REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE DR. YAHIA FARES DE MEDEA FACULTE DES SCIENCES

Mémoire de fin d'étude

En vue de l'obtention de diplôme de Master en sciences agronomiques

Option : phytopathologie

Thème

Réponses morphologiques de *Vigna unguiculata* L. au stress salin

Présenté par :

- **AMMOUR Sarra**
- **DENDANE Amina**

Soutenu publiquement le : 14 Septembre 2021

Devant le jury composé de :

-M^{r} A.CHOUACH	M.C.A	Univ. Médéa	Président
-M^{me} F. NABI	M.C.A	Univ. Médéa	Promotrice
- M^{me} K.CHAOUATI	M.A.A	Univ. Médéa	Examinatrice

2020/2021

REMERCIEMENTS

Me voici arrivée au terme de mon travail et par la même occasion arrive aussi le moment des remerciements où je tiens à exprimer à tous ceux et celles qui m'ont encadrés voir soutenus et encouragés tout au long de ce périple.

En premier, je remercie Dieu de m'avoir donné la foi, le courage, la positivité et la force d'entamer et de terminer ce travail.

Merci mon Dieu de m'avoir soutenue et de m'avoir permis d'arriver au terme de ma tache.

Je remercie Mme NABI Fahima, docteur à l'université Yahia Fares de Médéa, qui a accepté d'être mon professeur promoteur durant cette expérience.

Je tiens à témoigner toute ma reconnaissance à Mme SLIFI Malika pour sa patience, sa disponibilité, ses judicieux conseils et surtout pour tout le temps qu'elle m'a consacré.

Je tiens à remercier Mr CHAOUCH Abd el rezzak, docteur à l'université Yahia Fares Médéa, d'avoir accepté de juger et évoluer mon travail.

Toute ma gratitude s'adresse aussi à Mme CHAOUATI Karima, enseignante à l'université de Médéa, qui m'a fait l'honneur d'examiner ce texte.

Je remercie également les employés ainsi que les techniciens de l'Institut Technique des Cultures Maraichères et Industrielles de Staouali de m'avoir bien accueillie et de m'avoir facilité la tâche en m'octroyant les graines que j'ai utilisées durant mon expérience.

J'adresse enfin mes sincères remerciements à tous ceux et à celles qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

وتحقق ما كان
بالأمس حلما

Dédicace

Je dédie ce travail

a mes chers parents qui m'ont dotée d'une éducation exemplaire,

pour leur confiance qu'ils m'ont accordée

et pour tout leur amour et encouragements qui ont fait de moi ce que je suis aujourd'hui.

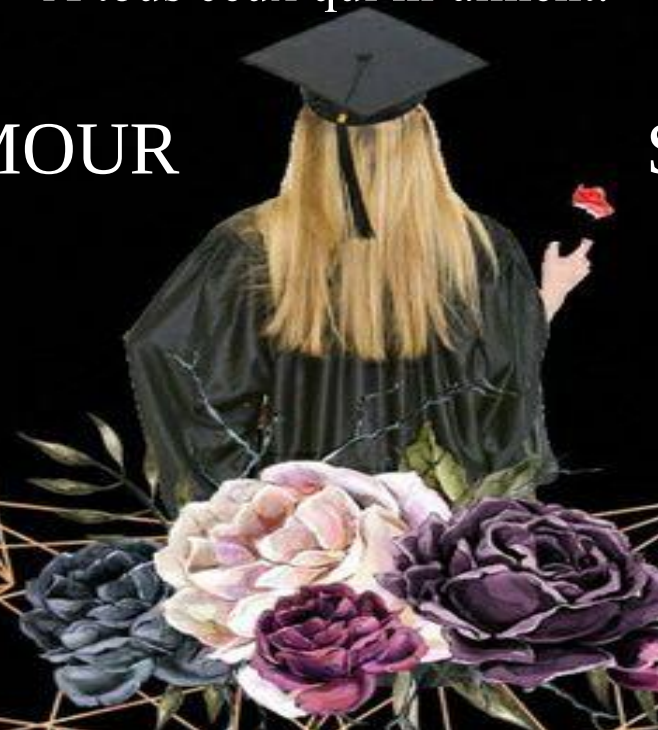
A la mémoire de mon cher grand père ;

A mes frères « Yacine » et « Younes » ;

A ma sœur cadette « Lina » qui m'a toujours poussée à aller de l'avant pour donner le meilleur de moi même.

A tous ceux qui m'aiment.

AMMOUR Sarra



Liste des figures

Figure n° 01 : Planches botaniques représentant *Vigna unguiculata* (L.) Walp (fabacées), antérieurement appelée *Vigna sinensis*. ……...4

Figure n°02 : La répartition de *Vigna unguiculata* (L.) Walp. ……5

Figure n° 03 : La morphologie externe de *Vigna unguiculata* (L.) Walp. ……8

Figure n° 04 : Le cycle de développement de *Vigna unguiculata* (L.) Walp. ……..10

Figure n° 05 : Dégâts de Macura sur gousse de niébé. ……..…15

Figure n° 06 : Puceron sur gousse du niébé. ……..15

Figure n° 07 : Thrips sur fleur du niébé. ……..15

Figure n° 08 : La répartition du niébé en Algérie. ……..19

Figure n° 09 : La répartition du niébé dans le monde. ……..21

Figure n° 10 : Processus de dégradation de la qualité des sols suite à l'irrigation ……..23

Figure n° 11 : Répartition de précipitations dans le nord de l'Algérie ……..25

Figure n°12 : Graines de *Vigna unguiculata* (L.) Walp utilisé dans notre étude. ……..37

Figure n° 13 : les pots troués utilisés en expérience ……..39

Figure n° 14 : Le mélange utilisé pour la plantation des semences du niébé. ……..39

Figure n° 15 : Stérilisation du sol, sable et terreau utilisé dans cette expérience. ……..39

Figure n°16 : Stérilisation des graines dans l'eau de javel. ……..40

Figure n° 17 : Placement des graines dans les boites. ……..40

Figure n° 18 : La germination des graines. ……..40

Figure n° 19 : Les différentes étapes de plantation du niébé. ……..40

Figure n° 20: Les pots portants les plantes irriguées en solutions salines. ……..41

Figure n° 21 : Les doses du NaCl utilisées dans notre expérience. ……..42

Figure n° 22 : Les solutions préparées pour l'irrigation des plantes du niébé. ……..42

Figure n° 23 : La méthode pour calculer la surface foliaire d'une plante. ……..44

Figure n° 24 : La pesée du poids sec d'une plante du niébé. ……..45

Figure n° 25 : Effet du stress salin sur la hauteur de la tige ……..48

Figure n° 26: Variation des répétitions du NaCl sur la hauteur de la tige ……..48

Figure n° 27 : Variations de la hauteur de la tige du niébé étudiée soumises à 3 différentes concentrations (5g/L, 10g/L et 15g/L) de NaCl. ……..49

Figure n° 28 : Classification hiérarchique **AFC** de traitement de NaCl sur la hauteur de la tige du niébé ……..50

Figure n° 29 : Effets de différentes concentrations de NaCl sur la longueur des racines du niébé. ……..51

Figure n° 30: Variation des répétitions du NaCl sur la longueur des racines ……..51

Figure n°31 : Classification hiérarchique **AFC** de traitement de NaCl sur la longueur des racines du niébé ……..52

Figure n° 32 : Effets de différentes concentrations de NaCl sur le nombre de feuilles du niébé. ……..53

Figure n° 33: Variation des répétitions du NaCl sur le nombre de feuilles ……..53

Figure n°34 : Classification hiérarchique **AFC** de traitement de NaCl sur nombre de feuille du niébé ……..54

Figure n°35 : Effet du stress salin sur la surface foliaire. ……..55

Figure n°36 : Variations de la surface foliaire du niébé étudiée soumises à 3 différentes concentrations de NaCl. ……..55

Figure n° 37: Variation des répétitions du NaCl sur le la surface foliaire du niébé ……..56

Figure n°38 : Classification hiérarchique **AFC** de traitement de NaCl sur la surface foliaire du niébé ……..56

Figure n°39 : Effets de différentes concentrations de NaCl sur le poids frais chez les plantes du niébé. ……..57

Figure n° 40: Variation des répétitions du NaCl sur le poids frais du niébé ……..57

Figure n°41 : Classification hiérarchique **AFC** de traitement de NaCl sur poids frais du niébé ……..58

Figure n°42 : Effets de différentes concentrations de NaCl sur le poids sec de la plante du niébé. ……..59

Figure n° 43: Variation des répétitions du NaCl sur le poids frais du niébé ……..59

Figure n°44 : Classification hiérarchique **AFC** de traitement de NaCl sur poids frais du niébé ……..60

Figure n°45 : L'effet des différentes concentrations sur *Vigna unguiculata* (L.) Walp. ……..60

Liste des tableaux :

Tableau n° 1 : Teneur (g/100g) et valeur énergétique (Kcal pour 100g) de graines de niébé ……..11

Tableau n° 2 : Composition minérale (mg/100g de matière sèche) des graines de niébé ……..11

Tableau n° 3 : Comparaison des teneurs % acides aminés des protéines des graines du niébé, de la viande et du blé ……..12

Tableau n° 4: Critères de sélection d'une variété de niébé pour une agro-écologie donnée. ……..…14

Tableau n° 5 : Principaux ravageurs de tiges, de feuilles, de plantules, d'organes floraux et de gousses de niébé ……..16

Tableau n° 6 : Principaux ravageurs de stock identifiés. ……..18

Tableau n° 7 : Insectes auxiliaires, prédateurs et parasitoïdes, des ravageurs de niébé identifiés. ..……18

Tableau n° 8 : La production du niébé dans le monde en 2008 ……..20

Tableau n° 9 : Les caractérisations agro-morphologiques des graines du niébé étudiées. ……..…37

Tableau n° 10 : Caractéristiques de la wilaya de Tizi Ouzou d'où préviennent les graines utilisées dans notre expérience. ……..38

Liste des abréviations

mmhos/cm : milli mhos par centimètre.

Ca^{+2}: Calcium

Cl^{-} : Chlorure

F.A.O: Food and Agriculture Organization

g/L : gramme par Litre

PO_4^{3-} : ion de Phosphate

$H_2PO_4^{-}$: ion Dihydrogène Phosphate

HPO_4^{2-} : Hydrogène Phosphate

K^{+}: Potassium

KCl : Chlorure de potassium

KNO_3 : Nitrate de potassium

Mg^{++} : le magnésium

N : azote

N_2 : Azote

Na Cl : Chlorure de sodium

Na^{+}: sodium

Na_2SO_4: Sulfate de sodium

NH_4^{+}: Ammonium

NO_3^{-}: Nitrate

NSCCs : Non Selective

P : Phosphure

P_2O5 : pentoxyde de phosphore

PH : potentiel hydrogène

ROS: Reactive Oxygen Species

TABLE DE MATIERES

TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENT
DEDICACE
LISTE DES FIGURES
LISTE DES TABLEAUX
LISTE DES ABREVIATIONS
RESUME
ABSTRACT
ملخص

INTRODUCTION **…..……..01**

Partie I : Partie bibliothèque

Chapitre I : *Vigna unguiculata* L. Walp

I. I.1. Généralités **……...03**
I. I.2. Origines et répartition **……..04**
I. I.3. Classification **……05**
I. I.4. Caractères botaniques **……...05**
I. I.5. Phénologie du niébé **……..07**
I. I.6. Importance du niébé **……..……08**
I. I.6.a. Importance nutritionnelle **……...08**
I. I.6.b. Importance agronomique **……...09**
I. I.6.c. Importance économique **……10**
I. I.7. Les exigences de la culture du niébé **……11**
I. I.8. Principales étapes pour la culture du niébé **……..11**
I. I.8.a. Choix du site de culture **……11**
I. I.8.b. Choix des variétés **……11**
I. I.9. Les maladies et les ravageurs du niébé **……12**
I. I.10. Le niébé en Algérie **……..…….…….15**
I. I.11. Le niébé dans le monde **……..……..……..16**

Chapitre II : Salinité

I. II.1. Généralité **…….…….…….18**
I. II.1.1. Stress salin **…….…….18**
I. II.1.2. Définition de la salinité **…….…….…18**
I. II.1.3. Origine de la salinisation **……18**
I. II.1.3.a. Salinisation naturelle ou primaire **……..……...18**
I. II.1.3.b. Salinisation secondaire ou anthropique **……..……...18**
I. II.2. Les principaux sels solubles **……...……...19**
I. II.3. La classification des sols salés **……20**
I. II.4. La répartition géologique de la salinité en Algérie**……...…..20**
I. II.5. Effet du stress salin sur les plantes **…….……20**

I. **II.5.1.** Effet de stress salin sur la germination ……..……..**21**
I. **II.5.2.** Effet de stress salin sur la croissance ……...**21**
I. **II.5.3.** Effet de la salinité sur la morphologie des plantes ……..….**22**
I. **II.5.3.a.** L'effet de stress salin sur la Longueur des racines et des pousses de la plante ……...**22**
I. **II.5.3.b.** L'effet de la salinité sur l'anatomie de la feuille ……..**22**
I. **II.5.3.c.** L'effet de la salinité sur les tiges ……..**22**
I. **II.5.4.** L'effet de la salinité sur l'état hydrique de la plante ……..…….**23**
I. **II.5.5.** L'effet de la salinité sur le taux des ions ……..……...**23**
I. **II.5.6.** L'effet de la salinité sur la nutrition minérale de la plante ……..**23**
I. **II.5.7.** L'effet de la salinité sur le rendement agronomique ……...…….**26**
I. **II.5.8.** L'effet de stress salin sur la photosynthèse ……...……...…**26**
I. **II.6.** Stress oxydant ……**27**
I. **II.7.** La classification des plantes selon leur tolérance à la salinité ……**27**
I. **II.8.** La tolérance des plantes à la salinité ……..……**28**
I. **II.9.** La régulation ionique et compartimentation ……...……**29**
I. **II.10.** Priming (ou traitement prégerminatif des semences) ……...**29**
I. **II.10.1.** Définition du priming ……..……...**29**
I. **II.10.2.** Type d'endurcissement ……..……**29**
I. **II.10.2.a.** Hydro priming ou redéshydratation ……...……**29**
I. **II.10.2.b.** Osmopriming ……...……..**30**
I. **II.10.2.c.** Hormopriming ……**30**
I. **II.10.3** Mécanisme du priming ……..……..**30**

Partie II : Partie expérimentale

Chapitre III : Matériels et méthodes

III. 1. Objectif de l'étude ……**37**
III. 2. Matériel végétal ……...**37**
III. 3. Culture des plantes ……**38**
III. 4. Essai de germination ……..**39**
III. 5. Dispositif expérimental ……..**40**
III. 5. Semis ……..**41**
III. 6. Doses de sel ……..……..**41**
III. 7. Irrigation ……**42**
III. 8. Mesures effectuées ……..……**43**
III. 8.a. Paramètres de croissance ……**43**
III. 8.a.1. Hauteur des tiges ……..……**43**
III. 8.a.2. Nombres de feuilles ……..……**43**
III. 8.a.3. Surface foliaire ……..…**43**
III. 8.a.4. Longueur des racines ……..**44**
III. 8.a.5. Le poids frai ……..……**44**
III. 8.a.6. Le poids sec ……..……**44**

III. 8.a.7. Le taux de germination **……..…..45**
III. 8.a.8. Le taux de survie **……..…45**
III. 9. Analyses statistiques **……..46**

Chapitre IV : Résultats et discussion

IV. 1. Effet du stress salin sur la croissance de *Vigna unguiculata* (L.) Walp**…..47**
IV. 1.1. Effet du stress salin sur la hauteur des tiges **……47**
IV. 1.2. Effet du stress salin sur la longueur des racines **……..50**
IV. 1.3. Effet du stress salin sur le nombre de feuilles **…….....52**
IV. 1.4. Effet du stress salin sur la surface foliaire **…….....54**
IV. 1.5. Effet du stress salin sur le poids frais du niébé **……57**
IV. 1.6. Effet du stress salin sur le poids sec du niébé **58**
IV. 2. Discussion **……...61**

CONCLUSION **……66**
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE
ANNEXES

Résumé

Réponses morphologiques de *Vigna unguiculata* (L.) Walp au stress salin

En Algérie, la production agricole est fortement limitée par plusieurs contraintes abiotiques dont la principale est la salinité.

Une concentration élevée de sel dans le sol est un stress abiotique majeur, qui influence négativement la croissance, le développement global et la productivité des cultures.

Ses effets négatifs obtiennent des réactions morphologiques, biochimiques et physiologiques des plantes. Croissance ralentie ou arrêtée des racines et des pousses, fermeture des stomates, ralentissement de la germination, diminution ou arrêt du développement des plantules, détérioration de l'activité photosynthétique sont les principales réactions des plantes au stress. D'autre part, les plantes développent également des mécanismes de tolérance pour survivre dans des conditions défavorables.

Dans ce travail, les réponses morphologiques de *Vigna unguiculata* (L.) Walp au stress salin ont été étudiées et rassemblées.

Nous avons choisis de faire l'étude sur *Vigna unguiculata* (L.) Walp, originaire de Yakouren la wilaya de Tizi Ouzou, qui fait face à de nombreuses contraintes de production, dont les stress abiotiques, notamment la salinité, qui affecte gravement sa productivité.

Le présent travail porte sur l'étude de l'effet de ce stress sur plusieurs paramètres morphologiques du niébé à différentes concentrations de NaCl (0g/L, 5g/L, 10g/L, 15g/L) pendant 10 jours.

L'examen des résultats a montré que le meilleur résultat est obtenu avec l'eau distillée (témoin).

La salinité contribue à la réduction des paramètres de croissance chez *Vigna unguiculata* (L.) Walp.

Mots clés: *Vigna unguiculata* (L.), stress salin, réponses morphologiques, NaCl.

Abstract

Morphological responses of *Vigna unguiculata* (L.) Walp

In Algeria, agricultural production is severely limited by various abiotic constraints, the main one being salinity.

High salt concentration in soil is a major abiotic stress, which adversely influences the growth, overall development, and productivity of crops.

The negative effects get morphological, biochemical and physiological reactions from plants. Slowed or stopped growth of roots and shoots, closuring of stomata, germination slowing, decreased or stopped development of seedling, deterioration of photosynthetic activity are the main reactions of plants to stress. On the other hand, plants also develop tolerance mechanisms for surviving under adverse conditions.

In this work, the morphological responses of *Vigna unguiculata* (L.) Walp to salt stress were studied and collected.

We chose to do the study on *Vigna unguiculata* (L.) Walp, originally from Yakouren the wilaya of Tizi Ouzou, which faces many production constraints, including abiotic stresses, in particular salinity, which seriously affects its productivity.

This work concerns the study of the effect of this stress on several morphological parameters of cowpea at different concentrations of NaCl (0g / L, 5g / L, 10g / L, 15g / L) for 10 days.

Examination of the results showed that the best result is obtained with distilled water (control).

Salinity contributes to the reduction of growth parameters in *Vigna unguiculata* (L.) Walp.

Key words: *Vigna unguiculata* (L.), salt stress, morphological responses, NaCl.

ملخص

الاستجابات المورفولوجية لـ *Vigna unguiculata* (L.) Walp لإجهاد الملح

في الجزائر ، الإنتاج الزراعي محدود للغاية بسبب العديد من القيود اللاحيوية ، وأهمها الملوحة.

يعد التركيز العالي للملح في التربة إجهادًا غير حيوي كبير ، مما يؤثر سلبًا على نمو المحاصيل وتطورها بشكل عام وإنتاجيتها.

آثاره السلبية تحصل على تفاعلات مورفولوجية وكيميائية حيوية وفسيولوجية للنباتات.

تباطؤ أو توقف نمو الجذور والبراعم، إغلاق الثغور، تباطؤ الإنبات، تقليل أو توقف نمو الشتلات، تدهور نشاط التمثيل الضوئي هي ردود الفعل الرئيسية للنباتات للإجهاد. من ناحية أخرى، تطور النباتات أيضًا آليات تحمل للبقاء في الظروف المعاكسة.

في هذا العمل ، تمت دراسة وتجميع الاستجابات المورفولوجية لـ *Vigna unguiculata* (L.) Walp للإجهاد الملحي.

لقد اخترنا إجراء الدراسة على *Vigna unguiculata* (L.) Walp ، وهي في الأصل من ياكوران بولاية تيزي وزو ، والتي تواجه العديد من قيود الإنتاج ، بما في ذلك الضغوط اللاحيوية ، وخاصة الملوحة ، مما يؤثر بشكل خطير على إنتاجيتها.

يتعلق هذا العمل بدراسة تأثير هذا الضغط على العديد من المتغيرات المورفولوجية للوبيا بتراكيز مختلفة من كلوريد الصوديوم (0 جم / لتر ، 5 جم / لتر ، 10 جم / لتر ، 15 جم / لتر) لمدة 10 أيام.

أظهر فحص النتائج أن أفضل نتيجة يتم الحصول عليها بالماء المقطر (شاهد).

تساهم الملوحة في تقليل معاملات النمو في *Vigna unguiculata* (L.) Walp.

الكلمات الأساسية: *Vigna unguiculata* (L.)، إجهاد الملح ، الاستجابات المورفولوجية ، NaCl.

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION

Le facteur le plus important dans la survie de l'humanité est la nourriture. Une personne, qui n'a pas accès à suffisamment de nourriture pour survivre, ne peut pas poursuivre son développement et éventuellement perdre la vie. Pour répondre aux besoins alimentaires d'une population croissante, la production agricole doit être augmentée de 87 % d'ici 2050. (**Kromdjik J, Long SP. 2016)** Néanmoins**,** la nourriture nécessaire ne peut parfois pas être obtenue à partir de la plante en raison de facteurs externes qui réduisant la croissance de la plante, diminuant son rendement, inhibant son développement, ce qui est connue par la notion « stress » qui est dû à différents facteurs biotiques (agents pathogènes tels que bactéries, champignons et virus) et abiotiques (environnementaux : sécheresse, sel, inondation, chaleur, froid et métaux). **(Culha et al,. 2011).**

Le stress provoque des réactions dans l'expression des gènes modifiés dans les plantes, le métabolisme cellulaire, les taux de croissance, le rendement arrivant même à la mort de la plante et la perte de qualité et quantité de celle-ci. Généralement, pour survivre à ces facteurs négatifs, les plantes développent des mécanismes de réponse, qui sont dans deux tendances, les plantes peuvent empêcher les activités des facteurs de stress avec des mécanismes en développement, ou elles peuvent essayer de subsister en se protégeant contre les facteurs externes avec des mécanismes de tolérance. **(Culha et al,. 2011).**

L'effet du sel sur la croissance et l'expansion des cellules, l'irrégularité de la membrane végétale, la toxicité ionique, l'évolution du processus métabolique, le mécanisme de germination, l'activité photosynthétique, la longueur des pousses et des racines, le développement des feuilles est incontestable **(Hasegawa et al,. 2000)**, **(Munns 2002)**. Les plantes développent des mécanismes pour se débarrasser de ces effets négatifs. Le NaCl étant le sel le plus soluble et le plus courant, toutes les plantes développent des mécanismes de régulation de son accumulation **(Munns 2005)**. Les halophytes, espèces végétales des sols à haute salinité, maintiennent mieux cette extraction du végétal que les glycophytes, qui n'ont aucune tolérance aux sols à haute salinité (**Garthwaite et al,. 2005).** Parce que la salinité est courante dans les régions arides et semi-arides, des mécanismes d'adaptation des plantes se produisent en fonction de ces zones potentiellement pauvres en eau (**Munns et Tester 2008).** Pour faire face aux effets nocifs de la salinité, les plantes créent de nombreuses adaptations morphologiques, physiologiques et biochimiques différentes (**Motos et al,. 2017).**

D'après **Drouhin (1961),** l'Algérie est un pays de sels. Par ailleurs, **Daoud et Halitim (1994)** notent qu'en Algérie la salinisation secondaire suite à l'irrigation avec des eaux minéralisées a entraîné une extension de la salure dans de nombreux périmètres irrigués notamment en milieu saharien.

En Afrique de l'Ouest, le niébé *Vigna unguiculata* (L.) Walp est une légumineuse qui participe à la sécurité alimentaire et à la réduction de la pauvreté **(Allogni et al., 2004).** Cependant, plusieurs contraintes biotiques et abiotiques s'opposent à la production et à la rentabilité de cette culture **(Dugjé et al., 2009 ; N'gbesso et al., 2013).** (**O.H. Issoufou et al. 2017),** parmi ces contraintes de production, le stress salin, qui affecte gravement sa productivité **(Lawlor, 2013).** Plusieurs travaux de recherche à travers le monde ont été menés afin d'évaluer la réponse du niébé en condition de salinité **(Dantas et al., 2005), (Murillo-Amador et al., 2006), (Padilla et al., 2009), (Nabi, 2009), (Salih et Kia, 2013), (Win et Oo, 2015).** En Algérie, le niébé est cultivé à petite échelle comme culture vivrière dans les régions les plus reculées du pays (montagnes de Kabylie, oasis du Sahara, le littoral d'El Kala...) **(Ghalmi, 2011)**.

C'est donc dans le prolongement des conclusions de nos ainés chercheurs, et de leurs données reconnues et avalisées, que s'inscrit notre travail qui consiste à évaluer l'effet du stress salin sur le niébé (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) provenant de la Kabylie en Algérie et d'examiner la possibilité de tolérance de cette espèce contre différentes doses de salinité.

Alors quel est l'effet du stress salin sur *Vigna unguiculata* L. Walp ? Et est-ce-qu'elle peut tolérer cette plante contre différentes doses de NaCl ?

La progression de cette étude comporte deux parties :

I. Partie bibliographique qui contient deux chapitres, le premier représente la plante étudiée (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) et le deuxième parle du stress salin et son effet sur les plantes.
II. Partie expérimentale qui comporte aussi deux autres chapitres, d'abord on trouve les matériels et méthodes utilisés dans cette expérience puis le chapitre des résultats et leurs discussions.

Notre travail se termine par une conclusion générale de cette étude.

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE 1 :

Synthèse bibliographique sur *Vigna unguiculata* L. Walp

CHAPITRE I : Synthèse bibliographique sur *Vigna unguiculata* L. Walp

I.1. Généralités

Vigna unguiculata L. Walp, est une espèce diploïde (2n = 2x = 22) **(Coulibaly et al, 2002 ; Kuruma et al., 2008). (Gbaguidi et al., 2015).** C'est une plante des climats chauds qui supporte de longues périodes de sécheresse ; grâce à un système racinaire profond, elle peut rapidement extraire l'eau des horizons profonds. **(Singh et al., 2003). (Marie-Hélène Dabat et al., 2012).**

Le niébé est une espèce principalement cultivée dans les régions tropicales et particulièrement dans les zones sud du Sahara en Afrique **(Singh et al., 1997).** Sa production annuelle mondiale varie entre 3 et 5,5 millions de tonnes de graines sèches **(Faostat, 2010 ; Gbaguidi et al., 2015 ; Makanur et al., 2013, Shanko et al., 2014),** dont plus de 64% sont produites en Afrique **(Nkouannessi, 2005).** La plus grande partie des surfaces cultivées se trouve en Afrique occidentale **(Quin, 1997),** couvrant ainsi avec l'Afrique centrale 80% de ces surfaces. **(Langyintuo et al., 2003).**

Les grandes zones tropicales arides et semi-arides sont caractérisées par des sécheresses fréquentes qui constituent la majeure contrainte de la production **(Singh et al., 1997),** due à un déficit et à une mauvaise répartition pluviométrique. **(Sawadogo A, 2009).**

Les feuilles, les graines vertes, les graines sèches et les gousses sont utilisées dans l'alimentation humaine et les fanes sont utilisées dans l'alimentation animale **(Abadassi, 1985 ; Baco et al., 2003 ; ; Gnanglè et al., 2003 ; Gnanglè et al., 2004 ; Ogodja et al., 2004 ; Bebe et al., 2005 ; Bello. 2005 ; Baco et al., 2008 ; Bello et Baco 2015 ; Bello et al., 2016;). (Bello et al., 2018).**

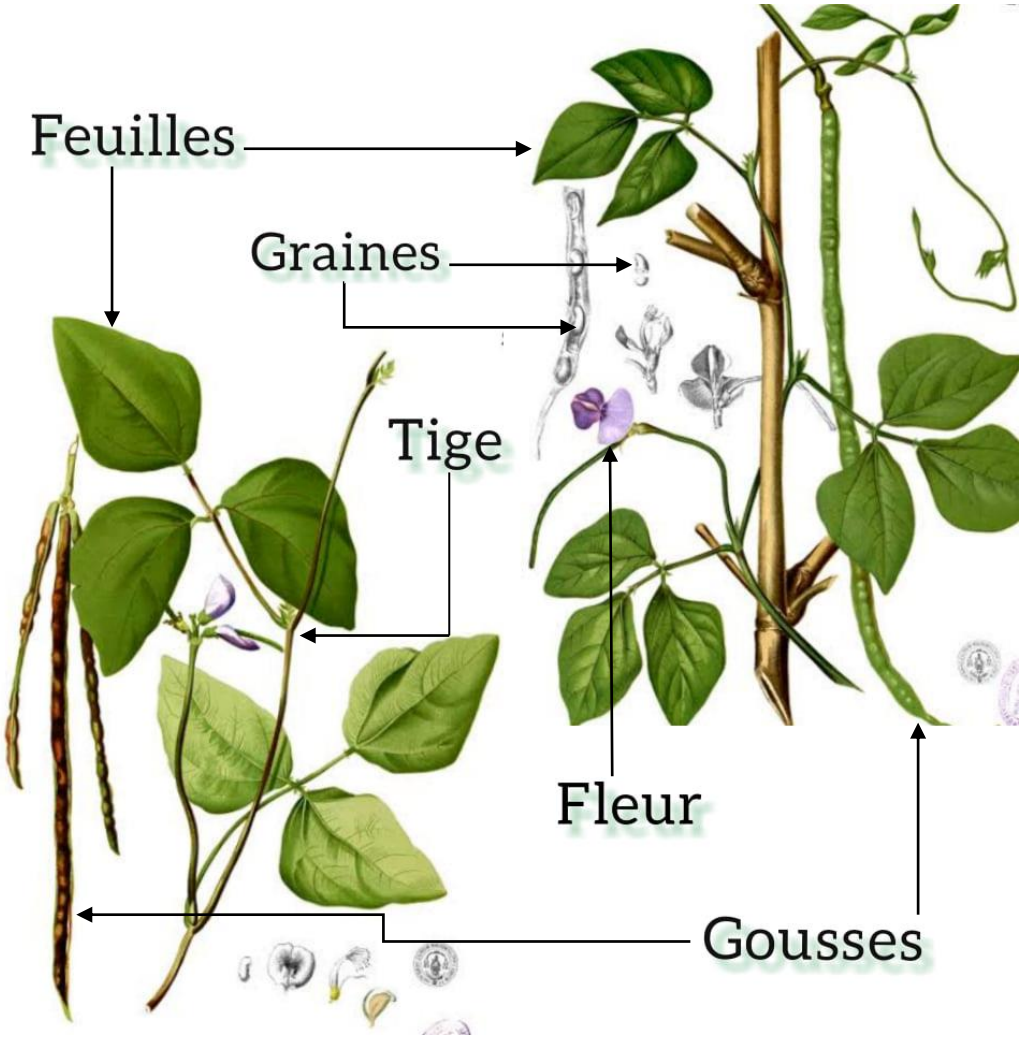


Figure n° 01 : Planche botanique représentant les différentes parties de la plante *Vigna unguiculata* (L.) Walp. **(Fr. Manuel Blanco, 1837).**

I.2. Origines et répartition

De son vrai nom « Gnièb» en langues Peulh et en Wolf, le niébé est originaire d'Afrique avant d'être diffusé dans les autres continents. Il est qualifié de viande de pauvres **(Alzouma, 1995).**

Vigna unguiculata (L.) Walpers, l'expansion de sa culture initiée à partir de l'Afrique, s'est étendue à l'Asie et particulièrement à l'Inde par le biais des échanges commerciaux avant d'atteindre le reste du monde **(Glitho, 1990; Dabiré, 2001).** Cette culture a atteint l'Europe à partir du Nord-est de l'Afrique vers 300 ans A.JC et l'Inde, vers 200 ans avant Jésus Christ **(Padulosi et Ng, 1997).** Probablement introduite en Amérique tropicale au 17è siècle par les espagnols, elle est largement cultivée aux Etats Unis, aux Caraïbes et au Brésil **(Brink et**

Belay, 2006). Actuellement, sa culture est pratiquée dans l'ensemble des zones tropicales et subtropicales. En Afrique occidentale, la culture est pratiquée dans les savanes du Nigeria, le sud du Niger, une partie du Burkina Fasso, le nord du Bénin, du Togo, le nord-ouest du Cameroun **(Ng et Marechal, 1985).** Et en Côte d'Ivoire (**KIMOU Serge Hervé.2013).**

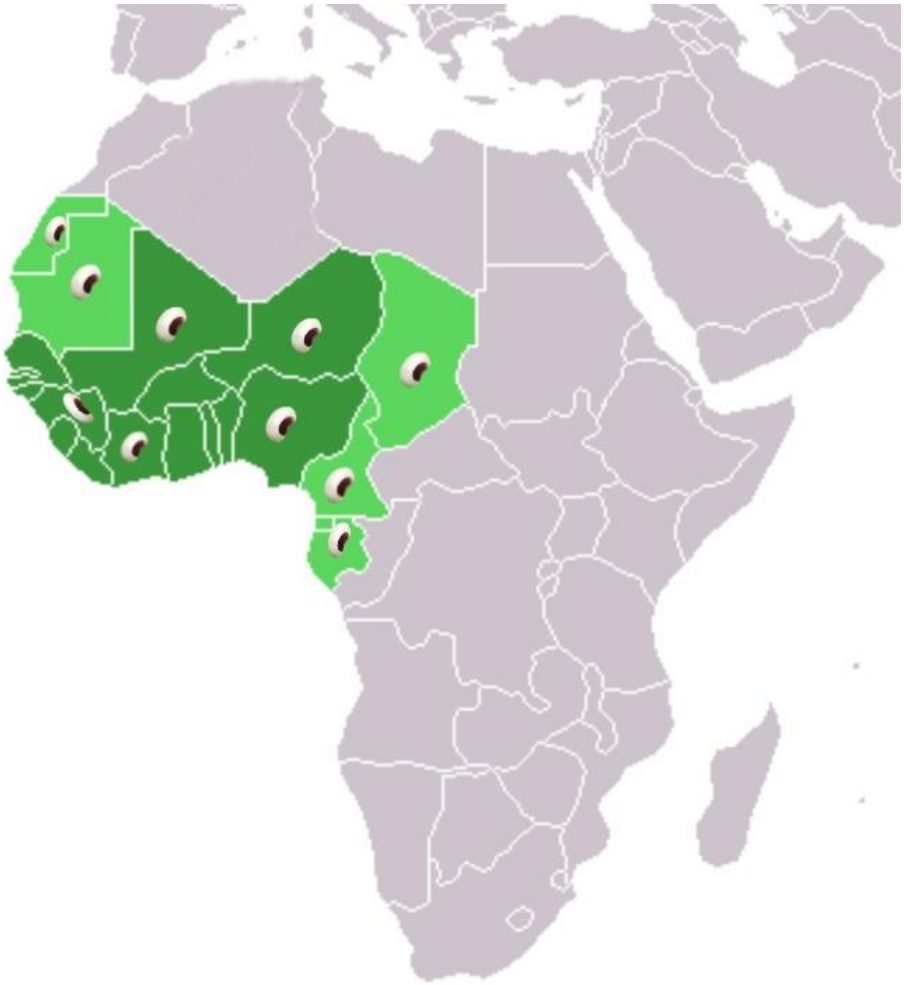


Figure n° 02 : L'origine de *Vigna unguiculata* (L.) Walp **(Wikiwand)**

I.3. Classification

Le niébé, qui est mentionné dès l'antiquité par Dioscoride, a été décrit par Linné, à partir d'une forme cultivée provenant des Antilles, sous le nom de *Dolichos unguiculatus*, qui deviendra *Vigna unguiculata* **(Pasquet et Baudouin, 1997).** *Vigna unguiculata* inclut des formes cultivées et des formes sauvages. Les formes cultivées se distinguent des formes sauvages par des gousses indéhiscentes, des graines et des gousses de taille plus importante **(Lush et Evans, 1981).**

Selon **Vanderborght et Baudoin (2001),** les formes cultivées sont regroupées dans la sous-espèce unguiculata, laquelle est subdivisée en quatre cultigroupes:

i) Le cultigroupe Unguiculata (anciennement *V.sinensis* (L.) Savi ex Hassk), forme couramment cultivée et plus importante en Afrique;

ii) Le cultigroupe Biflora (anciennement *V. unguiculata* subsp. *Cylindrica* (L.) Verdcourt), à petites gousses érigées, cultivé principalement en Asie;

iii) Le cultigroupe Sesquipedalis (anciennement *V. unguiculata* var. sesquipedalis (L.) Ohashi), à gousses très longues et pendantes;

iv) Le cultigroupe Textilis (anciennement *V. sinensis* var textilis A Cheval) avec de long pédoncule est présent en Afrique de l'Ouest.

Le niébé est une dicotylédone de l'ordre des Fabales, famille Fabaceae, sous famille Faboideae, tribu Phaseoleae, sous tribu Phaseolinae, genre Vigna et la section Catiang **(Verdcourt, (1970) ; Maréchal et al., (1978).**

Et selon **CRONQUIST(1981**) *V.unguiculata* est classée comme suit :

Règne……....Végétal.
Sous Règne……...Phanérogames.
Embranchement……..…….....Angiospermes.
Classe……...Dicotylédones.
Ordre ……...Fabales.
Famille……...Fabacées.
Sous famille…..……..Papilionacées.
Tribu……..Phasage.
Genre…….…Vigna.
Espèce…….....*Vigna unguiculata* (L.)Walp.

I.3.1.Noms vernaculaires

- **En français** : Niébé, haricot à l'œil noir, pois yeux noirs, cornille, voème, haricot dolique, dolique mongette.
- **En anglais**: Cowpea, black-eye bean, black-eye pea, China pea, marble pea.

I.4. Caractères botaniques

Le niébé est une plante herbacée annuelle ou vivace, grimpante, rampante ou plus ou moins érigée. C'est une culture de saison chaude nécessitant des températures d'au moins 18°C à toutes les étapes de son développement avec une température optimale de croissance d'environ 28°C **(Craufurd et al., 1997).**

- **La tige :** La tige du niébé est cylindrique, volubile, légèrement striée et quelque fois creuse. Elle peut atteindre quatre mètres de long. Chaque nœud de la tige porte deux stipules prolongées sous l'insertion et trois bourgeons axillaires, capables de donner une tige latérale ou une inflorescence **(Fery, 1985).**
- **Les feuilles :** La première paire de feuille est opposée et monofoliée. Les secondes feuilles sont alternes et trifoliées comprenant deux folioles opposées (asymétriques) et une foliole terminale, la foliole centrale symétrique de forme ovale ou rhomboïde à lancéolée, parfois lobée. De couleur verte parfois marbrés de violets **(ZUANG, 1991).**
- **Les fleurs :** Elles sont de couleur blanchâtre teintée de rose avec un onglet jaune à la base de l'étendard **(KEITA, 2000)**. Elles sont bisexuées, s'ouvrent généralement à la fin de la nuit et se referment en fin de matinée.
- **Les Racines :** Le système racinaire est constitué d'une racine pivotante qui initie de nombreuses racines secondaires latérales munies de nodules fixateurs d'azote atmosphérique. Le système racinaire peut atteindre jusqu'à 2m de profondeur. **(Kirnou, S.H. 2009).**
- **Le fruit :** C'est une gousse linéaire-cylindrique de 8–30 cm de long, légèrement courbé, pourvue d'un bec court avec une extrémité aigue, glabre ou légèrement pubescente, brun pâle à maturité et contenant 8–30 graines **(Madamba et al., 2006).**
- **Les graines :** Elles sont ovoïdes, réniformes et sensiblement plus petites que celles des haricots verts, de 0,5–1 cm de long, on trouve 8 à 20 graines par gousse. Elles sont de couleurs variables, noires, brunes, roses ou blanches ; et munies d'une tache noire ‹‹œil›› autour du hile **(Belhoucine et Makour, 2007)**.

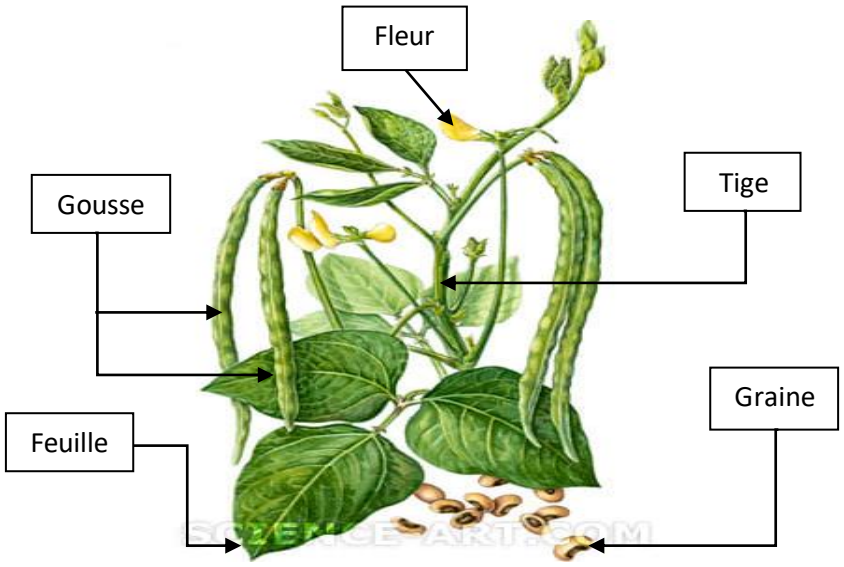


Figure n° 03 : La morphologie externe de *Vigna unguiculata* (L.) Walp. **(Marjorie Leggitt 2010).**

I.5. Phénologie du niébé

I.5.1.Germination

La germination de niébé est épigée, c'est-à-dire les cotylédons sont soulevés au-dessus de la surface du sol **(Stanton et al., 1970)**. **(Voir Figure n°46 en annexe 1)**

I.5.2.Croissance

La croissance initiale est lente jusqu'au début de la fixation de l'azote **(Sinha, 1980).** Par ailleurs, la croissance des racines s'effectue durant les 70 premiers jours. Au cours de sa végétation, le niébé produit de façon constante de nouvelles feuilles alors qu'en même temps les vieilles feuilles sèchent et tombent **(Jacquinot, 1967).** On distingue deux principaux types de croissance; ce sont les croissances déterminées et indéterminées. Le premier type signifie que le nombre de nœuds d'un rameau est fixe et que celui-ci cesse de croître lorsque ce nombre est atteint, il arrive souvent que les rameaux déterminés se terminent par un groupe de bourgeons floraux. Le deuxième type signifie que le rameau continue à pousser, donnant naissance à de nouveaux embranchements latéraux et à fleurs, c'est le cas des légumineuses rampantes ou grimpantes **(Stanton et al., 1970).**

I.5.3.Floraison

La floraison se déroule en trois étapes : l'évocation, l'initiation et la différenciation. Ces étapes sont influencées par la longueur du jour et de la température **(Sinha, 1980)**. De nombreuses variétés traditionnelles fleurissent en jours courts **(Vanderborght et Baudoin, 2001)**. Chez les formes cultivées, les fleurs s'ouvrent en général à la nuit pour se fermer en fin de matinée **(Pasquet et Baudoin, 1997)**. Le niébé est une plante autogame et diploïde dont, cependant, des études conduites à Bambey ont montré que le taux d'allogamie moyen est de 1,14% (il varie de 0,22 à 2,6%). La déhiscence des anthères se produit plusieurs heures avant que la fleur ne s'ouvre alors que le stigmate est réceptif depuis deux jours **(Ladeinde et Bliss, 1977).**

I.5.4.Maturation

Le niébé peut être récolté en deux stades différents de maturité : soit vert dont les gousses sont destinées au marché frais et sont prêtes pour la récolte 20 jours après la floraison, soit 40 jours pour la récolte en sec **(Davis et al., 1991)**.

I.5.5.Récolte

La récolte du niébé se fait dés qu'il arrive à maturité. On le reconnait par :

- Le cycle : à partir du 60ème jour selon les variétés.
- Des signes de maturité : jaunissement suivi de dessèchement et chute des feuilles
-Dessèchement et changement de couleur des gousses.

La récolte manuelle des gousses mûres et sèches se fait par passages successifs (deux au minimum). Pendant le séchage il faut séparer les gousses non encore sèches pour hâter le battage. **(Addou M. et Foulaf S. 2020).**

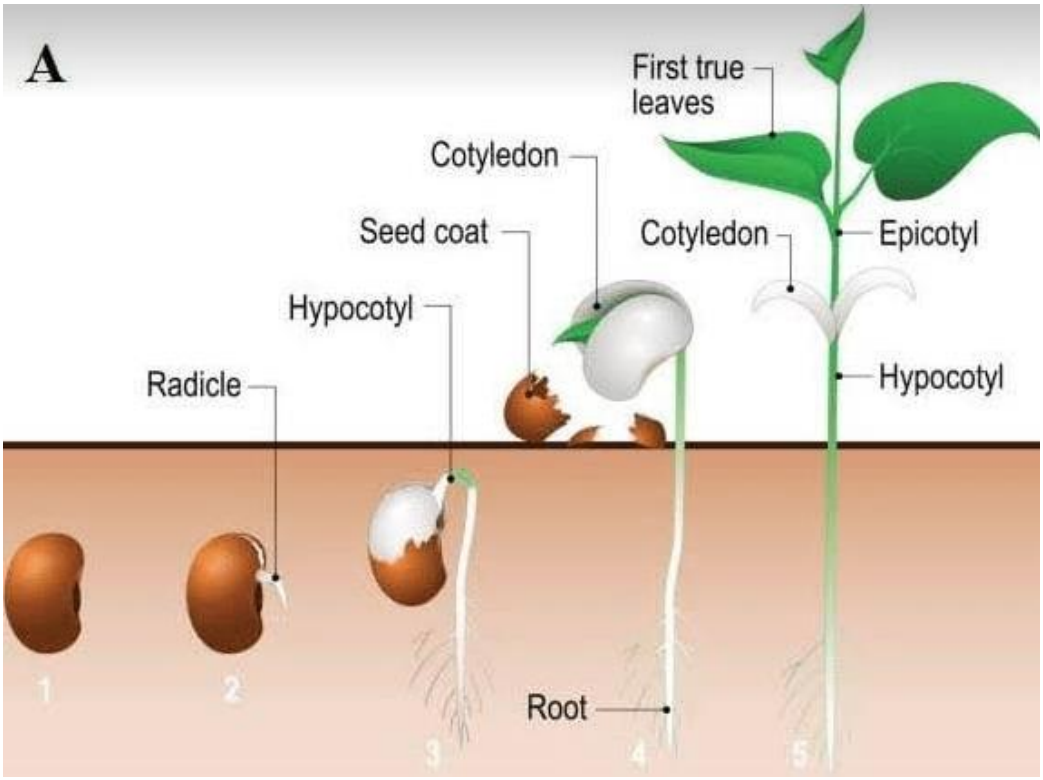


Figure n° 04 : Le cycle de développement de *Vigna unguiculata* (L.) Walp. **(Boucelha L., Djebbar R. 2019).**

I.6. Importance du niébé

I.6.1. Importance nutritionnelle

Vigna unguiculata (L.) Walp est l'une des principales légumineuses mondiales. **(Pasquet et Baudoin, 1997).**

C'est une importante denrée de base en Afrique subsaharienne, particulièrement dans les savanes arides de l'Afrique de l'ouest.

Le niébé joue un rôle important dans l'alimentation humaine et dans la lutte contre la malnutrition plus spécifiquement les carences protéiques grâce à sa forte teneur en protéines, en carbohydrates et en éléments minéraux **(Stoilova et Pereira, 2013).** C'est l'une des meilleures solutions et la moins coûteuse pour résoudre ce problème. **(Diaw, 1999).**

Par leur teneur élevée en protéines, les légumineuses, en général, *Vigna unguiculata* (L.) Walp., en particuliers, rééquilibrent l'alimentation céréalière surtout en acides aminées et en

sels minéraux et compense en partie le déficit en protéines animales dans les pays tropicaux et en voie de développement. **(Borget, 1989 ; Monti et *al*, 1990).**

Ses taux de protéines varient de 22 à 30 % du poids sec des graines et des feuilles et de 13 à 17 % dans les fanes **(Bressani, 1985; Tarawali et al., 1997).** Pour sa richesse en protéines et en vitamines *Vigna unguiculata* (L.) Walp a été désignée comme étant la viande des pauvres. **(Quin, 1997).**

Borget (1989) et Kentour (1999) signalent que 100g de niébé contiennent 22 à 26 g de protéines, 60 à 65 g de glucides et ont une valeur énergétique de l'ordre de 342 Kcal **(Tableau 1)**.

Tableau n° 01 : Teneur (g/100g) et valeur énergétique (Kcal pour 100g) de graines de niébé **(Borget,1989).**

	Protéines	Lipides	Glucides	Fibres	Matière minérale	Eau	Valeurs énergétiques
Vigna unguiculata	**22-26**	**1-2**	**60-65**	**4-5**	**3-4**	**11**	**342**

Stanton (1970), Sinha (1980) et Leonard (1987) ont signalé que le niébé est riche en matière minérale (3à 4%), représentée principalement par le Phosphore, le Potassium et le Calcium **(tableau 2)**.

Tableau n° 02 : Composition minérale (mg/100g de matière sèche) des graines de niébé **(Stanton, 1970 ; Sinha, 1980)**.

Eléments minéraux	**Ca**	**Fe**	**Zn**	**P**	**Na**	**K**
Teneur (mg/100g)	**37±5**	**4.7±0.3**	**4±0.3**	**430±20**	**15±3**	**125±15**

La composition en acides aminés des protéines du niébé se rapproche de celle de la viande, vu qu'elle montre un déficit en méthionine et cystéine (1,22%) et un taux intéressant en lysine (6,91%) par rapport au blé entier (2,90%) **(Tableau3)**.

Tableau n° 03 : Comparaison des teneurs % acides aminés des protéines des graines du niébé, de la viande et du blé **(Outoul, 1974 ; Tremolieres et *al.*, 1984 ; Godon, 1985)**.

	Graine du niébé	Viande	Blé
Valine	**5,24**	**5.4**	**4.7**
Thréonine	**3,78**	**4.8**	**3.10**
Leucine	**7,97**	**8.1**	**6.70**
Isoleucine	**4,29**	**5.4**	**3.75**
Met+Cys	**1,22**	**2.4**	**4.25**
Phénylalanine	**5,76**	**43**	**4.50**
Lysine	**6,91**	**8.8**	**2.90**
Tryptophane	**-**	**1.4**	**1.05**
Facteur limitant	**Myt+cys**	**Met+cys**	**Lys**
Protéines %	**28,85**	**15 à 20**	**10 à 15**

I.6.2. Importance agronomique

Vigna unguiculata (L.) Walp est très utilisée dans les rotations culturales car elle améliore la fertilité des sols par la fixation de l'azote atmosphérique grâce aux symbioses avec les bactéries du genre *Rhizobium spp* et *Bradyrhizobium spp*. **(Quin, 1997).**

Sa croissance est rapide et les variétés rampantes, fréquentes chez les paysans **(Singh *et al.*, 2003),** couvrent rapidement le sol et le protègent contre l'érosion **(Stoop, 1986)**. De même, elles préservent la réserve hydrique du sol en réduisant l'évaporation. Plusieurs travaux rapportent que le niébé s'accommode des sols pauvres **(Dakora, Keya, 1997 ; Singh *et al.*, 2003**), probablement du fait de la fixation biologique de l'azote qui lui confère une certaine autonomie dans la nutrition azotée. Les chutes de feuilles sénescentes, les résidus racinaires et la fixation biologique de l'azote contribuent à améliorer la fertilité du sol **(Singh *et al.*, 2003).** Ce dernier aspect ne semble cependant pas faire l'unanimité **(Formowitz, Joergensen, Buekert, 2009)**.

Le niébé est très résistant au climat semi-aride et aride, sa culture est répartie dans toutes les zones tropicales, subtropicales et dans le bassin méditerranéen. **(Pasquet, 1998 ; Echikh, 2000)**.

Cette espèce s'adapte bien à la chaleur et la sécheresse (**Hall et Patel, 1985)**, elle est considérée comme moyennement sensible à la salinité **(Maas et Hoffman, 1977)**. Elle tolère

les sols pauvres en raison de sa grande capacité à fixer l'azote **(Eloward et Hall, 1987)** et forme une association symbiotique efficace avec les mycorhizes. **(kwapata et Hall, 1985)**.

En conséquence, elle peut jouer un rôle important dans le développement de l'agriculture particulièrement dans le Sahara algérien où la sécheresse et la salinité constituent des facteurs limitants.

La tolérance du niébé à la salinité est plus grande que celle du maïs, mais moins importante que celle du blé, de l'orge, de la betterave à sucre et du coton **(Hall et Frate, 1996).**

I.6.3. Importance économique

Le niébé est une technologie de gestion des ressources importante dans les systèmes à base de céréales conduisant à environ le triple du rendement du maïs non fertilisé. **(Carsky RJ et al., 2002). (Fatokum CA et al., 2002). (Bado V et al., 2006). (Ana Maria F. G. 2019)**.

Le niébé est une importante source de devises. Il fait l'objet d'exportation vers la Côte d'Ivoire, le Ghana, le Togo et le Benin. De nombreuses raisons militent pour le développement de la production de niébé. D'abord, niébé contribue de façon appréciable à la réalisation de certains objectifs de politiques économiques tels que la réduction du déficit de la balance commerciale et l'amélioration des conditions d'existence des populations rurales (création de revenu, équipement et sécurité alimentaire,... Etc.). Au total, il s'agit d'une culture qui peut jouer un rôle important dans une optique d'autosuffisance alimentaire, de diversification des cultures et dans la résorption du déficit de la balance commerciale **(Ouédraogo, 2000)**.

I.7. Les exigences de la culture du niébé

Le niébé peut être cultivé en conditions pluviales, sous irrigation ou avec l'humidité résiduelle du sol le long des fleuves, ou dans les plaines lacustres en saison sèche, pourvu que les minima et maxima de température (nocturnes et diurnes) soient dans une fourchette de 28 à 30°C pendant la campagne culturale. **(I.Y. Dugje et al., 2009).**

Le niébé affiche une bonne performance dans les zones agro-écologiques où la pluviométrie est de 500 à 1200 mm/an. Cependant, grâce aux variétés précoces et extra-précoces, il peut pousser dans le Sahel où la pluviométrie est inférieure à 500 mm/an. Il tolère

la sécheresse et s'adapte bien aux sols sablonneux et pauvres. Toutefois, c'est sur des sols bien drainés, sableux-limoneux à limoneux-argileux, à pH 6 ou 7, qu'il atteint ses meilleurs rendements. **(I.Y. Dugje et al.,2009).**

I.8. Principales étapes pour la culture du niébé

I.8.1. Choix du site de culture

Il est très important de faire un choix judicieux du site de culture. Pour le niébé pluvial, opter pour un sol sableux-limoneux bien drainé. Pour la culture de contre-saison, choisir les dépressions intérieures ou les rivages lacustres afin d'exploiter l'humidité résiduelle. Le niébé ne tolère pas les sols trop humides ou engorgés, et ne doit pas être cultivé sur les sols mal drainés. **(I.Y. Dugje et al.,2009).**

I.8.2. Choix des variétés

Choisir une variété adaptée à la zone agro-écologique en tenant compte des conditions climatiques et des systèmes de culture prédominants.

Le choix de la variété se fonde sur le cycle cultural, le potentiel de rendement, la tolérance à la sécheresse, la réactivité à la longueur du jour et la résistance aux maladies et aux ravageurs.

Tableau n°04: Critères de sélection d'une variété de niébé pour une agro-écologie donnée. **(I.Y. Dugje et al.,2009).**

Contrainte à la production	**Variété à utiliser**
Sécheresse	Tolérante et précoce
Chaleur	Tolérante
Infestation par *Striga*	*Ré*sistante
Courte saison pluvieuse (300–500 mm/an)	Extra-précoce et précoce (des variétés de cycles longs de 60–80 jours.)
Maladies et ravageurs	Résistante aux principaux ravageurs et maladies

(Le tableau 4) présente quelques considérations fondamentales qui doivent guider le choix d'une variété de niébé en fonction de l'écologie. La couleur et la taille des graines

revêtent une importance capitale aux yeux des consommateurs et des paysans. Toutefois, ces caractéristiques varient d'une région à l'autre.. **(I.Y. Dugje et al.,2009).**

I.9. Les maladies et les ravageurs du niébé

Le niébé est soumis à des attaques de champignons, de bactéries et de virus. Différentes maladies touchent différentes parties de la plante à divers stades de sa croissance. Les plus importantes et les plus courantes sont l'anthracnose, la pourriture de la tige (*Sclerotium*), la pourriture des racines et du collet, la fonte des semis, la cercosporiose, les taches foliaires (*Septoria*), le flétrissement fusarien et les gales.



Figure n°05 : Dégâts de *Macura* sur gousse de niébé. **(I.Y. Dugje et al.,2009)**



Figure n°06 : Puceron sur gousse du niébé. **(I.Y. Dugje et al.,2009)**



Figure n°07 : Thrips sur fleur du niébé. **(I.Y. Dugje et al.,2009)**

Les ravageurs identifiés sont répartis en trois catégories en fonction des organes attaqués. Ce sont les ravageurs de tiges, de feuilles et de plantules ; les ravageurs d'organes floraux et de gousses et les ravageurs de graines en stock. Ils sont au total 39 espèces réparties en 28 espèces de ravageurs de végétation, deux (02) espèces de ravageurs de stock et neuf (09) espèces d'auxiliaires prédateurs et parasitoïdes de ravageurs.

Tableau 5 : Principaux ravageurs de tiges, de feuilles, de plantules, d'organes floraux et de gousses de niébé **(Bello et al., 2018)**.

N°	Noms scientifiques	Types de ravageurs	Ordres	Familles	Statuts	Organes attaqués	Dégâts observés
01	*Ootheca mutabulis Sahl*	Phytophage	Coleoptera	Chrysomelidae	Mineur	Plantules	
02	*Nisotra uniformis.*	Phytophage	Coleoptera	Chrysomelidae	Mineur	Feuilles	
03	*Psylloïdes chrysocephala*	Phytophage	Coleoptera	Chrysomelidae	Majeur	Feuilles	
04	*Oulema melanopus*	Phytophage	Coleoptera	Chrysomelidae	Majeur	Feuilles	
05	*Apion miniatum*	Phytophage	Coleoptera	Curculionidae	Mineur	Organes floraux, Gousses	Chute des feuilles
06	*Ophiomia phaseoli*	Phytophage	Diptera	Agromyzidae	Mineur	Plantules	
07	*Pentatoma spp.*	Phytophage	Heteroptera	Pentatomidae	Mineur	Plantules	
08	*Agonocerus spp*	Phytophage	Heteroptera	Pentatomidae	Mineur	Feuilles	
09	*Pachnodae cordata*	Phytophage	Coleoptera	Scarabaeidae	Mineur	Organes floraux, gousses	
10	*Bemisia tabaci*	Phytophage	Homoptera	Aleurodidae	Mineur	Feuilles/ Tige	Virose des plants
11	*Empoasca spp.*	Phytophage	Homoptera	Cicadellidae	Majeur	Feuilles /Tige	Maladie des plants
12	*Aphis crassivora Koch*	Phytophage	Homoptera	Aphididae	Majeur	Feuilles/ Tige	
13	*Aphis gossipi*	Phytophage	Homoptera	Aphididae	Majeur	Feuilles/ Tige	
14	*Amsacta moloneyi*	Phytophage	Lepidoptera	Arctiidae	Majeur	Plantules	
15	*Spodoptera littoralis*	Phytophage	Lepidoptera	Noctuidae	Mineur	Feuilles/ Tige	
16	*Spodoptera*	Phytophage	Lepidoptera	Noctuidae	Mineur	Feuilles/	

	exigua					Tige	
17	*Anomis spp*	Phytophage	Lepidoptera	Geometridae	Majeur	Feuilles	
18	*Syllepta derogata*	Phytophage	Lepidoptera	Pyramidae	Mineur	Feuilles	
19	*Pyrgomopha spp.*	Phytophage	Orthoptera	Acrididae	Mineur	Feuilles	
20	*Mylabris sp*	Phytophage	Coleoptera	Meloïdae	Mineur	Organes floraux, Gousses	
21	*Dysdescus sp*	Phytophage	Heteroptera	pyrgomorphidae	Majeur	Feuilles, gousses	
22	*Anoplocnemis curvipes F.*	Phytophage	Heteroptera	Coreïdae	Mineur	Organes floraux, Gousses	
23	*Clavigralla (Acanthomia) tomentosicollis Stal*	Punaise phytophage	Heteroptera	Coreïdae	Mineur	Organes floraux, Gousses	
24	*Nezaria viridula*	Punaise phytophage	Heteroptera	Pentatomidae	Mineur	Organes floraux, Gousses	
25	*Helicoverpa armigera Hbn.*	Phytophage	Lepidoptera	Noctuidae	Mineur	Organes floraux, Gousses	
26	*Maruca vitrata*	Phytophage	Lepidoptera	Pyralidae	Majeur	Organes floraux, Gousses	
27	*Megalurothrips sjostedti Trybom*	Thrips phytophage	Thysanoptera	Thripidae	Majeur	Organes floraux, Gousses	
28	*Thrips tabaci*	Trips phytophage	Thysanoptera	Thripidae	Majeur	Organes floraux, gousses	Chute des éléments floraux et avortement des organes reproducteurs et jeunes fruits

Tableau n° 06 : Principaux ravageurs de stock identifiés. **(Bello et al., 2018).**

N°	Noms scientifiques	Types de ravageurs	Ordres	Familles	Statuts	Organes attaqués
01	*Bruchiduis Atrolineatus*	Phytophage	Coleoptera	Bruchidae	Mineur	graines
02	*Callosobruchus maculatus Fabricius*	Phytophage	Coleoptera	Bruchidae	Majeur	graines

Tableau n°07 : Insectes auxiliaires, prédateurs et parasitoïdes, des ravageurs de niébé identifiés. **(Bello et al., 2018).**

N°	Noms scientifiques	Types d'insectes auxiliaires	Ordres	Familles	Statuts	Proies
01	*Elpis spp*	Entomophage	Coleoptera	Coccinelidae	Prédateur	Pucerons, thrips, mouche blanche
02	*Scymmus spp.*	Entomophage	Coleoptera	Coccinelidae	Prédateur	Pucerons, thrips
03	*Paederus sp.*	Entomophage	Coleoptera	Staphylinidae	Prédateur	Nisotra, Dysdercus
04	*Cosmolestes sp.*	Entomophage	Coleoptera	Rediviuidae	Prédateur	Nisotra, Dysdercus
05	*Phorida spp*	Entomophage	Diptera	Phoridae	Prédateur	Larve de papillons
06	*Syrphus spp*	Entomophage	Diptera	Syrphidae	Prédateur	Pucerons
07	*Bracon spp*	Entomophage	Hymenoptera	Braconidae	Parasitoïde	Celpta
08	*Ichneumona spp*	Entomophage	Hymenoptera	Ichneumonidae	Parasitoïde	Larve de Maruca vitrata
09	*Tachnida spp*	Entomophage	Diptera	Tachnidae	Parasitoïde	Larve de papillons

I.10. Le niébé en Algérie

Dans les oasis au sud-ouest du Sahara algérien, le niébé (tadelaght) représente une ressource nutritive appréciable aussi bien pour l'alimentation humaine que pour l'alimentation animale dont il constitue un excellent fourrage vert, plusieurs coupes sont possibles avant la floraison **(Anoun et Echikh, 1990).** Les gens l'utilisent aussi ensilé ou en foin substantiel en utilisant les fanes après la récolte des gousses **(Chaabena, 1991).**

Le Niébé est une culture ancestrale, traditionnellement cultivé en Algérie au niveau des petites exploitations agricoles familiales et est consommé dans certaines régions telles que la Kabylie (Tizi-Ouzou et Bejaïa), la zone Extrême Est de l'Algérie (Tarf, Skikda) ainsi que les oasis sahariennes (Béchar, Adrar, Ouargla, Ghardaïa, Djanet). **(Kahouadji Rabah).**

Il est utilisé surtout dans les plats traditionnels à base de céréales tels que le couscous ou le Berkoukes il est additionné en petites quantités, sa proportion par rapport aux céréales est similaire à celle du pois chiche **(boubkeur, 2007),** mais actuellement, sa culture n'existe plus que sur des superficies très restreintes, relevant souvent du jardinage **(Ghalmi et al., 2010).**

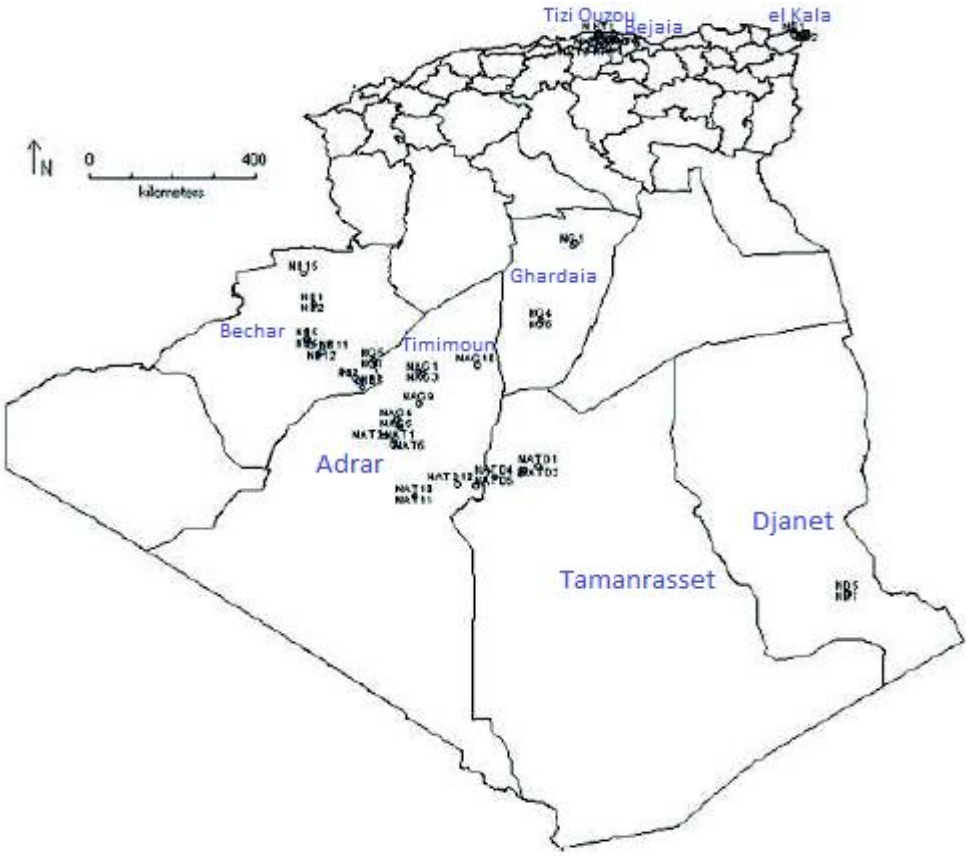


Figure n°08 : La répartition du niébé en Algérie. **(Ghalmi N. 2011).**

I.11. Le niébé dans le monde

La production mondiale des graines sèches de niébé a été évaluée en 2008 à environ 5 millions de tonnes pour une superficie de 11 806 648 Ha **(tableau, FAO. 2010).** Une grande proportion de cette production est apportée par l'Afrique environ (95%), Les grands foyers de production de niébé en Afrique sont regroupés au centre et à l'ouest qui fournissent 4.30 millions de tonnes. Le Nigeria, premier producteur mondial, fournit 54% de l'approvisionnement mondial et le Niger (deuxième producteur) en fournit 23%.

Au Niger, le niébé est l'une des cultures d'exportation et est la troisième culture vivrière cultivée du pays. **(INS, 2010)**.

Le rendement moyen mondial de niébé est relativement faible (456,4kg à l'hectare). En Afrique, ces rendements moyens varient des conditions climatiques, du système de culture et du degré d'utilisation d'engrais et de pesticides **(Cissé et Hall, 2003).**

La production mondiale de niébé s'élève à 1.400.000 tonnes/an. L'Afrique occidentale réalise à elle seule 1.115.000 tonnes par an soit 82,5% de la production.

Le reste de la production est assuré par les autres pays ainsi que l'Asie et l'Amérique. **(Fao, 1999).**

Tableau n° 08 : La production du niébé dans le monde en 2008 **(Fao; 2010).**

Pays	Superficie	Rendement	Production
Burkina Faso	638 297	470.0	300 000
Birmanie	153 000	980.3	150 000
Niger	5 294 663	239.0	1 265 839
Nigeria	4 289 000	679.8	2 916 000
Sénégal	200 000	607.3	121 463
Les autres pays	1 231 688	-	635 933
Total	11 806 648	456.4	5 398 235

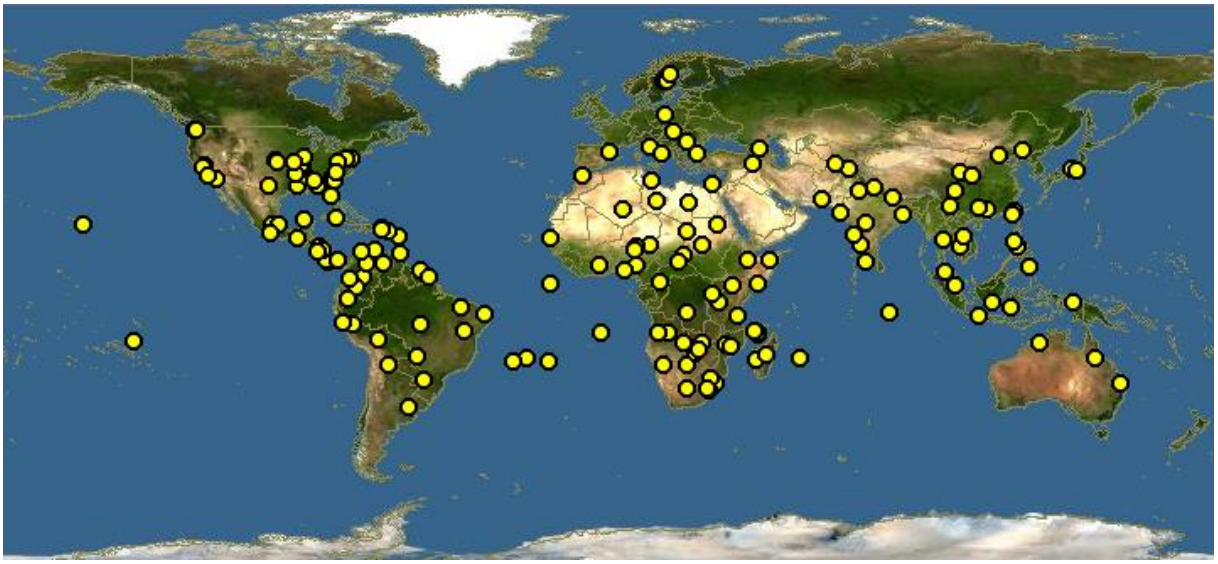


Figure n°09 : La répartition du niébé dans le monde. **(Discover Life, 2017)**

CHAPITRE 2 :

Le Stress salin

Chapitre II : Le stress salin

II.1. Généralité

II.1.1. Stress salin

Selon **(Baize, 2000)** le stress salin est défini comme la présence d'une concentration excessive de sels solubles dans le sol ou dans l'eau d'irrigation. Dans le langage courant, le sel est le chlorure de sodium alors que dans la chimie un sel est le produit de la neutralisation d'un acide par une base. Au point de vue agronomique, la salinité d'un milieu correspond à une surcharge en sels minéraux de solution du sol ou la solution nutritive **(Flowers, 2004).**

II.1.2. Définition de la salinité

La salinité peut être définie comme une accumulation excessive des sels dans les sols ou dans les eaux à un seuil pouvant avoir un impact sur les activités humaines naturelles (plantes, animaux, écosystèmes, approvisionnement en eau, agriculture,…) **(Mint El Mokhtar ,2010).**

On distingue deux types de salinité, une primaire où l'augmentation de sels est uniquement due à des processus naturels et une salinité secondaire ou induite où les augmentations ont eu lieu en raison des changements des pratiques d'utilisation des terres par les activités humaines **(Mint El Mokhtar ,2010).**

II.1.3. Origine de la salinisation

D'après **Cherbuy (1991)**, la salinisation d'un milieu, implique la présence d'une source de sels qui peut être naturelle, dénommée primaire, et une salinisation anthropique, généralement liée à l'irrigation, que l'on appellera secondaire ;

II.1.3.1. Salinisation naturelle ou primaire

La salinité est dite naturelle ou primaire, lorsque les sels minéraux qui sont à l'origine de cette salinité proviennent de la nappe phréatique saline ou l'altération de la roche mère saline, et cette altération est favorisée par des facteurs physico-chimiques (vent, gel, dégel et pluies souvent acides, chargées de H_2CO_3 **(Duchaufour 1979**).

II.1.3.2. Salinisation secondaire ou anthropique

La salinisation d'origine secondaire est induite par l'activité humaine liée fréquemment à des pratiques agricoles inappropriées. Les causes principales de cette salinisation secondaire des sols sont :

- Utilisation d'une eau d'irrigation de qualité médiocre ou riche en sel et lessivage naturel insuffisant ;
- Remonté de la nappe souterraine à proximité de la surface et transport de sels par remontées capillaires **(Marc, 2001)**.

Comme le montre la (figure 09), la salinisation secondaire est un processus de dégradation de la qualité des sols et des eaux qui s'auto-entretient lorsque les eaux de drainage ou de nappe phréatique sont recyclées **(Lahlou et *al*., 2002)**.

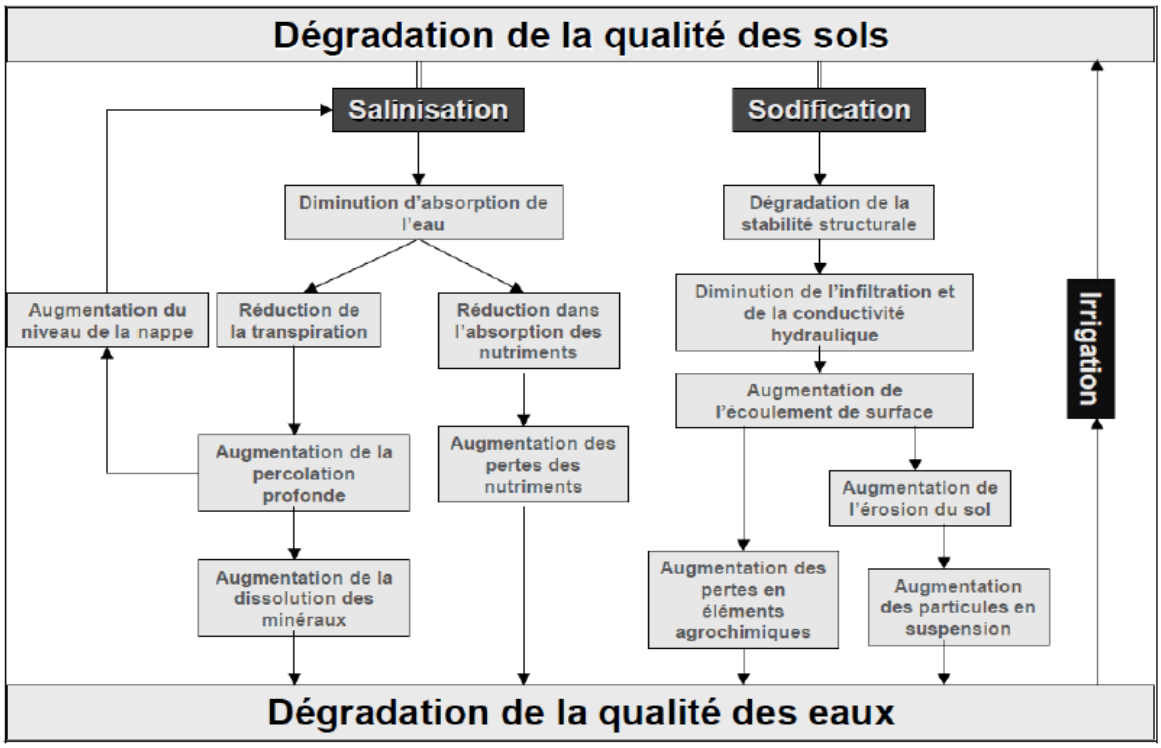


Figure n°10 : Processus de dégradation de la qualité des sols suite à l'irrigation **(Lahlou et al., 2002)**.

II.2. Les principaux sels solubles

Selon **Aubert (1982),** les principaux sels solubles qui participent dans la formation des sols salés sont:

- **Les carbonates:** Les plus rencontrés sont le carbonate de sodium ($Na2CO_3$), bicarbonate de sodium (Na HCO_3), carbonate de calcium ($CaCo_3$) et le carbonate de magnésium ($mgCO_3$).
- **Les sulfates:** ce sont les sels de l'acide sulfurique et les plus fréquents sont: le sulfate de magnésium ($MgSO_4$), sulfate de sodium ($NaSO_4$) et le sulfate de calcium (Ca SO_4).
- **Les chlorures:** principalement le chlorure de sodium (NaCl), le chlorure de calcium ($CaCl_2$) et chlorure de magnésium ($MgCl_2$) ce sont les plus solubles et ont une forte toxicité **Aubert (1982).**

II.3. La classification des sols salés

Selon **Duchauffour (1983),** deux sous classes de sols halomorphes :

- Sols à complexe sodique ou sols alcalins (les solonetz) : Caractérisés par une saturation marquée en Na^+ et une accumulation des sels en profondeur. La conductivité électrique (C.E) ne dépasse pas 4ds/m à 25°C et le ph est supérieur à 8,5.
- Sols salins (solontchak) : Ces sols sont soumis à l'influence d'une nappe peu profonde riche en sels sodique neutre (NaCl, Na_2, SO_4), CE est supérieur à 8ds/m, et le ph est inférieur à 8,5.

II.4. La répartition géologique de la salinité en Algérie

En Algérie, les sols agricoles sont dans leur majorité affectés par la salinité ou susceptibles de l'être **(Durand, 1983)**. Les sols salins sont répandus dans les basses plaines de l'Oranie, dans la vallée de la Mina près de Relizane, sur les hautes plaines sud de Sétif et de Constantine et aux bords de certains chotts comme le chott Melghir. Ils ont aussi une grande extension dans les régions sahariennes au sud de Biskra jusqu'à Touggourt, Ouargla et au-delà **(Durand, 1983)**.
D'après **Halitim (1988),** dans les régions arides, les sols représentent environ 25 % de la surface cartographiée soit 3,2 millions d'hectares **(Hamdi, 1999).** Les sols situés au sud sont nettement plus sodiques que ceux du nord **(Daoud, 1999).**
La classification bioclimatique d'**Emberger et Sauvage** a été largement adoptée en régions méditerranéennes. Cinq étages du bioclimat méditerranéen ont été définis pour l'Algérie : Saharien, aride, semi-aride, subhumide et humide (Figure 10).

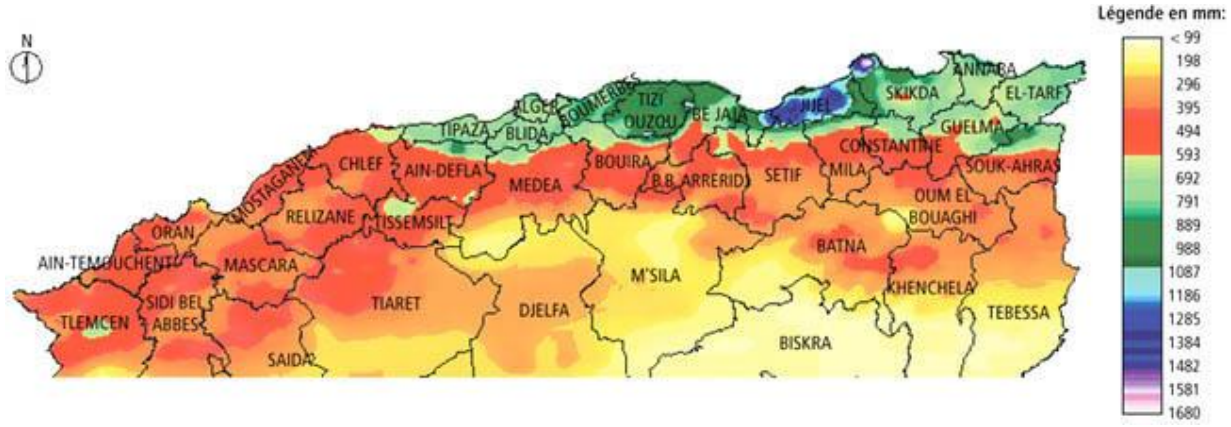


Figure n°11 : Répartition de précipitations dans le nord de l'Algérie **(Fao, 2005)**

II.5. Effet du stress salin sur les plantes

Les effets de la salinité sur les plantes sont complexes et ses conséquences incluent la toxicité par les ions **(Pang et al., 2007),** le déficit hydrique **(Desclos et al., 2008).,** la déficience et le déséquilibre nutritifs **(Chen et al.,2007).**

La grande majorité des stress salins est provoquée par des sels de sodium, particulièrement le NaCl. De ce fait, les termes halophytes et glycophytes font essentiellement référence aux stress provoqués par un excès de Na+ **(Gregory., 2005)**.

La première difficulté d'une plante en milieu salin est d'assurer son apport en eau. Pour cela, il faut que la plante puisse ajuster la pression osmotique de ses tissus par rapport à la pression osmotique du sol. Ce phénomène nommé l'épictése, permet donc à la plante d'assurer une hypertonie constante **(Heller., 2004)**.

A l'échelle agronomique, les risques de salinisation varient de 4 à 16 mmhos/cm. A partir de 8 mmhos/cm, la plupart des plantes cultivées ont leurs rendements fortement abaissés par la salinité. Seuls les végétaux halophiles prospèrent dans des milieux à salinité supérieure à 16 mmhos/cm **(Kenfaoui., 1997).**

II.5.1. Effet de la salinité sur la germination

La présence de sel en excès dans le sol est un des facteurs critiques qui affecte défavorablement la germination de la graine, empêchant les espèces de s'adapter aux environnements salin **(Sosa et al., 2005)**. **Kakari** a aussi exposé l'effet des sels sur la

germination ; il a constaté que les sels provoquaient une diminution de l'imbibition du fait d'une diminution du potentiel d'eau.

De plus, lorsque des graines de blé sont germés en milieu salin (NaCl à 200 Mm), le profil protéique est altéré **(Hurkman et Tanaka, 1987).**

II.5.2. Effet de la salinité sur la croissance

Plusieurs recherches ont apporté une réduction de croissance de la plante en raison de la salinité, cependant, il existe des différences dans la tolérance au stress salin entre les espèces et les cultivars **(Omami, 2005).**

La croissance des plantes est contrôlée par la division et l'expansion cellulaire. Sous un stress salin la plante augmente sa pression osmotique du milieu cellulaire, ce qui empêche l'absorption de l'eau par le système racinaire **(R'him et al., 2013)**. Ceci entraine, par conséquent, une baisse du nombre de division cellulaires **(Benmahioul, et al., 2009 in Alioua et al., 2016)** et aussi une réduction de la vitesse de l'expansion foliaire **(Wang et Nil, 2000 in Alioua et al., 2016)**.

Le NaCl peut augmenter la croissance et le développement des plantes, mais à un certain taux, le sel peut les nuire et les endommager à cause du changement du potentiel osmotique, du déséquilibre ionique et de la toxicité ionique dans les cellules **(Rubio et al., 2008).**

II.5.3. Effet de la salinité sur la morphologie des plantes

II.5.3.1. Effet sur la longueur des racines et des pousses des plantes

Longueur des racines, densité de longueur des racines et racines épaisses, sont très vitales pour le développement des parties souterraines de la plante en prenant l'eau existante. Un système racinaire fertile au début du stade de semis, qui est le stade le plus sensible, accélère la croissance. Étant donné que l'eau prélevée par les plantes risque de se perdre facilement, elle doit donc être prélevée dans des couches de sol non profondes. Alors que sous le stress salin, une réduction de la longueur des racines est observée, en plus, le fait de ne pas pouvoir utiliser l'eau existante affecte négativement la croissance des racines. Outre tous ces effets négatifs, les racines sont également connues comme étonnamment fortes lorsqu'elles sont directement exposées au stress salin **(Shah 2014).**

II.5.3.2. L'effet de la salinité 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 l'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, 1998 in Parida et Das, 2005)**. L'épaisseur du mésophylle et de l'épiderme ainsi que l'espace intercellulaire diminuent significativement dans les feuilles traitées avec le NaCl de la mangrove B. parviflora **(Parida et Das, 2005)**.

Le stress salin cause :

- Le développement de la vacuolisation et un gonflement partiel du réticulum endoplasmique ;
- 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).**

II.5.3.3. L'effet de la salinité sur les tiges

D'après **Munns et Rawson (1999), Maas et Poss (1989)**, l'effet de la salinité se traduit généralement par une réduction de la croissance de la tige (réduction de la hauteur) qui est en fonction de la division et l'élongation cellulaire. Elle retarde la croissance des pousses qui sont plus sensibles aux sels que les racines mais elle pousse prématurément la plante vers la maturité.

II.5.4. L'effet de la salinité sur l'état hydrique de la plante

La première difficulté d'une plante en milieu salin est d'assurer son apport en eau. Pour cela, il faut que la plante puisse ajuster la pression osmotique de ses tissus par rapport à la pression osmotique du sol. Ce phénomène nommé **l'épictése,** permet donc à la plante d'assurer une hypertonie constante **(Heller, 2004).**

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. Dans les conditions de concentration élevées de salinité accrue, le potentiel hydrique de la feuille et la vitesse d'évaporation diminuent significativement chez l'halophyte alors qu'il n'y a pas de changement dans le contenu relatif en eau **(LU et al.,2002 in Parida et Das., 2005)**.

II.5.5. L'effet de la salinité sur le taux des ions

L'accumulation d'ions Na^+ et Cl^- dans la plante a un effet négatif en développant un système compétitif limitant l'apport des autres ions tels que Ca^{2+}, K^+ et le Mg^{2+} dans la plante. Les sels solubles à forte concentration dans le sol peuvent provoquer une sécheresse physiologique **(Hussain et al 2019).**

Avec l'accumulation de sels solubles dans la zone racinaire des plantes, il se produit une diminution de la consommation d'eau des plantes, cette accumulation dans la zone racinaire créent un déséquilibre ionique dans les cellules végétales et ce qui provoque des problèmes de croissance dans les tissus végétaux tels que les feuilles, les graines, etc. Une accumulation excessive de Na^+ dans les plantes provoque une nécrose dans les vieilles feuilles et des concentrations élevées d'ions Na^+ dans les pousses causent des problèmes métaboliques et osmotiques **(Tester et al 2003)**.

II.5.6. L'effet de la salinité sur la nutrition minérale de la plante

Bien que les cations les plus communs trouvés dans SAS soient Na^+ , Ca^{2+} et Mg^{2+}, accompagnés d'anions Cl^- , SO_4^{2-} et HCO_3^-, ces sols sont principalement dominés par Na^+ et Cl_3^- **(Brady et al 2005)** , **(Hardie et al 2012)** , **(Qadir et al 2005)**. L'azote, le P, le K, le Ca et le Mg jouent des fonctions physiologiques importantes chez les plantes, et leur remplacement par Na et Cl peut entraîner des déséquilibres nutritionnels **(Chen et al 2010)**. Pour une croissance et un rendement optimaux des cultures, un apport adéquat et équilibré de nutriments minéraux est essentiel **(Sairam et al 2004)**. Des teneurs élevées en Na et Cl dans la rhizosphère peuvent interférer avec l'absorption d'éléments essentiels, entraînant leurs déficiences ou déséquilibres **(Hu et al 2005)**, **(Silva et al 2003)** à travers les processus de fixation, d'adsorption et de transformation dans le sol **(Maksimovic et al 2012)**. Les effets de fortes concentrations de Na et de Cl sur l'absorption d'éléments essentiels par les plantes sont décrits dans les sous-sections suivantes :

- **Azote**

L'azote est considéré comme l'un des facteurs limitants et est requis en grande quantité par rapport à d'autres nutriments essentiels pour la croissance, le rendement et la qualité des cultures **(Blumenthal et al 2008)**, **(Chen et al 2016)**, **(Hammad et al 2017)**, **(Hofman et al 2004)**.

Il est principalement absorbé par les plantes sous forme de NO_3^- et NH_4^+ **(Dai J et al 2015)**. En raison de la salinité élevée, l'absorption et l'assimilation de NH_4^+ et NO_3^- sont habitées par des concentrations excessives de Na et Cl. L'absorption d'autres nutriments essentiels peut être perturbée en raison de l'inhibition du métabolisme de l'azote car la présence de N dans le milieu de croissance stimule l'absorption et l'assimilation d'autres nutriments essentiels **(Hofman et al 2004)**. Les diminutions de l'absorption d'azote peuvent être une réponse physiologique des plantes soumises à un stress salin **(Bybordi et al 2011)**.

La diminution de l'absorption de N par les plantes pourrait être due à l'augmentation de l'absorption et de l'accumulation de Cl. Une salinité élevée du sol s'est avérée augmenter la concentration de Cl dans les différentes parties de la plante du niébé, *Vigna unguiculata* (**Silva et al 2003)**. Cependant, l'accumulation de Cl est régulée par la durée du stress salin ainsi que par la phase du cycle de vie de la plante **(Lacerda et al 2006)**.

Plusieurs études ont signalé une accumulation inhibée de nutriments avec une diminution de l'absorption d'eau en cas de stress salin **(Zribi et al, 2018)** , **(Abdelgadir et al, 2005)**. L'effet du stress salin sur le métabolisme de l'azote varie en fonction des formes d'azote appliquées **(Dluzniewska et al 2007)**. **(Botella et al 1997)** ont rapporté que l'augmentation de la concentration de NaCl dans le milieu racinaire diminuait l'absorption nette de N plus profondément dans le NO_3^- par rapport à la forme NH_4^+ lorsque leurs composés étaient incorporés comme source de N.

- **Phosphore**

Le phosphore existe dans la solution du sol sous forme d'ions orthophosphates tels que $H_2PO_4^-$, HPO_4^{2-} et PO_4^{3-} **(Hutchins et al 2008)** et les plantes absorbent le P de la solution du sol sous forme de $H_2PO_4^-$ et HPO_4^{2-}, bien que $H_2PO_4^-$ est repris dans une plus large mesure (**Menzies 2009)**, **(Syers et al 2008)**. L'exposition à une salinité élevée a entraîné une diminution significative des niveaux de P chez certaines plantes.

Le stress salin s'est avéré amplifier les effets néfastes sur l'absorption de P par les plantes dans plusieurs études lorsque les plantes étaient exposées simultanément à la salinité et à la sécheresse **(Sahin et al 2018)**, **(Brown et al 2006)**. La réduction de la concentration en P sous haute salinité peut être due à la compétition entre les ions $H_2PO_4^-$ et Cl^- **(Maksimovic et al 2012)**. L'accumulation de P dans les plantes exposées au stress salin varie selon les organes de la plante

L'absorption de P par les plantes soumises à un stress salin est influencée par l'espèce végétale, le stade de la plante, le degré et l'étendue du stress, la température, l'humidité, le pH du sol et le niveau de P dominant dans le sol **(Grattan et al 1999)**, **(Lacerda et al 2006)** , **(Syers et al 2008)**.

- **Potassium**

Le potassium contribue à des rôles physiologiques, biochimiques et biophysiques importants tels que la photosynthèse, l'ajustement osmotique et le maintien de la turgescence **(Greenway et al 1980)**, (**Reggiani et al 1995)**, régulant la croissance et le développement des plantes. La concentration de K dans le milieu de croissance détermine l'absorption nette de K (**Al-Karaki, 2000)**. On pense que la carence rare en K dans la plupart des sols est due à une concentration relativement élevée et à une plus grande mobilité **(Huq et al (2013)**, **(Mahmud et al 2020)**. Cependant, dans des conditions de stress salin, les plantes peuvent souffrir d'une carence en K en raison de la toxicité du Na. Na et K sont tous deux des cations monovalents ayant des propriétés physico-chimiques similaires. En raison du rayon ionique similaire et de la compétition cationique pour l'entrée dans les cellules végétales, des concentrations élevées de Na peuvent nuire à l'absorption et à l'accumulation de K dans les plantes.

Les sols affectés par le sel ont entraîné une influence significative sur le K dans les tissus végétaux, augmentant ou diminuant sa concentration. La réduction de la teneur en K dans les tissus végétaux est l'une des principales réponses des plantes à une teneur élevée en Na, ce qui provoque finalement des déséquilibres nutritionnels **(Rameeh, 2012)**.

De même, les concentrations de Na et K dans les feuilles de niébé, *Vigna unguiculata*, augmentait en condition de stress salin et les réponses différaient en fonction de la durée du stress et de l'âge des feuilles **(Lacerda et al 2006)**.

- **Calcium et magnésium**

Le calcium est un nutriment inorganique essentiel et joue un rôle vital dans le maintien de l'intégrité structurelle et fonctionnelle de la paroi cellulaire et de la membrane en raison de sa capacité à former des liaisons intermoléculaires **(Rameeh 2012)**, **(Tuna et al 2007)**. Compte tenu de l'importance du Ca externe dans le transport durable du K et de la sélectivité K:Na chez les plantes en condition de stress Na, un grand nombre de recherches a été mené sur les interactions Na:Ca. La carence en Ca dans les plantes est une indication courante de la toxicité du Na **(Davenport et al 1997)**. Le rapport Na:Ca des plantes est une bonne indication utilisée pour exprimer dans quelle mesure une plante peut survivre sous stress salin **(Hadi et al 2012)**. Une concentration élevée de Na peut diminuer l'absorption de Ca et de Mg en habitant leur influx par les racines, en diminuant les sites de liaison extracellulaires de Ca et de Mg dans les membranes plasmiques **(Hadi et al 2012)**, **(Lynch et al 1988)**, en diminuant le potentiel osmotique **(Sahin et al 2018)**, dans des conditions salines.

- **Micronutriments**

Les micronutriments sont impliqués dans divers fonctionnements physiologiques et biochimiques importants des plantes : l'activation d'enzymes, la formation de chlorophylle, la synthèse des protéines, les glucides et le métabolisme des lipides et des acides nucléiques **(Zaman et al 2018)**. Différents auteurs ont rapporté différemment l'absorption et l'accumulation de micronutriments tels que Fe, Mn, Zn et Cu dans des conditions de stress salin. Bien que le mécanisme exact dans la littérature soit rare, on pense que différents facteurs liés au sol, aux plantes et à l'environnement influencent l'absorption et l'accumulation de micronutriments dans différentes parties de la plante sous stress salin. La réponse des concentrations de micronutriments dans les plantes soumises à un stress salin s'est avérée variable dans des études antérieures. Les plantes cultivées dans des sols salins présentaient souvent une carence en micronutriments tels que Fe, Zn, Mn et Cu, ce qui était supposé être le résultat de leur faible solubilité et disponibilité **(Chen et al 2012)**.

II.5.7. L'effet de la salinité sur le rendement agronomique

Selon **Manchanda et Garg**, la réduction du rendement en grain *Vigna unguiculata*, en présence de la contrainte saline est liée à la réduction de l'approvisionnement des grains en photosynthèse et protéines du à la diminution de la matière sèche, la taille des tiges et la

surface foliaire. Le tout accompagné d'un dessèchement des grains du au stress hydrique provoqué par les stress salin. La réduction du nombre de gousses et de graines a induit la régression significative du poids de 100 graines et du poids de 100 gousses.

II.5.8. L'effet de la salinité 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. **(Iyengar et Reddy, 1996 in Parida et Das, 2005).**

Plusieurs facteurs peuvent être considérés comme une raison de la diminution de l'activité photosynthétique. La première : la réduction de la perméabilisation cellulaire du CO_2 en raison de la déshydratation des membranes. Une concentration élevée de sel dans le sol crée un potentiel osmotique élevé dans la plante limitant l'eau atteignant la plante, mais avec une diminution du potentiel hydrique, un stress osmotique dans la plante se produit. Le transport photosynthétique des électrons est affecté négativement. Avec toxicité ionique causée par Na^+ et Cl^- ions, les nutriments essentiels ne peuvent pas être absorbés et cette situation conduit à une limitation de la photosynthèse et à la génération d'espèces réactives de l'oxygène (ROS). Les changements dans les activités enzymatiques entraînent également une diminution du rapport de photosynthèse **(Shah 2014)**.

II.6. Stress oxydant

Avec la diminution de la formation de photosynthèse, les espèces réactives de l'oxygène augmentent, augmentant ainsi la production d'enzymes qui permettent de détoxifier ces espèces réactives de l'oxygène. Alors que les plantes s'adaptent à un environnement changeant, elles subissent l'activation de processus biochimiques qui empêchent les dommages oxydatifs contre le photosystème, la morphologie des feuilles, la composition des pigments chloroplastiques et de nombreux autres changements. Les espèces réactives de l'oxygène peuvent diviser les activités de la plante. Par exemple, l'ADN, les protéines et les lipides ont des effets négatifs en se mélangeant au métabolisme des plantes **(Demiral et Turkan, 2004).**

II.7. La classification des plantes selon leur tolérance à la salinité

La résistance d'une plante à la salinité s'exprime par sa capacité de survivre et de produire dans des conditions de stress salin.

Cependant, les plantes ne sont pas égales face au stress salin et quatre grandes tendances ont été discernées:

Halophytes vraies, dont la production de biomasse est stimulée par la présence de sel. Ces plantes présentent des adaptations poussées et sont naturellement favorisées par ces conditions :*Salicornia europaea*, *Suada maritima*.

Halophytes facultatives, montrant une légère augmentation de la biomasse à des teneurs faible en sel : *Plantago maritime*, *Aster tripolium*.

Non-Halophytes résistantes, supportant de faibles concentrations en sel: *Hordium sp*.

Glycophytes ou **Halophobe**, sensible à la présence de sel tels que *Phaseolus vulgaris* L, Glycine max.

Les plantes peuvent êtres regroupées dans des classes de tolérance tel que décrit dans **Brady et Weil (2002)** : désignées par un niveau de tolérance (sensibles à tolérantes) et de salinité (CE de 2 à 12dS m-1) sont regroupées les espèces dont la croissance est réduite de moins de 10%. Ainsi les plantes supérieures incluant les glycophytes n'ont pas un métabolisme tolérant aux excès de sel, même si certains organismes montrent une bonne croissance dans de l'eau de mer. L'avantage essentiel des halophytes sur les glycophytes réside dans la gestion des ions en excès dans l'organisme .Halophytes ou plantes halophiles sont caractérisées par une morphologie et une structure particulière : généralement charnues, stomates peu nombreux et leur cuticule épaisse.

- Les tissus charnus des Atriplex leur permettent de diluer le sel dans leur vacuole;
- Le Tamaris excrète le sel grâce à des glandes foliaires ;
- D'autres plantes stockent le sel dans leur feuilles qui tombent en fin de végétation;
- D'autres empêchent le sel de pénétrer dans les cellules racinaires grâce aux membranes. **(Teggar 2015).**

II.8. La tolérance des plantes à la salinité

Une plante soumise au stress salin doit faire face à la pénétration de sel dans ses tissus. Ce dernier est rejeté ou accumulé par les différents organes, tissus, cellules et compartiments cellulaire **(Levigneron et al., 1995).**

A l'échelle de la plante entière, les ions (chlorure de sodium) entrent par les racines, véhiculés par la sève xylémique jusqu'aux tiges et aux feuilles. Là, ils sont soit stockés (plantes de type includer) soit au contraire très peu retenus et revéhiculés par la sève phloémique jusqu'aux racines (plante de type exluder) **(Levigneron et al., 1995., Dajic, 2006).**

Ainsi, les plantes utilisent deux stratégies de résistance pour tolérer les fortes salinités **(Levitt, 1980 et Dajic, 2006).**

La résistance par **exclusion** ("stress avoidance", les plantes sont de type exluder en anglais), souvent réduit au terme de résistance. L'organisme inhibe ou réduit la pénétration des sels dans ses tissus. **(Nabi, 2009).**

La résistance par **inclusion** ("stress tolérance", les plantes sont de type includer en anglais), souvent réduit au terme de tolérance. Elle est liée à l'association des mécanismes adaptatifs qui permettent la survie des plantes en dépit de l'influence du stress à l'intérieur de l'organisme. **(Nabi, 2009).**

Les auteurs préfèrent, pour ces deux termes, utiliser les mots anglais, car les équivalents français ne sont pas satisfaisants **(Levigneron et al., 1995).**

II.9. La régulation ionique et compartimentation

L'absorption ionique et la compartimentation sont importantes non seulement pour la croissance normale mais aussi pour la croissance sous des conditions de salinité **(Adams et al., 1992 in Parida et Das, 2005)** car le stress perturbe l'homéostasie ionique. Les plantes glycophytes ou halophytes, ne peuvent tolérer une grande quantité de sel dans le cytoplasme, et par conséquent, elles limitent l'excès de sel dans la vacuole pour faciliter leurs formes métaboliques **(Zhu, 2003).** Les glycophytes limitent l'absorption ou la translocation du sodium dans les tissus âgés qui servent de compartiments de stockage sacrifiés éventuellement. **(Cheeseman, 1988 in Parida et Das, 2005)**. La suppression du sodium du

cytoplasme ou la compartimentation dans les vacuoles est réalisée par des enzymes induites par le sel : le transporteur membranaire (antiport) Na+ /H+ **(Apse et al., 1999 in Parida et Das, 2005).**

II.10. Priming (ou traitement prégerminatif des semences)

II.10.1. Définition du priming

L'amorçage ou endurcissement (priming en anglais) est une des techniques de pré-semis la plus connue qui permet d'influencer le développement des semis, en modulant les activités métabolique de la germination avant la percée de la radicule **(Bradford, 1986; Taylor et al., 1990),** c'est à dire au cours de la phase réversible de la germination, pendant cette phase, la semence peut être redéshydratée tout en gardant sa capacité à germer **(Mazliak, 1998).**

II.10.2. Type d'endurcissement

Les méthodes d'amorçage des semences peuvent être divisées en deux groupes selon que l'absorption d'eau est incontrôlée (hydro et Hormopriming) ou contrôlée (Osmopriming) **(Taylor et al., 1998).**

II.10.2.1. Hydro priming ou redéshydratation

- **Simple hydro priming**

C'est la technique d'amorçage la plus simple qui consiste à imbiber avec de l'eau les semences puis à les déshydrater avant de les semer **(Tarquis et Bardford, 1992)**. Cette technique est peu couteuse et évite l'utilisation de produits chimiques qui peuvent être indésirables pour l'environnement et la santé humaine **(Ghassemi-Golezani et al., 2008).**

- **Double hydro priming**

Le double hydropriming, traitement inédit, employé par **Boucelha et Djebbar (2015)** consiste à faire subir aux semences un double cycle d'hydratation-redéshydratation. Ce nouveau traitement offre les meilleurs résultats en améliorant très significativement les performances germinatives, la croissance ainsi que la tolérance aux stress **(Boucelha et Djebbar, 2015; Boucelha et al., 2019)**.

II.10.2.2. Osmopriming

C'est le type d'amorçage des semences le plus communément utilisé. Il consiste à faire subir aux graines un traitement prégerminatif osmotique seul ou suivi d'une redéshydratation. Cette hydratation contrôlée des semences est réalisée grâce à des agents osmotiques tels que le polyéthylène glycol (PEG), les sels (KNO3, Na Cl, K Cl) ou les polyols (mannitol) **(Bradford, 1986; Yari et al., 2010)**.

II.10.2.3. Hormopriming

Le prétraitement hormonal est une stratégie d'amorçage utilisée pour améliorer la germination des graines dans des conditions stressantes **(Atici et al., 2003 ; Gratào et al., 2005 ; Jisha et al., 2013 ; Masood et al., 2012 ; Hu et al., 2013).** Par exemple, les graines de seigle (*Secale montanum*) prétraitées avec de l'acide gibbérellique (GA 3) ont augmenté la germination dans des conditions de déficit hydrique **(Ansari et al., 2013).**

II.10.3 Mécanisme du priming

- L'endurcissement des semences provoque des modifications biochimiques, physiologiques, moléculaires et génétiques.
- L'accumulation de composants de signalisation latents qui seront utilisés lors d'une nouvelle exposition à un stress
- Ces mécanismes moléculaires permettent aux plantes de mémoriser les événements d'amorçage précédents et de générer, ensuite, des empreintes de mémoire. **(Bruce et al., 2007).**

PARTIE EXPERIMENTALE

CHAPITRE 1 :

MATERIELS ET METHODES

CHAPITRE III : Matériel et méthodes

III.1. Objectif de l'étude

Dans notre étude, nous avons conduit un essai au niveau de laboratoire de biologie de la faculté des sciences à l'université Dr. Yahia Fares de Médéa. Il concerne l'effet de différentes concentrations de NaCl sur la croissance et le développement de la plante du niébé (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) et d'examiner sa possibilité de tolérance sous un stress salin.

III.2. Matériel végétal

Le matériel végétal étudié dans cette expérience est une population du niébé (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) d'origine de Tizi Ouzou en Algérie. **(Figure n°12)**.



Figure n°12 : Graines de *Vigna unguiculata* (L.) Walp (Originale, 2021)

Tableau n°09 : Les caractérisations agro-morphologiques des graines du niébé étudiées.

Car Agro Morph / Espèce	Origine	Couleur de graines	Forme de graines	Longueur de graines	Texture de graines	Poids de 100 graines (g)
Vigna unguiculata	Tizi Ouzou	Blanche à hile noir	Rénal		Ridé	26

Les semences du niébé qui ont servi pour cette étude proviennent de l'Institut Technique des Cultures Maraichères et Industriels (I.T.C.M.I) de Staouali, Alger, Algérie.

Les caractéristiques de la région de provenance (Tizi Ouzou) sont présentées dans le tableau suivant.

Tableau n°10 : Caractéristiques de la wilaya de Tizi Ouzou d'où proviennent les graines utilisées dans notre expérience.

Région	**Latitude**	**Longitude**	**Altitude**	**Type de climat**
Tizi Ouzou Yakouren	36°043 N	4°02 E	270 m	Climat de type méditerranéen avec un hiver doux, pluvieux et un été chaud et sec.

III.3. Culture des plantes

Cette expérience a été réalisée en Juin 2021, pour évaluer les effets de l'irrigation avec différentes solutions salines sur la croissance et le rendement des plantes du niébé.

L'essai a été réalisée chez nous à la maison afin d'éviter toute contamination possible au laboratoire.

L'étude s'est faite avec une seule population de *Vigna unguiculata* (L.) Walp (décrite précédemment).

Des pots en plastique d'une capacité de 1 kg, troués au dessous afin de libérer l'excès d'eau d'irrigation **(figure n°13)**, ont été remplis d'un mélange de sol, de sable de plage et de terreau, tamisés auparavant, et stérilisés dans un four à 260°C pendant une heure dans des proportions de 1/3, 1/3, 1/3 respectivement **(figure n°14. n°15)**



Figure n°13 : les pots troués utilisés en expérience **(Originale, 2021)**



Figure n°14 : Le mélange utilisé pour la plantation des semences du niébé **(Originale, 2021)**



Figure n°15 : Stérilisation du sol, sable et terreau utilisés dans cette expérience. **(Originale, 2021)**

III.4. Essai de germination

Les graines sont stérilisées dans une solution d'eau de javel pendant 5 minutes avant l'expérimentation puis rincées à l'eau de robinet. **(Figure n°16).**

Les graines sont ensuite placées dans des boîtes de conservation hermétique de 30 cm de long, 20 cm de largeur et 10 cm d'épaisseur, contenant une couche de papier essuie-tout, et mises à germer dans l'obscurité. Nous avons fait germer 130 graines, soit 03 répétitions de 36, 40 et 54 graines par boîte. Dans chaque boîte nous avons vaporisé de l'eau distillée chaque jour pendant 06 jours. **(Figure n°17).**

Le critère de germination retenu correspond au moment où la radicule perce l'enveloppe, selon la définition de Côme **(COME, 1970). (Figure n°18).**



Figure n° 16 : Stérilisation des graines dans l'eau de javel. **(Originale, 2021)**



Figure n° 17 : Placement des graines dans les boites. **(Originale, 2021)**



Figure n°18 : La germination des graines. **(Originale, 2021)**

III.5. Dispositif expérimental

Au début, nous avons mis les graines germées dans une plaque de semis, après 06 jours nous avons déplacé des plantules dans les pots en plastique. **(Figure 19).**



Figure n°19 : Les différentes étapes de plantation du niébé. **(Originale, 2021)**

Les pots ont été placés selon un dispositif en randomisation totale, avec 04 traitements salins, une seule population et 08 répétitions pour chaque traitement **(figure n°20)** soit un total de 33 pots.



Figure n°20 : Les pots portants les plantes irriguées en solutions salines. **(Originale, 2021)**

III.6. Semis

Quatre graines de niébé, choisies au hasard ont été semées dans chaque pot séparées par une distance égale.

III.7. Doses de sel

Nous avons utilisé des concentrations croissantes de NaCl pour évaluer l'effet de la salinité sur la croissance de *Vigna unguiculata* (L.) Walp. **(Figure n°21).**

Nous avons préparé quatre solutions à des concentrations différentes de NaCl pour l'irrigation des plantes ;

- La première contient de l'eau distillée pure sans aucune addition et utilisée comme témoin, nommé (T0).
- La deuxième est préparée avec l'ajout de 05g de NaCl dans un litre d'eau distillée et ce traitement est nommé (T1).
- La troisième, en ajoutant 10g de NaCl dans un litre d'eau distillée, elle est nommée (T2).
- La quatrième contient 15g/L et nommée (T3).



Figure n°21 : Les différentes doses du NaCl utilisées dans notre expérience. **(Originale, 2021)**

III.8. Irrigation

Pour l'irrigation des plantes, nous nous sommes référées aux travaux de **MAAS (1993,1996).** Ce dernier a établi les bases de test de tolérance des plantes à la salinité. Il souligne que plusieurs traitements salins doivent être imposés.

L'application du stress salin s'effectue par une solution saline artificielle (rajout de sel). Le NaCl est ajouté à l'eau d'irrigation non saline pour obtenir des concentrations salines qui induisent des réductions de rendement de 0 % à 50 %. Pour assurer une bonne levée, les pots sont irrigués avec la solution non saline avant le semis. L'irrigation par les solutions salines est appliquée 10 jours après la levée et se poursuit durant la croissance.

La population étudiée présente une floraison échelonnée, ce qui rend difficile le repérage de la synchronisation des différents stades de la plante. Pour cette raison, la population a été soumise à la même durée de stress. Le stress salin est imposé pendant 10 jours, à partir du 18ème jour après le semis.



Figure n°22 : Les solutions préparées pour l'irrigation des plantes du niébé. **(Originale, 2021)**

III.9. Mesures effectuées

Les mesures de la croissance ont été effectuées à la fin de la période d'application du stress (26-06-2021).

III.9.1. Paramètres de croissance

III.9.1.1. Hauteur des tiges

La mesure de la hauteur des plantes, en centimètres, est déterminée à l'aide d'une règle graduée à partir du collet de la plante jusqu'au bourgeon terminal. Pour chaque traitement, nous avons effectué une moyenne de 07 répétitions.

III.9.1.2. Nombres de feuilles

III.9.1.3. Surface foliaire

La surface foliaire est estimée par la méthode de **PAUL *et al.* (1979) (Figure 22)** qui consiste à :

· placer la feuille de la plante sur une feuille de papier ou papier calque.

· découper les contours de la feuille.

· Peser la partie du papier présentant la feuille (**Pf).**

· Déterminer par pesée le poids **(Pc)** correspondant à la surface (**sq).**

Connue d'un carré du même papier.

· Déduire la surface de la feuille **(Sf)** par la formule suivante :

$$Sf = (Pf. Sq) / Pc$$

Une moyenne de 05 répétitions est établie. Les résultats sont exprimés en cm2.



Figure n°23 : La méthode pour calculer la surface foliaire d'une plante.

III.9.1.4. Longueur des racines

La mesure des racines des plantes, en centimètres, est déterminée à l'aide d'une règle graduée à partir du collet de la plante jusqu'au dernier bout de la racine principale. Pour chaque traitement, nous avons effectué une moyenne de 07 répétitions.

III.9.1.5. Le poids frais

La pesée du poids frai est réalisé par une balance précise, nous avons pris les plantes fraiches juste tirées du sol et les avons pesés l'une après l'autre. Pour chaque traitement, nous avons effectué une moyenne de 07 répétitions.

III.9.1.6. Le poids sec

Nous avons laissé les plantes sécher dans l'obscurité pendant trois jours puis nous les avons pesés en état sec à l'aide d'une balance de précision **(Figure n°24)**. Pour chaque traitement, nous avons effectué une moyenne de 07 répétitions.



Figure n°24 : La pesée du poids sec d'une plante de niébé.

III.9.1.7. Le taux de germination

Le taux de germination dans notre expérience est à 100%.

Le taux de germination des graines est calculé par la formule suivante :

$$\frac{\textbf{Nombre total de graines}}{\textbf{Nombre de graines germées}} \textbf{ X 100}$$

$$\text{Taux de germination} = \frac{130}{130} X\ 100 = 100\ \%$$

III.9.1.8. Taux de survie

Le taux de survie des plantes dans cette expérience est à 96 %

Le taux de survie des plantes est calculé par la formule suivante :

Nombre des plants plantés ⟶ **100%**

Nombre des plants vivants ⟶ **x**

$$\text{Taux de survie} = \frac{100 \times 125}{130} = 96\ \%$$

III.10. Analyses statistiques

La signification statistique des résultats obtenus au cours de cette étude a été testée par:

- Une analyse de la variance à deux facteurs (facteur traitement salin et facteur population du niébé)
- L'utilisation du logiciel SPSS 22 pour effectuer ces tests.
- La réalisation des courbes à l'aide de l'Excel 2007.

CHAPITRE 2 :

RESULTATS ET DISCUSSION

Chapitre IV : Résultats et discussion

L'objectif de cette expérience est de tester l'effet du stress salin en utilisant plusieurs concentrations de NaCl, le premier traitement dépourvu de NaCl est considéré comme témoin, le second contient 5g/L de NaCl, le troisième comporte 10/L de NaCl et le dernier consiste 15g/L de NaCl, sur la croissance du niébé (*Vigna unguiculata* (L.) walp).

Les résultats concernant l'influence du stress salin à plusieurs répétitions (5g/L, 10g/L et 15g/L) sur la hauteur des tiges, longueurs des racines, nombres de feuilles, surface foliaire et le poids frais et sec sous stress salin des populations de *Vigna unguiculata* L. (1978), sont présentés dans cette partie.

Les tableaux des tests statistiques réalisés par Excel 2007/2010 sont placés en annexe. Les tableaux des tests des effets inter-sujets sont inclus dans le texte.

Les résultats obtenus seront brièvement rappelés puis discutés à la lumière de la littérature. Nous analyserons successivement les effets du traitement des plantules de *Vigna unguiculata* L sur les différents paramètres sous stress salin..

IV.1. Effet du stress salin sur la croissance de *Vigna unguiculata* (L.) Walp

Six paramètres de croissance ont été mesurés : La hauteur de la tige, la longueur des racines, le nombre de feuilles, la surface foliaire, le poids frais et le poids secs.

IV.1.1. Effet du stress salin sur la hauteur des tiges

Les résultats de variation de la hauteur de la tige principale en fonction d'une population de niébé soumise au stress salin sont présentés dans la figure 23. Cette figure montre que, chez notre variété de *Vigna unguiculata* (L.), l'augmentation de la concentration en NaCl s'accompagne d'une diminution de la hauteur de la tige. Ces résultats indiquent une perturbation dans la croissance de la tige.

Les plantes soumises à des contraintes salines présentent des longueurs de tiges inférieures aux plantes témoins.

La réduction la plus importante de la hauteur a été notée à la concentration de sel la plus élevée, troisième traitement (T3) d'une concentration de (15g/L).

Des diminutions de 8% sous stress faible, 12% sous stress modéré et de 16% sous stress sévère par rapport au témoin sont notées.

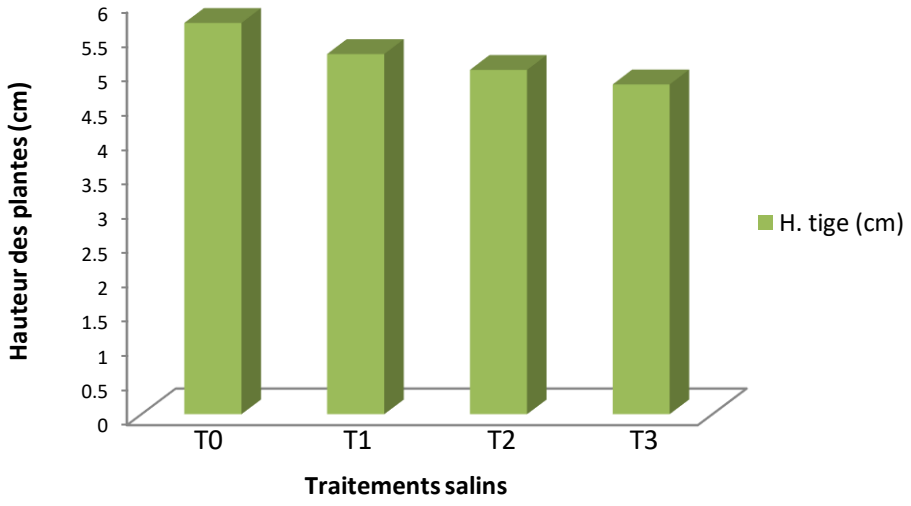


Figure n° 25: Effet du stress salin sur la hauteur de la tige

Dans cette expérience, nous avons utilisé une seule population de *Vigna unguiculata* (L.) et 08 répétitions pour chaque traitement salin, ce qui est montré dans la figure suivante.

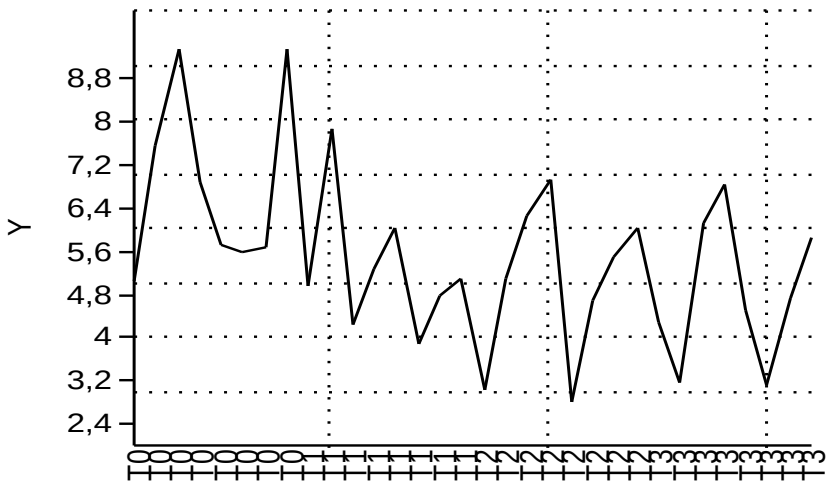


Figure n° 26: Variation des répétitions du NaCl sur la hauteur de la tige

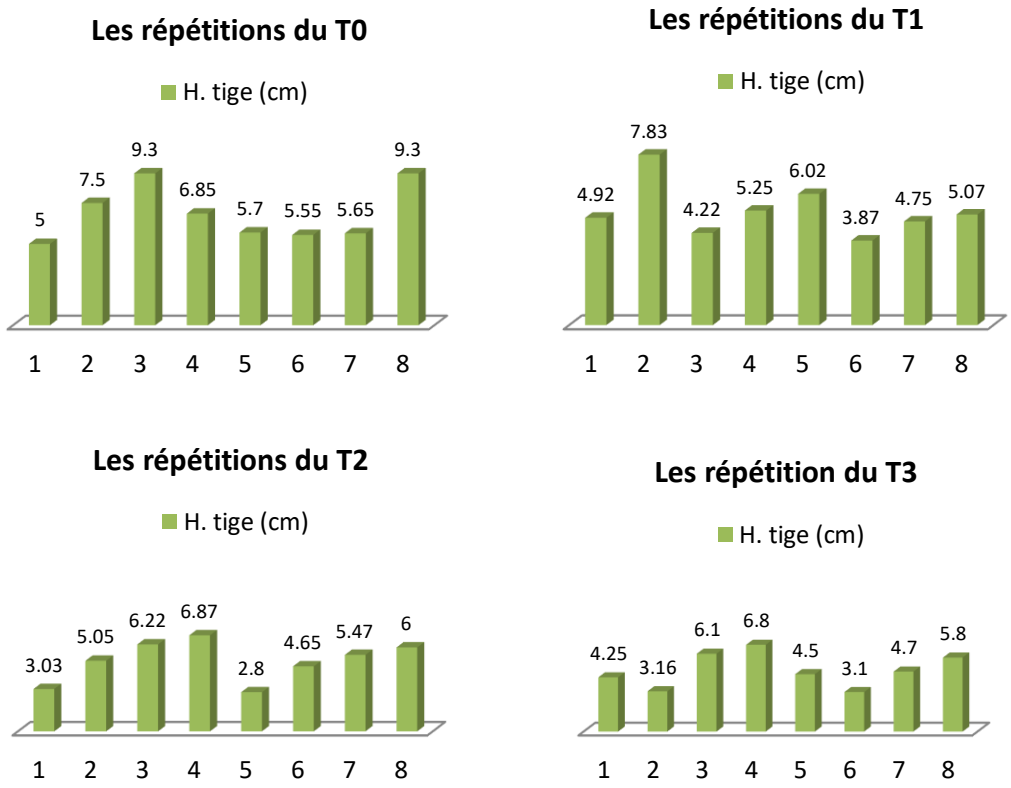


Figure n°27 : Variations de la hauteur de la tige du niébé étudiée soumises à 3 différentes concentrations (5g/L, 10g/L et 15g/L) de NaCl.

Le calcul des distances euclidiennes L'AFC a délimité 04 groupes pour les quatre répétitions pour notre plante d'étude ou une certaine similarité est observée entre les diverses répétitions

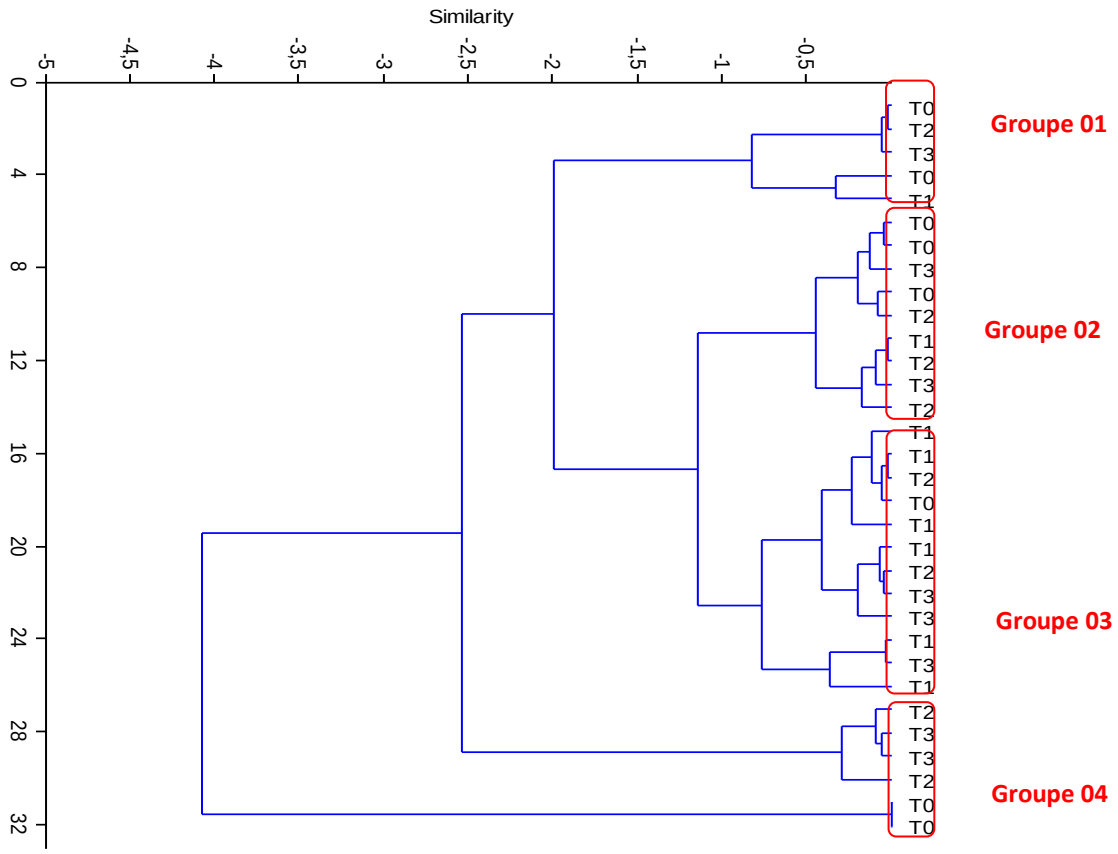


Figure n°28 : Classification hiérarchique **AFC** de traitement de Nacl sur la hauteur de la tige du niébé

IV.1.2. Effet du stress salin sur la longueur des racines

Concernant la longueur des racines, nous avons constaté des réductions remarquables chez la population du niébé, étudiée dans notre expérience, à toutes les concentrations appliquées, ce que la figure 27 montre.

Les plantes soumises à des contraintes salines présentent des racines moins longues que celles des plantes témoins. Ce qui explique que la longueur la plus développée des racines est celle des plantes irriguées avec l'eau distillée.

Donc, il s'avère qu'il existe une relation directe entre un stress salin et la longueur des racines, plus les concentrations de la salinité augmentent plus la longueur des racines diminue.

Le calcul des distances euclidiennes L'AFC a délimité 03 groupes pour les quatre répétitions pour notre plante d'étude ou une certains similarité est observé entre les divers répétitions.

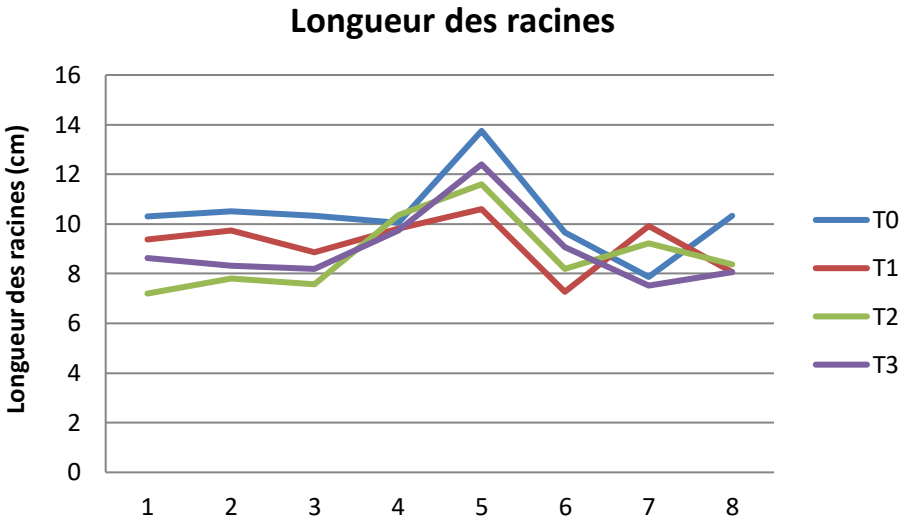


Figure n°29 : Effets de différentes concentrations de NaCl sur la longueur des racines du niébé.

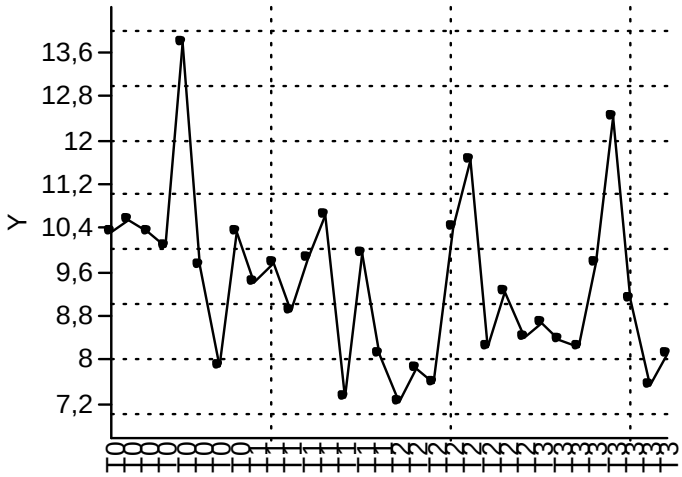


Figure n° 30: Variation des répétitions du NaCl sur la longueur des racines

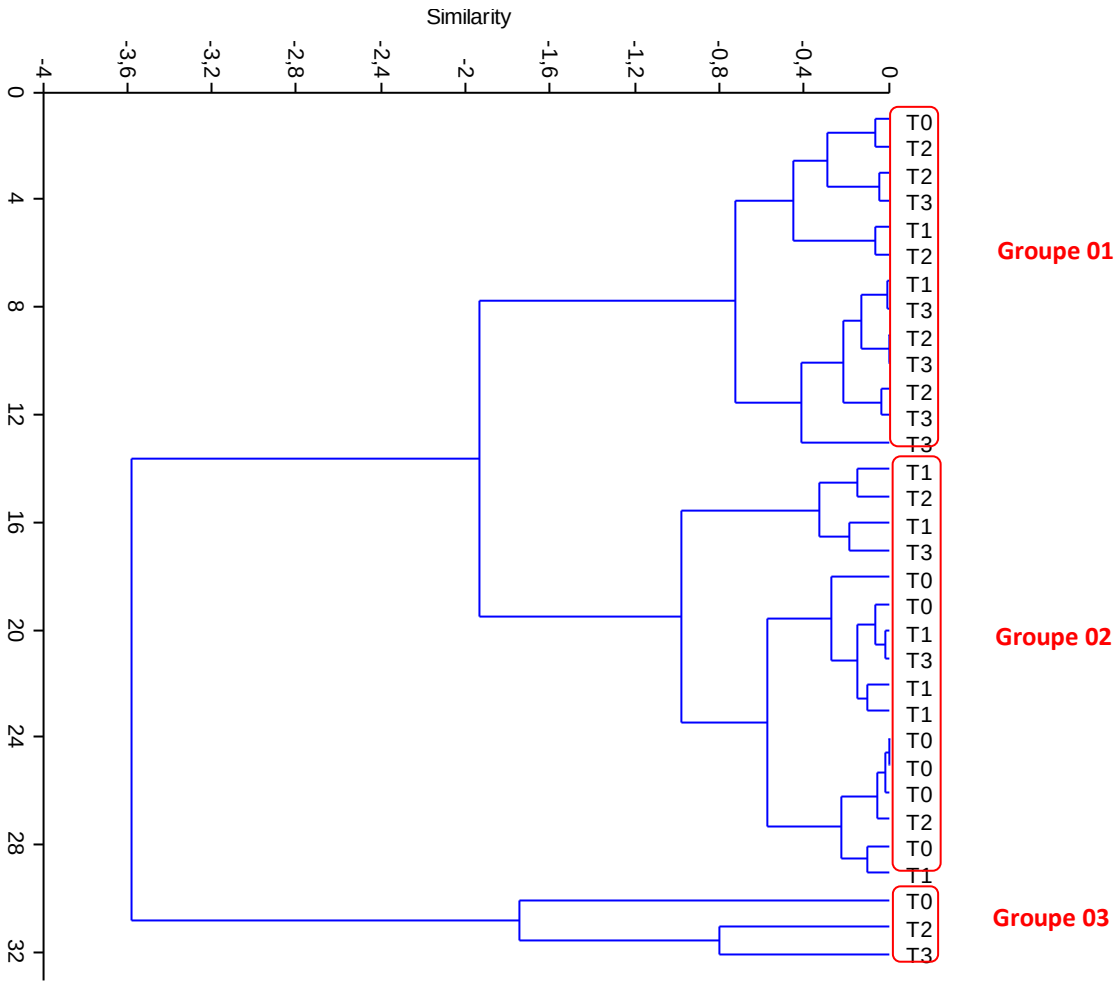


Figure n°31 : Classification hiérarchique **AFC** de traitement de NaCl sur la longueur des racines du niébé

IV.1.3. Effet du stress salin sur le nombre de feuilles

Une diminution du nombre foliaire est constatée avec une réduction de 25 % sous stress modéré et 50 % sous stress sévère, mais les plantes soumises à un faible stress d'une concentration de 5g/L n'ont montré aucune réduction par rapport au témoin.

Alors nous pouvons dire que plus la concentration de la salinité accroit plus le nombre des feuilles réduit.

Le calcul des distances euclidiennes L'AFC a délimité 03 groupes pour les quatre répétitions pour notre plante d'étude ou une certaine similarité est observée entre les divers répétitions

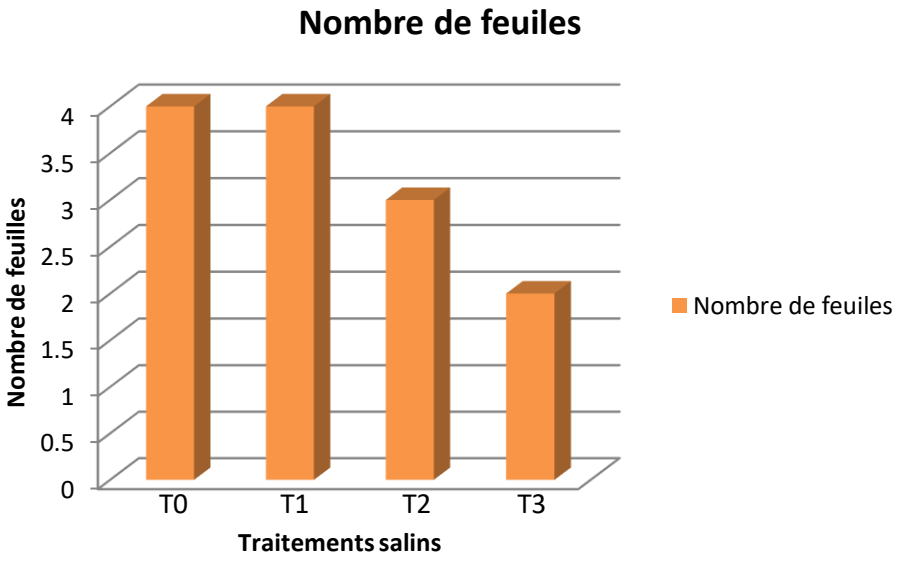


Figure n°32: Effets de différentes concentrations de NaCl sur le nombre de feuilles du niébé.

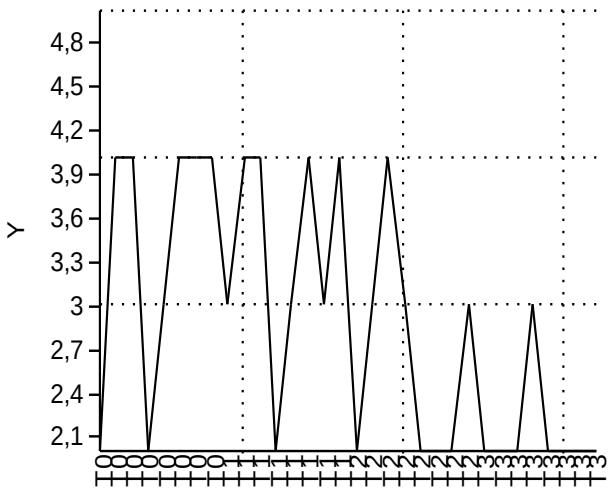


Figure n° 33: Variation des répétitions du NaCl sur le nombre de feuilles

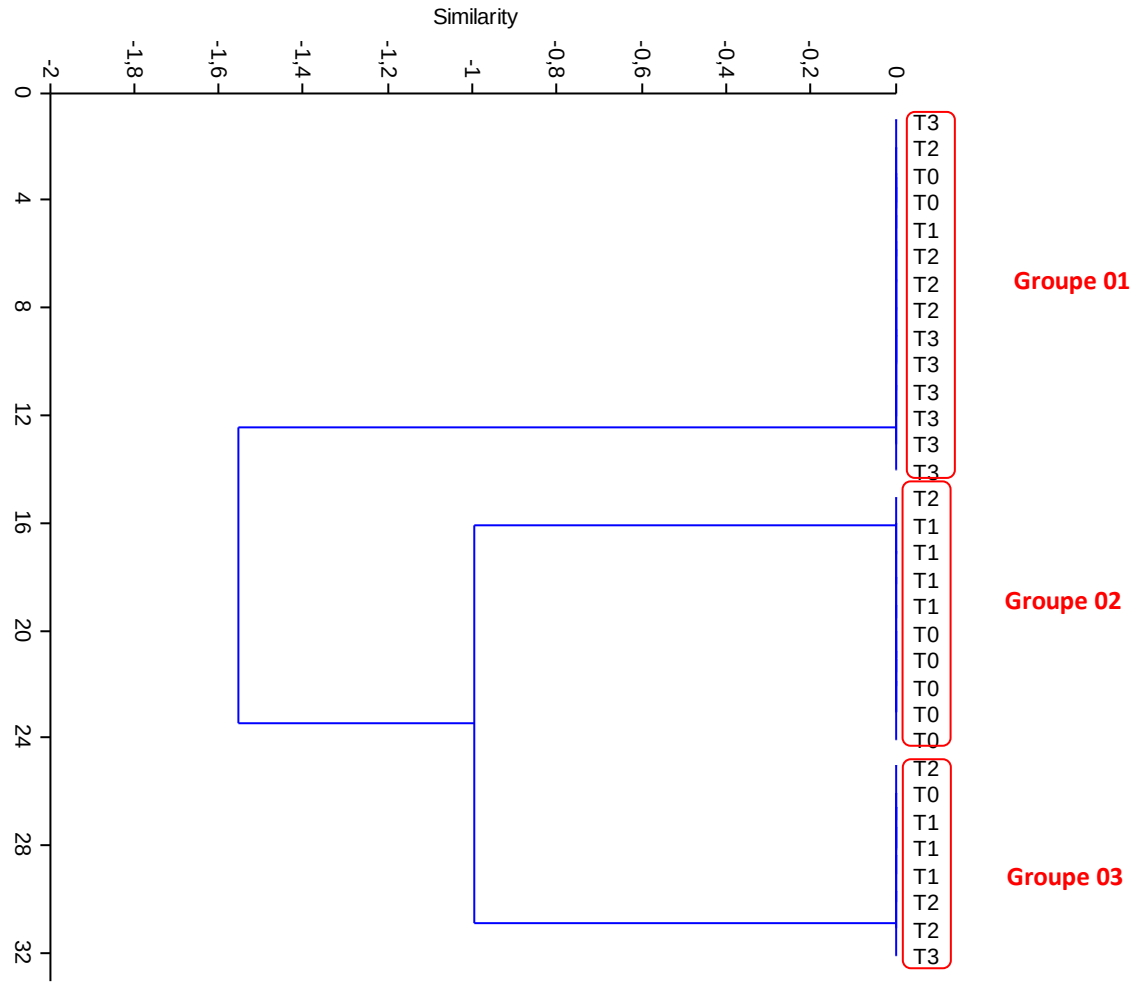


Figure n°34 : Classification hiérarchique **AFC** de traitement de NaCl sur nombre de feuille du niébé

IV.1.4. Effet du stress salin sur la surface foliaire

La surface foliaire a été négativement affectée par le stress salin avec une diminution de 7.8 % sous stress faible, 13.2 % sous stress modéré et de 15.6 % sous stress sévère. Comme l'indique la figure suivante.

Le calcul des distances euclidiennes L'AFC a délimité 02 groupes pour les quatre répétitions pour notre plante d'étude ou une certaine similarité est observé entre les divers répétitions

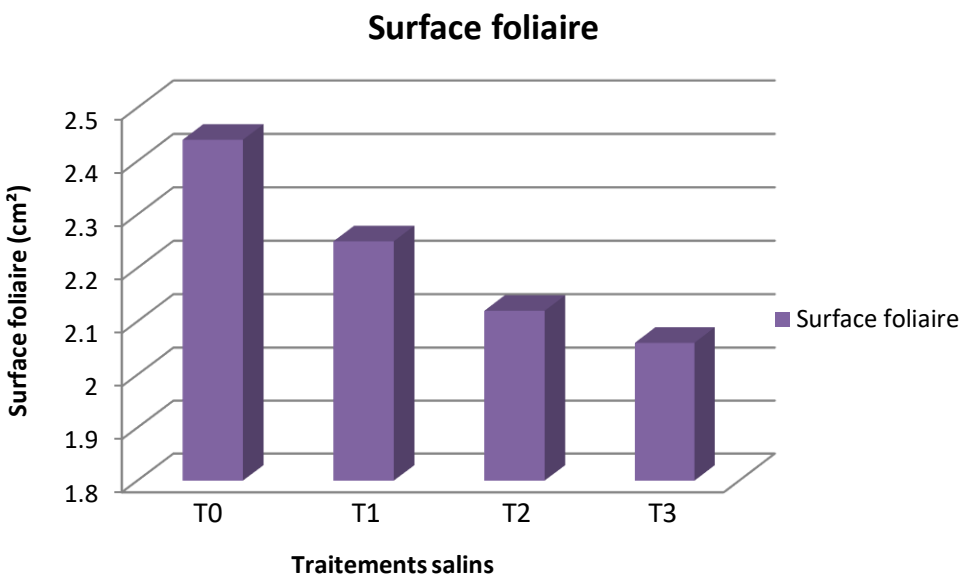


Figure n°35: Effet du stress salin sur la surface foliaire.

En utilisant 08 répétitions pour chaque traitement salin, ce qui est indiqué dans les histogrammes suivants.

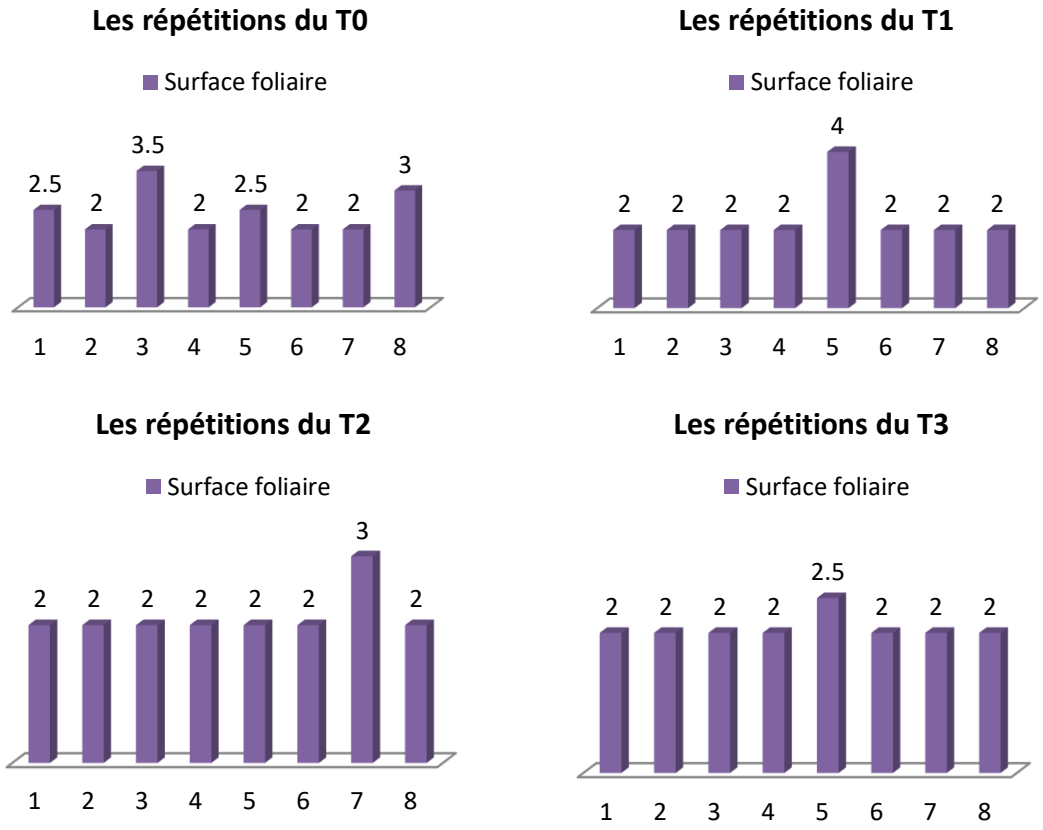


Figure n°36 : Variations de la surface foliaire du niébé étudiée soumises à 3 différentes concentrations de NaCl.

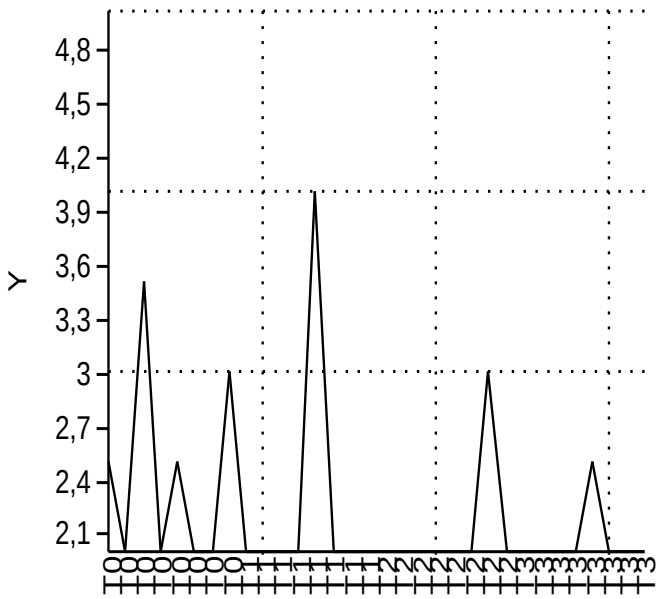


Figure n° 37: Variation des répétitions du NaCl sur le la surface foliaire du niébé

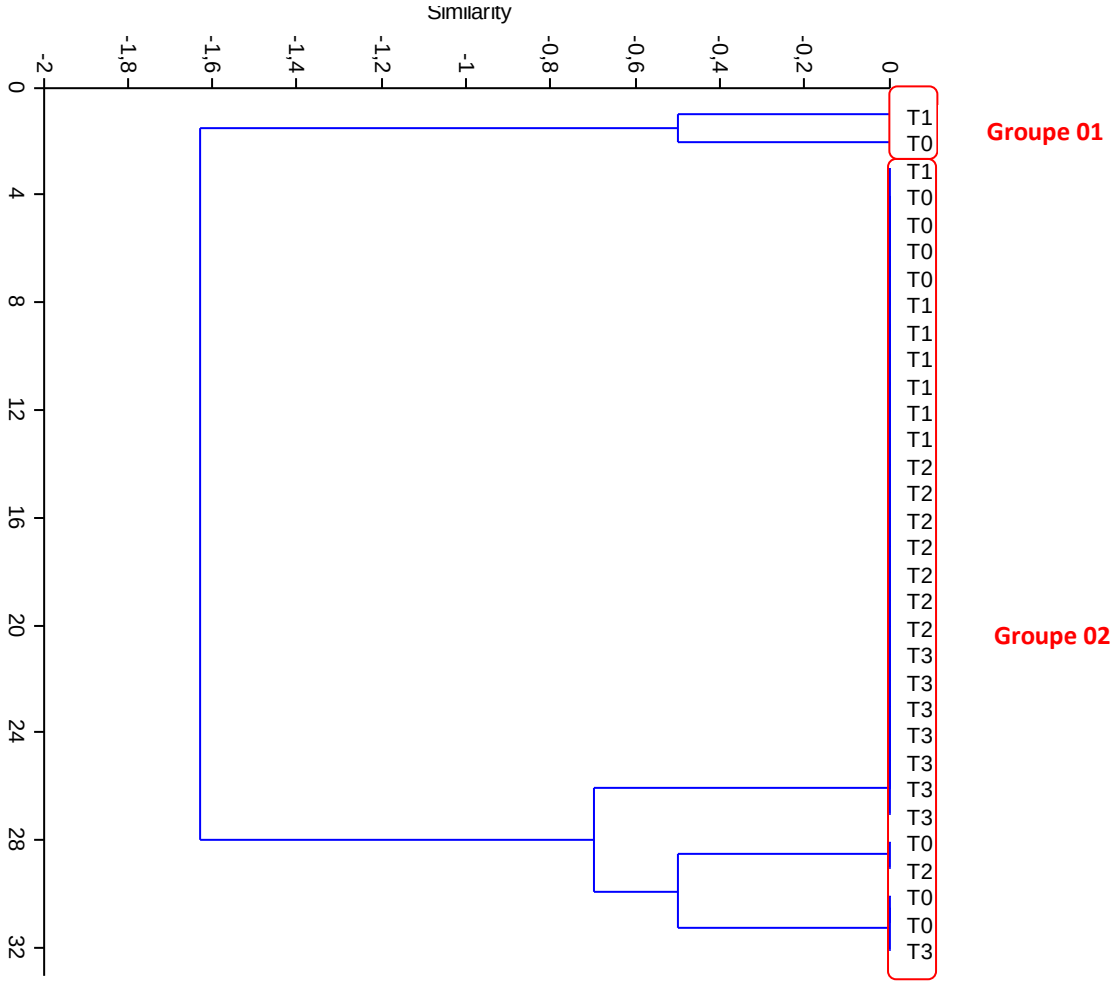


Figure n°38 : Classification hiérarchique **AFC** de traitement de NaCl sur la surface foliaire du niébé

IV.1.5. Effet du stress salin sur le poids frais du niébé

Les plantes soumises à la contrainte saline possèdent une biomasse fraîche inférieure au témoin non stressé de 7 % sous stress faible, 18.3 % sous stress modéré et de 27 % sous stress sévère.

Le calcul des distances euclidiennes L'AFC a délimité 04 groupes pour les quatre répétitions pour notre plante d'étude ou une certaine similarité est observée entre les diverses répétitions.

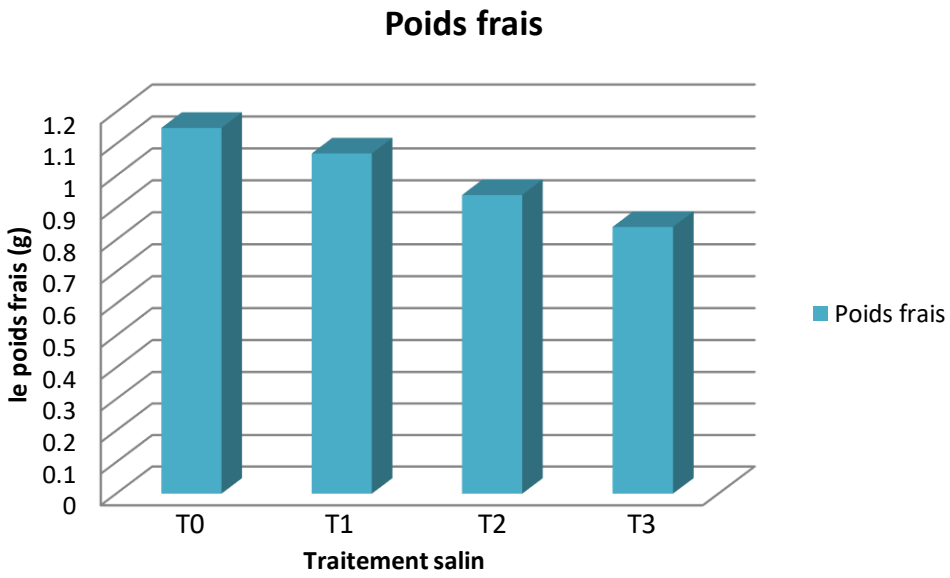


Figure n°39 : Effets de différentes concentrations de NaCl sur le poids frais chez les plantes du niébé.

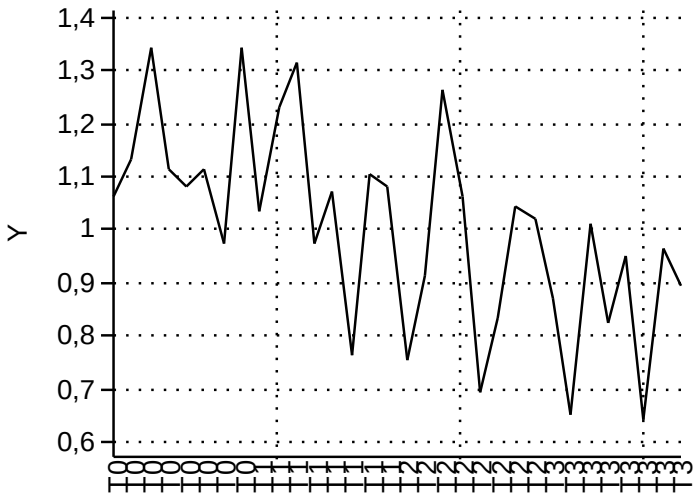


Figure n° 40: Variation des répétitions du NaCl sur le poids frais du niébé.

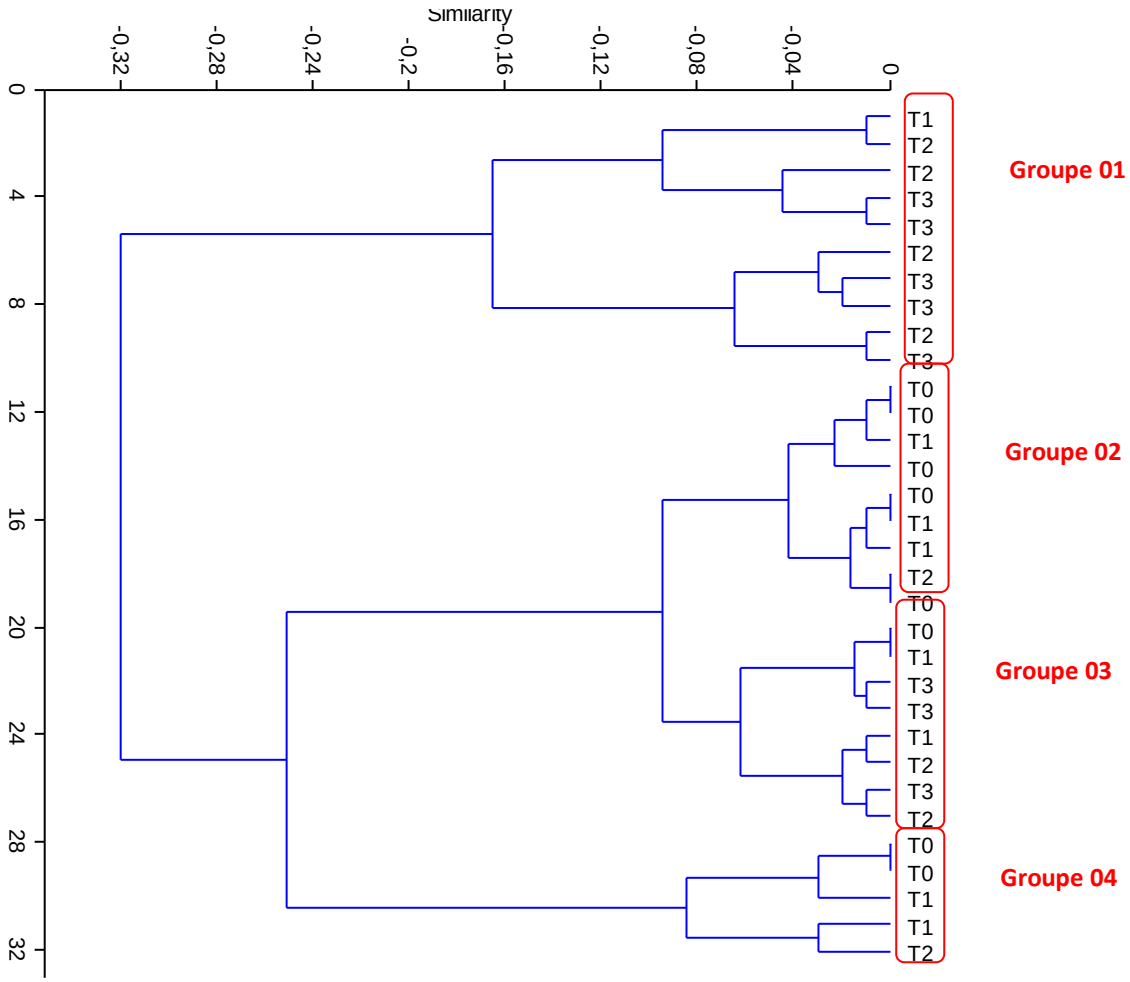


Figure n°41 : Classification hiérarchique **AFC** de traitement de NaCl sur poids frais du niébé

IV.1.6. Effet du stress salin sur le poids sec du niébé

Le poids sec des plantes a été négativement affecté par le stress salin. Ainsi des réductions de 11,95% sous stress faible, de 18,71% sous stress modéré et de 25,31% sous stress sévère sont enregistrées.

Le calcul des distances euclidiennes L'AFC a délimité 04 groupes pour les quatre répétitions pour notre plante d'étude ou une certaine similarité est observée entre les divers répétitions

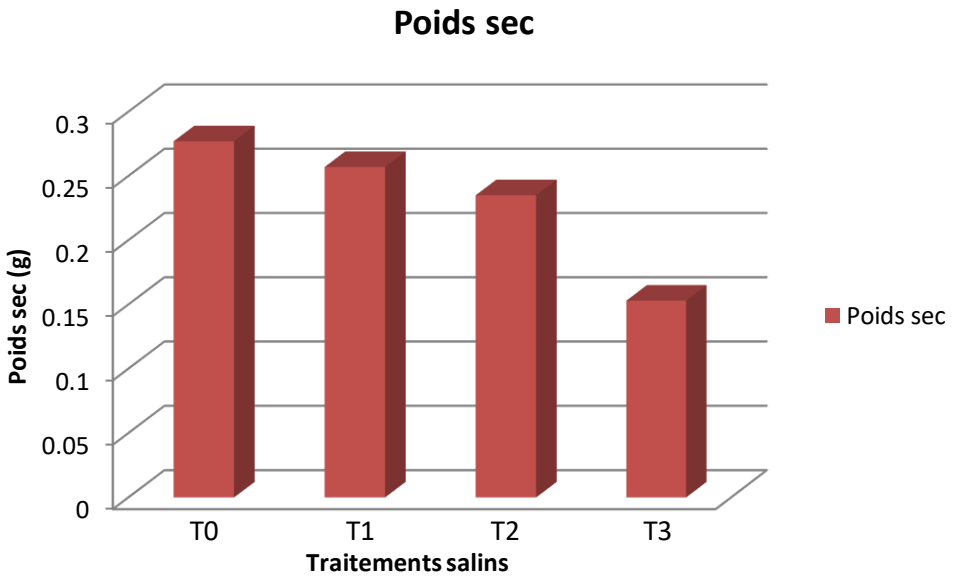


Figure n°42 : Effets de différentes concentrations de NaCl sur le poids sec de la plante du niébé.

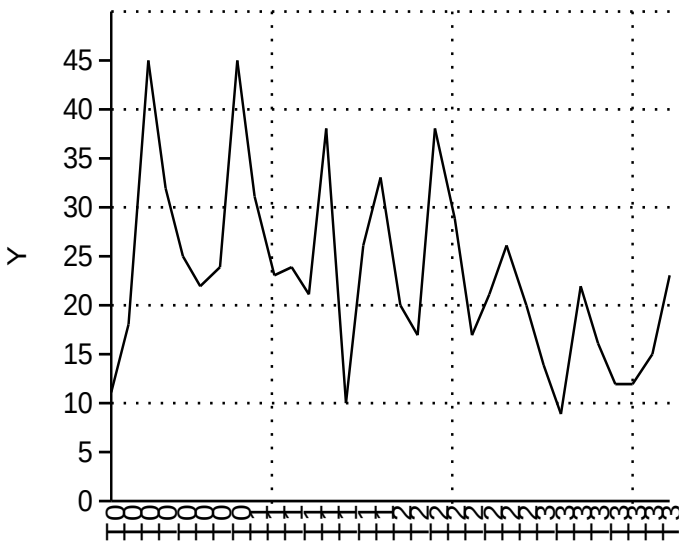


Figure n° 43: Variation des répétitions du NaCl sur le poids frais du niébé

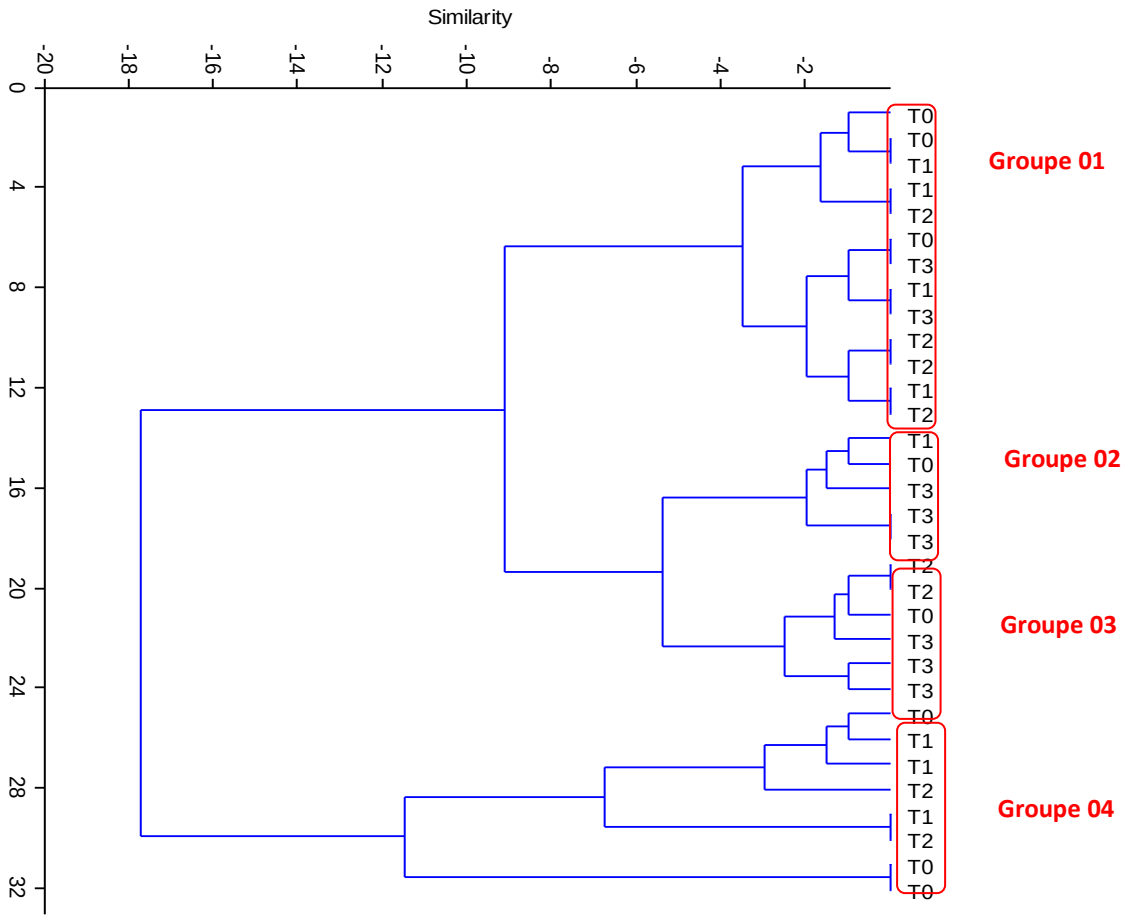


Figure n°44 : Classification hiérarchique **AFC** de traitement de NaCl sur poids frais du niébé

Le stress salin a un effet significatif sur la hauteur des tiges, la longueur des racines et la surface foliaire à partir de T1 (5g/L) et hautement significatif sur le nombre des feuilles et ainsi sur le poids frais et secs de la plante à partir de T2 (10g/L).



Figure n°45 : L'effet des différentes concentrations sur *Vigna unguiculata* (L.) Walp.

IV.2.Discussion

Le stress salin cause des réductions de la hauteur, de la surface foliaire et du nombre de feuilles des plantes du niébé. En effet, plusieurs auteurs ont rapporté que la réponse générale des plantes à la salinité est la réduction de la croissance **(Rogers et Noble, 1992 ; Croser et al., 2001 ; Romero-Aranda et al., 2001 ; Hameed et Ashraf, 2008 ; Jaleel *et al.*, 2008 ; Perica *et al.*, 2008).** **Xiong** et **Zhu (2002)** considèrent que la réduction de la croissance est une capacité adaptative nécessaire à la survie d'une plante exposée à un stress abiotique **(Nabi 2009)**.

Afin d'expliquer l'influence de la salinité sur les paramètres de croissance des plantes, la hauteur des tiges, la longueur racinaire et la surface foliaires sont mesurées, le poids frais et sec sont pesés et le nombre de feuilles est compté. Il en ressort que des fluctuations importantes sont observées sous contraintes salines. Ainsi, la salinité exerce une action dépressive et entraîne une forte diminution de la hauteur des tiges et la longueur des racines ainsi de la surface foliaire, le nombre de feuilles et le poids frais et sec par rapport aux témoins. Néanmoins, cette influence reste variable en fonction des concentrations de sels (NaCl), où les plantules soumises aux concentrations de NaCl élevées (15g/L) **(Voir figure n°49 en annexe 1)** sont les plus affectées par rapport à celles sous stress salin modéré (10g/L de NaCl) **(Voir figure n°48 en annexe 1)** et celles soumise à un stress faible (05g/L) **(Voir figure n°47 en annexe 1)** dont la plante irriguée avec de l'eau distillée est la plus développée **(Voir figure n°46 en annexe 1)** . Ces résultats sont semblables à ceux rapportés par **Atak *et al.* (2006)** sur le triticale**, Thiam *et al.* (2013)** et **Nabi *et al.* (2017)** sur le niébé et **ElGoumi *et al.* (2014)** sur l'orge.

Rudolfs cité *in* Bidai (2001) a signalé que la salinité peut suivant la dose de sel avoir un effet stimulateur sur la croissance et le développement de la plante.

D'autres données de la littérature rapportent aussi que le stress salin induit une réduction considérable du nombre de feuilles, poids frais, poids sec des feuilles, tiges et racines **(Kurban *et al.*, 1999 ; Mehari *et al.* 2005 ; Silva *et al.*, 2008)**.

Même **Gama et *al.*, (2007)** signalent que la salinité a exercé des effets nuisibles non seulement sur la biomasse, mais également sur d'autres paramètres morphologiques tels que

l'hauteur de la plante, le nombre de feuilles, la longueur des racines. (**Voir figure n° 50 en annexe 1).**

La hauteur des tiges, a été significativement diminuée par le stress salin. Nos résultats sont en accord avec ceux de **Tafouo et al (2006)** qui rapporte une réduction de 50% de la hauteur des tiges chez le cowpea à 200mM.

La réduction des paramètres de croissance peut être due aux effets osmotiques et/ou toxiques des ions Na+ et Cl- ou aux déséquilibres nutritionnels **(Evelin *et al.*, 2009; Thiam *et al.*, 2013)** qui entraînent des réductions des divisions cellulaires **(Benmahioul *et al.*, 2009)**.

Garg et **Singla et al (2004)**, la réduction de la taille des tiges est expliquée par le fait qu'en présence de contrainte saline, la plante détourne l'énergie et les hydrates de carbones, issus du catabolisme glucidique de stockage, destinés à sa croissance, au profit de l'ajustement osmotique.

Selon **Munns et *al.*, (2002)** la salinité abaisse le potentiel hydrique des racines, et ceci cause rapidement des réductions de taux de croissance, avec une suite des changements métaboliques identiques à ceux provoqués par le stress hydrique**.**

D'après **Yang et al (2008)** ce fait est essentiellement dû à la diminution de la surface foliaire ; Selon **Munns (1993)**, le stress salin ne réduit pas la croissance du végétal directement en affectant la turgescence cellulaire, la photosynthèse ou l'activité enzymatique de la plante, mais indirectement par la sénescence des feuilles âgées. Ainsi les assimilas et les hormones de croissance ne peuvent être disponibles aux régions méristématiques de la tige et de ce fait, la croissance caulinaire est réduite. Nos résultats rejoignent les observations de **Yang et al (2008)** et **Munns (1993)** car nous notons que la hauteur des tiges est le plus fortement corrélée avec le nombre de feuilles et la surface foliaire. **(Voir figure n° 52 et n°53 en annexe 1).**

La réduction de la surface foliaire observée dans notre étude a été également signalée par **Wang et Nil (2000)**. Ces mêmes auteurs soulignent que la réponse immédiate au stress salin est la réduction du taux d'expansion de la surface foliaire jusqu'au sa cessation avec l'augmentation des concentrations de sels. En ce qui concerne le nombre de feuilles, **Neumann (1997)** considère que l'inhibition de l'expansion foliaire par le sel, réduit le volume du tissu des feuilles et par conséquence limite la production de nouvelles feuilles. De ce fait, la réduction du nombre de feuilles est fortement liée à la réduction de la surface foliaire.

La réduction de la biomasse foliaire (surface foliaire et nombre de feuilles) observée a été rapportée par **Jamil et al (2007)**, qui notent des réductions significatives de la surface foliaire et du nombre de feuilles sous stress salin chez *Beta vulgaris* L. et **Silva et al (2003)** observent une réduction de 66.2% de la surface foliaire en présence de 75mM de NaCl additionné de 10mM de $CaCl_2$.

Cette diminution est expliquée par l'accumulation foliaire des ions Na^+ et Cl^-, l'excès de ces ions dans les vacuoles est amplifié par l'évapotranspiration **(Lloret et al ,1995 ; Lunch et al 2007).**

Cependant, nous remarquons que la réduction du nombre de feuilles, bien que significative, est moins importante que la diminution de la surface foliaire. La même observation a été rapportée par **Roy et al (1992)** chez *Sinapis arvensis*. **Munns (2002)** explique ce phénomène par un mécanisme de survie de la plante impliquant une production foliaire et la translocation des ions toxiques vers les vieilles feuilles, la première se faisant plus rapidement que la dernière de manière à préserver l'activité photosynthétique et ainsi pouvoir atteindre la phase reproductive.

L'effet dépressif de la salinité sur la croissance des plantes peut être lié aux déséquilibres de l'état hydrique du sol du aux effets osmotiques de sels **(Parida et Das, 2005 ; Flowers et Flowers, 2005)**. Une forme de sécheresse physiologique survient lorsque l'ajustement osmotique n'est pas suffisant, ce qui rend de plus en plus difficile l'acquisition d'eau et de nutriments par les plantes et le maintien de la turgescence des feuilles **(Hopkins, 2003).** De ce fait, l'expansion des feuilles est ralentie et par conséquent la surface foliaire photosynthétique est réduite **(Shannon, 1997)**. De plus, **Slama (2004)** rapporte que l'effet de NaCl sur la photosynthèse s'exerce par une baisse de la teneur en chlorophylle, et une diminution de la surface foliaire.

Parmi les autres causes de réduction de la croissance on invoque les effets toxiques de sels **(Levit, 1980)**, les déséquilibres ioniques, nutritionnels et hormonaux **(Khan *et al.*, 1999 ; Khan, 2001 ; Bayuelo-Jimenez *et al.*, 2003 ; Haoula *et al.*, 2007)** ou la combinaison de ces facteurs **(Shannon, 1992 ; Hayashi et Murata, 1998 ; Yeo, 1998).**

Des facteurs de croissance, les biomasses fraîches et sèches sont les plus affectés sous les différents régimes salins. Selon **Mensah et *al*, (2006)** et **Khedr et *al*, (2003)** cette sensibilité résulte de la réduction de la taille cellulaire permettant aux cellules d'accumuler

des solutés tels que la proline afin d'équilibrer la haute pression osmotique de la rhizosphère. Alors que **Lloret et *al* (1998)**, **Lluch et *al* (2007)** et **Rejili et *al* (2008)** imputent cette diminution à l'effet suppresseur de la croissance de la plante exercé par la toxicité ionique provoquée par l'accumulation des ions Na^+ et Cl^- principalement au niveau foliaire.

Nos résultats sont plus en faveur de la réduction de la croissance végétale. En effet, les poids frais et sec sont fortement corrélés à la biomasse foliaire et à la hauteur des tiges qu'aux solutés compatibles.

Munns et Termaat (1986) ont discuté en détail les processus qui réduisent la croissance de plantes. Ils ont distingué les effets à court terme et à long terme du stress salin. À court terme, la sécheresse physiologique n'est pas la cause de la réduction de la croissance des plantes stressées. C'est plutôt, l'énergie nécessaire à la croissance qui devient insuffisante pour assurer la croissance, car cette énergie est dépensée pour accumuler des ions et des corps dissous pour l'ajustement osmotique. La réduction de la croissance est due cependant, à la présence de concentrations toxiques du Na+ ou du Cl dans les feuilles des plantes soumises à une contrainte saline sévère. À long terme, les niveaux modérés de salinité, même pour de longues durées, peuvent causer des réductions significatives de la croissance et du rendement de la plupart des récoltes sans symptômes de toxicité et des dommages foliaires **(Nabi 2009).**

Khadri et al (2001), ont démontrés que la salinité réduit la croissance des plantes de *Phaseolus vulgaris* L. de 25%, d'autre part **Gama et al (2007)** ont signalés que la salinité exerce des effets nuisibles sur les paramètres morphologiques tel que la hauteur de la plante, le nombre des feuilles et la longueur de la racine.

Aboumeriem et al. (2013) ont signalés dans une étude récentes sur l'effet du stress salin sur la croissance, la nodulation et la nutrition minérale de la légumineuse arbustive *Medicago arborea* montrent que le stress salin provoque une réduction de la biomasse aérienne et racinaire respectivement.

Ce qui est prouvé aussi par **Chartzoulakis et Klapaki (2000)** lorsqu'ils ont montrés que le stress salin résulte aussi dans la diminution de la biomasse sèche et fraîche des feuilles, tiges et racines.

Nos résultats se rapprochent de ceux obtenus chez *Vigna unguiculata* par d'autres chercheurs.

Dans ce sens, nos résultats suggèrent que la réduction de la croissance observée consécutivement à l'addition de NaCl dans la solution d'arrosage pour une longue durée serait imputable aux effets osmotiques des sels.

CONCLUSION

Conclusion

Dans notre présent travail nous avons essayé de contribuer à l'étude des réponses morphologiques de *Vigna unguiculata* (L.) Walp au stress salin.

Les résultats obtenus pour notre variété soumise aux différentes concentrations de NaCl (05g/L, 10g/L et 15g/L) ont montré une réponse négative au stresse salin, pour les différents paramètres étudiés.

L'effet le plus marquant est observé avec la concentration la plus élevée (15g/L).

Une diminution de la croissance, de la longueur des racines et la hauteur de la tigelle a été enregistrée pour les plantules soumises à des concentrations élevées de NaCl.

La hauteur des plantes, les poids frais et secs des plantes, la surface foliaire et le nombre des feuilles ont été également affectés par la salinité, l'impact du stress salin était plus important pour les concentrations élevées (10g/L et 15g/L).

L'analyse générale de ces résultats permet de dire que l'espèce *Vigna unguiculata* (L.) qui fait l'objet de cette étude a montré une sensibilité vis-à-vis des concentrations du NaCl utilisées.

Les résultats ont montré que les conditions optimales de la croissance de *Vigna unguiculata* (L.) sont réalisées en milieu non salé.

Le stress salin réduit significativement les paramètres de croissance (la hauteur de tige, la longueur des racines, la surface foliaire, le nombre de feuilles et les poids frais et secs).

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUE

Références

- **Abadassi J, (1985)** : Abadassi J, 1985. Transmission génétique de la résistance à la maladie des tâches brunes à la septoriose et aux gales chez le niébé (Vigna unguiculata L. Walp.). Thèse d'ingénieur agronome, FSA, UNB, république du Bénin, 107p.
- **Abdelgadir et al (2005):** Abdelgadir EM, Oka M, Fujiyama H. Characteristics of nitrate uptake by plants under salinity. Journal of Plant Nutrition. 2005;**28**(1):33-46. DOI: 10.1081/PLN-200042156
- **Aboumeriem et al (2013) :** Aboumeriem I.,Ismaili M., Nassiri L., Benmessaoud B., Lahrach Z., Ibijbjen J.2013 : Effet du stress salin sur la croissance, la nodulationet la nutrition minérale de la légumineuse arbustive Medicago arborea**.** ScienceLib Editions Mersenne : Volume 5, N ° 130703.
- **Adams et al., (1992):** Adams WW 3rd, Volk M, Hoehn A, Demmig-Adams B. Leaf orientation and the response of the xanthophyll cycle to incident light. Oecologia, (3):404-410 1992.vMED: 28313528.
- **Addou M. et Foulaf S. (2020) :** ADDOU Messaouda FOULAF Samira, 2020, Etude du comportement de quelques variétésde niébé ou Tadellagh (Vigna unguiculata L.) sous serre et sous une conduite écologique, Université Ahmed Draïa Adrar, p 12.
- **Alioua H. et Bouzenad I., 2016:** Influence du stress salin sur la germination, la croissance et le rendement de quelques populations locales du niébé (Vigna unguiculata subsp. Unguiculata (L) Walp.) Mémoire en vue de l'obtention de master en agronomie ENSA El Harrach : 111p.
- **Al-Karaki (2000)** : Al-Karaki GN. Growth, sodium, and potassium uptake and translocation in salt stressed tomato. Journal of Plant Nutrition. 2000; **23**(3):369-379. DOI: 10.1080/01904160009382023.
- **Allogni et al., (2004) :** Allogni WN, Coulibaly ON, Honlonkou AN. 2004. Impacts des nouvelles technologies du niébé sur la sécurité alimentaire des ménages agricoles au Bénin : Cas du département de l'Ouémé. Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin, 44 : 13-22.
- **Alzouma I, (1995) :** Alzouma I, 1995. Connaissance et contrôle des coléoptères Bruchidae ravageurs des légumineuses alimentaires au Sahel : Sahel Integrated Pest Management (IPM)/Gestion Phytosanitaire Intégrée. Revue Institut CILSS du Sahel. N" 1.
- **Ana Maria F.G, et al., (2019):** Ana Maria Figueira Gomes, Nascimento Nhantumbo, Manuela Ferreira-Pinto, Rafael Massinga, José C.Ramalho and Ana Ribeiro-Barros. 2019. Breeding Elite Cowpea (Vigna unguiculata (L.) Walp) Varieties for Improved Food Security and Income in Africa: Opportunities and Chalenges. DOI: 10.5772/intechopen.84985.
- **Anoun et Echikh, (1990):** Anoun N., Echikh N., 1990. Etude bio systématique d'une légumineuse saharienne : le Tadelaght. Mémoire DES, USTHB, bab Ezzouar, Alger, 101 p.
- **Ansari O., Azadi M. S., Sharif-zadeh F. and Younesi E. 2013:** Effect of hormone priming on germination characteristics ans enzyme activity of

mountain rye (Secale montanum) seeds under drought stress conditions .J. Stress Physiol Biochem 9: 61-71.

- **Apse et al.,** (**1999**): Apse MP, Aharon GS, Snedden WA, Blumwald E. Salt tolerance conferred by overexpression of a vacuolar Na+/H+ antiport in Arabidopsis. Science, (5431):1256-1258 1999 MED: 10455050.

- **Atak *et al.* (2006)** : ATAK M., KAYA M.D., KAYA G., IKILI Y., and CIFTCU C.Y., 2006- Effects of NaCl on the germination, seedling growth, and water uptake of triticale. *Turk J Agric For.*, 30: 39-47.
- **Atici O., Agar G. and Battal P. 2003:** Interaction between endogenous plant hormones and alphamylase in germinating chickpeas seeds under cadmium exposure. Fresenius Environ Bull 12: 781-785.
- **Aubert,G. 1982:** Observations sur les caractéristiques, la dénomination et la classification des sols dits (salés) ou sal sodiques. Cahier d'ORTOM, série pédologie. XX.1 : 73-78.
- **Baco et al., (2003):** Baco N, Adam A, Dansi AA, Glèlè AP, 2003. Gestion communautaire des ressources phytogénétiques en zones arides et semi-arides en Afrique subsaharienne : cas des ignames et du niébé au Bénin. INRAB/IPGRI. 52p.
- **Baco et al., (2008) :** Baco MN., Ahanchédé A, Bello S, Vodouhè R, Biaou G, Lescure J.P, 2008. Evaluation des pratiques de gestion de la diversité du niébé (Vigna unguculata) : une tentative méthodologique expérimentée au Bénin : Cahiers Agricultures 17(2) :183-188 Caa07166 » R1. IF en 2013 = 0,597. Site web : http : www.cahiersagricultures.Fr/. Doi: 10.1684 /agri.2008.0169
- **Bado V et al., (2006):** Bado V, Bationo A, Cescas M. Assessment of cowpea and groundnut contributions to soil fertility and succeeding sorghum yields in the Guinean savannah zone of Burkina Faso (West Africa). Biology and Fertility of Soils. 2006; 43:171-176. DOI: 10.1007/s00374-006-0076-7.
- **Baize D. 2000:** Guide des analyses en pédologie 2ém Ed. Institut National de la recherche agronomique, paris : 206-207.
- **Bebe et al., (2005) :** Bebe AG, Assefa T, Harrun H, Mesfine T, Al-Tawaha ARM, 2005. Participatory selection of drought tolerant maize varieties using mother and baby methodology: a case study in the semi arid zone of the central rift valley of Ethiopia. World J. Agric. Sci. 1(1) : 22-27.
- **Belhocine R. et Makour O. (2007)** : Etude de la cinetique de rendement en huile essentielles de Salvia officinalis. Estimation de son effet sur certains facteurs biologiques de Callosobruchus maculatus (F) (Coleoptera : Bruchidae). Mémoire de D.E.S. en Biologie. U.M.M.T.O. 86p.
- **Bello et al., (2016) :** Bello S, Affokpon A, Djihinto CA, Idrissou-Touré M, 2016. Sensibilité aux nuisibles, production de grains et intérêts agropastoraux de la variété de niébé IT 95K-193-12 au Sud-Bénin. Document Technique et d'informations. 10p. Dépôt légal N° 9054 du 28/11/2016, 4ème trimestre, Bibliothèque Nationale du Bénin, ISBN : 978- 99919-2-616-2.
- **Bello et al.,(2018) :** Bello S., BabalakounA. O., Zoudjihékpon J., Coulibaly K. A. J. Appl. Biosci. 2018 Diversité de l'entomofaune du niébé (Vigna unguiculata (L.) Walpers) au Nord-Ouest du Bénin. P. 13425 Original soumis le 10 août 2018. Publié en ligne sur www.m.elewa.org le 31 décembre 2018.

- **Bello et Baco (2015):** Bello S, Baco MN, 2015. Importance, typologie des détenteurs et taxonomie locale de la diversité variétale du niébé au Nord-Est du Bénin. Annales des Sciences Agronomiques, volume spécial, 19, n° 2C (troisième partie), 337-366. Site web : http://www.ajol.info.
- **Bello. (2005) :** Bello S, 2005. Test de quelques approches méthodologiques d'évaluation de la diversité des ressources phytogénétiques : application au niébé. Mémoire de DEA, FSA/UNB, république du Bénin, 152p.
- **Benmahioul et al (2009) :** Benmahioul, B., F. Daguin et M. Kaid-Harche, 2009, Effet du stress salin sur la germination et la croissance in vitro du pistachier (Pistacia vera L.). Compte rendu. Science directe. Agronomie/Agronomy. C. R. Biologies 332, pp. 752-758.
- **Blumenthal et al (2008)**: Blumenthal JM, Baltensperger DD, Cassman KG, Mason SC, Pavlista AD. Importance and effect of nitrogen on crop quality and health. In: Hatfield JL, Follett RF, editors. Nitrogen in the Environment: Sources, Problems, and Management. 2nd ed. Elsevier Inc.; 2008. pp. 51-70. DOI: 10.1016/ B978-0-12-374347-3.00003-2
- **Borget, (1989) :** BORGET M, 1989, Les légumineuses vivrières. Ed. Maisonneuve et Larose Paris 161 P.
- **Botella et al (1997):** Botella MA, Martinez V, Nieves M, Cerda A. Effect of salinity on the growth and nitrogen uptake by wheat seedlings. Journal of Plant Nutrition. 1997;**20**(6):793-804. DOI:10.1080/01904169709365295
- **Boubkeur, (2007) :** Boubkeur D., 2007. Caractérisation agromorphologique de quelques populations locales de Vigna unguiculata L. Walp. dans la région de Tidikelt. Mémoire d'ingénieur, INA, El Harrach, 75p.
- **Boucelha L., Djebbar R. (2015) :** Influence de différents traitements de prégermination des graines de Vigna unguiculata (L.) Walp. Sur les performances germinatives et la tolérance au stress hydrique. Biotechnol. Agron. Soc. Environ 19(2): 132-144.
- **Boucelha L., Djebbar R. (2019) :** Effet du priming sur l'accumulation de la proline libre au niveau des embryons des graines de Vigna unguiculata L. lors de la germination**.** In situ : ResearchGate. https://www.researchgate.net/figure/Stades-de-developpement-dune-legumineuse-germination-epigee-Source_fig1_335665880
- **Boucelha L., Djebbar R. and Abrous-Belbachir O. (2019) :** Vigna unguiculata (L.) Walp. Seed priming is related to redox status of plumule, radicle and cotyledons .Functional plant biology., DOI: 10-107/FP18202.
- **Bradford K.J. 1986:** Manipulation of seed water relations via osmotic priming to improve germination under stress condition. Hort Science 21: 1105-1112.
- **Brady .N.C., Weil. R.R., 2002**: The nature and properties of soils.13th edn. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, USA.
- **Brady et al (2005)**: Brady NC, Weil RR. The Nature and Properties of Soils. 13th ed. Delhi, India: Pearson-Prentice Hall; 2005. p. 960
- **Bressani, (1985) :** Bressani R., 1985. Nutritive value of cowpea. /n: Singh, S.R., Rachie K.O. (Eds.), Cowpea Research, Production and Utilization. Wiley, Winchester, UK, pp 353-359.

- **Brink et Belay, (2006):** Brink M. et Delay G., 2006. Plant Resources of Tropical Africa 1. Cereals and pulses. Foundation PROTA/ Backhuys/ CTA, Wageningen, Pays-Bas, 328 p.
- **Brown et al (2006) :** Brown CE, Pezeshki SR, DeLaune RD. The effects of salinity and soil drying on nutrient uptake and growth of *Spartina alterniflora* in a simulated tidal system. Environmental and Experimental Botany. 2006;**58**:140-148. DOI: 10.1016/j. envexpbot.2005.07.006
- **Bruce et al (2007):** Bruce T. J. A., Matthes M.C., Napler J.A., Pichett J.A. 2007. Stressful "memories" of plants: evidence and possible mechanisms. Plant science. 173:603-608.
- **Bybordi et al (2011)**: Bybordi A, Ebrahimian E. Effect of salinity stress on activity of enzymes involved in nitrogen and phosphorous metabolism case study: Canola (*Brassica napus* L.). Asian Journal of Agricultural Research. 2011;**5**:208-214. DOI: 10.3923/ ajar.2011.208.214
- **Carsky RJ et al., (2002):** Carsky RJ, VanlauweB, Lyasse O. Cowpea rotation as a resource management technology for cereal-based systems in the savannas of West Africa. In: Fatakum CA, Tarawali SA, Singh BB, Kormawa PM, Tamo M, editors. Challenge and Opportunities for Enhancing Sustainable Cowpea Production. International Institue of Tropical Agriculture (IITA); 2002. Pp. 252-266.
- **Chaabena, (1991) :** Chaabana A., 1991. Effet du stress hydrique sur la production de trois populations de Tadelaght (Vigna unguiculata L. Walp.). Mémoire d'ingénieur. ITAS. Ouargla. 23p.
- **Chartzoulakis and Klapaki (2000):** CHARTZOULAKIS K. and KLAPAKI G., 2000 - Response of two greenhouse pepper hybrids to NaCl salinity during different growth stages. *Scientia Horticulturae*, **86:** 247-260.
- **Cheeseman,** (**1988**): Cheeseman JM. Mechanisms of salinity tolerance in plants. Plant Physiol, (3):547-550 1988. MED: 16666181
- **Chen et al (2016)**: Chen B, Yang H, Song W, Liu C, Xu J, Zhao W, et al. Effect ofN fertilization rate on soil alkalihydrolyzable N, subtending leaf N concentration, fiber yield, and quality of cotton. The Crop Journal. 2016;**4**(4):423-430. DOI: 10.1016/j. cj.2016.03.006
- **Chen et al (2010)**: Chen W, Hou Z, Wu L, Liang Y, Wei C. Effects of salinity and nitrogen on cotton growth in arid environment. Plant and Soil. 2010;**326**:61-73. DOI: 10.1007/s11104-008-9881-0
- **Chen et al (2012)**: Chen WP, Chang AC, Page AL. Deficiencies and toxicities of trace elements. In: Wallender WW, Tanji KK, editors. Agricultural Salinity Assessment and Management. 2nd ed. Virginia: American Society of Civil Engineers; 2012. pp. 207-233. DOI: 10.1061/9780784411698.ch07
- **Chen et al (2007) :** Chen Z., Pottosin I.I., Cuin T.A., Fuglsang A.T., Tester M., Jha D., Zepeda-Jazo I., Zhou M., Palmgren M.G Newman I.A. and Shabala S., 2007a – Root Plasma Membrane Transporters Controling K+ / Na+ Homeostasis in Salt-Stressed Barley. *Plant Physiol*. 145: 1714-1725.
- **Cherbuy (1991)** : Cherbuy, B. 1991. Les sols salés et leur réhabilitation étude bibliographique. Cemagref, 170p.

- **Cissé et Hall, (2003) :** Cissé N., Hall A. E., 2003.La culture traditionnelle du niébé au sénégal : Etude de cas. FAO, http://www.fao.org/ag/agpc/doc/publicat/cowpea_cisse/cowpea_cisse_f.htm
- **Come (1970) :** D. Come. Les Obstacles à la Germination, 1970. In: Bulletin mensuel de la Société linnéenne de Lyon, 40e année, n°7, septembre 1971.
- **Coulibaly et al, (2002):** Coulibaly S, Pasquet RS, Papa R, Gepts P. 2002. AFLP analysis of the phonetic organization and genetic diversity of cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] Reveals extensive gene flow between wild and domesticated types. *Theor. Appl. Genet*., 104: 258–266.
- **Craufurd et al., (1997) :** Craufurd P.Q., Summerfield R.J., Ellis R.H., Roberts E.H. 1997. Phtotopériod, temperature and the growth and development of cowpea, Vigna unguiculata (L.) Walp. In Advances in cowpea research. Singh B.B., Mohan Raj D.R., Dashiell K.E., Jackai, L.E.N (eds.), Copublication of International Institute of Tropical Agriculture (IITA) and Japan International Research Center for Agricultural Sciences (JIRCAS), pp. 75-86.
- **Cronquist A. (1981):** An integrated system of classification of flowering plants. Columbia University, Paris, New york 1262p.
- **Croser et al (2001):** CROSER C., RENAULT S., FRANKLIN J. and ZWIAZEK J., 2001- The effect of salinity on the emergence and seedling growth of *Picea mariana*, *Picea glauca* and *Pinus banksiana*. *Environmental pollution*, **115**: 9-16.
- **çulha et al,. (2011):** çulha Ş, çakırlar H. Tuzluluğun bitkiler üzerine etkileri ve tuz tolerans mekanizmaları. Afyon Kocatepe University Journal of Sciences**.** 2011; 11:11-34.
- **Dabiré, (2001) :** Dabiré L.C., 2001. Etude de quelques paramètres biologiques et écologiques de Clavigralla tomentosicollis STAL. 1855 (Hemiptera, coreidae) punaise suceuse des gousses de niébé (Vigna unguiculata (L) Walp) en vue de la mise au point d'une lutte durable contre l'insecte au Burkina Faso. Thèse Université de Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire 179 p.
- **Dai J et al (2015):** Dai J, Duan L, Dong H. Comparative effect of nitrogen forms on nitrogen uptake and cotton growth under salinity stress. Journal of Plant Nutrition. 2015;**38**(10):1530-1543. DOI: 10.1080/01904167.2014.983126
- **Dajic Z (2006):** salt stress.In:Physiology and molecular biology of stress Tolerance in plant.Madhava Rao K.V.,Raghavendra A.S. and Janardhan Redd (eds),Netherland.,Springer,41-99.
- **Dakora, Keya, (1997):** DAKORA F.D., KEYA S.O. [1997], "Contribution of Legume Nitrogen Fixation to Sustainable Agriculture in Sub-Saharan Africa", *Soil Biology and Biochemistry*, vol. 29, no 5-6, p. 809-817.
- **Dantas et al., (2005) :** Dantas B. F., Ribeirol. D. S., et aragao C. A., 2005. Physiological reponse of cowpea seeds to salinity stress. Revista Brasileira de Sementes, 27(1): 144-148.
- **Daoud (1999) :** Daoud, Y., 1999. Influence des conditions salines sur les propriétés physiques des sols des plaines du Chéliff. Séminaire National sur la salinisation des terres agricoles en Algérie, Université de Chlef, Proceeding, 5-15.
- **Daoud et Halitim (1994) :** DAOUD Y. et HALITIM A., 1994 - Irrigation et salinisation au Sahara algérien. *Sécheresse*, **3 (5) :** 151-160.

- **Davenport et al (1997)**: Davenport RJ, Reid RJ, Smith FA. Sodium-calcium interactions in two wheat species differing in salinity tolerance. Physiologia Plantarum. 1997;**99**:323-327. DOI: 10.1111/j. 1399-3054.1997.tb05419.x
- **Davis et al., (1991):** Davis DW, Oelke EA, Oplinger ES, Doll JD, Hamson CV, Putnam DH (1991) Cowpea. Ed. Université de Wisconsin. Madison. 14 p.
- **Delphine (1998):** Delphine. 1998. Consequences of salt stress on conductance to CO2 diffusion, Rubisco characteristics and anatomy of spinach leaves. Aust. J. Plant Physiol.
- **Demiral ET TURKAN (2004):** Demiral T, Türkan İ. Comparative lipid peroxidation,antioxidant defense systems and proline content in roots of two rice cultivars differing in salt tolerance. Environmental and Experimental Botany. 2005;53(3):247-257. DOI: 10.1016/j. envexpbot.2004.03.017
- **Desclor et al (2008) :** Desclos M., Dubousset L., Etienne P., Le Caherec F., Satoh H., Bonnefoy J., Alain O., and Avice J.C., 2008- A Proteomic Profiling Approach to Reveal a Novel Role of *Brassica napus* Drought 22 kD/ Water-soluble Chlorophyll-Binding Protein in Yong Leaves during Nitrogen Remobilization Induced y Stressful Conditions. *Plant Physiol*. 147.
- **Diaw, (1999) :** Diaw S.C., 1999. Evaluation de la résistance variétale du niébé (Vigna unguiculata L. Walp.) à. (Callosobruchus maculatus F.) Mémoire diplôme d'ingénieur Agronome, ENSA, Sénégal, 60 p.
- **Discover Life (2017):** Discover Life. Global Mapper. Vigna unguiculata @ BOLD (4); Systematic Mycology and Microbiology Laboratory (190); California Department of Food and Agriculture, Thematic Collection Network (2); Flora of Singapore, Raffles Museum (1); Global Biodiversity Information Facility (10178)
- **Dluzniewska et al (2007)**: Dluzniewska P, Gessler A, Dietrich H, Schnitzler JP, Teuber M, Rennenberg H. Nitrogen uptake and metabolism in *Populus* x *canescens* as affected by salinity. The New Phytologist. 2007;**173(**2):279-293. DOI: 10.1111/j.1469-8137.2006.01908.x
- **Drouhin (1961) :** DROUHIN G. 1961**.** Expérience algérienne d'utilisation des eaux saumâtres pour l'irrigation avec référence particulières aux sols salins. U.N.E.S.C.O, Paris, 239-244.
- **Duchauffour (1979**) : Duchauffour, P. 1979**.** Pédologie tome 2, constituant et propriétés du sol, Ed. Masson. Paris, 459 p.
- **Duchauffour (1983**) : Duchauffour, P. 1983**.** Pédologie 1. Pédogénèse et classification. ED. Masson. Pp 468-470.
- **Dugjé et al., (2009) :** Dugjé IY, Omoigui LO, Ekeleme F, Kamara AY, Ajeigbe H. 2009. Production du niébé en Afrique de l'Ouest : Guide du paysan. Document de l'IITA, p. 20.
- **Durand (1983) :** Durand J.H, 1983. Les sols irrigables, Agence de coopération culturelle et technique. P.U. France, 190 p.
- **Echikh, (2000)** : Echikh N., 2000 – Organisation pool génétique de forme sauvage et cultiver d'une légumineuse alimentaire, Vigna unguiculata (L.) Walp. Thèse de doctorat.

- **Elgoumi *et al.* (2014) :** EL GOUMI Y., FAKIRI M., LAMSAOURI O. and BENCHEKROUN M., 2014-. Salt stress effect on seed germination and some physiological traits in three Moroccan barley physiological traits in three Moroccan barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivars. *J.Mater. Environ. Sci.*, 5(2): 625-632.
- **Eloward et Hall, 1987:** Eloward H.O.A., Hall A.E. 1987. Influence of early and late nitrogen fertilization on yield and nitrogen fixation of cowpea under well-watered and dry field conditions. Field Crops Res. 15: 229-244.
- **Evelin *et al.*, (2009) :** Evelin H. Kapoor R. et Giri B. 2009. Arbuscular mycorrhizal fungi in alleviation of salt stress: a review. Annals of botany, 104 (7): 1263-1280
- **Fao (1999):** Conference thirtieth session. ROME. 12-23-Novembre-1999. The state of food and agriculture. FAO LIBRARY AN: 391829.
- **Fao (2005):** Statuts of research and application of crop biotechnologies in developing countries: preliminary assessment. By Z. Dhlamini, Spillane, C., Moss, J.P., Ruane, J., Urquia, N. A. Sonnino.
- **Fao. (2010):** Food and Agricultural Organisations (FAO), 2010. World Dry Cowpea Production Figure. http://faostat.fao.org/faostat/consulté en Janvier, 2010.
- **Faostat, (2010):** FAOSTAT, 2010. Agricultural production, crop primary database. Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome. http://faostat.fao.org/ faostat
- **Fatokum CA et al., (2002):** Fatokum CA, Tarawali SA, Singh BB, Kormawa PM. Challenge and Opportunities for Enhancing Sustainable Cowpea Production. International Institue of Tropical Agriculture (IITA); 2002. P. 433.
- **Fery, (1985):** FERY R. L., 1985. The genetics of cowpea: a review of the world literature. ln: Cowpea research, production and utilization, Singh S.R.and Rachie K.O. (eds). New-york, USA, Wiley. Pp 25-62.
- **Flowers (2004):** Flowers T.J., 2004. Improving salt tolerance. Journal of Experimental Botany, 55: 307-319.
- **Flowers and flowers (2005)** : FLOWERS T. J. and FLOWERS S. A., 2005 - Why does salinity pose such a difficult problem for plant breeders?. *Agricultural Water Management*, 78: 15–24.
- **Formowitz, Joergensen, Buekert, (2009):** FORMOWITZ B., JOERGENSEN R.G., BUEKERT A. [2009], "Impact of Legume Versus Cereal Root Residues on Biological Properties of West African Soils", *Plant Soil*, vol. 325, no 1-2, p. 145-156.
- **Fr. Manuel Blanco, (1837) :** Francisco Manuel Blanco (O.S.A.) — 1837 Flora de Filipinas. ed 3 Gran edicion. [Atlas II]
- **Gama et *al.*, (2007) :** Gama P.B.S. Inanaga S. Tanaka K. et Nakazawa R. 2007. Physiological response of common bean (*PHASEOLUS vulgaris* L.) seedling to salinity stress Afric. J. Biotech. 6:79-88.

- **Garg et Singla (2004): Garg et Singla. 2004.** Growth, photosynthesis, nodule nitrogen and carbon fixation in the chickpea cultivars under salt stress December 2004 Brazilian Journal of Plant Physiology 16(3) DOI:10.1590/S1677-04202004000300003
- **Garthwaite et al,. (2005):** Garthwaite AJ, Colmer TD, Bothmer RV. Salt tolerance in Wild Hordeum species is associated with restricted entry of Na+ and Cl− into the shoots. Journal of Experimental Botany. 2005; 56(419):2365-2378. DOI: 10.1093/jxb/eri229
- **Gbaguidi et al., (2015) :** Gbaguidi AA, Assogba P, Dansi M, Yedomonhan H, Dansi A, 2015. Caractérisation agromorphologique des variétés de niébé cultivées au Bénin. Int. J. Biol. Chem. Sci. 9(2): 1050-1066, April 2015. ISSN 1997-342X (Online), ISSN 1991-8631 (Print). http://indexmedicus.afro.who.int Available online at http://ajol.info/index.php/ijbcs.
- **Ghalmi (2011) :** Ghalmi N., 2011. Etude de la diversité génétique de quelques écotypes locaux de *Vigna unguiculata* L. walp cultivé en Algérie. Thèse présentée en vu de l'obtention du diplôme de doctorat en sciences agronomiques. École Nationale Supérieure Agronomique, El Harrach, Alger. 149p.
- **Ghalmi et al., (2010) :** Ghalmi N., Malice M., Jacquemin J. M., Ounane S. M., Mekliche L., Baudoin J. P., 2010. Morphological and molecular diversity within Algerian cowpea (Vigna unguiculata L. Walp) landraces. Genetic Resources and Crop Evolution, 57 (3), 371-386.
- **Ghassemi-Golezani et al (2008) :** Ghassemi-Golezani K., Sheikhzadeh-Mosaddegh P., Valizadeh M., 2008. Effect of hydro-priming duration and limited irrigation on field performance of chichpea. Res. J. Seed Sci. 1:34-40.
- **Glitho, (1990) :** Glitho I.A., 1990. Les Bruchideae ravageurs de Vigna unguiculata (L.)Walp. en zone guinéenne. Analyse de la diapause reproductrice chez les mâles de Bruchidius atrolineatus Pic. Thèse de Doctorat, Université F. Rabelais Tours, 172 p.
- **Gnanglè et al., (2003) :** Gnanglè PC, Agossou V, Ogodja OJ, Bello S, Djènontin J, 2003. Fabrication et utilisation du fumier de ferme. Fiche technique. Djinadou Igué Kouboura, Afonnon Elisabeth et Akpadji Jeanne (éds.). INRAB, PADSE, AFD. Dépôt légal : 2530 du 07/06/2004, 2ème trimestre 2004, Bibliothèque Nationale (BN) du Bénin, ISBN : 99919-51-69-5. ISSN : 1659-6846. Institut National des Recherches Agricoles du Bénin, décembre 2003, 16p.
- **Gnanglè et al., (2004) :** Gnanglè PC, Ogodja OJ, Bello S, 2004. Assolement et rotation dans les exploitations agricoles. Fiche technique. Djinadou Igué Kouboura, Afonnon Elisabeth et Akpadji Jeanne (éds.). INRAB, PADSE, AFD. Dépôt légal : 2532 du 07/06/2004, 2ème trimestre 2004, Bibliothèque Nationale (BN) du Bénin, ISBN : 99919-51-71- 7/1659-6862. Institut National des Recherches Agricoles du Bénin, décembre 2003, 2p.
- **Godon (1985) :** GODON B. 1985. Protéines vegétales.Ed.Tec.et Doc. 629p.
- **Gratào P.L., Polle A., Lea P.J. and Azevedo R.A. 2005:** Making the life of heavy metal-stressed plants a little easier. Funct Plant Biol 32: 481-494.

- **Grattan et al (1999)**: Grattan SR, Grieves CM. Salinity-mineral nutrient relations in horticultural crops. Scientia Horticulturae. 1999;**78**:127-157. DOI: 10.1016/S0304-4238(98)00192-7
- **Greenway et al (1980)**: Greenway H, Munns R. Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes. Annual Review of Plant Physiology. 1980;**31**:149-190. DOI: 10.1146/annurev. pp.31.060180.001053
- **Gregory (2005)** : GREGORY. B. 2005. Ecophysiologie de semis de confières éctomycorhizés en milieu salin et sodique. Thèse de mémoire. Université Lava Canada. Chapitre I.
- **Hadi et al (2012):** Hadi MR, Karimi N. The role of calcium in plants' salt tolerance. Journal of Plant Nutrition. 2012;**35**(13):2037-2054. DOI: 10.1080/01904167.2012.717158
- **Halitim (1988) :** Halitim A, 1988. Sols des régions arides d'Algérie. OPU, Alger, 384 p
- **Hall et Frate (1996)**: Hall A. E et C. A. Frate. 1996. Blackeye bean production in California . Univ. Calif. Div. Agr. Nat. Res. Publ. 21518.
- **Hall et Patel, (1985)**: Hall A. E., Patel P. N. 1985. Breeding of resistance to drought and heat. In: Cowpea Research. Production and Utilization. Singh S. R., Rachie K.O (eds). New York, Wiley, pp. 137-151.
- **Hamdi (1999) :** Hamdi A, 1999. Saline irrigation and management for sustainable use In: Advanced Short Course on saline irrigation Proceeding, Agadir.152-227.
- **Hameed et Ashraf, (2008) :** HAMEED M. and ASHRAF M., 2008 - Physiological and biochemical adaptations of *Cynodon dactylon* (L.) Pers. from the Salt Range (Pakistan) to salinity stress. *Flora*, **203**: 683-694.
- **Hammad et al (2017)**: Hammad HM, Farhad W, Abbas F, Fahad S, Saeed S, Nasim W, et al. Maize plant nitrogen uptake dynamics at limited irrigation water and nitrogen. Environmental Science and Pollution Research. 2017;**24**:2549-2557. DOI: 10.1007/s11356-016-8031-0
- **Haoula et al (2007) :** HAOUALA F., FERJANI H. et EL HADJ S., 2007 - Effet de la salinité sur la répartition des cations (Na+, K+ et Ca+2) et du chlore (Cl-) dans les parties aériennes et les racines de ray-grass anglais et du chiendent. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, **11 (3)**: 235-244.
- **Hardie et al (2012)**: Hardie M, Doyle R. Measuring soil salinity. In: Shabala S, Cuin TA, editors. Plant Salt Tolerance: Methods and Protocols, Methods in Molecular Biology. Totowa, NJ: Humana Press; 2012. pp. 415-425. DOI: 10.1007/978-1-61779-986-0_28
- **Hasegawa et al,. (2000):** Hasegawa PM, Zhu JK, Bressan RA, Bohnert JH. Plant cellular and molecular responses to high salinity. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular. 2000; 51:463-499. DOI:10.1146/annurev.arplant.51.1.463.
- **Hayashi et Murata (1998) :** HAYASHI H. and MURATA N., 1998 - Genetically engineered enhancement of salt tolerance in higher plants. In: Stress Response of Photosynthetic Organisms: Molecular Mechanisms and Molecular Regulation. Sato K., Murata N. (eds.), Elsevier, Amsterdam, 133–148.

- **Heller et al (2004):** HELLER. R., ESNAULT. R., LANCE. C., 2004. Physiologie végétale. Tome 1 nutrition. Paris/ DUMOD.P 323. ISBN :2-10-048710-8.

- **Heller R., Esnault R. et Lance C., 2004:** Physiologie végétale, développement 6ème Edition de l'Abrégé, Editions Dunod, Paris, 294p.
- **Hofman et al (2004)**: Hofman G, Cleemput OV. Soil and Plant Nitrogen. 1st ed. Paris, France: International Fertilizer Industry Association; 2004. p. 48
- **Hopkins (2003) :** HOPKINS W. G., 2003 - Physiologie végétale. De Boeck, Bruxelles, 514 p.
- **Hu et al (2005):** Hu Y, Schmidhalter U. Drought and salinity: A comparison of their effects on mineral nutrition of plants. Journal of Plant Nutrition and Soil Science. 2005;**168**:541-549. DOI: 10.1002/ jpln.200420516 541
- **Hu et al (2013):** Hu Y. F., Zhou G., Nax F., Yang A., Nan W., Zhang Y., Lijl and Biyr. 2013: Cadmium interferes with maintenance of auxin homeostasis in Arabidopsis seedlings. J. Plant Physiol. 170: 965-975.
- **Huq et al (2013)**: Huq SMI, JUM S. The Soils of Bangladesh. 1st ed. Netherlands: Springer; 2013. p. 165. DOI: 10.1007/978-94-007-1128-0
- **Hurkman W.J. and Tanaka C.K., 1987:** The effect of salt on the pattern of proteinsyntheses in barleyroots. Plant Physiol.83:517-524.
- **Hussain et al (2019)**: Hussain S, Bai Z, Huang T, Cao X, Zhu L, Zhu C, Khaskheli MA, Zhang C, Jin Q , Zhang J. 1-Methylcyclopropene modulates physiological,biochemical and antioxidant responses of Rice to different salt stress levels. Journal of Integrative Agriculture. 2019;10(124): 1-18. DOI: 10.3389/fpls.2019.00124
- **Hutchins et al (2008)**: Hutchins DA, Fu FX. Linking the oceanic biogeochemistry of iron and phosphorus with the marine nitrogen Cycle. In: Capone DG, Bronk DA, Mulholland MR, Carpenter EJ, editors. Nitrogen in the Marine Environment. 2nd ed. Academic Press, UK; 2008. pp. 1627-1666. DOI: 10.1016/ B978-0-12-372522-6.00038-4
- **I.Y. Dugje et al., (2009):** I.Y. Dugje, L.O. Omoigui, F. Ekeleme, A.Y. Kamara, et H. Ajeigbe. 2009. Production du niébé en Afrique de l'Ouest : Guide du paysan. Document de l'IITA, 20 pages
- **INS, (2010) :** INS, 2010. Institut National de la Statistique. Annuaire statistique des cinquante ans d'indépendance du Niger, 330p.
- **Iyengar et Reddy (1996):** Iyengar E.R.R., Reddy M.P. Photosynthesis in highly salt-tolerant plants. In: Pessaraki M., editor. *Handbook of Photosynthesis.* Marcel Dekker; New York: 1996. pp. 897–909.
- **Jacquinot, (1967) :** Jacquinot L. 1967. Croissances et alimentation minérales comparées de quatre variétés de niébé (*Vigna unguiculata* Walp.). *L'Agronomie Tropicale. Série 3, Agronomie Générale. Etudes Scientifiques*, 22 (6-7) : 575-640.
- **Jaleel *et al.*, (2008) :** JALEEL C. A., SANKAR B., SRIDHARAN R. and PANNEERSELVAM R., 2008 – Soil Salinity Alters Growth, Chlorophyll Content, and Secondary Metabolite Accumulation in *Catharanthus roseus*. *Turk J Biol,* **32**: 79-83.
- **Jamil et al (2006):** JAMIL M., LEE D. B., JUNG K. Y., ASHRAF M., LEE S. C. and RHA E. S., 2006 – Effect of salt (NaCl) stress on germination and

early seedling growth of four vegetables species. *Journal Central European Agriculture*, **7(2)**: 273-282.

- **Jisha et al (2013) :** Jisha KC, Vijayakumari K., Puthur JT (2013). Amorçage des semences pour la tolérance au stress abiotique : un aperçu. *Acta Physiol. Plante.* 35 1381-1396. 10.1007/s11738-012-1186-5.
- **Kahouadji R. (2020) :** KAHOUADJI Rabah, Institut de la Recherche Agronomique: Projet de culture de la Niébé, E bourse DZ, 18 mai 2020, sur le site: **https://bourse-dz.com/institut-recherche-agronomique-projet-culture-niebe/**
- **Kakari ,G.N.,2001:**Germination, sodium and potasium concentrations of barley seeds as influenced by salinity , J.Plant Nut.,24(3):511-522.
- **Keita, (2000)** : KEITA S. M. 2000. Effet of various essential oil a *Callosobruchus maculatus (F.)* (Coleoptera: Bruchidae). Journal of Stored Products Research.36 (4): 355-364.
- **Kenfaoui (1997) :** KENFAOUI. A. 1997. La salinité des eaux d'irrigation. Synthèse bibliographique réalisé par les élèves ingénieurs de l'école nationale de génie rural des eaux et des forets de Montpelier.
- **Kentour (1999) :** KENTOUR S. 1999**,** Contribution à l'étude des protéines des graines de haricot dolique (*Vigna unguiculata*) au cours d'un essai à l'I.T.M.A. de Boukhalfa wilaya de Tizi ouzou D.E.S. de biologie, institut de biologie de Tizi-Ouzou, 44p.
- **Khan (2001)**: **KHAN M. A., 2001 -** Experimental assessment of salinity tolerance of *Ceriops tagal* seedlings and saplings from the Indus delta, Pakistan. *Aquat. Bot.,* **70:** 259–268.
- **Khan et al (1999)** : KHAN M. A., UNGAR I. A. and SHOWALTER A. M., 1999 - Effects of salinity on growth, ion content and osmotic relations in *Halopyrum mocoronatum* (L.) Stapf. *J. Plant Nutr*., 22: 191–204.
- **Khan et al (2009):** Khan M.A., Shirazi M.U., Ali Khan M., Mujtaba S.M., Islam E., Mumtaz S., Shereen A., Yasin Ashraf M. 2009. Role of proline, K/Na ratio and chlorophyll content in salt tolerance of wheat (Triticum aestivum L). Pak. J. Bot., 41(2): 633- 638.
- **Kimou S.H., (2009)** : KIMOU Serge Hervé. Variabilité morphophénologique et composition biochimique des graines et du fourrage de trois variétés de niébé (Vigna unguiculata (L)Walp., Fabaceae) cultivées en Côte d'Ivoire. Mémoire de maitrise, UFR-SN de l'Université d' Abobo-Adjamé, Abidjan Côte d'Ivoire. 40p.
- **Kimou Serge Hervé. (2013) :** KIMOU Serge Hervé. VARIABILITÉS MORPHOLOGIQUE ET PHÉNOLOGIQUE DE DIX VARIÉTÉS DE , , *Vigna unguiculata (*L.) Walp. (Fabaceae), NIEBE , " CULTIVEES EN COTE D'IVOIRE. MÉMOIRE DE MASTER II. CÔTE D'IVIOIRE. Université NANGUI ABROGOUA UFR des Sciences de la Nature.2013.55p
- **Kromdjik J, Long SP. (2016):** One crop breeding cycle from starvation? How engineering crop photosynthesis for rising CO2 and temperature could be one important route to alleviation. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences. 2016;283(1826)20152578. DOI: 10.1098/ rspb.2015.2578.

- **Kurban *et al.*, (1999) :** KURBAN H., SANEOKA H., NEHIRA K., ADILLA R., PREMACHANDRA, G. S. and FUJITA, K., 1999 - Effect of salinity on growth, photosynthesis and mineral composition in leguminous plant *Alhagi pseudoalhagi* (Bieb.). *Soil Sci. Plant Nutr*., 45: 851–862.
- **Kuruma et al., (2008):** Kuruma RW, Kiplagat O, Ateka E, Owuoche G. 2008. Genetic diversity of Kenyan cowpea accessions based on morphological and microsatellite markers. *East Afr. Agric. For. J.*, 76: 3-4.
- **kwapata et Hall, (1985)** : Kwapata M. B., Hall A. E. 1985. Effects of moisture regime and phosphorus on mycorrhizal infection, nutrient uptake, and growth of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) walp.). Field Crops Res. 12: 241-250.
- **Lacerda et al (2006)**: Lacerda CF, Assis Junior JO, Filho LCAL, de Oliveira TS, Guimaraes FVA, Gomes-Filho E, et al. Morpho-physiological responses of cowpea leaves to salt stress. Brazilian Journal of Plant Physiology. 2006;**18**(4):455-465. DOI: 10.1590/ S1677-04202006000400003
- **Ladeinde et Bliss, (1977) :** Ladeinde TAO et Bliss F.A (1977). Identification of the bud stage for pollinating without emasculation in Cowpea *Vigna unguiculata* (L.) Walp. Nigeria Journal of Science (11): 183- 194.
- **Lahlou et al (2002) :** Lahlou M., Badraoui M., Souidi B., Goumari A. et Tessier D., 2002 -Modélisation de l'impact de l'irrigation sur le devenir salin et sodique des sols. Actes de l'atelier du PCSI, Montpellier, France, 28-29.
- **Langyintuo et al., (2003) :** Langyintuo, A. S., Lowenberg-DeBoer, J., Faye, M., Lambert, D., Ibro,G., Moussa, B., Kergna, A., Kushwaha, S., Mussa, S., Ntoukam, G., 2003. Cowpea supply and demand in West, and Central Africa. In : Peter H. Graham., Anthony E. Hall., Dernot P. Cogne. (Eds), Field crops Research.
- **Lawlor, (2013) :** Lawlor D. W., 2013. Genetic engineering to improve plant performance under drought: physiological evaluation of achievements, limitations, and possibilities. J Exp Bot, 64: 83-108
- **Leonard (1987) :** LEONARD D. 1987. Cultures traditionnelles de plein champ (Peace corps), 497p.
- **Levigneron et al (1995) :** LEVIGNERON, A., LOPEZ ,F.,VANSUYT,G., BERTHOMIEU,P., FOURCROY, P., et FRANCINE,C.D., 1995. Les plantes face au stress salin.cahiers agrecultures,4:263-73.
- **Levitt, J. (1980):** Levitt J. 1980. Salt and ion stress. In Levitt J. (eds). Response of plant to environmental stresses. Vol II, water radiation, salt and others stresses. New York: Academic Press, p. 365–406.

- **Longstreth et Nobel (1979) ;** Longstreth DJ, Nobel PS**.** 1979**.** Salinity effects on leaf anatomy: consequences for photosynthesis. Plant Physiol, (4):700-703. MED: 16660795.

- **Lu et al (2002):** Congming Lu. Nianwei Qiu. Qingtao Lu. Baoshan Wang. Tingyun Kuang. 2002. Does salt stress lead to increased susceptibility of photosystem II to photoinhibition and changes in photosynthetic pigment composition in halophyte Suaeda salsa grown outdoors? Plant Sci.

- **Lush et Evans, (1981) :** Lush, W. M. and Evans, L. T., 1981. Domestication and improvement of cowpea. Euphytica 30, pp. 579-587.

- **Lynch et al (1988)**: Lynch J, Lauchli A. Salinity affects intracellular calcium in corn root protoplasts. Plant Physiology. 1988;**87**:351-356. DOI: 10.1104/ pp.87.2.351
- **Maas et Hoffman (1977)**: MAAS, E.V. and Hoffman G.J., 1997- Crop salt tolerance-current assement. J. of Irrigation and Drainage Division ASCE. 103 : 115-134
- **Maas et Poss (1989)**: Maas E.V and POSS J.A. 1989. Salt sensitivity of cowpea at various growth stages. Irrigation science, 10: 313-320.
- **Madamba et al., (2006) :** Madamba R., Grubben G. J. H., Asante I. K et Akromah R., 2006- *Vigna unguiculata* (L.) Walp. In: Brink, M. & Belay, G. (Editeurs). PROTA 1: Cereals and pulses/Céréales et légumes secs. [CD-Rom]. PROTA, Wageningen, Pays Bas. http://database.prota.org.
- **Mahmud et al (2020)**: Mahmud MS, Roy S. Physicochemical properties of soils collected from different agricultural lands of Chittagong district of Bangladesh. Academia Journal of Environmental Science. 2020;**8**(2):22-29. DOI: 10.15413/ ajes.2019.0315
- **Makanur et al., (2013):** Makanur B, Deshpande VK, Vyakaranahal BS, 2013. Characterisation of cowpea genotypes based on quantitative descriptors. Academic Journals 8(4): 1183-1188.
- **Maksimovic et al (2012)**: Maksimovic I, Ilin Ž. Effects of salinity on vegetable growth and nutrients uptake. In: Lee TS, editor. Irrigation Systems and Practices in Challenging Environments. London, UK: IntechOpen; 2012. pp. 169-190. DOI: 10.5772/29976
- **Manchanda et Garg (2008):** Manchanda G, Garg N. Salinity and its effects on the functional biology of legumes. Acta *Physiol Plant*. 2008; 30:595–618. Disponible sur <https://link.springer.com/article/10.1007/s11738-008-0173-3>.
- **Marc (2001) :** Marc Lacharme, 2001. Le contrôle de la salinité dans les rizières, Mémento Technique de Riziculture:6-12.
- **Maréchal et al., (1978) :** Maréchal, R.; Mascherpa, J. M. and Stainier, F., 1978. Etude taxonomique d'un groupe d'espèces des genres Phaseolus et Vigna (Papilionaceae) sur la base de données morphologique et pollinique traitées pour l'analyse informatique. Boissier 28: pp. 1-273.
- **Marie-Hélène Dabat et al., (2012) :** Marie-Hélène Dabat, Rabah Lahmar, Richard Guissou, La culture du niébé au Burkina Faso : une voie d'adaptation de la petite agriculture à son environnement ?, dans Autre part 2012/3 (N° 62), page 96.
- **Marjorie Leggitt (2010):** Title image: Southern Cow Pea - Vigna unguiculata (Science Art.com).
- **Masood A., Iqbal N. and Khan N. A. 2012:** Role of ethylen in alleviation of cadmium-induced capacity inhibition by sulphur in mustard. Plant Cell Environ 35: 524-533.
- **Mazliak P. 1998:** Pysiologie végétale II: Croissance et Développement. Hermann ed, Paris.
- **Mehari *et al.* (2005) :** MEHARI A. ERICSSON T. and WEIH M., 2005 - Effects of NaCl on seedling growth, biomass production and water status of *Acacia nilotica* and *A. tortilis. Journal of Arid Environments,* **62:** 343-349.
- **Menzies (2009):**Menzies N. The Science of Phosphorus Nutrition: Forms in the Soil, Plant Uptake, and Plant Response [Internet]. 2009. Available from:

https://grdc.com.au/resources-andpublications/grdc-update-papers/tabcontent/grdc-update-papers/2009/02/the-science-of-phosphorus-nutritionforms-in-the-soil-plant-uptake-andplant-response [Accessed: 08 June 2020]

- **Mint El Mokhtar (2010):** Mint El Mokhtar S., 2010. Etude des réponses physiologiques et métaboliques de dix variétés de riz (*Oryza sativa* L.) aux premiers stades de développement vis-à-vis du stress salin. Mémoire de DEA, Université de Cheikh Anta Diop de Dakar, p. 42.

- **Mitsuya et al (2000):** Mitsuya, S., Takeoka, Y. and Miyake, H. 2000. Effects of sodium chloride on foliar ultrastructure of sweet potato (Ipomoea ba ta tas Lam.) plantlets grown under light and dark conditions in vitro. J. Plant Physiol. IS7: 661~667.

- **Monti & *al* (1990):** MONTI & *al* 1990, Cowpea genetic resources. Nigeria. Ed. I.I.T.A. 227 p.
- **Motos et al,. (2017):** Motos JA, Ortuño MF, Vivancos PD, Vicente AB, Hernandez JA, Sánchez BM. Plant responses to salt stress: Adaptive mechanisms. Agronomy**.**2017;7(1):18. DOI: 10.3390/agronomy7010018.
- **Munns (2002):** Munns R. Comparative physiology of salt and water stress. Plant Cell and Environment. 2002; 25(2): 239-250. DOI: 10.1046/j.0016-8025.2001.00808.x
- **Munns (2005):** Munns R. Genes and salt tolerance: Bringing them together. New Phytologist.2005; 167(3):645-663. DOI: 10.1111/j.14698137.2005.01487.x
- **Munns et al (2002) :** Munns R., Husain S., Rivelli A.R., James R.A., Condon A.G.T, Lindsay M. P., Lagudah E.S., Schachtman D.P., Hare R. A. 2002. Avenues for increasing salt tolerance of crops, and the role of physiologically based selection traits. Plant and Soil 247: 93–105.
- **Munns et Rawson (1999):** Munns R et Rawson HM. 1999. Effect of salinity on salt accumulation and reproductive development in the apical meristem of wheat and Harley. Australian Journal of plant physiology 26, 459-464.
- **Munns et Tester (2008):** Munns R, Tester M. Mechanisms of salinity tolerance. The Annual of Plant Biology. 2008; 651-681.
- **Munns R., (1993)**.- Physiological processes limiting plant growth in saline soils: some dogmas and hypotheses. Plant Cell Environ., 15, 15-24.
- **Murillo-Amador et al., (2006) :** Murillo-Amador B., Troyo-Dieguez E., Hernandez J. L. G., Lopez-Aguilar R., Avila-Serrano N. Y., Zamora-Salgado S., Rueda-Puente E. O et Kaya C., 2006. Effect of NaCl salinity in the genotypic variation of cowpea (*Vigna unguiculata*) during early vegetative growth. Scientia Horticulturae, 108: 423-431.
- **N'gbesso et al., (2013) :** N'Gbesso FPM, Fondio L, Dibi BEK, Djidli HA, Kouame CN. 2013. Étude des composantes du rendement de six variétés améliorées de niébé [*Vigna unguiculata* (L.) Walp]. *J. Apl. Biosc.*, 63: 4754 - 4762. DOI: https://www.ajol.info/index.php/jab/artic le/view/87249
- **Nabi *et al.* (2017)** : NABI F., CHAKER-HADDADJ A ., TELLAH S., GHALEM A., OUNANE G., GHALMI N., DJEBBAR R. and OUNANE

S.M., 2017 - Evaluation of Algerian Cowpea genotypes for salt tolerance at germination stage. *Advances in Environmental Biology,* 11(5): 79-88.

- **Nabi, (2009) :** Nabi F., 2009. Effet de la salinité sur la germination, la croissance et les composantes du rendement du *Vigna unguiculata* L. (Walp). Mémoire en vue d'obtention de diplôme de magister en biotechnologies végétales, École Nationale Agronomique (ENSA), El Harrach, Alger.133p.
- **Neumann (1997):** NEUMANN P., 1997 – Salinity resistance and plant growth revisited. *Plant, cell and Environment*, **20**: 1193-1198.
- **Nkouannessi, (2005):** Nkouannessi M, 2005. The genetic, morphological and physiological evaluation of African cowpea genotypes. Thesis, University of the Free State Bloemfontein (South Africa).
- **O.H. issoufou et al. (2017) :** O.H. ISSOUFOU et al. / Int. J. Biol. Chem. Sci. 11(2): p695, 2017
- **Ogodja et al., (2004) :** Ogodja OJ, Gnangle PC, Bello S, 2004. Constitution et utilisation de réserves fourragères en saison sèche. Fiche technique. Djinadou Igué Kouboura, Afonnon Elisabeth et Akpadji Jeanne (éds.). INRAB, PADSE, AFD. Dépôt légal : 2533 du 07/06/2004, 2ème trimestre 2004, Bibliothèque Nationale (BN) du Bénin, ISBN : 99919-51-72- 5/1659-6870. Institut National des Recherches Agricoles du Bénin, décembre 2003, 2p.
- **Omami (2005) :** Omami EN, 2005. Response of Amaranth to salinity stress, Ph. D Thesis, University of Pretoria,. South Africa. 235 p.
- **Ouédraogo. S.0(2000)** : Evaluation économique de l'impact des variétés améliorées du niébé sur le revenu des exploitants agricoles du plateau central du Burkina Faso. L'institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA)/ Farako-bà, 16p.
- **Outoul (1974) :** OTOUL, 1974. Répartition des principaux acides aminés dans les différentes parties de la graine d'un cultivar de *Vigna unguiculata(C*). Walp. (Bulletin de la recherche Agronomique. Gembloux.): 247-253.
- **Padilla et al., (2009) :** Padilla E. G., Lopez Sanchez R. C., Eichler-Loebermann B., Fernandez-Pascual M., Barrero K. T et Martinez L. A, 2009. Salt stress affects on cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) varieties at different growing stages. Conference of international Research on food Security, National Resource Management and Rural Development, University of Hamburg, 1-4.
- **Padulosi et Ng, (1997) :** Padulosi S. et Ng N.Q., 1997. Origin, taxonomy, and morphology of *Vigna unguiculata* (L) walp. ln: Singh BB, Mohan Raj DR, Dashiell KE, Jackai LEN (eds) Advances in cowpea research. Copublication of International Institute of Tropical Agriculture (IIT A) and Japan International Research Center for Agricultural sciences (JIRCAS).Sayce; Devon, UK pp 1-12.
- **Pang et al., (2007) :** Pang J., Cuin T., Shabala L., Zhou M., Mendham N. and Shabala S., 2007- Effect of Secondary Metabolites Associated with Anaerobic Soil Conditions on Ion Fluxes and Electrophysiology in Barley Roots. *Plant Physiol*. 147: 266-276.
- **Parida A.K., Das A.B. (2005):** Salt tolerance and salinity effect on plants: review. Ecotoxicology and Environmental Safety. Vol.60, pp. 324-349.

- **Pasquet et Baudouin, (1997) :** Pasquet R. et Baudoin J P., 1997. Le niébé, *Vigna unguiculata*. ln A. Charrier, M. Jacquot, S. Hammon, D. Nicolas (Eds). L'amélioration des plantes tropicales. Montpellier. France : CIRAD-ORSTOM, p 483-505.
- **Pasquet, (1998):** Pasquet R. S. 1998. Morphological study of cultivated cowpea *Vigna unguiculata* (L). Walp. Importance of ovule number and definition of cv gr melanophthalmus. Agronomie. 18: 61-70.
- **Perica *et al.*, (2008) :** PERICA S., GORETA S. and VULETIN SELAK G., 2008**.** Growth, biomass allocation and leaf ion concentration of seven olive (*Olea europaea* L.) cultivars under increased salinity. *Scientia Horticulturae*, **117**: 123–129.
- **Qadir et al (2005):** Qadir M, Schubert S, Steffens D. Phytotoxic substances in soils. In: Hillel D, editor. Encyclopedia of Soils in the Environment. UK: Academic Press; 2005. pp. 216-222
- **Quin, (1997) :** Quin F.M., 1997. Introduction. In: Advances in Cowpea Research- Singh B. B., Mohan Raj Dashiell, K. E. et Jackai, L. E. N. (eds)- 375 p.
- **R'him T., Tlili I., Hnan I., Ilahy R., Benali A et Jebari H., 2013:** Effet de stress salin sur le comportement physiologique et métabolique de 3 variétés de piment (Capsicum annum L.). J. Appl. Biosci. 66 : 5060–5069.
- **Rameeh (2012)**: Rameeh V. Ions uptake, yield and yield attributes of rapeseed exposed to salinity stress. Journal of Soil Science and Plant Nutrition. 2012;**12**(4):851-861. DOI: 10.4067/ S0718-95162012005000037
- **Reggiani et al (1995)**: Reggiani R, Bonzo S, Bertani A. The effect of salinity on early seedling growth of seeds of three wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. Canadian Journal of Plant Science. 1995;**75**:175-177. DOI: 10.4141/cjps95-029
- **Rejili (2008):** REJILI M., TELAHIGUE D., LACHIHEB B., MRABET A. and FERCHICHI A., 2008 - Impact of gamma radiation and salinity on growth and K+/Na+ balance in two populations of *Medicago sativa* (L.) cultivar Gabès. *Progress in Natural Science*, **18:** 1095-1105.
- **Rogers M. E. and Noble C. L., 1992** - Variation in growth and ion accumulation between two selected populations of *triticum repens* L., differing in salt tolerance. *Plant soil*, **146:** 131-136.
- **Romero-Aranda et al., (2001) :**ROMERO-ARANDA R., SORIA T. and CUARTERO J., 2001. Tomato plant-water uptake and plant–water relationships under saline growth conditions. *Plant Sci*., **160:** 265–272.
- **Rubio S., Lynne W.T.R., Graham L.I.A. and Rodriguez P.L., 2008:** The coenzyme a biosynthelic enzyme phosphopantheine Adenylyletransferase play a crucial Role in Plant Growth, Salt/osmotic stress resistance, and seed lipid storage. Plant Physiol. 148:546 – 556.
- **Rudolfs cité *in* Bidai (2001) :** Le métabolisme de la praline chez l'*Atriplex halimus* L. stressée à la salinité. Mémoire de magister en physiologie végétale, Université Es-Senia, Oran : 69-71.
- **Sahin et al (2018)**: Sahin U, Ekincib M, Orsa S, Turanc M, Yildizb S, Yildirimb E. Effects of individual and combined effects of salinity and drought on physiological, nutritional and biochemical properties of cabbage (*Brassica oleracea* var. capitata). Scientia Horticulturae. 2018;**240**:196-204. DOI: 10.1016/j.scienta.2018.06.016

- **Sairam et al (2004)**: Sairam RK, Tyagi A. Physiology and molecular biology of salinity stress tolerance in plants. Current Science. 2004;**86**:407-421. DOI: 10.1007/1-4020-4225-6
- **Salih et Kia, (2013):** Salih H. O. et Kia D. R., 2013.Effect of salinity level of irrigation water on cowpea (*Vigna unguiculata*) growth. Journal of Agriculture and Veterinary Science, 6(3): 37-41
- **Sawadogo A, (2009) :** Sawadogo Alidou. Evaluation de la production du niébé (*Vigna unguiculata* (L.) Walpers) en condition de stress hydrique: contribution au phénotypage et à la sélection du niébé pour la résistance à la sécheresse. DIPLOME D'INGENIEUR DU DEVELOPPEMENT RURAL, université polytechnique de bobo-dioulasso, 2009, 70p.
- **Shah (2014)**: Shah S, director. Morphological, Anatomical and Physiological Responses of Plants to Salinity [Internet]. 2014. Available from: https://www.youtube.com/watch?v=rihGVDoeq8A&t=244s
- **Shanko et al., (2014):** Shanko D, Andargie M, Zelleke H, 2014. Interrelationship and Path Coefficient Analysis of Some Growth and Yield Characteristics in Cowpea (Vigna unguiculata L. Walp) Genotypes. Journal of Plant Sciences. 2(2): 97-101.
- **Shannon (1992):** SHANNON M. C., 1992 - The effects of salinity on cellular and biochemical processes associated with salt tolerance in tropical plants. In: Proc. *Plant Stress in Trop. Environ.* Davenport T. L. and Harrington H. M. (eds.), Kailu-Kona, HI, 20-25 Sept, Univ. FL, Homestead, 56-63.
- **Shannon (1997):** SHANNON M. C., 1997 – Adaptation of plant to salinity. *Adv. Agron*., **60:** 75-120.
- **Silva et al (2003)**: Silva JV, Lacerda CF, Costa PHA, Eneas Filho J, Filho EG, Prisco JT. Physiological responses of NaCl stressed cowpea plants grown in nutrient solution supplemented with CaCl2. Brazilian Journal of Plant Physiology. 2003;**15**:99-105. DOI: 10.1590/ S1677-04202003000200005
- **Silva *et al*., (2008)** : SILVA E. C., NOGUEIRA, R. J. M. C., ARAUJO F. P., MELOC N. F. and AZEVEDO NETO A. D., 2008 - Physiological responses to salt stress in young umbu plants. *Environmental and Experimental Botany*, **63**:147–157.
- **Singh et al., (1997):** Singh, B. B., Chambliss, O. L., Sharma, B., 1997.Recent advances in Cowpea breeding. In Advances in Cowpea Research- (Singh, B. B., Mohan Raj, Dashiell, K. E. et Jackai, L. E. N. eds)-IITA Ibadan, Nigeria.
- **Singh et al., (2003):** SINGH B.B., AJEIGBE H.A., TARAWALI SHIRLEY A., FERNANDEZ-RIVERA S., ABUBAKAR M. [2003], "Improving The Production and Utilization of Cowpea as Food and Fodder", Field Crops Research, vol. 84, no 1-2, p. 169-177.
- **Sinha (1980) :** SINHA S.K. 1980. Légumineuses alimentaires, répartition, adaptation biologie de rendement. Ed. FAO, Rome.148p.
- **Slama (2004):** SLAMA F., 2004 - La salinité et la production végétale. Centre de Publication Universitaire, Tunis, 163 p.
- **Sosa L.,Llanes A., Reinoso H.,Reginto M .,and Luna V.,2005:**Osmotic and specific ion effect on the germination of Prospisstrobulifera.Ann.Bot.96:261-267.
- **Stanton (1970) :** STANTON W.R. 1970. Les légumineuses à graines en Afrique. Ed. Lavoisier. 453p.

- **Stanton et al., (1970) :** STANTON WR, DOUGHTY J, TETTEH RO, STEELE WM (1970). Les légumineuses à grains en Afrique. Ed. Lavoisier. FAO, Rome, 191p.
- **Stoilova et Pereira, (2013) :** Stoilova T, Pereira G, 2013. Assessment of the genetic diversity in a germplasm collection of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) using morphological traits. African Journal of Agricultural Research 8(2): 208-215.
- **Stoop, (1986)** : STOOP WILLEM A. [1986], "Agronomic Management of Cereal/Cowpea Cropping Systems for Major Toposequence Land Types in The West African Savanna", *Field Crops Research* vol. 14, p. 301-319.
- **Syers et al (2008)**: Syers JK, Johnston AE, Curtin D. Efficiency of Soil and Fertilizer Phosphorus Use: Reconciling Changing Concepts of Soil Phosphorus Behaviour with Agronomic Information. FAO Fertilizer and Plant Nutrition Bulletin 18. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations; 2008
- **Tafouo et al (2006) :** Taffouo V.D. Kouamou J.K. Ngalangue L.M.T. Bop Alain Nandjou Ndjeudji B.AN. et Amougou Akoa A. 2009. Effects of salinity stress on growth, ions partitioning ans yield of some cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) cultivars International Journal of Botany, 5 (2): 135-143.
- **Tarawali et al., (1997) :** Tarawali S.A., Singh B.B., Peters M. et Blade S.F., 1997. Cowpea haulms as fodder. In: Singh B.B., Mohan Raj, D.R., Dashiell, K., Jackai, L.E.N. (Eds.), Advances in Cowpea Research. Copublication of International lnstitute of Tropical Agricultural Sciences and the JIRCAS. IITA, Ibadan, Nigeria, pp 313-325.
- **Tarawali, Hiernaux, (2002) :** Tarawali G., Hiernaux P. (dir.) (2002), "Improving Crop-Livestock Systems in The Dry Savannas of West and Central Africa", *Reports from the Workshop on Crop-Livestock Systems in the Dry Savannas of West and Central Africa*, 22-27 novembre 1998, IITA, Ibadan, Nigeria. 174 p.
- **Tarquis A. M et Bardford K. J .(1992) :** Prehydration and priming treatments that advance germination also increase the rate of deterioration of lettus seeds. Journal of Experimental Botany 43:307-317.
- **Taylor A. G., Harman G. E. (1990) :** Concepts and technologies of selected seed treatments. Ann. Rev. Phytopathol 28: 321-339.
- **Taylor et al (1998):** Taylor A. G., Allen P.S., Bennett M. A., Bradford K.J., Burris J.S., Misra M.K. 1998. Seed enhancements. Seed Sience Research 8: 245-256.
- **Teggar (2015) :** Teggar N. 2015. Etude de l'effet du stress salin sur la nodulation et sur quelques paramètres biochimiques et morphologiques de la Lentille (*Lens culinaris* L). Diplôme de magister. Université d'Oran. 98p. Disponible sur : https://theses.univ-oran1.dz/document/TH4500.pdf .
- **Tester et al (2003)**: Tester M, Davenport R. Na+ tolerance and Na+ transport in higher plants. Annals of Botany. 2003;91(5):503-527. DOI: 10.1093/aob/ mcg058
- **Thiam *et al.* (2013)** :THIAM M., CHAMPION A., DIOUF D. and MAME OUREYE S.Y., 2013 - NaCl effects on in vitrogermination and growth of some Senegalese cowpea (*Vigna unguiculata* (L.)Walp.) Cultivars. *ISRN Biotechnol*., 1-11.

- **Thiam *et al.*,(2013) :** Thiam M.P. Champion A., Diouf D et Ouréye S.Y.M. 2013. NaCl effects on in vitro germination and growth of some Senegalese cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) cultivars. ISRN Biothechnology. Doi: 10.5402/2013/382417.
- **Tremolieres et al., (1984) :** TREMOLIERES J., SERVIL & *al*., 1984. Les aliments. T2. Ed. E. S. F. 516p.
- **Tuna et al (2007)**: Tuna AL, Kaya C, Ashraf M, Altunlu H, Yokas I, Yagmur B. The effects of calcium sulfate on growth, membrane stability and nutrient uptake of tomato plants grown under salt stress. Environmental and Experimental Botany. 2007;**59**(2):173-178. DOI: 10.1016/j.envexpbot.2005.12.007
- **Vanderborght et Baudoin (2001) :** Vanderborght, T., Baudoin, J, P., 2001. Niébé: *Vigna unguiculata* (L.) Walpers. Agriculture en Afrique Tropicale. DGCI.
- **Verdcourt, (1970) :** Verdcourt, B., 1970. Studies in the Leguminosae-Papilionoideae for the "Flora of Tropical East Africa" vols III and IV. Kew Bull. 24:379-447 and 507-569.
- **Wang et Nil (2000) :** Wang Y., Nil N. (2000) Changes in chlorophyll, ribulosebiphosphate carboxylase oxygenase, glycine betaine content, photosynthesis and transpiration in Amaranthus tricolor leaves during salt stress J. Hortic. Science Biotechnol 75:623-627.
- **Wang Q.,Wu C., Xie B., Wang Z., Cui J. & Hu T., 2011:** Effects of drought and salt stress on seed germination of three leguminous species. African Journal of Biotechnology, 10 (78) : 17954-17961.
- **Wikiwand :** plateforme internet. Article de Wikipédia, l'encyclopédie libre
- **Win et Oo, (2015) :** Win K. T., Oo A. Z., 2015. Genotypic difference in salinity tolerance during early vegetative growth of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.) from Myanmar. Biocatalysis and Agricultural Biotechnology, 4(4): 449-455.
- **Xiong** et **Zhu (2002) :** XIONG L. and ZHU J. K., 2002 - Molecular and genetic aspects of plant responses to osmotic stress. *Plant, Cell and Environment*, **25:** 131–139.
- **Yang Y, et al. (2008):** Hypermutability of damaged single-strand DNA formed at double-strand breaks and uncapped telomeres in yeast Saccharomyces cerevisiae. *PLoS Genet* 4(11):e1000264
- **Yari L., Aghaalikani M., Khazaei F. 2010:** Effect of seed priming duration and temperature on seed germination behavior of bread wheat (Triticum Aestivum L.). Journal of Agricultural and Biological Science 5(1): 1-6.
- **Yeo (1998) :** YEO A. R., 1998 - Molecular biology of salt tolerance in the context of whole plant physiology. *J. Exp. Bot.*, **49:** 915-929.
- **Zaman et al (2018)**: Zaman QU, Aslam Z, Yaseen M, Ihsan MZ, Khaliq A, Fahad S, et al. Zinc biofortification in rice: Leveraging agriculture to moderate hidden hunger in developing countries. Archives of Agronomy and Soil Science. 2018;**64**(2):147-161. DOI: 10.1080/03650340.2017.1338343
- **Zhu, J-K. (2003):** Regulation of ion homeostasis under salt stress. Curr. Opin.Plant Biol.6, 41-45.

- **Zribi et al (2018):** Zribi OT, Slama I, Trabelsi N, Hamdi A, Smaoui A, Abdelly C. Combined effects of salinity and phosphorus availability on growth, gas exchange, and nutrient status of *Catapodium rigidum*. Arid Land Research and Management. 2018;**32**(3):277-290. DOI: 10.1080/15324982.2018.1427640
- **Zuang, (1991) :** ZUANG H. 1991. Mémento nouvelle espèce légumière.Ed.du centre technique internationl des fruits et légumes Cc. (F) service Bio agro. 360p.

ANNEXES



Figure n°46: représente une germination épigée.



Figure n°46 : Plante de *Vigna unguiculata* (L.) non soumise au stress (témoin)

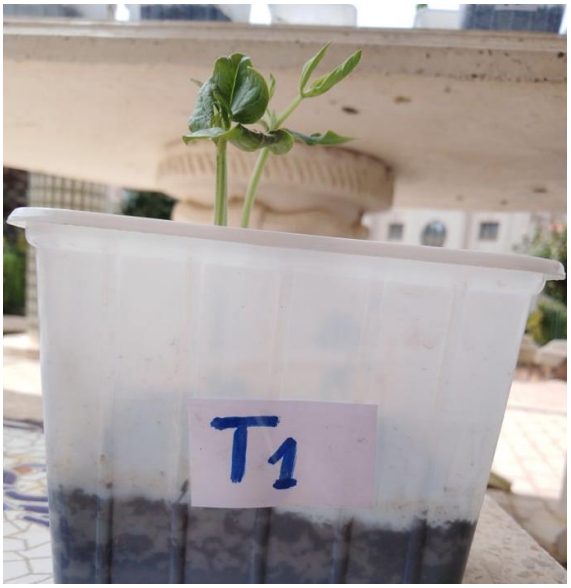


Figure n°47 : Plante de *Vigna unguiculata* (L.) irriguée par un traitement salin (5g/L).



Figure n°48: Plante de *Vigna unguiculata* (L.) irriguée par un traitement salin (10g/L).



Figure n°49: Plante de *Vigna unguiculata* (L.) irriguée par un traitement salin (15g/L).



Figure n° 50 : la différence morphologique entre les plantes des différents traitements utilisés.



Figure n°52 : une plante irriguée par l'eau distillée en fin de l'expérience



Figure n° 53 : Une plante irriguée par une solution saline de (5g/L) de NaCl.



Figure n° 50 : les différentes étapes de la levé de *Vigna unguiculata* (L.) Walp.



Figure n° 51 : image représente l'état des plantes du niébé à la fin de l'application du stress

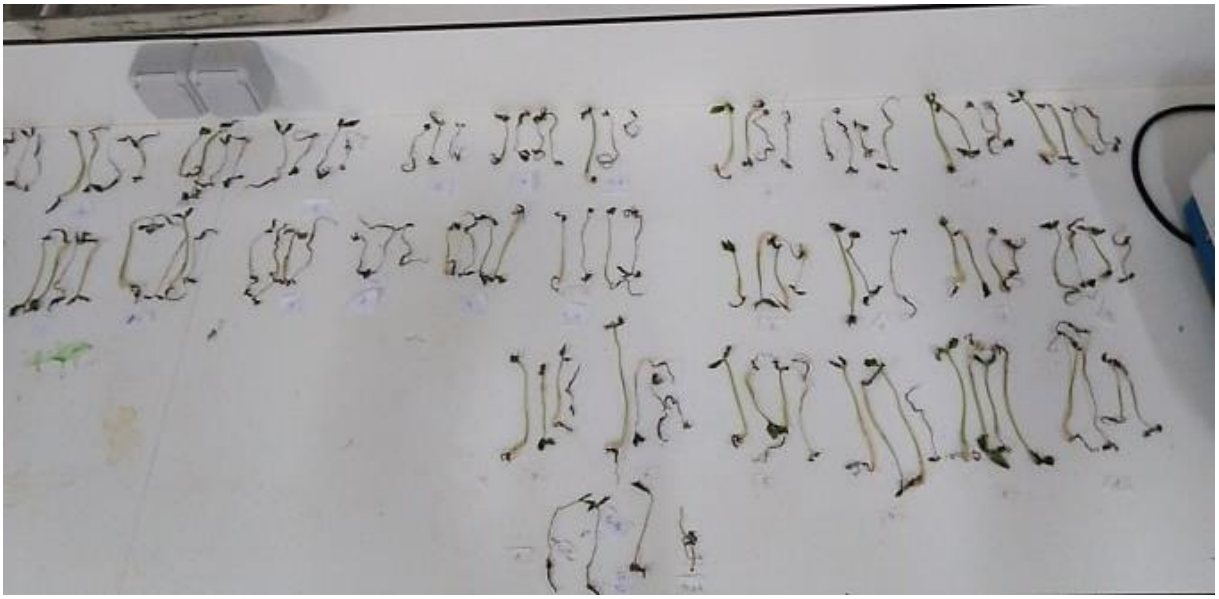


Figure n° 55 : L'état des plantes à a fin de l'expérience.

ANNEXE 2

Tableau 01 : Indices écologiques de l'étude de la longueur des tiges

0	L tiges	Lower	Upper
Taxa_S	32	30	32
Individuals	161	161	161
Dominance_D	0,04011	0,03646	0,04525
Shannon_H	3,636	3,239	3,379
Simpson_1-D	0,9599	0,9547	0,9635
Evenness_e^H/S	1,186	0,8185	0,9224
Menhinick	2,522	2,364	2,522
Margalef	6,101	5,707	6,101
Equitability_J	1,049	0,9422	0,9766
Fisher_alpha	11,99	10,86	11,99
Berger-Parker	0,0559	0,0559	0,09938

Tableau 02 : Indices écologiques de l'étude de la longueur des racines

0	L Racines	Lower	Upper
Taxa_S	32	32	32
Individuals	284	284	284
Dominance_D	0,03545	0,0337	0,03794
Shannon_H	3,579	3,358	3,426
Simpson_1-D	0,9646	0,962	0,9663
Evenness_e^H/S	1,12	0,8989	0,9608
Menhinick	1,899	1,899	1,899
Margalef	5,488	5,488	5,488
Equitability_J	1,033	0,9692	0,9885
Fisher_alpha	9,261	9,261	9,261
Berger-Parker	0,04577	0,04577	0,07394

Tableau 03 : Indices écologiques de l'étude de nombre de feuilles

0	Nfeuille	Lower	Upper
Taxa_S	32	27	32
Individuals	92	92	92
Dominance_D	0,03403	0,03922	0,05175
Shannon_H	3,421	3,117	3,324
Simpson_1-D	0,966	0,9483	0,9608
Evenness_e^H/S	0,9567	0,8004	0,9136
Menhinick	3,336	2,815	3,336
Margalef	6,856	5,75	6,856
Equitability_J	0,9872	0,9343	0,9734
Fisher_alpha	17,41	12,87	17,41
Berger-Parker	0,04348	0,06522	0,1087

ANNEXE 2

Tableau 04 : Indices écologiques de l'étude de la surface foliaire

0	Surface foliare	Lower	Upper
Taxa_S	32	25	31
Individuals	69	69	69
Dominance_D	0,03466	0,0397	0,0565
Shannon_H	3,516	3,049	3,308
Simpson_1-D	0,9653	0,9435	0,9603
Evenness_e^H/S	1,051	0,8032	0,9181
Menhinick	3,852	3,01	3,732
Margalef	7,321	5,668	7,085
Equitability_J	1,014	0,9337	0,9746
Fisher_alpha	23,18	14,09	21,65
Berger-Parker	0,05797	0,05797	0,1304

Tableau 05 : Indices écologiques de l'étude du poids frais

0	Poids frais	Lower	Upper
Taxa_S	32	9	14
Individuals	18	18	18
Dominance_D	0,1024	0,08025	0,1481
Shannon_H	5,111	2,062	2,582
Simpson_1-D	0,8976	0,8519	0,9198
Evenness_e^H/S	5,185	0,8217	0,9449
Menhinick	7,542	2,121	3,3
Margalef	10,73	2,768	4,498
Equitability_J	1,475	0,9147	0,9785
Fisher_alpha	0	7,163	28,97
Berger-Parker	0,05556	0,1111	0,2778

Tableau 06 : Indices écologiques de l'étude du poids sec

0	**Poids sec**	**Lower**	**Upper**
Taxa_S	32	32	32
Individuals	739	739	739
Dominance_D	0,03636	0,03587	0,04003
Shannon_H	3,386	3,33	3,392
Simpson_1-D	0,9636	0,96	0,9641
Evenness_e^H/S	0,9235	0,873	0,9287
Menhinick	1,177	1,177	1,177
Margalef	4,693	4,693	4,693
Equitability_J	0,977	0,9608	0,9787
Fisher_alpha	6,815	6,815	6,815
Berger-Parker	0,06089	0,05548	0,08119

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUE

Références

- **Abadassi J, (1985)** : Abadassi J, 1985. Transmission génétique de la résistance à la maladie des tâches brunes à la septoriose et aux gales chez le niébé (Vigna unguiculata L. Walp.). Thèse d'ingénieur agronome, FSA, UNB, république du Bénin, 107p.
- **Abdelgadir et al (2005):** Abdelgadir EM, Oka M, Fujiyama H. Characteristics of nitrate uptake by plants under salinity. Journal of Plant Nutrition. 2005;**28**(1):33-46. DOI: 10.1081/PLN-200042156
- **Aboumeriem et al (2013) :** Aboumeriem I.,Ismaili M., Nassiri L., Benmessaoud B., Lahrach Z., Ibijbjen J.2013 : Effet du stress salin sur la croissance, la nodulationet la nutrition minérale de la légumineuse arbustive Medicago arborea**.** ScienceLib Editions Mersenne : Volume 5, N ° 130703.
- **Adams et al., (1992):** Adams WW 3rd, Volk M, Hoehn A, Demmig-Adams B. Leaf orientation and the response of the xanthophyll cycle to incident light. Oecologia, (3):404-410 1992.vMED: 28313528.
- **Addou M. et Foulaf S. (2020) :** ADDOU Messaouda FOULAF Samira, 2020, Etude du comportement de quelques variétésde niébé ou Tadellagh (Vigna unguiculata L.) sous serre et sous une conduite écologique, Université Ahmed Draïa Adrar, p 12.
- **Alioua H. et Bouzenad I., 2016:** Influence du stress salin sur la germination, la croissance et le rendement de quelques populations locales du niébé (Vigna unguiculata subsp. Unguiculata (L) Walp.) Mémoire en vue de l'obtention de master en agronomie ENSA El Harrach : 111p.
- **Al-Karaki (2000)** : Al-Karaki GN. Growth, sodium, and potassium uptake and translocation in salt stressed tomato. Journal of Plant Nutrition. 2000; **23**(3):369-379. DOI: 10.1080/01904160009382023.
- **Allogni et al., (2004) :** Allogni WN, Coulibaly ON, Honlonkou AN. 2004. Impacts des nouvelles technologies du niébé sur la sécurité alimentaire des ménages agricoles au Bénin : Cas du département de l'Ouémé. Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin, 44 : 13-22.
- **Alzouma I, (1995) :** Alzouma I, 1995. Connaissance et contrôle des coléoptères Bruchidae ravageurs des légumineuses alimentaires au Sahel : Sahel Integrated Pest Management (IPM)/Gestion Phytosanitaire Intégrée. Revue Institut CILSS du Sahel. N" 1.
- **Ana Maria F.G, et al., (2019):** Ana Maria Figueira Gomes, Nascimento Nhantumbo, Manuela Ferreira-Pinto, Rafael Massinga, José C.Ramalho and Ana Ribeiro-Barros. 2019. Breeding Elite Cowpea (Vigna unguiculata (L.) Walp) Varieties for Improved Food Security and Income in Africa: Opportunities and Chalenges. DOI: 10.5772/intechopen.84985.
- **Anoun et Echikh, (1990):** Anoun N., Echikh N., 1990. Etude bio systématique d'une légumineuse saharienne : le Tadelaght. Mémoire DES, USTHB, bab Ezzouar, Alger, 101 p.
- **Ansari O., Azadi M. S., Sharif-zadeh F. and Younesi E. 2013:** Effect of hormone priming on germination characteristics ans enzyme activity of

mountain rye (Secale montanum) seeds under drought stress conditions .J. Stress Physiol Biochem 9: 61-71.

- **Apse et al.,** (**1999**): Apse MP, Aharon GS, Snedden WA, Blumwald E. Salt tolerance conferred by overexpression of a vacuolar Na+/H+ antiport in Arabidopsis. Science, (5431):1256-1258 1999 MED: 10455050.

- **Atak *et al.* (2006)** : ATAK M., KAYA M.D., KAYA G., IKILI Y., and CIFTCU C.Y., 2006- Effects of NaCl on the germination, seedling growth, and water uptake of triticale. *Turk J Agric For.*, 30: 39-47.
- **Atici O., Agar G. and Battal P. 2003:** Interaction between endogenous plant hormones and alphamylase in germinating chickpeas seeds under cadmium exposure. Fresenius Environ Bull 12: 781-785.
- **Aubert,G. 1982:** Observations sur les caractéristiques, la dénomination et la classification des sols dits (salés) ou sal sodiques. Cahier d'ORTOM, série pédologie. XX.1 : 73-78.
- **Baco et al., (2003):** Baco N, Adam A, Dansi AA, Glèlè AP, 2003. Gestion communautaire des ressources phytogénétiques en zones arides et semi-arides en Afrique subsaharienne : cas des ignames et du niébé au Bénin. INRAB/IPGRI. 52p.
- **Baco et al., (2008) :** Baco MN., Ahanchédé A, Bello S, Vodouhè R, Biaou G, Lescure J.P, 2008. Evaluation des pratiques de gestion de la diversité du niébé (Vigna unguculata) : une tentative méthodologique expérimentée au Bénin : Cahiers Agricultures 17(2) :183-188 Caa07166 » R1. IF en 2013 = 0,597. Site web : http : www.cahiersagricultures.Fr/. Doi: 10.1684 /agri.2008.0169
- **Bado V et al., (2006):** Bado V, Bationo A, Cescas M. Assessment of cowpea and groundnut contributions to soil fertility and succeeding sorghum yields in the Guinean savannah zone of Burkina Faso (West Africa). Biology and Fertility of Soils. 2006; 43:171-176. DOI: 10.1007/s00374-006-0076-7.
- **Baize D. 2000:** Guide des analyses en pédologie 2ém Ed. Institut National de la recherche agronomique, paris : 206-207.
- **Bebe et al., (2005) :** Bebe AG, Assefa T, Harrun H, Mesfine T, Al-Tawaha ARM, 2005. Participatory selection of drought tolerant maize varieties using mother and baby methodology: a case study in the semi arid zone of the central rift valley of Ethiopia. World J. Agric. Sci. 1(1) : 22-27.
- **Belhocine R. et Makour O. (2007)** : Etude de la cinetique de rendement en huile essentielles de Salvia officinalis. Estimation de son effet sur certains facteurs biologiques de Callosobruchus maculatus (F) (Coleoptera : Bruchidae). Mémoire de D.E.S. en Biologie. U.M.M.T.O. 86p.
- **Bello et al., (2016) :** Bello S, Affokpon A, Djihinto CA, Idrissou-Touré M, 2016. Sensibilité aux nuisibles, production de grains et intérêts agropastoraux de la variété de niébé IT 95K-193-12 au Sud-Bénin. Document Technique et d'informations. 10p. Dépôt légal N° 9054 du 28/11/2016, 4ème trimestre, Bibliothèque Nationale du Bénin, ISBN : 978- 99919-2-616-2.
- **Bello et al.,(2018) :** Bello S., BabalakounA. O., Zoudjihékpon J., Coulibaly K. A. J. Appl. Biosci. 2018 Diversité de l'entomofaune du niébé (Vigna unguiculata (L.) Walpers) au Nord-Ouest du Bénin. P. 13425 Original soumis le 10 août 2018. Publié en ligne sur www.m.elewa.org le 31 décembre 2018.

- **Bello et Baco (2015):** Bello S, Baco MN, 2015. Importance, typologie des détenteurs et taxonomie locale de la diversité variétale du niébé au Nord-Est du Bénin. Annales des Sciences Agronomiques, volume spécial, 19, n° 2C (troisième partie), 337-366. Site web : http://www.ajol.info.
- **Bello. (2005) :** Bello S, 2005. Test de quelques approches méthodologiques d'évaluation de la diversité des ressources phytogénétiques : application au niébé. Mémoire de DEA, FSA/UNB, république du Bénin, 152p.
- **Benmahioul et al (2009) :** Benmahioul, B., F. Daguin et M. Kaid-Harche, 2009, Effet du stress salin sur la germination et la croissance in vitro du pistachier (Pistacia vera L.). Compte rendu. Science directe. Agronomie/Agronomy. C. R. Biologies 332, pp. 752-758.
- **Blumenthal et al (2008)**: Blumenthal JM, Baltensperger DD, Cassman KG, Mason SC, Pavlista AD. Importance and effect of nitrogen on crop quality and health. In: Hatfield JL, Follett RF, editors. Nitrogen in the Environment: Sources, Problems, and Management. 2nd ed. Elsevier Inc.; 2008. pp. 51-70. DOI: 10.1016/ B978-0-12-374347-3.00003-2
- **Borget, (1989) :** BORGET M, 1989, Les légumineuses vivrières. Ed. Maisonneuve et Larose Paris 161 P.
- **Botella et al (1997):** Botella MA, Martinez V, Nieves M, Cerda A. Effect of salinity on the growth and nitrogen uptake by wheat seedlings. Journal of Plant Nutrition. 1997;**20**(6):793-804. DOI:10.1080/01904169709365295
- **Boubkeur, (2007) :** Boubkeur D., 2007. Caractérisation agromorphologique de quelques populations locales de Vigna unguiculata L. Walp. dans la région de Tidikelt. Mémoire d'ingénieur, INA, El Harrach, 75p.
- **Boucelha L., Djebbar R. (2015) :** Influence de différents traitements de prégermination des graines de Vigna unguiculata (L.) Walp. Sur les performances germinatives et la tolérance au stress hydrique. Biotechnol. Agron. Soc. Environ 19(2): 132-144.
- **Boucelha L., Djebbar R. (2019) :** Effet du priming sur l'accumulation de la proline libre au niveau des embryons des graines de Vigna unguiculata L. lors de la germination**.** In situ : ResearchGate. https://www.researchgate.net/figure/Stades-de-developpement-dune-legumineuse-germination-epigee-Source_fig1_335665880
- **Boucelha L., Djebbar R. and Abrous-Belbachir O. (2019) :** Vigna unguiculata (L.) Walp. Seed priming is related to redox status of plumule, radicle and cotyledons .Functional plant biology., DOI: 10-107/FP18202.
- **Bradford K.J. 1986:** Manipulation of seed water relations via osmotic priming to improve germination under stress condition. Hort Science 21: 1105-1112.
- **Brady .N.C., Weil. R.R., 2002**: The nature and properties of soils.13th edn. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, USA.
- **Brady et al (2005)**: Brady NC, Weil RR. The Nature and Properties of Soils. 13th ed. Delhi, India: Pearson-Prentice Hall; 2005. p. 960
- **Bressani, (1985) :** Bressani R., 1985. Nutritive value of cowpea. /n: Singh, S.R., Rachie K.O. (Eds.), Cowpea Research, Production and Utilization. Wiley, Winchester, UK, pp 353-359.

- **Brink et Belay, (2006):** Brink M. et Delay G., 2006. Plant Resources of Tropical Africa 1. Cereals and pulses. Foundation PROTA/ Backhuys/ CTA, Wageningen, Pays-Bas, 328 p.
- **Brown et al (2006) :** Brown CE, Pezeshki SR, DeLaune RD. The effects of salinity and soil drying on nutrient uptake and growth of *Spartina alterniflora* in a simulated tidal system. Environmental and Experimental Botany. 2006;**58**:140-148. DOI: 10.1016/j. envexpbot.2005.07.006
- **Bruce et al (2007):** Bruce T. J. A., Matthes M.C., Napler J.A., Pichett J.A. 2007. Stressful "memories" of plants: evidence and possible mechanisms. Plant science. 173:603-608.
- **Bybordi et al (2011)**: Bybordi A, Ebrahimian E. Effect of salinity stress on activity of enzymes involved in nitrogen and phosphorous metabolism case study: Canola (*Brassica napus* L.). Asian Journal of Agricultural Research. 2011;**5**:208-214. DOI: 10.3923/ ajar.2011.208.214
- **Carsky RJ et al., (2002):** Carsky RJ, VanlauweB, Lyasse O. Cowpea rotation as a resource management technology for cereal-based systems in the savannas of West Africa. In: Fatakum CA, Tarawali SA, Singh BB, Kormawa PM, Tamo M, editors. Challenge and Opportunities for Enhancing Sustainable Cowpea Production. International Institue of Tropical Agriculture (IITA); 2002. Pp. 252-266.
- **Chaabena, (1991) :** Chaabana A., 1991. Effet du stress hydrique sur la production de trois populations de Tadelaght (Vigna unguiculata L. Walp.). Mémoire d'ingénieur. ITAS. Ouargla. 23p.
- **Chartzoulakis and Klapaki (2000):** CHARTZOULAKIS K. and KLAPAKI G., 2000 - Response of two greenhouse pepper hybrids to NaCl salinity during different growth stages. *Scientia Horticulturae*, **86:** 247-260.
- **Cheeseman,** (**1988**): Cheeseman JM. Mechanisms of salinity tolerance in plants. Plant Physiol, (3):547-550 1988. MED: 16666181
- **Chen et al (2016)**: Chen B, Yang H, Song W, Liu C, Xu J, Zhao W, et al. Effect ofN fertilization rate on soil alkalihydrolyzable N, subtending leaf N concentration, fiber yield, and quality of cotton. The Crop Journal. 2016;**4**(4):423-430. DOI: 10.1016/j. cj.2016.03.006
- **Chen et al (2010)**: Chen W, Hou Z, Wu L, Liang Y, Wei C. Effects of salinity and nitrogen on cotton growth in arid environment. Plant and Soil. 2010;**326**:61-73. DOI: 10.1007/s11104-008-9881-0
- **Chen et al (2012)**: Chen WP, Chang AC, Page AL. Deficiencies and toxicities of trace elements. In: Wallender WW, Tanji KK, editors. Agricultural Salinity Assessment and Management. 2nd ed. Virginia: American Society of Civil Engineers; 2012. pp. 207-233. DOI: 10.1061/9780784411698.ch07
- **Chen et al (2007) :** Chen Z., Pottosin I.I., Cuin T.A., Fuglsang A.T., Tester M., Jha D., Zepeda-Jazo I., Zhou M., Palmgren M.G Newman I.A. and Shabala S., 2007a – Root Plasma Membrane Transporters Controling K+ / Na+ Homeostasis in Salt-Stressed Barley. *Plant Physiol*. 145: 1714-1725.
- **Cherbuy (1991)** : Cherbuy, B. 1991. Les sols salés et leur réhabilitation étude bibliographique. Cemagref, 170p.

- **Cissé et Hall, (2003) :** Cissé N., Hall A. E., 2003.La culture traditionnelle du niébé au sénégal : Etude de cas. FAO, http://www.fao.org/ag/agpc/doc/publicat/cowpea_cisse/cowpea_cisse_f.htm
- **Come (1970) :** D. Come. Les Obstacles à la Germination, 1970. In: Bulletin mensuel de la Société linnéenne de Lyon, 40e année, n°7, septembre 1971.
- **Coulibaly et al, (2002):** Coulibaly S, Pasquet RS, Papa R, Gepts P. 2002. AFLP analysis of the phonetic organization and genetic diversity of cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] Reveals extensive gene flow between wild and domesticated types. *Theor. Appl. Genet*., 104: 258–266.
- **Craufurd et al., (1997) :** Craufurd P.Q., Summerfield R.J., Ellis R.H., Roberts E.H. 1997. Phtotopériod, temperature and the growth and development of cowpea, Vigna unguiculata (L.) Walp. In Advances in cowpea research. Singh B.B., Mohan Raj D.R., Dashiell K.E., Jackai, L.E.N (eds.), Copublication of International Institute of Tropical Agriculture (IITA) and Japan International Research Center for Agricultural Sciences (JIRCAS), pp. 75-86.
- **Cronquist A. (1981):** An integrated system of classification of flowering plants. Columbia University, Paris, New york 1262p.
- **Croser et al (2001):** CROSER C., RENAULT S., FRANKLIN J. and ZWIAZEK J., 2001- The effect of salinity on the emergence and seedling growth of *Picea mariana*, *Picea glauca* and *Pinus banksiana*. *Environmental pollution*, **115**: 9-16.
- **çulha et al,. (2011):** çulha Ş, çakırlar H. Tuzluluğun bitkiler üzerine etkileri ve tuz tolerans mekanizmaları. Afyon Kocatepe University Journal of Sciences**.** 2011; 11:11-34.
- **Dabiré, (2001) :** Dabiré L.C., 2001. Etude de quelques paramètres biologiques et écologiques de Clavigralla tomentosicollis STAL. 1855 (Hemiptera, coreidae) punaise suceuse des gousses de niébé (Vigna unguiculata (L) Walp) en vue de la mise au point d'une lutte durable contre l'insecte au Burkina Faso. Thèse Université de Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire 179 p.
- **Dai J et al (2015):** Dai J, Duan L, Dong H. Comparative effect of nitrogen forms on nitrogen uptake and cotton growth under salinity stress. Journal of Plant Nutrition. 2015;**38**(10):1530-1543. DOI: 10.1080/01904167.2014.983126
- **Dajic Z (2006):** salt stress.In:Physiology and molecular biology of stress Tolerance in plant.Madhava Rao K.V.,Raghavendra A.S. and Janardhan Redd (eds),Netherland.,Springer,41-99.
- **Dakora, Keya, (1997):** DAKORA F.D., KEYA S.O. [1997], "Contribution of Legume Nitrogen Fixation to Sustainable Agriculture in Sub-Saharan Africa", *Soil Biology and Biochemistry*, vol. 29, no 5-6, p. 809-817.
- **Dantas et al., (2005) :** Dantas B. F., Ribeirol. D. S., et aragao C. A., 2005. Physiological reponse of cowpea seeds to salinity stress. Revista Brasileira de Sementes, 27(1): 144-148.
- **Daoud (1999) :** Daoud, Y., 1999. Influence des conditions salines sur les propriétés physiques des sols des plaines du Chéliff. Séminaire National sur la salinisation des terres agricoles en Algérie, Université de Chlef, Proceeding, 5-15.
- **Daoud et Halitim (1994) :** DAOUD Y. et HALITIM A., 1994 - Irrigation et salinisation au Sahara algérien. *Sécheresse*, **3 (5) :** 151-160.

- **Davenport et al (1997)**: Davenport RJ, Reid RJ, Smith FA. Sodium-calcium interactions in two wheat species differing in salinity tolerance. Physiologia Plantarum. 1997;**99**:323-327. DOI: 10.1111/j. 1399-3054.1997.tb05419.x
- **Davis et al., (1991):** Davis DW, Oelke EA, Oplinger ES, Doll JD, Hamson CV, Putnam DH (1991) Cowpea. Ed. Université de Wisconsin. Madison. 14 p.
- **Delphine (1998):** Delphine. 1998. Consequences of salt stress on conductance to CO2 diffusion, Rubisco characteristics and anatomy of spinach leaves. Aust. J. Plant Physiol.
- **Demiral ET TURKAN (2004):** Demiral T, Türkan İ. Comparative lipid peroxidation,antioxidant defense systems and proline content in roots of two rice cultivars differing in salt tolerance. Environmental and Experimental Botany. 2005;53(3):247-257. DOI: 10.1016/j. envexpbot.2004.03.017
- **Desclor et al (2008) :** Desclos M., Dubousset L., Etienne P., Le Caherec F., Satoh H., Bonnefoy J., Alain O., and Avice J.C., 2008- A Proteomic Profiling Approach to Reveal a Novel Role of *Brassica napus* Drought 22 kD/ Water-soluble Chlorophyll-Binding Protein in Yong Leaves during Nitrogen Remobilization Induced y Stressful Conditions. *Plant Physiol*. 147.
- **Diaw, (1999) :** Diaw S.C., 1999. Evaluation de la résistance variétale du niébé (Vigna unguiculata L. Walp.) à. (Callosobruchus maculatus F.) Mémoire diplôme d'ingénieur Agronome, ENSA, Sénégal, 60 p.
- **Discover Life (2017):** Discover Life. Global Mapper. Vigna unguiculata @ BOLD (4); Systematic Mycology and Microbiology Laboratory (190); California Department of Food and Agriculture, Thematic Collection Network (2); Flora of Singapore, Raffles Museum (1); Global Biodiversity Information Facility (10178)
- **Dluzniewska et al (2007)**: Dluzniewska P, Gessler A, Dietrich H, Schnitzler JP, Teuber M, Rennenberg H. Nitrogen uptake and metabolism in *Populus* x *canescens* as affected by salinity. The New Phytologist. 2007;**173(**2):279-293. DOI: 10.1111/j.1469-8137.2006.01908.x
- **Drouhin (1961) :** DROUHIN G. 1961**.** Expérience algérienne d'utilisation des eaux saumâtres pour l'irrigation avec référence particulières aux sols salins. U.N.E.S.C.O, Paris, 239-244.
- **Duchauffour (1979**) : Duchauffour, P. 1979**.** Pédologie tome 2, constituant et propriétés du sol, Ed. Masson. Paris, 459 p.
- **Duchauffour (1983**) : Duchauffour, P. 1983**.** Pédologie 1. Pédogénèse et classification. ED. Masson. Pp 468-470.
- **Dugjé et al., (2009) :** Dugjé IY, Omoigui LO, Ekeleme F, Kamara AY, Ajeigbe H. 2009. Production du niébé en Afrique de l'Ouest : Guide du paysan. Document de l'IITA, p. 20.
- **Durand (1983) :** Durand J.H, 1983. Les sols irrigables, Agence de coopération culturelle et technique. P.U. France, 190 p.
- **Echikh, (2000)** : Echikh N., 2000 – Organisation pool génétique de forme sauvage et cultiver d'une légumineuse alimentaire, Vigna unguiculata (L.) Walp. Thèse de doctorat.

- **Elgoumi *et al.* (2014) :** EL GOUMI Y., FAKIRI M., LAMSAOURI O. and BENCHEKROUN M., 2014-. Salt stress effect on seed germination and some physiological traits in three Moroccan barley physiological traits in three Moroccan barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivars. *J.Mater. Environ. Sci.*, 5(2): 625-632.
- **Eloward et Hall, 1987:** Eloward H.O.A., Hall A.E. 1987. Influence of early and late nitrogen fertilization on yield and nitrogen fixation of cowpea under well-watered and dry field conditions. Field Crops Res. 15: 229-244.
- **Evelin *et al.*, (2009) :** Evelin H. Kapoor R. et Giri B. 2009. Arbuscular mycorrhizal fungi in alleviation of salt stress: a review. Annals of botany, 104 (7): 1263-1280
- **Fao (1999):** Conference thirtieth session. ROME. 12-23-Novembre-1999. The state of food and agriculture. FAO LIBRARY AN: 391829.
- **Fao (2005):** Statuts of research and application of crop biotechnologies in developing countries: preliminary assessment. By Z. Dhlamini, Spillane, C., Moss, J.P., Ruane, J., Urquia, N. A. Sonnino.
- **Fao. (2010):** Food and Agricultural Organisations (FAO), 2010. World Dry Cowpea Production Figure. http://faostat.fao.org/faostat/consulté en Janvier, 2010.
- **Faostat, (2010):** FAOSTAT, 2010. Agricultural production, crop primary database. Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome. http://faostat.fao.org/ faostat
- **Fatokum CA et al., (2002):** Fatokum CA, Tarawali SA, Singh BB, Kormawa PM. Challenge and Opportunities for Enhancing Sustainable Cowpea Production. International Institue of Tropical Agriculture (IITA); 2002. P. 433.
- **Fery, (1985):** FERY R. L., 1985. The genetics of cowpea: a review of the world literature. ln: Cowpea research, production and utilization, Singh S.R.and Rachie K.O. (eds). New-york, USA, Wiley. Pp 25-62.
- **Flowers (2004):** Flowers T.J., 2004. Improving salt tolerance. Journal of Experimental Botany, 55: 307-319.
- **Flowers and flowers (2005)** : FLOWERS T. J. and FLOWERS S. A., 2005 - Why does salinity pose such a difficult problem for plant breeders?. *Agricultural Water Management*, 78: 15–24.
- **Formowitz, Joergensen, Buekert, (2009):** FORMOWITZ B., JOERGENSEN R.G., BUEKERT A. [2009], "Impact of Legume Versus Cereal Root Residues on Biological Properties of West African Soils", *Plant Soil*, vol. 325, no 1-2, p. 145-156.
- **Fr. Manuel Blanco, (1837) :** Francisco Manuel Blanco (O.S.A.) — 1837 Flora de Filipinas. ed 3 Gran edicion. [Atlas II]
- **Gama et *al.*, (2007) :** Gama P.B.S. Inanaga S. Tanaka K. et Nakazawa R. 2007. Physiological response of common bean (*PHASEOLUS vulgaris* L.) seedling to salinity stress Afric. J. Biotech. 6:79-88.

- **Garg et Singla (2004): Garg et Singla. 2004.** Growth, photosynthesis, nodule nitrogen and carbon fixation in the chickpea cultivars under salt stress December 2004 Brazilian Journal of Plant Physiology 16(3) DOI:10.1590/S1677-04202004000300003
- **Garthwaite et al,. (2005):** Garthwaite AJ, Colmer TD, Bothmer RV. Salt tolerance in Wild Hordeum species is associated with restricted entry of Na+ and Cl− into the shoots. Journal of Experimental Botany. 2005; 56(419):2365-2378. DOI: 10.1093/jxb/eri229
- **Gbaguidi et al., (2015) :** Gbaguidi AA, Assogba P, Dansi M, Yedomonhan H, Dansi A, 2015. Caractérisation agromorphologique des variétés de niébé cultivées au Bénin. Int. J. Biol. Chem. Sci. 9(2): 1050-1066, April 2015. ISSN 1997-342X (Online), ISSN 1991-8631 (Print). http://indexmedicus.afro.who.int Available online at http://ajol.info/index.php/ijbcs.
- **Ghalmi (2011) :** Ghalmi N., 2011. Etude de la diversité génétique de quelques écotypes locaux de *Vigna unguiculata* L. walp cultivé en Algérie. Thèse présentée en vu de l'obtention du diplôme de doctorat en sciences agronomiques. École Nationale Supérieure Agronomique, El Harrach, Alger. 149p.
- **Ghalmi et al., (2010) :** Ghalmi N., Malice M., Jacquemin J. M., Ounane S. M., Mekliche L., Baudoin J. P., 2010. Morphological and molecular diversity within Algerian cowpea (Vigna unguiculata L. Walp) landraces. Genetic Resources and Crop Evolution, 57 (3), 371-386.
- **Ghassemi-Golezani et al (2008) :** Ghassemi-Golezani K., Sheikhzadeh-Mosaddegh P., Valizadeh M., 2008. Effect of hydro-priming duration and limited irrigation on field performance of chichpea. Res. J. Seed Sci. 1:34-40.
- **Glitho, (1990) :** Glitho I.A., 1990. Les Bruchideae ravageurs de Vigna unguiculata (L.)Walp. en zone guinéenne. Analyse de la diapause reproductrice chez les mâles de Bruchidius atrolineatus Pic. Thèse de Doctorat, Université F. Rabelais Tours, 172 p.
- **Gnanglè et al., (2003) :** Gnanglè PC, Agossou V, Ogodja OJ, Bello S, Djènontin J, 2003. Fabrication et utilisation du fumier de ferme. Fiche technique. Djinadou Igué Kouboura, Afonnon Elisabeth et Akpadji Jeanne (éds.). INRAB, PADSE, AFD. Dépôt légal : 2530 du 07/06/2004, 2ème trimestre 2004, Bibliothèque Nationale (BN) du Bénin, ISBN : 99919-51-69-5. ISSN : 1659-6846. Institut National des Recherches Agricoles du Bénin, décembre 2003, 16p.
- **Gnanglè et al., (2004) :** Gnanglè PC, Ogodja OJ, Bello S, 2004. Assolement et rotation dans les exploitations agricoles. Fiche technique. Djinadou Igué Kouboura, Afonnon Elisabeth et Akpadji Jeanne (éds.). INRAB, PADSE, AFD. Dépôt légal : 2532 du 07/06/2004, 2ème trimestre 2004, Bibliothèque Nationale (BN) du Bénin, ISBN : 99919-51-71- 7/1659-6862. Institut National des Recherches Agricoles du Bénin, décembre 2003, 2p.
- **Godon (1985) :** GODON B. 1985. Protéines vegétales.Ed.Tec.et Doc. 629p.
- **Gratào P.L., Polle A., Lea P.J. and Azevedo R.A. 2005:** Making the life of heavy metal-stressed plants a little easier. Funct Plant Biol 32: 481-494.

- **Grattan et al (1999)**: Grattan SR, Grieves CM. Salinity-mineral nutrient relations in horticultural crops. Scientia Horticulturae. 1999;**78**:127-157. DOI: 10.1016/S0304-4238(98)00192-7
- **Greenway et al (1980)**: Greenway H, Munns R. Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes. Annual Review of Plant Physiology. 1980;**31**:149-190. DOI: 10.1146/annurev. pp.31.060180.001053
- **Gregory (2005)** : GREGORY. B. 2005. Ecophysiologie de semis de confières éctomycorhizés en milieu salin et sodique. Thèse de mémoire. Université Lava Canada. Chapitre I.
- **Hadi et al (2012):** Hadi MR, Karimi N. The role of calcium in plants' salt tolerance. Journal of Plant Nutrition. 2012;**35**(13):2037-2054. DOI: 10.1080/01904167.2012.717158
- **Halitim (1988) :** Halitim A, 1988. Sols des régions arides d'Algérie. OPU, Alger, 384 p
- **Hall et Frate (1996)**: Hall A. E et C. A. Frate. 1996. Blackeye bean production in California . Univ. Calif. Div. Agr. Nat. Res. Publ. 21518.
- **Hall et Patel, (1985)**: Hall A. E., Patel P. N. 1985. Breeding of resistance to drought and heat. In: Cowpea Research. Production and Utilization. Singh S. R., Rachie K.O (eds). New York, Wiley, pp. 137-151.
- **Hamdi (1999) :** Hamdi A, 1999. Saline irrigation and management for sustainable use In: Advanced Short Course on saline irrigation Proceeding, Agadir.152-227.
- **Hameed et Ashraf, (2008) :** HAMEED M. and ASHRAF M., 2008 - Physiological and biochemical adaptations of *Cynodon dactylon* (L.) Pers. from the Salt Range (Pakistan) to salinity stress. *Flora*, **203**: 683-694.
- **Hammad et al (2017)**: Hammad HM, Farhad W, Abbas F, Fahad S, Saeed S, Nasim W, et al. Maize plant nitrogen uptake dynamics at limited irrigation water and nitrogen. Environmental Science and Pollution Research. 2017;**24**:2549-2557. DOI: 10.1007/s11356-016-8031-0
- **Haoula et al (2007) :** HAOUALA F., FERJANI H. et EL HADJ S., 2007 - Effet de la salinité sur la répartition des cations (Na+, K+ et Ca+2) et du chlore (Cl-) dans les parties aériennes et les racines de ray-grass anglais et du chiendent. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, **11 (3)**: 235-244.
- **Hardie et al (2012)**: Hardie M, Doyle R. Measuring soil salinity. In: Shabala S, Cuin TA, editors. Plant Salt Tolerance: Methods and Protocols, Methods in Molecular Biology. Totowa, NJ: Humana Press; 2012. pp. 415-425. DOI: 10.1007/978-1-61779-986-0_28
- **Hasegawa et al,. (2000):** Hasegawa PM, Zhu JK, Bressan RA, Bohnert JH. Plant cellular and molecular responses to high salinity. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular. 2000; 51:463-499. DOI:10.1146/annurev.arplant.51.1.463.
- **Hayashi et Murata (1998) :** HAYASHI H. and MURATA N., 1998 - Genetically engineered enhancement of salt tolerance in higher plants. In: Stress Response of Photosynthetic Organisms: Molecular Mechanisms and Molecular Regulation. Sato K., Murata N. (eds.), Elsevier, Amsterdam, 133–148.

- **Heller et al (2004):** HELLER. R., ESNAULT. R., LANCE. C., 2004. Physiologie végétale. Tome 1 nutrition. Paris/ DUMOD.P 323. ISBN :2-10-048710-8.

- **Heller R., Esnault R. et Lance C., 2004:** Physiologie végétale, développement 6ème Edition de l'Abrégé, Editions Dunod, Paris, 294p.
- **Hofman et al (2004)**: Hofman G, Cleemput OV. Soil and Plant Nitrogen. 1st ed. Paris, France: International Fertilizer Industry Association; 2004. p. 48
- **Hopkins (2003) :** HOPKINS W. G., 2003 - Physiologie végétale. De Boeck, Bruxelles, 514 p.
- **Hu et al (2005):** Hu Y, Schmidhalter U. Drought and salinity: A comparison of their effects on mineral nutrition of plants. Journal of Plant Nutrition and Soil Science. 2005;**168**:541-549. DOI: 10.1002/ jpln.200420516 541
- **Hu et al (2013):** Hu Y. F., Zhou G., Nax F., Yang A., Nan W., Zhang Y., Lijl and Biyr. 2013: Cadmium interferes with maintenance of auxin homeostasis in Arabidopsis seedlings. J. Plant Physiol. 170: 965-975.
- **Huq et al (2013)**: Huq SMI, JUM S. The Soils of Bangladesh. 1st ed. Netherlands: Springer; 2013. p. 165. DOI: 10.1007/978-94-007-1128-0
- **Hurkman W.J. and Tanaka C.K., 1987:** The effect of salt on the pattern of proteinsyntheses in barleyroots. Plant Physiol.83:517-524.
- **Hussain et al (2019)**: Hussain S, Bai Z, Huang T, Cao X, Zhu L, Zhu C, Khaskheli MA, Zhang C, Jin Q , Zhang J. 1-Methylcyclopropene modulates physiological,biochemical and antioxidant responses of Rice to different salt stress levels. Journal of Integrative Agriculture. 2019;10(124): 1-18. DOI: 10.3389/fpls.2019.00124
- **Hutchins et al (2008)**: Hutchins DA, Fu FX. Linking the oceanic biogeochemistry of iron and phosphorus with the marine nitrogen Cycle. In: Capone DG, Bronk DA, Mulholland MR, Carpenter EJ, editors. Nitrogen in the Marine Environment. 2nd ed. Academic Press, UK; 2008. pp. 1627-1666. DOI: 10.1016/ B978-0-12-372522-6.00038-4
- **I.Y. Dugje et al., (2009):** I.Y. Dugje, L.O. Omoigui, F. Ekeleme, A.Y. Kamara, et H. Ajeigbe. 2009. Production du niébé en Afrique de l'Ouest : Guide du paysan. Document de l'IITA, 20 pages
- **INS, (2010) :** INS, 2010. Institut National de la Statistique. Annuaire statistique des cinquante ans d'indépendance du Niger, 330p.
- **Iyengar et Reddy (1996):** Iyengar E.R.R., Reddy M.P. Photosynthesis in highly salt-tolerant plants. In: Pessaraki M., editor. *Handbook of Photosynthesis.* Marcel Dekker; New York: 1996. pp. 897–909.
- **Jacquinot, (1967) :** Jacquinot L. 1967. Croissances et alimentation minérales comparées de quatre variétés de niébé (*Vigna unguiculata* Walp.). *L'Agronomie Tropicale. Série 3, Agronomie Générale. Etudes Scientifiques*, 22 (6-7) : 575-640.
- **Jaleel *et al.*, (2008) :** JALEEL C. A., SANKAR B., SRIDHARAN R. and PANNEERSELVAM R., 2008 – Soil Salinity Alters Growth, Chlorophyll Content, and Secondary Metabolite Accumulation in *Catharanthus roseus*. *Turk J Biol,* **32**: 79-83.
- **Jamil et al (2006):** JAMIL M., LEE D. B., JUNG K. Y., ASHRAF M., LEE S. C. and RHA E. S., 2006 – Effect of salt (NaCl) stress on germination and

early seedling growth of four vegetables species. *Journal Central European Agriculture*, **7(2)**: 273-282.

- **Jisha et al (2013) :** Jisha KC, Vijayakumari K., Puthur JT (2013). Amorçage des semences pour la tolérance au stress abiotique : un aperçu. *Acta Physiol. Plante.* 35 1381-1396. 10.1007/s11738-012-1186-5.
- **Kahouadji R. (2020) :** KAHOUADJI Rabah, Institut de la Recherche Agronomique: Projet de culture de la Niébé, E bourse DZ, 18 mai 2020, sur le site: **https://bourse-dz.com/institut-recherche-agronomique-projet-culture-niebe/**
- **Kakari ,G.N.,2001:**Germination, sodium and potasium concentrations of barley seeds as influenced by salinity , J.Plant Nut.,24(3):511-522.
- **Keita, (2000)** : KEITA S. M. 2000. Effet of various essential oil a *Callosobruchus maculatus (F.)* (Coleoptera: Bruchidae). Journal of Stored Products Research.36 (4): 355-364.
- **Kenfaoui (1997) :** KENFAOUI. A. 1997. La salinité des eaux d'irrigation. Synthèse bibliographique réalisé par les élèves ingénieurs de l'école nationale de génie rural des eaux et des forets de Montpelier.
- **Kentour (1999) :** KENTOUR S. 1999**,** Contribution à l'étude des protéines des graines de haricot dolique (*Vigna unguiculata*) au cours d'un essai à l'I.T.M.A. de Boukhalfa wilaya de Tizi ouzou D.E.S. de biologie, institut de biologie de Tizi-Ouzou, 44p.
- **Khan (2001)**: **KHAN M. A., 2001 -** Experimental assessment of salinity tolerance of *Ceriops tagal* seedlings and saplings from the Indus delta, Pakistan. *Aquat. Bot.,* **70:** 259–268.
- **Khan et al (1999)** : KHAN M. A., UNGAR I. A. and SHOWALTER A. M., 1999 - Effects of salinity on growth, ion content and osmotic relations in *Halopyrum mocoronatum* (L.) Stapf. *J. Plant Nutr*., 22: 191–204.
- **Khan et al (2009):** Khan M.A., Shirazi M.U., Ali Khan M., Mujtaba S.M., Islam E., Mumtaz S., Shereen A., Yasin Ashraf M. 2009. Role of proline, K/Na ratio and chlorophyll content in salt tolerance of wheat (Triticum aestivum L). Pak. J. Bot., 41(2): 633- 638.
- **Kimou S.H., (2009)** : KIMOU Serge Hervé. Variabilité morphophénologique et composition biochimique des graines et du fourrage de trois variétés de niébé (Vigna unguiculata (L)Walp., Fabaceae) cultivées en Côte d'Ivoire. Mémoire de maitrise, UFR-SN de l'Université d' Abobo-Adjamé, Abidjan Côte d'Ivoire. 40p.
- **Kimou Serge Hervé. (2013) :** KIMOU Serge Hervé. VARIABILITÉS MORPHOLOGIQUE ET PHÉNOLOGIQUE DE DIX VARIÉTÉS DE , , *Vigna unguiculata (*L.) Walp. (Fabaceae), NIEBE , " CULTIVEES EN COTE D'IVOIRE. MÉMOIRE DE MASTER II. CÔTE D'IVIOIRE. Université NANGUI ABROGOUA UFR des Sciences de la Nature.2013.55p
- **Kromdjik J, Long SP. (2016):** One crop breeding cycle from starvation? How engineering crop photosynthesis for rising CO2 and temperature could be one important route to alleviation. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences. 2016;283(1826)20152578. DOI: 10.1098/ rspb.2015.2578.

- **Kurban *et al.*, (1999) :** KURBAN H., SANEOKA H., NEHIRA K., ADILLA R., PREMACHANDRA, G. S. and FUJITA, K., 1999 - Effect of salinity on growth, photosynthesis and mineral composition in leguminous plant *Alhagi pseudoalhagi* (Bieb.). *Soil Sci. Plant Nutr*., 45: 851–862.
- **Kuruma et al., (2008):** Kuruma RW, Kiplagat O, Ateka E, Owuoche G. 2008. Genetic diversity of Kenyan cowpea accessions based on morphological and microsatellite markers. *East Afr. Agric. For. J.*, 76: 3-4.
- **kwapata et Hall, (1985)** : Kwapata M. B., Hall A. E. 1985. Effects of moisture regime and phosphorus on mycorrhizal infection, nutrient uptake, and growth of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) walp.). Field Crops Res. 12: 241-250.
- **Lacerda et al (2006)**: Lacerda CF, Assis Junior JO, Filho LCAL, de Oliveira TS, Guimaraes FVA, Gomes-Filho E, et al. Morpho-physiological responses of cowpea leaves to salt stress. Brazilian Journal of Plant Physiology. 2006;**18**(4):455-465. DOI: 10.1590/ S1677-04202006000400003
- **Ladeinde et Bliss, (1977) :** Ladeinde TAO et Bliss F.A (1977). Identification of the bud stage for pollinating without emasculation in Cowpea *Vigna unguiculata* (L.) Walp. Nigeria Journal of Science (11): 183- 194.
- **Lahlou et al (2002) :** Lahlou M., Badraoui M., Souidi B., Goumari A. et Tessier D., 2002 -Modélisation de l'impact de l'irrigation sur le devenir salin et sodique des sols. Actes de l'atelier du PCSI, Montpellier, France, 28-29.
- **Langyintuo et al., (2003) :** Langyintuo, A. S., Lowenberg-DeBoer, J., Faye, M., Lambert, D., Ibro,G., Moussa, B., Kergna, A., Kushwaha, S., Mussa, S., Ntoukam, G., 2003. Cowpea supply and demand in West, and Central Africa. In : Peter H. Graham., Anthony E. Hall., Dernot P. Cogne. (Eds), Field crops Research.
- **Lawlor, (2013) :** Lawlor D. W., 2013. Genetic engineering to improve plant performance under drought: physiological evaluation of achievements, limitations, and possibilities. J Exp Bot, 64: 83-108
- **Leonard (1987) :** LEONARD D. 1987. Cultures traditionnelles de plein champ (Peace corps), 497p.
- **Levigneron et al (1995) :** LEVIGNERON, A., LOPEZ ,F.,VANSUYT,G., BERTHOMIEU,P., FOURCROY, P., et FRANCINE,C.D., 1995. Les plantes face au stress salin.cahiers agrecultures,4:263-73.
- **Levitt, J. (1980):** Levitt J. 1980. Salt and ion stress. In Levitt J. (eds). Response of plant to environmental stresses. Vol II, water radiation, salt and others stresses. New York: Academic Press, p. 365–406.

- **Longstreth et Nobel (1979) ;** Longstreth DJ, Nobel PS**.** 1979**.** Salinity effects on leaf anatomy: consequences for photosynthesis. Plant Physiol, (4):700-703. MED: 16660795.

- **Lu et al (2002):** Congming Lu. Nianwei Qiu. Qingtao Lu. Baoshan Wang. Tingyun Kuang. 2002. Does salt stress lead to increased susceptibility of photosystem II to photoinhibition and changes in photosynthetic pigment composition in halophyte Suaeda salsa grown outdoors? Plant Sci.

- **Lush et Evans, (1981) :** Lush, W. M. and Evans, L. T., 1981. Domestication and improvement of cowpea. Euphytica 30, pp. 579-587.

- **Lynch et al (1988)**: Lynch J, Lauchli A. Salinity affects intracellular calcium in corn root protoplasts. Plant Physiology. 1988;**87**:351-356. DOI: 10.1104/ pp.87.2.351
- **Maas et Hoffman (1977)**: MAAS, E.V. and Hoffman G.J., 1997- Crop salt tolerance-current assement. J. of Irrigation and Drainage Division ASCE. 103 : 115-134
- **Maas et Poss (1989)**: Maas E.V and POSS J.A. 1989. Salt sensitivity of cowpea at various growth stages. Irrigation science, 10: 313-320.
- **Madamba et al., (2006) :** Madamba R., Grubben G. J. H., Asante I. K et Akromah R., 2006- *Vigna unguiculata* (L.) Walp. In: Brink, M. & Belay, G. (Editeurs). PROTA 1: Cereals and pulses/Céréales et légumes secs. [CD-Rom]. PROTA, Wageningen, Pays Bas. http://database.prota.org.
- **Mahmud et al (2020)**: Mahmud MS, Roy S. Physicochemical properties of soils collected from different agricultural lands of Chittagong district of Bangladesh. Academia Journal of Environmental Science. 2020;**8**(2):22-29. DOI: 10.15413/ ajes.2019.0315
- **Makanur et al., (2013):** Makanur B, Deshpande VK, Vyakaranahal BS, 2013. Characterisation of cowpea genotypes based on quantitative descriptors. Academic Journals 8(4): 1183-1188.
- **Maksimovic et al (2012)**: Maksimovic I, Ilin Ž. Effects of salinity on vegetable growth and nutrients uptake. In: Lee TS, editor. Irrigation Systems and Practices in Challenging Environments. London, UK: IntechOpen; 2012. pp. 169-190. DOI: 10.5772/29976
- **Manchanda et Garg (2008):** Manchanda G, Garg N. Salinity and its effects on the functional biology of legumes. Acta *Physiol Plant*. 2008; 30:595–618. Disponible sur <https://link.springer.com/article/10.1007/s11738-008-0173-3>.
- **Marc (2001) :** Marc Lacharme, 2001. Le contrôle de la salinité dans les rizières, Mémento Technique de Riziculture:6-12.
- **Maréchal et al., (1978) :** Maréchal, R.; Mascherpa, J. M. and Stainier, F., 1978. Etude taxonomique d'un groupe d'espèces des genres Phaseolus et Vigna (Papilionaceae) sur la base de données morphologique et pollinique traitées pour l'analyse informatique. Boissier 28: pp. 1-273.
- **Marie-Hélène Dabat et al., (2012) :** Marie-Hélène Dabat, Rabah Lahmar, Richard Guissou, La culture du niébé au Burkina Faso : une voie d'adaptation de la petite agriculture à son environnement ?, dans Autre part 2012/3 (N° 62), page 96.
- **Marjorie Leggitt (2010):** Title image: Southern Cow Pea - Vigna unguiculata (Science Art.com).
- **Masood A., Iqbal N. and Khan N. A. 2012:** Role of ethylen in alleviation of cadmium-induced capacity inhibition by sulphur in mustard. Plant Cell Environ 35: 524-533.
- **Mazliak P. 1998:** Pysiologie végétale II: Croissance et Développement. Hermann ed, Paris.
- **Mehari *et al.* (2005) :** MEHARI A. ERICSSON T. and WEIH M., 2005 - Effects of NaCl on seedling growth, biomass production and water status of *Acacia nilotica* and *A. tortilis. Journal of Arid Environments,* **62:** 343-349.
- **Menzies (2009):**Menzies N. The Science of Phosphorus Nutrition: Forms in the Soil, Plant Uptake, and Plant Response [Internet]. 2009. Available from:

https://grdc.com.au/resources-andpublications/grdc-update-papers/tabcontent/grdc-update-papers/2009/02/the-science-of-phosphorus-nutritionforms-in-the-soil-plant-uptake-andplant-response [Accessed: 08 June 2020]

- **Mint El Mokhtar (2010):** Mint El Mokhtar S., 2010. Etude des réponses physiologiques et métaboliques de dix variétés de riz (*Oryza sativa* L.) aux premiers stades de développement vis-à-vis du stress salin. Mémoire de DEA, Université de Cheikh Anta Diop de Dakar, p. 42.

- **Mitsuya et al (2000):** Mitsuya, S., Takeoka, Y. and Miyake, H. 2000. Effects of sodium chloride on foliar ultrastructure of sweet potato (Ipomoea ba ta tas Lam.) plantlets grown under light and dark conditions in vitro. J. Plant Physiol. IS7: 661~667.

- **Monti & *al* (1990):** MONTI & *al* 1990, Cowpea genetic resources. Nigeria. Ed. I.I.T.A. 227 p.
- **Motos et al,. (2017):** Motos JA, Ortuño MF, Vivancos PD, Vicente AB, Hernandez JA, Sánchez BM. Plant responses to salt stress: Adaptive mechanisms. Agronomy**.**2017;7(1):18. DOI: 10.3390/agronomy7010018.
- **Munns (2002):** Munns R. Comparative physiology of salt and water stress. Plant Cell and Environment. 2002; 25(2): 239-250. DOI: 10.1046/j.0016-8025.2001.00808.x
- **Munns (2005):** Munns R. Genes and salt tolerance: Bringing them together. New Phytologist.2005; 167(3):645-663. DOI: 10.1111/j.14698137.2005.01487.x
- **Munns et al (2002) :** Munns R., Husain S., Rivelli A.R., James R.A., Condon A.G.T, Lindsay M. P., Lagudah E.S., Schachtman D.P., Hare R. A. 2002. Avenues for increasing salt tolerance of crops, and the role of physiologically based selection traits. Plant and Soil 247: 93–105.
- **Munns et Rawson (1999):** Munns R et Rawson HM. 1999. Effect of salinity on salt accumulation and reproductive development in the apical meristem of wheat and Harley. Australian Journal of plant physiology 26, 459-464.
- **Munns et Tester (2008):** Munns R, Tester M. Mechanisms of salinity tolerance. The Annual of Plant Biology. 2008; 651-681.
- **Munns R., (1993)**.- Physiological processes limiting plant growth in saline soils: some dogmas and hypotheses. Plant Cell Environ., 15, 15-24.
- **Murillo-Amador et al., (2006) :** Murillo-Amador B., Troyo-Dieguez E., Hernandez J. L. G., Lopez-Aguilar R., Avila-Serrano N. Y., Zamora-Salgado S., Rueda-Puente E. O et Kaya C., 2006. Effect of NaCl salinity in the genotypic variation of cowpea (*Vigna unguiculata*) during early vegetative growth. Scientia Horticulturae, 108: 423-431.
- **N'gbesso et al., (2013) :** N'Gbesso FPM, Fondio L, Dibi BEK, Djidli HA, Kouame CN. 2013. Étude des composantes du rendement de six variétés améliorées de niébé [*Vigna unguiculata* (L.) Walp]. *J. Apl. Biosc.*, 63: 4754 - 4762. DOI: https://www.ajol.info/index.php/jab/artic le/view/87249
- **Nabi *et al.* (2017)** : NABI F., CHAKER-HADDADJ A ., TELLAH S., GHALEM A., OUNANE G., GHALMI N., DJEBBAR R. and OUNANE

S.M., 2017 - Evaluation of Algerian Cowpea genotypes for salt tolerance at germination stage. *Advances in Environmental Biology,* 11(5): 79-88.

- **Nabi, (2009) :** Nabi F., 2009. Effet de la salinité sur la germination, la croissance et les composantes du rendement du *Vigna unguiculata* L. (Walp). Mémoire en vue d'obtention de diplôme de magister en biotechnologies végétales, École Nationale Agronomique (ENSA), El Harrach, Alger.133p.
- **Neumann (1997):** NEUMANN P., 1997 – Salinity resistance and plant growth revisited. *Plant, cell and Environment*, **20**: 1193-1198.
- **Nkouannessi, (2005):** Nkouannessi M, 2005. The genetic, morphological and physiological evaluation of African cowpea genotypes. Thesis, University of the Free State Bloemfontein (South Africa).
- **O.H. issoufou et al. (2017) :** O.H. ISSOUFOU et al. / Int. J. Biol. Chem. Sci. 11(2): p695, 2017
- **Ogodja et al., (2004) :** Ogodja OJ, Gnangle PC, Bello S, 2004. Constitution et utilisation de réserves fourragères en saison sèche. Fiche technique. Djinadou Igué Kouboura, Afonnon Elisabeth et Akpadji Jeanne (éds.). INRAB, PADSE, AFD. Dépôt légal : 2533 du 07/06/2004, 2ème trimestre 2004, Bibliothèque Nationale (BN) du Bénin, ISBN : 99919-51-72- 5/1659-6870. Institut National des Recherches Agricoles du Bénin, décembre 2003, 2p.
- **Omami (2005) :** Omami EN, 2005. Response of Amaranth to salinity stress, Ph. D Thesis, University of Pretoria,. South Africa. 235 p.
- **Ouédraogo. S.0(2000)** : Evaluation économique de l'impact des variétés améliorées du niébé sur le revenu des exploitants agricoles du plateau central du Burkina Faso. L'institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA)/ Farako-bà, 16p.
- **Outoul (1974) :** OTOUL, 1974. Répartition des principaux acides aminés dans les différentes parties de la graine d'un cultivar de *Vigna unguiculata(C*). Walp. (Bulletin de la recherche Agronomique. Gembloux.): 247-253.
- **Padilla et al., (2009) :** Padilla E. G., Lopez Sanchez R. C., Eichler-Loebermann B., Fernandez-Pascual M., Barrero K. T et Martinez L. A, 2009. Salt stress affects on cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) varieties at different growing stages. Conference of international Research on food Security, National Resource Management and Rural Development, University of Hamburg, 1-4.
- **Padulosi et Ng, (1997) :** Padulosi S. et Ng N.Q., 1997. Origin, taxonomy, and morphology of *Vigna unguiculata* (L) walp. ln: Singh BB, Mohan Raj DR, Dashiell KE, Jackai LEN (eds) Advances in cowpea research. Copublication of International Institute of Tropical Agriculture (IIT A) and Japan International Research Center for Agricultural sciences (JIRCAS).Sayce; Devon, UK pp 1-12.
- **Pang et al., (2007) :** Pang J., Cuin T., Shabala L., Zhou M., Mendham N. and Shabala S., 2007- Effect of Secondary Metabolites Associated with Anaerobic Soil Conditions on Ion Fluxes and Electrophysiology in Barley Roots. *Plant Physiol*. 147: 266-276.
- **Parida A.K., Das A.B. (2005):** Salt tolerance and salinity effect on plants: review. Ecotoxicology and Environmental Safety. Vol.60, pp. 324-349.

- **Pasquet et Baudouin, (1997) :** Pasquet R. et Baudoin J P., 1997. Le niébé, *Vigna unguiculata*. ln A. Charrier, M. Jacquot, S. Hammon, D. Nicolas (Eds). L'amélioration des plantes tropicales. Montpellier. France : CIRAD-ORSTOM, p 483-505.
- **Pasquet, (1998):** Pasquet R. S. 1998. Morphological study of cultivated cowpea *Vigna unguiculata* (L). Walp. Importance of ovule number and definition of cv gr melanophthalmus. Agronomie. 18: 61-70.
- **Perica *et al.*, (2008) :** PERICA S., GORETA S. and VULETIN SELAK G., 2008**.** Growth, biomass allocation and leaf ion concentration of seven olive (*Olea europaea* L.) cultivars under increased salinity. *Scientia Horticulturae*, **117**: 123–129.
- **Qadir et al (2005):** Qadir M, Schubert S, Steffens D. Phytotoxic substances in soils. In: Hillel D, editor. Encyclopedia of Soils in the Environment. UK: Academic Press; 2005. pp. 216-222
- **Quin, (1997) :** Quin F.M., 1997. Introduction. In: Advances in Cowpea Research- Singh B. B., Mohan Raj Dashiell, K. E. et Jackai, L. E. N. (eds)- 375 p.
- **R'him T., Tlili I., Hnan I., Ilahy R., Benali A et Jebari H., 2013:** Effet de stress salin sur le comportement physiologique et métabolique de 3 variétés de piment (Capsicum annum L.). J. Appl. Biosci. 66 : 5060–5069.
- **Rameeh (2012)**: Rameeh V. Ions uptake, yield and yield attributes of rapeseed exposed to salinity stress. Journal of Soil Science and Plant Nutrition. 2012;**12**(4):851-861. DOI: 10.4067/ S0718-95162012005000037
- **Reggiani et al (1995)**: Reggiani R, Bonzo S, Bertani A. The effect of salinity on early seedling growth of seeds of three wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. Canadian Journal of Plant Science. 1995;**75**:175-177. DOI: 10.4141/cjps95-029
- **Rejili (2008):** REJILI M., TELAHIGUE D., LACHIHEB B., MRABET A. and FERCHICHI A., 2008 - Impact of gamma radiation and salinity on growth and K+/Na+ balance in two populations of *Medicago sativa* (L.) cultivar Gabès. *Progress in Natural Science*, **18:** 1095-1105.
- **Rogers M. E. and Noble C. L., 1992** - Variation in growth and ion accumulation between two selected populations of *triticum repens* L., differing in salt tolerance. *Plant soil*, **146:** 131-136.
- **Romero-Aranda et al., (2001) :**ROMERO-ARANDA R., SORIA T. and CUARTERO J., 2001. Tomato plant-water uptake and plant–water relationships under saline growth conditions. *Plant Sci*., **160:** 265–272.
- **Rubio S., Lynne W.T.R., Graham L.I.A. and Rodriguez P.L., 2008:** The coenzyme a biosynthelic enzyme phosphopantheine Adenylyletransferase play a crucial Role in Plant Growth, Salt/osmotic stress resistance, and seed lipid storage. Plant Physiol. 148:546 – 556.
- **Rudolfs cité *in* Bidai (2001) :** Le métabolisme de la praline chez l'*Atriplex halimus* L. stressée à la salinité. Mémoire de magister en physiologie végétale, Université Es-Senia, Oran : 69-71.
- **Sahin et al (2018)**: Sahin U, Ekincib M, Orsa S, Turanc M, Yildizb S, Yildirimb E. Effects of individual and combined effects of salinity and drought on physiological, nutritional and biochemical properties of cabbage (*Brassica oleracea* var. capitata). Scientia Horticulturae. 2018;**240**:196-204. DOI: 10.1016/j.scienta.2018.06.016

- **Sairam et al (2004)**: Sairam RK, Tyagi A. Physiology and molecular biology of salinity stress tolerance in plants. Current Science. 2004;**86**:407-421. DOI: 10.1007/1-4020-4225-6
- **Salih et Kia, (2013):** Salih H. O. et Kia D. R., 2013.Effect of salinity level of irrigation water on cowpea (*Vigna unguiculata*) growth. Journal of Agriculture and Veterinary Science, 6(3): 37-41
- **Sawadogo A, (2009) :** Sawadogo Alidou. Evaluation de la production du niébé (*Vigna unguiculata* (L.) Walpers) en condition de stress hydrique: contribution au phénotypage et à la sélection du niébé pour la résistance à la sécheresse. DIPLOME D'INGENIEUR DU DEVELOPPEMENT RURAL, université polytechnique de bobo-dioulasso, 2009, 70p.
- **Shah (2014)**: Shah S, director. Morphological, Anatomical and Physiological Responses of Plants to Salinity [Internet]. 2014. Available from: https://www.youtube.com/watch?v=rihGVDoeq8A&t=244s
- **Shanko et al., (2014):** Shanko D, Andargie M, Zelleke H, 2014. Interrelationship and Path Coefficient Analysis of Some Growth and Yield Characteristics in Cowpea (Vigna unguiculata L. Walp) Genotypes. Journal of Plant Sciences. 2(2): 97-101.
- **Shannon (1992):** SHANNON M. C., 1992 - The effects of salinity on cellular and biochemical processes associated with salt tolerance in tropical plants. In: Proc. *Plant Stress in Trop. Environ.* Davenport T. L. and Harrington H. M. (eds.), Kailu-Kona, HI, 20-25 Sept, Univ. FL, Homestead, 56-63.
- **Shannon (1997):** SHANNON M. C., 1997 – Adaptation of plant to salinity. *Adv. Agron*., **60:** 75-120.
- **Silva et al (2003)**: Silva JV, Lacerda CF, Costa PHA, Eneas Filho J, Filho EG, Prisco JT. Physiological responses of NaCl stressed cowpea plants grown in nutrient solution supplemented with CaCl2. Brazilian Journal of Plant Physiology. 2003;**15**:99-105. DOI: 10.1590/ S1677-04202003000200005
- **Silva *et al*., (2008)** : SILVA E. C., NOGUEIRA, R. J. M. C., ARAUJO F. P., MELOC N. F. and AZEVEDO NETO A. D., 2008 - Physiological responses to salt stress in young umbu plants. *Environmental and Experimental Botany*, **63**:147–157.
- **Singh et al., (1997):** Singh, B. B., Chambliss, O. L., Sharma, B., 1997.Recent advances in Cowpea breeding. In Advances in Cowpea Research- (Singh, B. B., Mohan Raj, Dashiell, K. E. et Jackai, L. E. N. eds)-IITA Ibadan, Nigeria.
- **Singh et al., (2003):** SINGH B.B., AJEIGBE H.A., TARAWALI SHIRLEY A., FERNANDEZ-RIVERA S., ABUBAKAR M. [2003], "Improving The Production and Utilization of Cowpea as Food and Fodder", Field Crops Research, vol. 84, no 1-2, p. 169-177.
- **Sinha (1980) :** SINHA S.K. 1980. Légumineuses alimentaires, répartition, adaptation biologie de rendement. Ed. FAO, Rome.148p.
- **Slama (2004):** SLAMA F., 2004 - La salinité et la production végétale. Centre de Publication Universitaire, Tunis, 163 p.
- **Sosa L.,Llanes A., Reinoso H.,Reginto M .,and Luna V.,2005:**Osmotic and specific ion effect on the germination of Prospisstrobulifera.Ann.Bot.96:261-267.
- **Stanton (1970) :** STANTON W.R. 1970. Les légumineuses à graines en Afrique. Ed. Lavoisier. 453p.

- **Stanton et al., (1970) :** STANTON WR, DOUGHTY J, TETTEH RO, STEELE WM (1970). Les légumineuses à grains en Afrique. Ed. Lavoisier. FAO, Rome, 191p.
- **Stoilova et Pereira, (2013) :** Stoilova T, Pereira G, 2013. Assessment of the genetic diversity in a germplasm collection of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) using morphological traits. African Journal of Agricultural Research 8(2): 208-215.
- **Stoop, (1986)** : STOOP WILLEM A. [1986], "Agronomic Management of Cereal/Cowpea Cropping Systems for Major Toposequence Land Types in The West African Savanna", *Field Crops Research* vol. 14, p. 301-319.
- **Syers et al (2008)**: Syers JK, Johnston AE, Curtin D. Efficiency of Soil and Fertilizer Phosphorus Use: Reconciling Changing Concepts of Soil Phosphorus Behaviour with Agronomic Information. FAO Fertilizer and Plant Nutrition Bulletin 18. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations; 2008
- **Tafouo et al (2006) :** Taffouo V.D. Kouamou J.K. Ngalangue L.M.T. Bop Alain Nandjou Ndjeudji B.AN. et Amougou Akoa A. 2009. Effects of salinity stress on growth, ions partitioning ans yield of some cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) cultivars International Journal of Botany, 5 (2): 135-143.
- **Tarawali et al., (1997) :** Tarawali S.A., Singh B.B., Peters M. et Blade S.F., 1997. Cowpea haulms as fodder. In: Singh B.B., Mohan Raj, D.R., Dashiell, K., Jackai, L.E.N. (Eds.), Advances in Cowpea Research. Copublication of International lnstitute of Tropical Agricultural Sciences and the JIRCAS. IITA, Ibadan, Nigeria, pp 313-325.
- **Tarawali, Hiernaux, (2002) :** Tarawali G., Hiernaux P. (dir.) (2002), "Improving Crop-Livestock Systems in The Dry Savannas of West and Central Africa", *Reports from the Workshop on Crop-Livestock Systems in the Dry Savannas of West and Central Africa*, 22-27 novembre 1998, IITA, Ibadan, Nigeria. 174 p.
- **Tarquis A. M et Bardford K. J .(1992) :** Prehydration and priming treatments that advance germination also increase the rate of deterioration of lettus seeds. Journal of Experimental Botany 43:307-317.
- **Taylor A. G., Harman G. E. (1990) :** Concepts and technologies of selected seed treatments. Ann. Rev. Phytopathol 28: 321-339.
- **Taylor et al (1998):** Taylor A. G., Allen P.S., Bennett M. A., Bradford K.J., Burris J.S., Misra M.K. 1998. Seed enhancements. Seed Sience Research 8: 245-256.
- **Teggar (2015) :** Teggar N. 2015. Etude de l'effet du stress salin sur la nodulation et sur quelques paramètres biochimiques et morphologiques de la Lentille (*Lens culinaris* L). Diplôme de magister. Université d'Oran. 98p. Disponible sur : https://theses.univ-oran1.dz/document/TH4500.pdf .
- **Tester et al (2003)**: Tester M, Davenport R. Na+ tolerance and Na+ transport in higher plants. Annals of Botany. 2003;91(5):503-527. DOI: 10.1093/aob/ mcg058
- **Thiam *et al.* (2013)** :THIAM M., CHAMPION A., DIOUF D. and MAME OUREYE S.Y., 2013 - NaCl effects on in vitrogermination and growth of some Senegalese cowpea (*Vigna unguiculata* (L.)Walp.) Cultivars. *ISRN Biotechnol*., 1-11.

- **Thiam *et al.*,(2013) :** Thiam M.P. Champion A., Diouf D et Ouréye S.Y.M. 2013. NaCl effects on in vitro germination and growth of some Senegalese cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) cultivars. ISRN Biothechnology. Doi: 10.5402/2013/382417.
- **Tremolieres et al., (1984) :** TREMOLIERES J., SERVIL & *al*., 1984. Les aliments. T2. Ed. E. S. F. 516p.
- **Tuna et al (2007)**: Tuna AL, Kaya C, Ashraf M, Altunlu H, Yokas I, Yagmur B. The effects of calcium sulfate on growth, membrane stability and nutrient uptake of tomato plants grown under salt stress. Environmental and Experimental Botany. 2007;**59**(2):173-178. DOI: 10.1016/j.envexpbot.2005.12.007
- **Vanderborght et Baudoin (2001) :** Vanderborght, T., Baudoin, J, P., 2001. Niébé: *Vigna unguiculata* (L.) Walpers. Agriculture en Afrique Tropicale. DGCI.
- **Verdcourt, (1970) :** Verdcourt, B., 1970. Studies in the Leguminosae-Papilionoideae for the "Flora of Tropical East Africa" vols III and IV. Kew Bull. 24:379-447 and 507-569.
- **Wang et Nil (2000) :** Wang Y., Nil N. (2000) Changes in chlorophyll, ribulosebiphosphate carboxylase oxygenase, glycine betaine content, photosynthesis and transpiration in Amaranthus tricolor leaves during salt stress J. Hortic. Science Biotechnol 75:623-627.
- **Wang Q.,Wu C., Xie B., Wang Z., Cui J. & Hu T., 2011:** Effects of drought and salt stress on seed germination of three leguminous species. African Journal of Biotechnology, 10 (78) : 17954-17961.
- **Wikiwand :** plateforme internet. Article de Wikipédia, l'encyclopédie libre
- **Win et Oo, (2015) :** Win K. T., Oo A. Z., 2015. Genotypic difference in salinity tolerance during early vegetative growth of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.) from Myanmar. Biocatalysis and Agricultural Biotechnology, 4(4): 449-455.
- **Xiong** et **Zhu (2002) :** XIONG L. and ZHU J. K., 2002 - Molecular and genetic aspects of plant responses to osmotic stress. *Plant, Cell and Environment*, **25:** 131–139.
- **Yang Y, et al. (2008):** Hypermutability of damaged single-strand DNA formed at double-strand breaks and uncapped telomeres in yeast Saccharomyces cerevisiae. *PLoS Genet* 4(11):e1000264
- **Yari L., Aghaalikani M., Khazaei F. 2010:** Effect of seed priming duration and temperature on seed germination behavior of bread wheat (Triticum Aestivum L.). Journal of Agricultural and Biological Science 5(1): 1-6.
- **Yeo (1998) :** YEO A. R., 1998 - Molecular biology of salt tolerance in the context of whole plant physiology. *J. Exp. Bot.*, **49:** 915-929.
- **Zaman et al (2018)**: Zaman QU, Aslam Z, Yaseen M, Ihsan MZ, Khaliq A, Fahad S, et al. Zinc biofortification in rice: Leveraging agriculture to moderate hidden hunger in developing countries. Archives of Agronomy and Soil Science. 2018;**64**(2):147-161. DOI: 10.1080/03650340.2017.1338343
- **Zhu, J-K. (2003):** Regulation of ion homeostasis under salt stress. Curr. Opin.Plant Biol.6, 41-45.

- **Zribi et al (2018):** Zribi OT, Slama I, Trabelsi N, Hamdi A, Smaoui A, Abdelly C. Combined effects of salinity and phosphorus availability on growth, gas exchange, and nutrient status of *Catapodium rigidum*. Arid Land Research and Management. 2018;**32**(3):277-290. DOI: 10.1080/15324982.2018.1427640
- **Zuang, (1991) :** ZUANG H. 1991. Mémento nouvelle espèce légumière.Ed.du centre technique internationl des fruits et légumes Cc. (F) service Bio agro. 360p.

ANNEXES



Figure n°46: représente une germination épigée.



Figure n°46 : Plante de *Vigna unguiculata* (L.) non soumise au stress (témoin)

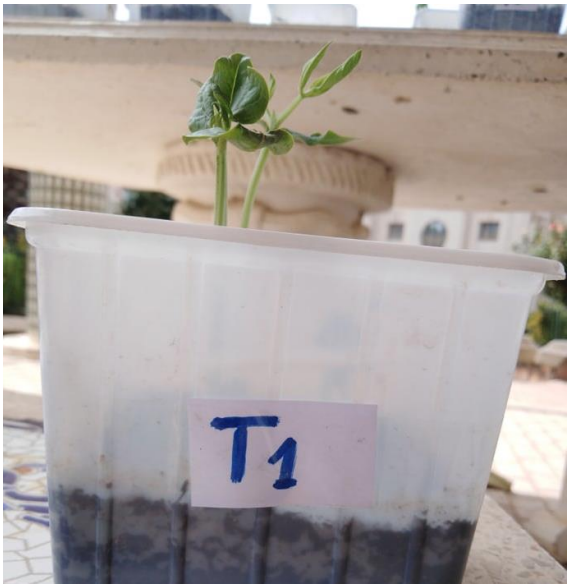


Figure n°47 : Plante de *Vigna unguiculata* (L.) irriguée par un traitement salin (5g/L).



Figure n°48: Plante de *Vigna unguiculata* (L.) irriguée par un traitement salin (10g/L).



Figure n°49: Plante de *Vigna unguiculata* (L.) irriguée par un traitement salin (15g/L).



Figure n° 50 : la différence morphologique entre les plantes des différents traitements utilisés.



Figure n°52 : une plante irriguée par l'eau distillée en fin de l'expérience



Figure n° 53 : Une plante irriguée par une solution saline de (5g/L) de NaCl.



Figure n° 50 : les différentes étapes de la levé de *Vigna unguiculata* (L.) Walp.



Figure n° 51 : image représente l'état des plantes du niébé à la fin de l'application du stress

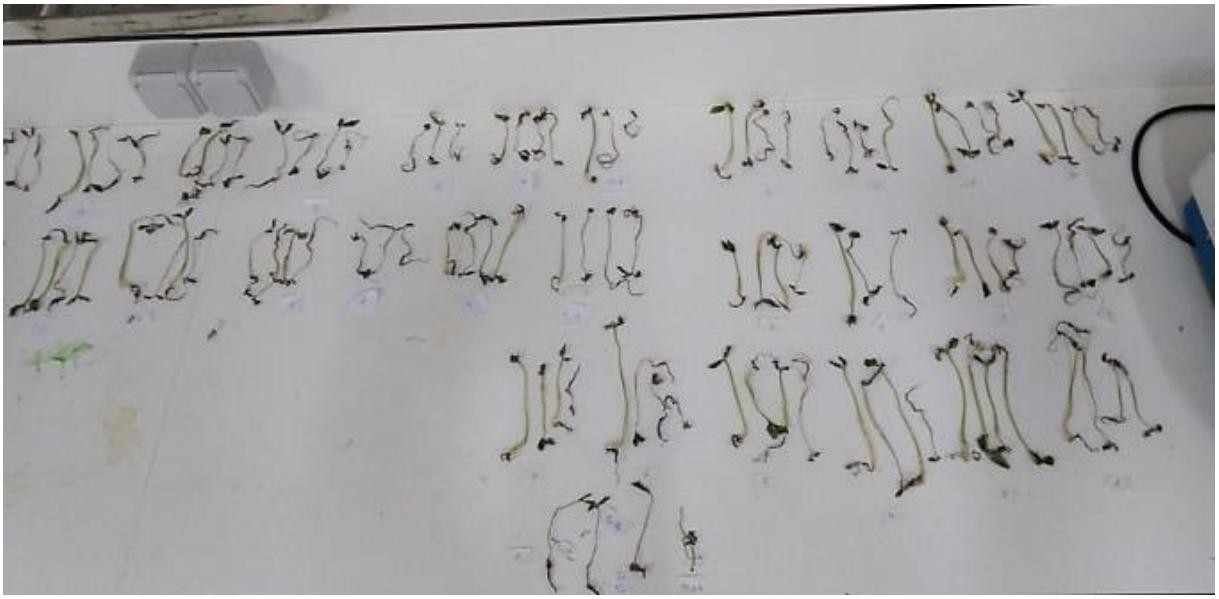


Figure n° 55 : L'état des plantes à a fin de l'expérience.

ANNEXE 2

Tableau 01 : Indices écologiques de l'étude de la longueur des tiges

0	L tiges	Lower	Upper
Taxa_S	32	30	32
Individuals	161	161	161
Dominance_D	0,04011	0,03646	0,04525
Shannon_H	3,636	3,239	3,379
Simpson_1-D	0,9599	0,9547	0,9635
Evenness_e^H/S	1,186	0,8185	0,9224
Menhinick	2,522	2,364	2,522
Margalef	6,101	5,707	6,101
Equitability_J	1,049	0,9422	0,9766
Fisher_alpha	11,99	10,86	11,99
Berger-Parker	0,0559	0,0559	0,09938

Tableau 02 : Indices écologiques de l'étude de la longueur des racines

0	L Racines	Lower	Upper
Taxa_S	32	32	32
Individuals	284	284	284
Dominance_D	0,03545	0,0337	0,03794
Shannon_H	3,579	3,358	3,426
Simpson_1-D	0,9646	0,962	0,9663
Evenness_e^H/S	1,12	0,8989	0,9608
Menhinick	1,899	1,899	1,899
Margalef	5,488	5,488	5,488
Equitability_J	1,033	0,9692	0,9885
Fisher_alpha	9,261	9,261	9,261
Berger-Parker	0,04577	0,04577	0,07394

Tableau 03 : Indices écologiques de l'étude de nombre de feuilles

0	Nfeuille	Lower	Upper
Taxa_S	32	27	32
Individuals	92	92	92
Dominance_D	0,03403	0,03922	0,05175
Shannon_H	3,421	3,117	3,324
Simpson_1-D	0,966	0,9483	0,9608
Evenness_e^H/S	0,9567	0,8004	0,9136
Menhinick	3,336	2,815	3,336
Margalef	6,856	5,75	6,856
Equitability_J	0,9872	0,9343	0,9734
Fisher_alpha	17,41	12,87	17,41
Berger-Parker	0,04348	0,06522	0,1087

ANNEXE 2

Tableau 04 : Indices écologiques de l'étude de la surface foliaire

0	Surface foliare	Lower	Upper
Taxa_S	32	25	31
Individuals	69	69	69
Dominance_D	0,03466	0,0397	0,0565
Shannon_H	3,516	3,049	3,308
Simpson_1-D	0,9653	0,9435	0,9603
Evenness_e^H/S	1,051	0,8032	0,9181
Menhinick	3,852	3,01	3,732
Margalef	7,321	5,668	7,085
Equitability_J	1,014	0,9337	0,9746
Fisher_alpha	23,18	14,09	21,65
Berger-Parker	0,05797	0,05797	0,1304

Tableau 05 : Indices écologiques de l'étude du poids frais

0	Poids frais	Lower	Upper
Taxa_S	32	9	14
Individuals	18	18	18
Dominance_D	0,1024	0,08025	0,1481
Shannon_H	5,111	2,062	2,582
Simpson_1-D	0,8976	0,8519	0,9198
Evenness_e^H/S	5,185	0,8217	0,9449
Menhinick	7,542	2,121	3,3
Margalef	10,73	2,768	4,498
Equitability_J	1,475	0,9147	0,9785
Fisher_alpha	0	7,163	28,97
Berger-Parker	0,05556	0,1111	0,2778

Tableau 06 : Indices écologiques de l'étude du poids sec

0	**Poids sec**	**Lower**	**Upper**
Taxa_S	32	32	32
Individuals	739	739	739
Dominance_D	0,03636	0,03587	0,04003
Shannon_H	3,386	3,33	3,392
Simpson_1-D	0,9636	0,96	0,9641
Evenness_e^H/S	0,9235	0,873	0,9287
Menhinick	1,177	1,177	1,177
Margalef	4,693	4,693	4,693
Equitability_J	0,977	0,9608	0,9787
Fisher_alpha	6,815	6,815	6,815
Berger-Parker	0,06089	0,05548	0,08119