



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

# MÉMOIRE DE MASTER

Science de la Nature et de la Vie  
Sciences Agronomiques  
**Hydro-pédologie**

Réf. : Entrez la référence du document

---

Présenté et soutenu par :  
**Mr, OUSSAMA BOUZARIATA**

Le : dimanche 24 juin 2018

## **Contribution à l'étude du statut du potassium assimilable d'un sol oasien (Cas des oasis des Ziban)**

---

### Jury :

Mlle. HIOUANI F	MCA	Université de Biskra	Président
Mr. KHECHAI S	MAA	Université de Biskra	Rapporteur
Mr. AISSAOUI H	MAA	Université de Biskra	Examineur

# **INTRODUCTION**

---

Année universitaire : 2017 - 2018

# REMERCIEMENTS

JE TIENS À REMERCIER ET EXPRIMER MA PROFONDE  
GRATITUDE AU CHEF DE DÉPARTEMENT DES SCIENCES  
AGRONOMIQUES ET L'ENSEMBLE DES ENSEIGNANTS POUR  
LEURS ENCOURAGEMENTS ET LEURS PRÉCIEUX CONSEILS.  
QU'IL ME SOIT PERMIS DE REMERCIER PROFONDÉMENT MON  
ENCADREUR MR. **KHECHAI SALIM**, L'ÉQUIPE DE LA DSA DE  
BESKRA POUR LEURS ENCOURAGEMENTS ET LEURS ET  
**HRAKI** À AIN NAGA PRÉCIEUSES ORIENTATIONS ET CONSEILS.  
MES REMERCIEMENTS S'ADRESSENT ; ÉGALEMENT ; À  
L'ÉQUIPE DE ITDAS DE BESKRA ; NOTAMMENT À LE  
DIRECTEUR; IL ENRICHI CETTE MÉMOIRE PAR CES CONSEILS  
ET CES INFORMATIONS PRÉCIEUSES.

### Dédicace

*Je dédie ce travail :*

*A mes parents mes premiers encadrant depuis ma naissance,*

*A ma très chère mère, quelle trouve ici l'hommage de ma gratitude qui, si grande qu'elle puisse être, ne sera à l'hauteur de ces sacrifices et ses prière pour moi ;*

*A mon frères : islâm et ma chère soeur Rayen à qui je souhaite beaucoup de réussite et de bonheur ;*

*A mes meilleur amis : Abidine, Abde raouf, Aimen, Amine, Sami, et tous ceux que j'aime et tous qui m'aiment ;*

*A mon chère copain Slimane, et tous mes camarades de la promo 2018;  
Et tous que j'ai oubliés.*

*Une spéciale dédicace à une personne qui a été très paternaliste avec moi Mr.khechai Salim. ;  
Trouvez dans ce modeste travail mes sincères gratitudes et reconnaissances.*

# Sommaire

Remerciements	
Dédicace	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des abréviations	
Introduction.....	1

## **PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE**

### **CHAPITRE I : PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE**

1. L'étude climatique .....	3
1.1 Les données climatiques.....	3
1.1.1. Température .....	3
1.1.2. Précipitation.....	4
1.1.3. Les vents.....	4
1.1.4. L'Humidité.....	6
1.2- Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN .....	6
1.3- Quotient pluviométrique d'Emberger.....	7
2. Le sol .....	10
2.1. Sol des milieux arides.....	10
2.2 .Sol de la wilaya de Biskra.....	10
2.2.1. Sol calcaire .....	10
2.2.2. Sol gypseux .....	11
2.2.3. Sol salé .....	12
2.2.4. Les accumulation dunaires.....	12
2.2.5. Les sols alluvionnaires .....	13
3. l'Hydrogéologie.....	13
3.1. Nappe phréatique du quaternaire.....	13

## **INTRODUCTION**

---

3.2. Nappe profonde (albienne).....	14
3.3. Nappe calcaire .....	14
3.4. Nappe miopliocène .....	14
4. La végétation .....	14

## **CHAPITRE II : GÉNÉRALITÉS SUR LE STATUT DU POTASSIUM**

1. Propriétés chimiques du potassium .....	16
2. Origine du potassium.....	16
2.1- Potassium des minéraux silicatés.....	17
2.2- Potassium échangeable.....	17
2.3- Potassium rétrogradé.....	18
2.4-Potassium associé aux matières organiques.....	18
2.5- Engrais potassiques .....	18
3- Teneur du sol en potassium total.....	19
4- Concepts de capacité, intensité et pouvoir tampon potassiques des sols.....	20
5- Critères d'évaluation de la richesse des sols en potassium .....	20
5.1- C.E.C.....	20
5.2- Taux de saturation.....	21
5.3- Potassium échangeable .....	21
6- Dynamisme et disponibilité du potassium dans le sol.....	21
7 -Facteurs de disponibilité du potassium dans le sol.....	22
8. Rôles du potassium dans le fonctionnement métabolique de la cellule végétale...22	
9- Alimentation des plantes en potassium.....	25
9.1- Pompe sodium-potassium ou Na <sup>+</sup> -K <sup>+</sup> ATPase .....	25
9.2. Phénomène d'antagonisme.....	25
9.3- Phénomène de synergie.....	26
10- Carence et toxicité potassique .....	26.

## **PARTIE EXPÉRIMENTALE**

# **INTRODUCTION**

---

## **CHAPITRE I : MATÉRIELS ET MÉTHODES**

I. Dispositif expérimental.....	29
II. Echantillonnage.....	29
III. Analyses de laboratoire.....	29
1/Dosage du $\text{Cl}^-$ .....	29
2/Bicarbonates et carbonates $\text{HCO}_3^-$ .....	30
3/Dosage des sulfates $\text{SO}_4^-$ .....	31
4/ Dosage du $\text{Ca}^{++}$ et $\text{Mg}^{++}$ .....	32
4.1/ Dosage du $\text{Ca}^{++}$ .....	32
4.2/ Dosage du $\text{Ca}^{++}$ et $\text{Mg}^{++}$ .....	32
5/ Dosage du $\text{Na}^+$ et $\text{K}^+$ .....	33
6/Dosage des nitrates .....	34
7/Dosage du phosphore .....	36

## **CHAPITRE II : RÉSULTATS ET DISCUSSION**

1. Sol du palmier témoin (P1H1).....	39
2. Sol du palmier 2 (P2H1).....	39
3. Sol du palmier 3 (P3H1).....	40
4. Sol du palmier 4 (P4H1).....	41
5. Sol du palmier 5 (P5H1).....	42
Conclusion.....	46
Reference bibliographiques.....	48

## LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Températures moyennes mensuelles à Biskra pour la période (1998-2010).....	3
Figure 2 : Précipitations annuelles totales en (mm) à Biskra pour la période (1998-2010)...	4
Figure 3: La vitesse du Vent enregistrée en km/h durant l'année (2010).....	5
Figure 4: Humidité moyenne en pourcentage pour l'année (2010).....	6
Figure 5 : Diagramme ombrothermique de Gaussen de la région de Biskra .....	7
Figure 6: Le climagramme du quotient pluviométrique Q2 d'EMBERGER Pour le climat méditerranéen durant la période (1977 – 2001).....	9
Figure 7 .Carence en potassium chez des poinsettias.....	27
Figure 8 .Carence en potassium chez la tomate.....	27
Figure 9 .Aspect brillant chez la pomme de terre.....	27
Figure 10. Aspect métallique chez la pomme de terre.....	27
Figure 11. Diagramme de Piper.....	43
Figure 12. Diagramme de Schoeller.....	43
Figure 13. Risque d'alcalinisation.....	43
Figure 14 .Teneurs des cations solubles.....	44
Figure 15 .Teneurs du Na <sup>+</sup> et K <sup>+</sup> échangeables.....	44
Figure 16 .Teneurs des anions solubles.....	45

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Températures (Moyenne) mensuelles à Biskra pour la période (1998-2010)...	3
Tableau 2 : Précipitations moyennes mensuelles en (mm) à Biskra pour la période (1998-2010).....	4
Tableau 3: La vitesse du vent enregistrée en km/h durant l'année (2010).....	5
Tableau 4: Humidité moyenne en pourcentage pour l'année(2010).....	6
Tableau 5. Caractéristiques de quelques ions chimiques.....	16
Tableau 6.Teneur du K des minéraux silicatés.....	17
Tableau 7 .Niveau de fertilité des sols en $K^+$ .....	19
Tableau 8 .Niveau de fertilité des sols .....	20
Tableau 9 .Classes d'état de saturation des sols .....	21
Tableau 10 .préparation des solutions mère pour l'analyse de nitrate.....	35
Tableau 11. Composition chimique du sol pour le P1H1.....	39
Tableau 12. Composition chimique du sol pour le P2H1.....	40
Tableau 13. Composition chimique du sol pour le P3H1.....	41
Tableau 14. Composition chimique du sol pour le P4H1.....	42
Tableau 15. Composition chimique du sol pour le P5H1.....	42

## LISTE DES ABRÉVIATIONS

P1H1 : palmier numéro 1, l'horizon 1

P2H1 : palmier numéro 2, l'horizon 1

P3H1 : palmier numéro 3, l'horizon 1

P4H1: palmier numéro 4, l'horizon 1

P5H1: palmier numéro 5, l'horizon 1

CEC: capacité d'échange cationique

## INTRODUCTION

Le potassium (K) est un macroélément indispensable pour la vie des plantes, des animaux et la nutrition humaine (Simonsson et *al*, 2009). Il est nécessaire pour le fonctionnement de toutes les cellules vivantes, et est donc présent dans tous les tissus végétaux et animaux. Il est requis en grandes quantités par les plantes, les animaux et les humains car il joue un rôle critique dans nutrition et physiologie de la plante (Hamdallah, 2004). En effet, de nombreuses plantes absorbent fréquemment plus de potassium que l'azote et le phosphore, Il est extrait en grandes quantités par des systèmes de culture intensive (Panaullah et *al*, 2006) et est donc régulièrement appliqué aux terres agricoles dans de nombreuses régions (Rangel, 2008).

Selon Hellali, (2002), le potassium intervient dans certains processus physiologiques chez la plante, il peut jouer le rôle d'un stabilisateur de pH. En fait, c'est un cation très abondant dans le cytoplasme. Il équilibre les anions immobiles dans le cytoplasme, les anions mobiles dans les vacuoles ainsi que les anions mobiles dans le xylème et le phloème.

Selon le même auteur, Le potassium joue également un rôle osmo-régulateur indispensable pour le maintien du statut de l'eau dans les cellules. Il intervient dans la réduction de la transpiration. Aussi, l'ouverture des stomates est conditionnée par une concentration élevée en  $K^+$  dans les cellules (Terry et al, 1973).

Ainsi, des teneurs élevées en potassium peuvent entraîner la dissociation des sous-unités ribosomiques, induisant un arrêt de la synthèse des protéines et une accumulation des acides organiques. Les teneurs élevées sont aussi accompagnées d'une baisse de magnésium qui constitue 25 % des protéines dans les chloroplastes des feuilles). (Jordan-Meille, , 2012). Il joue aussi un rôle important dans l'élongation des cellules et leur accroissement, par la formation de grandes vacuoles dans lesquelles s'accumule le  $K^+$ , au niveau des fruits où les vacuoles occupent 90 % du volume de la cellule ( Roshani et *al*, 2010).

Dans les sols, le potassium se trouve généralement sous forme soluble, échangeable, non échangeable, et  $K^+$  dans les minéraux, Ces Différentes formes de potassium sont en équilibre entre eux (Jalali 2007). Plus de 95% du potassium dans les sols est contenue dans les minéraux primaires et secondaires, y compris les feldspaths, les muscovites, les biotites et les illites (Olaitan et Lombin, 1984). Tandis que le  $K^+$  facilement assimilables constitue 1 à 2% du potassium total du sol (Brady et Weil, 2002). Defoer et al. (1998) ont noté que ces minéraux sont assez résistants à l'altération et qu'ils libèrent donc très lentement cet élément. le potassium structural est en équilibre avec les formes potassique et agit par conséquent comme un réservoir important de K (Srinivasarao et *al*, 2010).

## INTRODUCTION

---

Ainsi, Munsuz *et al.* (1996), Ogaard et Krogstad (2005) ont montré que le  $K^+$  des micas et les argiles primaires alimentent constamment la solution du sol en potassium. Cependant Askegaard et Eriksen, (2000) ont également signalé que les pertes de cet élément sont dues à l'absorption des plantes et la lixiviation en dessous de la zone racinaire.

A ce propos, il existe nombreux travaux traitant l'état du potassium dans les sols (Kayser *et al.*, 2012; Zinabu, 2016; Guillaume *et al.*, 2017; Grewal *et al.*, 2017 ; Pradip Dey ,2017 ; Ait Mechedal *et al.*, 2017),). Cependant peu d'études qui sont intéressés au statut potassique d'un sol oasien.

Dans ce contexte, pour une meilleure gestion agronomique du potassium dans un sol oasien s'inscrit notre étude qui vise à évaluer le statut du potassium assimilable (soluble et échangeable) aux cours d'une fertilisation potassique pour une compréhension de la dynamique  $K^+$  dans différents stades de maturité de la datte Deglet- Nour.

# INTRODUCTION

## 1. L'étude climatique

### 1.1. Les données climatiques

D'après (Khechai, 2001), la région de Biskra appartient à l'étage bioclimatique aride à hiver chaud. La pluviométrie moyenne est de 125 mm, avec des maxima de 21 mm, en hiver et des minima de 0.38 mm, en été. Les températures sont très élevées en été (40°) et modérées en hiver (8°).

#### 1.1.1. Température

Tableau 1: Températures (Moyenne) mensuelles à Biskra pour la période (1998-2010)

(Source : station météorologique de Biskra)

	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	34.5	33.9	28.5	23.6	16.2	11.9

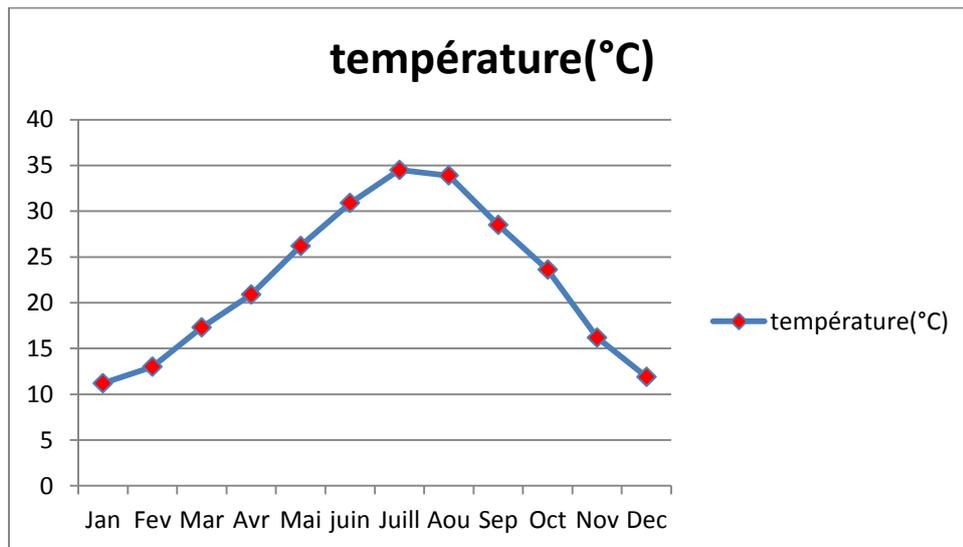


Figure 1 : Températures moyennes mensuelles à Biskra pour la période (1998-2010)

D'après la figure (1) la région de Biskra est caractérisée par des températures avec une moyenne annuelle de (22.34°C). Ce paramètre présente une grande alternance durant cette période ; la température la plus élevée est enregistrée au mois de Juillet (34.5°C), et la plus faible au mois de Janvier (11.2°C).

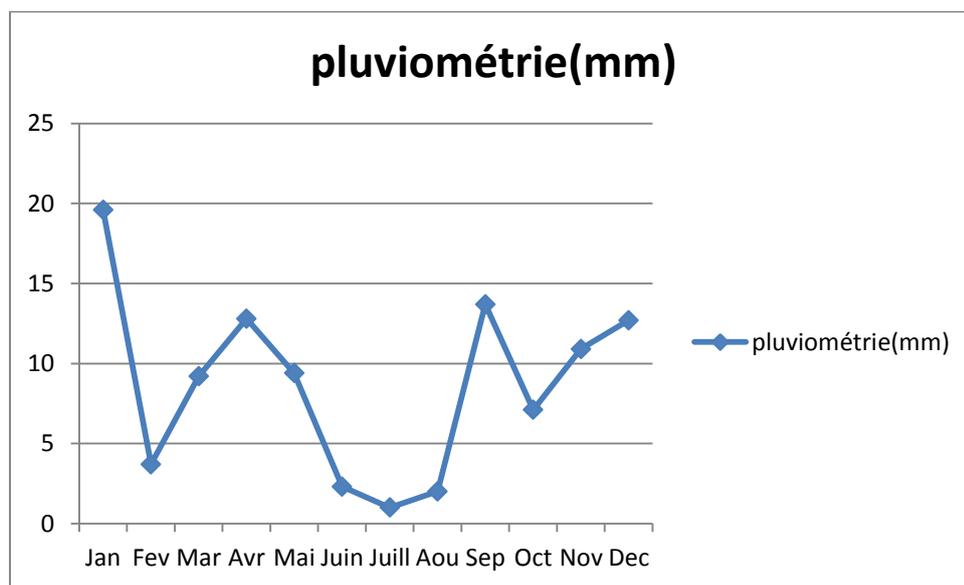
# INTRODUCTION

## 1.1.2. Précipitations

La pluviométrie constitue un élément très important dans l'analyse du climat (Lebid, 2006). Les récoltes sont dépendantes de son importance et sa répartition dans l'année.

**Tableau 2 : Précipitations moyennes mensuelles en (mm) à Biskra pour la période (1998-2010).**  
(Source : station météorologique de Biskra)

	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juill	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
pluviométrie	19.6	3.7	9.2	12.8	9.4	2.3	1.0	2.0	13.7	7.1	10.9	12.7



**Figure 2 : Précipitations annuelles totales en (mm) à Biskra pour la période (1998-2010).**

D'après la figure (2) la région de Biskra est caractérisée par des précipitations avec une moyenne annuelle de (8.7mm). Ce paramètre couvre une grande alternance durant cette période ; les précipitations les plus élevées sont enregistrées au mois de Janvier (19.6 mm), et les plus faibles au mois de Juillet (1mm).

## 1.1.3. Les vents

Le vent constitue, dans certains biotopes, un facteur écologique limitant. Sous l'influence des vents violents, la végétation est limitée dans son développement. 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.

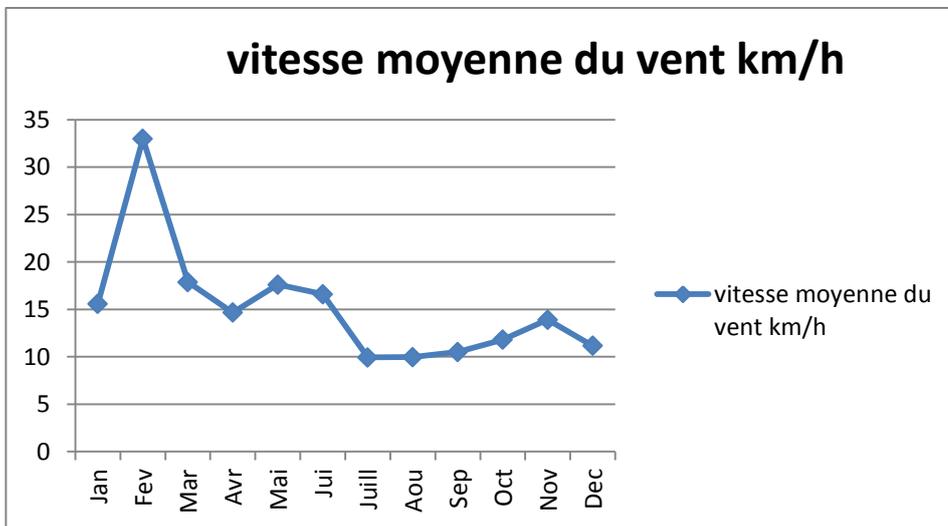
## INTRODUCTION

Les vents locaux sont de fréquence Nord-est et Nord-ouest et faible au Sud. Le siroco 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 .

**Tableau 3: La vitesse du vent enregistrée en km/h durant les années (1998-2010).**

(Source : station météorologique de Biskra)

	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUI	JUL	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



**Figure 3: La vitesse du Vent enregistrée en km/h durant les années (1998-2010).**

D'après figure (3) on remarque que la vitesse maximale du vent a été enregistré 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. Fig (3).

Le transport éolien des particules de sable commence à partir de 4 m/s.

# INTRODUCTION

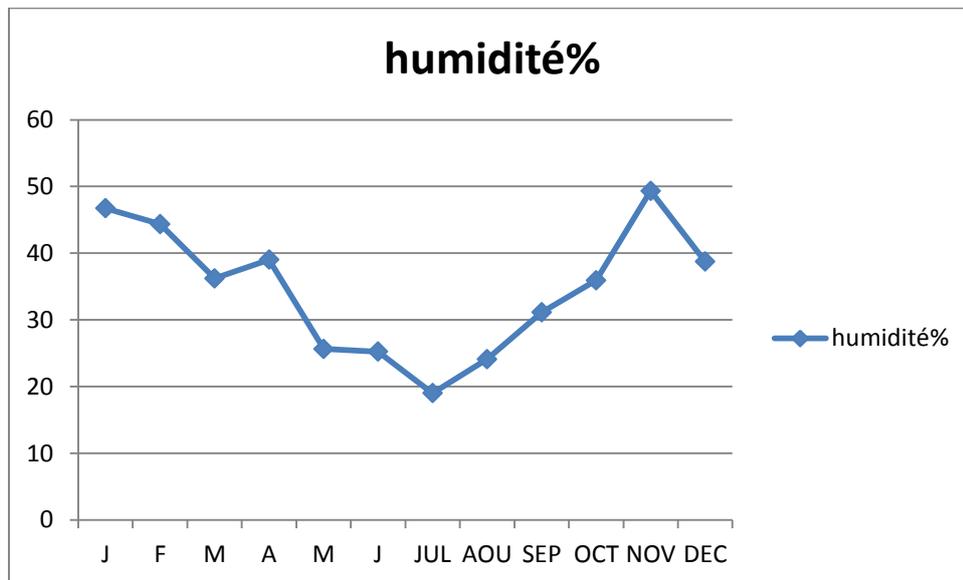
## 1.1.4. L'Humidité

Dans les oasis des Ziban, l'humidité de l'air constitue un facteur de production de dattes. Le palmier dattier exige une hygrométrie comprise entre 48 et 52% à ce propos le tableau N°4 montre que l'humidité de l'air dans notre région est comprise entre 19 et 49.33% avec une moyenne 34.62%.

**Tableau 4: Humidité moyenne en pourcentage pour les années (1998-2010)**

(Source : station météorologique de Biskra)

	JEN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUI	JUL	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



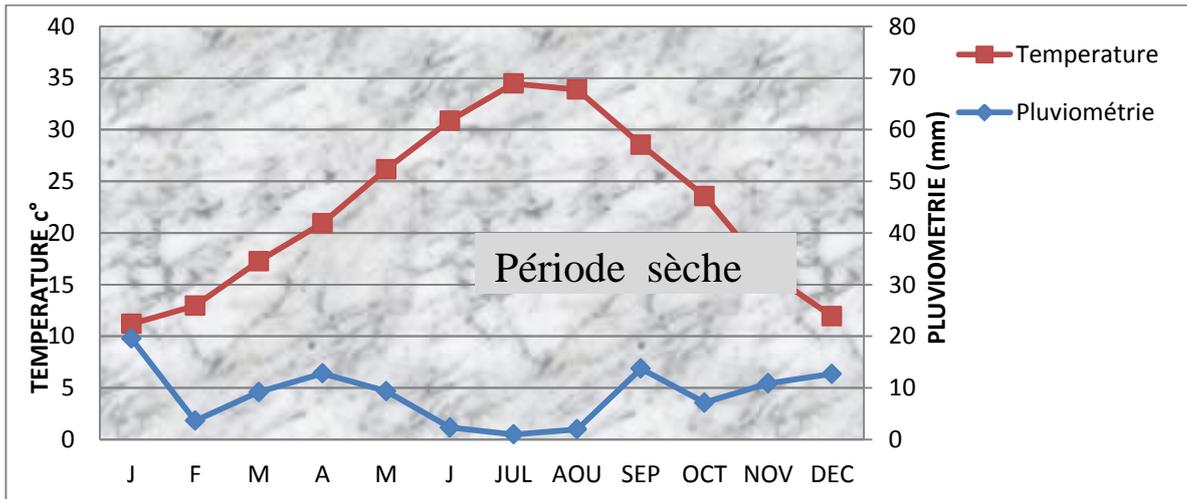
**Figure 4: Humidité moyenne en pourcentage pour l'année (1998-2010).**

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 fig (4)

## 1.2- Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN

Ce diagramme, ombrothermique, a été réalisé avec les données climatiques relevées durant la période (1998-2010) :

# INTRODUCTION



**Figure 5 : Diagramme ombrothermique de Gaussen de la région de Biskra**

Le diagramme ombrothermique de Gaussen est une représentation graphique où sont portés, 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 fig(5), montre que la période sèche, dans la région de Biskra pour la période de 1998 à 2010, est comprise entre les mois de Février jusqu'à Novembre et une période humide pendant les mois de Janvier et Décembre.

### 1.3- Quotient pluviométrique d'Emberger

Le **quotient pluviométrique** ou indice climatique d'Emberger sert à définir les cinq différents types de climats de la région méditerranéenne, depuis le plus aride, jusqu'à celui de haute montagne. Ce quotient est défini par la formule :

La formule est parfois adaptée sous la forme suivante (formule de Stewart, 1969)

$$Q = \frac{3,43xP}{M - m}$$

# INTRODUCTION

---

Avec:

- Q : quotient pluviométrique d'Emberger
- 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.

$$Q=3,43.8, 7/34,5-11,2$$

$$Q=1,28$$

L'emplacement de cet indice sur le climagramme d'Emberger nous permet de situer notre zone d'étude dans l'étage bioclimatique saharien à hiver chaud.

# INTRODUCTION

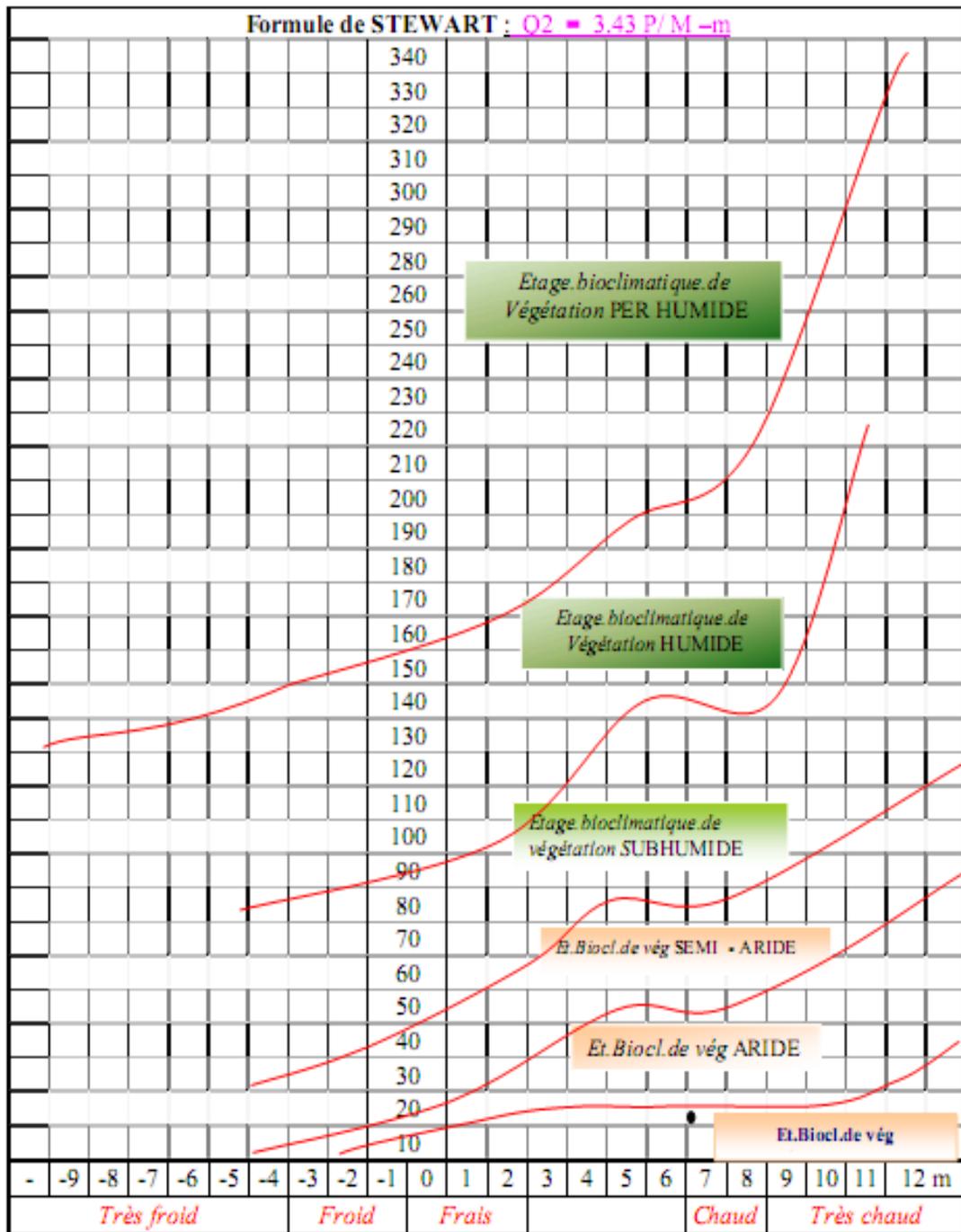


Figure 6: Le climagramme du quotient pluviométrique  $Q_2$  d'EMBERGER Pour le climat méditerranéen durant la période (1977 – 2001)

# INTRODUCTION

---

## 2. Le sol

### 2.1. 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 km<sup>2</sup>.

### 2.2. Sol de la wilaya de Biskra

Biskra est sous l'influence de l'effet conjugué de l'aridité du climat, la nappe phréatique, l'irrigation par des eaux salées et les vents de sables, ainsi que la pente qui joue un rôle capitale dans la distribution des éléments chimiques.

Ces facteurs de pédogénèse font apparaître les grands traits de la pédogénèse des sols (**Khechai, 2001 in Laajel, 2005**) à savoir les sols calcaires, sols gypseux, salés, accumulations sableuses et les sols alluvionnaires.

#### 2.2.1. Sol calcaire

Selon (**Khechai, 2001 in Laajel, 2005**) les sols calcaires sont formés sous l'influence de deux facteurs principaux

- Les roches fréquemment carbonatées, calcaires, dolomitiques, ou simplement riches en Ca<sup>++</sup>.
- Le climat qui est souvent très aride

Ces sols sont caractérisés par un profil de type AB<sub>Ca</sub>C indifférencié induré dont le taux de CaCO<sub>3</sub> dépasse 65% pose de sérieux problèmes de la mise en valeur par le calcaire total et aussi par le calcaire actif (un enrobage de la matière organique).

Le matériel parental de la formation des sols calcaires est la combinaison des molécules de Ca<sup>2+</sup> et HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> dans des conditions d'évaporation et en présence de pression de gaz carbonique (**Khechai, 2006**).

L'exploitation agricole de ces sols exige un bon diagnostic des contraintes édaphiques pour une meilleure utilisation de ces terres.

## INTRODUCTION

---

A ce propos les dalles rencontrées dans cette régions posent des problèmes de résistance à la pénétration des racines, pour cela on doit faire un défoncement pour les éliminer afin d'installer la culture.

### 2.2.2. Sol gypseux

Sont largement rependus et apparaissent typiquement dans les régions arides, le gypse est le résultat de la combinaison d'un cation de  $\text{Ca}^{2+}$  et anion de  $\text{SO}_4^{2-}$  dans une nappe minéralisée, l'accumulation de gypse en quantités importantes dans le sol est en relation avec la présence des roches sédimentaires gypseuses, il peut être transporté à l'état de solution ou repris sous forme solide et transporté par le vent (lunette en bordure du sebkha).

Le gypse se présente sur la surface ou en profondeur sous forme d'accumulation ; parmi les principales formes :

- les croûtes gypseuses : pour Watson, 1985 se sont des dépôts gypseux indurés et compactés, en générale situées à la partie superficielle de l'encroûtement.
- Les encroûtements gypseux : sont définis comme étant des horizons gypseux indurés, dont l'origine est en relation avec la présence d'une nappe salée (**Pouget, 1980**).
  - Le trech : est un encroûtement gypseux formé directement au dessus du niveau d'une nappe par évaporation.
  - Ras –Kalb : (têtes des chiens) : des formes particulières, leur formation semble de fait par concentration dans la zone de rabattement d'une nappe.
  - Deb – Deb (debdab) : est un encroûtement gypseux cristallisé se formant par concentration au sein d'une solution chargée en sulfate de calcium.

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.

## INTRODUCTION

---

### 2.2.3. Sol salé

Le terme salin indique que le sol présente une texture sableuse par contre la sodicité indique une texture argileuse.

Les sols salés présentent un profil de type ABC, il est dit salé lorsque :

- CE (conductivité électrique) est = 4ds/m (soit un taux de sel de 2.5g/l)
- pH < 8.5
- ESP < 10% (pourcentage de sodium échangeable)
- Texture sableuse
- Bonne structure

Cependant les sols sodiques sont définis par

- CE > = 4ds/m
- ESP > 10%
- pH > 8.5
- texture dégradée

Les premiers peuvent être corrigés par une simple irrigation qui fait lessiver les sels excédentaires et rendre le sol plus apte aux cultures ; pour corriger le deuxième type de sol on doit apporter le Ca<sup>2+</sup> sous forme de gypse pour substituer le sodium, une fois la structure est améliorée une irrigation excessive va drainer les sols hors des profils

On note aussi la présence d'une dépression saline Sebka, elle collecte tout les sels drainés de l'amont du topo séquence, elle se forme dans les temps secs surtout l'été avec des minces couches grisâtres ou hanchâtes (les inflorescences salines) qui peuvent devenir de véritables croûtes cristallines.

La saturation en sels devient excessive, elle peut atteindre 320 à 360g/l (la solubilité du sel de mer est de 32g/l) avec des dépôts de chlorure de sodium et de gypse qui s'accumule en bordure de la dépression par voie éolienne toute au tour de la sebkha, la présence d'une nappe phréatique salée peu profonde, contribue à la formation des sols allomorphes (**Pouget, 1980**).

### 2.2.4. Les accumulations dunaires

Ces sols sont de type AC sur un support gypseux (deb deb) où le sable issu par transport éolien se dépose après déflation sur un obstacle physique (Djbel Bouhgzal), Peut envahir les palmeraies et former des dunes stabilisées par voie biologique en distingue deux types de textures :

# INTRODUCTION

---

-Sableuse et sablonneuse.

Ces sols sont caractérisés par un cortège floristique psamophile (*Gymnosporia sinegalansis*, *tamarix Africana*)

Parmi les contraintes de l'exploitation de ces terres on cite :

- La dominance d'une texture sableuse.
- Faible pouvoir de rétention en eau.
- Absence d'un support physique pour entretenir la culture
- La stérilité du sol (physique, biologique, chimique).

Ces sols constituent une menace pour les riverains et pour les infrastructures socio-économiques et le centre-ville de la wilaya.

## **2.2.5. Les sols alluvionnaires**

Ce sont des sols qui ont évolué au niveau des bordures d'écoulements d'eau à savoir les oueds.

Ils sont caractérisés par une forte fertilité chimique et physique du sol à savoir les terrasses de oued El Hai, et de oued Djedi et celles de oued Areb (**Khechai, 2006**).

## **3. L'hydrogéologie**

D'après la notice de la carte hydrogéologique de la wilaya de Biskra on distingue 4 aquifères (**Mimeche, 1999 in Khechai, 2001**).

### **3.1. Nappe phréatique du quaternaire**

Elle est connue au niveau des palmeraies de Tolga, le substratum est formé par une épaisse formation argileuse contenant quelques niveaux de sable, de gravier et de marnes.

Elle englobe la nappe de l'oued de Biskra et oued Djedi, alimentée par les eaux de précipitations et d'irrigation, caractérisée par des eaux salées ou très salées.

### **3.2. Nappe profonde (albienne)**

Elle est rarement exploitée, sauf à oulad Djalal ou sidi Khaled où les formations gréseuses de l'albien ou du barrémien sont touchées à une profondeur de 1500 à 2500 m.

# INTRODUCTION

---

### 3.3. Nappe calcaire

Le réservoir de cette nappe est constitué par des formations argilo-sableuses du miopliocène au nord et des marnes à gypse moyen au sud, elle est localisée dans la totalité de la région de Biskra

\* A l'ouest, la profondeur est de 150m à 200m alors qu'à l'est, la profondeur dépasse les 400m l'alimentation de cette nappe se fait par deux zones d'affleurement de l'éocène inférieur, la première à l'ouest de Daoucen et ouled Djalal la seconde au Nord de Tolga, entre foughala et bouchegroune et les versants de la plaine d'El-outaya, cette nappe subit une baisse de niveau piézométrique suite à la surexploitation.

### 3.4. Nappe miopliocène

Cette nappe est constituée par une alternance des niveaux fins argileux ou marneux et de niveaux grossiers sableux, sa limite inférieure est constituée par des marnes miocènes et par les argiles de l'éocène moyen.

Cette nappe a une extension considérable, elle est capturée par de nombreux forages dans les plaines, son alimentation est assurée par les plaines, finalement l'écoulement de cette nappe se fait du Nord –ouest vers le Sud –est pour déboucher au chott- Melghigh.

## 4. La végétation

Les Ziban sont considérés comme un biotope type représentatif des milieux arides où les facteurs écologiques influent sur la répartition spatiale de la végétation spontanée.

La variété du cortège floristique est sous la dépendance exclusive de deux facteurs : sol et topographie.

Les facteurs écologiques ont favorisé l'apparition d'une végétation Xérophile en plusieurs groupes comme : Gypsophiles (*lymonium*, *zygophyllum*) ; halophytes (*Salsola vermiculata*, *Anabasis articulata*) et Psamophytes (*Aristida pungens*)

Les formations végétales les plus rencontrées sont de type herbacé et arbustif.

Cette végétation présente une adaptation du milieu par un ensemble de modification anatomique et morphologique :

- réduction de la surface foliaire (*Astragalus armatus*).

## INTRODUCTION

---

- feuilles épineuses pour limiter la transpiration.
- accumulation d'eau dans les tissus (*Zygophyllum album*) .
- système racinaires bien développé, pivotant (*Tamarix Africana*),

Enfin on illustre les processus de la dégradation des sols et végétation à cause des pratiques phoeniciculture aléatoires.

# INTRODUCTION

---

## 1. Propriétés chimiques du potassium

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

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

Le rayon hydraté détermine l'aptitude de l'ion à se localiser dans les cavités inter-foliaires des minéraux argileux (Tableau 5).

**Tableau 5. Caractéristiques de quelques ions chimiques**

(Source :Mhiri :2002)

Ions	Rayon atomique (nm)	
	Non Hydraté	Hydraté
<b>K<sup>+</sup></b>	<b>0.27</b>	<b>0.53</b>
<b>NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b>	<b>0.29</b>	<b>0.54</b>
<b>Na<sup>+</sup></b>	<b>0.20</b>	<b>0.76</b>
<b>Mg<sup>++</sup></b>	<b>0.16</b>	<b>0.64</b>

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

## 2. Origine du potassium

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

# INTRODUCTION

---

## 2.1- Potassium des minéraux silicatés

Le potassium est plus rencontré dans les minéraux silicatés : les micas, les feldspaths potassiques et certaines argiles comme les illites sont très riches en  $K^+$ . Cette forme de potassium constituant des matériaux silicatés représente 98 % du poids total de cet élément dans les sols (Mhiri, 2002). Selon Li and al, (2015) ; les minéraux argileux constituent à la fois, le principal réservoir et le piège à potassium dans les sols si bien que la teneur en potassium est utilisée comme critère de distinction des minéraux d'altération (Tableau 6).

**Tableau 6.Teneur du K des minéraux silicatés**

(Source :Mhiri :2002)

<b>Minéraux</b>	<b>Teneurs en K (%)</b>
<b>Muscovite</b>	<b>9</b>
<b>Hydromuscovite</b>	<b>8</b>
<b>Biotite</b>	<b>6-10</b>
<b>Illite</b>	<b>6-8</b>
<b>Vermiculite</b>	<b>&lt;2</b>
<b>Smectite</b>	<b>&lt;0.5</b>

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

## 2.2- Potassium échangeable.

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

## INTRODUCTION

---

### 2.3- Potassium rétrogradé.

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

### 2.4-Potassium associé aux matières organiques.

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

### 2.5- Engrais potassiques

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

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

## INTRODUCTION

---

### 3- Teneur du sol en potassium total

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

Le potassium échangeable (biodisponible = assimilable) est la somme du K adsorbé (surface des argiles, matière organique) et du K en solution. Le potassium soluble est mesuré sur l'extrait de pâte saturée au laboratoire. L'échelle suivante permet de classer les sols en fonction de leur teneur en K soluble (Tableau 7).

**Tableau 7 .Niveau de fertilité des sols en K<sup>+</sup>**

(Source :Mhiri :2002)

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

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

Le potassium fixé se caractérise par:

-Processus d'adsorption difficilement réversible de K<sup>+</sup> échangeable ou en solution dans les cavités inter-foliaires des argiles.

-L'intensité de ce processus dépend des types d'argile de chaque sol et de son régime hydrique (ouverture/fermeture des argiles).

-Ce processus confère au sol un pouvoir de fixation du K<sup>+</sup> des engrais. Il diminue leur efficacité par rapport à la nutrition des cultures.

# INTRODUCTION

---

-Ce pouvoir de fixation peut être mesuré au laboratoire, ou estimé par des formules empiriques.

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

-La capacité : c'est un concept quantitatif de l'offre potentielle du sol. Il est en relation avec plusieurs paramètres (teneur en argile, nature des argiles, volume exploité par les racines, la C.E.C, S/T...).

- L'intensité : Elle est traduite par la concentration actuelle de la solution du sol en  $K^+$  soluble.

-Le pouvoir tampon potassique du sol : C'est son aptitude à régénérer plus ou moins rapidement sa teneur en potassium échangeable au fur et à mesure de l'absorption par une culture. (Les sols de texture fine ont un pouvoir tampon plus élevé que celui des sols sableux).

## 5- Critères d'évaluation de la richesse des sols en potassium :

### 5.1- C.E.C

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

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

**Tableau 8 .Niveau de fertilité des sols**

(Source :Mhiri :2002)

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

# INTRODUCTION

---

## 5.2- Taux de saturation

Le pourcentage de saturation du complexe adsorbant est le deuxième critère d'évaluation de la richesse du sol en K. (Le tableau 9) représente les classes de richesse en cet élément.

**Tableau 9 .Classes d'état de saturation des sols**

(Source :Mhiri :2002)

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

## 5.3- Potassium échangeable

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

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

## 6- Dynamisme et disponibilité du potassium dans le sol

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

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

La capacité potassique du sol est la rapidité avec laquelle les réserves du sol en potassium non assimilable passent dans le compartiment du potassium échangeable lors d'un apport ou d'un prélèvement de potassium. Cette capacité dépend de la texture du sol, le volume du sol

## INTRODUCTION

---

exploité par les racines d'une culture, la nature des argiles, la Capacité d'Echange Cationique (C.E.C), le pouvoir tampon du sol et le taux de saturation du complexe par le potassium.

### 7 -Facteurs de disponibilité du potassium dans le sol

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

- La vitesse de passage du potassium du complexe absorbant vers la solution du sol lorsque celle-ci est appauvrie par les prélèvements des racines
- La teneur du sol en éléments fins qui est un facteur influant non seulement la vitesse de transfert du potassium, mais aussi sur la détermination du nombre de sites d'échange de cet élément dans le sol.
- La nature des cations présents dans le sol dont certains sont susceptibles d'inhiber les mouvements du potassium échangeable sur le complexe absorbant. La présence du  $\text{NH}_4^+$  induit une diminution du potassium échangeable. Selon **Barbier, (2001)** ; les hydroxydes de fer et d'aluminium sont à mesure de neutraliser les sites d'échange du potassium.
- La présence de l'aluminium surtout dans les sols acides sous forme échangeable occupe les sites potentiels du potassium en plus de diminuer sa mobilité. Les sols de  $\text{pH} < 6$  sont considérés comme déficients en  $\text{K}^+$ . Le calcium peut jouer un rôle analogue à celui de l'aluminium, lorsque le sol est alcalin.
- Le potassium est un élément mobile, donc susceptible de migrer dans les horizons plus profonds, ainsi que d'être entraîné en dehors de la parcelle (pertes par lessivages importantes en sol sableux). Cet aspect, lié à la texture du sol, au sur irrigation et au drainage.

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

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

## INTRODUCTION

---

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

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

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

- des synthèses dans les cellules, des transports entre cellules végétales. Il favorise la circulation de la sève ascendante dans le xylème et descendante dans le phloème. Il permet le transfert des assimilats (sucres, acides aminés) vers les racines et les organes de réserve (grains, fruits, tubercules).
- le maintien des équilibres électriques et de l'hydratation cellulaire : alimentation en eau, migration des glucides issus de la photosynthèse, régulation de l'azote.
- la résistance aux stress climatiques tels que la sécheresse et le froid.
- la résistance à résister aux agressions extérieures (maladies, parasites)
- Le potassium se retrouve dans la solution des cellules végétales et est utilisé pour maintenir la pression de turgescence de la cellule.
- Il agit sur la photosynthèse : la photosynthèse végétale consiste à réduire le dioxyde de carbone de l'atmosphère par l'eau absorbée par les racines à l'aide de l'énergie solaire captée par les feuilles, en présence de sels minéraux, avec libération d'oxygène, afin de produire des glucides.
- Il joue un rôle dans le bon fonctionnement des stomates et agit comme activateur de plus de 80 systèmes enzymatiques. Il contrôle l'ouverture et la fermeture des stomates, et permet les échanges gazeux et régule la transpiration de l'eau et régule le cycle de l'eau dans la plante

## INTRODUCTION

---

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

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

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

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

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

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

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

# INTRODUCTION

---

produire. Ainsi, le taux d'une réaction donnée est contrôlé par la vitesse à laquelle K pénètre dans la cellule.

## 9- Alimentation des plantes en potassium

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

### 9.1- Pompe sodium-potassium ou Na<sup>+</sup>-K<sup>+</sup> ATPase

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

### 9.2- Phénomène d'antagonisme

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

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

## INTRODUCTION

---

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

### 9.3- Phénomène de synergie

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

### 10- Carence et toxicité potassique

Les carences en potassium peuvent avoir des effets sur le rendement en fonction de l'intensité de la carence et des exigences des cultures. Une analyse du tissu foliaire démontre que les niveaux de potassium avoisinent souvent ceux de l'azote (entre 3 % et 5 % du poids sec). Typiquement, les plantes qui manquent de potassium montrent des symptômes comme une chlorose suivie d'une nécrose aux extrémités et le long des rebords des feuilles. Puisque le potassium est mobile dans la plante, les symptômes de carence apparaissent sur les feuilles plus âgées (Figure 7 et 8).

**Chez la pomme de terre**, la carence se manifeste tout d'abord sur les feuilles âgées car le potassium est très mobile dans la plante. Cela commence par une décoloration puis des taches nécrotiques brunes, en premier lieu, sur le bord des feuilles, qui se propagent à travers les nervures. Les feuilles deviennent gaufrées, déformées et prennent une couleur vert-foncé et un aspect brillant et métallique (bronzé) (Figure 9 et 10).

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



Figure 7 .Carence en potassium  
chez des poinsettias



Figure 8 .Carence en potassium  
chez la tomate



Figure 9 .Aspect brillant chez la  
pomme de terre

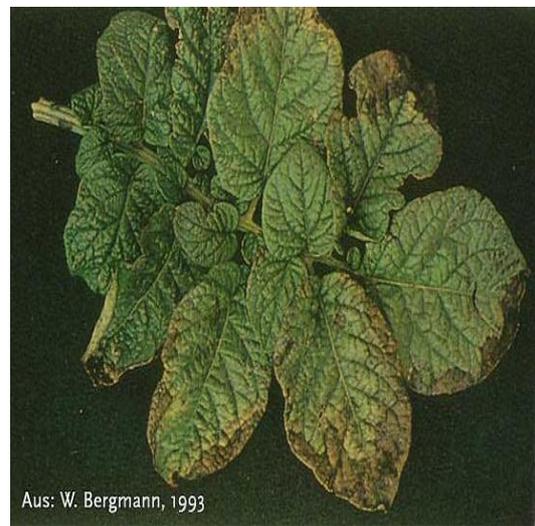


Figure 10. Aspect métallique chez  
la pomme de terre

## INTRODUCTION

---

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

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

# INTRODUCTION

---

## I. Dispositif expérimental

L'essai est effectué au niveau d'une palmeraie HRAKI à Ain Naga au stade juvénile durant l'année (2017/2018).

Le principe de cette étude consiste à apporter des sulfates de potassium sous forme solide pour différents stades de maturité de la datte Deglet-Nour.

La dose appliquée est de 3 kg de  $K_2SO_4$  (50%) soit 1.5 unité de  $K^+$  pure, elle est vulgarisée par ITDAS, Cette dose est apportée pour chaque stade de maturité de la datte: **Loulou, Khlel, Bser** et **Bleh** ou Martouba.

## II. Echantillonnage

On a effectué un échantillonnage sur un sol limoneux argileux, au niveau de deux couches représentatives de [0-50 cm /50-100 cm] comme il est rapporté par selon (**Khechai et Daoud, 2016**).

## III. Analyses de laboratoire

-pH : pH mètre au rapport (1/2.5)

-CE : Conductimètre mètre au rapport (1/5)

### 1/Dosage du Cl<sup>-</sup>

#### Réactifs :

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

#### Mode opératoire :

- Transvaser une aliquote de 10ml l'extrait diluée (à 10 ou à 100) dans une fiole de 100ml
- Ajouter 4 gouttes de chromate de potassium.
- Titrer avec la solution de nitrate d'argent jusqu'à l'apparition d'une coloration barbillon brique.

## INTRODUCTION

---

- Faire un témoin avec le chlorure de sodium pour estimer la normalité de nitrate d'argent exactement. Donc prélever 10ml de chlorure de sodium 0.01N et ajouter 3 gouttes de chromate de potassium et titrer avec le nitrate d'argent.

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

**V** : volume d'AgNO<sub>3</sub> 0.01N utilisé pour la titration de l'échantillon en ml .

**A** : volume de la prise d'essai ml.

**N** : normalité de la solution d'AgNO<sub>3</sub>.

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

$$N_{AgNO_3} = \frac{10 \cdot N \cdot NaCl}{V_{AgNO_3}}$$

**N<sub>AgNO<sub>3</sub></sub>** : normalité de la solution d'AgNO<sub>3</sub>.

**V<sub>AgNO<sub>3</sub></sub>** : volume d'AgNO<sub>3</sub> utilisé (ml).

**N<sub>NaCl</sub>** : normalité de la solution de NaCl .

## 2/Bicarbonates et carbonates HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>

### Réactifs

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

### Mode opératoire

- Prélever 20ml de la solution du sol ou de l'eau et ajouter 3 gouttes de phénolphtaléine : s'il y a une coloration rose, il y a les carbonates.
- Titrer avec l'acide sulfurique jusqu'à la disparition de la couleur rose .

## INTRODUCTION

---

- S'il n'y a pas une coloration de la solution ; il y a les bicarbonates . Ajouter des gouttes (3-4) de l'indicateur coloré méthyle orange et titrer avec sulfurique jusqu'à l'apparition de la coloration orange (changement de la coloration : jaune orange ). →

### Calcul :

$$\text{HCO}_3^- (\text{m\acute{e}q/l}) = \frac{x \cdot 0.05 \cdot 1000}{y}$$

X : volume de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> utilisé pour la titration .

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

### 3/Dosage des sulfates ( SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> )

#### Réactifs :

- Eau déminéralisée ayant une conductivité <0.1 mSm<sup>-1</sup>.
- Solution NaCl, HCl :

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

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

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

- **Chlorure de baryum (BrCl<sub>2</sub>, 2H<sub>2</sub>O) en poudre**
- **Solution mère de sulfate de sodium (Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) 200m\acute{e}q.l<sup>-1</sup> :**

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

## INTRODUCTION

---

- **Solution fille de sulfate de sodium ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) :**

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

### **Mode opératoire :**

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

### **Calcul :**

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

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

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

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

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

# INTRODUCTION

---

## 4/ Dosage du $\text{Ca}^{++}$ et $\text{Mg}^{++}$

### Réactif :

Solution tampon : 16.9g  $\text{NH}_4\text{Cl}$  dans 142.5ml  $\text{NH}_4\text{OH}$  concentré laissé refroidir complété à 250ml avec l'eau distillé

EDTA :( 0.1N) : 2g EDAT + 0.05g  $\text{MgCl}_2$  complété à 1l

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

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

Calcon carboxylique : 0.2g calcon carboxylique +100g Nacl

Diluer les eaux 10fois : 5ml échantillon +45ml  $\text{H}_2\text{O}$

### Mode opératoire

#### Témoin :

Prenant Bécher contient :

- 50ml l'eau distillé
- 0.2 g calcon carboxylique +Nacl
- 2-3 ml NaOH
- titration avec la EDAT et changement la couleur rose –bleu

#### 4.1/ Dosage du $\text{Ca}^{++}$

Prenant Bécher contient :

- 5 ml échantillon + 45 ml  $\text{H}_2\text{O}$  (dillution  $\times 10$ )
- 2-3 ml NaOH
- 0.2g calcon carboxylique +Nacl

# INTRODUCTION

---

Cette solution est placée au-dessus l'agitateur

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

## 4.2/ Dosage du $\text{Ca}^{2+}$ et $\text{Mg}^{2+}$

Prenant bécher contient :

- 5ml échantillon + 45 ml  $\text{H}_2\text{O}$  (dilution  $\times 10$ )
- 4ml solution tampon (pH=10)
- 4 goutte NET

Cette solution est placée au dessus l'agitateur

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

$$\text{Ca}^{2+} = \frac{V_1 - V_2 * 0.01 * 1000}{A} * D$$

$V_1$  : volume de titration avec l'EDTA

$V_2$  : volume de titration avec l'EDTA (Témoin)

D : facteur de dilution

A : prise d'essai

$$[\text{Mg}^{2+} + \text{Ca}^{2+}] = \frac{v_1 - v_2 * 0.01 * 1000}{A} * D$$

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

## 5/ Dosage du $\text{Na}^+$ et $\text{K}^+$

### Matériels utilisés

- Centrifugeuse
- Bécher de 1000ml

# INTRODUCTION

---

## 1. Préparation de la solution d'acétate de sodium

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

## 2. Préparation de la solution d'acétate l'ammonium

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

## 3. Préparation de l'échantillon

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

-Ajouter 50ml d'acétate de sodium (1N) et les mettre dans la centrifugeuse 3000 tr/min pendant 5à10 min

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

-Peser 5g du sol.

-Ajouter (25ml, 25ml, 25ml) ou 50ml x3 d'acétate d'ammonium pour le dosage du sodium échangeable.

Le potassium et le sodium sont dosés par spectrophotomètre à flamme

## 6/Dosage des nitrates

### Par la Méthode au salicylate de sodium

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

# INTRODUCTION

---

## Matériels

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

## Liste des produits

- Nitrate de potassium ( $\text{KNO}_3$ )
- Salicylate de sodium
- Chloroforme
- Hydroxyde de sodium en pastilles ( $\text{NaOH}$ )
- Acide sulfurique
- Tartrate double de sodium et de potassium (sel de Seignette)
- Eau distillée
- Acide chlorhydrique à 5%

## I-Préparations des dosages

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

- Solution stock de nitrate de potassium ( $50 \text{ mg.L}^{-1}$  d'ions nitrates)

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

- Solution d'hydroxyde de sodium ( $\text{NaOH}$ ) et de tartrate double de sodium et de potassium

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

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

## INTRODUCTION

---

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

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

### Etablissement du droit étalon

1. Dans une série de flacons de 60 ml, introduire successivement (tableau 10) préparation des solutions mère pour l'analyse de nitrate :

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

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

3. Laisser refroidir

4. Reprendre le résidu par 2 mL d'acide sulfurique concentré en ayant soin de l'humecter complètement. Attendre 10 minutes.

5. Ajouter 15 mL d'eau distillée puis 15 ml de la solution d'hydroxyde de sodium et de tartrate double de sodium et de potassium qui développe la couleur jaune.

6. Mesurer l'absorbance de chaque échantillon au colorimètre (longueur d'onde : 415 nm) et construire le graphique représentant l'absorbance en fonction de la concentration en nitrates (**A = f [nitrates]**)

# INTRODUCTION

---

## II- Dosage dans l'échantillon

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

## 7/Dosage du phosphore

### Principe :

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

### Réactifs et matériel consommable :

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

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

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

## INTRODUCTION

---

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

Dissoudre 2.5g de  $\text{NH}_4\text{VO}_3$  dans  $\pm$  500ml d'eau bouillante, laisser refroidir et ajouter 20ml  $\text{HNO}_3$  concentré ( $d= 1.4$ ). Transvaser quantitativement dans une fiole jaugée de 1L et ajuster avec de l'eau.

3. Acide nitrique dilué 1/3 :

Diluer 167 ml  $\text{HNO}_3$  concentré ( $d=1.4$ ) à 500ml avec de l'eau.

Réactif nitro-vanado-molybdate :

Faire 300ml composé de :

\*100ml de solution d'ammonium molybdate

\* 100ml de d'ammonium vanadate

\* 100ml d'acide nitrique dilué 1/3

4. Solution mère de 500  $\mu\text{g P/ml}$  :

A. Dissoudre 2.1965g de potassium dihydrogénophosphate ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ), préalablement séché à  $105^\circ\text{C}$  durant une nuit, dans 1L d'eau.

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

- Série détalons de 0 :20 :40 et 80  $\mu\text{g P/ml}$  : pipeter dans une série de fioles jaugées de 50 ml respectivement 0 ;2 ; 4 et 8 ml de la solution-mère et compléter avec la solution d'extraction (0.2 n  $\text{HNO}_3$ ).
- Acide nitrique 0.2 n ; diluer 15 ml de  $\text{HNO}_3$  concentré ( $d=1.4$ ) à 1 L avec de l'eau.

### Appareils et verrerie

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

# INTRODUCTION

---

## Mode opératoire

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

## Calculs

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

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

Ou : D : dilution

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

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

RE : rapport d'extraction : en g/ml

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

(3) mg p/g MS :

$$\text{mg P/g MS} = C_e \cdot 1/D \cdot 0.050$$

(4) Conversions :  $P \cdot 2.29 = P_2 O_5$        $P = P_2 O_5 \cdot 0.437$

# INTRODUCTION

## 1. Sol du palmier témoin (P1H1) (Sans apport de $K_2SO_4$ ).

Il ressort du (tableau 11) de la composition chimique du sol du palmier témoin (sans apport potassique) que le sol moyennement salé et un pH basique. La composition chimique de la solution du sol est dominée par le  $Na^+$  comme cation et  $Cl^-$  comme anion, le sol présente des teneurs faibles en nitrate et phosphore.

Le faciès géochimique de cette solution du sol est de type chlorure- sulfate calcique tandis que selon le diagramme de Schoeller Berkloff, (Figure 12) la solution est dominée par la présence du NaCl.

Dans ces conditions on note que la teneur en  $K^+$  soluble est de 1 meq et celle du  $Na^+$  soluble est de 7.81 meq/l. La teneur en sodium et potassium échangeable sont respectivement 6.3 et 0.4 Cmol/kg. Ce résultat conduit à prédire que la teneur en  $K^+$  échangeable est influencé par la concentration du  $Na^+$  de la solution du sol.

**Tableau 11. Composition chimique du sol**

Horizons (cm)	pH	CE (dS.m <sup>-1</sup> )	Composition de la solution du sol (mMol.L <sup>-1</sup> )								
			Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>
0-50	7.5	1.7	12	0.66	7.81	1.00	1.13	14.3	1.75	0.16	0.5
50-100	7.7	1.3	5.7	1.56	-	-	1.58	12.9	2,75	0.10	0, 4
			Cations échangeables (Cmol/Kg)								
			Na <sup>+</sup>			K <sup>+</sup>					
			6.3			0. 4					

## 2. Sol du palmier 2 (P2H1) ( $K_2SO_4$ apporté au stade Loulou)

La composition chimique du (tableau 12) illustre que le sol est moyennement salé et il a un pH basique. La solution du sol est dominée par le  $Na^+$  et  $Cl^-$  tandis que le diagramme de piper fait ressortir que le sol est caractérisé par un faciès chlorure-Sulfate et calcique (Figure 11).

En effet, l'application de la fertilisation potassique au stade de maturité Loulou de la datte Deglet Nour montre un enrichissement de la solution du sol et du complexe adsorbant en cet élément accompagné par l'augmentation de la teneur en  $Na^+$  soluble et échangeable

## INTRODUCTION

(figure15). L'accroissance de la teneur du  $\text{Na}^+$  échangeable est expliquée par la minéralisation de la solution du sol en cet élément ou le taux est de 3.4 mmol/l.

**Tableau 12. Composition chimique du sol**

Horizons (cm)	pH	CE (dS.m <sup>-1</sup> )	Composition de la solution du sol (mMol.L <sup>-1</sup> )								
			Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>
0-50	7.5	2	13.5	0.66	8.24	1.1	5.73	14.5	2	0.16	0.10
50-100	7.7	1.9	14.6	0.04	-	-	5.31	15.2	2.25	/	0.6
			Cations échangeables (Cmol/Kg)								
			Na <sup>+</sup>			K <sup>+</sup>					
			7.27			0.6					

### 3. Sol du palmier 3 (P3H1) (K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> apporté au stade Khlel)

L'analyse du (tableau 13) révèle que le sol est basique et moyennement salé, la solution du sol est dominée par le Ca<sup>++</sup> et Na<sup>+</sup> comme cation et Cl<sup>-</sup> comme anion selon le diagramme de scholler Berkaloff (Figure12).

Le facies géochimique est de type chlorure-sulfate calcique ainsi l'ajout des sulfates de potassium dans le sol a engendré un enrichissement des sulfate et des potassiums soluble et échangeable (Figure15).

A ce propos, on admet que l'échangeabilité du potassium est contrôlée par la concentration du potassium de la solution du sol et cet élément comparativement au potassium soluble du stade de maturité loulou une diminution de l'absorption du palmier en potassium.

**Tableau 13. Composition chimique du sol**

Horizons (cm)	pH	CE (dS.m <sup>-1</sup> )	Composition de la solution du sol (mMol.L <sup>-1</sup> )								
			Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>
0-50	7.5	1.61	11.6	0.7	7.81	1.5	2.51	13	4.01	0.16	0.11
50-100	7.7	1.58	12.7	0.78	-	-	3.81	14.6	4.10	0.18	0,05
			Cations échangeables (Cmol/Kg)								
			Na <sup>+</sup>			K <sup>+</sup>					
			8.02			0.6					

#### 4. Sol du palmier 4 (P4H1) (K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> apporté au stade Bser)

L'analyse du (tableau 14) montre que le sol est moyennement salé il est caractérisé par une faible minéralisation de la solution du exprimée par la dominance du Ca<sup>++</sup>, Na<sup>+</sup> et Cl<sup>-</sup>, le faciès géochimique est de type chlorure- sulfate et calcique.

Le tableau d'analyse indique que la fertilisation potassique au stade bser influe le statut potassique par enrichissement de la solution en cet élément ou la teneur est de 0.72 mmol/l l'augmentation de la teneur du potassium soluble dans la solution du sol atteste une décroissance de l'absorption potassique palmier, tandis on note une diminution du taux de potassium échangeable comparativement la témoin et du même potassium des stades loulou et khlel, cette diminution soluble être contrôlée par la croissance du taux de sodium échangeable.

**Tableau 14. Composition chimique du sol**

Horizons (cm)	pH	CE (dS.m <sup>-1</sup> )	Composition de la solution du sol (mMol.L <sup>-1</sup> )								
			Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>
0-50	7.6	2.15	11.7	0.72	9.21	1.4	5.64	16	2.25	0.15	0.06
50-100	7.4	2.26	13.4	0.5	-	-	2.42	18.2	2	/	0.03
			Cations échangeables (Cmol/Kg)								
			Na <sup>+</sup>			K <sup>+</sup>					
			8.26			0.3					

## 5. Sol du palmier 5 (P5H1) ( K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> apporté au stade (Bleh).

Le sol est légèrement salé (Tableau 15) il révéla un faciès géochimique de type chloruré sodique les teneurs en Na<sup>+</sup> et Cl<sup>-</sup> sont respectivement 8.88 et 12 mmol/l, le K<sup>+</sup> soluble est de 0.5 Cmol/l l'accroissance du sodium soluble a engendré la diminution du K<sup>+</sup> échangeable qui est en faveur de l'augmentation du sodium échangeable.

La fertilisation potassique au stade Bleh a induit une augmentation du taux de potassium soluble et le complexe absorbant comparativement au taux de cet élément des différents stades de maturité analysés. Ce résultat traduit un ralentissement de l'absorption potassique du palmier en faveur d'une concentration de la solution du sol en K<sup>+</sup> soluble, notamment par rapport au teneur du potassium du P<sub>2</sub>H<sub>1</sub>.

**Tableau 15. Composition chimique du sol**

Horizons (cm)	pH	CE (dS.m <sup>-1</sup> )	Composition de la solution du sol (mMol.L <sup>-1</sup> )								
			Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>
0-50	7.5	1.15	2.6	0.52	8.88	1.5	2.46	12	1.75	0.19	0.04
50-100	7.7	2.15	13.4	0.54	-	-	7.44	14.8	3.5	0.15	0.07
			Cations échangeables (Cmol/Kg)								
			Na <sup>+</sup>			K <sup>+</sup>					
			8.02			0.5					

# INTRODUCTION

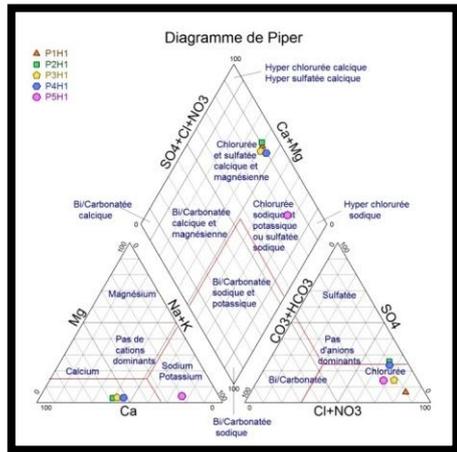


Figure 11. Diagramme de Piper

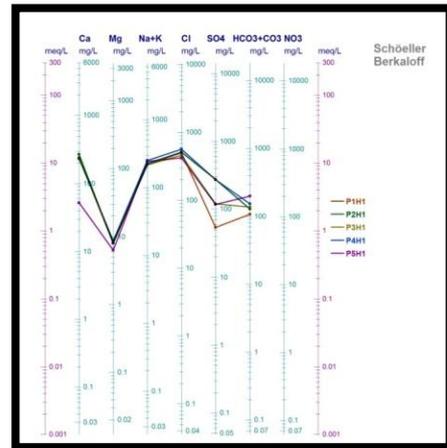


Figure 12. Diagramme de Schoeller

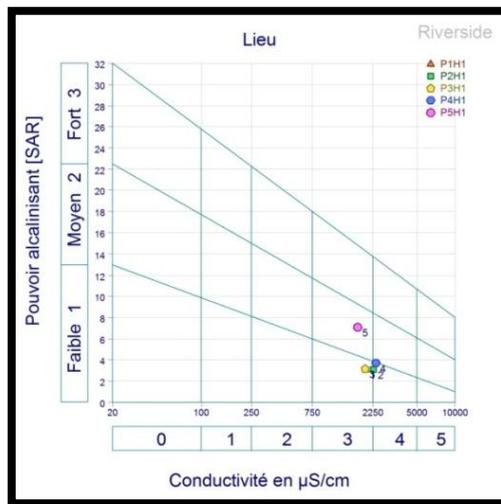


Figure 13. Risque d'alcalinisation

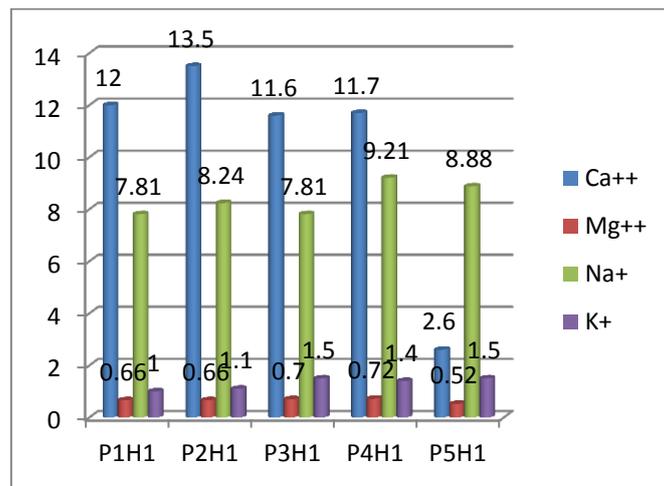


Figure 14 .Teneurs des cations solubles (Cmol/l)

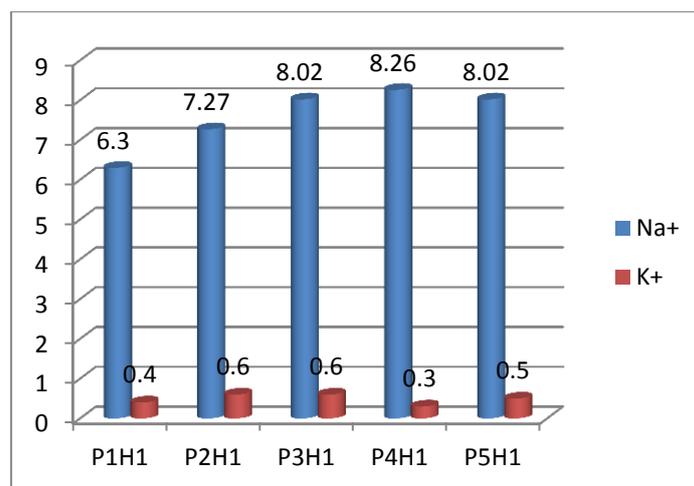


Figure 15 .Teneurs du Na<sup>+</sup> et K<sup>+</sup> échangeables (Cmol/Kg)

### Conclusion Générale

La présente étude vise à l'évaluation du potassium assimilable dans un sol limoneux sableux, après l'application d'une fertilisation potassique de dose de 3 Kg au cours des différents stades de maturité de la datte Deglet-Nour. Cependant l'arrêt du spectrophotomètre à flamme a réduit le nombre de dosage et éliminé le dosage du potassium minéral, non échangeable et la capacité d'échange cationique ne sont pas quantifiés.

L'étude de la composition chimique révèle que les sols sont moyennement salés .ils sont caractérisés par une faible minéralisation du sol, un facies géochimique de type chlorure sodique marqué par la dominance du le  $\text{Na}^+$  et  $\text{Cl}^-$ . Interruption

Les principaux résultats monte que l'application des sulfates de potassium augmente la concentration de la solution du sol en  $\text{SO}_4^{2-}$ . Ainsi, malgré l'importance des sulfates dans la solution du sol, l'état basique semble être contrôlé par les teneurs des bicarbonates ( $\text{HCO}_3^-$ ).

Dans ces conditions, l'étude comparative des teneurs du potassium après l'ajout de cet élément dans les différents de stades de maturité de la datte a contribué à l'enrichissement du statut du potassium assimilable. Les taux obtenus demeurent au-dessous du seuil de fertilité potassique estimé à 2.56 meq par (Bučienė et al, 2014) tandis que, ils sont plus important que ceux rapportés par (Ait Mechedal et al, 2017) sur les sols salés.

En effet, on suggère que la lixiviation liée à la texture grossière est le facteur responsable de la diminution de l'élément étudié, comme il est montré par de nombreux travaux de recherche sur le lessivage du potassium (Kolahchi et Jalali, 2006 ; Öborn et al, 2008 ; Singh et Goulding, 2008 ; Kayser et al, 2012).

Aussi, il semble que l'enrichissement de la solution du sol en  $\text{Na}^+$  soluble par les eaux d'irrigation contrôle la forme échangeable du potassium par une substitution isomorphique. Tandis que la teneur du  $\text{K}^+$  soluble est influencée par l'époque d'épandage potassique. Le seuil de fertilité potassique le plus faible est noté dans le stade de maturité Loulou, ceci permet de prédire que les pertes en élément sont liées à l'absorption et à la lixiviation liée aux fortes doses d'aux appliquées pour satisfaire le besoin du palmier dattier.

## **INTRODUCTION**

---

En fin une connaissance appropriée du statut du potassium (assimilable, minéral et non échangeable) dans les sols oasiens accompagné par une fertilisation fractionnée et une gestion raisonnée de l'irrigation pourront apporter les éléments de réponse nécessaires à l'élaboration de conseils de fumure appropriés et aider à maintenir la réserve de K dans les sols agricoles et garantir son utilisation efficace

# INTRODUCTION

---

## Références bibliographiques

Ait Mechedal M, Ouamer A.K , Daoud Y, 2017.Evaluation du statut potassique des sols salés du Bas –Cheliff. Nature et Technology 8-13.

Askegaard M., Eriksen J. (2000): Potassium retention and leaching in an organic crop rotation on loamy sand as affected by contrasting potassium budgets. Soil Use and Management, 16: 200–205.

[Assaha DVM](#), [Ueda A](#), [Saneoka H](#), [Al-Yahyai R](#), [Yaish MW](#).2017 The Role of Na<sup>+</sup> and K<sup>+</sup> Transporters in Salt Stress Adaptation in Glycophytes. [Front Physiol](#). 18;8: 509.

Barbier J. Occurrences naturelles de l'arsenic en France: roches, sols, milieux associés. Les Techniques de l'industrie minière, 2001, vol. 11, pp. 51-66.

[Bose J](#), [Munns R](#), [Shabala S](#), [Gilliam M](#), [Pogson B](#), [Tyerman SD](#), 2017. Chloroplast function and ion regulation in plants growing on saline soils: lessons from halophytes. [J Exp Bot](#). 1;68(12):3129-3143.

Bučienė A , Antanaitis S , Šlepetienė A , Šimanskaitė D, Mašauskas V, Bučas M,2014. Potassium leaching from Endocalcari-Endohypogleyic Cambisol as influenced by precipitation rate and crop management-Zemdirbyste Vol (101),1, 3-10.

Chen Z, Pottosin I I, Cuin TA, Fuglsang AT, Tester M, Jha D, 2007. Root plasma membrane transporters controlling K<sup>+</sup>/Na<sup>+</sup> homeostasis in salt-stressed barley. [Plant Physiol](#). 145(4):1714-25

Defoer T, Budelman A, Toulmin C, Carter S, Ticheler J (1998). Soil fertility management in Africa: A resource guide for participatory learning and action research. AKIT Publication pp. 3-27.

[Gierth M](#) ,and [Mäser P](#), 2007. Potassium transporters in plants--involvement in K<sup>+</sup> acquisition, redistribution and homeostasis. [FEBS Lett](#). 25;581(12):2348-56.

Grewal, K.S, Bhat MM, Dinesh Tomar D, 2017. Comparison of chemical extractants for determination of available potassium-International Journal of Chemical Studies ; 5(6):pp 417-423.

## INTRODUCTION

---

Guillaume Bt , Libohova Z , Joost S,2017.Spatial variability of potassium in agricultural soils of the canton of Fribourg, Switzerland- *geoderma* , 290 pp107-121.

Hamdallah G (2004). Plant, Animal and Human Nutrition: An Intricate Relationship. Expert Consultation on Land Degradation and Plant, Animal and Human Nutrition, ACSAD, Damascus, Syria.

Jacoby RP, Taylor NL, Millar AH, 2011. The role of mitochondrial respiration in salinity tolerance.*Trends Plant Sci.* Nov;16(11):614-23.

Jalali M. (2007): Spatial variability in potassium release among calcareous soils of western Iran. *Geoderma*, 140: 42–51.

Javad Roussta M, 2010. Effect of application of potassium sulfate and calcium chloride on date bunch fading disorder in Iran.19<sup>th</sup> World Congress of soil Science, Soil Solutions for a Changing World, Brisbane , Australia ,2p.

Jordan-Meille, L, 2012, besoins de recherche sur la nutrition potassique des plantes, 1 cours du général de gaulle, enita de bordeaux « france », umr inra/enitab tcem, 10p.

Kaiser DE, Rosen CJ., and Lam J A, 2016 . Potassium for Crop Production. From Regents of the University of Minnesota  
website:[www.extension.umn.edu/agriculture/nutrientmanagement/](http://www.extension.umn.edu/agriculture/nutrientmanagement/),9p.

Kayser M., M. Benke M, Isselstein J, 2012 .Potassium leaching following silage maize on a productive sandy soil. 58, (12): 545–550.

Khechai S,2001.Fonctionnement hydrodynamique de sols de la plane de l'Outaya , Cas du périmètre de ITDAS , Thèse de Magister , Université de Batna , p173.

Khechai S. & Laadjel H., (2006). La flore spontanée: inventaire et leur répartition en fonction de la typologie des sols des Oasis des Ziban. *Séminaire international sur la désertification, CRSTRA, Biskra*

[Kronzucker HJ](#), [Szczerba MW](#), [Schulze LM](#), [Britto DT](#),2008 . Non-reciprocal interactions between K<sup>+</sup> and Na<sup>+</sup> ions in barley (*Hordeum vulgare* L.). [J Exp Bot.](#) 59(10):2793-801.

Laadjel H, (2005). Contribution à l'étude cartographique sol-végétale de la zone des Ziban, Thèse d'ingénieur, Université El Hadj Lakhdar, Batna.

## INTRODUCTION

---

Lebid H, 2006. caractérisation de quelques variétés d'abricotier dans la région de M'chouneche .Mémoire d'ingénieur , Université de Biskra.

Li T , Wang H, Wang J , Zhou Z , Zhou J ,2015. Exploring the potential of phyllosilicates minerals as potassium fertilizers using sodium tetraphenylboron and intensive cropping with perennial ryegrass. Scientific Reports, 7p.

Li.T, Wang H ,Zhou Z ,Chen X Zhou J,2016. Anr w grading system for plant-avaible potassium using exhaustive cropping techniques combined with chemical anlyses of soils .Scientific Reports , 9p

Mhiri A, Le potassium dans les sols de la Tunisie .Atelier sur la gestion de la fertilisation potassique, acquis et perspective de la recherche, Tunisie

[Mills D](#), [Robinson K](#), [Hodges TK](#) ,1985. Sodium and potassium fluxes and compartmentation in roots of atriplex and oat. [Plant Physiol.](#) 78(3):500-9.

Munsuz N., Çaycı G., Süeri A., Turhan M., Kibar M., Akıncı N., Mühürdaroğlu Y., Erel K. (1996): The relationship between clay mineralogy of soils in sugar beet grown fields and K release capacities in Central Anatolia. Publication No. 219, Ankara, the General Directorate of Turkish Sugar Industry: 59–60. (in Turkish with English abstract)

Oborn I, Andrist-Rangel Y , Askegaard M, Grant C.A, Watson C.A , Edwards A.C,2008. Critical aspects of potassium management in agricultural systems .Soil Use and Management, 21(1):102:112.

Øgaard A.F., Krogstad T. (2005): Release of interlayer potassium in Norwegian grassland soils. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 168: 80–88.

Olaitan SO, Lombin G (1984). Introduction to tropical soil science. Macmillan publishers Ltd., Hong Kong. Pp. 66-69

[Oosterhuis DM](#), [Loka DA](#), [Eduardo M.Kawakami EM](#), [Pettigrew WT](#),2014. The Physiology of Potassium in Crop Production. [Advances in Agronomy Volume 126](#), , Pages 203-233

Panaullah J, Timsina MA, Saleque ABMBU, Pathan DJ, Connor PK, Shaha MA, Quayyum EH, Meisner CA (2006). Nutrient uptake and apparent balances for rice-wheat sequences. III. Potassium. J. Plant Nutr. 29:173-187.

## INTRODUCTION

---

Pouget, M.(1980): Les sols à croûtes calcaires dans les steppes algériennes. Quelques aspects morphologiques et esquisse d'une évolution actuelle. – Cah; ORSTOM Sec. Pedol.18 (3,4): 223–335

Pradip Dey. R. Santhi. S.Maragatham Subramaniam., 2017- Status of Phosphorus and Potassium in the Indian Soils vis-à-vis World Soils - Indian Journal Fertilisers, 13 (4), pp.44-59.

Prajapati K and Modi HA, 2012. The importance of potassium in plant Growth- A Review. Indian Journal of Plant Sciences, pp177-186.

Rachid hellali (2002). Rôle du potassium dans la physiologie de la plante, institut national agronomique de tunisie, p 06.

Rangel Y (2008). Quantifying mineral sources of potassium in agricultural soils. Phd Thesis, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, P 103.

[Rogiers SY](#), [Coetzee ZA](#), [Walker RR](#), [Deloire A](#), [Tyerman SD](#), 2017 . Potassium in the Grape (*Vitis vinifera* L.) Berry: Transport and Function. [Front Plant Sci](#). 27;8:1629.

Roshani GA, G. Narayanasamy 2010 - Effets du potassium sur la croissance temporelle des racines et des pousses de blé et de son absorption dans différents sols. Int. Plant J. Prod., 4: 25-32.

[Shen Y](#), [Shen L](#), [Shen Z](#), [Jing W](#), [Ge H](#), [Zhao J](#), [Zhang W](#),2015 . The potassium transporter OsHAK21 functions in the maintenance of ion homeostasis and tolerance to salt stress in rice. [Plant Cell Environ](#). ;38(12):2766-79.

Simonsson M, Hillier S, Öborn I (2009). Changes in clay minerals and potassium fixation capacity as a result of release and fixation of potassium in long-term field experiments. *Geoderma*. 151(3):109-120.

Singh B ,Goulding K.W ,2008.Changes with time in the potassium content and phyllosilicates in the soil of the Broadbalk continuous wheat experiment at Rothamsted .*European journal of Soil Science* ,48(4):651-659.

Srinivasarao CH, Subba Rao A, Rao KV, Venkateshwarlu B, Singh AK (2010). Categorization of Districts based on Non-exchangeable Potassium: Implications in efficient K fertility management in Indian agriculture. *Ind. J. Fertil*. 6(7):40-56.

Terry N., A. Ulrich, 1973 - Effets de la carence en potassium sur la photosynthèse et la respiration des feuilles de betteraves à sucre. *Plant J. Physiol*, 51: 783-786.

## **INTRODUCTION**

---

Tomas TC and Thomas AC (2009). Vital role of potassium in the osmotic mechanism of stomata aperture modulation and its link with potassium deficiency. *Plant Signal Behaviour* 4(3)240–243.

Zinabu W., 2016-A Review on Evaluation of Soil Potassium Status and Crop Response to Potassium Fertilization .*Dilla Ethiopia*, Vol.6, No.8.

# INTRODUCTION

## Résumé

Le présent travail a pour objet d'évaluer le statut du potassium assimilable dans un sol limoneux sableux, après l'application d'une fertilisation potassique cours des différents stades de maturité de la datte Deglet-Nour.

Les principaux résultats montrent que l'ajout des engrais potassiques, dans les différents stades de maturité de la datte comparativement au témoin, enrichit le sol en potassium assimilable. Cependant les taux obtenus demeurent au-dessous du seuil de fertilité potassique

On suggère que l'enrichissement de la solution du sol en  $Na^+$  soluble affecte le taux de potassium la forme échangeable. Tandis que la teneur du  $K^+$  soluble est influencée par l'époque d'épandage potassique. En effet, le seuil de fertilité potassique le plus faible est noté dans le stade de maturité Loulou, ceci permet de prédire que les pertes de élément sont liées à l'absorption et à la lixiviation liée aux fortes doses d'aux appliquées pour satisfaire le besoin du palmier dattier.

## Summary

The present work aims to evaluate the status of assimilable potassium in a sandy loam soil, after the application of potassium fertilization during different stages of maturity of the Deglet-Nour date.

The main results show that the addition of potassium fertilizers, in the various stages of maturity of the date compared to the control, enriches the soil with assimilable potassium. However, the levels obtained remain below the potassium fertility threshold

It is suggested that enriching the soil solution with soluble  $Na^+$  affects the potassium content of the exchangeable form. While the content of soluble  $K^+$  is influenced by the period of potassic application. Indeed, the lowest potassium fertility threshold is noted in the Loulou maturity stage, this makes it possible to predict that the element losses are related to the absorption and leaching related to the high doses of the applied to satisfy the need the date palm.

## ملخص

يهدف هذا العمل إلى تقييم حالة البوتاسيوم القابل للامتصاص في تربة طميية رملية ، بعد تطبيق التسميد البوتاسيوم خلال مراحل النضج المختلفة لتاريخ دجلة-نور

تظهر النتائج الرئيسية أن إضافة أسمدة البوتاسيوم ، في المراحل المختلفة من النضج من التاريخ مقارنة بالسيطرة ، يثري التربة مع البوتاسيوم القابل للامتصاص. ومع ذلك ، فإن المستويات التي تم الحصول عليها تبقى أقل من عتبة خصوبة البوتاسيوم

يؤثر على محتوى البوتاسيوم للصيغة القابلة للصرف. بينما يتأثر محتوى  $Na^+$  على إثراء محلول التربة بالذوبان القابل للذوبان بفترة التطبيق البوتاسي. في الواقع ، لوحظ أدنى مستوى للخصوبة البوتاسيوم في مرحلة النضج لولو ، وهذا يجعل من الممكن التنبؤ بأن خسائر العنصر ترتبط بالامتصاص والارتشاح المرتبط بالجرعات العالية من المطبق لتلبية بحاجة إلى نخيل التمر

# **INTRODUCTION**

---

**Mots clés :** Palmier dattier, Potassium assimilable, Stades de maturité, Lixiviation.