cause un déséquilibre ionique ou des perturbations en homéostasie ionique et provoque une toxicité ionique. Cet état hydrique altéré conduit à une croissance réduite et une limitation de la productivité végétale. Depuis que le stress salin implique aussi bien le stress osmotique qu'ionique, l'arrêt de la croissance est directement relié à la concentration des sels solubles ou au potentiel osmotique de l'eau du sol. La salinité est un facteur environnemental très important qui limite la croissance et la productivité. Durant le début et le développement du stress salin à l'intérieur de la plante, tous les processus majeurs tels que : la photosynthèse, la synthèse des protéines, le métabolisme énergétique sont affectés. La première réponse est la réduction de la vitesse d'extension de la surface foliaire, suivi par l'arrêt de l'extension avec l'intensification du stress (**Parida et Das, 2005**).

A. Sur la croissance

La réponse immédiate du stress salin est la réduction de la vitesse de l'expansion de la surface foliaire ce qui conduit à l'arrêt de l'expansion si la concentration du sel augmente. Le stress salin résulte aussi de la diminution de la biomasse sèche et fraîche des feuilles, tiges et racines (**Chartzoulakis et Klapaki, 2000**). La salinité accrue est accompagnée par une réduction significative dans la biomasse racinaire, la hauteur de la plante, le nombre de feuilles par plante, la longueur des racines et la surface racinaire chez la tomate.

D'autre part la croissance et la productivité du palmier dattier sont principalement affectées par le stress de salinité dans les régions arides en plus de la sécheresse et la chaleur. . **Furr (1975)** a signalé qu'il est évident que le palmier dattier est plus tolérant au sel que l'orge et qu'il peut être le plus tolérant au sel de toutes les plantes cultivées puisque l'orge est connue comme l'une des cultures de plein champ les plus tolérantes au sel cultivé pendant la saison fraîche; Par contre, les palmiers dattiers poussent plus vite au climat chaud, lorsque la salinité a l'effet le plus négatif sur les plantes. D'un autre côté, l'augmentation de la salinité du sol commence à avoir un impact négatif sur l'agro-écosystème du palmier dattier dans la région aride, en particulier au Moyen-Orient (**Dakheel, 2005**).

En général, la salinité peut réduire la croissance des plantes par des effets osmotiques, la toxicité des ions, déséquilibre de l'absorption des nutriments, ou une combinaison de ces facteurs (**Karim et Dakheel, 2006; Maathuis, 2006**). La dynamique observée dans les plantes juvéniles (l'absorption d'eau et la croissance des arbres,...) est aussi observée dans les

palmeiers dattiers juvéniles (*Phoenix dactylifera* L., cv Medjool). **Khudairi (1958)** a évalué la germination des graines du cultivar 'Zahedi' cultivé dans des solutions de Na Cl (0,5, 1,0 et 2,0%). Il a constaté que le Na Cl a éliminé la germination des graines pendant les premiers stades et la germination maximale ne dépasse pas 50%. **Aljuburi (1992)** a étudié la croissance de quatre cultivars de palmeiers dattiers, 'Lulu', 'Khalas', 'Boman', et «Barhee», en utilisant quatre concentrations de salinité (0, 0,6, 1,2 et 1,8%). Il a trouvé que le cultivar 'Lulu' était plus affecté par la salinité que les autres cultivars. La recherche faite par **Hewitt (1963)** a testé l'effet des différents sels et la concentrations des sels sur la germination des graines de 'Deglet Noor' en utilisant différentes combinaisons de Na Cl, chlorure de calcium (CaCl_2), sulfate de sodium (Na_2SO_4), Na Cl + CaCl_2 et Na Cl + Na_2SO_4 avec les concentrations de sel de 10 000 à plus de 30 000 ppm. Il a indiqué que la croissance de 'Deglet Noor' diminuait légèrement à 10 000 ppm, diminuait considérablement à 20 000 ppm et a été empêché à 30 000 ppm, sauf pour trois semis en Na Cl + Na_2SO_4 34 000 ppm. Le comportement du dattier mature a été étudié par **Furr et Armstrong (1962)** ; Ils ont examiné la croissance des cultivars de 17 ans 'Halawy' et 'Medjool' en utilisant des salinités comprises entre 2 500 et 3 300 ppm. Ils ont trouvé peu ou pas d'effet sur le taux de croissance des feuilles, le rendement, la taille ou la qualité des fruits, ou sur la teneur en chlorure des pennées des feuilles. D'autre par **Furr et Ream (1968)** ont étudié l'effet de sels compris entre 520 et 24 000 ppm sur la croissance et l'absorption des sels des variétés 'Deglet Noor' et 'Medjool' ; Le résultat de leur étude montre que le taux moyen de croissance des feuilles était réduit avec l'augmentation de la salinité et que la baisse de la croissance était plus liée à la salinité de l'eau d'irrigation qu'à la teneur en sel des plantes (**Figure 37**)



Figure 37. Effet de la salinité sur la croissance (Reprise) du palmier dattier

B. Sur l'eau et l'Oxygène dans la plante

Le potentiel hydrique et le potentiel osmotique des plantes deviennent de plus en plus négatifs avec l'augmentation de la salinité ainsi que la pression de la turgescence (**Romeroaranda et al., 2001 in Parida et Das, 2005**). Dans les conditions de concentrations élevées de salinité accrue, le potentiel hydrique de la feuille et la vitesse d'évaporation diminuent significativement chez l'halophyte *S. salsa* alors qu'il n'y a pas de changement dans le contenu relatif en eau (**Lu et al., 2002 in Parida et Das, 2005**). La plante ne pourra plus puiser l'eau qu'à partir d'une certaine concentration en sel où la pression de la plante est égale à la pression osmotique du milieu. Le sel diminue la transpiration des glycophytes et de nombreux halophytes en absence de toute diminution de turgescence. Selon **Yankovitch (1968 in Marih, 1991)**, l'augmentation de la pression osmotique de la solution du sol se traduit inévitablement au niveau de la plante par la difficulté d'absorber cette solution. Même si le végétal a adapté la pression intérieure avec la pression extérieure, en absorbant suffisamment de sel, la transpiration est diminuée par le fait que l'eau s'évapore des feuilles plus difficilement ; la tension de vapeur d'une sève salée étant plus faible que celle d'une sève normale.

C. Sur l'anatomie de la feuille

La salinité cause une augmentation de l'épaisseur de l'épiderme, l'épaisseur du mésophylle, la longueur des cellules palissadiques le diamètre des cellules palissadiques dans les feuilles de le haricot, du coton et de l'atriplex (**Longstreth et Nobel, 1979 in Parida et Das, 2005**). La salinité réduit aussi l'espace intercellulaire dans les feuilles (**Delphine et al., 1998 in Parida et Das, 2005**). Le stress salin cause :

- le développement de la vacuolisation et un gonflement partiel du réticulum endoplasmique,
- le jaunissement des palmes (**Figure 38**)
- le gonflement de la mitochondrie,
- la vésiculation et la fragmentation du tonoplaste
- la dégradation du cytoplasme par le mélange de la matrice cytoplasmique et vacuolaire des feuilles de la patate douce (*Ipomoea batatas*) (**Mitsuya et al., 2000 in Parida et Das, 2005**).



Figure 38: Jaunissement des feuilles

D. Sur le taux des ions

L'absorption des hautes concentrations de Na Cl engendre une compétition avec l'absorption d'autres ions, spécialement le K^+ , ce qui conduit à une déficience en K^+ . Le traitement accru de Na Cl induit une augmentation dans le taux du Na^+ et Cl^- et une diminution dans le taux du Ca^{2+} , K^+ et le Mg^{2+} chez de nombreuses plantes (**Khan, 2001 in Haouala et al., 2007**). La salinité fait augmenter le contenu de Na^+ , Ca^{2+} et Cl^- chez *Vicia faba* et le rapport K^+/Na^+ diminue (**Gadallah, 1999 in Haouala et al., 2007**).

Les effets nutritionnels de la salinité incluent les deux actions primaires du sel sur les plantes: la toxicité directe due à l'accumulation excessive des ions dans les tissus et un déséquilibre nutritionnel provoqué par l'excès de certains ions. L'accumulation des ions Na^+ dans la plante limite l'absorption des cations indispensables tels que K^+ et Ca^{2+} . Il y aurait une compétition entre Na^+ et Ca^{2+} pour les mêmes sites de fixation apoplasmique. L'accumulation

des ions Na^+ affecte l'absorption de K^+ et ceci en fonction de la concentration du premier élément, cependant, la présence de Na^+ en faible concentration peut augmenter l'absorption de K^+ , tandis qu'une concentration élevée en Na^+ diminue l'absorption de K^+ chez le riz (**Levitt, 1980**) et la canne à sucre (**Nimbalkar, Joshi, 1975 in Haouala et al., 2007**). Cette absorption peut même s'arrêter complètement chez le haricot (**Hamza, 1977 in Haouala et al., 2007**) et le laurier rose (**Hajji, 1980 in Haouala et al., 2007**) cultivés en présence de chlorure de sodium (NaCl) à 12 g.l^{-1} .

E. Accumulation de la proline

Paquin et Chu et al (1976 in Senni, 1995) notent une accumulation de proline dans beaucoup de plantes soumises à un stress salin. **Paquin (1977 in Senni, 1995)** constate que des conditions élevées de salinité provoque chez la plante une augmentation de proline qui peut aller jusqu'à 1000 fois la quantité normale dans les tissus en turgescence. D'après **Ouinten, (1989)** a montré que la proline ne s'accumule de manière significative, que lorsque les plantes sont sévèrement stressées. **Cavalieri et Huang (1979 in senni, 1995)** ont étudié le rôle de l'accumulation de la proline dans l'adaptation des diverses espèces halophytes dans un environnement salin. Ils montrent que l'accumulation de la proline commence brutalement au-delà d'un seuil de salinité. A ce seuil, correspond un point de rupture, un groupe qui accumule la proline à $0,25 \text{ M}$ de NaCl , avec une accumulation supérieure à $63 \mu\text{M/g}$ de poids frais ; un groupe qui accumule $27,4 \mu\text{M}$ de proline avec $0,7 \text{ M}$ de NaCl . Ils ne concluent que la signification de l'accumulation de la proline, comme étant une adaptation à un environnement salin qui est propre à chaque espèce (**Senni, 1995**).

F. Sur l'ultra structure du chloroplaste

Chez les plantes traitées avec le NaCl , la microscopie électronique a montré que la structure du thylacoïde du chloroplaste devient désorganisée, le nombre et la taille des plasto-globules augmentent et le taux d'amidon diminue (**Hernandez et al., 1999 in Parida et Das, 2005**). Dans le mésophylle de la patate douce (*Ipomoea batatas*), les membranes des thylacoïdes sont gonflées et la plupart sont perdues sous un stress salin sévère (**Mitsuya et al., 2000 in Parida et Das, 2005**).

G. Sur la photosynthèse

Le développement des plantes est le résultat de l'intégration et la régulation des processus physiologiques dont le plus dominant est la photosynthèse. La croissance du végétal autant que la production de biomasse est une mesure de la photosynthèse nette et comme les stress environnementaux affectent la croissance donc affectent la photosynthèse. Le stress salin cause des effets à long et à court terme sur la photosynthèse.

Les effets à court terme se manifestent après quelques heures jusqu'à un à deux jours de l'exposition au stress, et la réponse est importante ; il y a complètement arrêt de l'assimilation du carbone. L'effet à long terme s'exprime après plusieurs jours de l'exposition au sel et la diminution de l'assimilation du carbone est due à l'accumulation du sel dans les feuilles en développement (Munn et Termatt, 1986 in Parida et Das, 2005), aussi on a rapporté qu'il y a suppression de la photosynthèse sous les conditions d'un stress salin (Kao et al., 2001 in Parida et Das, 2005) et qu'elle ne diminue pas mais plutôt stimulée par de petites concentrations de sel (Kurban et al., 1999 in Parida et Das, 2005). La diminution de la vitesse photosynthétique est due à plusieurs facteurs :

- la déshydratation des membranes cellulaires ce qui réduit leur perméabilité au CO₂,
- la toxicité du sel,
- la réduction de l'approvisionnement en CO₂ à cause de la fermeture hydroactif des stomates,
- la sénescence accrue induite par la salinité,
- le changement dans l'activité des enzymes causé par le changement dans la structure cytoplasmique. (Iyengar et Reddy, 1996 in Parida et Das, 2005).

Youssef et Awad (2008) ont mené une étude pour améliorer l'échange gazeux photosynthétique chez les palmiers dattiers soumis à des stress de salinité (soumis à des traitements d'eau de mer à 1, 15 et 30 mS cm⁻¹) avec un engrais 5-Aminol-évulinique. Ils ont constaté que les plantules de palmier dattier accumulaient des quantités importantes de Na⁺ dans le feuillage, avec l'augmentation de la salinité le Na⁺ accumulé augmente trois fois environ. Une fuite d'électrolyte indiquait une réduction significative de l'intégrité de la membrane lorsque la salinité augmentait. Une forte corrélation linéaire a été observée entre le taux de chlorophylle (chl) a / b et le taux d'assimilation tout au long des traitements de salinité. La salinité n'induit aucun changement dans l'efficacité de la carboxylation de l'enzyme rubisco (V_c, max) ni dans le taux d'électrons fournis par le système de transport d'électrons pour la régénération du ribulose-1,5-bisphosphate (RuBP).

H. Sur la production de palmier dattier

Les rendements relatifs atteignent 100 % à une salinité de sols idéale de 1,2 dS.m⁻¹ et une salinité des eaux d'irrigation variable. Les rendements relatifs deviennent nuls si la salinité des sols et des eaux d'irrigation est comprise respectivement entre 6,9 et 18,9 dS.m⁻¹, et entre 4,1 et 10,3 dS.m⁻¹. Au-dessous de ces seuils, le palmier dattier présente le meilleur potentiel nutritif lui permettant un rendement optimum, conditionné par l'âge de plantation, les stress

hydro-halomorphes de nappes et mécaniques de croûtes gypseuses, et d'autres paramètres agronomiques, comme la conduite culturale, particulièrement les amendements organiques et la gestion de l'irrigation-drainage.



Figure39. Production des palmiers dans un milieu salé

3.2. La tolérance des plantes à la salinité

Deux grandes stratégies de résistance au sel étaient connues chez les plantes : limiter l'entrée de sodium au niveau des racines ou séquestrer le sodium au niveau des feuilles. Un nouveau mécanisme de tolérance au sel : la plante protège ses feuilles, donc sa capacité de photosynthèse, en ré-exportant le sodium des feuilles vers les racines par le flux de sève descendant, de façon à rendre possible une ré-excrétion dans le sol. Les chercheurs ont identifié le gène qui permet ce transport de sodium des feuilles vers les racines chez l'espèce modèle *Arabidopsis thaliana*. La modification de ce gène affecte fortement la résistance de la plante au sel. Il est donc raisonnable de penser que l'on pourra renforcer cette résistance en augmentant l'expression de ce gène (**Berthomieu et al., 2003**). A l'échelle de la plante entière, les ions chlorure et sodium entrant par les racines, sont véhiculés par la sève xylémique jusqu'aux tiges et feuilles. Là, ils sont stockés (plantes inclusives), soit au contraire très peu retenus et mobilisés par la sève phloémique jusqu'aux racines (plantes exclusives) (**Denden et al., 2005**). La tolérance de la salinité est l'habilité des plantes à croître et compléter leur cycle de vie sur un substrat contenant la forte concentration de sel soluble. Les plantes qui peuvent survivre sur des concentrations élevées de sel dans la rhizosphère et croître normalement sont appelées halophytes.

Les plantes développent un nombre important de mécanismes biochimiques et cellulaires pour faire face au stress salin. Les stratégies biochimiques comprennent:

- l'accumulation sélective ou l'exclusion des ions,
- le control de l'absorption racinaire des ions et leurs transports dans les feuilles,

- la compartimentation des ions au niveau cellulaire et au niveau de toute la plante,
- la synthèse de solutés compatibles,
- le changement dans le chemin de la photosynthèse,
- l'altération de la structure membranaire,
- l'induction des enzymes anti oxydatives
- l'induction des hormones végétale.

Les mécanismes de tolérance au sel sont des mécanismes de faible et de haute complexité. Les mécanismes de faible complexité semblent impliquer des changements de beaucoup de voies biochimiques. Les mécanismes de haute complexité impliquent des changements qui protègent les processus importants tels que la photosynthèse et la respiration, par exemple, l'efficacité d'utilisation de l'eau, et ceux qui préservent des dispositifs importants tels que le cytosquelette, la paroi cellulaire, ou les interactions entre la membrane plasmique et la paroi cellulaire (**Botella et autres, 1994 in Parida et Das, 2005**) et les changements de la structure du chromosome et de la chromatine, c.-à-d., la méthylation d'ADN, polyploïdisation, amplification des séquences spécifiques, ou d'élimination d'ADN (**Walbot et Cullis, 1985 in Parida et Das, 2005**) Il est cru que pour la protection des processus évolués des mécanismes de faible complexité sont induits de façon coordonnée. (**Bohnert et Jensen, 1996 in Parida et Das, 2005**).

Afin d'atteindre la tolérance au sel et maintenir la biodiversité, la tâche principale est soit de prévenir ou d'atténuer les dommages, soit de rétablir les conditions homéostatiques dans le nouvel environnement stressant (**Parida et Das, 2005**).

La base physiologique de la tolérance au sel dans le palmier dattier est basée sur la concentration de Na et de Cl dans les feuilles et le maintien de la teneur en K. Par conséquent, il peut être recommandé que le palmier dattier (plantules des variétés 'Khalas', 'Khunaizy' et 'Abunarinjah') puisse être irrigué avec de l'eau salée pendant la croissance végétative. Cependant, une baisse significative de la croissance est attendue lorsque la CE d'eau d'irrigation dépasse 9 dS m^{-1} et pouvant atteindre 50% avec de l'eau EC 18 dS m^{-1} (dans un sol sablonneux avec un très bon drainage) (**Alrasbi et al., 2010**). **Munier, (1973)** signalé que la salure de l'eau abaisse le rendement et diminue la qualité de la récolte.

Cette partie est consacrée à la description de la parcelle expérimentale, de la méthodologie utilisée, des techniques analytiques et des différentes méthodes de traitement des données.

4.1. Matériel sol

L'expérimentation a été réalisée au niveau d'une palmeraie, située dans la wilaya de Biskra, à environ 2 km à l'ouest de la ville. Les coordonnées de la parcelle, en longitude /Latitude se situent entre les longitudes-Est **05°38'11.4"** et **05°38'20.1"** et entre les latitudes-Nord **34°46'47.1"** et **34°46'36.5"** (**Figure 40**). Cette palmeraie présente une superficie de 21.90 ha,

La prospection sur le terrain est effectuée par l'utilisation de la tarière.

4.1.1. Choix de la région d'étude

Le choix de la région d'étude est basé sur les critères suivants:

- ✓ La présence des palmiers au stade juvénile.
- ✓ La région est caractérisée par des accumulations de sel.
- ✓ Le périmètre est irrigué par des eaux salées.

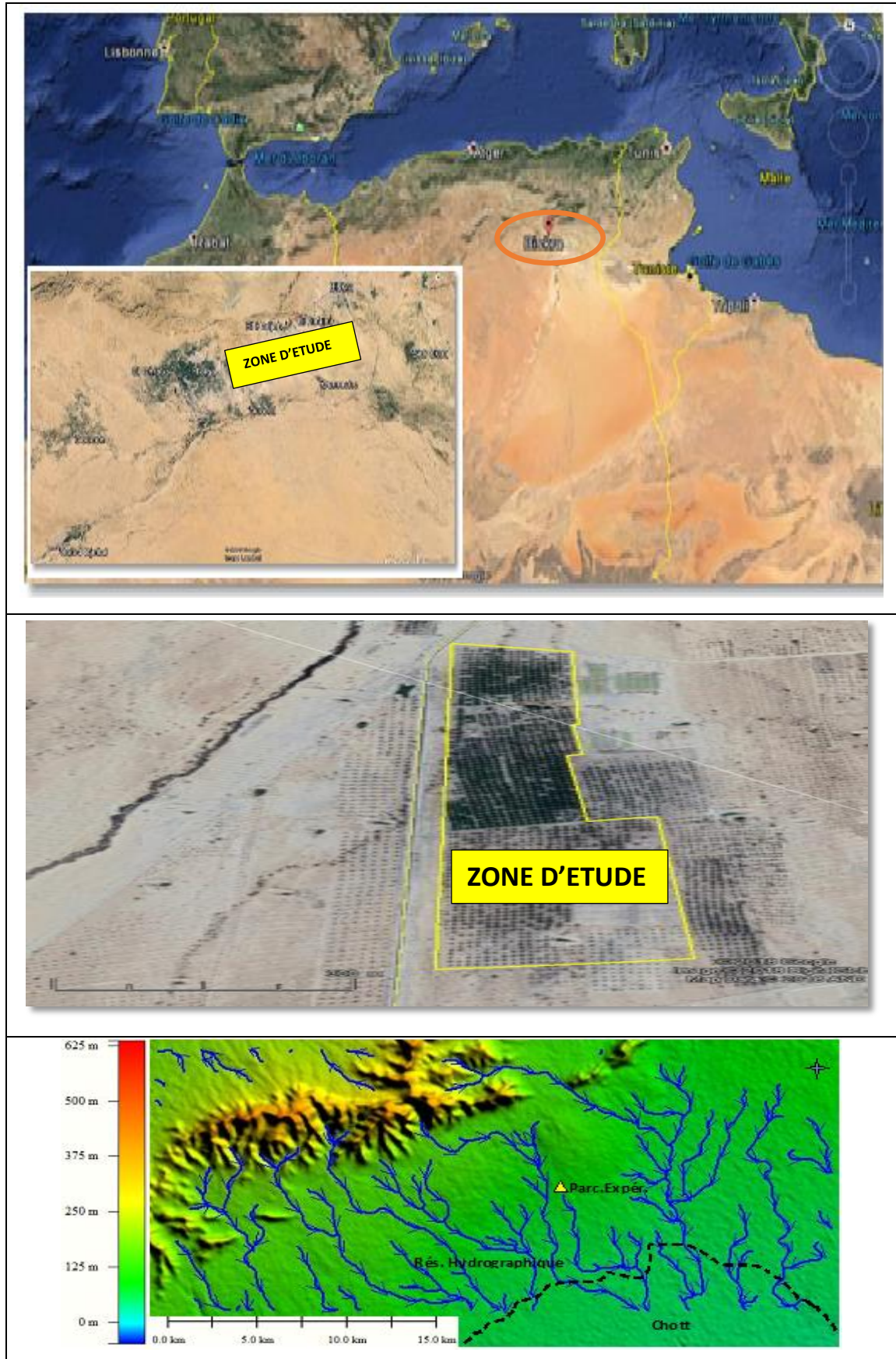


Figure 40: Plan de situation de la station expérimentale avec le réseau hydrographique de la zone d'étude (Extrait de Google earth)

La parcelle d'étude a été divisée en 3 zones (**Figure 41**) :

Zone A : localisée au Nord de la parcelle et irriguée par un forage de 300m de profondeur ;

Zone B : localisée au centre, se trouvant au milieu de la parcelle et irriguée par un forage de 70 m de profondeur ;

Zone C : localisée au Sud de la parcelle, irriguée elle aussi par un forage de 66 m de profondeur ;

Un profil pédologique représentatif a été implanté, au niveau de chaque zone :

- Le **profil 1** : représentant la zone A.
- Les **profils 2,3**: représentant la zone B.
- Le **profil 4** : représentant la zone C.

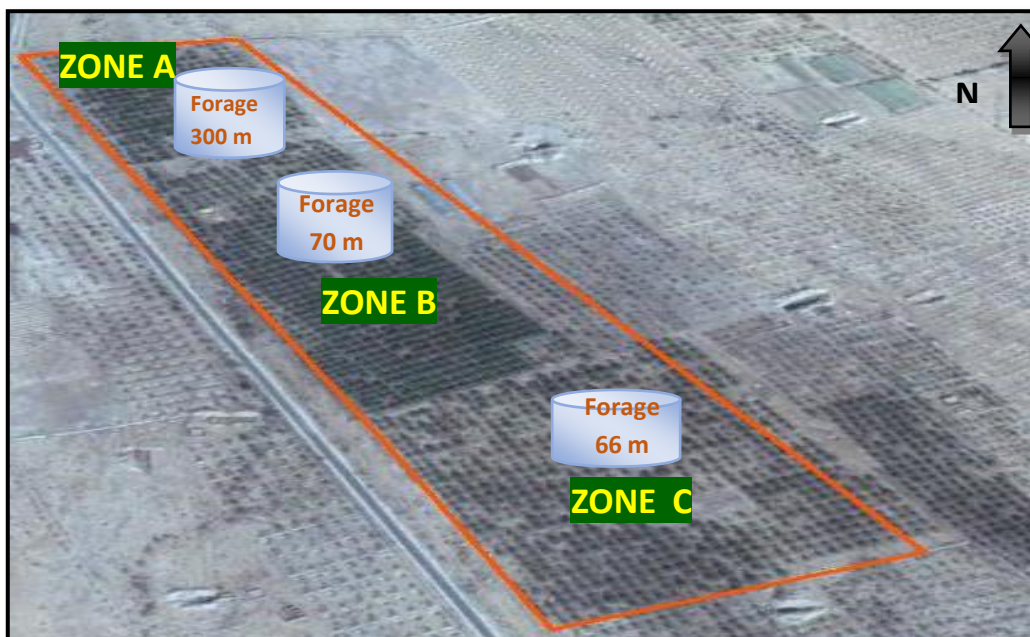


Figure 41:Parcelle d'étude (Extrait de Google earth)



Figure 42: Vue générale de la parcelle d'étude

4.2. Méthodologie

Dans le cadre de cette étude, la démarche utilisée comporte quatre étapes importantes :

- Analyse des documents de base
- La prospection de terrain (Échantillonnage du sol et de l'eau, fertilisation, récolte) ;
- Les analyses de laboratoire ;
- Et le traitement des données et cartographie

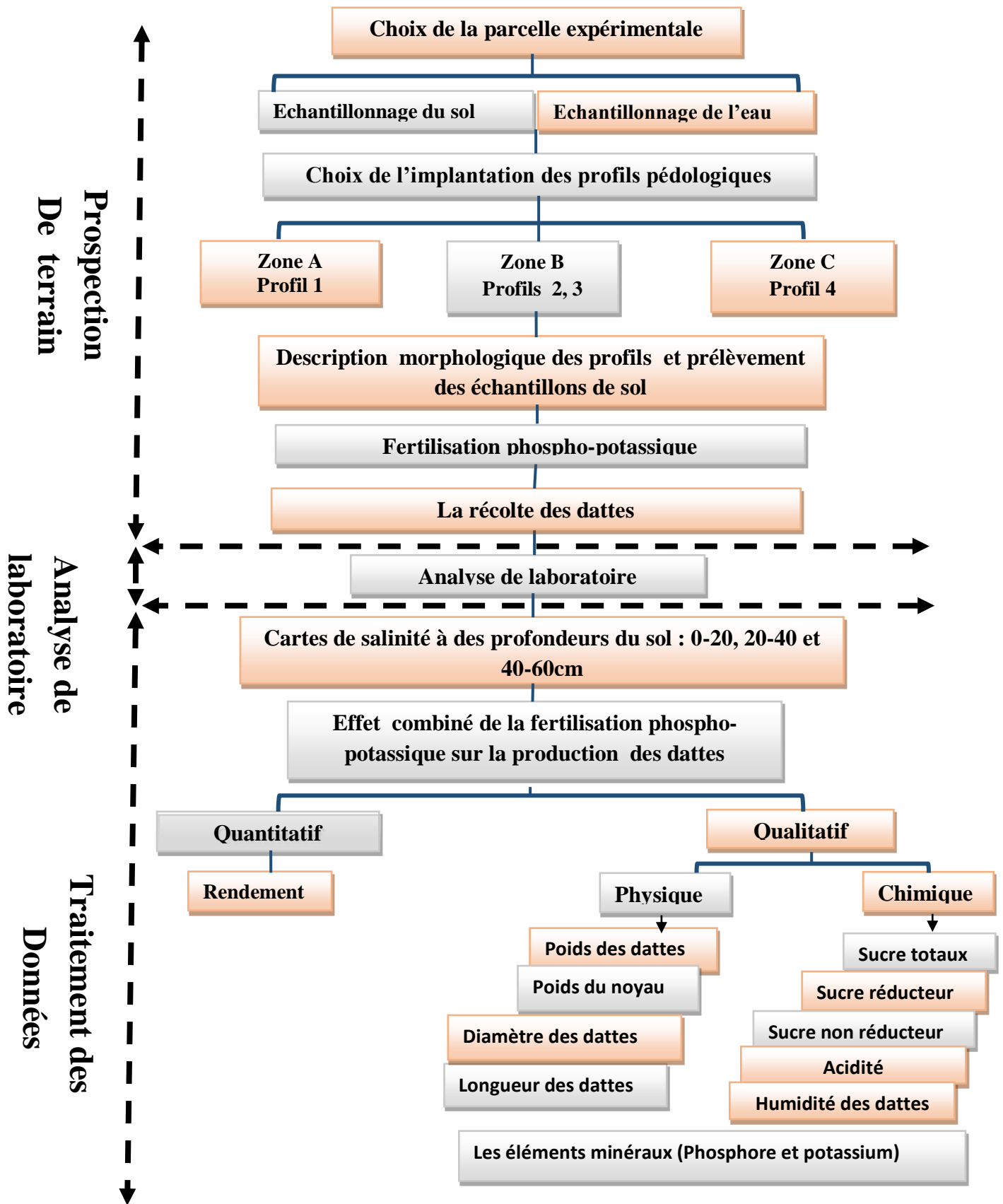


Figure 43:Démarche méthodologique

4.2.1. Prospection de terrain

Etude de la variabilité spatiale de la salinité du sol

Les principaux objectifs de notre travail consistent à démontrer la présence de sels dans les sols, à suivre la distribution spatiale des sels et à définir le degré de la salinisation et leur effet sur la production quantitative et qualitative des dattes variété Deglet-Nour. Afin de répondre à ces objectifs, il était nécessaire de localiser une parcelle se trouvant sur une zone salée et occupée par des palmiers dattiers. Nous avons réalisé des sorties sur terrain, pour une récolte de données existantes. Le propriétaire de la palmeraie était notre principale source d'information. En effet on a reçu des informations concernant la superficie, les limites, le travail du sol, les cultures pratiquées, la conduite de l'irrigation et les coordonnées de la parcelle, par le biais d'un GPS de navigation de type GARMIN,

Après la délimitation de la parcelle, on a établi un plan d'échantillonnage, par l'utilisation du logiciel ARC-GIS, sur lequel on a défini un plan d'échantillonnage selon une grille régulière de 50 m x 50 m, afin de positionner 81 points de prélèvements des échantillons de sol. Ainsi, on a créé une base de données numérique qu'on a intégrée dans un système d'information géographique (**Figure 44**).

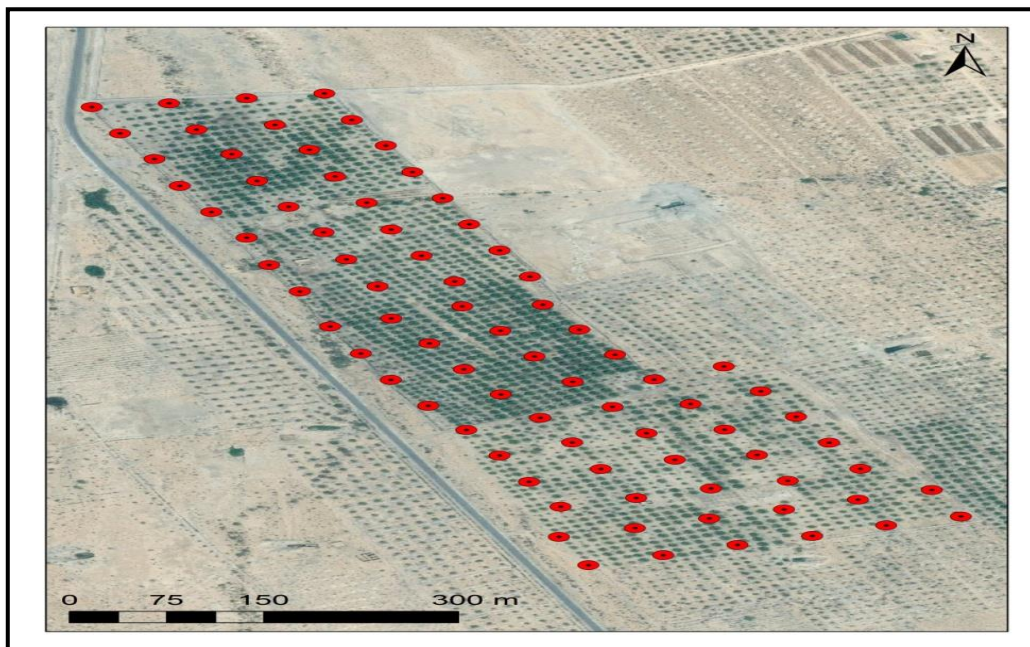


Figure 44: Plan d'échantillonnage (ARC-GIS 9.3.)

La prospection sur terrain a nécessité, l'utilisation d'une tarière pédologique pour le prélèvement des échantillons de sol jusqu'à une profondeur de 60 cm (0-20, 20-40, 40-60 cm) pour déterminer la conductivité électrique dans la zone de prolongation des racines de

nutrition des palmiers dattiers, afin de suivre l'évolution spatiale de la salinité puis l'établissement de la carte de salinité. Ensuite, on a choisi quatre profils pédologiques représentants trois zones, pour une description détaillée des profils.

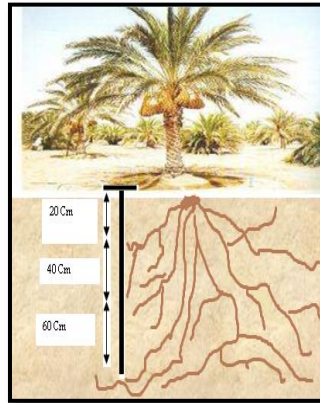


Figure 45: Méthode de prélèvement des échantillons de sol

L'étude des sols a débuté le 13 Novembre de l'année 2015. Quatre fosses pédologiques de 180 cm de profondeur ont été ouvertes, et leur description a été réalisée selon les paramètres suivants : l'épaisseur de l'horizon, la couleur, l'humidité, les taches, les revêtements, les cristaux, les nodules, la texture, la structure, l'effervescence à l'HCl, la salure, la matière organique, l'enracinement et les traces d'activités biologique.

Pour chaque horizon, délimité, des échantillons de sol ont été prélevés, en commençant par les horizons sous-jacents, vers les horizons de surface, pour éviter de contaminer les échantillons issus des horizons de profondeur.

Les échantillons de sol prélevés ont été codés et mis en sachets en plastique bien fermés, et envoyés pour analyses au laboratoire de l'Institut National des Sols, Irrigation et Drainage (INSID) d'El Matmar (Relizane).

4.2.2. Analyses de laboratoire

Une fois les échantillons de sol séchés, broyés et passés sur des tamis à maille carrée de 2mm, nous avons procédé aux mesures de la :

1. Conductivité électrique des échantillons de sondage pour établir la carte de salinité
2. granulométrie, du pH, de la CE, du calcaire, du gypse, matière organique, des sels solubles pour les échantillons des profils

Analyses du sol et de l'eau

Tout d'abord les échantillons de sol ont été séchés à l'étuve à 105°C, durant une nuit. La différence entre le poids avant et après le séchage exprime la teneur en eau de l'échantillon initial ;

- L'analyse granulométrique a été réalisée par la méthode à la pipette de Robinson. Elle consiste tout d'abord à détruire la matière organique à l'eau oxygénée (H_2O_2) et à disperser l'argile par l'héxamétaphosphate de sodium. La texture du sol est ensuite déterminée, en séparant les fractions granulométriques: les limons grossiers (20 à 50 μm) et fins (2 à 20 μm) ; les argiles (0 à 2 μm), les sables fins (50 -200 μm) et grossiers (200-2000 μm).
- La mesure du pH a été effectuée par un pH-mètre, avec un rapport sol – eau est de 1/5. La valeur du pH eau (acidité effective) des échantillons de sols a été obtenue par la méthode électro métrique au pH-mètre avec une électrode en verre.
- La mesure de la conductivité électrique de l'extrait dilué au 1/5 (CEd) exprimée en $dS.m^{-1}$, a été effectuée avec un conductimètre, avec un rapport sol-eau de 1/5;
- Le dosage du calcaire total (en %) a été réalisé par le calcimètre de Bernard ;
- La matière organique : déterminée par dosage du carbone organique en appliquant la formule ($M0\% = C *1,72$);
- Le gypse (en %) est dosé par la méthode de précipitation par le chlorure de baryum et calcination pendant 2h, au four à moufle;
- Le dosage des anions solubles à partir de l'extrait dilué (1/5) du sol :
 - Les chlorures sont dosés par titrimétrie au nitrate d'argent ($AgNO_3$ en $meq.l^{-1}$) en présence de chromate de potassium ;
 - Les carbonates (CO_3^{-2} en $meq.l^{-1}$) et les bicarbonates (HCO_3^{-} en $meq.L^{-1}$) sont dosés par titrimétrie avec du H_2SO_4 ;
 - Les sulfates (SO_4^{-2} en $meq.l^{-1}$) sont dosés par la méthode gravimétrique par précipitation sous forme de sulfate de Baryum ($BaSO_4$) ;
- Dosage des cations solubles à partir de l'extrait dilué (1/5) du sol ;

- Le calcium Ca^{++} , Mg^{++} sont dosés par la complexométrie, Na^+ et K^+ sont dosés, par spectre photomètre à flamme.
- La mesure de la conductivité électrique de l'eau d'irrigation.

4.3. Matériel Végétal

L'expérimentation a été réalisée au niveau d'une palmeraie moderne occupée par 1800 palmiers variété Deglet- Nour au stade juvénile.

4.3.1. La pratique culturale adoptée dans la parcelle

A. Irrigation

Le système d'irrigation adopté dans la parcelle est le système de goutte à goutte. L'utilisation de l'eau est plus intense au mois de juillet et plus faible au mois de février, le taux d'utilisation de l'eau durant les mois d'été (juin, juillet et août) est trois fois plus élevé que celui des mois d'hiver (décembre, janvier, février). La fréquence d'irrigation est d'environ une fois tous les deux jours en été et tous les quatre jours en hiver.

B. La fertilisation

La stratégie actuelle suivie par l'agriculteur se fonde sur l'utilisation des engrais d'origine organique, la quantité appliquée est de 100 Kg/palmier/ an.

Les apports d'engrais organiques ont été appliqués en une seule proportion au cours de la deuxième semaine de Décembre.

4.3.2. Protocole expérimental (Essai de la fertilisation)

A. Choix des sites

Afin de répondre aux objectifs de notre étude, il était nécessaire de localiser deux sites S1 et S2 de classe de salinité différente dans la même parcelle (à partir de la carte de salinité établie) :

- **Site S1** : salinité du sol **> à 16 dS/m**, occupé par 27 palmiers (uniformes que possible, sain de toute infection, soumis aux mêmes pratiques culturales, les palmiers ont été plantés à des intervalles de 9x9 mètres et irrigués par un système de goutte à goutte.
- **Site S2** : salinité du sol entre **(4-8 dS/m)**, occupé par 27 palmiers (uniformes que possible, sain de toute infection, soumis aux mêmes pratiques culturales, les palmiers ont été plantés à des intervalles de 9x9 mètres et irrigués par un système de goutte à goutte.

B. Traitements et dispositifs

Les palmiers ont été fertilisés avec du triple superphosphate (TSP 46%) comme source de phosphore et le sulfate de potassium (K_2SO_4 50%) comme source du potassium. Neuf traitements ont été disposés dans un bloc aléatoire complet avec trois répétitions (1 répétition = 1 palmier) par traitement (c'est-à-dire $1 \times 3 \times 9 = 27$) (**Figure 46**), (**tableau 13**).

Tableau 13 : les doses des éléments fertilisants appliquées

Les traitements	K ₂ SO ₄ (Kg)	TSP(Kg)
T1	0	0
T2	0	1
T3	0	2
T4	2	0
T5	2	1
T6	2	2
T7	3	0
T8	3	1
T9	3	2

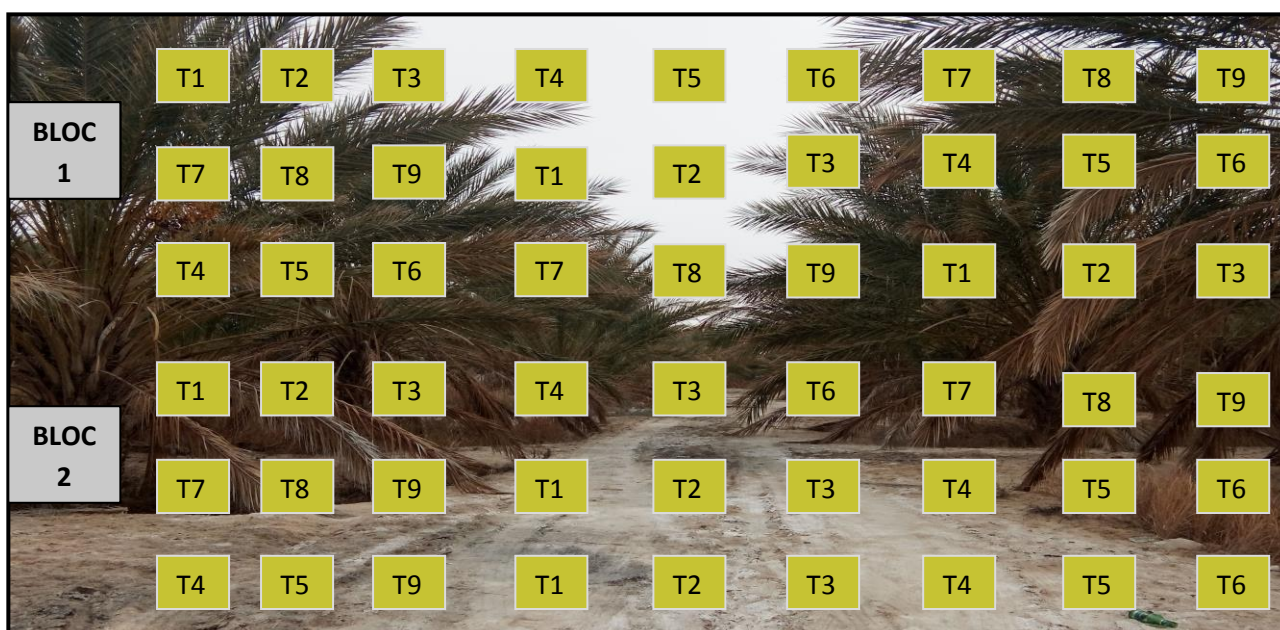


Figure 46: Dispositif expérimental

4.2.3. Expérimentation dans la parcelle

L'essai de fertilisation a été réalisé au mois de janvier ; avant l'application , on a creusé une tranchée tout autour du palmier à une distance de 50 cm du tronc où on a enfouis les engrais à 40 cm de profondeur à l'aide d'une houe (on n'a pas utilisé un outil de labour) afin d'éviter de couper et de blesser les racines présentes entre 20 et 60 cm vu leur importance vitale dans le mécanisme de nutrition du palmier(50% d'absorption de l'eau)(Sedra,2003)

Le dispositif expérimental retenu est la méthode des blocs aléatoires à 3 répétitions.

4.3. Les paramètres mesurés

- On a procédé à la récolte à la fin du cycle de maturation des dattes.
- Peser la production des dattes de chaque palmier.
- Des échantillons des dattes ont été prélevés pour mesurer les paramètres physiques.
- Des échantillons des dattes ont été prélevés pour mesurer les paramètres chimiques.

4.3.1. Mesures biométriques

Les mesures des paramètres physiques des dattes sont menées comme suit :

- Poids des dattes ;
- Longueur des dattes ;
- Diamètre des dattes ;
- Poids du noyau.

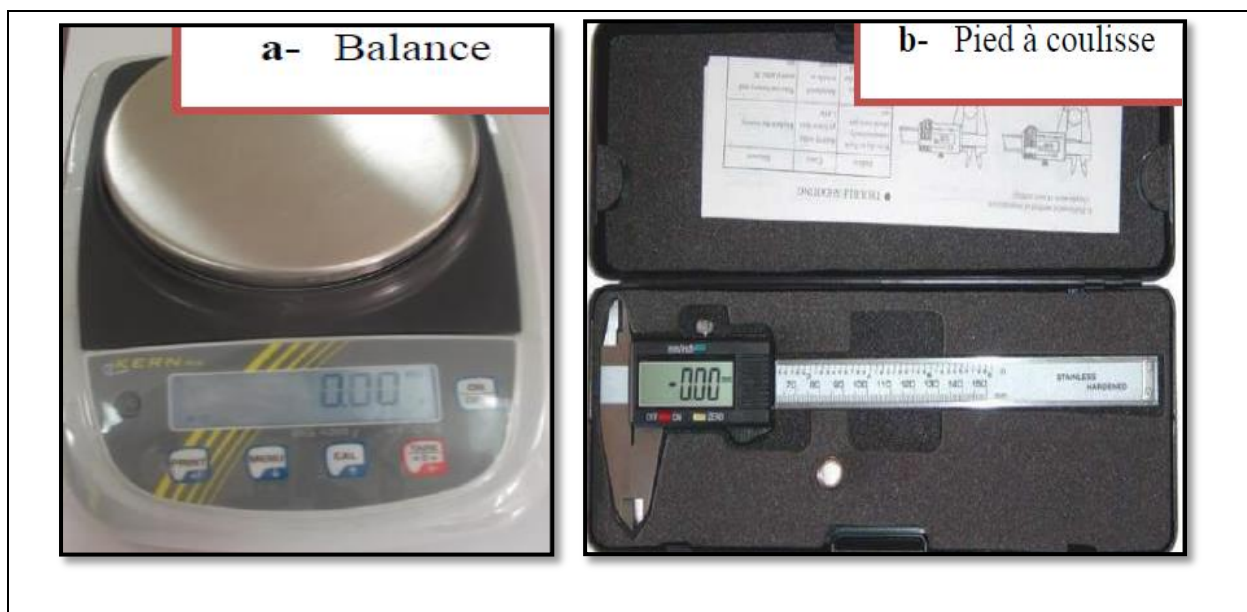


Figure 47: Instruments utilisés pour la mesure des paramètres physiques

4.3.2. Les paramètres biochimiques

Les paramètres chimiques et biochimiques mesurés sont :

- Les sucres totaux ;
- Les sucres réducteurs ;
- Les sucres non réducteurs ;
- Acidité ;
- La teneur en eau (Humidité) ;
- Le phosphore ;
- Le potassium ;
- Indice de qualité.

4.3.3. Les analyses au laboratoire

A. Détermination de la teneur en eau (Audigie et al. 1978)

• Principe

La teneur en eau est déterminée sur une partie aliquote de 5 g d'échantillon étalé dans une capsule en porcelaine puis séché dans une étuve, à la pression atmosphérique, à une température de $103 \pm 2^\circ\text{C}$.

- Expression des résultats

$$H\% = \frac{M1 - M2}{P} \times 100$$

Soit :

H% : teneur en eau ou humidité ;

M1 : masse initiale « avant dessiccation » « matière fraîche + capsule » ;

M2 : masse finale « après dessiccation » « matière sèche + capsule » ;

P : masse de la prise d'essai.

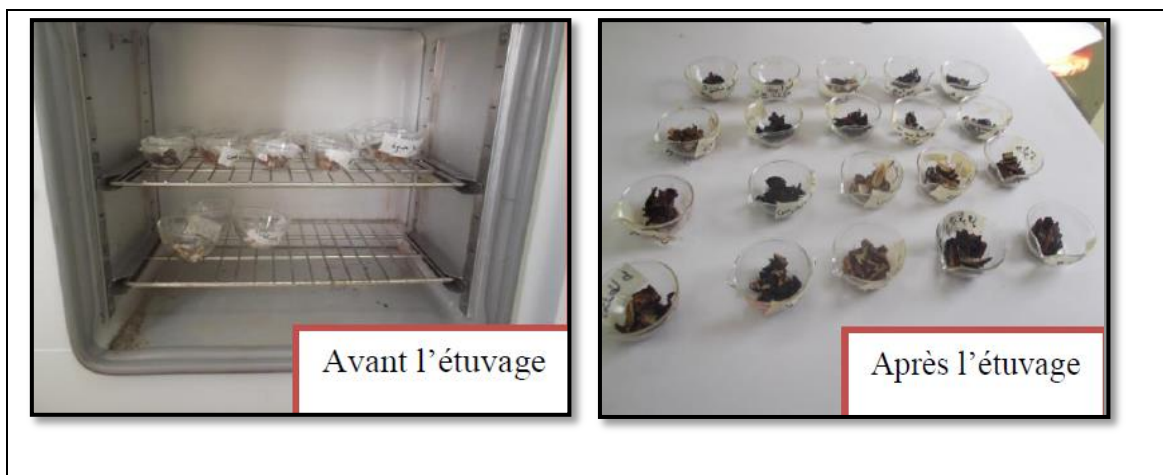


Figure 48 : Détermination de la teneur en eau

B. Détermination de l'acidité titrable (Afnor, 1974)

- **Expression des résultats**

$$\frac{250}{m} \times \frac{V1}{10} \times \frac{100}{V0}$$

Soit :

V1 : volume de NaOH de 0.1N (ml) ;

V0 : volume de la prise d'essai en (ml) ;

m: masse du produit prélevé en (g).

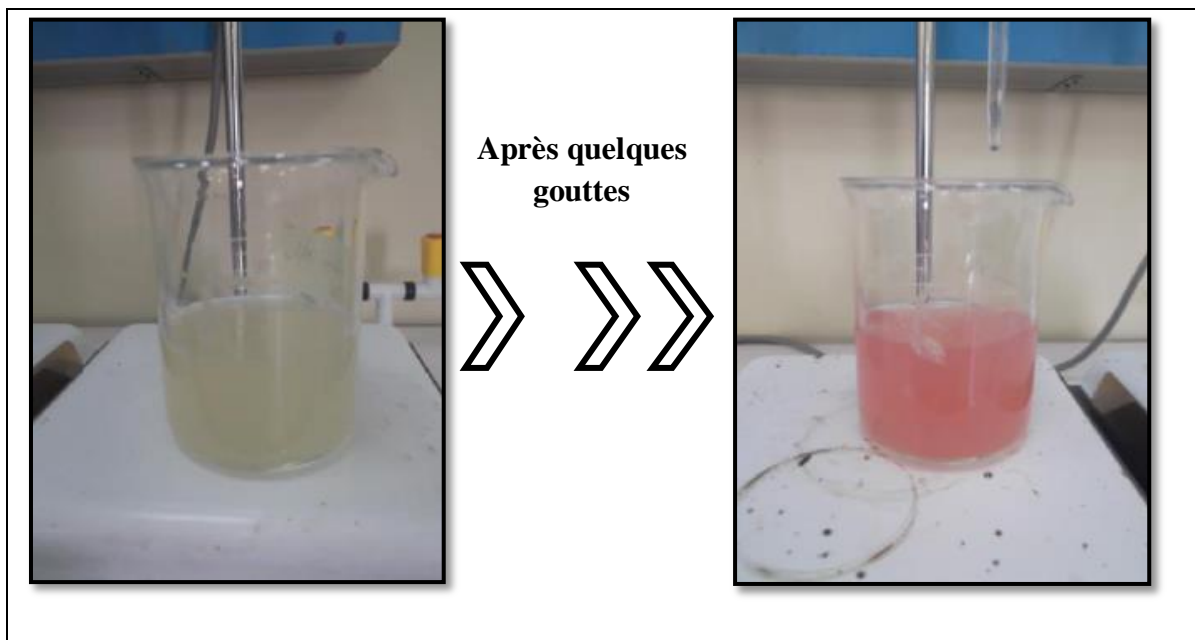


Figure 49: Titration volumique de l'extrait de la datte

C. Détermination de la teneur en sucres totaux (Afnor ; 1986)

- **Principe**

Le sucre total a été déterminé par la méthode réfractométrique décrite dans **Afnor (1986)**

- **Détermination :**

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 suivante ;

$$M = M1 / E$$

M : masse de sucre totaux pour 100 g de produit lue sur l'appareil ;

M1 : masse totale de la solution pesée ;

E : masse de produit utilisé pour la détermination.



Figure 50: Dosage des sucres totaux

D. Détermination de sucres réducteurs (Navarre, 1974) Principe

Cette méthode basée sur la réduction de la liqueur de Fehling par les sucres réducteurs contenus dans l'échantillon.

- Expression des résultats

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

Soit :

R : la quantité des sucres réducteurs en g / litres ;

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

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

F : le facteur de dilution.

E. Dosage des éléments minéraux (Mvondo et al. 1992)

• Principe

Porter 1g de matière végétale, séchée préalablement à 105°C, calciner à 550°C dans un four à moufle, ajouter 5 ml Hcl (2N). Cet extrait sert au dosage des éléments suivants :

H₂PO₄: Colorimètre ;

K: Photomètre à flamme ;



Figure 51:Colorimètre



Figure 12:Photomètre à flamme

5.1. Caractérisation des sols de la région d'étude

L'étude pédologique a conduit à l'observation de quatre profils de sols, répartis sur toute la parcelle

5.1.1. Caractérisation du profil 1

A. *Données générales*

- ❖ Le profil se situe au nord-ouest de la parcelle d'étude,
- ❖ Coordonnées géographiques : 005° 38' 27.4'' longitude Est et 34° 46' 28.8'' de latitude Nord;
- ❖ Altitude : 80m ;
- ❖ Date de description: 13/11/2015 ;
- ❖ Temps : Ciel clair ;
- ❖ Topographie : Terrain plat
- ❖ Matériaux d'origines : apports des alluvions
- ❖ État de surface : Terrain cultivé (palmiers dattiers)

B. *Description morphologique du profil 1*

- ❖ **Horizon (0 à 40cm)** : Sec; couleur à l'état sec 2.5 Y 7/2 dominance de limon; structure polyédrique anguleuse fine à moyenne; peu compacte; friable a l'état frais; absence d'éléments grossiers, faible présence de racines; vive effervescence à l'Hcl.
- ❖ **Horizon (40 à 63cm)** : Sec; couleur à l'état sec 10 YR 4/2; limoneux-argilo-sableux structure polyédrique anguleuse grossière; compacte; friable à l'état frais avec forte rugosité ; absence des racines, présence des taches de rouille et de taches blanches; vive effervescence à l'Hcl généralisée ; transition nette régulière.
- ❖ **Horizon (63 à 180 cm)** :Sec; couleur 7.5YR 4/1; limoneux; structure polyédrique anguleuse grossière; dure; rugueuse à l'état frais ; absence des racines; présence de taches de rouille et des nodules blancs; très forte effervescence à l'Hcl.

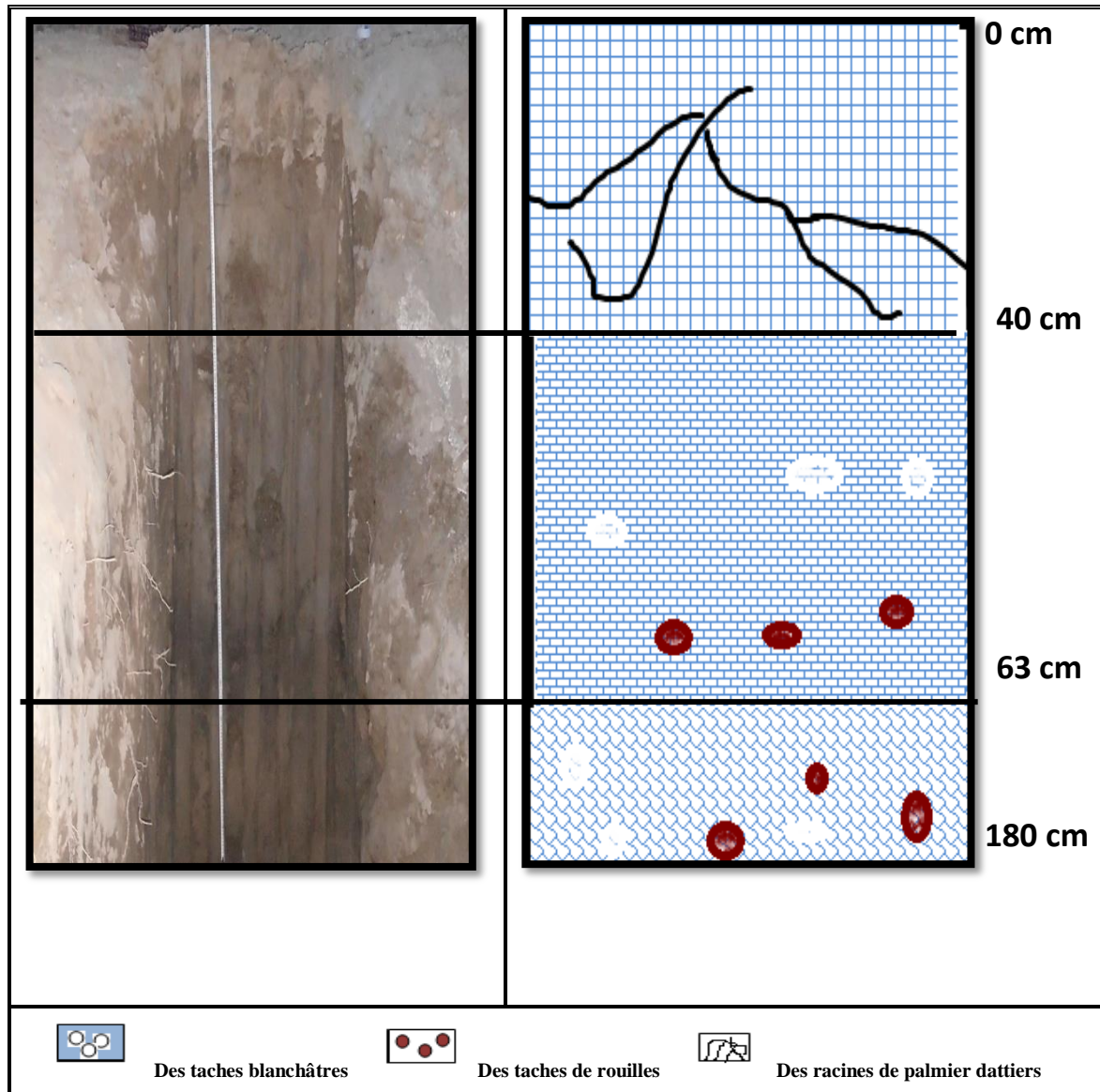


Figure 53: Profil 1

Figure 2: Coupe schématique du profil 1

C. Résultats analytiques du profil 1

❖ Propriétés physiques et physico-chimiques du profil 1

✚ Le gypse

Les teneurs en gypse sont très fortes dans les trois horizons, elles oscillent entre 47.04% et 64.68 %, avec une moyenne du profil de 56.84 % et un coefficient de variabilité élevé. (Tab 14)

✚ Le calcaire

La teneur en calcaire total au niveau du profil (1), augmente progressivement depuis l'horizon de surface avec 8.49% jusqu'à atteindre la valeur maximale dans les horizons plus profonds avec 22.49% et avec une moyenne de 15.70%. Le calcaire actif varie entre 4.62 à

7.12% avec une moyenne 5.87% et un coefficient de variabilité élevé. Le profil, est modérément calcaire. (Tab14)

La matière organique

Le taux de matière organique augmente relativement en profondeur, et varie entre 0.39% et 1.21 %, avec une moyenne de 0.77 % et un coefficient de variabilité très élevé. (Tab14)

L'azote total

Le taux de l'azote total augmente en profondeur, et varie entre 0.02%, 0.06 %, avec une moyenne de 0.038 % et un coefficient de variabilité très élevé. (Tab14)

Le phosphore

Le taux de phosphore est très faible varie entre 36.79 à 70.74 ppm avec une moyenne de 48.57 ppm et un coefficient de variabilité élevé. (Tab14)

La granulométrie

Nous remarquons que la fraction granulométrique prédominante est la fraction sableuse. Dans l'horizon de surface, les argiles et les limons ont pratiquement les mêmes taux qui sont respectivement de 24.44 et 28.78 % avec un taux de 46.77% de sable. Dans l'horizon de sub-surface, la fraction sableuse prédomine avec un taux de 50.34 % et avec un taux de 27.95% et 21.72% de limon et d'argile respectivement. Au niveau de l'horizon profond la fraction sableuse reste dominante avec un taux de 43.69% accompagnée par la fraction limoneuse avec 32.07 % et argileuse avec 24.24%. (Tab14)

L'horizon de surface et l'horizon profond ont des textures limoneuses, l'horizon de sub-surface présente une texture limono-argilo- sableuse. Nous remarquons aussi que les coefficients de variabilités de l'argile, limon et le sable sont faibles on dit que la distribution de ces fractions dans ce profil est homogène.

Tableau 13: Statistiques descriptives des propriétés physiques et physico-chimiques du profil 1

Paramètres	M.O (%)	Calcaire total (%)	Calcaire actif (%)	Gypse (%)	Phosphore (ppm)	Azote (%)	Granulométrie %		
							Limon	Argile	sable
Moy	0.77	15.70	5.87	56.84	48.58	0.04	29.6	23.46	46.93
Max	1.21	22.49	7.12	64.68	70.74	0.06	32.07	24.44	50.34
Min	0.39	8.49	4.62	47.04	36.79	0.02	27.95	21.72	43.69
C.V%	53.35	44.63	21.29	15.80	39.53	52.06	7.36	6.46	7.09

Composition de la solution du sol

Les résultats analytiques et statistiques des différents paramètres de la solution du sol sont indiqués, respectivement, dans le (Tab15).

❖ La conductivité électrique

La distribution des sels en fonction de la profondeur révèle une forte salinité de l'horizon de surface (CE= 3.76 ds/m). Ce phénomène serait dû aux sels des eaux d'irrigation qui se seraient accumulées au niveau des horizons de surface suite aux évaporations en provoquant une augmentation de la CE (CE=3.76/m). La salinité diminue sensiblement dans les deux horizons sub-surface et de profondeur pour atteindre respectivement les valeurs de 2.38 et 2.43dS/m. Ce résultat indique que le profil salin est ascendant.

❖ Le pH

Le **tableau 15** indique que le pH est supérieur à 7 avec une moyenne de 7.75 Ces valeurs correspondent à une réaction de sol peu alcalin, caractéristique principale des sols salés.

❖ Les cations de la solution du sol

La **figure 55** montre que les cations Mg^{++} et Ca^{++} sont les plus élevés avec un taux moyen de 42% et 41% successivement avec une concentration qui varie entre 10.4 et 21.8 meq/l pour le Mg et entre 13.4 et 16.4 meq/l pour le Ca^{++} . La concentration de Na^+ est faible avec un taux de 15% qui varie entre 2.93 et 9.23meq/l. Alors que la teneur de K^+ est la plus

faible comparativement aux autres cations analysés avec un taux de 2%, et des teneurs qui varient entre 0.42 et 0.69 meq/l.

De ce fait, le classement des cations est de type : $Mg^{++} > Ca^{++} > Na^+ > K^+$

❖ **Les anions de la solution du sol**

Selon la **figure 56**, l'anion SO_4^{--} est le plus élevé avec un taux de 52% et avec des teneurs qui varient entre 14.05 meq/l et 8.44, suivi par le Cl^- avec un taux moyen de 35% et une concentration qui varie entre 10 meq/l et 6 meq/l. Le HCO_3^- est le moins représenté avec un taux de 13% et des teneurs qui varient entre 1.5 meq/l et 5 meq/l.

Tableau 14:Statistiques descriptives des paramètres de la solution du sol du profil 1

Paramètres	PH	CE dS/m	Cations (meq.l-1)				Anions (meq.l-1)		
			Na ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ⁻⁻	HCO ₃ ⁻
Min	7.72	2.38	2.93	13.4	10.4	0.42	6	8.44	1.5
Max	7.77	3.7	9.23	16.4	21.8	0.69	10	14.05	5
Moy	7.75	2.85	5.31	15.13	14.8	0.52	8	12.06	3
C.V%	0.09	27.39	64.41	10.26	41.40	27.84	25	26.06	60.09

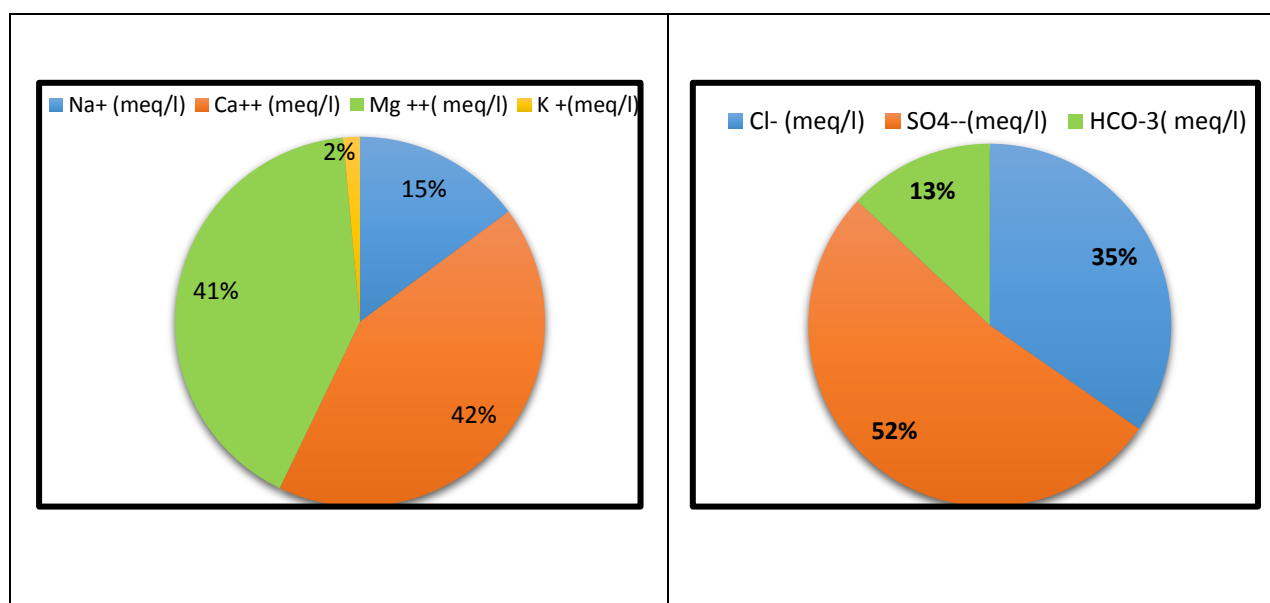


Figure 55:Répartition moyenne des cations dans la solution

Figure 56:Répartition moyenne des anions dans la solution

5.2.1. Caractérisation du profil 2

A. Données générales

Le profil se situe au sud-est de la parcelle d'étude ;

- Coordonnées géographiques : 05°38' 18.7'' longitude Est et 34°46' 39.3'' de latitude Nord;
- Altitude : 85m ;
- Date de description: 13/11/2015 ;
- Temps : Ciel clair ;
- Topographie : Terrain plat ;
- Matériaux d'origines : apport des Alluvions ;
- État de surface : Terrain cultivé (palmiers dattiers)

B. Description morphologique du profil 2

- ❖ **Horizon (0 à 60cm) :** Humide; couleur 7.5 YR 6/6, limoneux; structure polyédrique angulaire fine; meuble; friable fin à l'état frais; rugueux fin à l'état humide; abondance des racines des palmiers à la limites inférieure de l'horizon, absence d'activité biologique ; présence de taches blanchâtres hétérogènes ; faible effervescence à l'HCl; transition nette régulière.
- ❖ **Horizon (60 à 110cm) :** Humide; couleur Glé1 2.5/10Y; limoneux-argileux; structure polyédrique anguleuse fine ; peu compact; friable à l'état frais; à l'état humide lisse, faible présence de racines; absence d'activité biologique; présence de taches blanchâtres; présence des taches de rouille et des taches verdâtres, forte effervescence à l'HCl; transition nette et régulière.
- ❖ **Horizon (110 à 180cm) :** Humide; couleur Glé1 2.5/10Y; limoneux; structure polyédrique anguleuse fine; dure; friable à l'état frais, lisse à l'état humide; faible présence des racines; présence des taches de rouille et de taches verdâtres, présence des nodules blancs; très forte effervescence à l'HCl.

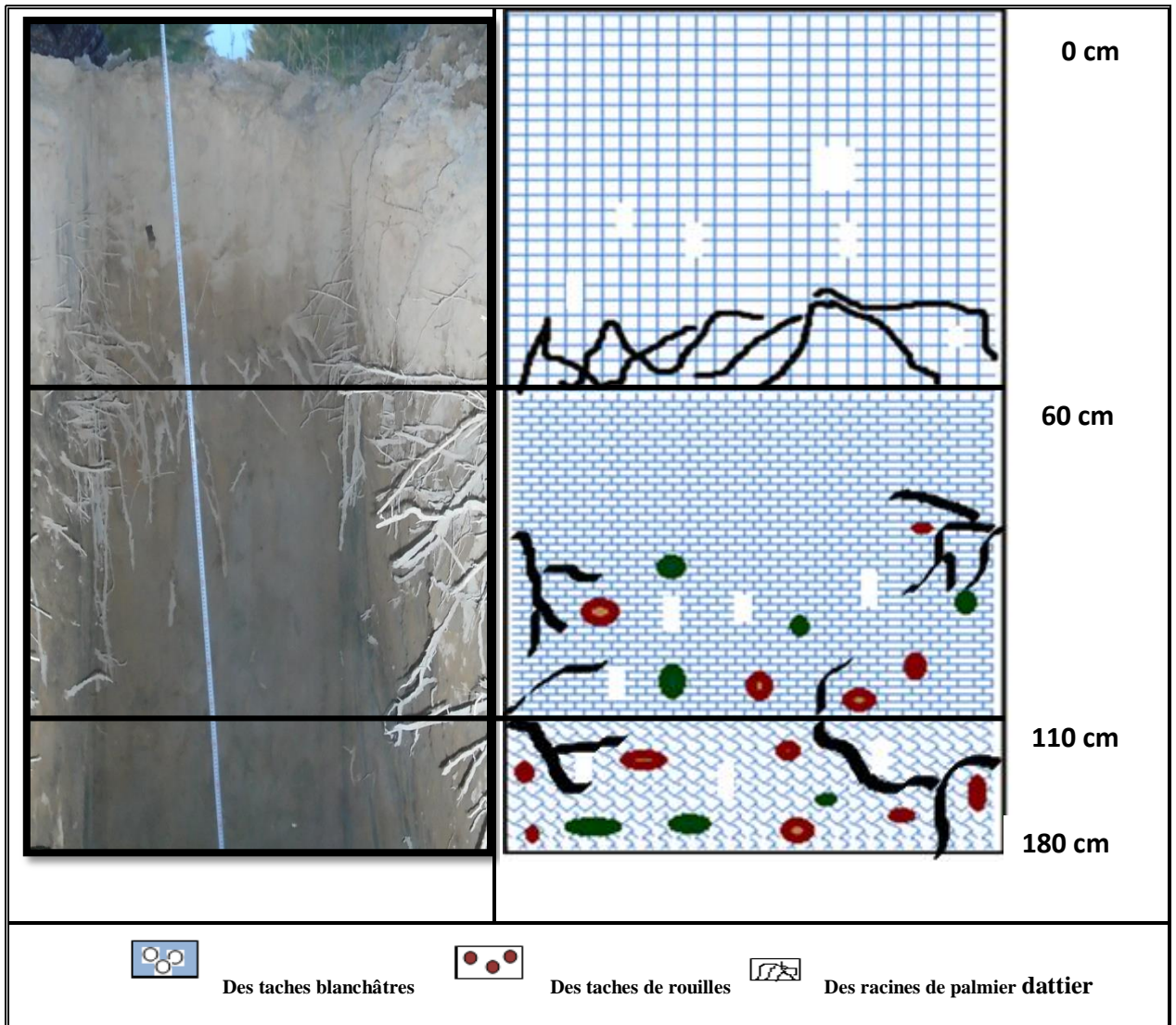


Figure 57: Profil 2

Figure58:Coupe schématique du profil 2

D. Résultats analytiques du profil 2

❖ Propriétés physiques et physico-chimiques du profil 2

✚ Le gypse

Les teneurs en gypse oscillent entre 57.33 et 61.74 %, avec une moyenne du profil de 59.78 % et un coefficient de variabilité faible (Tab16)

✚ Le calcaire

Les teneurs en calcaire varient entre 2.75 % à 16.16 % pour le calcaire totale et de 4.5 % à 6.5 % pour le calcaire actif avec une moyenne respective de 11.39 % et 5.66 % et un coefficient de variabilité élevé pour le calcaire actif et modéré pour le calcaire totale, le profile et moyennement calcaire (Tab16).

✚ La matière organique

Le taux de la matière organique est très faible, il varie entre 0.99%, en profondeur à 1.39 % dans l'horizon (A), avec une moyenne de 1.19 % et un coefficient de variabilité modéré (Tab16).

✚ L'azote total

Le taux de l'azote est pratiquement égale dans tout le profil, et varie entre 0.05% et 0.07 %, avec une moyenne de 0.06 % et un coefficient de variabilité modéré (Tab16).

✚ Le phosphore

Le taux de phosphore est très faible oscille entre 35.37 et 63.67 ppm avec une moyenne de 51.99 ppm et un coefficient de variabilité élevé (Tab16)

✚ La granulométrie

La fraction granulométrique prédominante est la fraction sableuse et limoneuse. Dans l'horizon de surface et sub-surface, le sable prédomine avec des taux qui sont respectivement de 43.91 et 37.33. La fraction argileuse varie entre 24.55 et 28.96%. Nous observons au niveau des horizons profonds une diminution de la fraction sableuse (34.70%) et une forte augmentation de la fraction limoneuse (40.75 %). Les horizons de surface et sub-surface ont une texture limoneuse et l'horizon situé en profondeur à une texture limono- argileuse.

Nous remarquons aussi que le coefficient de variabilité de toutes les fractions granulométriques de ce profil est faible (Tab16).

Tableau 15: Statistiques descriptives des paramètres du profil 2

Paramètres	M.O (%)	Calcaire total (%)	Calcaire actif (%)	Gypse (%)	Phosphore (ppm)	Azote (%)	Granulométrie %		
							<i>Limon</i>	<i>Argile</i>	<i>sable</i>
Moy	1.19	9.45	5.5	59.53	49.52	0.06	35.25	26.8	38.64
Max	1.39	16.16	6.50	61.74	63.67	0.07	40.75	28.96	43.91
Min	0.99	2.75	4.50	57.33	35.37	0.05	31.04	24.55	34.70
Cv%	16.80	65.58	18.36	3	28.43	16.66	14.12	8	12.75

✚ Composition de la solution du sol

Les résultats analytiques et statistiques des différents paramètres de la solution du sol sont indiqués, respectivement, dans le (Tab17).

❖ La conductivité électrique

La distribution des sels en fonction de la profondeur révèle une forte salinité de l'horizon de surface ($CE = 7.41 \text{ dS/m}$). Ce phénomène serait dû aux sels des eaux d'irrigation qui se seraient accumulés au niveau des horizons de surface provoquant une augmentation de la CE ($CE=7.41\text{dS/m}$) comme pour le cas de profil 1. La salinité diminue légèrement dans les deux horizons sub-surface et profond pour atteindre respectivement les valeurs de 4.45 et 3.12 dS/m. Ce résultat indique que le profil salin est ascendant.

❖ Le pH

Le **tableau 17** indique que le pH est supérieur à 7 avec une moyenne de 7.96. Ces valeurs correspondent à une réaction de sol peu alcalin, caractéristique principale des sols calcaires et des sols salés.

✚ Les cations de la solution du sol

Les résultats présentés dans la **figure 59** montrent que le Mg est le plus élevé avec un taux moyen de 57% et avec une concentration qui varie entre 23meq/l et 25.4 meq/l suivi par le Ca avec un taux moyen de 26% et une concentration qui varie entre 4.4meq/l et 15 meq/l. La concentration de Na est faible avec un taux de 16% avec des teneurs qui varient entre 2.65 meq/l et 10.37meq/l. Alors que le K est le plus faible avec un taux de 1%, et des teneurs qui varient entre 0.2 meq/l et 0.92 meq/l.

De ce fait, le classement des cations est de type : $\text{Mg}^{++} > \text{Ca}^{++} > \text{Na}^+ > \text{K}^+$

✚ Les anions de la solution du sol

Selon la **figure 60**, l'anion SO_4^- est le plus élevé avec un taux moyen de 58% et une concentration qui varie entre 9.92 méq/l et 14.67 méq/l suivi par le Cl^- avec un taux de 35% avec des teneurs qui varient entre 5 meq/l et 10 méq/l. La teneur de HCO_3^- est la plus faible comparativement aux autres anions analysés avec un taux de 7% et des teneurs qui varient entre 1 meq/l et 1.75 méq/l.

Tableau 16: Statistiques descriptives des paramètres de la solution du sol du profil 2

Paramètres	pH	CE dS. m ⁻¹	Cations (meq.l-1)				Anions (meq.l-1)		
			Na ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ⁻⁻	HCO ₃ ⁻
Min	7.74	3.12	2.65	4.4	23	0.2	5	9.92	1
Max	8.11	7.41	10.73	15	25.4	0.92	10	14.67	1.75
Moy	7.96	4.99	6.87	11.06	24.2	0.6	7.66	12.56	1.5
C.V%	2	43.97	56.90	52.45	4.95	61.10	32.82	19.26	28.86

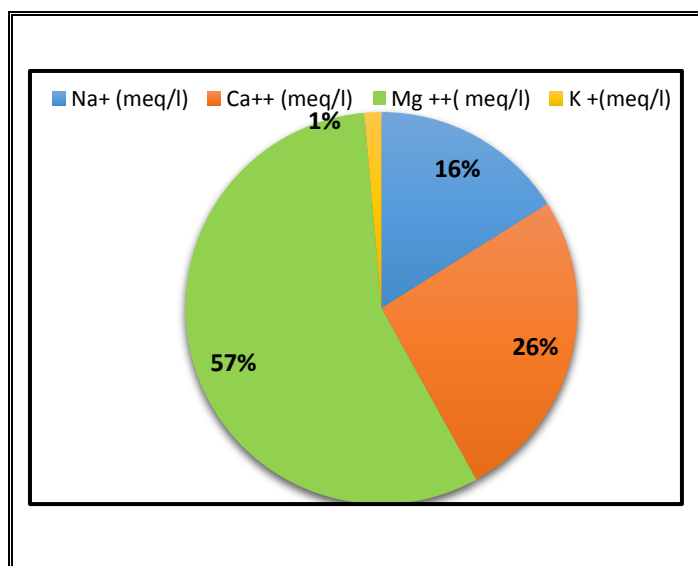


Figure 59: Répartition moyenne des cations dans la solution du sol du profil 2

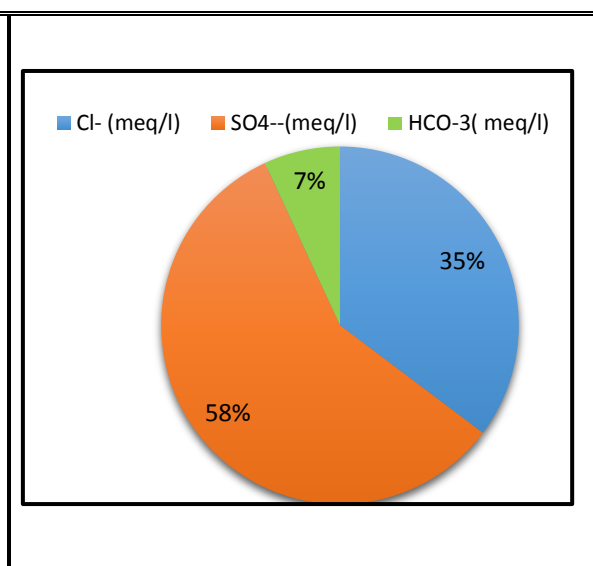


Figure 60 : Répartition moyenne des anions dans la solution du sol du profil 2

5.2.2. Caractérisation du profil 3

A. Données générales

Le profil se situe au Nord-est de la parcelle d'étude.

- Coordonnées géographiques : 005°38' 24.3'' longitude Est et 34°46' 29.6'' de latitude Nord;
- Altitude : 92m ;
- Date de description: 13/11/2015 ;
- Temps : Ciel clair ;
- Topographie : Terrain plat ;

- Matériaux d'origines : apports des Alluvions ;

- État de surface : Terrain cultivé (palmiers dattiers)

B. Description morphologique du profil 3

- ❖ **Horizon (0 à 38cm) :** Humide; couleur Gle1- 4/10Y, limoneux fin; structure polyédrique angulaire fine; meuble; friable à l'état frais; faible rugosité à l'état humide; absence des racines des palmiers, absence d'activité biologique ; présence de taches blanchâtres hétérogènes ; forte effervescence à l'HCl ; compacte ; transition nette régulière.
- ❖ **Horizon (38 à 75cm) :** Humide; couleur Gle1- 4/10Y; limoneux; structure polyédrique anguleuse fine ; peu compact; friable à l'état frais; rugueux à l'état humide ; absence de racines; absence d'activité biologique; présence de taches blanchâtres; présence des tache de rouille, forte effervescence à l'HCl; transition nette et régulière.
- ❖ **Horizon (75-180cm) :**Humide; couleur Glé1 3/10Y; limono-argileuse; structure polyédrique anguleuse fine; dure; friable à l'état frais, rugueux à l'état humide; faible présence des racines; présence des nodules blancs; vive effervescence à l'HCl ; transition nette et régulière

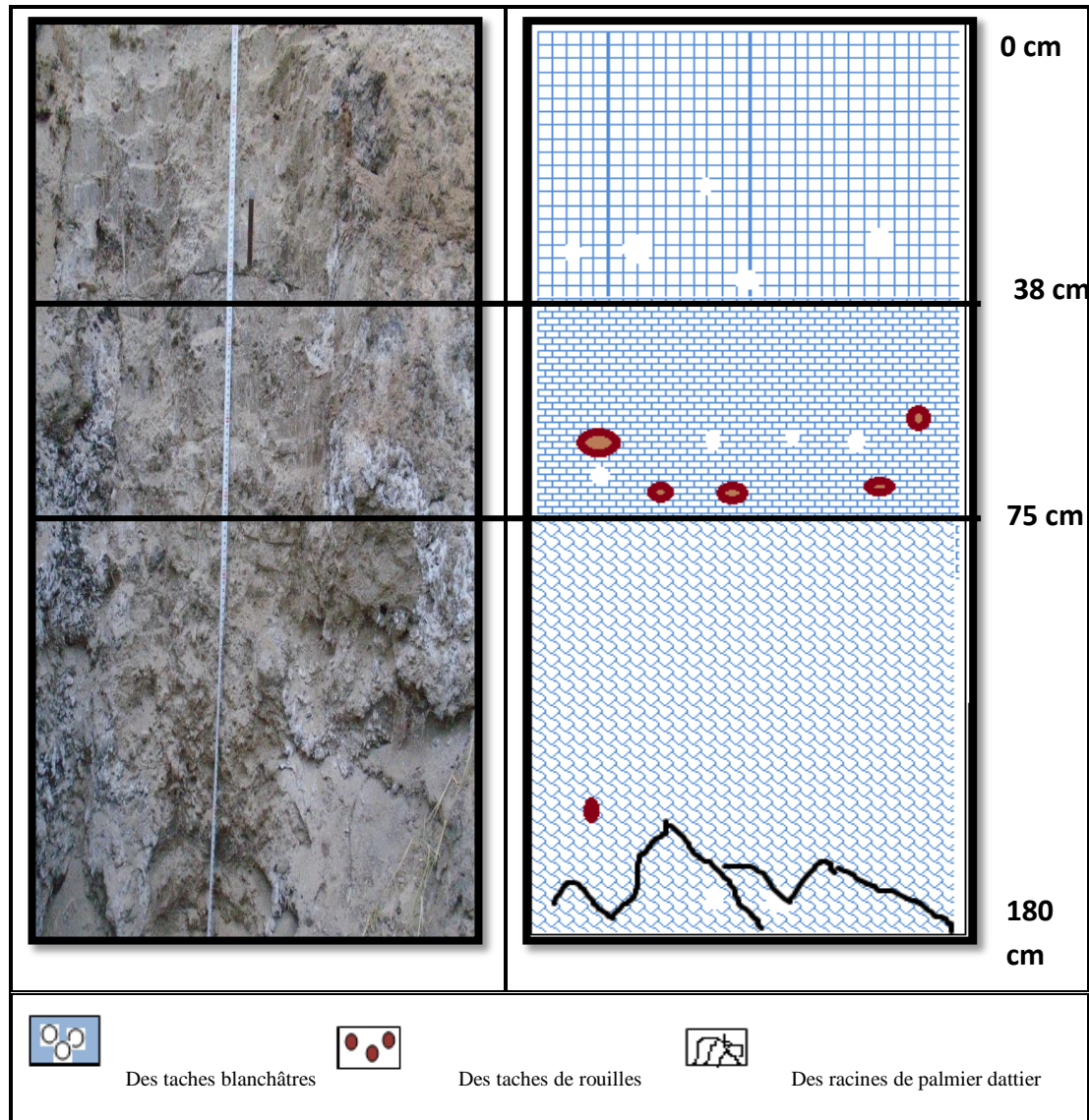


Figure 61: Profil 3

Figure 62: Coupe schématique du profil 3



Figure 63: Accumulations gypseuses

C. Résultats analytiques du profil 3

❖ Propriétés physiques et physico-chimiques du profil 3

✚ Le gypse

Les teneurs en gypse sont très fortes dans les trois horizons, elles oscillent entre 47.04% et 64.68 %, avec une moyenne du profil de 56.84 % et un coefficient de variabilité moyennement élevé (**tab18**)

✚ Le calcaire

Les teneurs en calcaire total au niveau du profil (3), augmentent progressivement depuis l'horizon de surface avec 7.64% jusqu'à atteindre la valeur maximale dans l'horizon de profondeur avec 23.34% avec une moyenne 17.54%. Le calcaire actif varie entre 3.5 à 5.87% avec une moyenne de 4.91%. Le profil, est modérément calcaire (**tab18**)

✚ La matière organique

Le taux de matière organique augmente en profondeur, et varie entre 0.86% et 1.72 %, avec une moyenne de 1.19 % et un coefficient de variabilité très élevé. (**tab18**)

✚ L'azote total

Le taux de l'azote total augmente en profondeur, et varie entre 0.04% et 0.08 %, avec une moyenne de 0.038 % et un coefficient de variabilité très élevé. (**tab18**)

✚ Le phosphore

Le taux de phosphore est très faible varie entre 29.05 et 49.52 ppm avec une moyenne de 36.09 ppm et un coefficient de variabilité très élevé. (tab18)

✚ La granulométrie

Nous remarquons que la fraction granulométrique prédominante est la fraction limoneuse dans l'horizon de surface, les limons et le sable ont pratiquement des taux qui sont respectivement de 52.50 et 45.50 % avec un taux de 2% d'argile. Dans l'horizon de sub-surface, la fraction sableuse prédomine avec un taux de 44.35 % et avec un taux de 30.55% et 25.10% de limon et d'argile respectivement. Au niveau de l'horizon profond la fraction sableuse reste dominante avec un taux de 41.00% accompagné par la fraction argileuse avec 33.48 % et limoneuse avec 25.52%. (tab18)

L'horizon de surface et du fond ont des textures limoneuses, tandis que l'horizon de sub-surface présente une texture limono-argileuse. Nous remarquons aussi que le coefficient de variabilité de la fraction limoneuse et argileuse est très élevé et très faible pour la fraction sableuse.

Tableau 17: Statistiques descriptives des propriétés physiques et physico-chimiques du profil 3

Paramètres	M.O (%)	Calcaire total (%)	Calcaire actif (%)	Gypse (%)	Phosphore (ppm)	Azote (%)	Granulométrie %		
							<i>Limon</i>	<i>Argile</i>	<i>sable</i>
Moy	1.19	17.54	4.91	57.82	36.09	0.05	36.19	20.19	43.61
Max	1.72	23.34	5.87	61.74	49.52	0.08	52.50	33.48	45.50
Min	0.86	7.64	3.50	47.04	29.05	0.04	25.52	2.00	41.00
Cv%	38.95	49.12	25.42	16.34	32.22	38.66	39.64	80.73	5.3

✚ Composition de la solution du sol

Les résultats analytiques et statistiques des différents paramètres de la solution du sol sont indiqués, respectivement, dans le (Tab19).

❖ La conductivité électrique

La distribution des sels en fonction de la profondeur révèle une forte salinité de l'horizon de surface (CE= 3.61 ds/m). Ce phénomène est dû aux sels des eaux d'irrigation qui se seraient accumulés au niveau des horizons de surface à cause de l'évaporation et provoquant une augmentation de la CE (CE=3.61/m). La salinité diminue sensiblement dans les deux horizons celui de sub-surface et l'horizon du fond pour atteindre respectivement les valeurs de 3.23 et 2.08 dS/m. Ce résultat indique que le profil salin est ascendant.

Le pH

Le **tableau 19** indique que le pH est supérieur à 7 avec une moyenne de 7.99. Ces valeurs correspondent à une réaction du sol peu alcalin, caractéristique principale des sols calcaires et des sols salés.

Les cations de la solution du sol

Selon la **figure 64** montre que le cation Mg^{++} est le plus élevé avec un taux moyen de 64% et une concentration qui varie entre 18.4 meq/l et 23.6 meq/l. Par contre la concentration de Ca^{++} est moins importante que celle de Mg avec un taux de 22% et des teneurs qui varient entre 1.8 meq/l et 14.8 meq/l. La teneur de Na^+ est faible avec un taux de 13% et des concentrations qui varient entre 3.02 meq/l et 6.68 meq/l, plus faible encore et la teneur en K^+ avec un taux de 1%, et des concentrations qui varient entre 0.29 meq/l et 0.2 meq/l.

De ce fait, le classement des cations est de type : $Mg^{++} > Ca^{++} > Na^+ > K^+$

Les anions de la solution du sol

Selon la **figure 65**, l'anion Cl^- est le plus élevé avec un taux moyen de 47% et une concentration qui varie entre 13 meq/l et 15 meq/l suivi par SO_4^- qui vient en deuxième position avec un taux de 43% avec des teneurs qui varient entre 11.78 meq/l et 13.68 meq/l. La concentration de HCO^{-3} est la plus faible par rapport aux autres anions analysés avec un taux de 10% et des teneurs qui varient entre 2.5 meq/l et 3 meq/l.

Tableau 18: Statistiques descriptives des paramètres de la solution du sol du profil 3

Paramètres	pH	CE dS. m ⁻¹	Cations (meq.l-1)				Anions (meq.l-1)		
			Na ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ⁻	HCO ₃ ⁻
Min	7.72	2.08	3.02	1.8	18.4	0.2	13	11.78	2.5
Max	8.34	3.61	6.68	14.8	23.6	0.29	15	13.68	3
Moy	8.03	2.97	4.85	8.3	21	0.24	13.66	12.73	2.75
C.V%	4	26.79	42.41	91.52	12.38	19.09	8.44	7.4	10.18

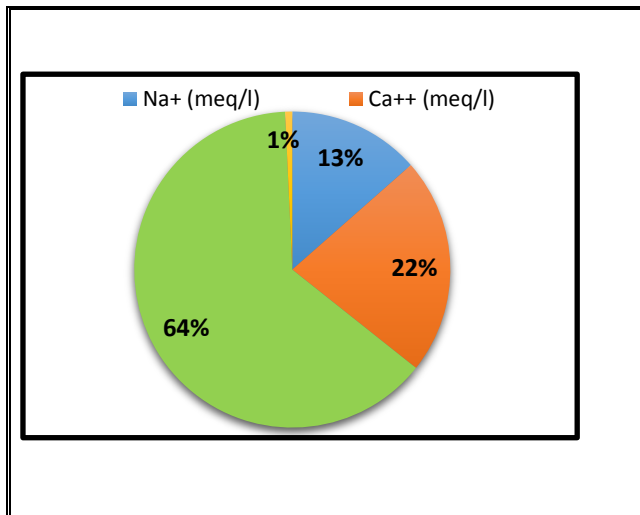


Figure 64: Répartition moyenne des cations dans la solution du sol du profil 3

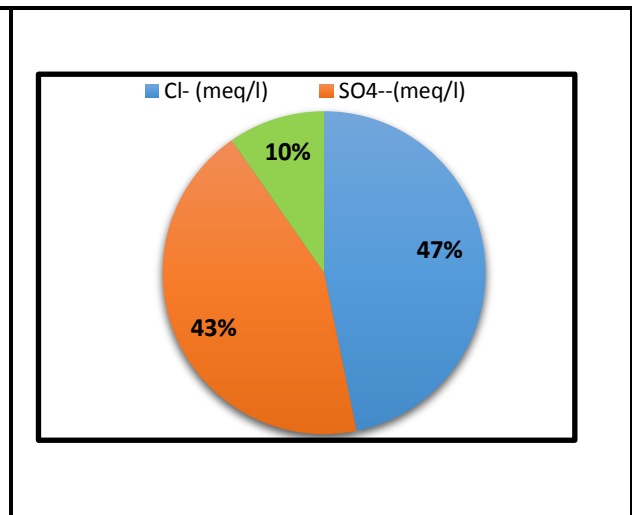


Figure 65: Répartition moyenne des anions dans la solution du sol du profil 3

5.2.3. Caractérisation du profil 4

A. Données générales

Le profil se situe au Sud -ouest de la parcelle d'étude.

- Coordonnées géographiques : 005°38' 28.3'' longitude Est et 34°46' 25.9'' de latitude Nord;
- Altitude : 82m ;
- Date de description: 13/11/2015 ;
- Temps : Ciel clair ;
- Topographie : Terrain plat ;
- Matériaux d'origines : apports des Alluvions ;
- État de surface : Terrain cultivé (palmiers dattiers)

B. Description morphologique du profil 4

- ❖ **Horizon (0 à 45cm) :** Humide; couleur 7.5YR 4/3, limoneux-argileux fin; structure polyédrique angulaire fine; meuble; friable à l'état frais; lisse à l'état humide; absence des racines des palmiers, absence d'activité biologique; rugueux; présence de taches blanchâtres hétérogènes ; forte effervescence à l'Hcl; transition nette régulière.
- ❖ **Horizon (45 à 120cm) :** Humide; couleur 10YR 4/3; limoneux-argilo- sableux; structure polyédrique anguleuse fine ; peu compact; friable à l'état frais; présence des racines mortes dans les limites inférieures de l'horizon; absence d'activité biologique; présence de taches blanchâtres, présence des taches de rouille et des taches verdâtre ; forte effervescence à l'Hcl; transition nette et régulière.
- ❖ **Horizon (120- 180cm) :**Humide; couleur Glé1 2/10Y; limoneux-argilo- sableux; structure polyédrique anguleuse fine; dure; friable à l'état frais, lisse à l'état humide ;présence de racines mortes; présence de nodules blancs; forte effervescence à l'Hcl, transition nette et régulière

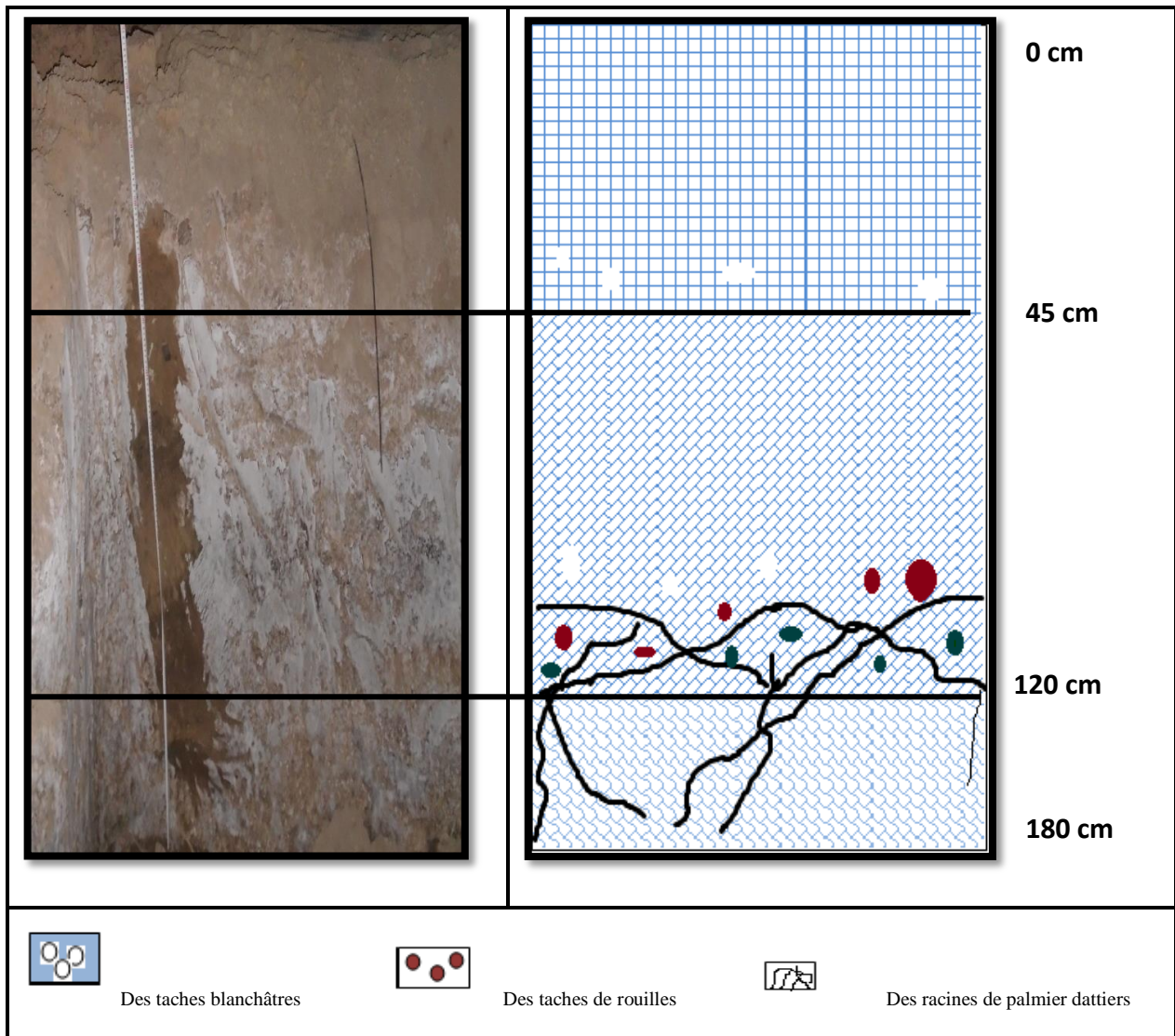


Figure 66 : Profil 4

Figure 67: Coupe schématique du profil 4



Figure 68: accumulation saline dans le profil 4

C. Résultats analytiques du profil 4

❖ Propriétés physiques et physico-chimiques du profil 4

✚ Le gypse

Les teneurs en gypse sont très fortes dans les trois horizons, elles oscillent entre 60.10% et 66.15 %, avec une moyenne du profil de 63.86% et un coefficient de variabilité faible. (Tab 20)

✚ Le calcaire

Les teneurs en calcaire total au niveau du profil (3), augmentent progressivement depuis l'horizon de surface avec 7.64% jusqu'à ce qu'elles atteignent la valeur maximale dans l'horizon près du fond avec 25.04% avec une moyenne de 13.01%. (Tab 20)

✚ La matière organique

Le taux de matière organique augmente en profondeur, et varie entre 0.53% et 1.06 %, avec une moyenne de 0.75 % et un coefficient de variabilité très élevé. (Tab 20)

✚ L'azote total

Le taux d'azote total augmente en profondeur, et varie entre 0.02% et 0.05 %, avec une moyenne de 0.03 % et un coefficient de variabilité très élevé. (Tab 20)

✚ Le phosphore

Le taux de phosphore est très faible varie entre 42.44 à 55.18 ppm avec une moyenne de 48.10 ppm et un coefficient de variabilité très élevé. (Tab 20)

✚ La granulométrie

Nous remarquons que la fraction granulométrique prédominante est la fraction sableuse dans les trois horizons du profil avec des taux qui sont respectivement 43.34, 74.96 et 57.73%. Dans l'horizon de surface, les limons et les argiles ont pratiquement les mêmes taux qui sont respectivement de 29.24 et 27.42 %. Dans l'horizon de sub-surface, les argiles représentent 24.14%, la fraction limoneuse est très peu représentée avec un taux de 0.90%. Au niveau de l'horizon près du fond la fraction sableuse reste prédominante avec un taux de 57.73% accompagnée par la fraction argileuse avec 24.24 % et limoneuse avec 18.03%.

L'horizon de surface présente une texture limono-argileuse, l'horizon de sub-surface et de fond ont des textures limon- argilo sableuse ; Nous remarquons aussi que le coefficient de variabilité est très élevé. (Tab 20)

Tableau 19: Statistiques descriptives des propriétés physiques et physico-chimiques du profil 4

Paramètres	M.O (%)	Calcaire total (%)	Calcaire actif (%)	Gypse (%)	Phosphore (ppm)	Azote (%)	Granulométrie %		
							Limon	Argile	sable
Moy	0.73	13.01	4.8	63.86	48.10	0.03	16.05	25.26	58.68
Max	1.06	25.04	5.75	66.15	55.18	0.05	29.24	27.42	74.96
Min	0.53	6.36	3.78	60.10	42.44	0.02	0.90	24.14	43.34
Cv%	36.82	80.18	19.47	5.14	13.48	36.14	88.88	7.31	26.98

✚ Composition de la solution du sol

Les résultats analytiques et statistiques des différents paramètres de la solution du sol sont indiqués, respectivement, dans le **Tab21**.

❖ La conductivité électrique

La distribution des sels en fonction de la profondeur révèle une forte salinité de l'horizon de surface (CE= 10.72ds/m). Ce phénomène serait dû aux eaux d'irrigation qui se seraient accumulées au niveau des horizons de surface comme pour le cas du profil 1 provoquant une augmentation de la CE (CE=10.72/m). La salinité diminue sensiblement dans les deux

horizons de sub-surface et de profondeur pour atteindre respectivement les valeurs de 7.41 et 3.65dS/m. Ce résultat indique que le profil salin est ascendant.

Le pH

Le **tableau 21** indique que le pH est supérieur à 7 avec une moyenne de 7.9 sol peu alcalin, caractéristique principale des sols calcaires et des sols salés.

Les cations de la solution du sol

Selon la **figure 69**, le cation Na^+ est le plus élevé avec un taux moyen de 48% et une concentration qui varie entre 14.08 meq/l et 62.44 meq/l suivi par le Mg^{++} avec un taux de 40% avec des teneurs qui varient entre 16.4 meq/l et 48.8 meq/l. La concentration de Ca^{++} est moins importante que celle du Cl et Mg avec un taux de 9 % et des teneurs qui varient entre 0.6 meq/l et 15 meq/l, alors que la concentration de K^+ est la plus faible comparativement aux autres cation analysés avec un taux de 3%, et des teneurs qui varient entre 0.54 meq/l et 3.20meq/l.

De ce fait, le classement des cations est de type : $\text{Na}^+ > \text{Mg}^{++} > \text{Ca}^{++} > \text{K}^+$

Les anions de la solution du sol

Selon la **figure 70**, l'anion Cl^- est le plus élevé avec un taux moyen de 77% et une concentration qui varie entre 38meq/l et 83 meq/l. La concentration de SO_4^- est faible avec un taux de 20% et avec des teneurs qui varient entre 16.03 meq/l et 19.17 meq/l. La concentration HCO^{-3} est la plus faible avec un taux de 3% et des teneurs qui varient entre 2 meq/l et 3 meq/l.

Tableau 20: Statistiques descriptives des paramètres de la solution du sol du profil 4

Paramètres	pH	CE dS. m ⁻¹	Cations (meq.l ⁻¹)				Anions (meq.l ⁻¹)		
			Na ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ⁻⁻	HCO ₃ ⁻
Min	7.66	8.92	14.08	0.6	16.4	0.54	38	16.03	2
Max	9.57	11.65	62.44	15	48.8	3.20	83	19.17	3
Moy	7.98	10.28	37.3	6.8	30.53	2.06	67.33	17.78	2.5
C.V%	4.81	48.72	64.97	10.8	54.33	66.51	37.75	9.07	2

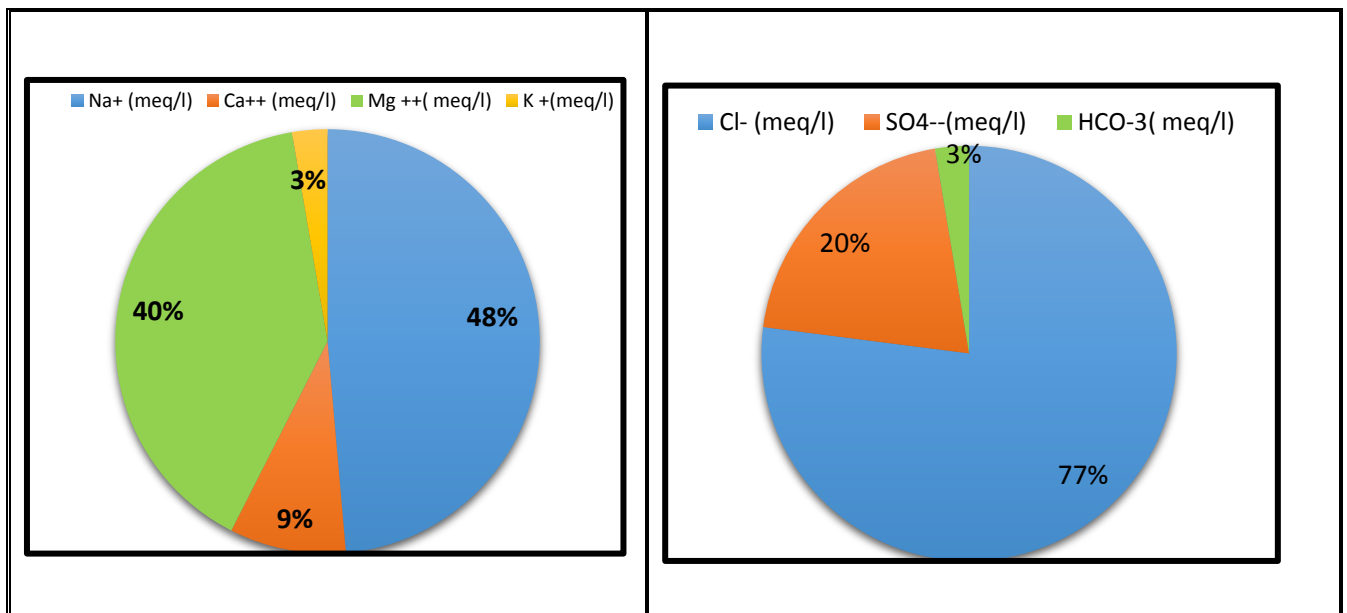


Figure 69: Répartition moyenne des cations dans la solution du sol du profil 4

Figure 70: Répartition moyenne des anions dans la solution du sol du profil 4

5.2. Distribution spatiale de la salinité dans le sol

Les résultats portent sur la conductivité électrique (extrait de la pâte saturée et extrait dilué) des 81 échantillons de sol prélevés, sur trois niveaux de profondeur.

5.2.1. Conductivité électrique de l'extrait de saturation (CEps)

Les valeurs moyennes de la CEps passent de 9.55 dS.m⁻¹ dans le troisième horizon et augmentent progressivement vers l'horizon de surface pour atteindre une valeur de 16.47 dS.m⁻¹. La salinité moyenne de l'horizon (0-60cm) révèle que le profil salin moyen est de type ascendant (**Figure 71**), avec une moyenne de 12.28 dS.m⁻¹.

Les valeurs du coefficient de variation de la CEps sont supérieures à 60 %, au niveau des horizons (0-20cm; 20-40cm; 40-60cm). Ces valeurs expriment une forte variabilité de la salinité en surface et en profondeur. L'horizon (0-60cm) présente un coefficient de variabilité élevé de 77.09 %.

Tableau 21: Les résultats de la CEps en dS/m

Paramètres	CEps (dS.m-1)			
	0-20cm	20- 40cm	40-60 cm	0-60cm
Moyenne	16.47	10.84	9.55	12.28
C.V %	91.13	91.57	67.75	77.09

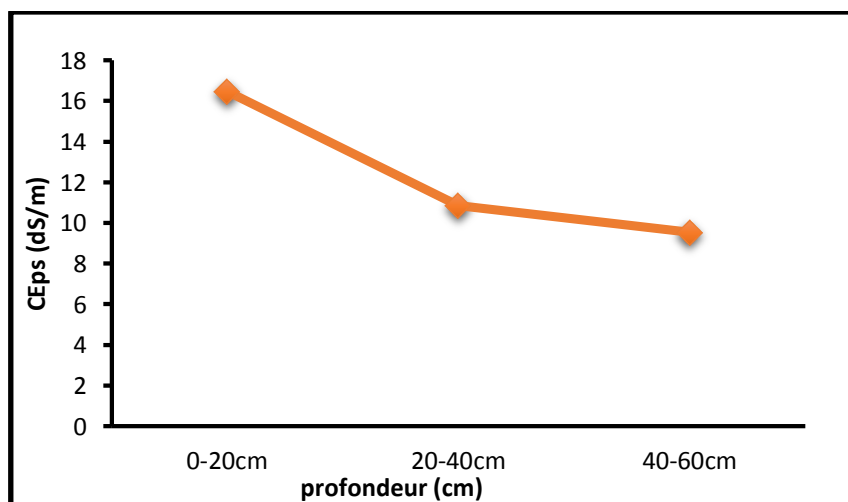


Figure 71: Conductivité électrique du Profil salin moyen des échantillons prélevés (CEps en dS.m⁻¹)

5.2.2. Conductivité électrique de l'extrait dilué (CEd1/5)

Les valeurs moyennes de la CEd passent de 2.67 dS.m^{-1} dans le troisième horizon et augmentent progressivement vers l'horizon de surface pour atteindre une valeur de 3.20 dS.m^{-1} .

Les valeurs du coefficient de variation de la CEd1/5 sont supérieures à 35 %, pour l'horizon (0-20cm). Elles expriment une forte variabilité de la salinité dans ces horizons. Cette variabilité est, cependant, modérée, au niveau des horizons (20-40cm, 40-60cm), qui enregistrent des coefficients de variation, respectivement, de l'ordre de 27.77 %, 18.70%. La valeur moyenne de la CEd1/5 du profil est de 2.88 dS.m^{-1} (Tableau 23).

Tableau 22: Résultats statistiques de la CEd 1/5

Paramètres	CEd (dS.m-1)			
	0-20cm	20- 40cm	40-60 cm	0-60cm
Moyenne	3.20	2.77	2.67	2.88
C.V %	43.33	27.77	18.70	30.72

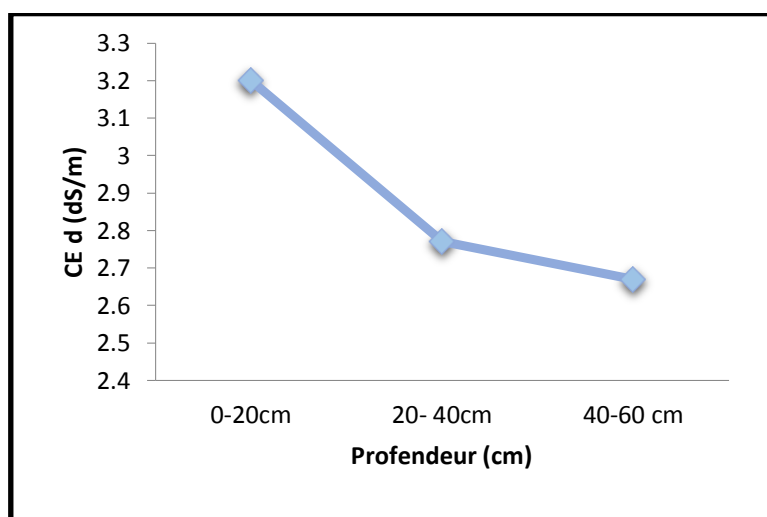


Figure 72: La conductivité électrique du profil salin moyen des échantillons prélevés (CEd en dS.m^{-1})

La salinité moyenne de l'horizon (0-60cm) révèle que le profil salin moyen est de type ascendant (Figure 72), avec une moyenne de 2.88 dS.m^{-1} . Les valeurs du coefficient de variation de la CE_d sont supérieures à 18.7 %, au niveau des horizons (0-20cm; 20-40cm; 40-60cm). L'horizon (0-60cm) présente un coefficient de variabilité élevé de 30.72 %.

L'analyse corrélative entre les valeurs de la conductivité électrique de l'extrait de la pâte saturée (CEps) et celles de l'extrait dilué (CEd1/5), montre une bonne corrélation ($R^2 > 0.9$) qui est statistiquement hautement significative (**Figure 73**).

La relation entre les deux conductivités peut s'écrire de cette façon :

$$CEps \text{ (dS.m-1)} = 13.02 * CEd1/5 - 25.32 \text{ (R}^2=0.91)$$

Avec :

CEps : conductivité électrique de l'extrait de pâte saturée en dS.m-1 à 25°C ;

CEd1/5 : conductivité électrique de l'extrait dilué 1/5 en dS.m-1 à 25°C.

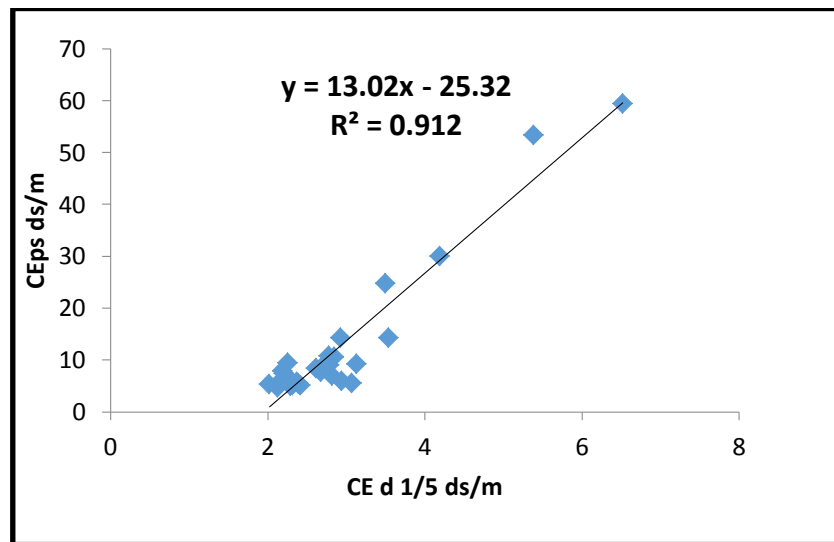


Figure 73: Corrélation entre CEd1/5 et Ceps

5.2.3. Distribution de la salinité du sol et les eaux d'irrigations du Nord au Sud

En premier temps les résultats portent sur la conductivité électrique de trois profils salins moyens distribués du nord au sud et en deuxième temps la conductivité électrique des eaux d'irrigation dans le même sens afin d'étudier les variations du niveau de la salinité du sud au nord.

❖ Distribution de la salinité de l'horizon de surface (0-20cm)

Les valeurs minimales de la CEps de l'horizon de surface (0-20cm) sont observées dans la partie nord de la parcelle, elles sont de l'ordre de 13.06 à 14.03 dS.m⁻¹. Par contre les valeurs maximales, sont situées au sud de la parcelle, varient de 18.18 à 19.36 dS.m-1

❖ Distribution de la salinité de l'horizon (20-40cm)

Pour l'horizon (20-40cm), les valeurs minimales de la CEps sont de 4.23 à 8.64 dS.m⁻¹, dans le nord de la parcelle. Par contre les valeurs maximales, sont situées, dans le sud de la parcelle, varient de 9.64 à 17.31 dS.m⁻¹

❖ Distribution de la salinité de l'horizon (40-60cm)

Pour l'horizon (40-60cm), les valeurs minimales de la CEps sont de 5.44 à 6.79 dS.m⁻¹, dans le nord de la parcelle. Les valeurs maximales sont de 9.64 à 10.82 dS.m⁻¹, dans le sud.

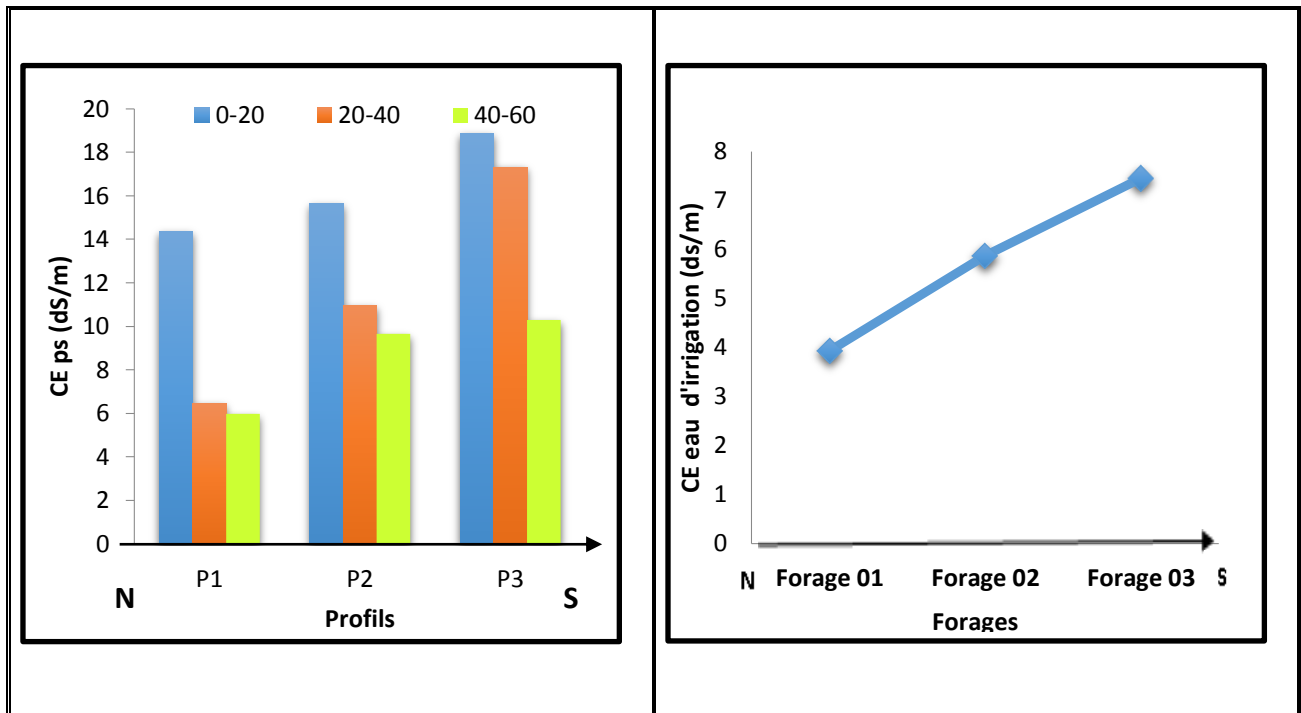


Figure 74: Distribution de la salinité moyenne du nord au sud (CEps en dS.m-1)

Figure 75: Conductivité électrique des eaux d'irrigation du nord au sud

Les valeurs moyennes de la CE_{eau} varient entre (3,93 et 7.80dS/m). Les résultats présentés dans la **figure75** révèlent que les eaux sont très fortement salées et appartiennent aux classes 4 et 5 selon **Durand (1983)**. Ces eaux d'après **Durand (1983)** sont inutilisables normalement pour l'irrigation sauf dans des conditions particulières (sols perméables, bon drainage, un fort lessivage, plantes très tolérantes aux sels).

5.2.4. Distribution de la salinité

A. Distribution de la salinité dans l'horizon de surface (0-20cm)

Les résultats présentés dans la **figure 76** montrent une hétérogénéité de la répartition des différentes classes de salinité au niveau de la parcelle. Les plus fortes concentrations de la salinité sont situées dans la partie sud de la parcelle par contre les plus faibles concentrations sont situées dans la partie nord.

- ❖ **Les sols non salins** ($CE_{psc} < 2 \text{ dS.m}^{-1}$) occupent une faible partie de la parcelle (0,5 ha soit 2% de la superficie totale) et se situent essentiellement au nord-ouest;
- ❖ **Les sols légèrement salins** ($2 \text{ dS.m}^{-1} < CE_{psc} < 4 \text{ dS.m}^{-1}$) occupent 1ha soit 5% de la superficie totale et occupent la partie centrale du nord de la parcelle ;
- ❖ **Les sols salins** ($4 \text{ dS.m}^{-1} < CE_{psc} < 8 \text{ dS.m}^{-1}$) occupent une superficie de 1.75 ha, soit 8% de la superficie totale et occupent la partie nord- est de la parcelle, avec quelques plages dans la partie centrale de la parcelle;
- ❖ **Les sols très salins** ($8 \text{ dS.m}^{-1} < CE_{psc} < 16 \text{ dS.m}^{-1}$) occupent environ la moitié de la parcelle soit 12 ha, soit 56% de la superficie totale. Ils sont concentrés au sud-est jusqu'à la partie centrale de la parcelle avec quelques plages dans la partie de Nord-Ouest de la parcelle;
- ❖ **Les sols extrêmement salins** ($>16 \text{ dS.m}^{-1}$) occupent 6.5ha, soit 29% de la superficie totale, et sont situés au sud -ouest jusqu'à la partie centrale de la parcelle avec quelques plages dans la partie nord-ouest de la parcelle;

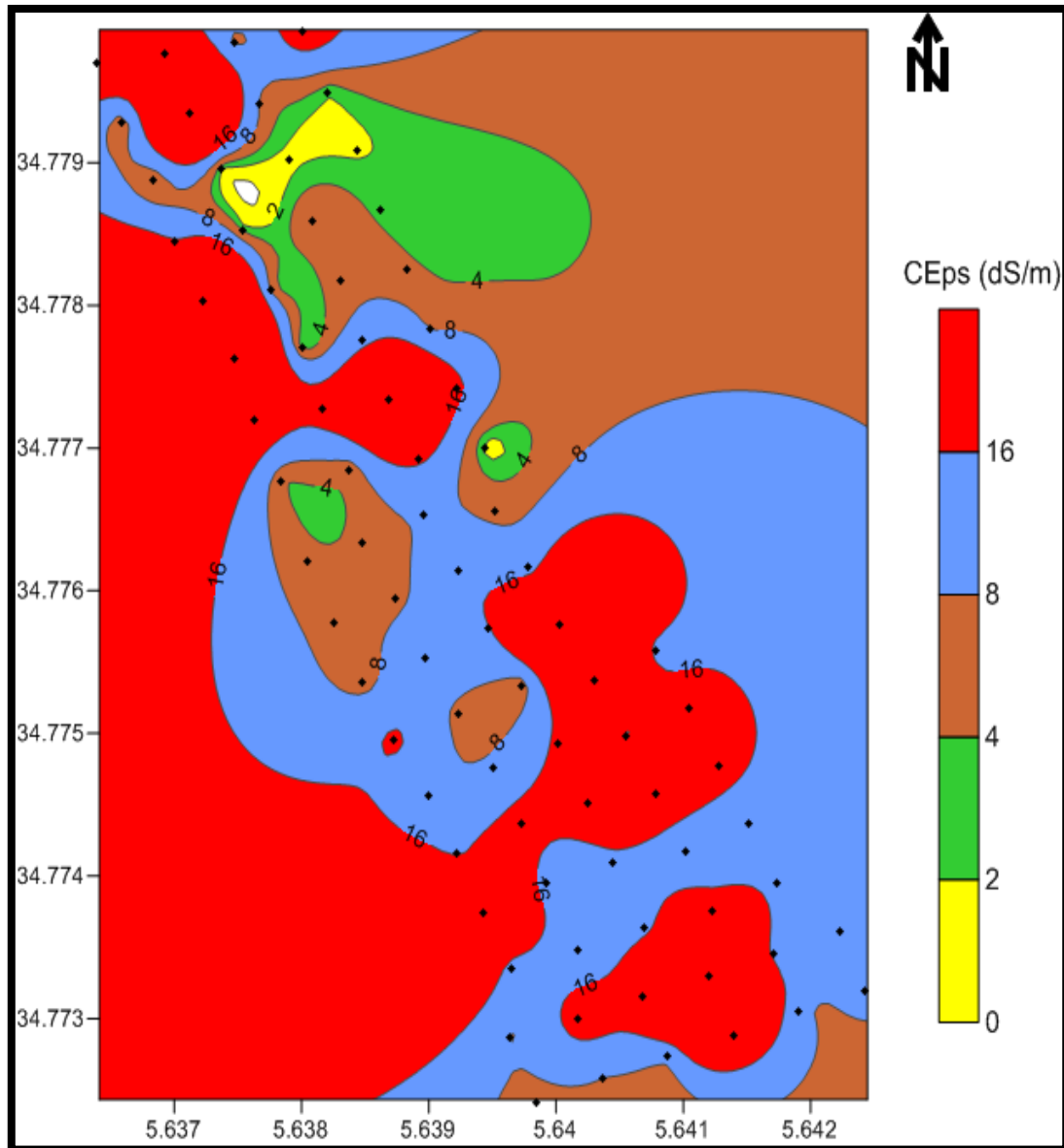


Figure 76: Carte de salinité de l'horizon de surface (0-20cm)

B. Distribution de la salinité dans l'horizon de sub-surface (20-40cm)

Les résultats présentés dans la **figure 77** montrent également une hétérogénéité de la répartition des différentes classes de la salinité au niveau de la parcelle.

- ❖ **Les sols non salins** ($CE_{psc} < 2 \text{ dS.m}^{-1}$) occupent une très faible partie de la parcelle (0,025 ha soit 0.1% de la superficie totale) et se situent essentiellement au nord-ouest;
- ❖ **Les sols légèrement salins** ($2 \text{ dS.m}^{-1} < CE_{psc} < 4 \text{ dS.m}^{-1}$) occupent 1ha soit 5% de la superficie totale et occupent la partie centrale du nord-est de la parcelle ;

- ❖ **Les sols salins** ($4 < CE_{psc} < 8$ dS/m) occupent une superficie représentée par une plage de 3 ha, soit 14% de la superficie totale, située au nord de la parcelle avec quelques plages au sud de la parcelle;
- ❖ **Les sols très salins** ($8 \text{ dS.m}^{-1} < CE_{psc} < 16 \text{ dS.m}^{-1}$) occupent la majeure partie de la parcelle avec 14.04 ha, soit 65% de la superficie totale, ils occupent la partie sud et centre de la parcelle avec quelques plages au nord de la parcelle.
- ❖ **Les sols extrêmement salins** ($>16 \text{ dS.m}^{-1}$) représentent une superficie de 3.5 ha soit 16 % de la superficie totale, ils sont situés au nord -ouest de la parcelle avec quelques plages distribuées au nord et au centre de la parcelle;

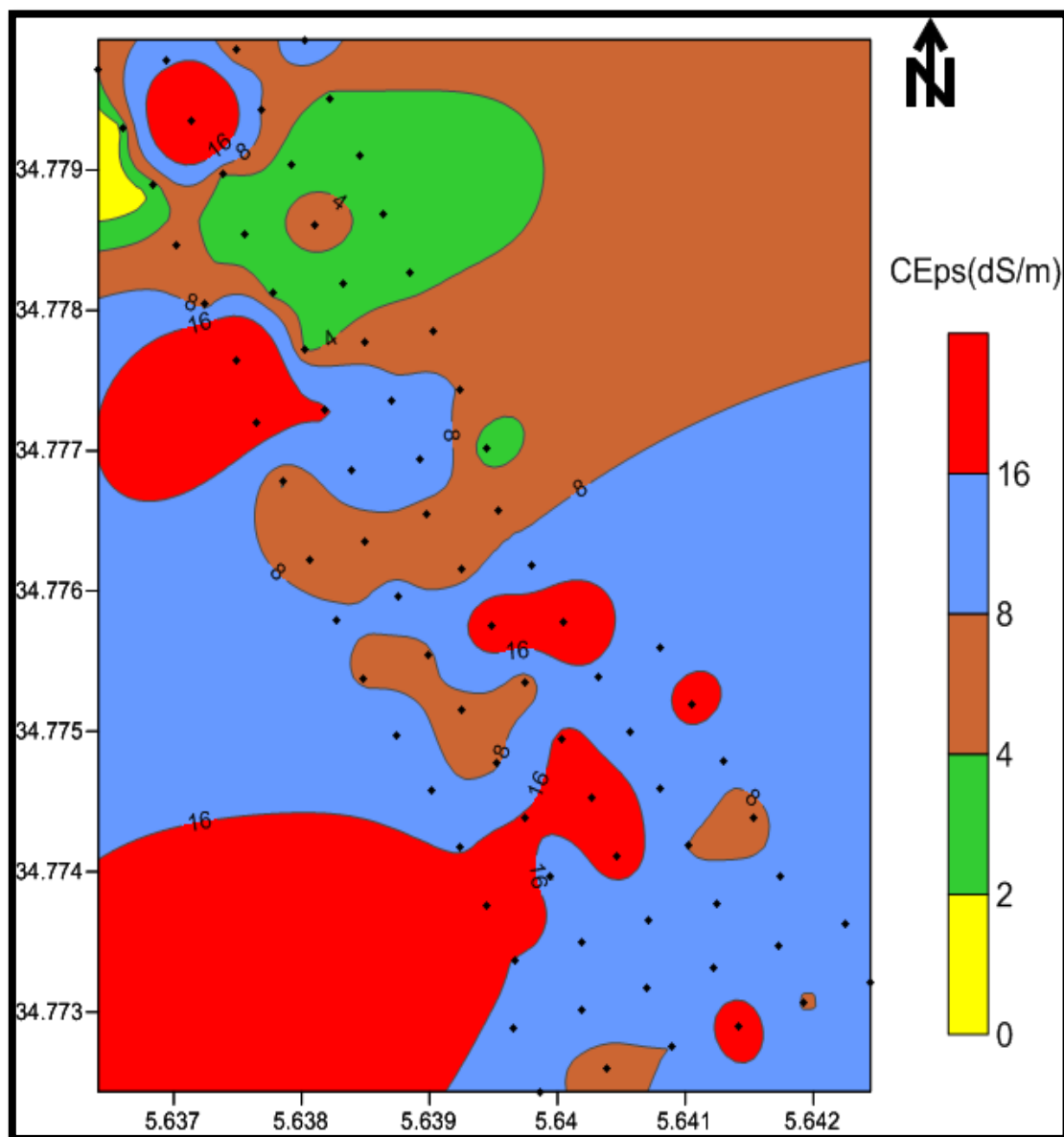


Figure 77: Carte de salinité de l'horizon de sub-surface (20-40cm)

C. Distribution de la salinité dans l'horizon de profondeur (40-60cm)

Les résultats présentés dans la **figure 78** montrent une dominance des sols très salés, au niveau de la parcelle.

- ❖ **Les sols non salins** ($CE_{psc} < 2 \text{ dS.m}^{-1}$) quelques plages au nord de la parcelle;
- ❖ **Les sols légèrement salins** ($2 \text{ dS.m}^{-1} < CEC < 4 \text{ dS.m}^{-1}$) occupent une partie peu importante (1Ha soit 5% de la superficie totale) et localisés essentiellement dans la partie nord-est de la parcelle ;
- ❖ **Les sols salins** ($4 \text{ dS.m}^{-1} < CE_{psc} < 8 \text{ dS.m}^{-1}$) occupent une bonne partie de la zone avec 4.25Ha soit 20% de la superficie totale et se situent au nord de la zone et s'étalent sur le milieu de la zone ;
- ❖ **Les sols très salins** ($8 \text{ dS.m}^{-1} < CE_{psc} < 16 \text{ dS.m}^{-1}$) occupent la majeure partie de la parcelle et représentent 74 % de la superficie totale, soit 16Ha, et sont situés au sud et s'étalent au centre de la parcelle
- ❖ **Les sols extrêmement salins** ($>16 \text{ dS.m}^{-1}$) très peu représenté occupent 0.25 Ha, soit 1% de la superficie totale, et sont concentrés au sud-ouest de la parcelle;

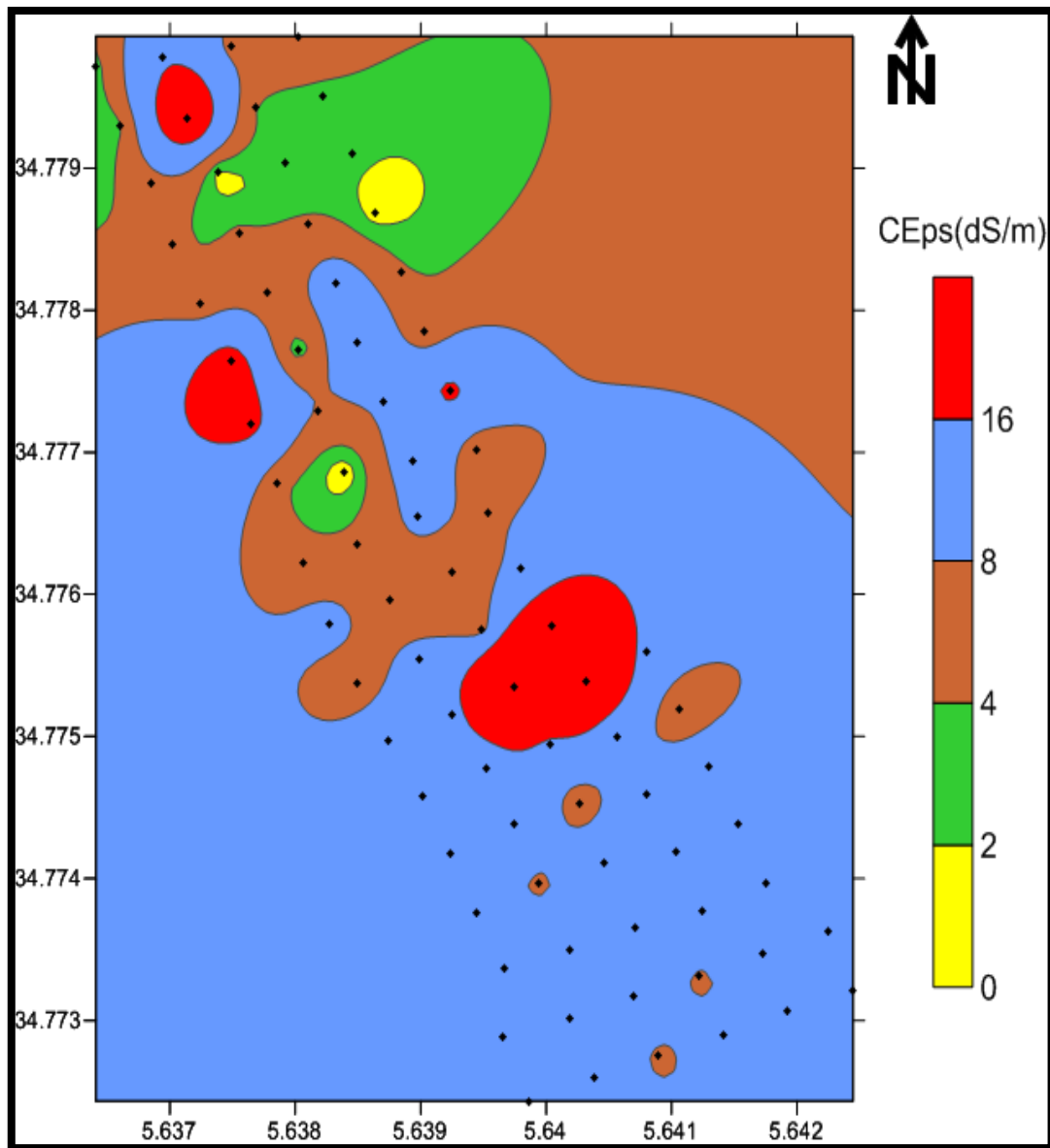


Figure 78: Carte de salinité de l'horizon de profondeur (40-60cm)

5.3. Fertilisation phospho-potassique du palmier dattier

Les résultats obtenus portent sur les paramètres physico-chimiques des dattes de 54 palmiers prélevés, au cours de deux campagnes, 2015/2016 et 2016/2017

5.3.1. Mesures biométriques des dattes

A. Le poids des dattes

Les résultats présentés dans la **figure 80** indiquent que le poids moyen du fruit a augmenté pour la plupart des traitements par rapport au témoin T1. Généralement, en première saison le poids des dattes varient entre 7.92 et 9.35g dans le site S1 et entre 7.59 et 9.39g dans le site S2 avec une moyenne de 8.71 et 8.40g dans le S1 et S2 successivement. En deuxième année le poids des dattes oscille entre 8.06 et 11.98g dans le site S1 et entre 8.23 et 13.54g dans le site S2 avec une moyenne de 10.52 et 11.91g dans le site S1 et site S2 successivement

Cependant, le palmier traité par les traitements T5 (2kg K/1kg P) a donné le poids des fruits le plus élevé dans le site S1, également le traitement T8 (3kg K/1kg P), au site S2 dans les deux saisons d'étude. À cet égard, les palmiers témoins T1 ont enregistré la valeur la plus basse. Les résultats obtenus montrent que la variation du poids des dattes entre les deux saisons d'étude et les deux sites S1 et S2 est hautement significative (**Tableau 8, annexe2**).

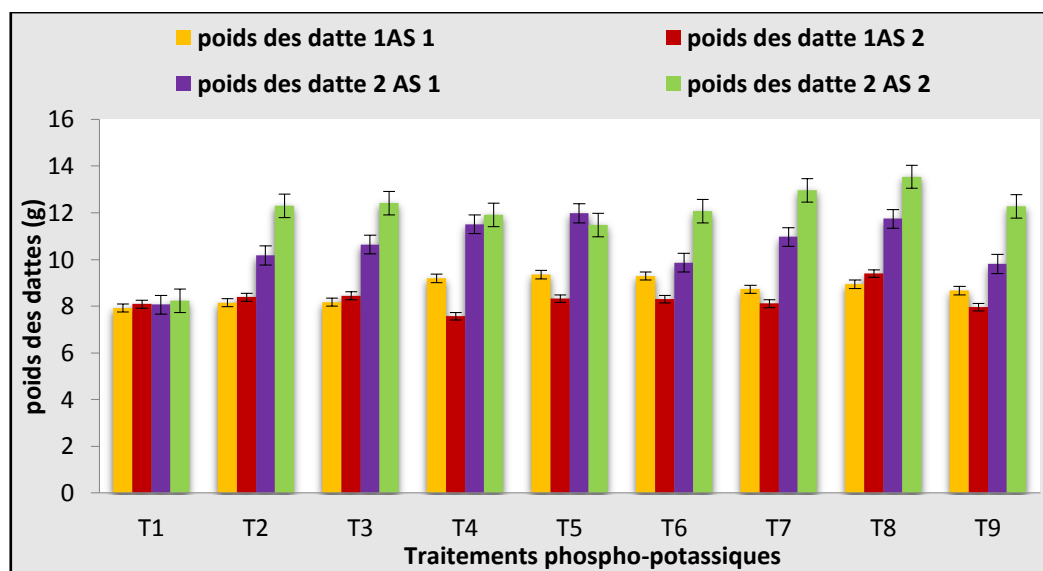


Figure 80: Poids des dattes dans les deux saisons d'étude

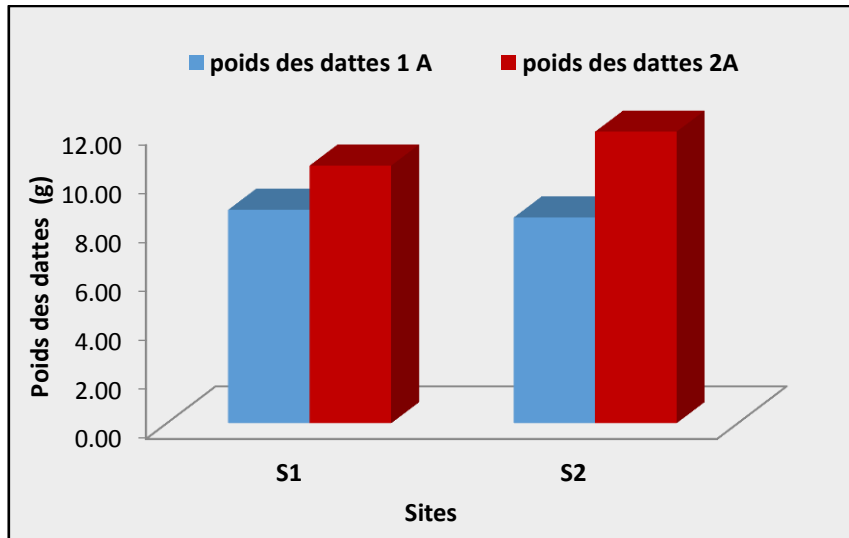


Figure 81: La variation du poids des dattes dans les deux sites.

La **figure 81** indique que, l'accroissement de la CE du sol réduit le poids des dattes. Le poids des dattes pesées en première année est supérieure dans la CE > 16 ds/m. Par contre dans la deuxième année le poids des dattes augmente progressivement et atteint le maximum dans le site 2.

B. Longueur des dattes

Les traitements durant les deux saisons d'étude ont un effet positif sur la longueur du fruit. Elle varie entre 3.57 et 3.84 cm dans le site S1 et entre 3.45 et 3.83 cm dans le site S2 avec une moyenne de 3.70 cm dans les deux sites. La longueur des dattes durant la deuxième année oscille entre 3.45 et 4.12 cm dans le site S1 et entre 3.67 et 4.19 cm dans le site S2 avec une moyenne de 3.87 et 4.05 cm dans les sites S1 et S2 successivement (**figure 82**).

Au cours de la première saison, les meilleurs résultats ont été obtenu par T5 (2kg K/1kg P) et T4 (2kg K/0kg P) dans le site S1 et par T4 dans le site S2 tandis que dans la deuxième saison, les traitements T5 et T8 (3kg K/1kg P) ont donné les fruits les plus longs par rapport au témoin T1 qui a donné des fruits plus courts dans le site S1 et S2 successivement. Les résultats obtenus montrent que la variation de la longueur des dattes entre les deux saisons et les deux sites est hautement significative (**Tableau 8, annexe 2**).

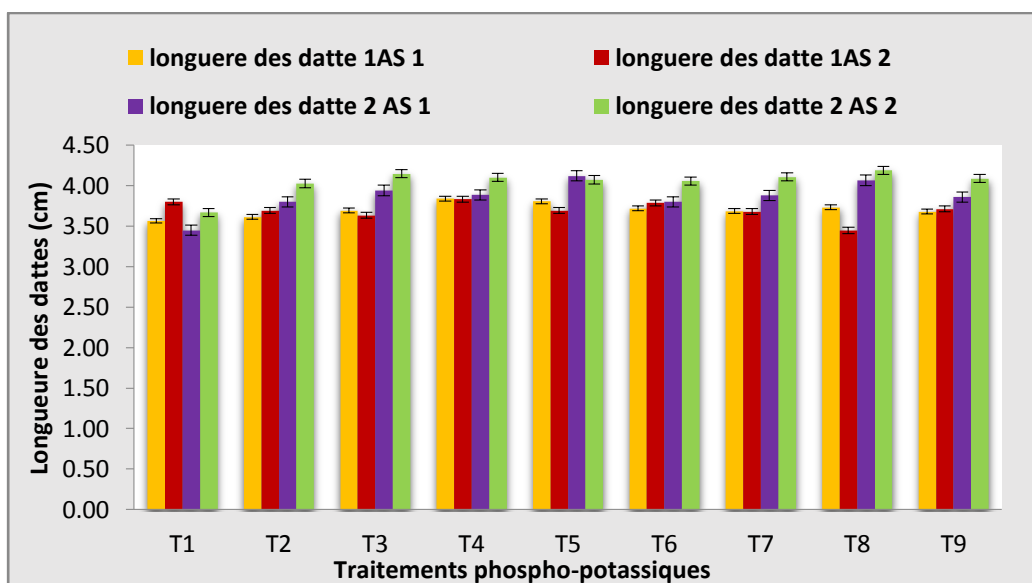


Figure 82: Longueur des dattes dans les deux saisons d'étude.

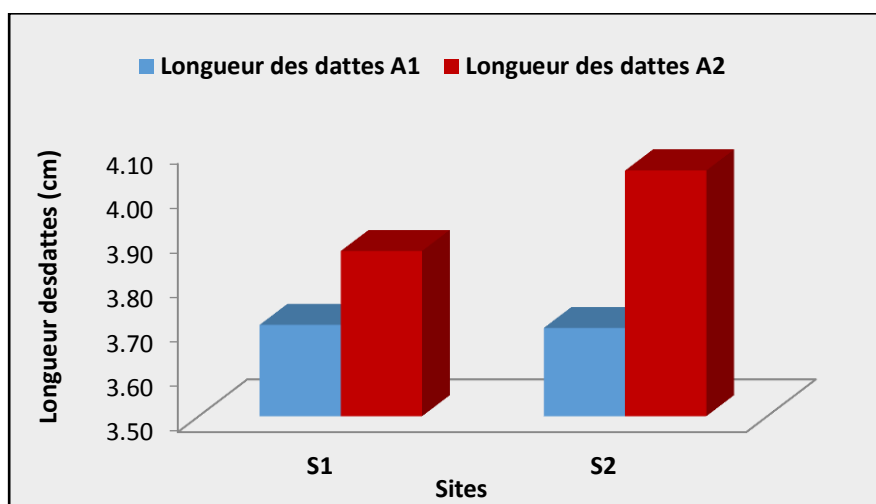


Figure 83: Variation de la longueur des dattes dans les deux sites

La longueur des dattes en première année est presque stable dans les deux sites. Par contre durant la deuxième année la longueur des dattes est largement supérieure dans le site S2 comparativement au site S1 (Figure 83).

C. Diamètre des dattes

Les résultats obtenus révèlent que le diamètre du fruit varie entre 1.47 et 1.53cm dans le site 1et entre 1.45 et 1.60 cm dans le site S2 avec une moyenne de 1.51 et 1.53 cm dans le site S1 et S2 successivement. En deuxième année le diamètre des dattes oscille entre 1.29 et 1.93 cm dans le site S1et entre 1.49 et 1.91cm dans le site S2 avec une moyenne 1.68 et 1.79 cm dans les sites S1 et S2 successivement (Figure 84).

Au cours de la première saison, les meilleurs résultats ont été obtenus à partir de T4 (2kg K/0kg P), T6 (2kg K/2kg P) et T8 (3kg K/1kg P) avec 1.53 cm dans le site S1 et par T4 dans le site S2 tandis que dans la deuxième saison, le diamètre des dattes augmente pour les traitements T5 (2kg K/1kg P) et T8 où on enregistre les valeurs les plus élevées par rapport au témoin. Les résultats obtenus montrent que la variation du diamètre des dattes entre les deux saisons et les deux sites S1 et S2 est hautement significative (**Tableau 8 annexe 2**).

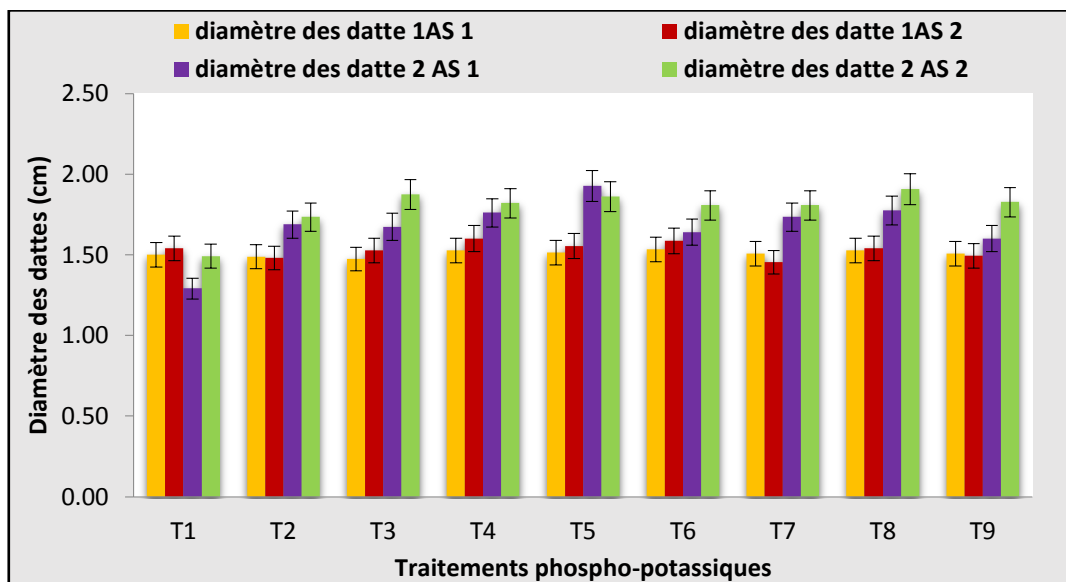


Figure 84: Diamètre des dattes dans les deux saisons d'étude.

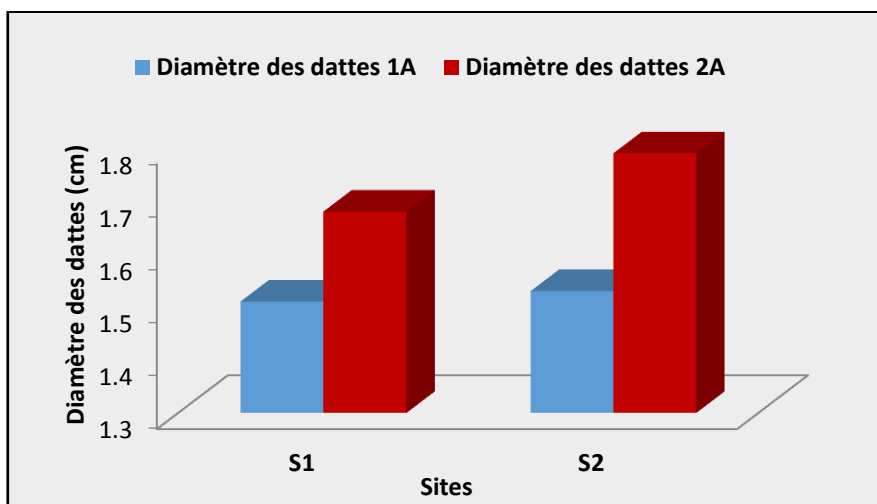


Figure 85: Variation du diamètre des dattes dans les deux sites

D. Poids du noyau de la datte

Les résultats obtenus indiquent que le poids du noyau du fruit est affecté par les traitements. Il varie entre 0.79 et 0.89 g dans le site S1 et entre 0.77 et 0.87 dans le site S2 avec une moyenne 0.84 et 0.82 g dans les sites S1 et S2 successivement. En deuxième année le

poids oscille entre 0.75 et 0.96 g dans le site S1 et entre 0.74 et 1.10g dans le site S2 avec une moyenne 0.89 et 0.96 g dans les sites S1 et S2 successivement (**figure 86**).

Au cours de la première saison, les meilleurs résultats ont été obtenus par T7 (3kg K/0kg P) dans le site S1 et par T6 (2kg K/2kg P) dans le site S2, tandis que dans la deuxième saison, les traitements T3 (0kg K/2kg P) et T8 (3kg K/1kg P) dans le site S1 et T7 (3kg K/0kg P) dans le site S2 ont un effet significatif par rapport au témoin sur le noyau du fruit T1. Les résultats obtenus montrent que le poids du noyau des dattes est affecté de manière significative par les traitements (**Tableau 8, annexe 2**)

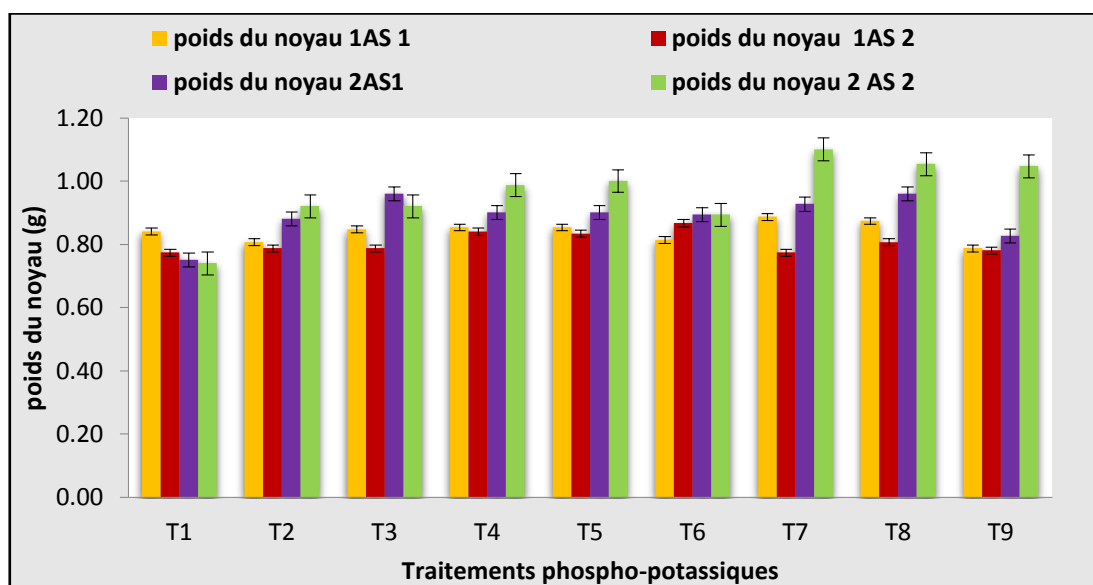


Figure 86 : Poids du noyau des dattes dans les deux saisons d'étude.

Les résultats présents dans la **figure 87** montrent que le poids du noyau en première année est supérieur dans le site S1. Par contre le poids du noyau du fruit en deuxième saison augmente significativement dans le site S2 par rapport au site S1, pour atteindre une valeur importante de 0.96 g du noyau du fruit. (**Tableau 8, annexe 2**).

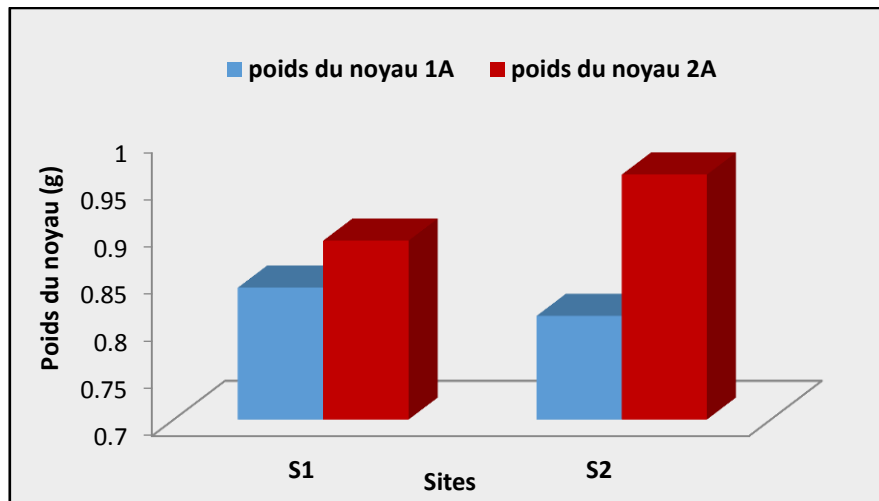


Figure 87: Variation du poids du noyau dans les deux sites.

5.3.2. Les paramètres biochimiques

A. Le taux des sucres totaux

Les résultats trouvés révèlent que le taux de sucres totaux contenu dans les fruits varie entre 62.53 et 73.05% dans le site S1 et entre 62.50 et 73.70% dans le site S2 avec une moyenne de 68.98 et 68.21% dans le site S1 et S2 successivement. Le taux des sucres totaux durant la deuxième année oscille entre 68.20 et 75.89% dans le site S1 et entre 65.98 et 74.84% dans le site S2 avec une moyenne 71.28 et 69.12% dans les sites S1 et S2 successivement (Figure 88 & 89)

Les meilleurs résultats durant la première saison ont été obtenus par les traitements T3 (0kg K/1kg P) et T7 (3kg K/0kg P) dans les sites S1 et S2 successivement. Par contre durant la deuxième saison, les traitements T5 (2kg K/1kg P) et T8 (3kg K/1kg P) ont enregistré les valeurs les plus élevées par rapport au témoin et aux autres traitements. Les résultats obtenus montrent que la variation du taux de sucre totaux des dattes entre les deux saisons d'étude et les deux sites S1 et S2 est non significative (Tableau 8, annexe2).

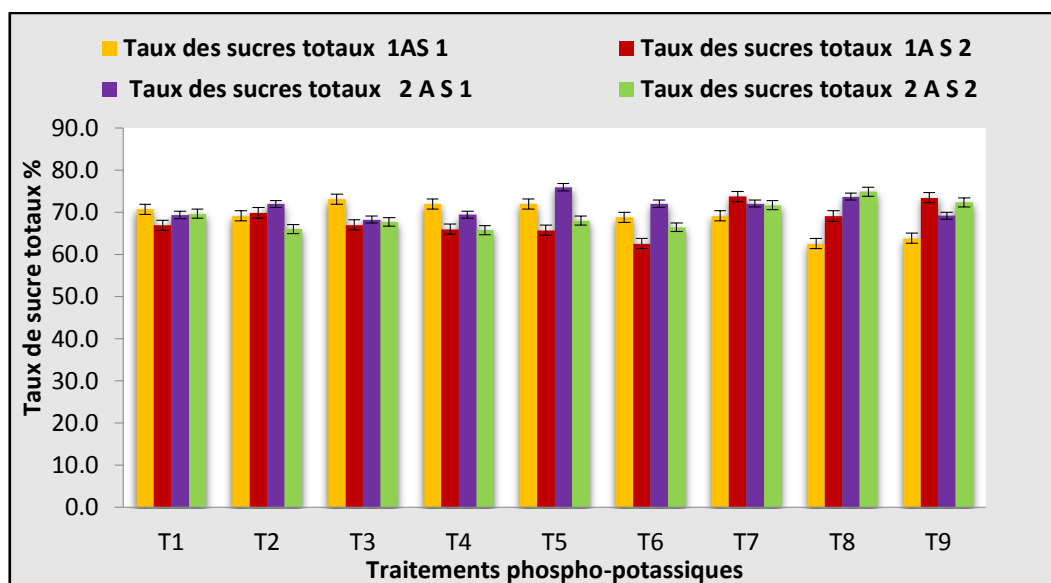


Figure 88: Taux de sucres totaux des dattes dans les deux saisons d'étude.

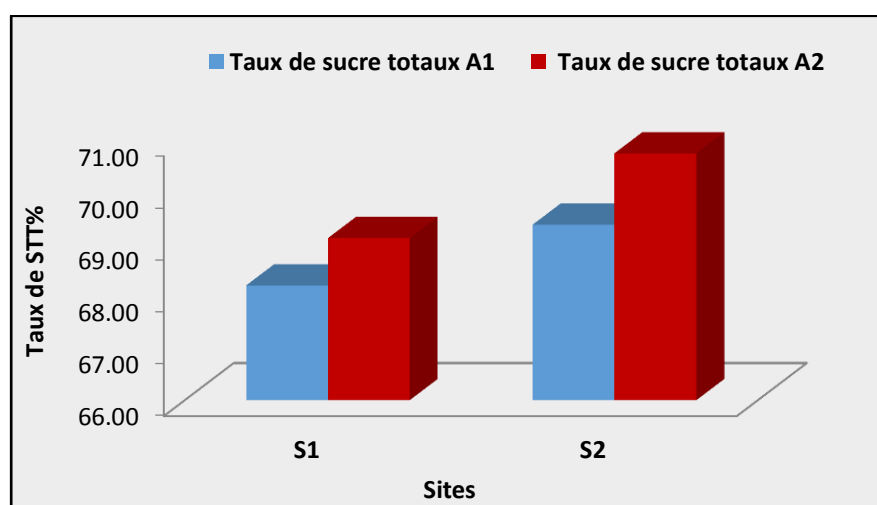


Figure 89: Variation de sucres totaux dans les deux sites.

B. Le taux de sucre réducteur

Le taux de sucre réducteur contenu dans les fruits varie entre 20.87 et 48.54% dans le site S1 et entre 15.39 et 48.43% dans le site S2 avec une moyenne 30.37 et 33.26% dans le site S1 et S2 successivement. Durant la deuxième année le taux de sucre réducteur oscille entre 24.08 et 55.44% dans le site S1 et entre 27.04 et 54.64% dans le site S2 avec une moyenne 38.62 et 38.19% dans les sites S1 et S2 successivement (**Figures 90 et 92**).

Les meilleurs résultats durant la première année ont été obtenus par le T7 (3kg K/0kg P) avec 48.54% dans le site S1 et 48.43% dans le site S2. Par contre dans la deuxième saison, les traitements T5 (2kg K/1kg P) et T8 (3kg K/1kgP) ont enregistré la valeur la plus élevée dans les deux sites S1 et S2 par rapport au témoin et aux autres traitements. La variation du

taux de sucre réducteur des dattes entre les deux saisons et les deux sites est non significative (tableau12, annexe1).

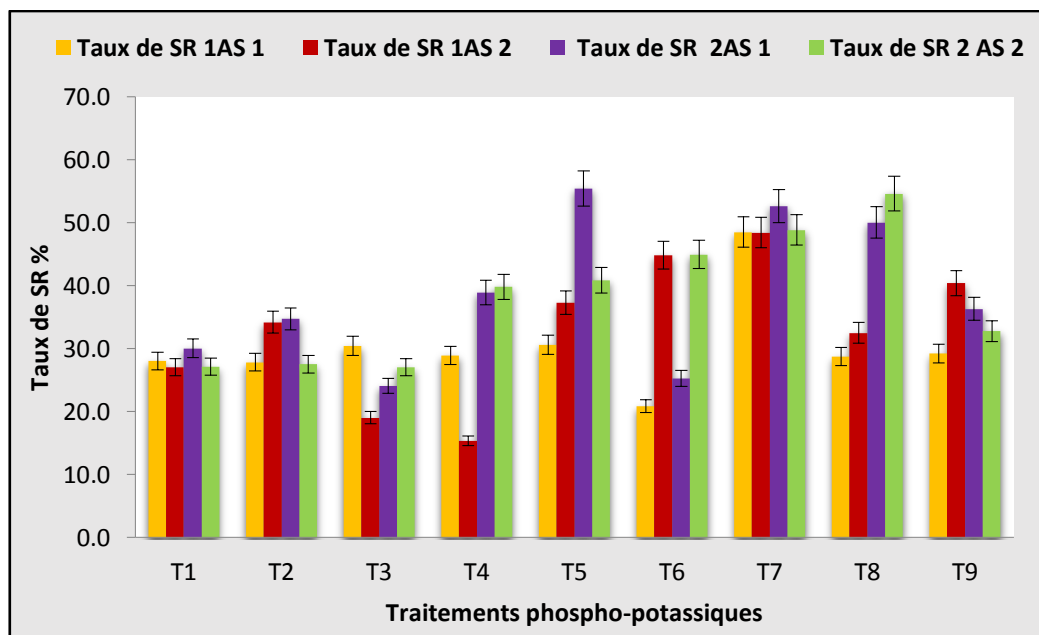


Figure 90: Taux de sucre réducteur des dattes dans les deux saisons d'étude

C. Le taux de sucre non réducteur

Le taux de sucre non réducteur contenu dans les fruits varie entre 20.55 et 47.87% dans le site S1 et entre 17.64 et 50.56% dans le site S2 avec une moyenne 38.61 et 34.95% dans le site S1 et S2 successivement. Durant la deuxième année le taux de sucre non réducteur oscille entre 19.33 et 46.71% dans le site S1 et entre 20.20 et 42.49% dans le site S2 avec une moyenne 32.59 et 30.93% dans les sites S1 et S2 successivement (Figures 91 et 92).

Les meilleurs résultats durant la première année ont été obtenus pour le traitement T6 (2kg K/2kg P) avec 47.87% dans le site S1 et pour le traitement T4 (2kg K/0kg P) dans le site S2. Durant la deuxième saison, les traitements T6 (2kg K/2kg P) et T3 (0kg K/2kgP) ont enregistré la valeur la plus élevée dans les deux sites S1 et S2 par rapport aux autres traitements. La variation du taux de sucre non réducteur des dattes entre les deux saisons et les deux sites est non significative (tableau 8, annexe2)

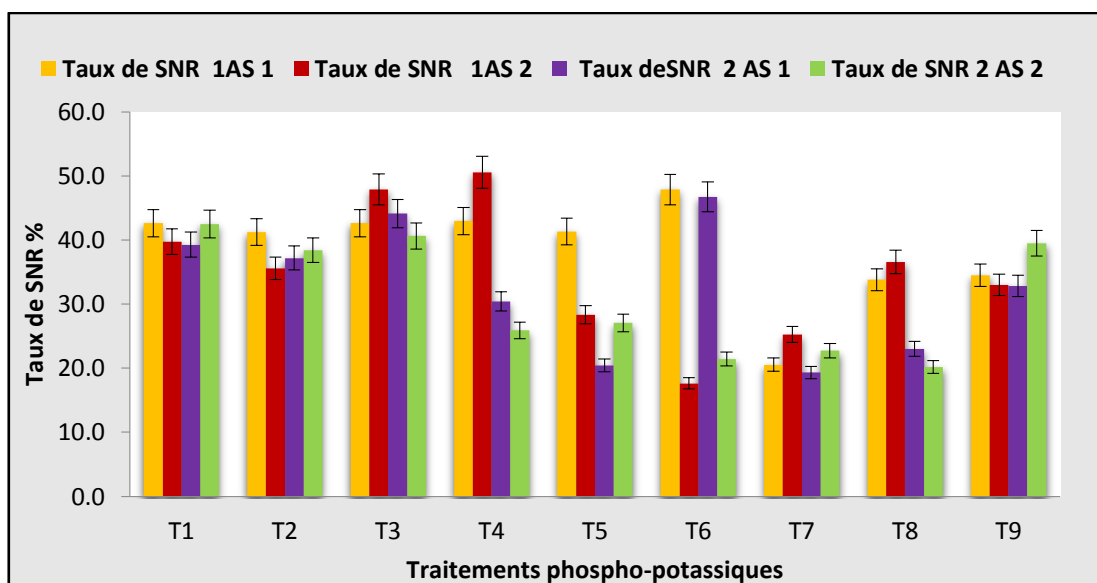


Figure 91: Taux de sucre non réducteur des dattes dans les deux saisons d'étude

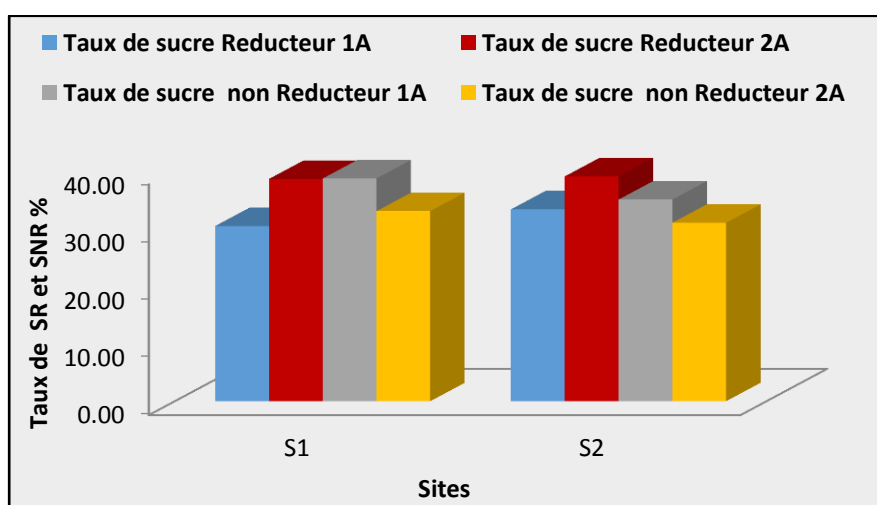


Figure 92: La variation de taux de sucre réducteur et non réducteur dans les deux sites

D. Acidité

Les résultats obtenus révèlent que le taux moyen d'acidité des dattes durant la première année est largement supérieur dans le site S2 comparativement au site S1 avec des moyennes de 5.74 et 7.08 meq/100g pour les sites S1 et S2 successivement. Le taux moyen d'acidité des dattes diminue légèrement durant la deuxième année par rapport à la première année avec des moyennes de 5.02 et 5.44 meq/100g dans les sites S1 et S2 successivement. La variation de l'acidité entre les deux saisons et les deux sites S1 et S2 est non significative (**Figures 93 et 94**).

Les meilleurs résultats durant la première année ont été obtenus pour les traitements T4 (2kg K/0kg P) avec 6.53 meq/100g dans le site S1 et par le traitement T6 (2kg K/2kg P) avec

des moyennes 7.67 meq/100g dans le site S2. Par contre durant la deuxième saison, les traitements T7 (3kg K/0kg P) et T6 (2kg K/2kg P) ont enregistré les valeurs les plus élevées par rapport au témoin et aux autres traitements avec des moyennes 8.17 et 9.37 meq/100g dans le site S1 et S2.

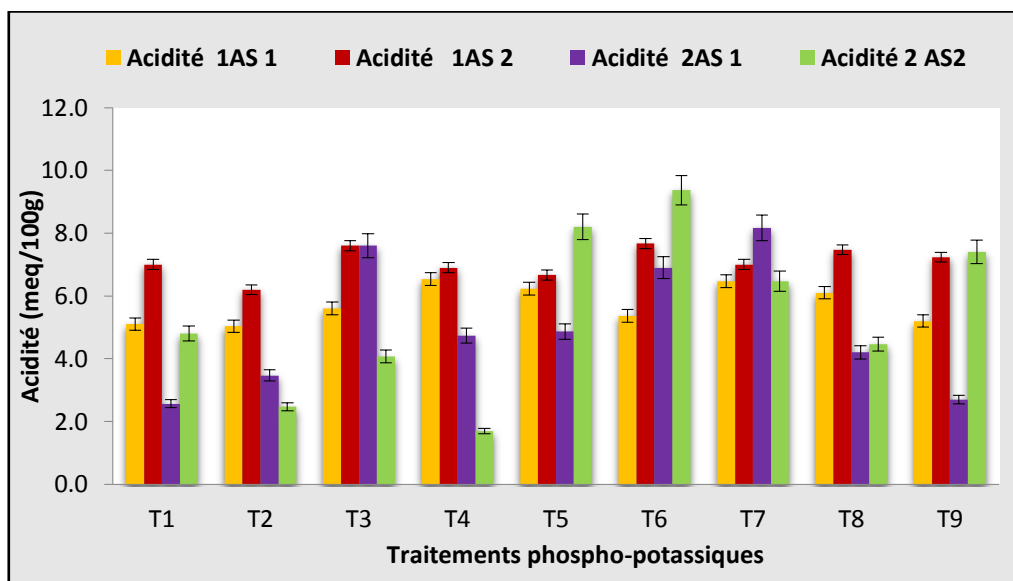


Figure 93: Taux d'acidité des dattes dans les deux saisons d'étude.

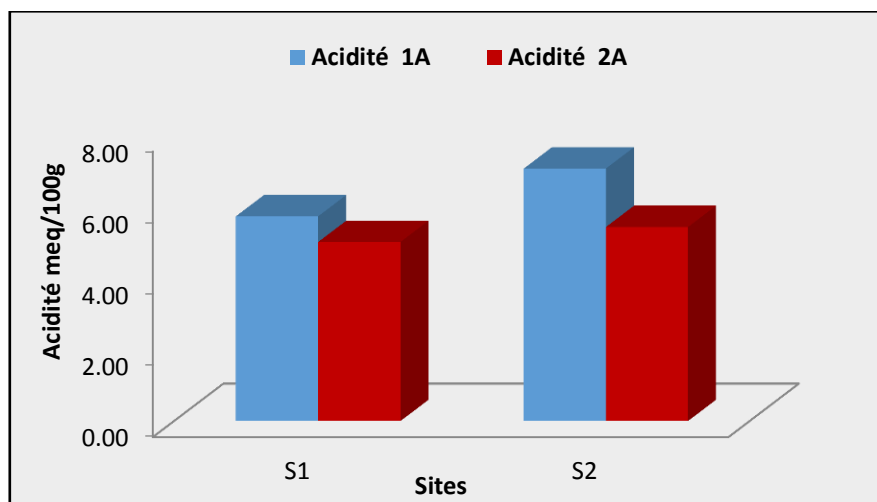


Figure 94: Variation d'acidité des dattes dans les deux sites

E. L'humidité et les éléments minéraux

❖ *L'humidité*

L'humidité est la valeur principale de la qualité des dattes. Les résultats obtenus montrent une augmentation de la teneur en eau dans les fruits de la deuxième année. Cela montre que l'effet de la fertilisation minérale sur les palmiers sera plus évident à partir de la deuxième année (Figure 95).

Le taux élevé de la teneur en eau est enregistré au niveau de site S2 durant la deuxième année avec une moyenne de 25.74% (compris entre 24.00 et 30,67 %) suivi par le site S1 avec une moyenne de 25.63% (de 22.00 à 30.65%). Les valeurs de l'humidité les plus faibles sont obtenus durant la première année au niveau de deux sites avec une moyenne de 9.16 et 10.70% au site S1 et S2 successivement (**Figure 96**)

En général, les moyennes de l'humidité des dattes après l'apport de quantités équilibrées des éléments fertilisants présentent une variation très importante. La variation de la teneur en eau entre les deux saisons et les deux sites S1 et S2 est hautement significative.

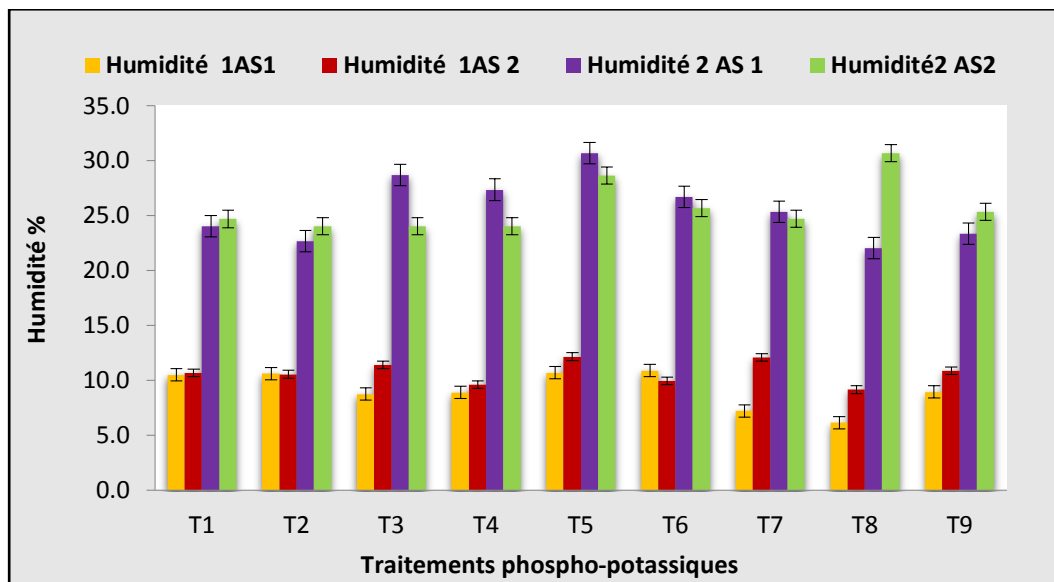


Figure 95: Teneur des dattes en eau dans les deux saisons d'étude

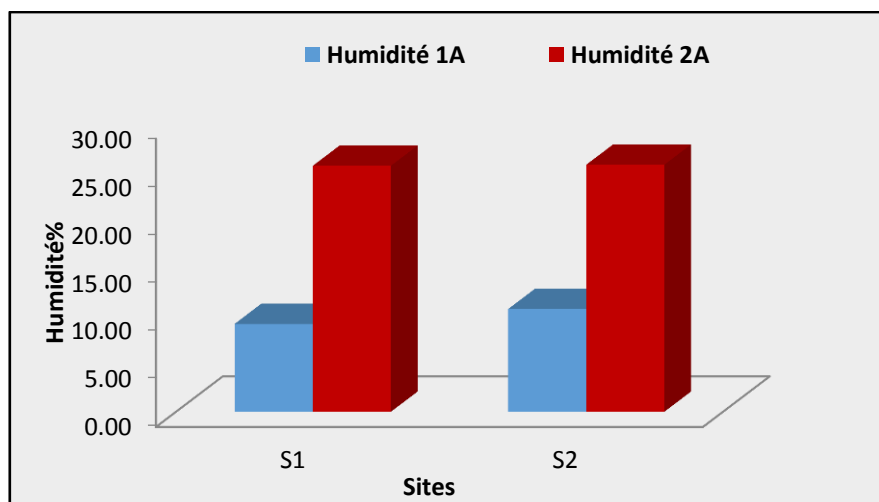


Figure 96: Variation de l'humidité dans les deux sites

i. Les éléments minéraux

❖ **Le phosphore**

Les résultats obtenus indiquent une augmentation de la concentration du phosphore contenu dans les dattes durant la deuxième saison comparativement à celle de la première année. La concentration du phosphore durant la première saison varie entre 0.26 et 0.34% dans le site S1 et entre 0.14 et 0.44% dans le site S2 avec une moyenne 0.29% dans les deux sites. La concentration du phosphore durant la deuxième année augmente et oscille entre 0.44 et 0.65% dans le site S1 et entre 0.50 et 0.57% dans le site S2 avec une moyenne 0.52 et 0.54% dans les sites S1 et S2 successivement.

Les meilleurs résultats ont été obtenus pour le traitement T5 dans le site S1 et pour le traitement T6 dans le site S2, durant la première saison. Les traitements T7 dans le site S1 et T7 et T9 dans le site S2 ont donné les fruits les plus riches en phosphore par rapport au témoin et aux autres traitements durant la deuxième saison. La variation du taux de phosphore entre les deux saisons d'étude est significative (**Figures 97 et 98**).

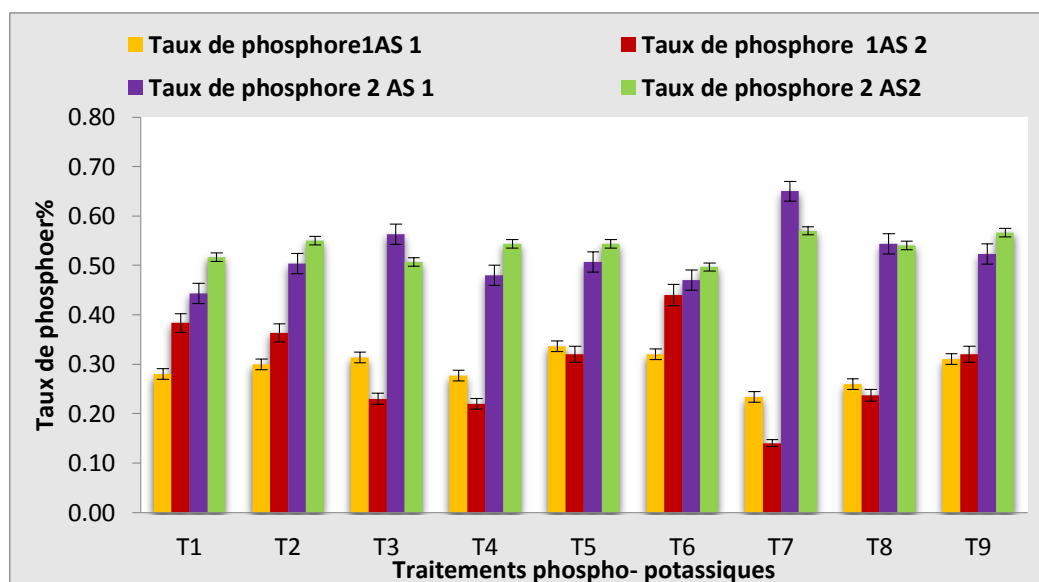


Figure 97: Taux de phosphore des dattes dans les deux saisons d'étude.

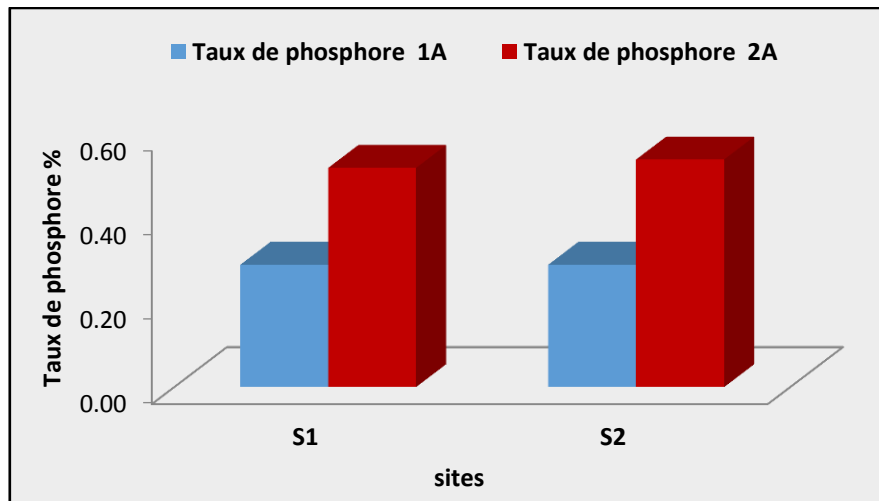


Figure 98: Variation de taux de phosphore dans les deux sites

❖ Potassium

Les résultats de l'analyse du potassium montrent une réduction significative du taux de potassium dans les fruits de la deuxième saison en comparaison avec la première année dans les deux sites. Le taux moyen de potassium durant la première année varie entre 0.92% et 1.20% dans le site S1 et entre 0.67% et 1.35% dans le site S2 successivement, par contre durant la deuxième saison le taux moyen diminue pour atteindre 0.48 et 0.43% dans les deux sites S1 et S2 successivement.

Les meilleurs résultats durant la première année ont été obtenus pour les traitements T7 dans le site S1 et T8 dans le site S2. Par contre durant la deuxième saison, les traitements T7 et T4 dans le site S1 et le traitement T3 dans le site S2 ont donné les fruits les plus riches en potassium par rapport au témoin et aux autres traitements (**Figures 99 et 100**). La variation du taux de potassium entre les deux saisons d'étude et les deux sites S1 et S2 est non significative (**Tableaux 8, annexe 2**).

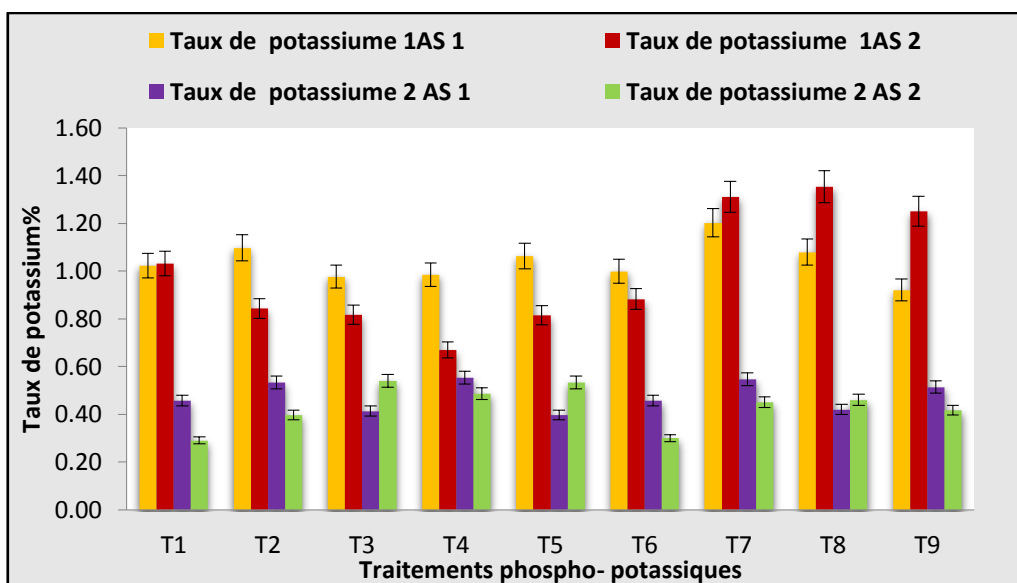


Figure 99: Taux de potassium des dattes dans les deux saisons d'étude

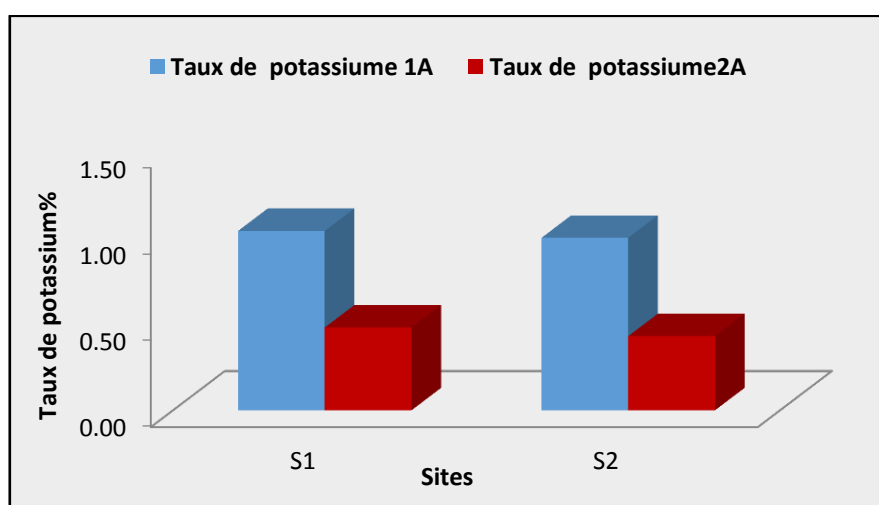


Figure 100: Variation de taux de potassium dans les deux sites

5.3.3. La production quantitative par palmier dattier

Les résultats trouvés montrent que l'effet des traitements appliqués dans les deux saisons sur la production des dattes est significatif. Le rendement durant la première année dans le site S2 est plus élevé comparativement à celui du site S1 avec des moyennes de 77.85 et 92.59 Kg/palmier dans les sites S1 et S2 successivement. Le rendement durant la deuxième année oscille entre 81 et 127 Kg/ dans le site S1 et entre 78.67 et 130 Kg/palmier dans le site S2 avec des moyennes de 95.62 et 101.77 dans le site S1 et site S2 successivement. Le rendement des dattes durant la deuxième année est largement supérieur par rapport à celui de la première année. On note également que le rendement est plus important dans le site S2 en comparaison avec le site S1.

La production la plus élevée durant la première saison est obtenue pour les traitements T2 (0kg K/1kg P) dans le site S1 et le traitement T8 (3kg K/1kg P) dans le site S2. Par contre durant la deuxième année les traitements T5 (2kg K/1kg P) et T8 dans les sites S1 et S2 marquent une production élevée qui varie entre 127 et 130 Kg/ palmier par rapport au témoin et aux autres traitements (Figures 101 et 102)

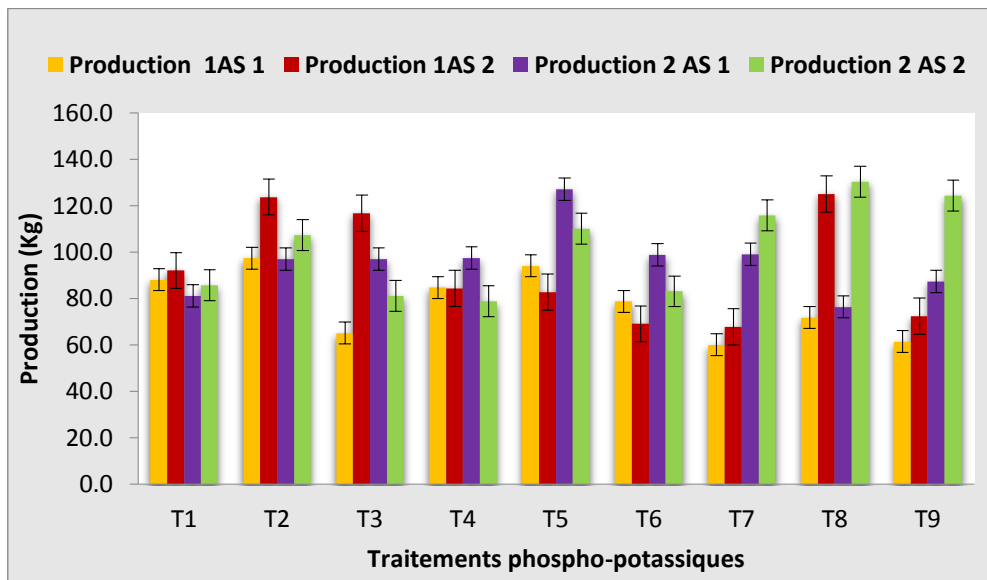


Figure 101: Production des palmiers traités dans les deux saisons d'étude



Figure 102: Variation de la production des palmiers dans les deux sites

5.3.4. Classification des dattes

Les dattes sont classées en trois catégories d'après leur consistance. Celle-ci dépend de la teneur en eau de la pulpe. La stabilité de la datte dépend de la proportion de sucres par rapport

à la teneur en eau (**Munier, 1973**). Le rapport (sucres totaux/eau) appelé aussi indice de qualité ou de dureté (**r**) permet de connaître le degré de stabilité et d'apprécier l'aptitude à la conservation des dattes (**Bouabidi, 1996**)

On distingue :

Les dattes molles : $r < 2$ tel que les variétés : **Menakher, Zaidi,**

Les dattes demi molles : $2 < r < 3.5$ tel que les variétés : **Deglet Nour, Kenta, Tazerzeit**

Les dattes sèches : $r > 3.5$ tel que les variétés : **Mech-dagla, Dagla baida**

Tableau 23 : la consistance des dattes en 1^{ère} année

Traitements	R (site S1)	r (site S2)	Consistance (site S1)	Consistance (site S2)
T1 (0kg K/0kg P)	6.99	6.5	Sèche	Sèche
T2 (0kg K/1kg P)	6.62	7.14	Sèche	Sèche
T3 (0kg K/2kg P)	9.5	5.96	Sèche	Sèche
T4 (2kg K/0kg P)	8.6	7.22	Sèche	Sèche
T5 (2kg K/1kg P)	7.10	5.39	Sèche	Sèche
T6 (2kg K/2kg P)	6.45	6.33	Sèche	Sèche
T7 (3kg K/0kg P)	10.02	6.16	Sèche	Sèche
T8 (3kg K/1kg P)	12.26	7.56	Sèche	Sèche
T9 (3kg K/2kg P)	7.48	7.02	Sèche	Sèche

Tableau 24: Consistance des dattes en 2^{ème} année

Traitements	r (site S1)	r (site S2)	Consistance (site S1)	Consistance (site S2)
T1	2.88	2.90	Demi molle	Demi molle
T2	3.38	2.86	Demi molle	Demi molle
T3	2.38	2.83	Demi molle	Demi molle
T4	2.27	2.75	Demi molle	Demi molle
T5	2.41	2.48	Demi molle	Demi molle
T6	2.64	2.98	Demi molle	Demi molle
T7	2.61	2.74	Demi molle	Demi molle
T8	3.71	2.45	sèche	Demi molle
T9	2.97	2.7	Demi molle	Demi molle

Discussion générale

❖ Caractérisation des sols

En fonction des caractères morphologiques, ainsi que les teneurs en sels solubles, gypse des divers horizons des profils étudiés, on peut distinguer que :

- Le **profil 1**, se caractérise par une structure polyédrique fine dans l'horizon de surface et devient moyenne vers la base. Il est caractérisé par la présence de taches blanchâtres qui correspondraient à des accumulations gypseuses (47.04 à 64.68%) constituant ainsi un trait morphologique et pédo-génétique important de ce sol. Par ailleurs, la texture est dominée par les sables (43 à 50%) suivi par les limons (27.95 à 32.07%) et les argiles (21.7 à 24.44%). Le calcaire est présent dans tout le profil et augmente avec la profondeur et varie de 8.49% à 22.49%.

Les principaux résultats analytiques indiquent que le profil 1 se caractérise par un profil salin ascendant, se situe entre 3.76 dS/m en surface et 2.38 dS/m en profondeur. Les

ions prédominants de la solution du sol sont le sulfate (52%), le calcium et le magnésium (42 et 41%).

- Le **profil 2**, se caractérise par une structure polyédrique fine. Il est caractérisé par la présence des taches blanchâtres qui correspondraient à des accumulations gypseuses (57.33 à 61.74%) constituant ainsi un trait morphologique et pédogénétique important de ce sol. Les taches d'oxydoréduction et les taches verdâtres n'apparaissent que dans l'horizon sub-surface et l'horizon situé bas en reflétant les signes d'hydromorphie. Par ailleurs, la texture est dominée par le sable (34 à 43%) dans la partie supérieure du profil et une augmentation des limons (31 à 40%), dans sa partie inférieure. Les argiles sont moyennement représentées (24 à 28%). Le taux de matière organique très faible dans tout le profil varie de 0.99 % à 1.39%. Le calcaire est présent dans tout le profil et augmente avec la profondeur et varie de 2.75% à 16.16%

Les principaux résultats analytiques indiquent que le profil 2 se caractérise par un profil salin ascendant, fortement salé en surface à salé en profondeur (3.12 dS/m < CE < 7.41 dS/m), le pH est légèrement alcalin à alcalin (7.74 < pH < 8.11). Les ions prédominants de la solution du sol sont le sulfate (58%) et le magnésium (57%).

- Le **profil 3**, se caractérise par une structure polyédrique fine dans l'horizon de surface et devient moyenne vers la base. Il est caractérisé par la présence de taches blanchâtres qui correspondraient à des accumulations gypseuses (47.04 à 64.68%) constituant ainsi un trait morphologique et pédogénétique important de ce sol. Par ailleurs, la texture est dominée par les limons (52.5%) dans la partie supérieure du profil et la dominance de sable (41 à 44.35%), dans sa partie inférieure. Les argiles sont très peu représentées dans la partie supérieure du profil (2%) et augmentent progressivement dans sa partie inférieure (25.10 à 33.48%). Le taux de matière organique est très faible dans tout le profil et varie de 0.86 % à 1.72%. Le calcaire est présent dans tout le profil et augmente avec la profondeur et varie de 7.64% à 23.34%.

Les principaux résultats analytiques indiquent que le profil 3 se caractérise par un profil salin ascendant, très salé en surface à salé en profondeur (2.08 dS/m < CE < 3.62dS/m), le pH est légèrement alcalin (7.72 < pH < 7.77). Les ions prédominants de la solution du sol sont le magnésium (64%) et le chlorure (47%).

- Le **profil 4**, se caractérise par une structure polyédrique fine dans l'horizon de surface et devient moyenne vers la base. Il est caractérisé par la présence de taches blanchâtres qui correspondraient à des accumulations gypseuses gypso-salines (66.10 à 66.15%)

constituant ainsi un trait morphologique et pédogénétique important de ce sol. Les taches d'oxydoréduction n'apparaissent que dans l'horizon de sub-surface. Concernant la texture, elle est dominée par les sables dans tout le profil (43.34 à 75%). Et une diminution des limons (0.9%) dans sa partie inférieure. Les argiles sont pratiquement stables dans tout le profil 24.14 à 27.42 %.

Les principaux résultats analytiques indiquent que le profil 4 se caractérise par un profil salin ascendant, fortement salé en surface à salé en profondeur (3.65 dS/m < CE < 10.72 dS/m), le pH est légèrement alcalin à alcalin (7.66 < pH < 8.41). Les ions prédominants de la solution du sol sont les chlorures (80%) et le sodium (48%).

- Les résultats morphologiques et analytiques des profils 1, 2,3 et 4 suggèrent que ce sol remplit les conditions des critères diagnostiques du sous ordre des Gypsid (ordre des Aridisols) tels que définis par la classification **USDA (Soil Taxonomy, 2010)**.

❖ **Caractérisation de la salinité**

Les résultats d'analyses de la conductivité électrique de l'extrait de pâte saturée (CEps) et celle de l'extrait dilué montrent un profil salin ascendant et on peut distinguer, en allant du Nord vers le Sud de la parcelle :

- La salinité des trois horizons augmente du nord vers le sud de la parcelle.
- Les profils de salinité sont caractérisés par un taux de salinité le plus élevé dans l'horizon de surface (0 -20). La nature de ce profil est la conséquence de la qualité des eaux d'irrigation et une évaporation intense qui caractérisant l'oasis irriguée où les fréquences d'irrigation sont plus importantes.
- L'analyse des cartes de salinité a permis de dégager les principaux résultats sur l'évolution spatiale de la salinité, à savoir :

La cartographie a montré, en premier lieu, que le sol très salé dans les trois horizons occupent la majeure partie de la parcelle et représentent 56% ,65%,74% dans l'horizon de surface, sub-surface et de profondeur successivement Ils sont concentrés au sud jusqu'à la partie centrale de la parcelle.

❖ **Fertilisation phospho-potassique du palmier dattier**

- **Les paramètres biométriques**

Les résultats obtenus montrent que :

- Certains paramètres de la qualité des dattes Deglet-Nour ont été affectés par les traitements.
- On note que tous les traitements de fertilisation ont amélioré considérablement la qualité du rendement dans le site S2 par rapport au site S1 durant la deuxième année.
- les propriétés physiques des dattes dans le site S1 et S2 montrent un effet significatif des traitements 5 (2kg K/1kg P) et 8 (3kg K/1kg P) successivement sur le poids du fruit, le poids de la pulpe et la longueur des dattes par rapport au témoin et aux autres traitements, car on enregistre les valeurs les plus élevées pour tous les paramètres physiques analysés.
- L'apport combiné de 2 kg du potassium /1kg du phosphore dans le site S1 et de 3kg du potassium /1 kg du phosphore dans le site S2 provoque une augmentation de la taille de fruit, ce qui explique l'effet bénéfique de l'addition du potassium sur l'amélioration de la qualité du fruit.
- L'amélioration globale des caractéristiques physiques pourrait être expliquée par le rôle du potassium. L'augmentation du poids du fruit peut être attribué à l'effet physiologique du potassium dans l'augmentation du potentiel osmotique de la cellule du fruit qui pourrait favoriser la circulation de l'eau dans le fruit ce qui fait augmenté le volume et le poids des fruits, ces résultats sont concordants avec ceux de **Houssine et al (2012) ;Bacha et al (1982) ; Sinclair et al. (1981)**, qui ont signalé une augmentation du poids et du volume du fruit du palmier dattier variété 'Halawy' en pulvérisant les fruits par le potassium avec une concentration de 2%. **Dialmi et Rezhman (2005) ; Soliman et Osman (2003) ; El- Deeb et al (2000); Ismail, 1999** sur *Hayany* ont affirmé qu'une application de sulfate de potassium pur (5kg/1000L) sur les feuilles a provoqué une amélioration des rendements, le poids du fruit, la longueur, le diamètre, le volume et le poids de la pulpe des dattes variété 'Toory'. **Fisher et al (1959)** ont mentionné que le potassium est essentiel pour l'agrandissement du fruit.

- **Les paramètres biochimiques**

Les résultats obtenus montrent que :

- Montrent l'effet de la fertilisation phospho-potassique sur l'augmentation des taux des sucres totaux et réducteur des dattes dans les deux sites par rapport aux palmiers dattier témoins.

- Cependant, les différences ne sont pas significatives entre les palmiers dattiers traités et le témoin, et ceci explique que la réponse des palmiers aux éléments fertilisants peut ne pas être claire les premières années d'addition, et ceci d'autant plus que les arbres non pas été fertilisés depuis une assez longue période commencent à se normaliser et à compenser les carences nutritionnelles et montrent alors le bon effet de la fertilisation (**Ibrahim, 2008**). **André (1994)** a noté que dans un sol très pauvre, n'essayez pas de corriger ces sols rapidement, un sol pauvre capte rapidement les éléments nutritifs comme une éponge mais sa redistribution vers les plantes n'est pas aussi rapide et est partielle. L'exemple du phosphore est le plus démonstratif à cet égard; il vaut mieux apporter des corrections sur plusieurs années que sur un an ou deux ans. Des résultats similaires ont été trouvés par **Hussein et al (1977)** sur les variétés Khunaizi et Sukkari, par **Bacha et al (1982)** sur la variété Khudari et par **Furr et al (1955)** sur la variété des dattes Deglet Noor. Ces mêmes auteurs ont confirmés que la qualité du fruit des arbres fertilisés par les engrais minéraux n'était pas sensiblement différente de celle du palmier dattier témoin. D'autre part **Harhash (2000)**, **El-Shazly (1999)**, **Bliss and Mathez (1983)**, **Sinclair et al (1981)** ont obtenus les mêmes résultats et signalée l'effet désirable des différents niveaux de phosphore et de potassium dans la formation des sucres.
- Cependant ces résultats ne concordent pas avec ceux de **Al kharusi et al (2009)**, **Saleh (2009)**, **Dialami et Mohebi (2010)** qui ont signalé que l'acidité des dattes est affectée positivement par l'application des éléments fertilisants
- Une augmentation significative de la teneur en eau des fruits durant la deuxième année ce qui montre l'effet de la fertilisation minérale sur le palmier dattier à partir de la deuxième année.
- L'apport de 2 kg de sulfate de potassium et 1 kg de phosphore (TSP) dans le site S1 coïncide avec un taux d'humidité très élevé de 30%, alors que l'apport de 3 kg de sulfate de potassium et 1 kg de phosphore (TSP) dans le site S2 enregistre un taux d'humidité de 28%. Ces résultats sont similaires ou plus élevés que ceux rapportés par d'autres chercheurs dans d'autres pays (**Al-Shahib et Marshall, 2003**; **Aidoo et al, 1996**; **Ahmed et al, 1995** ; **Youssif et al, 1989**).
- Les résultats obtenus indiquent une augmentation significative de la concentration de phosphore contenus dans les dattes durant la deuxième saison dans les deux sites étudiées ;

- Aucune différence significative de la concentration du phosphore n'est constaté entre les deux classes de salinité ;
- d'autre part les analyses statistiques montrent une différence significative entre les traitements sur la concentration du phosphore, la valeur la plus élevée est marquée par le traitement T7 dans le site S1 avec 0.65% suivi par les traitements T7 et T9 dans le site S2 avec 0.57%.
- Les résultats montrent également que la concentration de phosphore dans les fruits a augmenté de façon significative après l'apport de sulfate de potassium, ces résultats sont en accord avec ceux obtenus par **Kassem (2012)**, **Kassem et al (1997)** et **Epstein (1972)** qui ont signalé que la teneur en N,P,K, Fe, Zn dans les feuilles et les fruits augmente par l'application de potassium qui influence fortement l'absorption des nutriments ainsi que la translocation et la distribution des autres cations. Le traitement T9 marque une concentration égale à celle obtenue par le traitement T7 dans le site S2 ce qui peut expliquer que la plante utilise le minimum du phosphore apporté par les engrais par rapport au phosphore de réserve dans le sol (**Anonyme, 1985**);
- il semble aussi que l'apport du potassium stimule l'absorption du phosphore de réserve en premier lieu par rapport au phosphore des engrais qui est exposé aux contraintes de réaction de précipitation dans le milieu alcalin et calcique d'où la nécessité d'utiliser le phosphore de l'engrais dans le milieu peu salé.
- Les résultats d'analyse de potassium ont mis en évidence une diminution significative du taux de potassium dans les fruits durant la deuxième saison et ceci peut s'expliquer par l'incomplétude de maturation des dattes et par le rôle de cet élément dans la maturation complète des fruits.

- **La production quantitative par palmier dattier**

Les résultats obtenus montrent que :

- La réponse des palmiers dattiers dans les sites S1 et S2 à la fertilisation phospho-potassique est positive d'une manière générale.
- Les traitements T5 (2Kg K/1Kg P) et T8 (3kg K/1kg P) dans les sites S1 et S2 ont permis d'obtenir une meilleure production des dattes durant la deuxième saison par rapport au témoin et aux autres traitements.
- Les résultats obtenus sont concordants avec ceux des chercheurs **El Hammady et al (1991)** qui ont constaté que le rendement le plus élevé et la meilleure qualité des dattes

variétés (Seewy) ont été obtenue par l'addition de 2kg de sulfate de potassium/palmier/an. **Bamiftah et al (2000)** ont recommandés 2 ou 3kg de sulfate de potassium/palmier/an pour un rendement élevé. Ces résultats peuvent être attribués au rôle physiologique du potassium dans l'amélioration de nombreux processus métaboliques tel que la formation d'hydrate de carbone. **Archer (1986)** et **Even et Sorger (1996)** ont rapporté que la translocation photosynthétique dépendait de la concentration cellulaire du potassium. D'autre part le phosphore est nécessaire dans les processus métaboliques : la synthèse des protéines et de l'énergie de l'ATP comme de support de l'Adénosine triphosphates à savoir la floraison et le développement des fleurs (**Mengel et Kirbry, 1978**).

- L'augmentation du rendement des dattes par l'utilisation des engrais phosphatés a été également signalé par **Bliss et Mathez (1983)**, **Karami (2007)**.

Il est important de rappeler qu'en plus de sa rentabilité élevée relative à la spécificité des régions, le palmier dattier constitue une ossature verdoyante de la réserve biosphère des oasis du sud Algérien qui devrait être préservée et considérée dans son aire particulière et appréciée dans sa richesse et sa diversité génétiques. Dans les régions sahariennes et présahariennes, le milieu oasien est fragile et subit sans cesse l'effet des facteurs d'agression qui continuent à le fragiliser davantage ; le développement de l'agriculture dans ces zones rencontre actuellement, en dehors de la rareté des ressources hydriques, de nouveaux problèmes tels que le risque de salinisation des sols qui participe aux chutes des rendements agricoles. La rareté de la pluie (<50 mm /an) a contraint les agriculteurs à utiliser les eaux des nappes phréatiques qui sont fortement minéralisées.

Au terme de cette étude, nous avons pu mettre en évidence l'effet de la fertilisation phospho-potassique dans l'amélioration de la production dattière en quantité et en qualité comme une action intégrée pour minimiser les conséquences des différentes contraintes.

Afin donc d'augmenter le rendement et d'améliorer la qualité des fruits, il est recommandé d'appliquer 2kg de sulfate de potassium/palmier dans un milieu excessivement salé et 3kg/palmier dans un milieu non à peu salé avec 1 kg de phosphore dans les deux situations.

La qualité des dattes obtenus dans le cadre cette étude est conforme aux critères d'évaluation qualitative des dattes des cultivars Algériens, Marocains, Tunisiens, Egyptiens et Irakien qui sont rapportés par **Rygg (1953) ; Meligi et Sourial (1982) et Mohamed et al, (1983) ; Rayens et al (1994) ; Othman (1995)** . Voir tableau ci-dessous :

L'Algérie a, historiquement, toujours mise presque exclusivement sur ses recettes pétrolières pour financer ses plans de développement économique et sociale mais les chutes récurrentes des cours du pétrole durant ces dernières années ont entravé et continuent d'entraver cette politique du tissu ce qui peut générer des situations difficiles pour le pays (asphyxie de presque la totalité de l'économie, dévalorisation de la monnaie nationale, endettement public colossal). La fragilité constatée de ce type d'économie et la tragique dépendance du revenu national de la seule vente des hydrocarbures conduiront à réfléchir à d'autres alternatives susceptibles de diversifier les sources de financement qui mettraient à l'abri l'économie nationale des aléas du marché énergétique international. L'agriculture, par les énormes capacités qu'elle recèle devra bénéficier d'une attention particulière dans toute nouvelle vision économique tendant à réorganiser les fondements de la croissance et le développement socio-économique du pays. De part sa position géographique exceptionnelle, l'Algérie, peut se tailler une place dans le marché mondiale pour ses produits maraichers et fruitiers de très grande qualité.

La phoeniciculture à son tour, comme un des secteurs principaux de l'agriculture apportera, elle aussi sa contribution à la nouvelle dynamique d'exportation tendant à mettre fin à l'hégémonie des hydrocarbures sur le reste des autres potentialités nationales dans le commerce extérieure. Avec son gigantesque patrimoine phoenicicole près de 17 millions de pieds et plus de 900 cultivars, couvrant les vastes étendues désertiques

L'Algérie occupe une place importante parmi les pays producteurs et exportateurs de dattes dans le monde, plus encore, elle se classe en première place en terme de qualité, grâce à la variété Deglet-Nour, labélisée tout récemment ce qui lui permettra d'aller à la conquête de nouveaux marchés de par le monde. Cependant cette richesse se trouve être contrecarrée dans son épanouissement et son extension par une série de problèmes, particulièrement dans la wilaya de Biskra et nous n'en citerons que quelques-uns.

- Faiblesse des moyens de stockage et de conservation
- salinité des sols et des eaux d'irrigation, présence de croutes gypseuses
- Rabattement du niveau de la nappe (devant la faiblesse de la pluviométrie envisager à installer des barrages souterrains dans les lits d'oueds pour réalimenter les nappes;

- étudier la faisabilité d'installation de stations d'épuration dans les agglomérations et de stations de dessalement dans le chatt Melghigh aux grands maux, les grands moyens.
- Quant à la contrainte saline sur la nutrition minérale du palmier dattier, nous proposons la fertilisation phospho-potassique du sol ou la pulvérisation foliaire et l'injection de solutions nutritives au tronc du palmier pour assurer une alimentation minérale efficace.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

1. **Abdelfateh K. (1989)**. Quelque aspect de l'économie dattier en Tunisie. communication présentée au séminaire sur les systèmes agricoles oasiens à Tozeur (Tunisie). Les cahiers de la recherche développement, 44-56.
2. **Acourene S ; Buelguedj M ; Tama M. Et 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.
3. **Acourene S. et Tama M. (1997)**. Caractérisation physicochimique des principaux cultivars de datte de la région des Zibans. *Recherche Agronomique*, N°1.Ed. INRAA, 59-66
4. **Afnor (1974)**. Produits dérivés des fruits et légumes – Détermination de l'acidité titrable. Association Française de Normalisation, Paris, NF V 05-101, 1-4.
5. **Afnor (1986)**. Produits et dérivés des fruits et légumes, jus de fruits. Deuxième édition, Ed-AFNOR tour Europe, Paris, 81-85.
6. **Ahmed I.A; Ahmed A.W.K and Robinson R.K (1995)**. Chemical composition of date varieties as influenced by the stage of ripening. *Food Chemistry*, 54(2): 305–309.
7. **Aidoo K.E; Tester R.F; Morrison J.E and Macfarlane D (1996)**. The composition and microbial quality of pre-packed dates purchased in Grater Glasgow. *International Journal of Food Science and Technology*, 31(1): 433–438.
8. **Ait Aneur L (2011)**. Analyse du processus de diffusion des sucres, des acides organiques et de l'acide ascorbique dans le système : Mech- Degla/jus de citron. Mémoire de magister, Option génie Alimentaire, Université de Boumerdes, 80p.
9. **Al -Shahib W and Marshall R .J (2003)**. Dietary fibre content of dates from 13 varieties of date palm phoenix *Dactylifera .L*. *International journal of food Science and Nutrition technology*, 37:719-721.
10. **Al-Bakr A (1972)**. The date palm, a review of its past and present status and its culture, industry and trade. Ed. Alaiin Press, Iraq (en arabe). 1405 p.
11. **Albert L (1998)**. La santé par les fruits .Ed.Veechi, 44-74.
12. **Aljuburi H.J. (1992)**. Effect of sodium chloride on seedling growth of four date palm varieties. *Annals of Arid Zone*. 31(4):259-262.
13. **Al-Kharusi L.M; Elmardi M.O; Ali A; Al-Julanda.F; AL-Said L; Abdelbasit K; AL-Alpha J.M; Chen. J and Zhang G; (2009)**. Effect of nitrogen fertilizer forms on growth, photosynthesis, and yield of rice under cadmium stress. *J. Plant Nutrition*,32 (2): 306-317.
14. **Allam A (2008)**. Etude de l'évolution des infestations des palmiers dattier (*Phoenix dactylifera L*), 1793p.

15. **Alrasbi S.A.R N; Hussain H and Schmeisky (2010)**. Evaluation of the Growth of Date Palm Seedlings Irrigated with Saline Water in the Sultanate of Oman, *ISHS ActaHorticulturae*. International Date Palm Conference, IV: 882.
16. **Al-Shahib W and Marshall R.J (2003)**. The fruit of the date palm. *International Journal of Food Science and Nutrition*, 54(4): 247–259.
17. **ANAT (2003)**. Agence Nationale d'Aménagement de territoire. Schéma directeur des ressources en eau. Wilaya de Biskra, Dossier agropédologique, 114 p.
18. **André Pettigrew (1994)**. La fertilisation raisonnée. Deuxième Colloque sur la production des arbres de Noël au Québec le 19 février 1994.
19. **Anonyme (1985)**. La fertilisation. Fédération nationale de l'industrie des engrais, 74p.
20. **Anonyme (1937)**. Notice explicative des cartes géologiques au 500.000e Constantine-Nord Constantine-Sud. Bull. Ser. Carte Géol. de l'Algérie,[24] 176 p.
21. **Archer J (1986)**. Crop nutrition and fertilizer use. Farming Press XL td, 258 p.
22. **ASAL et DGF, Agence Spatiale Algérienne et Direction Générale des Forêts (2010)**. Carte de sensibilité à la désertification de la wilaya de Biskra 2p.
23. **Aubert G (1975)**. Les sols de la zone aride, étude de leur formation, de leurs caractères, de leur conservation. Actes coll. Unesco de Paris sur les problèmes de la zone aride, 127-150.
24. **Aubert G (1983)**. Observation sur les caractéristiques, la dénomination et la classification des sols salés ou sals sodiques. Cash. ORSTOM.ser. ped. Vol N°1, 73-78.
25. **Audigie D ; Dupont G ; et Zonszain T. (1978)**. Manipulation d'analyse biochimique. Ed. Doin. Paris, 27-74.
26. **Babahani S. (2011)**. Analyses biologique et agronomique de palmiers mâles et conduite d'éclaircissage des fruits chez les cultivars Ghars et Deglet Nour. Thèse Doct., Scien.Agro., INA, El Harrache, 190 p.
27. **Babahani S (1998)**. Contribution à l'amélioration de quelques aspects de la conduite du palmier dattier (phoenix dactylifira-L), Mém. Mag; INA. EL-Harrach, Alger,2-3.
28. **Bacha M.A and Abo-Hassan A.A (1982)**. Effects of soil fertilization on yield, fruit quality and mineral content of khudari date palm variety; first symposium on date palm Arabia Saudi,174-179.
29. **Bagnouls F ; Gaussen H. (1953)**. Saison sèche et indice xérothermique. Bull. Soc. Hist. Toulouse, 193-239.
30. **Baize D. et Jabiol B. (1995)**. Guide de description des sols. Ed. AFES-INRA, Paris, 388p.

31. **Bamiftah M.A.O. (2000).** Effect of potassium fertilization and bunch thinning on yield and fruit quality of 'Zaghloul' date palm. M. Sc. Thesis, Faculty of Agriculture Science, Saba Basha, Alex. University.
32. **Barreveled W.H. (1993).** Date palm products.FAO, Agricultural services, Bulletin N°101 Rome.
33. **Belair P. (1954).** Sur l'origine des dépôts de sulfate de calcium actuels et anciens. *Ac. des Sci*, [6]: 1059-1061.
34. **Ben Abdallah A. (1990).** La phoeniciculture. Options méditerranéennes, Sér. A/N°11,105-120.
35. **Ben Abes R. (2011).** Etude de quelques propriétés chimiques et biologiques d'extraits de dattes « Phoenix dactylifera L.». Mémoire de Magister, université de Sétif, 68 p.
36. **Benamara S ; Chibane H. et Boukhelifa M. (2004).** Essai de formulation d'un yaourt naturel aux dattes. Industries Alimentaires et agricoles IAA. Actualités techniques et scientifiques, N°1/2 mensuel,11-14.
37. **Benazzouk S. et Benharrats I. (1999).** Extraction et identification de l'arôme de la datte « Deglet-Nour ». Mém. Mag; INA. EL-Harrach, Alger, 58 p.
38. **Benchabane A. (1996).** Rapport de synthèse de l'Italie « technologie et qualité de la datte ». In options méditerranéennes, série A, N°28. Séminaire méditerranéennes .Ed. IAM, Zaragoza, Spain, 205-210.
39. **Bensaid R. (1999).** Les sols à accumulations gypso-calcaires dans la région de Ain Benoui (Biskra). *Ann. I.N.A.*, N°1 et 2[20]: 1-8.
40. **Berthomieu P ; Conejero G ; Nublat A ; Brachenbury W.J ; Lambert C ; Savio C ; Uozumi N ; Oiki S ; Yamada K ; Cellier F ; Gosti F ; Simonneau T ; Essah P.A ; Tester M ; Very A.A ; Sentenac H. and Casse F. (2003).** Functional analysis of AtHKT1 in Arabidopsis shows that Na⁺ recirculation by the phloem is crucial for salt tolerance. *Embo Journal*, [22]: 2004- 2014.
41. **Bliss E. and Mathez E. (1983).** The Arkell date garden fertilizer experiments. *Date growers Institute*, [22]: 25-33.
42. **Boivin P; Saejiew A; Grunberger O; and Arunin S. (2002).** Formation of soils with contrasting textures by translocation of clays rather than ferrolysis. Experimental and soil monitoring arguments from some flooded-rice soils of Northeast Thailand. *European Journal of Soil Science*, N° 55, [4]:713-724.

43. **Bouabidi H; Reynes M. et Rouissi M.B. (1996).** Critères de caractérisation des fruits de quelques cultivars de palmiers dattiers (*Phoenix dactylifera* L.) du Sud Tunisien. *Ann. INRAT*, [69]: 73–87.
44. **Boudrar C ; Bouzid L ; et Nait Larbi H. (1997).** Etude des fractions minérale et glucidique de la dette Deglet-Nour au cour de la maturation. Mémoire ingénieure, INA. EL-Harrach, Alger, 60 p.
45. **Boughnou N. (1988).** Essai de production de vinaigre à partir de déchet de dattes .Thèse de magister, INA., EL-Harrach, Alger, 82 p.
46. **Boyadgiev T.G. (1974).** Contribution to the knowledge of gypsiferous soils. AGON/SF/SYR/67/522. FAO, Rome, 11.
47. **Bradford K.J. and Yang S.F. (1915).** Xylem transport of 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid, an ethylene precursor, in waterlogged tomato plants. *Plant Physiol*,[65]:322–326.
48. **Bridges E.M. (1978).** World soils. Cambridge University. Press. 2^{ème} Ed, 95- 97.
49. **Buelguedj M. (2001).** Caractéristiques des cultivars de datte dans les palmeraies de Sud-Est Algérien, N° 11, INRAA. El-Harrach, Alger ,289 p.
50. **Bureu P. et Roederer P. (1960).** Contribution à l'étude des sols gypseux du sud tunisien: croûtes et encroutements gypseux de la partie sud du Golfe de Gabes (Tunisie), ORSTOM collection de référence N°10512, 150-176.
51. **Chartzoulakis K. and Klapaki G. (2000).** Response of two greenhouse pepper hybrids to NaCl salinity during different growth stages. *Sci. Hortic*, [86]: 247–260.
52. **Cheftel J. and Cheftel C. (1977).** Introduction à la biochimie et à la technologie des aliments .vol I, 4^{ème} tirage. Ed. TECH et DOC- LAVOISIER, Paris, 367 P
53. Cherbuy B. (1991). Les sols salés et leur réhabilitation étude bibliographique. Cemagraf, école. Nat. Renne, 170p.
54. **Daher Meraneh.A (2010).** Détermination du sexe chez le palmier dattier : Approches histo-cytologiques et moléculaires. Thèse doctorat, Ecole Doctorale : Biologie Intégrative, Université Montpellier II, 146 p.
55. **Dakheel A. (2005).** Date Palm Tree and Biosaline Agriculture in the United Arab Emirates.In: The Date Palm: From Traditional Resource to Green Wealth. UAE Center of Studies and Strategy Researches, Abu Dhabi, UAE, 247-263.
56. **Dakhia N ; Bensalah M.K ; Romani M ; Djoudi A.M ; et M. Belhamra (2013).** Etat phytosanitaire et diversité variétale du palmier dattier au bas sahara – Algérie. *Journal Algérien des Régions Arides* N° Spécial, 2013.

57. Daoud Y. et Halitim A. (1994). Irrigation et Salinisation au Sahara Algérien. *Sécheresse*. 3[5]: 151- 160.
58. **Dekkiche B. (1976)**. Sur quelques sols à accumulation de gypse dans le Hodna. Sémin. Sciences du sol, connaissance des sols du Maghreb 21-26 Avril, *Ann. I.N.A.*, Alger, vol. VI, N° 1[12]: 139-148
59. **Denden M; Bettaieb T; Sahli A. and Mathlouthi M. (2005)**. Effet de la salinité sur la fluorescence chlorophyllienne, la teneur en proline et la production florale de trois espèces ornementales. *Tropicultura*. N°4 [23], 220-226.
60. **Deo Shorta J.C. (1979)**. Les encroûtements calcaires et les encroûtements gypseux en géotechnique routière. Bet. Labo, mécanique des sols, 105p.
61. **Dialamih and Pezhmanh (2005)**. Effects of potassium sulfate, potassium nitrate and manganese sulfate on yield and fruit quality of 'Toory' date palm cultivar grown in Iran. Iran, Hormozgan Province. First international festival and symposium on Gdate Palm, 4.
62. **Dialami H.A. and Mohebih (2010)**. Increasing yield and fruit quality of date palm 'Sayer' with application of nitrogen, phosphorus and potassium optimum levels. *Acta-Horticulturae*, [882]: 353- 360.
63. **D.S.A., Direction des services agricoles (2015)**. Les données statistiques de l'année.
64. **Djerbi M. (1994)**. Précis de phoeniciculture.FAO, 192p
65. **Djerbi M. (2000)**. Abnormal fruiting of the date palm derived from tissue culture, Proceedings of date palm international symposium, Windhoek, Namibia, 22-25 February, 73p.
66. **Djerbi M. (1996)**. Précis de phéniciculture. Ed. FAO, 191 p.
67. Djili K. (2000). Contribution à la connaissance des sols du Nord de l'Algérie. Thèse doctorat. INA, Alger, 243 p.
68. **Djili K. et Daoud Y. (1999)**. Distribution latérale et vertical de l'ESP des sols du Nord de l'Algérie compte rendu de la semaine nationale sur la salinisation des terres agricoles. C.R.S.T.R.A. Chélif le 1 et 2 Juin, N° 99, 25-44.
69. **Douaoui A. et Hartani T. (2007)**. Impact de l'irrigation par les eaux souterraines sur la dégradation des sols de la plaine du Bas - Chélif. Economies d'eau en systèmes irrigués au Maghreb. Actes du troisième atelier régional du projet Sirma, 5p.
70. **DPAT, Direction de Planification et d'Aménagement du territoire (2010)**. Monographie de la wilaya de Biskra ,13-27.
71. **Dubost D. (2002)**. Mutation agricole dans les oasis algériennes: l'exemple des Ziban" in cahier sécheresse, spécial oasis vol.9, N° 2 juillet 1998.

72. **Dubost D. (1991).** Ecologie, aménagement et développement agricole des oasis algériennes. Thèse Doct, Université François Rabelais, Tours, 544 p.
73. **Dubost D; Haddad D; Kafi A. et Maane H. (1983).** Rapport préliminaire sur les essais d'irrigation localisée du palmier dattier à la station expérimentale de Sidi Mahdi (Touggourt). *Bull. Agr. Saha*,[5] : 26-60.
74. Duchauffour P.H. (1969). Précis de pédologie. Ed. Masson. Paris, 192 p.
75. **Durand J.H. (1949).** Formation de la croûte gypseuse du Souf (Sahara). Compte rendu *sommaire des sciences de la société géologique* de France, 13,[5]: 303-305.
76. **Durand J.H. (1953).** Etude géologique, hydrogéologique et pédologique des croûtes en Algérie. *S.E.S.*, Alger, [4] :209 p.
77. **Durand J.H. (1959).** Les sols rouges et les croûtes en Algérie. *S.E.S.*, Alger, [3] :182p.
78. **Durand J.H. (1963).** Les croûtes calcaires et gypseuses en Algérie, formation et âge. *Bull. Soc. Géol. Fr.* [7]: 959-968.
79. **Durand J.H. (1968).** Sols Calciques mélaniques du Pré-Rif occidental. *Cah. O.R.S.T.O.M., Sér. Pédol.*, VIII, [7]:173-186.
80. **Durand J.H. (1983).** Les sols Irrigables. Etude pédologique. Presses Universitaire de France. Agence de Coopération Culturelle et Technique,338 p.
81. **Duthil (1973).** Eléments d'écologie et d'agronomie, T3, Ed. J.B. Baillièrre, 654p.
82. **Dutil P. (1971).** Contribution à l'étude des sols et des paléosols du Sahara. Thèse d'état, Fac. Sci. Univ. de Strasbourg,[8] :346 p.
83. **El-Deeb M.D; Sourour M.M. and Ismail S.A. (2000).** Use of Olive pomace and mineral fertilizers for 'Hayany' date palms fertilization. Proceeding of the Date Palm International Symposium. Windhoek. Namibia. 22-25 February 2000.
84. **El- Hammady A.M; Khalifa A.S. and Montasser A.S. (1991).** Effect of potash fertilization on 'Seewy' date palms. Effect on yield and fruit quality. *Egypt. J. Hort.*, 18[2]:199-210.
85. **El-Houmaizi M; Saaidi M; Oihabia and Cilas C. (2002).** Phenotypic diversity of datepalm cultivars (*Phoenix dactylifera* L.) from Morcco. *Genet. Resour. Crop*, [49]:483 – 490.
86. **El-Shazly S.M. and Abdel-Nasser G. (1999).** Response of Picual Olive Trees to Potassium and Boron Fertigation 2. Fruit set, Yield, Oil Content, Water Use-Efficiency and Fruit Quality. *J. Adv. Agric. Res.*, 6[3]: 651-669.

87. **Elshibli S. and Korpelainen H. (2008).** Microsatellite markers reveal high genetic diversity in date palm (*Phoenix dactylifera* L.) germplasm from Sudan. *Genet*, [134]:251-260.
88. **Embleton T.W. and Cook J.A. (1947).** The fertilizer value of date leaf and fruit stalk prunings. *Rept. Ann. Date Grs Inst*, [24]: 18-19.
89. **Enalml J.H. et Jafar A. (1980).** La physiologie et la morphologie du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.). Ed. Université El Basra et université d'Agronomie (Iraq), 257 p.
90. **Epsteine (1972).** Mineral nutrition of Plants- Principles and Perspective. John Wiley and Sons. Inc. New York, 412p.
91. **Espierd E. (2002).** Introduction à la transformation industrielle des fruits. Ed. TECH et DOC- LAVOISIER, Paris, 147-155.
92. **Estanove P. (1990).** Note technique : Valorisation de la datte. In option méditerranéens, série A, N°11. Système agricole oasiens. CIHEAM, 301-318.
93. **Evans H.J. and Sorger G.J. (1966).** Role of mineral-elements with emphasis on the univalent cations. *Ann. Rev., Plant Physiology*, [17]: 47-76.
94. **F.A.O (2005).** Utilisation des engrais par culture en Algérie. F.A.O. Rome, 61p.
95. **Fageria N.K. and Baligar V.C. (2005).** Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants. *Adv. Agron*, [88]: 97-185.
96. **FAO Stat (2013).** Bases de données statistiques de la FAO. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
97. **FAO (1984).** Prognosis of salinity and alkanity. *FAO soils Bulletin* 31, 268 p.
98. **FAO (1998).** Topsoil characterization for sustainable land management. Land and water Development Division Soil Resources Management and Conservation Service, DRAFT, Rome, 71p.
99. **FAO (2001).** La foresterie urbaine et péri-urbaine, Rome,56 p.
100. **FAO (1990).** Management of gypsiferous soils. *Soil Bulletin* N°62, Rome, 81 p.
101. **FAO (2006).** Conférence électronique sur la salinisation extension de la salinisation et stratégies de prévention et réhabilitation, organisée et coordonnée par le programme international pour la technologie et la recherché en irrigation et drainage, 12p
102. **Favier J.C; Ireland R.J; Touque C. et Feinberg M. (1995).** Répertoire générale des aliments Table de composition .Ed. Tech doc- lavoisier, INRA Ed, Cneva et Ciquial, 897p.
103. **Fisher E.G; Parker K.G. and Luepschen N.S. (1959).** Proceedings of the American Society for Horticultural Science, 78-90.

104. **Flandrin J. (1952).** Les chaines atlasiques et la bordure Nord du Sahara. Aperçu d'ensemble. Monographies régionales 1e Série, Algérie N°14, 81 p.
105. **Florea N; Al-Joumaa K.H. (1998).** Genesis and classification of gypsiferous soils of the Middle Euphrates floodplain. Syria. *Geoderma*, 1,2[87] :67-85.
106. **Furr J.R. (1975).** Water and salinity problems of Abadan Island date gardens. *Date Growers' Inst. Rept.* [52]:14-17.
107. **Furr J.R. and Ream C.L. (1968).** Salinity effects on growth and salt uptake of seedlings of the date, *Phoenix dactylifera* L. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* [92]:268-273.
108. **Furr J.R. and Armstrong W.W. (1962).** A Test of Mature Halawy and Medjool date palms for salt tolerance. *Date Growers' Inst. Rept.* [39]:11-13.
109. **Furr J.R; Curline C; Hilgemanr H. and Reuther W. (1955).** An irrigation and fertilization experiment with Deglet Noor dates. *Date Growers' Inst. Rep.* [28]:17-20.
110. **Gervy (1970).** Les phosphore et l'agriculture. Ed. DUNOD, paris, 298p.
111. **Gousskov N. (1964).** Notice explicative de la carte géologique de Biskra au 1/200000. Publ. Service géol., Algérie, 13 p.
112. **Guattieri M. and Rapaccini S. (1994).** Date stones in broiler's feeding. In technologie de la datte. Ed.GRIDAO, 35p.
113. **Halitim A. et Robert M. (1987).** Interaction du gypse avec les autres constituants du sol, analyse microscopique de sols gypseux en zone aride (Algérie) et études expérimentations. In Fedoroff et al.Ed: *soil micromorphology*. Afes,: 179 – 186.
114. **Halitim A. (1985).** Contribution à l'étude des sols des zones arides (Hautes plaines steppiques de l'Algérie). Morphologie, distribution et rôle des sels dans la genèse et le comportement des sols. Thèse Doc. Univ Renne, 384 p.
115. Halitim A. (1988). Sols des régions arides d'Algérie. OPU, Alger, 384 p.
116. **Halitim A. (1973).** Etude expérimentale de l'amélioration des sols sodiques d'Algérie. Thèse Doc. U.E.R des sciences biologiques, 176 p.
117. **Hanafi M.T. et Chammah N. (2010).** La dégradation des milieux arides par l'ensablement des monts occidentaux des Zibans Ouest. Thes. Ing. Univ. Biskra, 92p.
118. **Hannachi S; Khitiri D; Benkhelifa A. et Brac De Perriere R.A. (1998).** Inventaire variétale de la palmeraie algérienne, 225p.
119. **Haouala F; Ferjani H. et Ben El Hadj S. (2007).** Effet de la salinité sur la répartition des cations (Na⁺, K⁺ et Ca²⁺) et du chlore (Cl⁻) dans les parties aériennes et les racines du ray-grass anglais et du chiendent. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 11[3]:235 – 244.

120. **Harhash M.M. (2000).** Effect of Fruit Thinning and Potassium Fertilization on 'Seewy' Date Palms Grown at Siwa Oasis. *J. Adv. Agric. Res*; 5[3]:1519-1531.
121. **Hasnaoui A. (2013).** Valorisation et évaluation de la qualité des dattes de la palmeraie de Figuig (Sud -Est du Maroc). Thèse.Doct. Prodvégé. Univ.Ouajda, 200 p.
122. **Hass A.R.C. and Bliss D.E. (1935).** Growth and composition of Deglet Noor dates in relation to water injury. *Hilgardia*. 9[6]: 245 – 344.
123. **Henk J; Zwir E et Rik L. (2003).** Caroténoïdes et Flavonoïdes contre le stress oxydatif. Aromes ingrédients Additifs, N°44,42-45.
124. **Hewitt A.A. (1963).** Effect of different salts and salt concentration on the germination and subsequent growth of Deglet Noor date seeds. *Date Growers' Inst. Rept.* [40]:4-6.
125. **Hiouani F. (2007).** Influence de la teneur en gypse et de la taille de ses grains sur la capacité de rétention en eau sur les sols de la zone de Ain Benoui –Biskra. Mém. Mag. Université de Batna, [29] :136 p.
126. **Horta J.C. and De O.S. (1980).** Calcrete, gypcrete and soil classification in Algeria. *Engineering Geology*, [15]: 15–52.
127. **Houssin; Mahmoud C. and Sabah Hassan (2012).** Effect of potassium spraying on some characteristics of date palm fruit variety Halawy Basrah. *Journal of Dates Palm Research*.N°38, 88-96.
128. **Hussein F.S; Moustaf A.F; Ei-Samiraie M .and Mahdi (1977).** Effect of Nitrogen fertilization on growth, yield and fruit quality of dates grown in Saudi Arabia. Res. Bull. No. 12. Ministry of Agriculture and Water, Research and Development Department, Saudi Arabia
129. **Ihou A. (1995).** Evolution des sols irrigués de la moyenne vallée du Fleuve Sénégal. Mém. Mag.IST de l'UCAD, no d'ordre 055/IST/95.
130. **INSID (2008).** Les sols salins en Algérie., Institut national des sols, de l'irrigation et du drainage; juillet 2008,7p.
131. **Ismail S.A.M (1999).** Effect of fertilization on yield of 'Hayany' date at El-Arish. M.sc. Thesis. Fac Of Enviro. Agricultural Sci. El- Arish. Suez Canal Univ. Egypt 125-170.
132. **Jaccot B. et Campillo B. (2003).** Nutrition humaine. Ed. Masson, Paris, 311p.
133. **Karami Y. (2009).** Effect of Nitrogen, Phosphorus and potassium fertilizers on date palm, cultivar 'Sayer'. Final report of research design, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Iran, 47-49.

134. **Karim F.M. and Dakheela J. (2006).** Salt-tolerant Plants of the United Arab Emirates. International Center for Biosaline Agriculture (ICBA). Dubai, UAE ,198p.
135. **Kassem H.A; El-Shabrouh M.B and Attia M.M. (1997).** Effect of nitrogen and potassium fertilization on yield fruit quality and leaf mineral content in some Egyptian soft date varieties. *Alex. Journal of Agricultural Research*. 42[1]: 137-157.
136. **Kassem H.A. (2012).** The response of date palm to calcareous soil fertilization. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 12 [1]: 45-58.
137. **Kendri S. (1999).** Caractéristiques biochimiques de la biomasse « *Saccharomyces cerevisial* » produite à partir des dattes « variétés Ghars ».Mém. Mag. Département d'agronomie. Batna, 51p.
138. **Khenfar B. (2004).** Contribution à l'étude de quelques caractéristiques morphologiques de quatre cultivars de palmier dattier *phoenix dactylifera L* dans la région de Drou (wilaya de Biskra) .Mém. Mag .Département d'agronomie. Batna, 87p.
139. **Khudairi A.K. (1958).** Studies on the germination of date-palm seeds. The effect of sodium chloride. *Physiol. Plantarum*. [11]:16-22.
140. **Kurup S.S; Hedar Y.S; Al Dhaheri M.A; El-Hewiety A.Y. and Alhadrami G. (2009).** Morpho-Physiological Evaluation and RAPD Markers – Assisted Characterization of Date Palm (*Phoenix dactylifera L*) Varieties for Salinity Tolerance. *Journal of Food, Agriculture & Environment*. 7[3-4]: 503-507.
141. **Lambert (1979).** la fertilisation phosphatée, *revue cultivars* .N°115,96-97.
142. Le Houerou H.N. (1993). Salt tolerant plants for the arid region of the Mediterranean isoclimatique zone In: H. Leithet A Al Massoom (edits): towards the rational use of high salinity tolerant plants. Vol 1. *Kluweracadem*,403- 422.
143. **Legros J.P. (2007).** Les grands sols du monde. Presses polytechniques et universitaires,574p.
144. **Leroy Pereaup (1958).** Le palmier dattier au Maroc. Paris : IFAC, 200p.
145. **Levitt J. (1980).** Responses of plants to environmental stress. Vol. II. Water, salt and other stresses. Academic Press, New York, NY. 497p.
146. **Maathuis F.J. (2006).** The Role of Monovalent Cation Transporters in Plant Responses toSalinity. *Journal of Experimental Botany*. 57, [5]:1137-1147.
147. **Mansouri A; Embarek G; Kokkalou E. and Kefalas P. (2005).** Phenolic profile and antioxydant activity of the Algerian rip date palm fruit *phoenix dactylifera L*. *Food chemistry* ,89,411-426.

148. **Marih R. (1991)**. Répartition saisonnière et spatiale de la salinité au niveau de la station I.N.R.A de HAMADENA (RELIZANE). Mém. Mag. INES Tiaret, 132 p.
149. **Marschner (1995)**. Mineral nutrition of higher plants, 2^e ed *Academic Press Inc.* London, Ltd, 889p
150. **Matallah M. (2004)**. Contribution à l'étude de la conservation des dattes variété Deglet-Nour : Isotherme d'adsorption et de désorption. Mém. Mag. INA.El-Harrach, 79 p.
151. **Matallah M. (1970)**. Contribution à la valorisation de la datte algérienne. Mém. Mag, INA. El Harrach, Alger ,113p.
152. Mathieu C. et Pieltain F. (2003). Analyse chimique des sols. Ed. Tec et doc. Lavoisier, Paris, 292 p.
153. **Meligi M.A. et Sourial G.F. (1982)**. Fruit quality and general evaluation of some Iraqi date palm cultivars grown under conditions of barrage region. Ed .First symposium onthe date palm, Saudi-Arabia, 23-25 March, 212 – 220.
154. **Mengel K. et Kirkby E. (1978)**. Principles of plant nutrition International Potash Institute, Worblaufen-Bern, Switzerland,419-431.
155. **Mohamed Vall O; Mohamed Ahmedab; Zein Elabidine O; Bounaa; Fouteye M; Mohamed Leminea; Taleb Khyar O; Djeha Trifi Mokhtarb; Ali O. And Mohamed Salema (1983)**. Use of multivariate analysis to assess phenotypic diversity of date palm (*Phoenix dactylifera L.*) cultivars. *Soc. Hort. Sci*, 127 [2011]:367–371.
156. **Monciero A. (1954)**. Contribution à l'étude du pollen et de la fécondation du palmier dattier.In : *Ann. de l'Inst. Agr. d'Algérie*, 8 [4] : 3-28.
157. **Montoroi J.P; Grünberger O; Snkchan S. Et Kungklang N. (2005)**. Estimation de la salinité des sols du Nord-est de la Thaïlande par électromagnétisme en domaine fréquentiel. In : « Actes du 5^e colloque de géophysique des sols et des formations superficielles, GEOFCAN, Orléans, 20-21 septembre 2005 », Université Pierre et Marie Curie, Paris, 60-64.
158. **Moore H. E. JR. (1963)**. The major groups of palms and their distribution. *Gentes Herb.* [112]: 27-141.
159. **Moughli (2000)**. Les engrais minéraux caractéristiques et utilisations N°72 Septembre Perspectives agricoles N°181-juin, 17-22.
160. **Moustephaoui T. et Bensaid R. (2014)**. Caractérisation des sols gypseux dans les zones arides par télédétection. Cas du sous-bassin versant d'oued Djedi-biskra. *Lebanese Science Journal*, N° 1[15]: 99-115.

161. **Munier P. (1973).** Le palmier dattier. Techniques agricoles et productions tropicales. Paris : Maisonneuve et Larose, 367 p.
162. **Mvondo A; Pauwels J; Vanranst E. et VERLOO M. (1992).** Manuel de laboratoire de pédologie, méthodes d'analyses de sol et de plante. Ed. Administration générale de la coopération au développement et ministère de l'enseignement supérieure de l'informatique et de la recherche scientifique, 177-198.
163. **Navarre J. (1974).** Manuel d'œnologie (2ème édition) baillier. Paris, 218 p.
164. **Nixon RW. (1954).** Metaxenia in dates. *Am.Soc. Hort. Sci.* 32[1934]:221-226.
165. **Othman A.M.A. (1995).** Prospective de développement et de protection du palmier dattier dans les pays arabe. The Arabecentre for the stuies of arides zones and dry land, 14p.
166. **Ouennoughi M. et Dubost D. (2005).** Le voyage forcé des dattiers en Nouvelle-Calédonie, *sécheresse*, vol, 16, N°4.
167. **Ouinten M. (1989).** Etude de quelques aspects physiologiques du déficit hydrique chez trois espèces de luzernes annuelles. Thèse. Ing. Agr.veg. El-Harrache. Alger, 62 p.
168. **Ould El Hadj M .D; Sebihi A.H et Siboukeur O. (2001).** Qualité Hygiénique et caractéristique physico-chimique du vinaigre traditionnel de quelque variété de dattes de la cuvette d'Ouargla .Rev. Enreg. Ren : *production et valorisation –Biomasse*, 87-92.
169. **Ozenda P. (1983).** Flore du Sahara, Ed centre national de la recherche scientifique, paris, 662p.
170. **Ozenda P. (1991).** Flore de sahara (3eme édition mise à jour et augmentée) Paris, Edition du CNRS, 662 p.
171. **Parida A.K. and Das A.B. (2005).** Salt tolerance and salinity effects on plants: *a review Ecotoxicology and Environmental safety*, 60[3]:324-349.
172. **Peyron G. (2000).** Cultiver la palmier dattier. Groupe de Recherche et d'Information pour le Développement de l'Agriculture d'Oasis, 109 p.
173. **Pintaud J.C; Zehdi S; Couvreur T; Barrow S; Henderson S; Aberlenc-Bertossi F; Tregear J. and Billote N. (2010).** Species delimitation in the Genus Phoenix (Arecaceae) based on SSR markers, with emphasis on the identity of the date palm. Diversity, phylogey, and evolution in the monocotyledon. Edited by seberg, Peterson, barfodans dais. Aarhus university press, dannark, 2010.
174. **Pouget M. (1969).** Contribution à l'étude des croutes et encroutement gypseux de nappe dans le sud tunisien. *Cah . ORSTOM, ser. Pédol.*, N°3-4[6]:362 p.

175. **Pouget M. (1968)**. Contribution a l'étude des croûtes et encroûtements gypseux de nappe dans le sud-tunisien", *Cahiers ORSTOM série pédologie* [6]: 309-365.
176. **Ramade F. (2003)**. Eléments d'écologie, écologie fondamentale. Ed .Dunod, Paris, 690 p.
177. **Raoul Calvet (2003)**. Le sol propriétés et fonctions-Tome 2 : Phénomènes physiques et chimiques, Applications agronomiques et environnementales. Editions France Agricole, 351p
178. **Razi M. (2006)**. Etude expérimentale de l'influence du gypse sur la dynamique du phosphore dans le sol et sa cinétique d'absorption par le ray-grass. Thèse.Doc Univ Batna, 194 p.
179. **Razi M. (1993)**. Contribution à l'étude de la valeur nutritive du jus de datte de quatre variétés molles (Ghars, Itima,Tanslit et Tekermoust) en comparaison avec le miel d'abeille Mém. Mag,I.T.A.S. Ouargla,166p.
180. **Reynes M; Bouabidi H; Piombo G. Et Risterucci A.M. (1994)**. Caractérisation des principales variétés de dattes cultivées dans la région du Djérid en Tunisie. *Fruit*, 49[4],289-298
181. Richards L.A. (1954). Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. *Agric. Handb* . N° 60 [1]. Us.
182. Rieu M; Touma J. and Guey R. (1992). Sodium - calcium exchange on Brazilian soils: modeling the variation of selectivity coefficients. *Soils. sci. Ann. J*, 1294-1300.
183. **Rouahna H. (2007)**. Relation entre les nappes et la salinité dans les sols gypseux de la région de Ain Ben Noui-biskra. Mém. Mag. Université de Batna, [28] :83 p.
184. **Rygg G.L. (1953)**. Factors affecting the spoilage of dates at room temperature. Annual report. *Date Growers Institute*, [30]:10-14.
185. **Saker M.M; Bekheets A; Tahah S; Fahmya S. and H.A. Moursy (1999)**. Detection of Somaclonal Variations in Tissue Culture-Derived Date Palm Plants Using Iso enzyme Analysis and RAPD Fingerprints. *Biologia Plantarum*. 43[3]:347-351.
186. **Saleh J. (2009)**. Yield and chemical composition of 'piarom' Date-Palm Phoenix dactylifera as affected by nitrogen and phosphorus levels. *International Journal of Plant Production (IJPP)*, [2]: 57-64.
187. **Samsoen M. (1941)**. Les eaux souterraines dans les territoires du Sud. Bull. Serv. Carte Géol. de l'Algerie, 3 ème Série, *Géologie Appliquée*, 6 e fascicule, [25] :164 p.

188. **Sawaya W.N; Khalil J.K; Safi W.M. and Al-Shalat A. (1983).** Physical and Chemical Characterization of three Saudi Date cultivars at various stages of development. *Can. Ins. Food. Sci. Thechnol .J.16*, [2] :87-93.
189. **Sedra MY.H. et Zirari A. (1998).** Rapport final des travaux de la convention établie entre l'Office Régional de Mise en Valeur Agricole de Ouarzazate (ORMVAO) et l'Institut National de Recherche Agronomique (INRA) durant les années 1997-98 sur la conduite de la culture du palmier, 76 pp.
190. **Sedra MY.H. (2003).** Culture du Palmier Dattier et caractérisation et classement des principales variétés mauritaniennes. Edition OADA, 261 pp.
191. **Senni R. (1995).** Contribution à l'étude de la résistance à la sécheresse chez le blé dur (*T. aestivum* L.) et chez le blé tendre (*T. aestivum* L.) et chez l'orge (*Hordeum vulgare* L.), étude de l'accumulation de la proline sous l'effet du stress hydrique. Mémoire Ing.Agr. I.N.F.S.A.S., Ouargla, 62 p.
192. **Servant J.M. (1975).** Etude pédologique des sols halomorphes. Thèse. Doc. Uni. Montpellier, 194p.
193. **Servant J.M. (1978).** La salinité dans le sol et les eaux caractérisation et problèmes d'irrigation drainage. *Bull. B.R. G. M. sect III. N ° 2*, 123- 142.
194. **Siboukeur O. (1997).** Qualité nutritionnelle, hygiénique et organoleptique du jus de dattes – thèse Magister, INA. El –Harrach, Alger ,106 p.
195. **Sinclair W.D; Bartholomew E.T. and Bliss D.E. (1981).** Composition of Date as affected by soil fertilizer. University of California. Citrus institute, 16, 11-16.
196. **Sogreah (1971).** Etude pédoclimatique des palmeraies de l'Oued R'hir en vue de leur mise en valeur ,213p.
197. **Soliman S.S. and Osman S.M. (2003).** Effect of nitrogen and potassium fertilization on yield, fruit quality and some nutrients content of Samany date palm. *Annals Agric. Sci., Ain Shams Univ.*, Cairo, 48[1]: 283-296.
198. **Stewart P. (1969).** Quotient pluviométrique et dégradation biosphérique, quelques réflexions. *Bull. Soc. Hist. Afr. du Nord*, 24-25.
199. **Tir CH. (2007).** Genèse des sols à accumulation gypso-calcaire et saline, dans la région de Ain Ben Noui (Biskra). Thèse Mag. INA, El Harrach, [30]:105 p.
200. **Tortora G.J. et Anagnostakos N.P. (1987).** Principe d'anatomie et de physiologie. Ed. INC, 5^{ème} édition, 688-693.
201. **Toutain G; Dolle et Ferry (1985).** Situation des systèmes oasiens en régions chaudes. *Les chaires de la recherche développement*, [22]:3-14.

202. **Toutain G. (1977).** Eléments d'agronomie saharienne, de la recherche au développement INRA, Paris, 276 p.
203. **Toutain G. (1967).** Le palmier dattier. Culture et production. *I.N.R.A.M., Al Awama*, 83-151.
204. **Touzi A. (1996).** Valorisation des Produits et Sous-produits de la Datte par les Procédés Biotechnologiques', Proceedings du Séminaire Méditerranéen : Le Palmier Dattier dans l'Agriculture d'Oasis des Pays Méditerranéens. *Options Méditerranéennes*, N°28, 1996.
205. **UNESCO (1960).** Les plantes médicinales des régions arides. Recherches sur les zones arides, Paris, 99 p.
206. **Vana Alphen J.G. et Rios Romero F. (1971).** Gypsiferrous soils. Notes on their management. Bulletin 12. International institute for land reclamation and improvement wageningen .The Nether lands, 44p.
207. **Vilkas M. (1993).** Vitamines .Ed. HERMANN, 158p.
208. **Whiterhead (2000).** Nutrient elements in grassland: Soil-Plant-Animal relationships. CABI Publishing, Wallingford UK, 369p.
209. **Yahiaoui K. (1998).** Caractérisation physico- chimique et brunissement de la datte Deglet-Nour au cours de la maturation. Thèse Mag, INA.El-Harrach , Alger,103p.
210. **Yousseft and Awad M.A. (2008).** Mechanisms of Enhancing Photosynthetic Gas Exchange in Date Palm Seedlings (*Phoenix dactylifera* L.) under Salinity Stress by a 5-Aminolevulinic Acid-based Fertilizer. *J. Plant Growth Regulation*, 27[1]:1-9.
211. **Youssif A.K; Morton I.D. and Mustafa A.I. (1989).** Studies on date paste. I. Evaluation and Standardization. In: Proceedings of the Second Symposium on the Date Palm in Saudi Arabia. King Faisal University, Al-Hassa. Riyadh, Saudi Arabia: Mars Publishing House, 85–91
212. Zahow M.F. et Amerhein C. (1992). Reclamation of saline soil using synthetic polymers and gypsum soil .science. *Society of America journal*.56 [4]:1257-1260.
213. **Zohary Det HOPF N. (1988).** Fruits trees and nuts in domestication of plants in the old word. Oxford Soc. *Clarendon Press Publications*, 146-149.
- 214.
215. إبراهيم, عبد الباسط عودة (2008) . نخلة التمر شجرة الحياة . المركز العربي لدراسات المناطق الجافة و الأراضي القاحلة. دمشق – سوريا , 390 صفحة

216. إبراهيم ، عبد الباسط عودة ، هيفاء جاسم التميمي ، وابتهاج حنظل التميمي (2001). تأثير مستويات ومواعيد التسميد النتروجيني والفوسفاتي في الصفات الإنتاجية لنخلة التمر صنف الحلاوي . مجلة البصرة لأبحاث نخلة التمر . المجلد 1 – العدد 1 : 86 – 92
217. البكر ، عبد الجبار (1972). نخلة التمر ، ماضيها وحاضرها والجديد في زراعتها وتجاريتها / بغداد – مطبعة العاني
218. دسوقي ، إبراهيم وعبد العظيم الحمادي (1998). تأثير التسميد البوتاسي في محصول وخواص ثمار البلح السيوي ، إصدارات الندوة العلمية لبحوث النخيل : (106 – 115) المملكة المغربية – مراكش 16 – 18 / 2 1998/

ANNEXES

ANNEXE 1

Tableau 1: Températures (Moyenne) mensuelles à Biskra pour la période (1998-2012)

	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juill	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
Température (°C)	11.2	13	17.3	20.9	26.2	30.9	34.3	33.9	28.5	23.6	16.2	11.9

(Source : station météorologique de Biskra)

Tableau 2 : Précipitations moyennes mensuelles en (mm) à Biskra pour la période (1998-2012).

	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juill	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
Pluviométrie (mm)	18.7	3.7	9.2	12.8	9.4	2.3	1.0	2.0	13.7	7.1	10.9	12.7

(Source : station météorologique de Biskra)

Tableau 3: La vitesse du vent enregistrée en km/h Biskra pour la période (1998-2012).

	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juill	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
Vent (km/h)	16,1	31,6	15,7	16,9	15,9	14,6	10,6	10,9	11,0	12,0	13,1	11,7

(Source : station météorologique de Biskra)

Tableau 4: Humidité moyenne en pourcentage pour Biskra pour la période (1998-2012).

	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juill	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
Humidité (%)	46,74	44,36	36,23	39,03	25,65	25,23	19	24,1	31,13	35,94	49,33	38,74

(Source : station météorologique de Biskra)

ANNEXE 2

Tableau 5. Les propriétés physiques et physico-chimiques du profil 1

Profil 1	Gypse	Calcaire Total (%)	Calcaire Actif (%)	MO (%)	Azote (%)	Phosphore (ppm)	GRANULOMÉTRIE		
							A%	L%	S%
H1	58.8	08.49	04.62	0.72	0.036	70.74	24.44	28.78	46.77
H2	64.68	16.13	05.87	0.39	0.02	36.79	21.72	27.95	50.34
H3	47.04	22.49	07.12	01.21	0.06	38.20	24.24	32.07	43.69

Tableau 6. Les propriétés physiques et physico-chimiques du profil 2

Profil 2	Gypse	Calcaire Total (%)	Calcaire Actif (%)	MO (%)	Azote (%)	Phosphore (ppm)	GRANULOMÉTRIE		
							A%	L%	S%
H1	57.33	02.75	04.50	01.19	0.060	63.67	25.05	31.04	43.91
H2	60.27	15.28	06.50	01.39	0.070	35.37	28.69	33.98	37.33
H3	61.74	16.16	06.00	0.99	0.050	56.93	24.55	40.75	34.70

Tableau 7. Les propriétés physiques et physico-chimiques du profil 3

Profil 3	Gypse	Calcaire Total (%)	Calcaire Actif (%)	MO (%)	Azote (%)	Phosphore (ppm)	GRANULOMÉTRIE		
							A%	L%	S%
H1	47.04	07.64	05.87	0.86	0.043	49.52	02.00	52.50	45.50
H2	64.68	21.65	03.50	0.99	0.050	29.71	25.10	30.55	44.35
H3	61.74	23.34	05.37	01.72	0.086	29.05	33.48	25.52	41.00

Tableau 8. Les propriétés physiques et physico-chimiques du profil 4

Profil 4	Gypse	Calcaire Total (%)	Calcaire Actif (%)	MO (%)	Azote (%)	Phosphore (ppm)	GRANULOMÉTRIE		
							A%	L%	S%
H1	60.10	07.64	03.87	0.53	0.027	42.44	27.42	29.24	43.34
H2	65.35	06.36	04.87	0.66	0.033	46.69	24.14	0.90	74.96
H3	66.15	25.04	05.75	01.06	0.053	55.18	24.24	18.03	57.73

Tableau 9 : Distribution de la salinité moyenne du nord au sud (CEps en dS.m-1)

Classes	P1	P2	P3
0-20	14.355	15.62	18.86
20-40	6.435	10.94	17.31
40-60	5.965	9.64	10.285

Tableau 10: La conductivité électrique des eaux d'irrigation

Forages	CE	PH
F1 (300)	3.93	7.04
F2 (70m)	5.87	7.09
F3 (80m)	7.8	7.1

Tableau 11 : la conductivité électrique (Ps) de l'horizon de surface.

Place/WP name	Description	Longitude	Latitude	CE (PS)
1	0 - 20	5.63641	34.7797	29.23
2	0 - 20	5.63695	34.7798	20.64
3	0 - 20	5.63749	34.7799	5.92
4	0 - 20	5.63802	34.7799	24.02
5	0 - 20	5.63822	34.7795	2.32
6	0 - 20	5.63768	34.7794	6.44
7	0 - 20	5.63714	34.7794	65.55
8	0 - 20	5.63661	34.7793	5.14
9	0 - 20	5.63685	34.7789	4.88
10	0 - 20	5.63738	34.779	0.98
11	0 - 20	5.63792	34.779	1.63
12	0 - 20	5.63845	34.7791	1.63
13	0 - 20	5.63864	34.7787	3.19
14	0 - 20	5.6381	34.7786	8.79
15	0 - 20	5.63756	34.7785	1.89
16	0 - 20	5.63702	34.7785	14.65
17	0 - 20	5.63724	34.778	73.63
18	0 - 20	5.63778	34.7781	4.1
19	0 - 20	5.63832	34.7782	6.7
20	0 - 20	5.63885	34.7783	4.49
21	0 - 20	5.63903	34.7779	6.58
22	0 - 20	5.63849	34.7778	13.6
23	0 - 20	5.63802	34.7777	0.85
24	0 - 20	5.63749	34.7776	59.57
25	0 - 20	5.63764	34.7772	27.41
26	0 - 20	5.63818	34.7773	20.25
27	0 - 20	5.6387	34.7774	42.32
28	0 - 20	5.63924	34.7774	17.51
29	0 - 20	5.63945	34.777	0.06
30	0 - 20	5.63893	34.7769	18.03
31	0 - 20	5.63839	34.7769	5.66

32	0 - 20	5.63785	34.7768	3.97
33	0 - 20	5.63807	34.7762	4.88
34	0 - 20	5.63849	34.7764	5.14
35	0 - 20	5.63898	34.7765	8.53
36	0 - 20	5.63954	34.7766	6.44
37	0 - 20	5.6398	34.7762	11.65
38	0 - 20	5.63925	34.7762	15.04
39	0 - 20	5.63875	34.776	6.05
40	0 - 20	5.63828	34.7758	6.71
41	0 - 20	5.63849	34.7754	5.4
42	0 - 20	5.639	34.7755	16.21
43	0 - 20	5.63949	34.7757	16.08
44	0 - 20	5.64005	34.7758	55.53
45	0 - 20	5.63975	34.7753	5.53
46	0 - 20	5.63925	34.7751	6.05
47	0 - 20	5.63875	34.775	17.64
48	0 - 20	5.64057	34.775	15.43
49	0 - 20	5.64003	34.7749	17.77
50	0 - 20	5.63952	34.7748	9.18
51	0 - 20	5.63901	34.7746	9.18
52	0 - 20	5.63924	34.7742	12.3
53	0 - 20	5.63975	34.7744	19.46
54	0 - 20	5.64026	34.7745	23.11
55	0 - 20	5.64081	34.7746	25.84
56	0 - 20	5.64103	34.7742	8.79
57	0 - 20	5.64046	34.7741	14.78
58	0 - 20	5.63995	34.774	8.01
59	0 - 20	5.63945	34.7738	68.55
60	0 - 20	5.63967	34.7734	9.83
61	0 - 20	5.64019	34.7735	9.31
62	0 - 20	5.64071	34.7737	11.65
63	0 - 20	5.64124	34.7738	22.07
64	0 - 20	5.63966	34.7729	7.75

65	0 - 20	5.64018	34.773	21.94
66	0 - 20	5.6407	34.7732	24.67
67	0 - 20	5.64122	34.7733	101.23
68	0 - 20	5.64173	34.7735	9.57
69	0 - 20	5.64193	34.7731	8.79
70	0 - 20	5.64142	34.7729	28.58
71	0 - 20	5.6409	34.7728	9.18
72	0 - 20	5.64038	34.7726	8.01
73	0 - 20	5.63986	34.7724	6.71
74	0 - 20	5.64245	34.7732	10.22
75	0 - 20	5.64225	34.7736	12.95
76	0 - 20	5.64175	34.774	14.26
77	0 - 20	5.64153	34.7744	11.91
78	0 - 20	5.6413	34.7748	18.94
79	0 - 20	5.64106	34.7752	19.73
80	0 - 20	5.6408	34.7756	13.87
81	0 - 20	5.64031	34.7754	30.53

Tableau 12 : la conductivité électrique (Ps) de l'horizon de sub- surface.

Place/WP name	Description	Latitude	Longitude	CE (PS)
1	20 - 40	34.7797	5.63641	4.1
2	20 - 40	34.7798	5.63695	13.74
3	20 - 40	34.7799	5.63749	3.84
4	20 - 40	34.7799	5.63802	11.65
5	20 - 40	34.7795	5.63822	3.19
6	20 - 40	34.7794	5.63768	7.49
7	20 - 40	34.7794	5.63714	47.72
8	20 - 40	34.7793	5.63661	1.89
9	20 - 40	34.7789	5.63685	2.41
10	20 - 40	34.779	5.63738	3.19
11	20 - 40	34.779	5.63792	2.54
12	20 - 40	34.7791	5.63845	2.02
13	20 - 40	34.7787	5.63864	3.45

14	20 - 40	34.7786	5.6381	6.7
15	20 - 40	34.7785	5.63756	3.32
16	20 - 40	34.7785	5.63702	5.79
17	20 - 40	34.778	5.63724	5.66
18	20 - 40	34.7781	5.63778	2.67
19	20 - 40	34.7782	5.63832	2.02
20	20 - 40	34.7783	5.63885	2.41
21	20 - 40	34.7779	5.63903	6.97
22	20 - 40	34.7778	5.63849	6.58
23	20 - 40	34.7777	5.63802	2.93
24	20 - 40	34.7776	5.63749	44.85
25	20 - 40	34.7772	5.63764	21.55
26	20 - 40	34.7773	5.63818	17.12
27	20 - 40	34.7774	5.6387	8.66
28	20 - 40	34.7774	5.63924	7.88
29	20 - 40	34.777	5.63945	1.89
30	20 - 40	34.7769	5.63893	14.26
31	20 - 40	34.7769	5.63839	11.78
32	20 - 40	34.7768	5.63785	3.45
33	20 - 40	34.7762	5.63807	7.23
34	20 - 40	34.7764	5.63849	5.92
35	20 - 40	34.7765	5.63898	5.92
36	20 - 40	34.7766	5.63954	8.14
37	20 - 40	34.7762	5.6398	8.92
38	20 - 40	34.7762	5.63925	4.62
39	20 - 40	34.776	5.63875	9.31
40	20 - 40	34.7758	5.63828	8.4
41	20 - 40	34.7754	5.63849	7.49
42	20 - 40	34.7755	5.639	7.23
43	20 - 40	34.7757	5.63949	24.28
44	20 - 40	34.7758	5.64005	24.28
45	20 - 40	34.7753	5.63975	4.75
46	20 - 40	34.7751	5.63925	6.57
47	20 - 40	34.775	5.63875	11
48	20 - 40	34.775	5.64057	9.57
49	20 - 40	34.7749	5.64003	17.64

50	20 - 40	34.7748	5.63952	7.23
51	20 - 40	34.7746	5.63901	10.09
52	20 - 40	34.7742	5.63924	10.74
53	20 - 40	34.7744	5.63975	16.73
54	20 - 40	34.7745	5.64026	22.33
55	20 - 40	34.7746	5.64081	12.56
56	20 - 40	34.7742	5.64103	7.49
57	20 - 40	34.7741	5.64046	21.57
58	20 - 40	34.774	5.63995	7.36
59	20 - 40	34.7738	5.63945	64.51
60	20 - 40	34.7734	5.63967	13.48
61	20 - 40	34.7735	5.64019	8.01
62	20 - 40	34.7737	5.64071	10.09
63	20 - 40	34.7738	5.64124	10.35
64	20 - 40	34.7729	5.63966	10.61
65	20 - 40	34.773	5.64018	10.22
66	20 - 40	34.7732	5.6407	11.52
67	20 - 40	34.7733	5.64122	11.26
68	20 - 40	34.7735	5.64173	10.32
69	20 - 40	34.7731	5.64193	7.09
70	20 - 40	34.7729	5.64142	20.77
71	20 - 40	34.7728	5.6409	8.01
72	20 - 40	34.7726	5.64038	6.84
73	20 - 40	34.7724	5.63986	8.92
74	20 - 40	34.7732	5.64245	11.39
75	20 - 40	34.7736	5.64225	12.82
76	20 - 40	34.774	5.64175	8.58
77	20 - 40	34.7744	5.64153	7.62
78	20 - 40	34.7748	5.6413	8.66
79	20 - 40	34.7752	5.64106	19.86
80	20 - 40	34.7756	5.6408	11.65
81	20 - 40	34.7754	5.64031	14.51

Tableau 13 : la conductivité électrique (Ps) de l'horizon de profondeur.

Place/WP name	Description	Latitude	Longitude	CE (PS)
1	40 - 60	34.7797	5.63641	3.06
2	40 - 60	34.7798	5.63695	15.04
3	40 - 60	34.7799	5.63749	6.57
4	40 - 60	34.7799	5.63802	7.49
5	40 - 60	34.7795	5.63822	3.19
6	40 - 60	34.7794	5.63768	3.97
7	40 - 60	34.7794	5.63714	26.89
8	40 - 60	34.7793	5.63661	3.32
9	40 - 60	34.7789	5.63685	6.18
10	40 - 60	34.779	5.63738	1.11
11	40 - 60	34.779	5.63792	2.02
12	40 - 60	34.7791	5.63845	2.67
13	40 - 60	34.7787	5.63864	0.98
14	40 - 60	34.7786	5.6381	4.62
15	40 - 60	34.7785	5.63756	4.62
16	40 - 60	34.7785	5.63702	4.49
17	40 - 60	34.778	5.63724	4.75
18	40 - 60	34.7781	5.63778	5.66
19	40 - 60	34.7782	5.63832	11.52
20	40 - 60	34.7783	5.63885	4.49
21	40 - 60	34.7779	5.63903	4.62
22	40 - 60	34.7778	5.63849	13.87
23	40 - 60	34.7777	5.63802	2.02
24	40 - 60	34.7776	5.63749	20.25
25	40 - 60	34.7772	5.63764	18.55
26	40 - 60	34.7773	5.63818	7.88
27	40 - 60	34.7774	5.6387	8.92
28	40 - 60	34.7774	5.63924	18.03
29	40 - 60	34.777	5.63945	4.75
30	40 - 60	34.7769	5.63893	11.52

31	40 - 60	34.7769	5.63839	0.45
32	40 - 60	34.7768	5.63785	4.88
33	40 - 60	34.7762	5.63807	5.53
34	40 - 60	34.7764	5.63849	5.01
35	40 - 60	34.7765	5.63898	9.44
36	40 - 60	34.7766	5.63954	7.62
37	40 - 60	34.7762	5.6398	9.57
38	40 - 60	34.7762	5.63925	5.92
39	40 - 60	34.776	5.63875	6.31
40	40 - 60	34.7758	5.63828	9.57
41	40 - 60	34.7754	5.63849	5.66
42	40 - 60	34.7755	5.639	9.57
43	40 - 60	34.7757	5.63949	6.05
44	40 - 60	34.7758	5.64005	24.15
45	40 - 60	34.7753	5.63975	40.04
46	40 - 60	34.7751	5.63925	13.48
47	40 - 60	34.775	5.63875	11.78
48	40 - 60	34.775	5.64057	8.79
49	40 - 60	34.7749	5.64003	13.77
50	40 - 60	34.7748	5.63952	9.57
51	40 - 60	34.7746	5.63901	8.27
52	40 - 60	34.7742	5.63924	10.61
53	40 - 60	34.7744	5.63975	12.3
54	40 - 60	34.7745	5.64026	6.44
55	40 - 60	34.7746	5.64081	11.13
56	40 - 60	34.7742	5.64103	9.05
57	40 - 60	34.7741	5.64046	11.26
58	40 - 60	34.774	5.63995	7.36
59	40 - 60	34.7738	5.63945	8.53
60	40 - 60	34.7734	5.63967	12.17
61	40 - 60	34.7735	5.64019	10.61
62	40 - 60	34.7737	5.64071	9.83
63	40 - 60	34.7738	5.64124	16.21
64	40 - 60	34.7729	5.63966	12.04
65	40 - 60	34.773	5.64018	10.87

66	40 - 60	34.7732	5.6407	11.52
67	40 - 60	34.7733	5.64122	7.36
68	40 - 60	34.7735	5.64173	8.27
69	40 - 60	34.7731	5.64193	8.66
70	40 - 60	34.7729	5.64142	9.83
71	40 - 60	34.7728	5.6409	7.49
72	40 - 60	34.7726	5.64038	10.35
73	40 - 60	34.7724	5.63986	10.22
74	40 - 60	34.7732	5.64245	10.09
75	40 - 60	34.7736	5.64225	11.39
76	40 - 60	34.774	5.64175	9.96
77	40 - 60	34.7744	5.64153	9.7
78	40 - 60	34.7748	5.6413	11.91
79	40 - 60	34.7752	5.64106	4.88
80	40 - 60	34.7756	5.6408	13.74
81	40 - 60	34.7754	5.64031	32.09

PUBLICATION
