REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE DR. YAHIA FARES DE MEDEA
FACULTE DES SCIENCES
DEPARTEMENT SCIENCE DE LA NATURE ET DE LA VIE

Mémoire

Présenté pour obtenir le diplôme de Master
En écologie et environnement
Spécialité : Ecologie

Thème

Tolérance à la sécheresse de quelques légumineuses algériennes

«*Cicer arietinum* L., *Lens culinaris Medik* et *Vigna unguiculata* L. »

Présenté par :

- Chikhi nor el houda
- Chenderli safia

Soutenu publiquement le : 12 Juillet 2021devant le jury composé de :

-Dr BELHADJ Hichem	M.C.B	Univ. Médéa	Président
-Mr LICIR Mourad	M.A.A	Univ. Médéa	Examinateur
-Dr NABI Fahima	M.C.A	Univ. Médéa	Promotrice
-Mlle SLIFI malika	Doctorante	Univ.Bouira	Co-promotrice

Année universitaire :2020/2021

Remerciements

Au terme de ce présent travail, nous tenons à exprimer nos remerciements
En premier lieu, au **DIEU** le tout puissant de nous avoir permis de bien mener ce Modeste travail.

Nous tenons d'abord à exprimer nos sincères remerciements à notre encadreur de thèse, **Mme NABI.F**. Merci pour la qualité de votre encadrement, vos compétences scientifiques, mais aussi vos qualités humaines ont été des éléments précieux pour l'avancement de ce travail. Veuillez trouver ici le témoignage de toute notre reconnaissance et notre profond respect.

Nous sommes heureux d'adresser nos vifs remerciements à notre Co-promotrice **Mme SLIFI.M** de nous avoir soutenues sur le plan théorique, consacrer son savoir et prodiguer ses conseils.

Nous adressons aussi nos vifs remerciements à tous les membres du jury à :
Mr BELHADJ.H Vous nous faites l'honneur d'avoir bien voulu présider ce jury nous permet de vous présenter nos plus sincères remerciements pour la bienveillance que vous nous avez manifestée. C'est l'occasion de vous dire **MERCI** pour tout ce que vous faites pour l'écologie.
Un grand merci s'adresse à **Mr LICIR.M** Nous vous adressons nos plus vifs remerciements pour avoir accepté d'être notre examinateur.

Nous tenons également à profiter de l'occasion qui nous est offerte ici pour vous exprimer, notre profonde reconnaissance pour tout intérêt la bienveillance que vous témoignez à l'intérieur de ceux qui vous sollicitent.

Nous tenons à exprimer notre gratitude et notre profonde reconnaissance à tous nos enseignants de l'université **Dr YAHIA FARES de Médéa**. Et nos enseignants de l'écologie et spécialement **Mme KHOUDIR.S** pour la sincérité au travail.

Nous adressons nos sincères remerciements à tous ceux qui
ont participé de près oude loin dans l'élaboration de ce mémoire

Dédicace :

Je dédie cette mémoire

A ma très chère amie et sœur, ma belle mère

A mon très cher père, *celui qui n'a jamais cessé de me soutenir, celui qui m'a guidé tout au long de ma vie, à mon pilier et ma plus grande source de fierté.*
Affable, honorable, aimable : Tu représentes pour moi le
Symbole de la bonté par excellence, la source de tendresse et
L'exemple du dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi .Puisse
Dieu, le tout puissant, te préserver et t'accorder santé, longue vie et bonheur.

Mes frères
Sofiane, Abed Elhafid, Zakaria et mon chère petite frère Tadjeddine
A leurs femmes Dhiaa, Amina.
Au petit fruit de la famille Ayhem

À mes chères amies sans exception et surtout« khadidja, Azhar, Ahlem, Mona, Amel, Khaoula

A ma camarade, ma binôme «Safia».

A toute la famille pour leurs encouragements

A ceux qu'un jour, par un mot ou par un conseil m'ont aidé à me ressourcer et ainsi terminer mon projet de fin d'étude dans les meilleures conditions.

Norelhouda

Dédicace

Je didie ce travaile
A mes parent –hazreche et asma que dieu les protèges , qu'il trouvent ici ma plus profonde gratitude
Et tous mon amour pour leur soutien tout au long de mes études
A ma sœur soumia
Et mes frères mokhtar et mohamed
Et à tous ma famile
A tous mes amies chahazed, massouda ,sabrin,sihem,soumia , hadjira et mes collègues
A tous ceux que j'aime
A ma camarade, ma binôme «norelhouda».

safia

Tolérance à la sécheresse de quelques légumineuses algériennes « *Cicer arietinum* L., *Lens culinaris* Medik et *Vigna unguiculata* L. »

Résumé :

L'objectif de ce travail est d'étudier l'effet du stress hydrique et de l'amorçage des graines sur les performances germinatives et la croissance précoce de *lens culinaris, Vigna unguiculata* L et *Cicer aretinum*, les graines ont subi différents types de *priming* : l'hormopriming par l'acide acétique à différentes concentrations (10mM ; 20mM ; 50 mM) et le thermopriming (5°C), durant quatre heures, en plus du témoin qui n'pas subit l'amorçage. Ces graines sont mises à germer dans des boites de pétri à différentes concentrations de PEG 6000 (5% ; 10% ; 15% ; 20%) et du témoin avec l'eau distillé pendant 07 jours.

Les résultats montrent que le stress hydrique induit par le PEG 6000 (20%) affecte tous les paramètres de germination et de croissance précoce. La population de *Vigna unguiculata* s'est montré la plus tolérante au stress hydrique suivie de la population de *Cicer aretinum.* L'amorçage des graines améliore significativement le pourcentage de germination, la vitesse de germination, les paramètres de croissance et l'indice de vigueur des plantules en conditions normales et sous stress hydrique. Le thermopriming et priming en acide acétique 10mM sont les plus efficaces.

Mots clés : *Lens culinaris, Vigna unguiculata* et *Cicer aretinum*, stress hydrique, PEG 6000 acide acétique, thermopriming

Drought tolerance of some Algerian legumes « *Cicer arietinum* L., lens *Culinaris medik* and *Vigna unguculata* L »

Abstract:

The objective of this work is to study the effect of water stress and seed-priming on geminative performance and early growth of *Lens culunaris*, *Cicer arietinum* and *Vigna unguculata* L. the seeds underwent different types of priming, hormonopriming with acetic acid at different concentrations (10mM, 20mM, 50mM) and thermopriming (5 C) , for 4 hours , in addition to control which did not undergo the priming . These seeds are germinated in petri dishes at different concentrations of PEG6000 (5%, 10%, 15%,20%) and of the control with distilled water for 7 days .

The results show that the water stress induced by the PEG 6000 (20%) affects a parameters of germination and early growth, the population of *Vigna unguculata*, was shown to be the most tolerant to water stress followed by the population of *Cicer aretinum* seed priming significantly improves the percentage of germination , the growth parameters and the seed rate . Seedling vigor under nominal conditions and under water stress .thermopriming and priming in 10mM acetic acid are the most effective.

Keyword: *Lens culunaris, Vigna unguculata, Cicer arietinum*, water stress, PEG600, acetic acid, thermopriming,

تحمل الجفاف لبعض البقوليات الجزائرية *Vigna unguculata L Cicer arietinum L, Lens culunaris* «

»

ملخص

الهدف من هذه الدراسة هو دراسة الاجهاد المائي والمعالجة الاولية للبذور على عوامل الانتاش و النمو المبكر , للنباتات *Cicer arietinum* L, *Lens culunaris Medik* , *Vigna unguculata* L.

البذور تعرضت لمعالجة اولية بمختلف المعالجات الاولية المعالجة بحمض الخل بتركيزات مختلفة 10mM,20mM,50mM والمعالجة الحرارية ب 4 درجة مئوية لمدة اربع ساعات بالإضافة الى الشاهد الذي لم يخضع للمعالجة, تنبت هذه البذور في طبق بتري بتركيزات مختلفة PEG 6000 5%10%20%50%)) و العنصر الشاهد يؤثر على جميع معايير الانتاش والنمو PEG 20% بالماء المقطر لمدة 7 أيام تظهر النتائج ان الاجهاد المائي الناجم عن *Cicer arietinum* هي الاكثر تحملا للاجهاد المائي تليها مجموعة *Vigna unguculata* L المبكر تبين ان مجموعة L

تحضير البذور يحسن بشكل كبير نسبة وسرعة الانتاش ومعايير النمو ومعدل البذور قوة الشتلات تحت ظروف المعالجات الاولية وتحت ضغط الماء .

تعتبر المعالجة الحرارية و المعالجة بحمض الخل 10 الاكثر فعالية.

الكلمات المفتاحية, الاجهاد المائي *Lens culinaris, Vigna unguiculata* et *Cicer aretinum* حمض الخل, المعالجة الحرارية, PEG6000.

LISTE ABREVIATIONS

AA : acide acétique.

AA10:acide acétique (10mM)

AA20:acide acétique (20mM)

AA50: acide acétique (50mM)

ADN: acide désoxyribonucléique.

AEP : Alimentation en eau potable.

CGIAR : Consultative Group for International Agricultural Research.

ddl : Degré de liberté.

F.A.O : Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture.

F.A.O Stat : Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture statistique.

INRA : l'Institut National de la Recherche Agronomique d'Algérie.

Kda : unité de masse atomique unifiée.

L : lentille.

LEA: Late-Embryogenesis-Abundant.

MADR : Ministre de l'Agriculture et du Développement Rural Algérienne

mM: millimole par litre (mmol/l).

NP : non priming.

OCDE : Organisation de coopération et de développement économiques.

PEG : polyéthylène glycol.

PCH : pois chiche.

TH: thermo priming.

V : vigna.

LISTE DES TABLEAUX

Tableau n °01 : Bilan d'écoulement moyen annuel de l'Algérie du Nord (période : 1965/66-1994/95). (Mebarki &Laborde2009)…….....20

Tableau n°02: Caractéristiques agro morphologiques des populations de lentille, niébé et pois chiche étudiées et leur localisation géographique ……30

Tableau n°03 :dispositif expérimentale……..36
Tableau n° 04: Effet des différentes méthodes de priming (Témoin ,NP: non priming, TH Thermopriming, AA10,AA20,AA50) sur le pourcentage de germination de (lentille) durant 7 jours soumises à différentes concentrations de PEG T0(eau distillé) T1 (5%),T2 (10%),T3 (15%),T4(20%)…….41

Tableau n° 05: Effet des différentes méthodes de priming (Témoin ,NP: non priming, TH Thermopriming,,AA10,AA20,AA50 acide acétique) sur le pourcentage de germination de (niébé) durant 7 jours soumises à différentes concentrations de PEG T0(eau distillé) T1 (5%), T2 (10%),T3(15%),T4(20%)…….42

Tableau n°06: Effet des différentes méthodes de priming (Témoin ,NP: non priming, TH Thermopriming,,AA10,AA20,AA50 acide acétique) sur le pourcentage de germination de (pois chiche) durant 7 jours soumises à différentes concentrations de PEG T0 (eau distillé) T1 (5%),T2 (10%),T3(15%),T4(20%)…….. ……..43

Tableau n°07: Effets des différentes méthodes de priming (Témoin : non priming T0NP, thermopriming TH, acide acétique ; AA10, AA20, AA50) sur le pourcentage final de germination (PFG) de trois populations (lentille, niébé, pois chiche) soumises à différentes concentrations de PEG (T0:eau distillé, T1 :5%,T2 :10%,T3 : 15%,T4 :20%)…….…..46

Tableau n° 08 : ANOVA à trois facteurs de l'effet traitement, génotypes et priming et leurs interactions pour la vitesse de germination……. 47

Tableau n°09: ANOVA à trois facteurs de l'effet traitement, génotypes et priming et leurs interactions pour la longueur des radicules…….…….52

Tableau n°10: ANOVA à trois facteurs de l'effet de stress hydrique population et priming et leurs interactions pour la longueur des hypocotyles……..…..54

Tableau 11: ANOVA à trois facteurs de l'effet traitement, génotypeset priming et leurs interactions pour la longueur des épicotyles……..……..57

Tableau n°12: ANOVA à trois facteurs de l'effet traitement, génotypeset priming et leurs interactions pour la longueur totale des plantules…….……59

Tableau n°13: ANOVA à trois facteurs de l'effet traitement, génotypes et priming et leurs interactions pour l'indice de vigueur des plantules……..……61

Tableau n°14: ANOVA à trois facteurs de l'effet traitement, génotypes et priming et leurs interactions pour le pois frais des plantules……..……..63

Tableau n°15: ANOVA à trois facteurs de l'effet traitement, génotypes et priming et leurs interactions pour le pois sec des plantules……...…..65

LISTE DES FIGURES

Figure n°01 : Diversité des légumineuses. (Vernif, 2008)……..05

Figure n°02: Morphologie de V. unguiculata, (A) plante entière, (B) Gousses, (C) graines (Anonyme, 2008)……..10

Figure n°03: Morphologie de lens culunaris (Anonyme,2008)……..13

Figure n °04: le Pois chiche, Cicer arietinum L. : tige feuille (A), feuille composée de 16 folioles (B), fleur zygomorphe (C), étamines, pistil et ovaire (D), gousses en développement (E), graines (F). (Zohary et Hopf, 1988…….. ...…..16

Figure n°05: Stress hydrique par bassin hydrographique : Scénario de références, 2000 et 2050. www.cieau.com. ……19

Figure n°06 : Zones de déficit hydrique moyen annuel de l'Algérie du Nord (Mebarki & Laborde, 2009)……..21

Figure n°07: Aspect de semence de la population de *lens culinaris* étudiée.(Originale., 2021)……...31

Figure n°08 : Aspect de semence de la population de *Vigna unguiculata* (L.) Walps étudiée (Originale., 2021)…… …….32

Figure n° 09: Aspect de semence de la population de *Cicer artienuim* étudiée (Originale., 2021)……..……...…32

Figure n°10: Les différents niveaux de la masse de PEG (Originale. ,2021)……34

Figure n°11: La mise en germination de trois populations (Originale., 2021)……...35

Figure n° 12 : Variation de la vitesse de germination de trois populations de lentille, pois chiche et niébé conduites sous différentes concentrations de PEG (T0 :eau distillé,T1:5%,T2 :10%,T3 :15%,T4 :20%) et différentes situations d'amorçage (Témoin : non priming T0NP,TH : thermopriming, acide acétique :AA10,AA20,AA50) durant 7 jours……..48

Figure n°13: Variation de longueur des radicules (cm) : de trois populations de lentille, pois chiche et niébé conduites sous différentes concentrations de PEG (T0 :eau distillé,T1:5%,T2 :10%,T3 :15%,T4 :20%) et différentes situations d'amorçage (Témoin : non priming T0NP,TH : thermopriming, acide acétique :AA10,AA20,AA50) durant 7 jours……...……50

Figure n°14 : Effet de stress hydrique sur la croissance des trois populations de niébé, pois chiche et lentille. (Originale, 2021)…….....……51

Figure n°15: Variation de Longueur des hypocotyle (cm) la vitesse de germination de trois populations de lentille, pois chiche et niébé conduites sous différentes concentrations de PEG (T0 :eau distillé,T1 :5%,T2 :10%,T3 :15%,T4 :20%) et différentes situations d'amorçage (Témoin : non priming T0NP,TH : thermopriming, acide acétique:AA10,AA20,AA50) durant 7 jours……53

Figure n°15:Variation de la longueur des épicotyles (cm):de trois populations de lentille,pois chiche et niébé conduites sous différentes concentrations de PEG (T0 :eau distillé,T1 :5%,T2 :10%,T3 :15%,T4 :20%) et différentes situations d'amorçage (Témoin : non priming T0NP,TH : thermopriming, acide acétique :AA10,AA20,AA50) durant 7 jours…….……56

Figure n°16: variation de longueur totale (cm) de trois populations de lentille, pois chiche et niébé conduites sous différentes concentrations de PEG (T0 :eau distillé,T1 :5%,T2:10%,T3 :15%,T4 :20%) et différentes situations d'amorçage (Témoin : non priming T0NP,TH : thermopriming, acide acétique :AA10,AA20,AA50) durant 7 jours……58

Figure n°17:l'indice de vigueur: de trois populations de lentille, pois chiche et niébé conduites sous différentes concentrations de PEG (T0 :eau distillé,T1 :5%,T2 :10%,T3:15%,T4 :20%) et différentes situations d'amorçage (Témoin : non priming T0NP,TH : thermopriming, acide acétique :AA10,AA20,AA50) durant 7 jours……..……60

Figure n°18: variation de pois frais : de trois populations de lentille, pois chiche et niébé conduites sous différentes concentrations de PEG (T0 :eau distillé,T1 :5%,T2 :10%,T3:15%,T4 :20%) et différentes situations d'amorçage (Témoin : non priming T0NP,TH : thermopriming, acide acétique :AA10,AA20,AA50) durant 7jours…….62

Figure n°19:variation de pois sec de trois populations de lentille, pois chiche et niébé conduites sous différentes concentrations de PEG (T0 :eau distillé,T1 :5%,T2 :10%,T3 :15%,T4 :20%) et différentes situations d'amorçage (Témoin : non priming T0NP,TH : thermopriming,acide acétique :AA10,AA20,AA50) durant 7jours…….64

Tables des matières

Remerciement
Dédicace
Résumé
Abstract
ملخص
Liste des abréviations
Liste des figures
Liste des tableaux

Introduction **1**

Partie 01 synthèse bibliographique

CHAPITRE I : Synthèse bibliographique sur les légumineuses 3
I.1 Généralité sur légumineuses 3
I.2. Répartition géographiqueI.2.1.Dans le monde **3**
I.2.2.En Algérie **4**
I.3. Caractéristiques botaniques 4
I.3.1. Diversité des légumineuses **5**
I.3.2. Classification des légumineuses **6**
I.3.3. Cycle de développement de légumineuses **6**
I.4. L'importance de légumineuseI.4.1.Intérêt agro-écologique **7**
I.4.2. Intérêt économique **8**
I.4.3. Intérêt alimentaire **8**
CHAPITRE II : Le stress hydrique **18**
II.1. Notion de stress 18
II.2. Notion de sécheresse 18
II.3. Définition de stress hydrique 18
II.3.1. secheresse dans le monde **19**
II.3.2. sechresse en Algérie **20**
II.4. L'eau dans la plante 21
II.5. Les effets de stress hydriqueII.5.1.Sur la germination **22**
II.5.2. Sur la croissance **22**
II.5.3. Sur la photosynthèse **23**
II.5.4. Mécanisme d'adaptation des plantes au stress hydrique **23**

II.5.5. La Synthèse des protéines liées à la tolérance au stress hydrique **25**
II.5.6. Les protéines de type LEA « Late-Embryogenesis-Abundant » **25**
II.5.7. Les aquaporines **25**
CHAPITRE III : Traitements pré germinatifs des semences(priming ou amorçage) 27
III.1. Rappels sur lasemence et la germinationIII.1.1.La semence **27**
III.1.2.La germination..... **27**
III.2. Le primingIII.2.1.Définition **28**
III.2.2. Type de priming..... **28**
III.4. Mécanismes du priming 30

PARTIE 02 partie Experimentale

CHAPITRE IV: MATERIEL ET METHODES 31
IV.1. Objectif de l'étude..... 31
IV.2. Localisation de l'essai..... 31
IV.3. Matériel végétale 31
IV.3.1. Lentille (*lens culinaris*)..... **31**
IV.3.2. Niébé (*vigna unguculata*) **32**
IV.3.3. Pois chiche (*cicer artinuim*)..... **32**
IV.4. Méthode d'étude IV.4.1.Amorçage des graines..... **33**
IV.4.2.Préparation des solutions hydrique pour l'application du stress **34**
IV.5. Mise à germination..... 35
IV.5.1. Protocole expérimentale au laboratoire **35**
IV.5.2. Les paramètres étudiés **38**
CHPITRE V : Résultats et discussions..... **40**
V.1. Influence de l'amorçage sur la germination sous stress hydrique 40
V.1.1. Évolution du pourcentage de germination..... **40**
V.2. Effets de l'amorçage des graines sur le pourcentage final de germinationV.2.1.Pourcentage final de germination..... **45**
V.2.2.Effets de l'amorçage des graines sur la vitesse de germination **46**
V.3. Effets de l'amorçage des graines sur la croissance précoce **49**
V.3.1. Effets de l'amorçage des graines sur la longueur des radicules **49**
V.3.2. Effets de l'amorçage des graines sur la longueur des Hypocotyles .. **52**

V.3.3. Longueur des épicotyles..... **55**
V.3.3. Longueur totale..... 57
V.3.4. Influence de l'amorçage sur l'indice de vigueur des plantules **..... 59**
V.3.5. Effets de l'amorçage des graines sur le poids frais et le poids sec des plantules..... **61**
V.4. Discussion.....66
V.4.1. Effet des différentes hodes de l'amorçage des graines sur la germination et la croissance précoce de sous stress hydrique..... **66**
CONCLUSION
Conclusion général 71
REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE..... 73

INTRODUCTION GENERALE

Introduction

Selon l'Organisation des Nations Unis pour l'Alimentation et l'Agriculture la population mondiale, qui est en constante croissance, doit passé de 7 milliards à plus de 9 milliards en 2050, soit presque un tiers de la population de plus à nourrir qu'il y en a aujourd'hui ; pour cela, l'agriculture mondiale doit relever des défis : augmenter la production alimentaire de70% **(Anonyme, 2013).**

Les céréales et les légumineuses alimentaires sont la ressource alimentaire la plus importante au monde. Les légumineuses à graines constituent un élément crucial dans l'agriculture et dans l'alimentation humaine grâce à leur richesse en protéines végétales. Elles contribuent à l'amélioration durable de l'environnement en raison de leur capacité de fixer l'azote atmosphérique et leurs effets sur la fertilité du sol et sur le rendement de la culture suivante ou celle en association **(De Ron, 2015).**

En Algérie, les légumineuses occupent une place importante après les céréales dans l'alimentation humaine. Néanmoins, sa production reste faible, le plus souvent notre pays à recours à l'importation de ce produit afin d'atténuer ce déséquilibre, ce qui élève la facture d'importation des légumineuses évaluée à 355 millions de dollars **(Anonyme, 2007).**

La faible production agricole se justifie principalement par la persistance des contraintes abiotiques, dont la sécheresse reste le principal facteur limitant responsable de brusques variations du rendement **(Turner, 1986, Passioura, 1996).**

Globalement, 35% de la superficie cultivable peut être classée comme aride ou semi-aride et, sur ce qui reste 25% des superficies au moins sont régulièrement soumises à des périodes de sécheresse **(Richards 1994)**. La sélection des plantes dans des régions à forte contrainte hydrique implique une identification des mécanismes de résistance à la sécheresse, une analyse de leur interaction et une évaluation de leurs effets sur le rendement. Plusieurs critères physiologiques et biochimiques ont été ainsi identifiés dans le but de distinguer les variétés sensibles des variétés résistantes au stress hydrique. Cette identification présente au niveau des programmes de recherche qui visent la réhabilitation et l'alimentation de la production en région semi-aride **(Anonyme, 2000).**

La tolérance à la sécheresse à un rendement de potentiel élevée implique une bonne connaissance des ressources génétiques disponibles au sein de l'espèce de leurs mécanismes d'adaptation à la contrainte hydrique **(Merah, 1999 ; Sahnoune 2004, 2005 ; Adda, 2006)**. L'effet de déficit hydrique se traduit par une réduction de la germination et des modifications

morphologiques (pour augmenter l'absorption et diminuer la transpiration), des modifications physiologiques (baisse de la teneur en eau des tissus, augmentation de la température du couvert végétal, diminution de la teneur en chlorophylle et par conséquent la photosynthèse) **(Hamidou *et al.*, 2005 ; Slama *et al*.,2005).**

Afin de résoudre ces problèmes et d'améliorer le développement et le rendement des espèces végétales, plusieurs approches ont été utilisées depuis plusieurs années **(Basra et *al.*, 2003)**. La technique la plus fréquente et la plus commune est l'amorçage ou l'endurcissement connue sous le nom de « *priming* ».

C'est une méthode physiologique qui améliore la production végétale en modulant les activités métaboliques de la germination avant l'émergence 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)**. Cette technique est peu coûteuse et évite l'utilisation de produits chimiques qui peuvent être indésirables pour l'environnement et la santé humaine.

Beaucoup d'auteurs ont montré chez différentes espèces de grandes cultures telles que le haricot, la lentille, le blé, le maïs, le riz, la pastèque, le melon, la tomate, la carotte et l'amarante, que l'endurcissement des semences permet l'accélération et la synchronisation de la germination **(Heydecker et *al.*, 1973 ; McDonald, 2000)**, ainsi qu'une meilleure croissance, une floraison plus précoce, une plus grande tolérance aux stress et un rendement plus élevé **(Harris et *al.*, 2002 ; Basra et *al.*, 2006 ; Moosavi et *al.*, 2009)**

Le présent travail est réalisé dans un essai qui regroupe trois population de légumineuses : *Lens culinaris Medik* **(Cokkiizgina., 2013)**, *Vigna unguiculata* **(Marchel *et al.*, 1978)** *et Cicer aretinum* **(Conquiste., 1981)** dont le but été de suivre leur comportement afin évaluer leur adaptation à la contrainte hydrique. Notre analyse s'porté sur l'étude des paramètres de germination et de croissance précoce pour mieux comprendre les mécanismes d'adaptation à la sécheresse.

La progression de cette étude comporte deux étapes successives dont la première consiste à :

Une synthèse bibliographique concernant les légumineuses en générale, suivi d'une approche sur le stress hydrique pour définir les stratégies de tolérance ou de résistance, et une troisième étape synthétisant le priming et l'amorçage des graines,

La deuxième étape présente la méthodologie du travail utilisé, suivi d'une exposition des résultats auxquels nous nous sommes parvenu ainsi que leurs discussion.

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE 1 :

Synthèse bibliographique sur Les légumineuses

CHAPITRE I : Synthèse bibliographique sur les légumineuses

I.1 Généralité sur légumineuses

Les légumineuses sont des plantes appartenant à la famille des Leguminosae également appelées Fabaceae. Il s'agit d'une grande famille avec plus de 18 000 espèces d'alpinistes herbes, arbustes et arbres dont seul un nombre limité est utilisé dans l'alimentation humaine. **(Maphosa et Jideani, 2017).** Les légumineuses occupent la deuxième place en termes de production mondiale après les céréales avec une production mondiale estimée à 81 millions de tonnes **(Anonyme, 2016).**

Différents types de légumineuses existent : cultivées seules ou en association, en culture ou en couvert. Une distinction est faite entre les légumineuses à graines et les légumineuses fourragères. Les légumineuses à graines sont des légumineuses annuelles dont les graines sont récoltées à maturité. Ces graines sont riches en amidon ou en lipides, et en protéines. Elles sont utilisées pour l'alimentation humaine ou animale **(Schneider *et al.*, 2015).** Le pois, la féverole, le lupin, la vesce, le pois chiche et le soja sont des exemples de légumineuses à graines. Elles peuvent être cultivées en culture pure ou en association avec d'autres espèces pour être récoltées **(Schneider *et al.*, 2015).**

I.2. Répartition géographique

I.2.1.Dans le monde

La production agricole de légumineuses remonte à 10 000 ans avant Jésus-Christ. Comprenant un large éventail d'espèces, de variétés et de cultivars, les légumineuses sont produites dans des conditions écologiques très diverses aux quatre coins de la planète **(Anonyme, 2016).**

La moitié des superficies occupées par la culture des légumineuses alimentaires dans le monde est le continent asiatique, avec une superficie de 49%. Alors que le quart des superficies cultivées se localise en Afrique, mais la production est jugée faible avec 21,68% suivie par le continent asiatique **(Schneider *et al.*, 2015).** Les superficies consacrées à la culture des légumineuses varient d'une année à l'autre, en fonction de la disponibilité des semences, des politiques en matière de prix, de subventions et de primes à la production, ou

encore des conditions météorologiques, des prix des engrais, des pathologies végétales, de la concurrence avec d'autres cultures dans les régions concernées, a production mondiale de légumineuses est en progression régulière depuis les années 1960. En 2014, le premier pays producteur de légumineuses au monde était l'Inde. Venaient ensuite le Canada, le Myanmar, la Chine, le Brésil et l'Australie. Les trois plus gros producteurs de la région Europ et Asie centrale sont la fédération de Russie, suivi de la Turquie et de la France **(Anonyme, 2016).**

I.2.2.En Algérie

Les légumineuses alimentaires en Algérie ont toujours occupé sur le plan de la superficie, le troisième rang après les céréales et les fourrages. Leur superficie soit de l'ordre de 90 mille ha représentant 0,21 % de la superficie agricole totale en 2014. Les espèces les plus cultivées sont dans l'ordre : la fève, la fèverole, le pois chiche le pois sec, les lentilles et le haricot sec **(Anonyme, 2014).**

La région de l'est algérien se caractérise par une grande diversité de légumineuses spontanées et cultivées **(Anonyme, 2006).** Parmi les légumineuses alimentaires, la culture de la lentille a été favorisée par le Ministère Algérien de l'Agriculture depuis les années 2007-2008 **(Anonyme, 2006).** En Algérie, Beaucoup de variétés de lentilles longtemps cultivées ont disparu, de nos jours la lentille cultivée est locale de mélanges variables ou d'origine européenne. Plusieurs variétés ont été introduites, et plusieurs nouvelles d'entre elles ont été sélectionnées en fonction de leur capacité d'adaptation aux différentes conditions agro climatiques rencontrées dans le pays **(Anonyme, 2006).**

I.3. Caractéristiques botaniques

Les Légumineuses représentent une famille importante et variée des Angiospermes. En effet, il s'agit de la troisième plus grande famille chez les plantes supérieures avec plus de 720 genres et 20 000 espèces **(Cronk *et al,* 2006)** Classiquement, les Légumineuses sont divisées en trois sous-familles à savoir les Caesalpinoideae, les Mimosoideae et les Papilionoideae (Faboideae). La plupart des espèces cultivées appartiennent à la dernière sous-famille citée.

Les Papilionoideae représentent la sous-famille la plus diverse avec 429 genres et environ 12000 espèces **(Young *et al.*, 2003)**. Deux groupes majeurs de plantes cultivées sont présents au sein de cette sous-famille. Il s'agit des légumineuses tempérées encore appelées Galégoides, avec les genres Cicer (pois chiche), Lens (lentilles), Lotus (lotier) Medicago

(luzerne), Melilotus (mélilots), *Pisum* (pois) *Trifolium* (trèfle) et *Vicia* (vesce) etc. Le deuxième groupe est celui des légumineuses tropicales ou Phaséolides, avec notamment les genres Phaseolus (haricot), Glycine (soja), Vigna (vigne) et Cajanus (pois d'Angole).

Les Caesalpinoideae (150 genres et 2 200 espèces) sont principalement constituées de plantes ornementales et d'arbres à bois ou alimentaires (Tamarindus etc.) **(Young *et al.* 2003).** Quant aux plantes de la sous-famille des **Mimosoideae** (62 genres et environ 2 500 espèces), elles sont présentes principalement dans les forêts tropicales et subtropicales avec notamment les genres Acacia et Albizia **(Young *et al.*, 2003).**

I.3.1. Diversité des légumineuses

La figure 01 ci-après illustre de façon non exhaustive, la grande diversité biologique au sein de la famille des Légumineuses.



Figure n°01 : Diversité des légumineuses. (Vernif, 2008).

A.*Glycine max*, le soja (*Papilionoideae*). **B.** *Vigna unguiculata*, le niébé *(Papilionoideae*)**.** **C.** *Pisum sativum*, le pois cultivé (*Papilionoideae*) **D.** *Cercis siliquastrum* (*Caesalpinoideae*). **E.** *Albizia julibrissin* (*Mimosoideae*). **F.** *Acacia albida* (*Mimosoideae*).

I.3.2. Classification des légumineuses

La famille des fabacées est une famille de plantes dicotylédones appelée anciennement Papilionacées à cause de la forme particulière de leurs fleurs **(Graham et Vance 2003)**. Le nom de la Famille des Fabaceae, découle du nom de genre Faba. Or, il se trouve que ce nom de genre n'est plus utilisé, ayant laissé place au genre Vicia. Un représentant de l'ancien genre Faba (du latin faba, fève) est la fève anciennement *Faba vulgaris* maintenant *Vicia faba*. La famille est aussi appelée couramment Légumineuses (Leguminosae) ou Papilionacées (Papilionaceae), mais ce ne sont pas de vrais synonymes. Chaque nom s'applique à une condition particulière. Selon les classifications, la composition de cette famille varie:

- Les Fabacées, au sens limité, est adopté en classification classique en 1981. Ce groupe est nommé Fabaceae (stricto sensu) ou Papilionaceae. Cette famille comprend 12 000 espèces réparties en plus de 400 genres. (En classification phylogénétique, ce groupe des plantes serait la sous-famille Faboideae.)
- Les Fabacées, au sens large, est adopté en classification phylogénétique **d'APG II (2003).** Ce groupe est nommé Fabaceae (lato sensu) ou Leguminosae. Cette famille comprend 18 000 espèces réparties dans trois sous-familles. (En classification classique, ce groupe des plantes serait l'ordre des Fabales avec trois familles).

Dans la classification des légumineuses, il apparaît les trois sous-familles :

- sous-famille Caesalpinioideae avec une fleur pseudo-papillonacée.
- sous-famille Mimosoideae avec une fleur régulière.
- sous-famille Faboideae ou Papilionoideae avec une fleur typique en papillon.

I.3.3. Cycle de développement de légumineuses

D'après **Vignau-Loustau (2005)** les stades de développement des légumineuses sont le suivant :

- **Végétatif :** Absence total de boutons floraux.
- **Début bourgeonnement :** 5% environ des plantes ont des boutons floraux.
- **Bourgeonnement :** 50% environ des plantes ont des boutons floraux.
- **Début floraison :** 5% environ des plantes ont des fleurs épanouies.
- **Floraison :** 50% environ des plantes ont des fleurs épanouies.

L'indicateur stade de développement est un repère pratique très utilisé dans le but d'une bonne rentabilité, ainsi le stade codifié est considéré comme un instrument efficace

pour améliorer la gestion des légumineuses et pour déterminer la date de la coupe et du pâturage, parce qu'il est fortement corrélé avec la production, la composition morphologique et surtout avec la valeur alimentaire d'une espèce fourragère **(Borreani *et al.*, 2003).**

I.4.L'importance de légumineuse

I.4.1.Intérêt agro-écologique

La plus grande partie des légumineuses (88%) des espèces étudiées interagissent avec les bactéries du genre Bradyrhizobium ou Rhizobium pour former des nodules fixateurs d'azote de l'air De ce fait les légumineuses sont parmi les plantes les plus étudiées **(Patriarca et col , 2004: Gage, 2004; Stacey et col 2006).** Elles sont donc une voie d'entrée naturelle d'azote dans les éco- (et agro-) systèmes, ce qui valait aux légumineuses une place importante dans les systèmes agricoles jusqu'à la production à grande échelle d'engrais industriels au milieu du XXe siècle **(De Faria et col. 1989 Hirsh et col, 2001).** Ces engrais azotés ont pourtant un impact négatif sur l'environnement : une consommation énergétique importante (pour leur fabrication, leur transport et leur épandage), l'insertion de légumineuses dans les rotations a d'autres intérêts agronomiques comme de participer à la réduction de l'usage des produits phytosanitaires à l'échelle de la rotation. En effet, l'alternance de familles botaniques différentes dans des rotations allongées et des cycles de cultures différents (cultures d'hiver / de printemps) contribuent à améliorer la qualité du sol et rompre les cycles des pathogènes, des ravageurs ou des adventices, ce qui diminue le risque de maladie et la pression générale des bio-agresseurs. à l'échelle de l'exploitation ou du territoire, la diversification des assolements permet de diversifier la faune sauvage et donc les mécanismes de régulation naturelle et autres services écosystémiques **(Schneider et Huyghe, 2015).**

L'utilisation d'engrais est associée à de graves problèmes environnementaux, notamment la présence de plus en plus fréquente d'espèces végétales envahissantes, l'altération de la qualité de l'eau et la contribution aux émissions de gaz à effet de serre, ainsi que l'apparition de «zones mortes» dans de grandes étendues d'eau **(Rockström *et al.*, 2016).**Les légumineuses sont essentielles à une production durable, du fait qu'elles contribuent à la productivité des sols par des apports directs d'azote fixé biologiquement et par des apports indirects d'azote provenant des effluents d'élevage **(Giller et Cadisch, 1995).** L'une des principales sources d'aliments de haute qualité pour animaux, et sont

essentielles à l'intensification durable des systèmes d'élevage, et notamment des chaînes de valeur du secteur laitier et des systèmes d'engraissement en milieu confiné. En outre, les légumineuses sont l'une des composantes essentielles de toute initiative visant à diversifier et à améliorer l'alimentation des animaux d'élevage qui ont accès à des parcours ou à des pâturages. **(Sumberg,2002)**

I.4.2. Intérêt économique

La production des légumineuses a beaucoup augmenté depuis la seconde guerre mondiale. Vu que de nombreux régimes alimentaires sont à base de céréales complétée par des légumes secs, notamment dans les pays où l'accès aux protéines animales reste souvent limité. La superficie annuelle cultivée du niébé s'élève à plus de 12,5 millions d'hectares dont 9,8 millions sont réalisés en Afrique de l'ouest **(CGIAR, 2001)**. Les populations des pays en développement absorbent environ 90 % de la production mondiale des légumineuses destinées à l'alimentation humaine **(Anonyme, 2001).**

I.4.3. Intérêt alimentaire

En Afrique le manque de protéines chez l'enfant, est une des formes de malnutrition, induisant à un retard de croissance, est à l'origine de l'une des formes de malnutrition les plus pernicieuses. Les légumineuses alimentaires sont particulièrement appréciées pour leurs produits riches en nutriments notamment la graine et, très souvent, la partie végétale (feuilles et gousses) **(Dixon et Sumner, 2003).** Les produits végétaux à teneur élevée en protéines issus des légumineuses sont également utilisés pour l'alimentation animale. Ces produits comprennent les tiges, les feuilles, ainsi que les gousses et les graines mûres ou immatures. Les avantages nutritionnels des légumineuses ne s'arrêtent pas à la teneur élevée en protéines. Ces plantes apportent également un complément unique d'acides aminés (tryptophane et lysine, notamment) **(Asif *et al.*, 2013).**

I.5.Les espèces étudiées

I.5.1.Niébé

I.5.1.1.Généralités

Le niébé (*Vigna unguiculata* L. Walp) ;**(Marechal *et al.*, 1978)** est l'une des plus importantes légumineuses cultivées et consommées en Afrique **(Kadri *et al.*, 2013 ; Boukar**

***et al.*, 2019).** Sa contribution à la réduction de la pauvreté et à l'amélioration de la sécurité alimentaire est considérable **(Sanou *et al.*, 2016).** En effet, il a une importance capitale dans le régime alimentaire et possède une forte teneur en protéines (20 à 35% de poids sec) et particulièrement en acides aminés essentiels **(El-Jasser, 2011).**

I.5.1.2. Origine et répartition géographique

I.5.1.2.1.Dans le monde

Selon **Stanton (1970), Chaux et Foury (1994)**, *V. unguiculata* est d'origine africaine c'est ce que rapportent également **Couplan et Marmy (2004).** Le niébé s'est ensuite diffusé dans le monde entier, cultivé et consommé extensivement en Asie, en Amérique du Sud et du Centre, dans les caraïbes, aux États Unis, dans le moyen orient en Afrique et en Europe australe. **(Zuang, 1991 ; Lagutti *et al* . 1994 ; Cisse et Hall, 2004).**

I.5.1.2.2. En Algérie

En Algérie, le niébé est une espèce qui présente une grande diversité génétique **(Ghalmi et *al.*, 2009)**. Il est introduit depuis fort longtemps dans le pays mais n'a jamais été cultivé à très grande échelle. La présence de formes cultivées du niébé en Algérie est signalée pour la première fois par certains auteurs **(Singh *et al.*, 1997).**Les écotypes locaux sont maintenus dans les régions les plus reculées (montagnes de Kabylie, oasis du Sahara, le littoral d'El Kala). Ils sont utilisés dans l'art culinaire traditionnel de certaines régions où on leur attribue parfois des vertus thérapeutiques. Le niébé est généralement cultivé sur des petites superficies relevant souvent du jardinage, ce qui peut causer à long terme son extinction. Les fermiers pratiquant la culture traditionnelle du niébé, que ce soit par choix ou par nécessité, conservent et développent cette ressource en préservant les écotypes locaux et le savoir-faire local associé **(Ghalmi *et al.*, 2009).**

Ces formes cultivées sont également citées par **Trabut (1935)** dans son répertoire des noms indigènes des plantes sous le nom berbère de Tadelaght. **Anoun et Echikh(1990)** entreprirent la première étude bio- systématique des formes cultivées. Un premier travail de collecte d'échantillons de graines des cultivars traditionnels du niébé a eu lieu en 1996 par une équipe de chercheurs du Centre de Recherche Scientifique et Technique des Régions Arides (CRSTRA, Algérie), dans deux régions différentes en Algérie : les oasis du Touat (sud-ouest) et les montagnes de la Kabylie dans le nord de l'Algérie **(Echikh *et al.*, 1997).**

Echikh (2000) présente une étude iso-enzymatique des formes cultivées de *Vigna unguiculata* collectées dans les montagnes de Kabylie au nord et les oasis du Touat au sud. Par ailleurs, une caractérisation agromorphologique et génétique des écotypes locaux de niébé, collectés dans différentes régions de l'Algérie, a été réalisée par **Ghalmi *et al*(2009).**

I.5.1.3. Caractéristique botanique

- **Morphologie**

V. unguiculata L.Walp est une plante herbacée annuelle ou vivace, grimpante, rampante ou plus ou moins érigée et cultivée comme annuelle ; la racine est pivotante bien développée, et les racines latérales et adventives sont nombreuses ; la tige atteignant 4 m de long, est anguleuse ou presque cylindrique. **(Madomba 2006).**

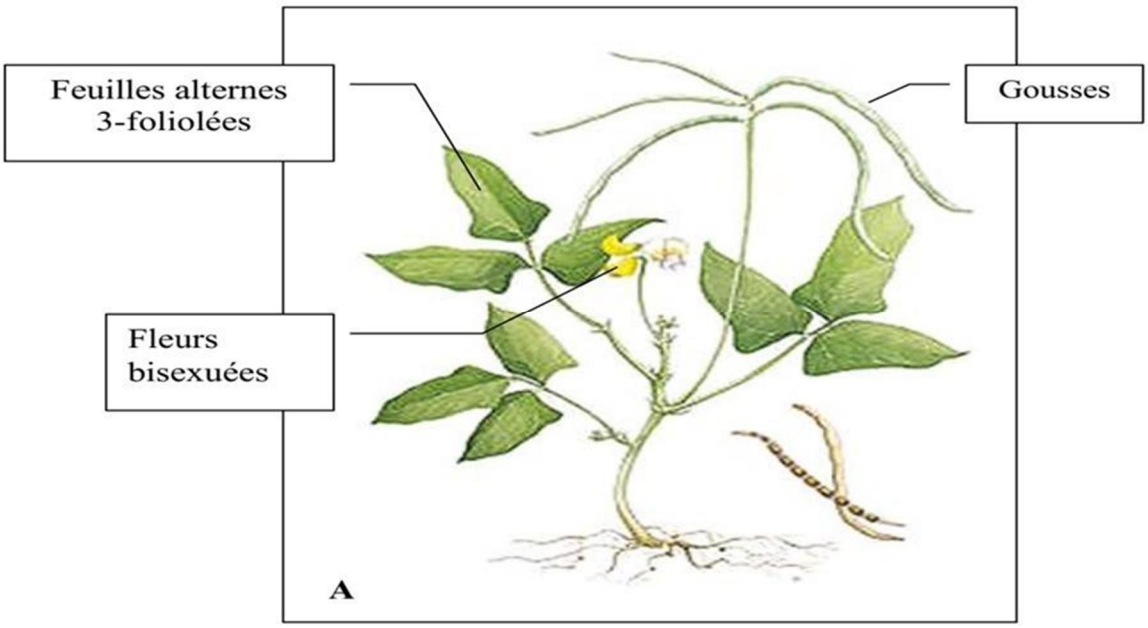


Figure n°02: Morphologie de *V. unguiculata*, (A) plante entière, (B) Gousses, (C) graines **(Anonyme, 2008). https://uses.plantnet-project.org**

Les feuilles sont alternes, et 3-foliolées. Inflorescence : c'est une fausse grappe axillaire ou terminale atteignant 35 cm de long à fleurs groupées près du sommet ; le rachis tuberculé. Et les fleurs sont bisexuées. **(Madomba 2006).**

Fruit : La gousse est linéaire-cylindrique de 8–30 cm de long, rectiligne ou légèrement courbé, pourvue d'un bec court, glabre ou légèrement pubescente, brun pâle à maturité et contenant 8–30 graines. Les graines oblongues à presque globuleuses sont souvent comprimées latéralement, de 0,5–1 cm de long, elles sont noires, brunes, roses ou blanches ;

le hile oblong et couvert d'un tissu blanc, à arille noirâtre en bourrelet. La plantule à germination épigée à des cotylédons oblongs ou en faucille épais **(Madomba 2006).**

I.5.1.4. Classification

Embranchement ..... Spermaphytes.
Sous-embranchement… ..... Angiospermes.
Classe ..... dicotylédones.
Ordre ..... Fabales.
Famille ..... Fabaceae.
Sous famille ..... Faboideae.
Tribu..... Phaseolae.
Sous tribu..... Phaseolinea.
Genre ..... *Vigna.*
espèce ..... *Vigna unguiculata* **(Marechal *et al.*, 1978).**
Ainsi, trois espèces distinctes composent le genre Vigna, il s'agit de :

- *Vigna unguiculata.*
- *Vigna Sinensis.*
- *Vigna sesquipedalis* **(Kay, 1979).**

I.5.1.5. Intérêt culturel de l'espèce

I.5.1.5.1.Intérêt agronomique

L'importance agronomique du niébé se situe dans les systèmes céréaliers des régions semi-arides. II est cultivé en association avec le mil, le sorgho, le maïs ou les arachides **(Quin 1997)** en raison de l'apport d'azote comme engrais vert **(Latati *et al.*, 2014)** et de l'apport organique pour les céréales. En effet, grâce aux bactéries symbiotiques, du genre Rhizobium présentes dans les nodosités des racines, le niébé transforme l'azote atmosphérique en composés assimilables par la plante **(K wapata et Hall, 1985).** La plante permet ainsi d'obtenir de bons rendements dans les systèmes de rotation ou d'association avec les céréales **(Ouédraogo, 1991).**

I.5.1.5.2. Intérêt économique

Le niébé est la plus importante légumineuse à graine dans la zone de savane tropicale d'Afrique. Il est cultivé et consommé dans plusieurs pays **(Singhet *et al.*,2002)** vu qu'il

représente un important légume vert et constitue une précieuse source de fourrage. L'Afrique est la première région consommatrice et productrice du niébé avec un taux de production de94% de la production mondiale. Cette dernière représentait 5,68 millions de tonnes en 2009 avec une superficie cultivée de 11,8 millions d'hectare dont 10 millions sont réalisés en Afrique **(Anonyme, 2010).**

I.5.2. Lentille

I.5.2.1.Généralité

La lentille cultivée *(Lens culinaris,* 1787) est une espèce de plantes dicotylédones annuelles appartenant à la famille des Fabaceae ou légumineuses, elle est probablement originaire d'Asie occidentale, d'où elle s'est diffusée vers la méditerranée, en Asie, en Afrique et en Europe **(Brink et Belay, 2006).**

I.5.2.2. Origine et répartition géographique

I.5.2.2.1.Dans le monde

La lentille est une légumineuse anciennement cultivée il y a environ 10 000-11 000 années **(Weiss et Zohary, 2011),** originaire du Proche Orient et s'est propagée après dans le bassin méditerranéen et l'Asie Centrale **(Cubero *et al.*, 2009).** L'Asie du Sud-ouest (la région entre l'Afghanistan et le Turkestan) était également considérée comme un centre d'origine possible en raison de la plus forte proportion de variétés **endémiques (Barulina, 1930 in Kumar *et al.*, 2014)**; plus tard cette région a été mieux expliquée comme centre de diversité secondaire.

I.5.2.2.2.En Algérie

La lentille à côté d'autres légumes sec (Pois chiche, le Pois et la Fève) assure une fonction importante en corrigeant les carencée en protéine animales inaccessibles à une large couche de la population Algériennes. **Witcombe (1984)**, cite l'Algérie comme une région prioritaire pour la collecte de la lentille. En effet, les variétés locales de cette espèce ont développé une forte adaptation aux environnements diverse une large diversité génétique. Cependant, depuis plusieurs années, les observations consignées par le collecteurs indiquent une érosion génétique du matériel naturel local de la lentille, cette

culture tend à disparaître du paysage agricole, car très peu de surfaces restent emblavées **(Anonyme, 2006).**

I.5.2.3. Caractéristiques botanique

Selon **Hamadache (2014)**. La lentille est une plante annuelle herbacée de 20 à 72 cm de haut la Figure 3 montre les différentes étapes de la description morphologique de la lentille.

- **La tige:** dressée et très rameuse. **(Hamadache, 2014).**
- **La feuille:** alternée, est composée de 1 à 8 paires de petites folioles. La couleur de la foliole varie du vert clair au vert bleuâtre et se termine par une vrille.
- **La fleur:** est une papilionacée, auto fertile et de couleur blanche.
- **La gousse:** (fruit) est oblongue, glabre compressée latéralement et contient une ou deux graines aplaties en forme caractéristique de disque faiblement bombé. La couleur des graines varie selon les variétés des plus pâles (vert pâle, blond, rose) au plus foncé (vert foncé, brun, violacé…..), alors que le nombre de gousses par plante varie largement en fonction de la densité de semis et de la variété.
- **La graine :** petite de taille, le poids de 100 graines varie entre 2 et 8 grammes **.**

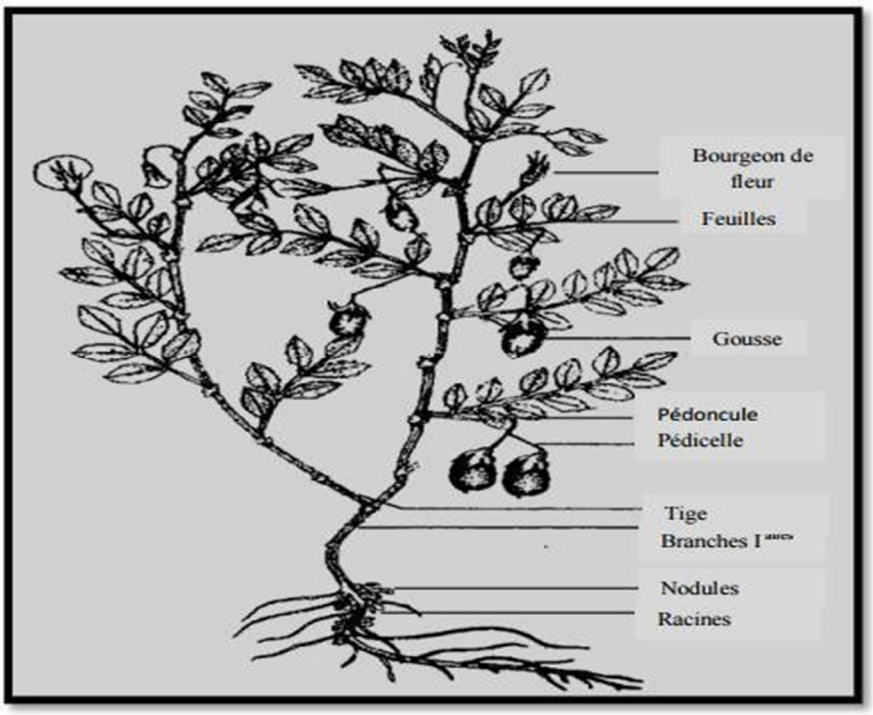


Figure n°03: Morphologie de *lens culunaris* **(Anonyme, 2008)**

Selon **Saxena (2009),** la lentille est regroupée en deux groupes en fonction de la taille des semences:

- Le groupe microsperma : avec relativement des gousses petites et enflées (6-15 × 3,5-7,0 mm) et de petites graines (diamètre 3-6 mm); et

- Le groupe macrosperma : avec relativement des gousses grandes et aplaties (15-20 × 7,5-10,5 mm) et de grosses graines ayant un diamètre entre 6 et 9 mm. Il existe aussi une diversité dans la couleur des grains de lentille, du jaune, rouge orange, marron et noir **(Yadav *et al.*, 2007a; Erskine, 2009).**

I.5.2.4. Classification

D'un point de vue taxonomique, la classification classique des lentilles se présente comme suite (Cokkizgina, 2013):

Règne.....Plantae.
Sous Règne .....Tracheobionta.
Embranchement.....Spermatophyta.
Sous Embranchement .. Magnoliophyta.
Classe.....Magnoliopsida .
Sous Classe .....Rosidae.
Ordre..... ...Fabales.
Famille.....Fabaceae.
Genre.....*Lens.*
Espèce.....*Lens culinaris.* **(Cokkizgina, 2013 ; Anonyme , 2012).**

I.5.2.5. Importance de l'espèce

I.5.2.5.1.Intérêt agronomique

La lentille, comme toute autre légumineuse, a la capacité de fixer l'azote atmosphérique, ce qui est utile pour la gestion de la fertilité des sols dans les systèmes de culture à base de céréales **(Kumar *et al.*, 2014)** donc réduire la demande en engrais azotés **(Chahota *et al*. 2007).** La culture est aussi conseillée en rotation avec les céréales pour la gestion des mauvaises herbes, des maladies et des ravageurs des céréales **(Rahman *et al.*, 2009).**

I.5.2.5.2. Intérêt économique

Du point de vue économique, l'introduction de la culture de lentille dans les systèmes de cultures a un intérêt sur le rendement du blé. Selon **Hamadache (2014),** un essai de longue durée a été mené pour la mise en évidence de l'intérêt économique de la rotation

lentille-blé par rapport aux autres rotations. L'analyse économique a montré que cette rotation était la plus rentable, suivie de la rotation blé-vesce-fourrage et la rotation blé-jachère. La rotation blé-blé a été la moins rentable **(Hamadache,2014).**

I.5.3. Pois chiche

I.5.3.1.Généralités

Le pois chiche (*Cicer arietinum* L.) est une plante de la famille des fabacées. C'est une légumineuse alimentaire de grande importance en Europe, l'Afrique du Nord l'Inde et les pays du Moyen orient **(Iqbal *et al.*, 2006 ;Viveros *et al.*, 2001).**

I.5.3.2. Origine et répartition géographique

I.5.3.2.1.Dans le monde

Depuis la haute antiquité, le pois – chiche est connu dans le bassin méditerranéen et dans le Sud-est de l'Asie et en Inde **(Erroux, 1975).** Il est originaire du Moyen-Orient, plus précisément du sud-Est de la Turquie **(Singh 1997)** et le Nord Est de la Syrie **(Staginnus *et al.*, 1999).** Il a été cultivé pour la première fois à environ 7000 - 8000 avant JC **(Sharma et Muehlbauer, 2007).** Il aurait été cultivé pour la première fois dans la région méditerranéenne il y a 5000 ans **(Vander Maesen, 2006)** par les Phéniciens **(Boumgartnera, 1998),** cultivé principalement en Algérie, Ethiopie, Iran, l'Inde, le Mexique, le Maroc, le Pakistan, l'Espagne, la Syrie, la Tanzanie, la Tunisie et la Turquie **(Naghavi et Jahansouz, 2005).** Il se développe dans les environnements écologiquement divers **(Chandirasekaran *et al.*, 2007).**

I.5.3.2.2.En Algérie

Le Pois chiche est célèbre en Algérie, comme c'est le cas dans tous les autres pays méditerranéens. En effet, sa culture été pratiquée avant le colonialisme **(Laumont et Chevassus, 1956 ; Labdi, 1990; Hamadach, 2001)**. Son usage comme une nourriture humaine est assez fréquente dans les soupes (Chorba et Harira), sauces (Couscous), plats (Tadjines), et les sandwichs (Karentika) **(Labdi, 1990).**

I.5.3.3. Caractéristiques botanique

I.5.3.3.1. Morphologie

- **Racine:** Longue et robuste, pivotante, avec de nombreuses racines latérales munies de nodules fixateurs d'azote atmosphérique. Le système racinaire peut atteindre jusqu'à 2m de profondeur **(Ducke, 1981 ; Obaton, 1983).**
- **Tige:** Anguleuse, très ramifiée, d'une hauteur de 20 cm à1 m. La plante peut présenter un port soit étalé, soit semi dressé.
- **Feuille:** Est composée de 7à17 folioles, imparipennée à pétiolée, terminée par une vrille.
- **Fleurs:** Sont typiquement papilionacées et généralement solitaires de couleur blanche bleue ou violette.
- **Fruit:** Est une gousse de forme ovale renfermant une ou deux graines ovoïdes **(Ducke ,1981).**

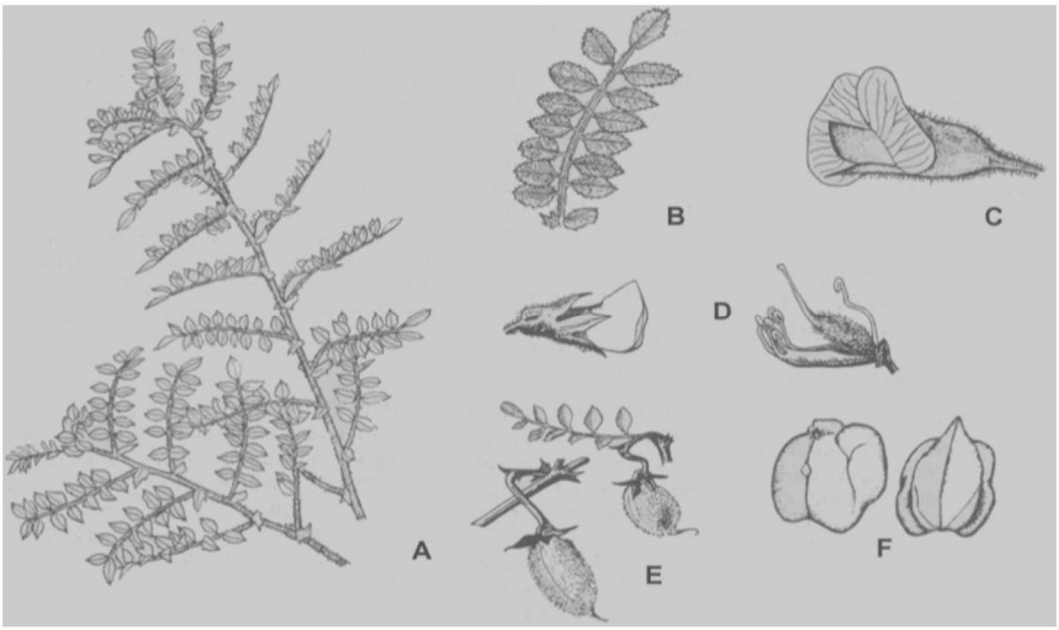


Figure n °04: le Pois chiche, *Cicer arietinum* L. : tige feuille **(A),** feuille composée de 16 folioles **(B),** fleur zygomorphe **(C),** étamines, pistil et ovaire **(D),** gousses en développement **(E),** graines **(F). (Zohary et Hopf, 1988). https://www.scirp.org**

I.5.3.3.2. Classification

Selon **Cronquiste (1981),** *C.arietinum* appartient à la classification suivante :

Règne ..... Plantea.

Sous-règne ..... Ttracheobionta.

Division.....Magnoliophyta.

Classe.....Magnoliopsida.

Sous classe.....Rosidae.

Ordre.....Fabales.

Famille.....Fabaceae.

Genre.....*Cicer*.

Espèce.....*Cicer arietinum.* **Cronquiste(1981)**.

I.5.3.4. Importance de l'espèce

I.5.3.4.1.Intérêt agronomique

Le pois chiche est une légumineuse présentant des nodosités racinaires hébergeant des bactéries qui ont la capacité de fixer l'azote atmosphérique et le restituer au sol. Cette symbiose avec *Rhizobium ciceri* enrichit le sol en azote, renforçant sa fertilité et améliorant les rendements. La fertilité des sols va favoriser l'installation d'autres plantes présentant un intérêt écologique par le recouvrement des zones arides et semi arides. Cet apport d'azote limite le recours aux engrais chimiques, ce qui réduit le coût de production et la pollution de l'environnement **(Zaghouane *et al*., 1995; Kichou, 2003).**

I.5.3.4.2.Intérêt économique

Économiquement, le remplacement de la jachère nue par la culture du pois chiche dans le système céréales-jachère représente un gain de surfaces cultivées **(Kande, 1965).**
La culture du pois chiche occupe la troisième place dans la production mondiale des légumineuses après la fève et le petit pois, dont l'Asie est le premier producteur avec une superficie de 10 159 000 ha **(Rajesh, 2001).**

La superficie des terres cultivées en Algérie s'élève à 5 243 067 ha soit 2,22% de la superficie totale du pays. La culture du pois chiche occupe en Algérie seulement 0,63% de la superficie des terres cultivées soit 33 295 ha. La production nationale se situe entre 270 et 350 tonnes par an. Les principales zones de culture de pois chiche sont Sétif, Constantine et Guelma (est du pays) et Sidi Bel Abbes, Timouchent Mascara et Tlemcen (ouest du pays) **(Anonyme, 2015).**

CHAPITRE 2 :

Le Stress hydrique

CHAPITRE II : Le stress hydrique

II.1. Notion de stress

Selon **Amrouche et Mesbah (2017)** Le stress est défini comme étant l'ensemble de perturbations biologiques causées par une agression quelconque sur un organisme. Il induit une contrainte défavorable sur l'organisme vivant. Par contre, lorsque le terme stress est employé en biologie végétale, il est considéré comme le (s) facteur (s) responsable (s) des perturbations et des changements brusques durant le développement de la plante.

II.2. Notion de sécheresse

La sécheresse représente un facteur important dans la limitation de la croissance et donc de la productivité végétale **(Boucelha et Djebbar, 2019).** Elle affecte plusieurs aspects du métabolisme et de la physiologie de la plante tels que les échanges gazeux, les relations hormonales et surtout le statut hydrique. Dans les zones arides, l'installation d'une sécheresse se manifeste par une restriction de la disponibilité en eau du sol (faibles précipitations) et augmentation de la demande évaporative (fortes températures). L'adaptation à la sécheresse est sans aucun doute l'un des processus biologiques les plus complexes. Elle implique des modifications morphologiques, biochimiques et génétiques. Pour pallier à cela, il faut recourir à des génotypes tolérants à la sécheresse ou adapter les techniques culturales. **(Boucelha et Djebbar, 2019).**

Généralement, la sécheresse du sol est lente **(Larcher, 1995),** mais la diminution de l'humidité de l'air peut parfois être rapide **(Yokota *et al.*, 2006).** D'un point de vue physique, le stress hydrique résulte d'un abaissement du potentiel hydrique dans l'air et/ou dans le sol en dessous d'une certaine valeur, dépendant du génotype, du phénotype et des caractéristiques du milieu (type de sol, température, vent) **(Lamaze *et al.*, 1994).**

II.3. Définition de stress hydrique

Le stress hydrique peut se définir comme le rapport entre la quantité d'eau nécessaire à la croissance de la plante et la quantité d'eau disponible dans son environnement sachant que la réserve d'eau utile pour la plante est la quantité d'eau du sol accessible par son système racinaire **(Laberche, 2004)**.La demande en eau de la plante est quant à elle déterminée par le

niveau de transpiration ou évapotranspiration, ce qui inclut les pertes d'eau tant au niveau des feuilles qu'au niveau du sol **(Laberche, 2004).** L'adaptation est un mécanisme nécessaire pour les variétés à adopter dans les régions arides et semi- arides, pour tolérer la sécheresse **(Slama *et al.*, 2005).**

II.3.1. sècheresse dans le monde

Selon **Xavier Le flaive *et al.*,(2012),** l'accroissement de la demande en eau va accentuer le stress hydrique dans beaucoup de bassins hydrographiques, en particulier dans les régions très peuplées des économies en développement rapide. En conséquence, la planète comptera plus de bassins hydrographiques soumis à un stress hydrique élevé en 2050, d'après les projections du scénario de référence (figure05). D'ici à 2050, le nombre d'habitants concernés devrait fortement augmenter, pour atteindre 3.9 milliards, soit plus de 40 % de la population mondiale, contre 1.6 milliard en 2000. Près des trois quarts de l'ensemble des personnes confrontées à un stress hydrique élevé vivront alors dans les pays du groupe BRIICS. La quasi-totalité de la population de l'Asie du Sud et du Moyen-Orient et de largesparts de celle de la Chine et de l'Afrique du Nord se trouveront dans des bassins hydrographiques affichant un stress hydrique élevé.

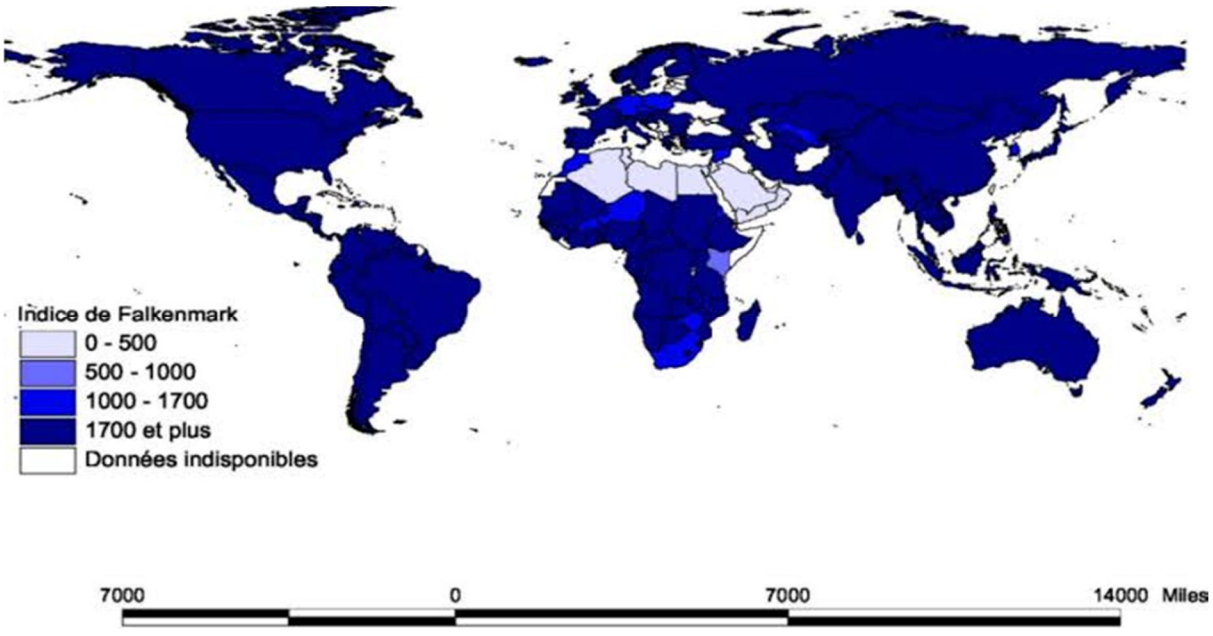


Figure n°05: Stress hydrique par bassin hydrographique : Scénario de références, 2000 et 2050 **www.journals.openedition.org**

Les conséquences pour la vie quotidienne sont incertaines, et dépendront largement de l'efficacité des stratégies de gestion de l'eau mises en place. Par ailleurs, le stress hydrique devrait s'atténuer quelque peu dans certains pays de l'OCDE, tels que les États-Unis. On prévoit en effet une baisse de la demande (grâce à des gains d'efficience et à une réorientation structurelle au profit d'activités de services consommant moins d'eau) et une augmentation des précipitations due au changement climatique. **(Xavier Le flaive et al., 2012).**

II.3.2. sécheresse en Algérie

De part sa rareté, l'eau au Maghreb est un sujet de préoccupations des pouvoirs publics et source de tensions sociales. Cette zone aride à semi-aride de la rive Sud de la Méditerranée est l'une des régions au monde où le défi hydraulique, conjugué au défi alimentaire, se pose dans les termes les plus aigus **(Perennes, 1993 ; Mutin, 2000 Dugot, 2001).** Alors que le changement climatique affecte une hydrologie difficile, la montée des besoins (AEP urbaines, industries, irrigation) est sans commune mesure avec ceux du passé. Selon les scénarios du Plan Bleu, la pression sur la ressource en eau, mettrait l'Algérie, pays en pleine mutation (36 millions d'habitants en 2010), en situation de crise aigue à l'horizon 2025 (moins de 500 m^3 par habitant et par an) **(Benoit & Cameau, 2005).**

Le bilan hydrologique moyen annuel de l'Algérie du Nord fait ressortir l'importance du déficit d'écoulement (part des pluies perdue par évapotranspiration réelle) qui atteint 87,4 % alors que 12,6 % seulement des précipitations profitent à l'écoulement (Tableau 1). Avec les disparités du contexte hydroclimatique, le coefficient d'écoulement varie considérablement à travers les bassins versants (découpage hydrographique de l'Agence Nationale des Ressources Hydraulique ANRH): il passe de 2,3 % (Hauts Plateaux oranais) à 38,4 % (Côtiers constantinois)

Les volumes d'apport liquide des cours d'eau varient dans de grandes proportions

Tableau 1 : Bilan d'écoulement moyen annuel de l'Algérie du Nord (période : 1965/66- 1994/95). **(Mebarki & Laborde, 2009)**

	Pluie (P)	**Écoulement (E)**	**Déficit d'écoulement (D)**
10 m3/an	80,690	10,174	70,515
%	100%	12,6%	87,4%

Conjuguée à l'indigence des précipitations, l'évapotranspiration potentielle excessive se traduit par des déficits hydriques considérables, atteignant leur pic pendant la saison sèche d'été. La carte de la Figure 07 représente les déficits hydriques annuels moyens, calculés sur un maillage deux fois kilométrique, selon la méthode du bilan simplifié de Thornthwaite, avec une RFU standard de 50 mm **(Mebarki & Laborde, 2009).** La répartition des déficits en bandes zonales longitudinales, de 400 à 2200 mm, traduit la brutalité des contrastes climatiques Nord-Sud. Le stress hydrique est plus accusé dans la région de l'Ouest (la tranche de déficit 800-1000 mm pénètre jusqu'au littoral oranais), beaucoup moins arrosée que la région de l'Est. Du littoral au Piémont saharien, la saison agronomique sèche s'étale sur 4 jusqu'à 12 mois dans l'année. On admet que la consommation globale d'un hectare de culture irriguée est de 5000 m3/an dans le Tell, de 8000 en zone steppique et de 10 à 20 000 au Sahara **(Cote, 1996).**

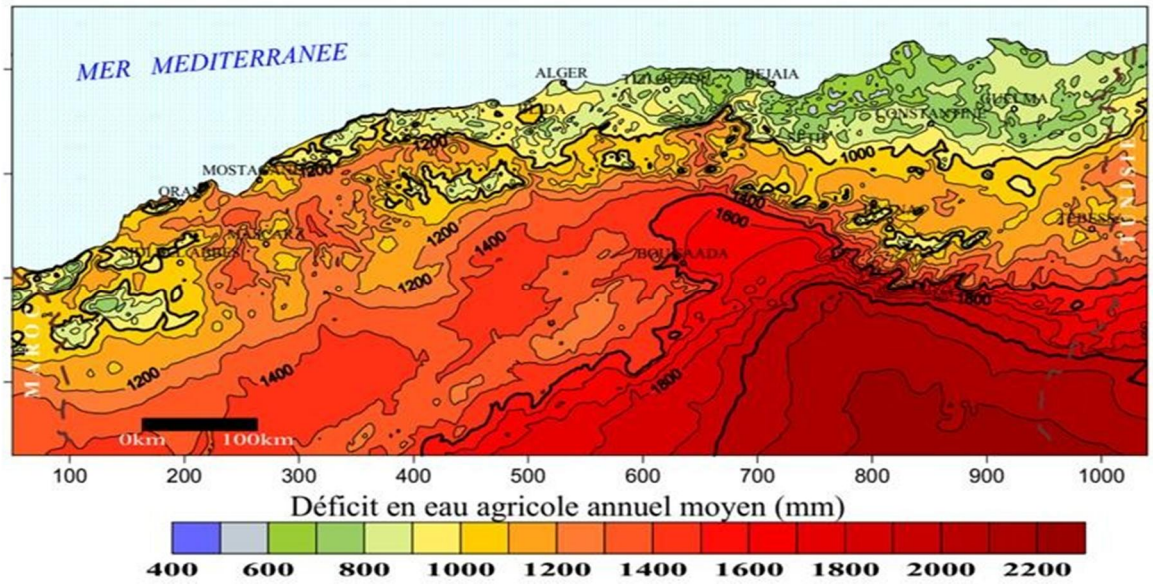


Figure n°06 : Zones de déficit hydrique moyen annuel de l'Algérie du Nord **(Mebarki & Laborde, 2009)**.

II.4. L'eau dans la plante

L'eau composant majeur des cellules qui maintient leur turgescence est un solvant des matières minérales et organiques ; a un pouvoir tampon très important et est également une source d'hydrogène, pour les réactions biochimiques de la photosynthèse. Les mouvements de la plante, sont le résultat d'eau qui se déplace dans et hors de ces parties, exemple : les mouvements diurnes, l'ouverture des stomates, l'ouverture des fleurs.

L'eau joue aussi un rôle important dans l'élongation et la croissance cellulaire **(Fourneau, 2000 ; Thebault, 2001 Saupe, 2007).**

II.5. Les effets de stress hydrique

II.5.1.Sur la germination

En absence d'humidité suffisante, la graine même si elle est correctement placé dans le sol, elle n'évolue pas, retardant ainsi, la levée de la culture et en cas de persistance de sécheresse la situation peut se traduire par une absence de levée **(Feliachi *et al.*, 2001).** La sécheresse est l'un de principaux facteurs environnementaux qui affecte grandement la germination des espèces cultivées et réduit leur survie au cours des stades précoces de développement. Au cours de cette phase, c'est le métabolisme des carbohydrates qui se trouve fortement affecté (**Ingram *et al.*, 1996)**, à travers la perturbation du fonctionnement enzymatique impliqué dans ce processus. Il a été démontré que le glyceraldéhyde-3-déshydrogénase cytologiques est fortement induite par le déficit hydrique ce qui est l'origine d'un changement de l'acuité de la glycose (**Velasco *et al.*, 1994)**. De nombreux gènes contrôlant le métabolisme des sucres simples sont régulés en amont par les variations de l'hydratation cellulaire. Quoi que l'hydrolyse de l'amidon et la libération des sucres réducteurs énergétiques constituent une étape incontournable dans le déroulement de la germination, mais indirectement la disponibilité des carbohydrates pendant cette phase assure un rôle de protection contre le déficit hydrique. Ils constituent les principaux osmolytes impliqués dans l'ajustement osmotique assurent une protection des macromolécules essentiellement membranaires **(Bray *et al.*, 1989).**

II.5.2. Sur la croissance

Dans les conditions de déficit hydrique, il ya un ralentissement des activités biologiques à plusieurs niveaux : métabolisme, croissance et turgescence. Le stress hydrique fait réduire le nombre de feuilles par plante, la surface foliaire et la longévité des feuilles (Atti, 2002; Shao et al., 2008). Du point de vue agronomique, la réduction du nombre de grains et la réduction du rendement sera toujours observée **(Tardieu *et al.*, 2006)**.

II.5.3. Sur la photosynthèse

La diminution de la photosynthèse, liée à la diminution de la teneur relative en eau et du potentiel hydrique foliaire, est due essentiellement, à la réduction de la pénétration du CO2, limitée par une fermeture des stomates **(Plaut et Federman, 1991)**. En effet, l'effet dépressif d'une contrainte hydrique sur la photosynthèse des végétaux résulte non seulement d'une baisse de la conductance stomatique, mais également d'une altération de l'appareil photosynthétique et/ou d'une diminution de la surface foliaire **(Kaiser, 1987).**

Différents auteurs, ont noté une diminution significative de la photosynthèse en cas de sécheresse **(Nouri, 2011)**. A titre d'exemple, La culture du mil en condition difficile d'alimentation en eau, conduit à une diminution de la capacité maximale de photosynthèse d'environ 37% **(Radhouane, 2009).**

II.5.4. Mécanisme d'adaptation des plantes au stress hydrique

Pour lutter contre le manque d'eau, les plantes développent plusieurs stratégies adaptatives qui varient en fonction de l'espèce et des conditions du milieu. La résistance d'une plante à une contrainte hydrique peut être définie, du point de vue physiologique par sa capacité à survivre et à s'accroître et, du point de vue agronomique, par l'obtention d'un rendement plus élevé que celui des plantes sensibles **(Hsissou, 1994).** La résistance à la sécheresse est liée à la capacité d'une

variété à développer un nombre élevé de mécanismes d'adaptation et non pas à la présence d'un mécanisme donné **(Hayek *et al*., 2000). (Passioura, 2004)** mentionne qu'elle est la résultante de nombreuses modifications phénologiques morphologiques physiologiques et biochimiques, reflétant différents types d'adaptation (esquive évitement, et tolérance).

La résistance à la sécheresse est un terme générique qui comprend plusieurs processus. On en distingue classiquement quatre: L'échappement, la restauration, la tolérance à la déshydratation et l'évitement. **Jones (1992) in (Kiani, 2007)**, a défini et établi une classification des 'stratégies' d'adaptation des plantes à la sécheresse : la première consiste à "éviter" le stress hydrique et l'autre à le "tolérer".

Les mécanismes **d'évitement** réduisent l'impact d'un stress bien qu'il soit présent dans l'environnement. La première façon d'éviter la sécheresse est l'esquive**. L'esquive** permet à la plante de réduire ou d'annuler les effets de la contrainte hydrique par une bonne adaptation de son cycle de culture à la longueur de la saison des pluies. Le développement rapide avec

une floraison précoce permet à la plante d'éviter les périodes sèches. Cette stratégie appliquée aux espèces cultivées a amené à décaler la date de semis et/ou à sélectionner des variétés plus précoces permettant d'éviter les déficits hydriques de fin de cycle**. (Nabors, 2008).**

La deuxième façon d'éviter la sécheresse est la capacité de la plante à maintenir un état hydrique satisfaisant. La stratégie de l'évitement est principalement liée, d'une part, à la réduction de la transpiration et d'autre part, à une optimisation de l'absorption d'eau par les racines. Une réduction de la croissance foliaire est bénéfique aux plantes soumises à un stress hydrique, puisque la surface des feuilles est diminuée et la transpiration réduite. Habituellement, l'effet exercé par un potentiel hydrique faible est attribué à une perte de turgescence des cellules des zones en croissance **(Nabors, 2008).** Du fait que le grandissement cellulaire intervenait suite à une entrée d'eau qui après la relaxation du stress de la paroi cellulaire, provoquait la pleine turgescence des cellules, donc un apport réduit de l'eau se traduit par la réduction de la croissance **(Hopkinsw, 2003).**

En plus, la réduction de la perte en eau par la fermeture stomatique est un moyen d'adaptation des plantes au stress hydrique. L'efficacité de l'extraction de l'eau du sol par les racines figure parmi les types d'adaptation permettant à la plante d'éviter ou, plus exactement, de retarder la déshydratation de ses tissus **(Turner et *al.*, 2001).** L'augmentation de l'absorption peut être due à l'extension de l'absorption en profondeur et en surface, à la vitesse de croissance et de ramification des racines **(Laurent et Sané, 2007).** La tolérance exige que l'organisme soit en équilibre thermodynamique avec le stress, ce qui signifie que les conditions qui règnent dans la plante sont en équilibre avec les conditions de l'environnement externe. La tolérance à la sécheresse implique que l'organisme survive à une dessiccation qui n'endommage pas sont protoplasme et qu'il conserve la capacité de reprendre une croissance normale lorsque le protoplasme sera réhydraté. **(Temagoult. 2009).**

Le maintien de la turgescence lors d'un déficit hydrique permet de retarder la fermeture des stomates, de maintenir le volume chloroplastique et de réduire le flétrissement foliaire. Cette aptitude confère à la plante une meilleure tolérance au déficit hydrique interne qui permet un fonctionnement prolongé de la photosynthèse. Les produits carbonés peuvent alors être utilisés autant pour l'ajustement osmotique que la croissance racinaire .La tolérance à la sécheresse est le résultat de mécanismes physiologiques, biochimiques et moléculaires complexes. L'expression de différents gènes et l'accumulation de divers osmolytes tels que la proline, les sucres solubles (l'ajustement osmotique) couplés à un système antioxydant

efficace sont souvent les principaux mécanismes de tolérance au déficit hydrique. Plusieurs de ces mécanismes ont été caractérisés chez différents plantes **(Kiani, 2007).**

II.5.5. Synthèse des protéines liées à la tolérance au stress hydrique

Les protéines de stress jouent un rôle dans l'adaptation de la plante et de ce fait de nombreux chercheurs abordent la résistance au stress par l'isolement et l'étude de ces molécules **(Campalans et *al.*, 1999).**

II.5.6. Protéines de type LEA « Late-Embryogenesis-Abundant »

Des études ont permis de classer les protéines identifiées en différentes catégories selon leur fonction. Le premier groupe de protéines intègre une grande famille de protéines qui sont les LEA. Ces polypeptides sont synthétisés à la fin de l'embryogenèse, ce qui confère leur nom, leur nature est hydrophile. Elles sont fortement exprimées dans les tissus des plantes en réponse à des facteurs de stress environnemental **(Wong, 2009).** Les LEA, forment un groupe remarquable de protéines induites par le stress hydrique et qu'on trouve chez toutes les plantes **(Campbell et Close, 1997),** elles n'ont pas de fonctions enzymatiques, mais elles sont très efficaces dans la protection de membrane cellulaire et des protéines par des structures quaternaires **(Close, 1996). Ramanjulu et Bartels, (2002)** ont proposé que ces protéines puissent jouer un rôle en protégeant les structures cytoplasmiques pendant la déshydratation. Ces protéines sont synthétisées et accumulées pendant les périodes du stress hydrique et après stress osmotique dans tous les organes de la plante, elles ne contiennent ni de Cys (Cystéine) ni de Trp (Trepcine) et de ce fait elles résistent à la dénaturation thermique et à la dénaturation acide, elles pourraient agir comme un tampon pour limiter la sortie d'eau de la cellule **(Tompa et *al.*, 2006).** Elles ont un poids moléculaire moyen qui varie entre 15 et 200 KDa **(Ramanjulu et Bartels, 2002).**

Un autre mode d'action a été proposé pour les LEA. En effet, lorsque les plantes subissent un stress violent, les composés cellulaires ont tendance à se cristalliser provoquant de nombreux dommages au sein de la cellule. Ce phénomène peut être contrecarré par les LEA, qui peuvent agir comme des solutés compatibles pour augmenter la viscosité du milieu intracellulaire et ainsi éviter sa cristallisation **(Ramanjulu et Bartels, 2002).**

II.5.7. Aquaporines

Les plantes équilibrent leur état hydrique en ajustant la conductibilité de l'eau de leurs tissus, les tissus vasculaires et les cellules de garde jouent un rôle important dans ce processus

(Maurel et Chrispeels, 2001). Les aquaporines sont des protéines qui sont incluses dans les membranes dont elles accroissent la perméabilité à l'eau. Elles peuvent réguler la conductivité hydraulique et augmenter de 10 à 20 fois la perméabilité à l'eau des membranes **(Maurel et Chrispeels, 2001).** L'expression et l'activité des aquaporines sont modulées par la déshydratation. **Smart et *al*., (2001)** ont montré que la répression de gènes d'aquaporines diminue la perméabilité à l'eau des membranes et peut conduire à la conservation cellulaire de l'eau pendant des périodes de contrainte hydrique. En revanche, il y a des exemples de gènes d'aquaporines, qui sont exprimés pendant le stress hydrique ayant pour résultat une plus grande perméabilité et une augmentation du flux de l'eau **(Yamada et *al*., 1997).**

CHAPITRE 3 :

Traitements pré germinatifs des semences (priming ou amorçage).

CHAPITRE III : Traitements pré germinatifs des semences (priming ou amorçage)

III.1. Rappels sur la semence et lagermination

III.1.1.Semence

La graine est une étape importante dans le cycle de vie végétal supérieur en ce qui concerne sa survie en tant qu'espèce. C'est l'unité de dispersion de la plante, qui est capable de survivre à la période entre la maturation de la graine et l'établissement de la prochaine génération en tant que plante après sa germination. Pour cette survie, la graine, principalement à l'état sec, est bien équipée pour supporter de longues périodes de conditions défavorables **(Bewley, 1997)**. Le développement des graines est divisé en trois grandes étapes : l'embryogenèse, le remplissage (l'accumulation des réserves) et la dessiccation (Phase de quiescence) **(Bewley and Black, 1994)**.

III.1.2. Germination

La germination est donc définie comme la phase transitoire entre le stade graine sèche et l'apparition de la radicule **(Bewley and Black, 1994).** Le processus de germination se décompose en trois phases (imbibition, germination et croissance). Selon les physiologistes et les biologistes, la germination commence avec l'imbibition de la graine ; phénomène essentiellement physiologique et se termine avec le début de la croissance marquée par l'allongement de la radicule **(Bewley, 1997 ; Evenari, 1957).** La germination est un processus très complexe fondé sur des propriétés moléculaires assurant le déroulement des trois phases et elle est influencée par de nombreux facteurs endogènes et exogènes **(Shafii et Price, 2001).** On considère généralement qu'avant la fin de la deuxième phase, la germination reste un processus réversible : les graines peuvent être séchées à nouveau et rester en vie pendant le stockage sans être affectée, ce qui permet de relancer ensuite la germination dans des conditions favorables.

III.2. Priming

III.2.1.Définition

Les traitements prégerminatifs (ou de prégermination) représentent des méthodes physiologiques qui améliorent la production végétale en modulant les activités métaboliques de la germination avant l'émergence de la radicule **(Bradford, 1986; Taylor and Harman,1990),** c'est à dire au cours de la phase réversible de la germination, au cours de laquelle la semence peut revenir à son état initial sans dommages **(Bayard, 1991).** Au cours du priming, les semences sont hydratées partiellement à un niveau d'humidité suffisant pour permettre le déroulement des processus métaboliques prégerminatifs, mais insuffisant pour assurer la percée de la radicule **(McDonald, 2000; Ghassemi-Golezani *et al*., 2010 Boucelha et Djebbar, 2015 ; Boucelha *et al*., 2019).**

III.2.2. Type de priming

Les méthodes de traitement prégerminatif des semences peuvent être divisées en deux groupes selon que l'absorption d'eau est incontrôlée (hydro et hormopriming) ou contrôlée (osmo et chimiopriming) **(Taylor *et al*., 1998).**

III.2.2.1. Hydropriming ou redéshydratation

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 al*., 1992).** Cette technique est peu couteuse et évite l'utilisation de produits chimiques qui peuvent être indésirables pour l'environnement et la santé humaine **(Harris *et al*., 1999 ; McDonald, 2000 ; Harris *et al*. 2001 ; Ghassemi-Golezani *et al*., 2008).**

Il a été bien montré que les effets positifs de l'endurcissement sont associés à diverses modifications physiologiques, biochimiques, cellulaires, moléculaires et génétiques telles que la mobilisation des réserves, la dégradation de l'albumen, l'activation des systèmes antioxydatifs, la stimulation de la synthèse des osmolytes et l'activation du cycle cellulaire et de certains gènes de tolérance aux stress abiotiques **(Bray *et al*., 1989 ; Dell'Aquila et al. 1989 ;Davison *et al*., 1991 ; De Castro *et al*., 2000 ; Varier *et al*., 2010).**

a.Simple hydropriming

C'est la technique de traitement prégerminatif la plus simple consistant à imbiber avec de l'eau les semences puis à les redéshydrater avant le semis **(Tarquis et Bradford, 1992).** Cette technique est peu coûteuse et évite l'utilisation de produits chimiques qui peuvent être préjudiciables pour l'environnement **(McDonald, 2000; Ghassemi-Golezani *et al.*, 2008).**

b.Double hydropriming

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 de meilleurs résultats en améliorant très significativement les performances germinatives, la croissance ainsi que la tolérance aux stress chez *Vigna unguiculata* **(Boucelha et Djebbar, 2015; Boucelha, 2015 Boucelha *et al.*,2019).**

III.3.2.2. Osmopriming

C'est un type d'amorçage des semences le plus communément utilisé. Il consiste à faire subir aux graines un prétraitement 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 (KNO_3, NaCl, KCl) ou les polyols (mannitol) **(Bradford 1986 ; Yari *et al.*, 2010)**. Plusieurs auteurs ont montré que les plantes issues de graines osmoconditionnées avaient une émergence accélérée conduisant à un taux final d'implantation accru et même des effets favorisants sur le rendement ont également été observés **(Bradford, 1986).**

III.3.2.3. Halopriming

Halopriming se réfère au trempage des graines dans les solutions de sels inorganiques. Un certain nombre d'études ont montré une amélioration significative de la germination des graines, de l'émergence et de l'établissement des plantules, et du rendement final des cultures dans les sols affectés par le sel à la suite de la halopriming des graines.**Chang-Zheng, H., Jin, H., Zhi-Yu, Z., Song-Lin, R., and Wen-Jian, S. (2002).**

III.3.2.4. Thermopriming

Thermopriming se réfère au traitement des semences à basse ou à haute température pour améliorer la germination et l'émergence des plantules dans des conditions

environnementales défavorables.**Babaeva, E. Y., Volobueva, V. F., Yagodin, B. A., and Klimakhin, G. I. (1999).**

Le traitement à basse température des semences chez certaines espèces est une pratique courante dans l'agriculture, soit pour protéger les graines contre la germination précoce dans des environnements inadaptés, soit pour améliorer positivement la germination.**Ashraf, M., Kausar, A., and Ashraf, M. Y. (2003).**Bien que le traitement des semences de présemis avec des températures spécifiques soit efficace pour améliorer la germination des graines et l'émergence des plantules, il peut également améliorer la croissance et le développement ultérieurs des plantes. Cependant, il existe peu d'informations disponibles dans la littérature reflétant le rôle du traitement de la température des semences dans l'amélioration de la croissance et le rendement des semences de différentes cultures dans des conditions salines.**Ashraf, M., and Foolad, M. R. (2005).**

I.1.1.1 Hormone priming

Le Prétraitement des semences avec des concentrations optimales de régulateurs de croissance des plantes (PGR) peut efficacement améliorer la germination ainsi que la croissance et le rendement de cultures dans des conditions normales et de stress. Plusieurs régulateurs de croissance sont couramment utilisés pour l'amorçage des semences, notamment l'acide ascorbique. Il a été démontré que le traitement des Semences avec des hormones de croissance améliore la germination des cultures sous stress salin. **Darra, B. L., Seth, S. P., Singh, H., and Mendiratta, R. S. (1973).**

III.4. Mécanismes du priming

Il a été bien montré que les effets positifs du priming sont associés à diverses modifications physiologiques, biochimiques, cellulaires, moléculaires et génétiques. Certaines conséquences du priming sont peut-être dues à la méthylation de l'ADN ou à la conformation spatiale de la chromatine **(Boucelha *et al.*, 2019).** Ainsi, les phénomènes épigénétiques sont d'une importance capitale pour la compréhension de nombreux phénomènes en biologie des plantes ; ils jouent un rôle déterminant dans l'adaptation des plantes à leur environnement **(Hebrard, 2012).** Ces changements épigénétiques sont modulés lors du développement et de l'exposition au stress, résultant en un mécanisme de défense plus efficace **(Bruce *et al.*, 2007 ; Tanou *et al.*, 2012).**

PARTIE EXPERIMENTALE

CHAPITRE 1 :

MATERIEL ET METHODES

CHAPITRE IV: MATERIEL ET METHODES

IV.1. Objectif de l'étude

Cette étude concerne l'effet des différentes méthodes de l'amorçage des graines (thermopriming et hormopriming par l'acide acétique) sur les performances germinatives et croissance précoce de trois légumineuses (lentille, niébé et pois chiche) soumises au stress hydrique.

IV.2. Localisation de l'essai

Notre étude L'essai a été réalisée dans une étuve, au niveau du laboratoire de Biologie de la faculté de Sciences à l'Université Dr. Yahia Farés de Médéa. Le déroulement de l'essai est conditionné par des températures de 25°C. Il concerne l'effet de déférente concentration de l'acide acétique (priming) et thermopriming, ainsi que la durée de priming sur la performance germinative des trois populations soumises au stress hydrique.

IV.3. Matériel végétale

Le matériel végétal utilisé est lentille *(lens culinaris*), niébé (*Vigna unguiculata* (L.) Walps) et pois chiche (*Cicer arietinum*) d'origine et de comportement au déficit hydrique déférent.

IV.3.1. Lentille (*lens culinaris*)

Notre premier matériel végétal est constitué de la population (*lens culinaris*) est originaire de Médéa, et provient de la Coopérative des Céréales et Légumes Sec **(C.C.L.S)** Médéa. **(Figure n°07**).



Figure n°07: Aspect de semence de la population de *lens culinaris* étudiée**.**

(Originale., 2021).

IV.3.2. Niébé (*vigna unguculata*)

Le deuxième matériel végétal est constitué de *vigna unguculata* L Walp, originaire de sahara (Adrar) et fourni par l'Institut Technique de grandes cultures (ITGC) de STAOUALI **(Figure n°08).**



Figure n°08 : Aspect de semence de la population de Vigna unguiculata (L.) Walps étudiée **(Originale., 2021).**

IV.3.3. Pois chiche (*cicer artinuim*)

Le troisième matériel végétal est constitué de *Cicer artinuim* est originaire de Médéa, et provient de la coopérative des céréales et légumes sec (C.C.L.S) Médéa **(Figure n°09)**



Figure n° 09: Aspect de semence de la population de *Cicer artienuim* étudiée **(Originale., 2021)**

Les principaux caractères agromorphologiqes des populations étudiées et leur localisation géographique sont présentés dans le tableau 02.

Tableau n°02: Caractéristiques agro morphologiques des populations de lentille, niébé et pois chiche étudiées et leur localisation géographique.

	lentille	**Niébé**	**Pois chiche**
Population	Syrie 229	Vigna d'adrar	kabuli
Origine géographique	Médéa	Adrar, Sahara	Médéa
Longitude	2° 44°N	27°49N	2° 44°
Latitude	36° 17°N	27°49N	36° 17°
Altitude(m)	1030	279	1030
Couleur de graine	marron	Rouge	beige
Longueur moyenne de graine	0.4 cm	0 ,5 cm	1 cm
Forme de graine	Ronds et aplatis	Rhomboïde	sphérique
Texture de graine	Lisse	Lisse	Lisse
Poids de 100 graines (g)	4 gramme	10 gramme	34 gramme
Type du climat	Climat sub humide	Climat désertique avec un hiver froid et un été très chaud et sec.	Climat sub humide
Date de récolte	2020	2014	2020

IV.4.Méthode d'étude

IV.4.1.Amorçage des graines

– Les graines sont stérilisées dans une solution d'hydrochlorate de sodium 5% pendant 5 minutes.

– puis rincées les graines trois fois à l'eau distillée.

– trois concentrations de priming appliquées de l'acide acétique CH_3COOH (10mM; 20mM; 50mM), les graines d'écotype ont été imbibées pendant 4H, à température ambiante dans les solutions de priming.

– Les graines non traitées (non priming) sont stérilisées pour servir de témoin,

et des graines sont stérilisées aussi pour servir de thermo priming.

Donc nous avons :

– Le témoin non priming (**NP).**

– Thermo priming mette dans un congélateur à 4°C pendant 4H **(TH).**
– (10mM) d'acide acétique = pendant 4H(**AA10).**
– (20mM) d'acide acétique = pendant 4H **(AA20).**
– (50mM) d'acide acétique= pendant 4H **(AA50)**.

Après l'amorçage, les graines sont lavées avec de l'eau distillée et étalées sur une serviette en papier pour se déshydrater à l'ombre pendant 72 heures.

IV.4.2.Préparation des solutions hydrique pour l'application du stress

La solution de PEG à un potentiel osmotique donné, est préparée en faisant dissoudre la quantité de PEG 6000 dans l'eau distillée avec l'utilisation d'un agitateur. Les solutions à préparer de diffèrent niveau sont :

(5%,10% ,15%,20%) en plus d'eau distillée comme témoin.

Le PEG est un polymère non ionique hydrosoluble non perméable pour les cellules. Il est utilisé pour induire un déficit hydrique car il réduit la disponibilité en eau sans causer de dommage physiologique **(Romo *et al*., 2001).**

Donc nous avons :

– Eau distillé **(T0).**
– 5% de PEG 6000= 50g/l **(T1).**
– 10% de PEG 6000= 100g/l **(T2).**
– 15% de PEG 6000= 150g/l **(T3).**
– 20% de PEG 6000= 200g/l **(T4).**



Figure n°10: Les différents niveaux de la masse de PEG **(Originale. ,2021)**

IV.5. Mise à germination

IV.5.1. Protocole expérimentale au laboratoire

Après avoir subi l'amorçage, les graines sont ensuite placées dans les boîtes de pétri de 9 cm de diamètre et 1,3 cm d'épaisseur, contenant deux couches de papier filtre, et mises à germer à l'obscurité dans une étuve à 25°c. Chaque essai porte sur 10 graines.

Dans un cas, nous avons imbibé les boites contenant des graines avec 10 ml de l'eau distillée (témoin), dans les autres cas, nous avons ajouté 10 ml de solution à différent potentiel hydrique de PEG6000 (stress hydrique). Chaque traitement est répété trois fois. Pour une période de 7 jours.

La germination est repérée par la sortie de a radicule hors des téguments de la graine dont la longueur est d'au moins de 2 mm **(Daur, 2018).**



Figure n°11: La mise en germination de trois populations **(Originale., 2021)**

Le dispositif randomisation totale (**figure 11**), avec trois populations le niébé, le pois chiche et lentille, Cinque traitements hydrique de PEG (T0, T1, T2, T3, T4), 3 répétitions, Cinque niveaux de priming (Témoin : Non priming NP, AA10, AA20, AA50, thermo-priming), soit un total de 225 boites de Pétri.

Chaque répétition comprend trois facteurs **:**

Facteur 1 : Représente les différents traitements de solutions hydrique de PEG appliqués : (T0) ; eau distillée ;(T1) Solution hydrique de PEG concentrée à 5% (50 g/l) (T2) Solution hydrique concentrée à 10% (100g/l) ;(T3) solution hydrique concentrée à 15%(150g/l) ;(T4) solution hydrique 20%(200g/l).

Facteur 2: représente Cinque niveaux de priming utilisés : Témoin (Non *priming*), AA 10mM, AA 20mM AA 50mM , Thermo priming (4°C).

Facteur 3 : représente Trois populations (*lens culinaris Medik*), (*Vigna unguiculata*) (*Cicer arietinum*).

Les solutions sont versées dans les proportions de 2,5 fois le poids du papier. Le critère de germination retenu correspond au moment où la radicule perce les enveloppes, selon la définition de Côme (1970).

Tableau n°03 : dispositif expérimentale

T2THVR1	T2THVR3	T1NPLR1	T0AA50LR1	T2NPVR3	T2AA10VR3	T0NPVR2	T0AA50PCHR2	T1NPLR2
T3THVR1	T4THLR2	T0AA10LR1	T4AA20LR1	T1THLR1	T4AA50LR3	T0AA50PCHR1	T2AA10LR1	T2AA50PCHR1
T4THVR1	T0AA10VR2	T1THVR3	T1AA20LR3	T4AA50LR1	T1NPPCHR1	T0NPPCHR3	T1AA50PCHR1	T0NPVR1
T3THVR3	T1AA10VR1	T0AA20LR1	T2NPVR1	T3THVR2	T3THLR2	T4THLR3	T3NPLR1	T1AA50PCHR3
T2AA50LR2	T4THVR2	T1AA50LR2	T0THLR1	T0NPLR1	T0NPPCHR1	T2NPPCHR2	T1AA50PCHR2	T0AA10LR2
T0AA10VR1	T1AA10LR1	T0THVR1	T0AA50LR2	T1AA10VR2	T0NPPCHR2	T3AA20LR3	T3NPPCHR3	T2AA50PCHR2
T2THVR2	T2AA10VR1	T4NPLR3	T1AA10LR3	T2AA10LR3	T4AA20LR2	T2NPPCHR1	T2AA20LR2	T3NPPCHR2
T3NPVR3	T4THVR3	T3NPVR2	T1NPPCHR2	T1NPPCHR3	T3AA50LR1	T1THLR3	T3NPPCHR1	T0AA50LR3
T1AA50LR3	T3A10VR1	T1THVR2	T4NPVR1	T3AA20LR1	T2NPPCHR3	T3NPVR1	T0THVR3	T2AA50PCHR3
T0AA10VR3	T1AA10LR2	T0THLR2	T0NPLR2	T4NPPCHR1	T0NPLR3	T3AA50PCHR2	T3AA50PCHR1	T3NPLR2
T2AA50LR1	T3AA10VR2	T1AA10VR3	T4AA20VR1	T3AA50LR3	T4NPVR2	T1AA20LR2	T4AA50PCHR2	T4AA50PCHR2
T0NPVR3	T4AA10VR1	T0AA20LR3	T0THVR2	T1AA20LR1	T4AA50PCHR1	T3AA50PCHR3	T3AA10LR2	T4AA50PCHR3
T4AA50LR2	T1THLR2	T4AA10VR2	T4THLR1	T1AA20VR2	T0AA20LR2	T0AA50LR2	T0AA50LR1	T4AA20LR3
T2AA50LR3	T3AA10VR3	T0THLR3	T0AA20VR2	T1AA50LR1	T1AA50LR2	T2NPLR1	T0AA50LR3	T2AA20VR3
T4NPVR3	T3AA50LR2	T4AA10VR3	T3THLR3	T2NPLR3	T1AA50LR3	T2AA50LR1	T2AA20LR1	T2AA50LR2
T1THVR1	T2AA20VR2	T1NPVR1	T1AA20VR1	T1NPVR3	T2THLR2	T1AA50LR1	T3AA50LR1	T2AA50LR3
T2THLR1	T4AA20VR2	T1NPLR3	T4NPPCHR2	T3AA50LR3	T4AA50LR1	T4AA50LR2	T2AA20LR3	T3AA50LR2
T2NPVR2	T3AA10LR3	T4NPPCHR3	T3THLR1	T4AA10LR2	T4AA50LR3	T0AA50VR1	T2AA50VR1	T2THLR3
T3AA20LR2	T4AA10PCHR3	T1NPVR2	T0AA20PCHR3	T2AA20PCHR1	T4AA20VR3	T0AA10LR3	T2AA50VR2	T2AA50VR3
T0AA20VR1	T1AA20VR3	T0AA20PCHR1	T4AA10LR1	T2AA20PCHR2	T2AA20PCHR3	T0AA50VR2	T3AA10LR1	T3AA50VR1
T2AA10LR2	T1AA10PCHR1	T4AA10LR3	T1AA20PCHR3	T2AA10PCHR1	T4AA20PCHR1	T0AA50VR3	T1AA50VR3	T3AA50VR2
T0AA10PCHR1	T4NPLR2	T0AA20PCHR2	T2AA10PCHR2	T3AA20PCHR1	T4AA20PCHR3	T1AA50VR1	T1AA50VR2	T3AA50VR3
T0AA10PCHR2	T1AA10PCHR2	T3AA10PCHR2	T1AA20PCHR2	T1AA20PCHR1	T2AA10PCHR3	T4AA50VR1	T4AA50VR2	T4AA50VR3
T2AA20VR1	T1AA10PCHR3	T4AA10PCHR2	T3AA10PCHR1	T3AA20PCHR2	T3AA20PCHR3	T4AA20PCHR2	T4AA50VR1	T4NPLR1
T3NPLR3	T0AA10PCHR3	T0AA20VR3	T4AA10PCHR1	T2NPLR2	T3AA10PCHR3	T0AA20PCHR3	T0AA20LR2	T0AA20LR3

IV.5.2. Les paramètres étudiés

Les paramètres étudiés au cours de ce travail sont :

IV.5.2.1. Évolution du pourcentage de germination (cinétique de germination)

Pour mieux appréhender la signification physiologique du comportement germinatif le pourcentage de graines germées est compté quotidiennement jusqu'au 7ème jour de l'expérience **(Hadjlaoui et al., 2007).**

- ✓ **Vitesse de germination**

Elle est exprimée par le nombre de graines germées à 24, 48, 72 et 96 h après le début de l'expérience. C'est un paramètre qui permet de mieux appréhender la signification écologique du comportement germinatif des variétés étudiées ainsi que l'ensemble des événements qui commencent par l'étape d'absorption de l'eau par la graine et se terminent par l'élongation de l'axe embryonnaire et l'émergence de la radicule **(Hajlaoui et al., 2007)**.
elle est calculée par la formule ci – dessous **(Maguire…., et Shahba *et al*)** respectivement.

$$VG = i [gi - g\ i\text{-}1)/i]$$

VG : Vitesse de germination.

g : Le pourcentage de germination le jour (i).

g (i-1) : Pourcentage de germination le jour qui précède le jour (i).

- ✓ **Pourcentage final de graines germées (PFG)** est calculé selon l'équation suivante :

$$PFG = NgNt * 100$$

Ng : c'est le nombre de graines germées le dernier jour (j7)

Nt : le nombre total de graines dans chaque traitement

- ✓ **Paramètres de croissance**

La longueur de la radicule et celle de l'epicotyle et l'hypocotyle ont été mesurées à l'aide d'une règle graduée (Camara et al., 2018).

Les mesures sont faites sur les trois premières graines qui ont germées dans chaque traitement.

Le poids secs (g) et le poids frais (g) de différentes plantules sont mesurés, le poids sec est déterminé après le séchage de chaque plantule dans un autoclave à 50 °C pendant 48H.

✓ **L'indice de vigueur (IVP)** est calculé en utilisant la formule suivante, telle que décrite par **Memon *et al.*,. (2013).**

IVP =[Longueur de plantules (cm)× PFG

PFG : Pourcentage final de graines germées

IV.5.2.2. Analyse statistique

La signification statistique des résultats obtenu au cours de cette étude a été testée par : une analyse de la variance à 03 facteurs (facteur traitement stress hydrique et facteur priming et facteur population). Nous avons effectué le test de la plus petite différence significative (LSD) à un risque d'erreur de 0,05 %. Les moyennes suivies de différentes lettres alphabétiques sont différentes significativement au seuil 5%.Nous avons utilisé le logiciel IBM statistique SPSS 22 pour effectuer ces tests. Les courbes ont été réalisées par l'Excel 2013.

CHAPITRE 2 :

RESULTATS ET DISCUSSION

CHPITRE V : Résultats et discussions

V. Résultats

Les résultats concernant l'influence des différentes méthodes de l'amorçage sur la germination et la croissance précoce, sous stress hydrique des populations de *Vigna unguiculata* L. (1978), *Cicer arietiunum* L (1981) et *lens culunaris* Medik (2013) sont présentés dans cette partie.

Les tableaux des tests statistiques réalisés par le logiciel SPSS 22 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 prétraitement des graines sur les différents paramètres sous stress hydrique.

V.1. Influence de l'amorçage sur la germination sous stress hydrique

La germination est étudiée à travers l'évolution du pourcentage de germination (tableau04, 05 et 06), le pourcentage final de germination (tableau 07) et la vitesse de germination (figure 12).

V.1.1. Évolution du pourcentage de germination

La réponse des trois populations à l'amorçage des graines varie selon le type du priming, la concentration de PEG et la population.

En général, et selon l'analyse de la variance à 3 facteurs, l'augmentation de stress hydrique à partir de T2 (15% de PEG) induit un retard de la germination et une réduction hautement significative du pourcentage final de germination chez le témoin sans amorçage et les graines qui sont traitées par les différentes méthodes d'amorçage durant 7 jours de germination (les tableaux 04,05 et 06). Cet effet est largement atténué par l'amorçage des graines qui induit une amélioration très hautement significative du pourcentage de germination, notamment pendant les premiers jours ainsi que du pourcentage final de germination (tableau 07). En effet, les graines amorcées germent rapidement et mieux par rapport aux graines non amorcées, en conditions normales et en conditions de stress hydrique.

Tableau n° 04: Effet des différentes méthodes de priming (Témoin ,NP: non priming, TH Thermopriming, AA10,AA20,AA50) sur le pourcentage de germination de (lentille) durant 7 jours soumises à différentes concentrations de PEG T0(eau distillé) T1 (5%),T2 (10%),T3 (15%), T4(20%).

Evolution journalière de pourcentage% de germination de (lentille)									
population	**traitement**	**priming**	**j1**	**j2**	**j3**	**j4**	**j5**	**j6**	**j7**
lentille	**T0**	**NP**	0	3.33	86.66	90	93.33	93.33	93.33
		TH	0	6.66	66.66	70	83.33	83.33	83.33
		AA10	0	23.33	66.66	66.66	73.33	73.33	73.33
		AA20	0	3.33	10	13.33	13.33	13.33	13.33
		AA50	0	0	0	0	0	0	0
		moyenne	0	7.33	46	48	52.66	52.66	52.66
	T1	**NP**	0	3.33	53.33	63.33	66.66	66.66	66.66
		TH	0	6.66	53.33	70	86.66	86.66	86.66
		AA10	0	6.66	46.66	53.33	56.66	56.66	56.66
		AA20	0	0	6.66	10	13.33	13.33	13.33
		AA50	0	0	0	0	0	0	0
		moyenne	0	3.33	32	39.33	44.66	44.66	44.66
	T2	**NP**	0	3.33	50	70	70	70	70
		TH	0	3.33	60	83.33	93.33	93.33	93.33
		AA10	0	6.66	46.66	70	76.66	76.66	76.66
		AA20	0	0	6.66	6.66	6.66	6.66	6.66
		AA50	0	0	0	0	0	0	0
		moyenne	0	2.66	32.66	46	49.33	49.33	49.33
	T3	**NP**	0	0	6.66	53.33	86.66	86.66	86.66
		TH	0	0	6.66	60	80	80	80
		AA10	0	0	33.33	63.33	70	70	70
		AA20	0	0	3.33	13.33	13.33	13.33	13.33
		AA50	0	0	0	0	0	0	0
		moyenne	0	0	10	38	50	50	50
	T4	**NP**	0	0	0	3.33	23.33	23.33	23.33
		TH	0	0	0	6.66	26.66	26.66	26.66
		AA10	0	0	0	3.33	33.33	33.33	33.33
		AA20	0	0	0	0	0	0	0
		AA50	0	0	0	0	0	0	0
		moyenne	0	0	0	2.66	16.66	16.66	16.66
STRESS HYDRIQUE			0	108,91***	180,09***	165,53***	70,38***	70,38***	70,38***
POPULATION			0	118,08***	74,24***	52,63***	88,87***	88,87***	88,87***
PRIMING			0	13,66***	21,58***	38,66***	78,59***	78,59***	78,59***

Chaque valeur représente la moyenne de trois répétitions. Les différentes lettres majuscules et minuscules sur la même colonne sont différentes significativement (P < 0,05). Les valeurs de F sont présentées. Niveau de signification sont comme suit : ns, *P < 0,05, **P < 0.01 et***P < 0.001. ns : non significatif, significatif, hautement significatif et très hautement significatif.

Tableau n° 05: Effet des différentes méthodes de priming (Témoin ,NP: non priming, TH Thermopriming,,AA10,AA20,AA50 acide acétique) sur le pourcentage de germination de (niébé) durant 7 jours soumises à différentes concentrations de PEG T0(eau distillé) T1 (5%), T2 (10%),T3 (15%), T4(20%).

Evolution journalière de pourcentage % de germination de niébé									
population	**traitement**	**priming**	**j1**	**j2**	**j3**	**j4**	**j5**	**j6**	**j7**
Niébé	**T0**	**NP**	0	20	76.66	83.33	90	90	90
		TH	0	20	80	80	86.66	86.66	86.66
		AA10	0	10	80	83.33	90	90	90
		AA20	0	23.33	96.66	96.66	96.66	96.66	96.66
		AA50	0	20	93.33	96.66	100	100	100
		moyenne	0	18.66	85.33	88	92.66	92.66	92.66
	T1	**NP**	0	13.33	80	86.66	96.66	96.66	96.66
		TH	0	23.33	80	80	90	90	90
		AA10	0	16.66	60	80	86.66	86.66	86.66
		AA20	0	30	73.33	86.66	90	90	90
		AA50	0	10	60	73.33	76.66	76.66	76.66
		moyenne	0	18.66	70.66	81.33	88	88	88
	T2	**NP**	0	3.33	50	63.33	76.66	76.66	76.66
		TH	0	0	43.33	56.66	76.66	76.66	76.66
		AA10	0	20	50	66.66	83.33	83.33	83.33
		AA20	0	20	56.66	66.66	83.33	83.33	83.33
		AA50	0	10	40	50	66.66	66.66	66.66
		moyenne	0	10.66	48	60.66	77.33	77.33	77.33
	T3	**NP**	0	0	30	40	56.66	56.66	56.66
		TH	0	3.33	30	33.33	50	50	50
		AA10	0	0	13.33	20	30	30	30
		AA20	0	0	16.66	16.66	20	20	20
		AA50	0	6.66	43.33	53.33	80	80	80
		moyenne	0	2	26.66	32.66	47.33	47.33	47.33
	T4	**NP**	0	0	6.66	13.33	23.33	23.33	23.33
		TH	0	0	16.66	20	30	30	30
		AA10	0	0	10	13.33	16.66	16.66	16.66
		AA20	0	0	30	30	50	50	50
		AA50	0	0	50	56.66	70	70	70
		moyenne	0	0	22.66	26.66	38	38	38
Stress hydrique			0	108,91***	180,09***	165,53***	70,38***	70,38***	70,38***
Population			0	118,08***	74,24***	52,63***	88,87***	88,87***	88,87***
Priming			0	13,66***	21,58***	38,66***	78,59***	78,59***	78,59***

Chaque valeur représente la moyenne de trois répétitions. Les différentes lettres majuscules et minuscules sur la même colonne sont différentes significativement (P < 0,05). Les valeurs de F sont présentées. Niveau de signification sont comme suit : ns, *P < 0,05, **P < 0.01 et***P < 0.001. ns : non significatif, significatif, hautement significatif et très hautement significatif.

Tableau n°06: Effet des différentes méthodes de priming (Témoin ,NP: non priming, TH Thermopriming,,AA10,AA20,AA50 acide acétique) sur le pourcentage de germination de (pois chiche) durant 7 jours soumises à différentes concentrations de PEG T0 (eau distillé) T1 (5%),T2 (10%),T3 (15%), T4(20%).

Evolution journalière de pourcentage% de germination de pois chiche									
population	**traitement**	**priming**	**j1**	**j2**	**j3**	**j4**	**j5**	**j6**	**j7**
Pois chiche	**T0**	**NP**	0	76.66	90	93.33	93.33	93.33	93.33
		TH	0	96.66	100	100	100	100	100
		AA10	0	90	100	100	100	100	100
		AA20	0	83.33	90	96.66	96.66	96.66	96.66
		AA50	0	10	16.66	16.66	16.66	16.66	16.66
		moyenne	0	71.33	79.33	81.33	81.33	81.33	81.33
	T1	**NP**	0	36.66	60	96.66	100	100	100
		TH	0	60	93.33	100	100	100	100
		AA10	0	53.33	96.66	100	100	100	100
		AA20	0	40	83.33	93.33	93.33	93.33	93.33
		AA50	0	3.33	36.66	36.66	36.66	36.66	36.66
		moyenne	0	38.66	74	85.33	86	86	86
	T2	**NP**	0	3.33	23.33	36.66	86.66	86.66	86.66
		TH	0	13.33	73.33	100	100	100	100
		AA10	0	6.66	23.33	36.66	96.66	96.66	96.66
		AA20	0	26.66	90	93.33	93.33	93.33	93.33
		AA50	0	6.66	6.66	16.66	26.66	26.66	26.66
		moyenne	0	11.33	43.33	56.66	80.66	80.66	80.66
	T3	**NP**	0	0	6.66	16.66	100	100	100
		TH	0	0	16.66	33.33	100	100	100
		AA10	0	3.33	10	26.66	100	100	100
		AA20	0	3.33	13.33	26.66	63.33	63.33	63.33
		AA50	0	0	0	0	6.66	6.66	6.66
		moyenne	0	1.33	9.33	20.66	74	74	74
	T4	**NP**	0	0	0	0	70	70	70
		TH	0	0	0	0	56.66	56.66	56.66
		AA10	0	0	0	0	36.66	36.66	36.66
		AA20	0	0	0	0	23.33	23.33	23.33
		AA50	0	0	0	0	0	0	0
		moyenne	0	0	0	0	37.33	37.33	37.33
Stress hydrique			0	108,91***	180,09***	165,53***	70,38***	70,38***	70,38***
Population			0	118,08***	74,24***	52,63***	88,87***	88,87***	88,87***
Priming			0	13,66***	21,58***	38,66***	78,59***	78,59***	78,59***

Chaque valeur représente la moyenne de trois répétitions. Les différentes lettres majuscules et minuscules sur la même colonne sont différentes significativement (P < 0,05). Les valeurs de F sont présentées. Niveau de signification sont comme suit : ns, *P < 0,05, **P < 0.01 et***P < 0.001. ns : non significatif, significatif, hautement significatif et très hautement significatif.

L'analyse de la variance montre également un effet très hautement significatives entre les populations étudiées et l'interaction des différents facteurs.

En conditions de stress hydrique, en général, le stress hydrique induit un retard et une réduction du pourcentage de germination. L'amorçage améliore la germination, cependant, l'effet varie avec la population, l'intensité du stress et la méthode de priming.

Dans le cas de stress modéré (T1 :5% de PEG), (tableau04, 05 et 06), il n'existe pas une différence notable dans l'évolution du pourcentage de germination des graines de lentille et celle du témoin (T0). Cependant le niébé et le pois chiche enregistre une accélération du pourcentage de germination. En effet, la germination augmente à partir du troisième jour (96.66% contre 90% chez le témoin) pour niébé et (100% contre 93.33% chez le témoin).

En revanche, l'amorçage améliore significativement le pourcentage de germination sous stress modéré du 2ème jour jusqu'au 7 ème jour. Cette amélioration se traduit par une accélération de la germination et une augmentation du nombre de graines germées, mais elle varie selon la méthode d'amorçage et le génotype (tableau04, 05 et 06). En effet, la germination des graines de lentille qui est amorcées par le thermopriming et traité par le T1 (5% de PEG), est de pourcentage de 53.33% % contre environ 44 % (témoin non priming), le troisième jour, l'augmentation se poursuit jusqu'au $7^{ème}$ jour, ou elle atteint des pourcentages de 66.66% contre 44.66% (témoin non priming) (tableau04) .

En général, les meilleurs pourcentages de germination durant les 7 jours sont observés chez les graines traitées par le thermopriming pour toutes les populations et par l'acide acétique (AA10 mM) pour le pois chiche (tableau 06). l'hormopriming AA20mM et l'AA50mM améliore la germination du niébé (tableau 05).

Dans les conditions de stress sévère (T3 : 15% et T4 :20%), la germination des populations (lentille et pois chiche) est retardée et réduite significativement (tableau04 et 05). Chez la population de niébé, la germination des graines est accélérée rapidement à partir de $3^{ème}$ jour dans le priming AA50mM a un pourcentage de 70% le $7^{ème}$ jour. Cependant, l'amorçage améliore la tolérance des graines à la concentration T1 en accélérant la germination et en augmentant le nombre graines germées. Le Thermopriming et et le priming par l'acide acétique AA10mM sont les plus efficaces.

V.2. Effets de l'amorçage des graines sur le pourcentage final de germination

V.2.1.Pourcentage final de germination

Les résultats du pourcentage final de germination sont consignés dans le tableau 7 et la figure 13. L'analyse statistique (tableau 8) indique des effets très hautement significatifs du stress hydrique et population, hautement significatif du facteur amorçage.

À la lecture du tableau 7, le stress hydrique réduit le pourcentage final de germination des trois populations. La lentille est la plus affecté e ; principalement aux hautes concentrations (à partir de T2). En Traitement de PEG T1 et T2, l'amorçage thermopriming atténue l'effet dépressif du stress hydrique chez la lentille avec des pourcentages de germination élevée (86,66 et 93,33% contre 66,66% et 70%) pour le témoin non amorcés.

Quant au niébé, il s'est montré résistant au stress hydrique par le PEG. Ce dernier n'a affecté la germination qu'a partir de T3 et T4.

L'amorçage améliore significativement le pourcentage final de germination en T4, avec une amélioration significative par le thermopriming, l'AA20 mM et l'AA50 avec des pourcentage de germination de l'ordre de 30%, 50% et 70% respectivement contre 23% pour le temoin non amorcé.

Tableau n°07: Effets des différentes méthodes de priming (Témoin : non priming T0NP, thermopriming TH, acide acétique ; AA10, AA20, AA50) sur le pourcentage final de germination (PFG) de trois populations (lentille, niébé, pois chiche) soumises à différentes concentrations de PEG (T0:eau distillé, T1 :5%,T2 :10%,T3 : 15%,T4 :20%).

		pourcentage final de germination (PFG)				
		T0	**T1**	**T2**	**T3**	**T4**
L	**NP**	93,3± 5,77	66,66±30,55	70±26,45	86,66±5,77	23,33±15,27
	TH	83,33± 15,27	86,66±5,77	93,33±5,77	80 ±17,32	26,66±30,55
	AA10	73,33 ±15,27	56,66±15,27	76,66±15,27	70±0	33,33±57,73
	AA20	13,33 ±5,77	13,33±11,54	6,66±11,54	13,33±5,77	0±0
	AA50	0±0	0±0	0±0	0±0	0±0
	moyenne total	52,66±40,61	44,66±36,61	49,33±41,65	50±37,98	16,66±29,19
V	**NP**	9±10	96,66±5,77	76,66±25,16	56,66±25,16	23,33±15,27
	TH	86,661±1,54	90±0	76,66±15,27	50±10	30±17,32
	AA10	90±0	86,66±5,77	83,33±5,77	30±10	16,66±28,86
	AA20	96,66± 5,77	90±10	83,33±15,27	20±20	50±17,32
	AA50	100±0	76,66±5,77	66,66±5,77	80±0	70±26,45
	moyenne total	92,66 ± 7,98	88±8,61	77,33±14,37	47,33±25,48	38±27,30
PCH	**NP**	93,33± 5,77	100±0	86,66±5,77	100±0	70±26,45
	TH	100± 0	100±0	100±0	100±0	56,66±20,81
	AA10	100±0	100±0	96,66±5,77	100±0	36,66±20,81
	AA20	96,66±5,77	93,33±11,54	93,66±5,77	63,33±5,77	23,33±5,77
	AA50	16,66± 20,81	36,66±25,16	26,66±5,77	6,66±11,54	0±0
	moyenne total	81,33±34,61	86±27,72	80,66±28,65	74±38,13	37,33±29,63

Chaque valeur représente la moyenne de trois répétitions. Les valeurs sont représentées par la moyenne ± l'ecartype.

V.2.2.Effets de l'amorçage des graines sur la vitesse de germination

La vitesse de germination des trois populations sous stress hydrique et l'amorçage est représentée par la figure13.

En conditions favorables (T0), l'hormonopriming AA10 améliore la vitesse de germination de la lentille (27.4) et pois chiche (48) le thermopriming aussi accélère la

vitesse de germination pour le pois chiche (49.44).Le niébé enregistre 35.94 dans les hormonopriming AA20 mM et AA50 mM.par rapport au témoin figure 13.

Sous stress modéré (T1), c'est le thermopriming, suivie de l'hormonoprimig qui ont permet l'amélioration de la vitesse de germination.

Sous stress (T2), les meilleures valeurs sont enregistrées avec le thermopriming et hormonopriming AA10 mM et AA20 mM pour pois chiche et le niébé (aussi pour le niébé AA50 mM).

Sous stress (T3) et (T4) les priming AA20 mM et AA50 mM ont eu les meilleures résultats.

En tous traitements confondus les meilleurs résultats sont obtenus avec le thermopriming, suivie de du priming en acide acetique AA10mM et AA50 mM pour niébé.

L'analyse de la variance a montré un effet tres hautement significatifs du facteur population, traitement PEG, et le priming, ainsi que l'interraction entre les facteurs (tableau08).

Tableau n° 08 : ANOVA à trois facteurs de l'effet traitement, génotypes et priming et leurs interactions pour la vitesse de germination

Tests des effets inter-sujets

Variable dépendante: vitesse de germination 7j

Source de variation	ddl	Moyenne des carrés	F	P.
Stress hydrique	4	3770,654	168,863	,000
population	2	2919,010	130,724	,000
priming	4	1557,866	69,767	,000
Stress hydrique* population	8	301,819	13,517	,000
Stress hydrique*priming	16	136,612	6,118	,000
Population *priming	8	888,313	39,782	,000
Stress hydrique*population*priming	32	58,870	2,636	,000
Erreur	150	22,330		
Total	225			

F : valeur statistique de Fisher. P : n'est pas significative (ns), * (5%), ** (1%), *** (0,1%) représentent le niveau de signification : significatif, hautement significatif et très hautement significatif respectivement

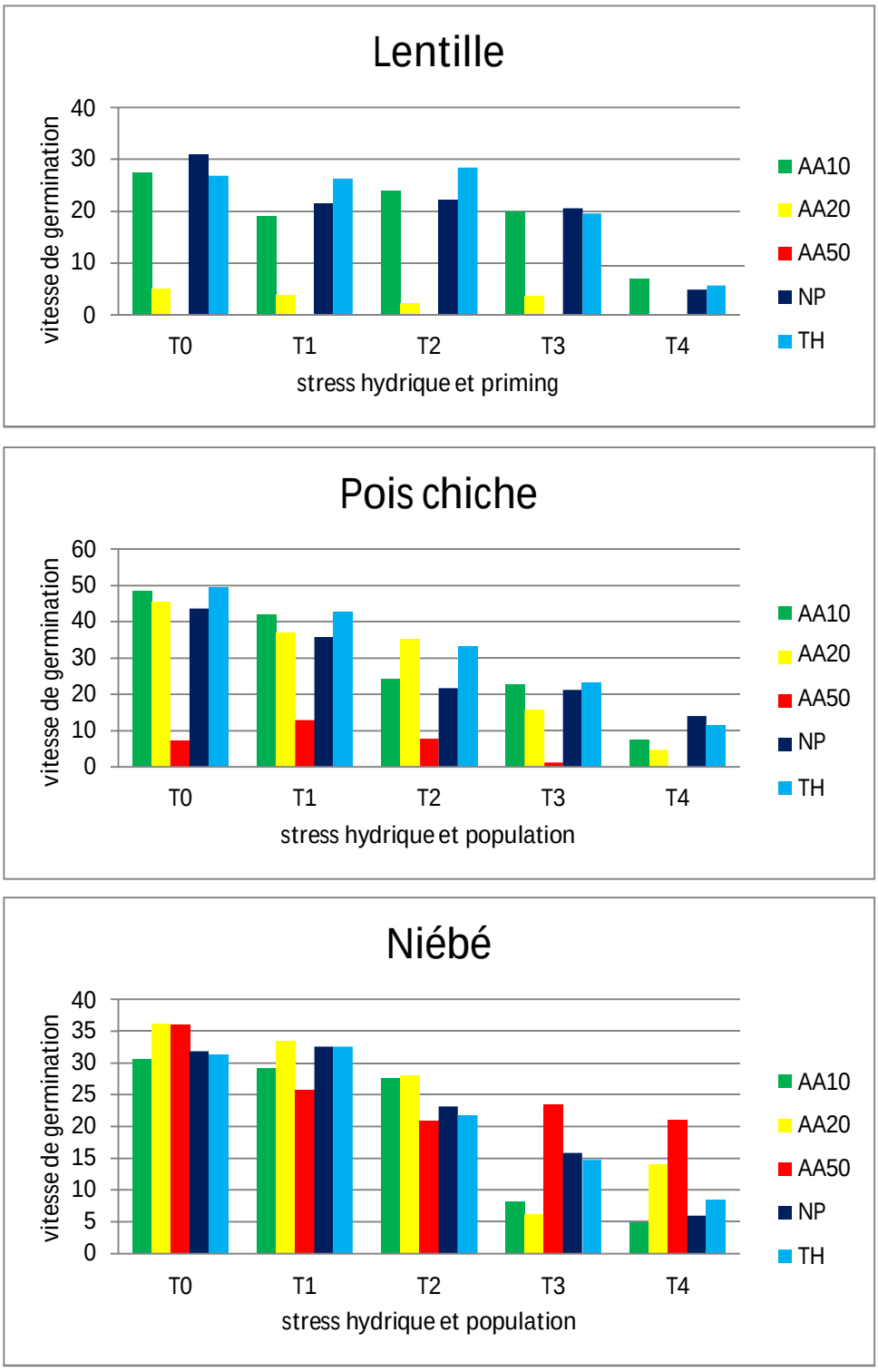


Figure n° 12 : Variation de la vitesse de germination de trois populations de lentille, pois chiche et niébé conduites sous différentes concentrations de PEG (T0 :eau distillé,T1 :5%,T2 :10%,T3 :15%,T4 :20%) et différentes situations d'amorçage (Témoin : non priming T0NP,TH : thermopriming, acide acétique :AA10,AA20,AA50) durant 7 jours.

V.3. Effets de l'amorçage des graines sur la croissance précoce

La croissance de les trois populations de lentille, pois chiche et niébé est étudiée par la mesure de la longueur des radicules, des hypocotyles, des épicotyles et la longueur totale en conditions normales et stressantes (par le PEG 5%,10%,15%,20%) en boite de Pétri, ainsi que le poids frais, le poids sec des plantules et l'indice de vigueur des plantules le 7ème jour de germination.

En général, l'augmentation de stress hydrique a induit une réduction tres hautement significative de tous les paramètres de croissance, le priming a permis une amélioration significative de la croissance en conditions normales et en conditions de stress hydrique en tous traitements confondus. Mais les effets varient selon le type d'amorçage et l'intensité du stress hydrique et la population.

V.3.1. Effets de l'amorçage des graines sur la longueur des radicules

Les résultats de la longueur des radicules sont représentés par la figure 13
L'analyse de la variance a montré que la longueur des radicules est affectée très hautement significativement par le stress hydrique, et améliorée très hautement significativement par le priming (Tableau 09).

En milieu non traité par stress hydrique, En général, et tous traitements confondues les prétraitements des graines a amélioré la longueur des radicules, avec le maximum de longueur moyenne est obtenue avec les graines prétraités par le Thermopriming, suivie de l'hormonoprimig.

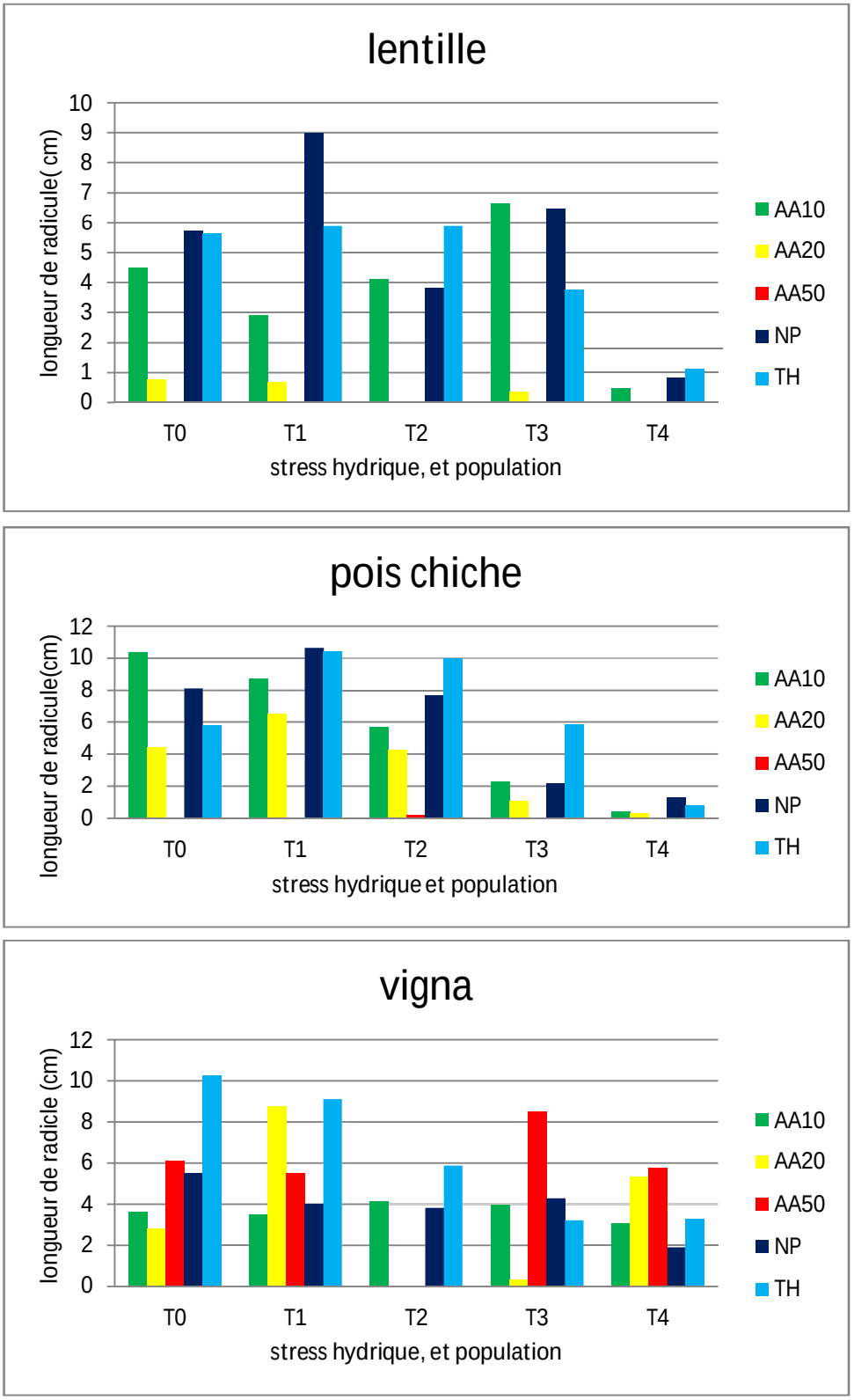


Figure n°13: Variation de longueur des radicules (cm) : de trois populations de lentille, pois chiche et niébé conduites sous différentes concentrations de PEG (T0 :eau distillé,T1 :5%,T2 :10%,T3 :15%,T4 :20%) et différentes situations d'amorçage (Témoin : non priming T0NP,TH : thermopriming, acide acétique :AA10,AA20,AA50) durant 7 jours

En conditions favorables (figure13), l'amélioration de la longueur des radicules est notée avec le priming acide acétique AA10mM et le thermopriming pour les trois populations.

Sous stress modérée (T1), l'amélioration est enregistrée avec le thermopriming et L'AA10 Mm pour les deux populations lentille et pois chiche, et le thermopriming et l'AA20mM pour le niébé.

Au stress (T2), c'est le thermopriming qui donne la meilleure valeur.

Au stress sévère (T3) et (T4) généralement l'amélioration est enregistrée par le thermopriming et l'AA10mM pour la lentille et le pois chiche, et AA20mM et AA50mMpour le niébé.



Figure n°14 : Effet de stress hydrique sur la croissance des trois populations de niébé, pois chiche et lentille. **(Originale, 2021).**

Tableau n°09: ANOVA à trois facteurs de l'effet traitement, génotypes et priming et leurs interactions pour la longueur des radicules.

Variable dépendante: longueur de radicule

Source de variation	ddl	Moyenne des carrés	F	P
Stress hydrique	4	132,573	17,418	,000***
population	2	150,262	19,742	,000***
priming	4	124,149	16,312	,000***
Stress hydrique* population	8	25,238	3,316	,002**
Stress hydrique*priming	16	19,554	2,569	,002**
Population *priming	8	42,674	5,607	,000***
Stress hydrique*population*priming	32	14,242	1,871	,007*
Erreur	150	7,611		
Total	225			

F : valeur statistique de Fisher. P : n'est pas significative (ns), * (5%), ** (1%), *** (0,1%) représentent le niveau de signification : significatif, hautement significatif et très hautement significatif respectivement

V.3.2. Effets de l'amorçage des graines sur la longueur des Hypocotyles

Les valeurs de la longueur des hypocotyles sont représentées dans la figure 15 L'analyse de variance a montré un effet très hautement significatif des facteurs stress hydrique et population sur la longueur des hypocotyles(Tableau 10).

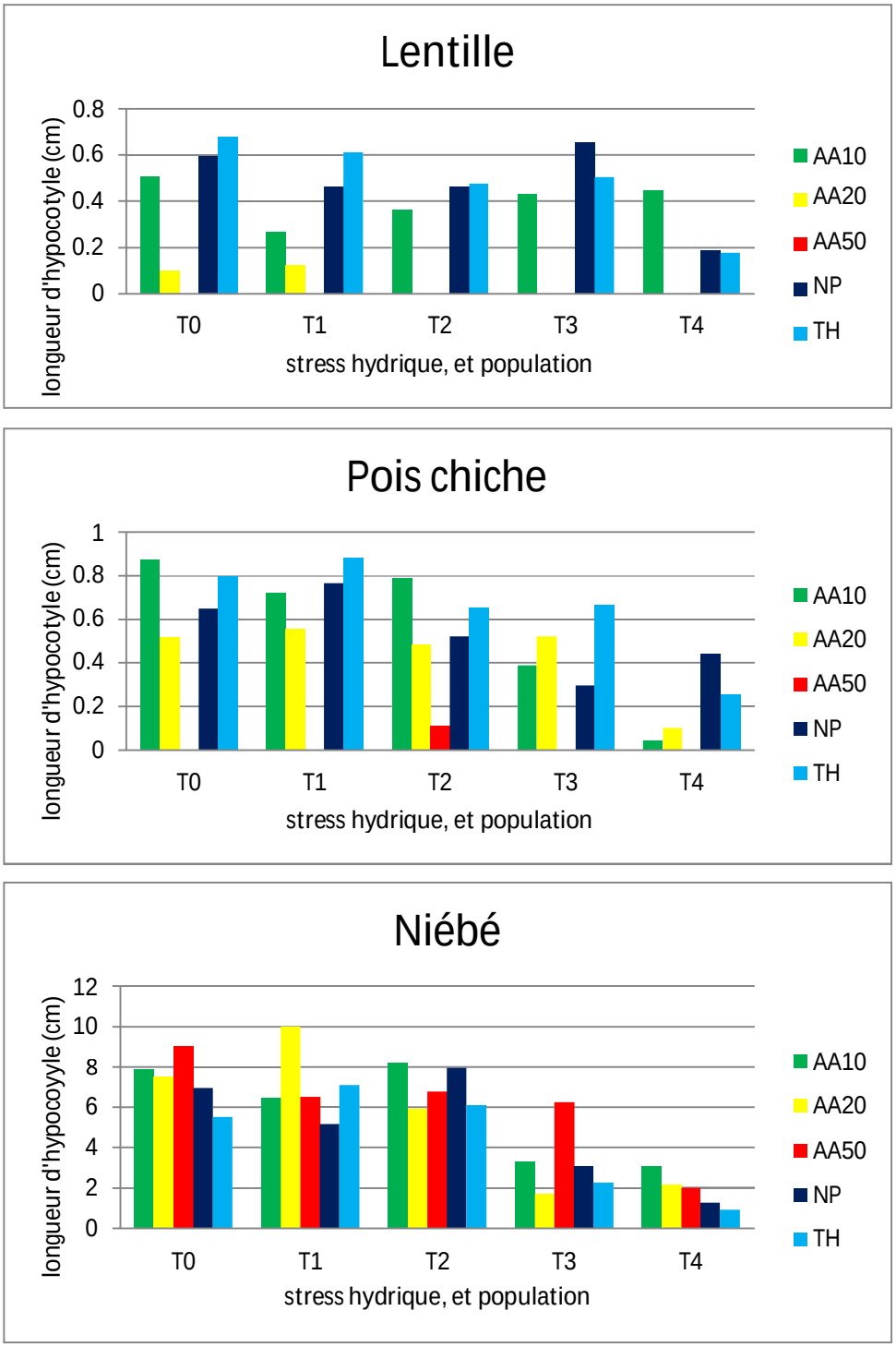


Figure n°15: Variation de Longueur des hypocotyle (cm) la vitesse de germination de trois populations de lentille, pois chiche et niébé conduites sous différentes concentrations de PEG (T0 :eau distillé,T1 :5%,T2 :10%,T3 :15%,T4 :20%) et différentes situations d'amorçage (Témoin : non priming T0NP,TH : thermopriming, acide acétique :AA10,AA20,AA50) durant 7 jours

En conditions favorables, le priming améliore significativement la longueur des hypocotyles; le maximum est obtenu avec L'AA50mM (9cm) par rapport au témoin (6.95cm) chez le niébé (figure15).

Concernant la lentille, le thermopriming améliorée la longueur des hypocotyles, avec un maximum observé avec le T1 (0.61cm).

Alors que, pour le pois chiche le maximum de la longueur des hypocotyles est obtenu avec le thermopriming suivi de l'hormonopriming AA10mM (0.88cm ,0.78cm).

le niébé a enregistré un millieur résultats dans l'hormonopriming AA10mM ,AA20Mm et AA50mM (8.21cm,9.96cm ,6.27cm) .

Sous stress modéré (T1 5% de PEG), le priming améliore significativement L'allongement des hypocotyles (figure15). Tous traitements confondus, une meilleure croissance caractérise les plantules issues de thermopriming suivies de celles traitées par le l'hormonopriming AA10mM chez les deux populations (La lentille et le pois chiche). L'effet de l'amorçage en AA20 est plus marqué chez la population de niébé.

Tableau n°10: ANOVA à trois facteurs de l'effet de stress hydrique population et priming et leurs interactions pour la longueur des hypocotyles.

Variable dépendante: LONGUEUR HYPOCOTYLE

Source de variation	ddl	Moyenne des carrés	F	P.
Stress hydrique	4	37,898	15,064	,000***
population	3	411,993	163,759	,000***
priming	4	,986	,392	,814^{ns}
Stress hydrique* population	8	29,555	11,747	,000***
Stress hydrique*priming	16	1,857	,738	,751^{ns}
Population *priming	8	3,981	1,582	,135^{ns}
Stress hydrique*population*priming	32	1,884	,749	,830^{ns}
Erreur	149	2,516		
Total	225			

F : valeur statistique de Fisher.P : n'est pas significative (ns), * (5%), ** (1%), *** (0,1%) représentent le niveau de signification : significatif, hautement significatif et très hautement significatif respectivement

V.3.3.Longueur des épicotyles

Les résultats de la longueur des épicotyles sont présentés dans la figure 16. L'analyse de la variance montre que la longueur des épicotyles est très hautement significativement affectée par le stress hydrique et le priming et la population, . L'interaction de tous les facteurs est trés hautement significative (tableau 11).

Sous stress modéré (T1 5% de PEG), le priming améliore significativement l'allongement des épicotyles. Pour la lentille (6.62cm), l'amélioration est notée avec le thermopriming .

Pour la population pois chiche sous stress modéré (T2 10% de PEG), une nette augmentation est notée uniquement chez le thermopriming avec une augmentation de 5.45cm (figure 16). En conditions de stress hydrique T2 10% de PEG), les hormonopriming AA10, AA20 et AA50 ont améliorée l'allongement des épicotyeles.

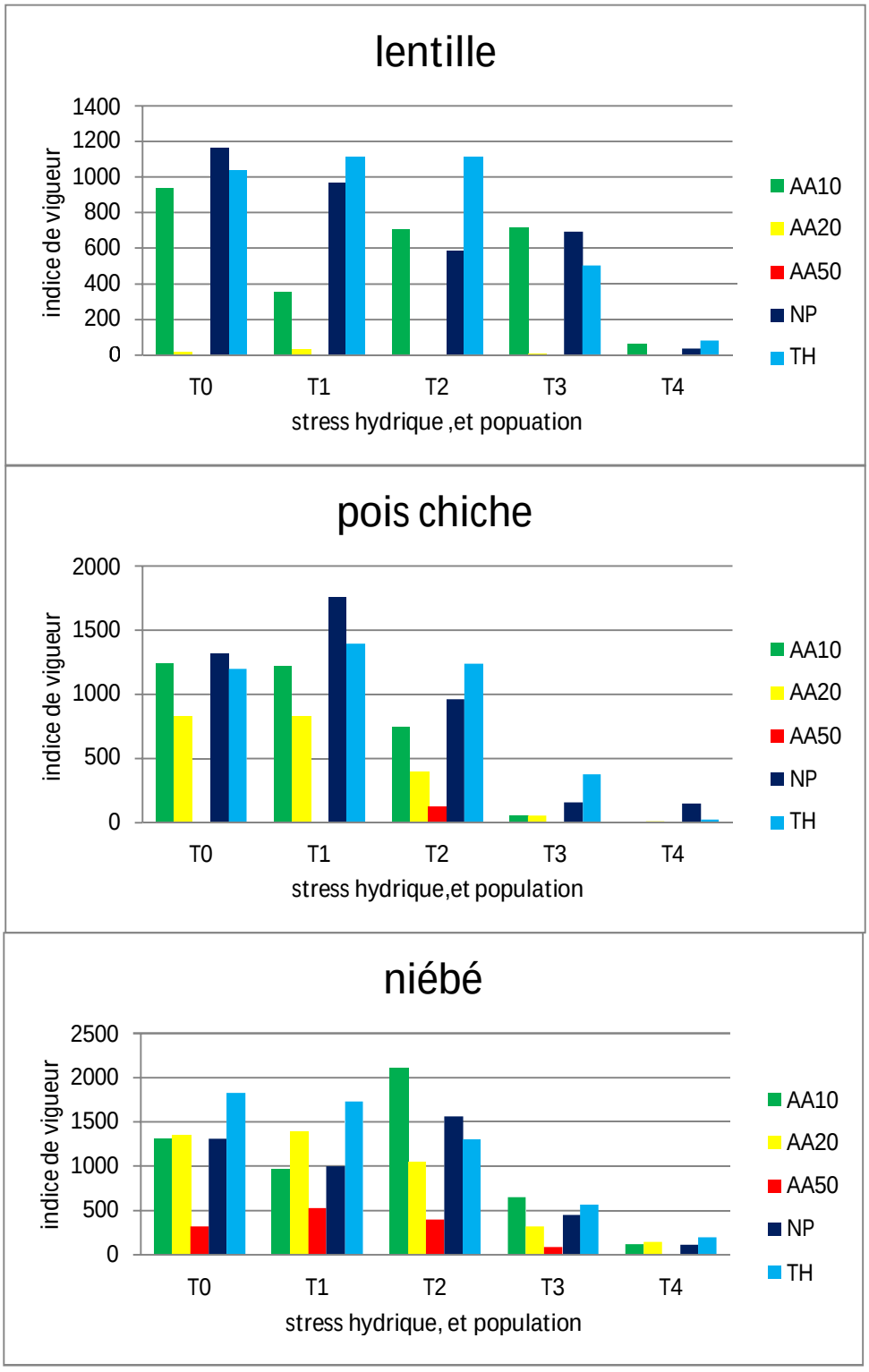


Figure n°15:Variation de la longueur des épicotyles (cm):de trois populations de lentille,pois chiche et niébé conduites sous différentes concentrations de PEG (T0 :eau distillé,T1 :5%,T2 :10%,T3 :15%,T4 :20%) et différentes situations d'amorçage (Témoin : non priming T0NP,TH : thermopriming, acide acétique :AA10,AA20,AA50) durant 7 jours.

Tableau 11: ANOVA à trois facteurs de l'effet traitement, génotypeset priming et leurs interactions pour la longueur des épicotyles.

Variable dépendante: LONGUER D'épicotyle

Source de variation	ddl	Moyenne des carrés	F	P
Stress hydrique	4	78,523	81,485	,000***
population	2	39,088	40,562	,000***
priming	4	40,670	42,204	,000***
Stress hydrique* population	8	7,306	7,582	,000***
Stress hydrique*priming	16	6,307	6,545	,000***
Population *priming	8	13,534	14,044	,000***
Stress hydrique*population* priming	32	2,737	2,840	,000***
Erreur	149	,964		
Total	224			

F : valeur statistique de Fisher.P : n'est pas significative (ns), * (5%), ** (1%), *** (0,1%) représentent le niveau de signification :significatif, hautement significatif et très hautement significatif respectivement.

V.3.3. Longueur totale

Les résultats de la longueur totale sont présentés dans la figure18. L'analyse de la variance montre que la longueur totale des plantules est très hautement significativement affectée par le le stress hydrique , le priming et le génotype (tableau 12).

Tous traitements confondus, la longueur totale des trois populations est améliorée tres hautement significativement par le priming, la valeur maximale est notée chez le thermopriming suivi du priming par l'AA10, et enfin le priming AA20mM et AA50mM pour le niébé, tous les priming améliorent significativement la longueur totale, la meilleure valeur est notée chez les plantules issues de semences traitées par (T2 10% de PEG), suivi par le (T1 5% de PEG).

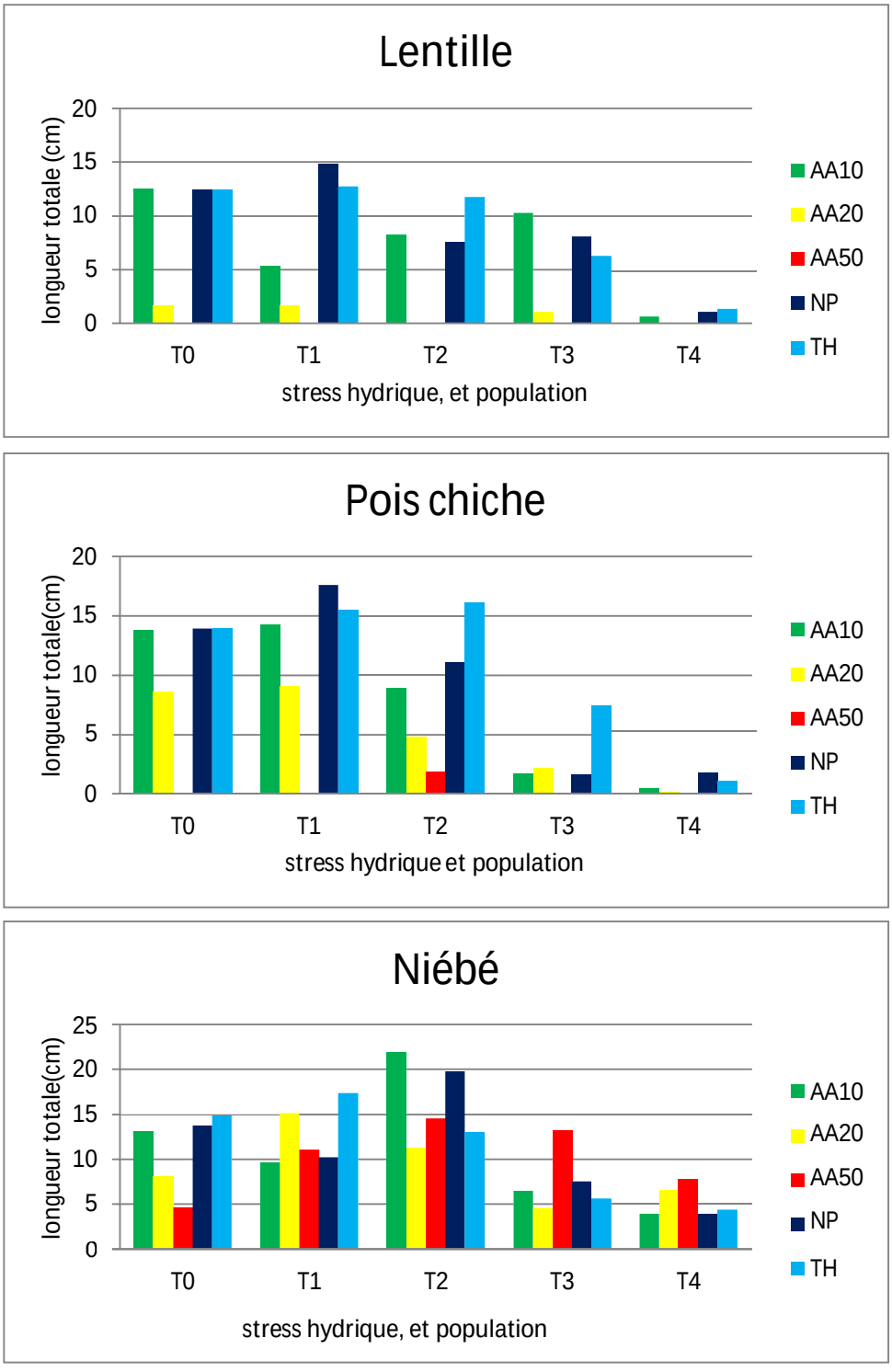


Figure n°16: variation de longueur totale (cm) de trois populations de lentille, pois chiche et niébé conduites sous différentes concentrations de PEG (T0 :eau distillé,T1 :5%,T2 :10%,T3 :15%,T4 :20%) et différentes situations d'amorçage (Témoin : non priming T0NP,TH : thermopriming, acide acétique :AA10,AA20,AA50) durant 7 jours.

En conditions favorables, la figure 11montre que, pour la lentille, les priming AA10 et thermopriming améliorent significativement la longueur totale, le maximum est obtenue avec le TH (12.73cm). Quant au pois chiche, l'hormonopriming AA10 et le thermopriming augmentent la longueur totale ; le maximum est observé avec le TH (15.5cm contre 12.48 pour le témoin). Pour le niébé aussi le thermopriming augmente la longueur totale avec un maximum de (14.89cm).

Tableau n°12: ANOVA à trois facteurs de l'effet traitement, génotypeset priming et leurs interactions pour la longueur totale des plantules.

Source de variation	ddl	Moyenne des carrés	F	P
Stress hydrique	4	667,447	41,340	,000***
population	2	760,981	47,134	,000***
priming	4	349,542	21,650	,000***
Stress hydrique* population	8	53,979	3,343	,001*
Stress hydrique*priming	16	50,573	3,132	,000***
Population *priming	8	99,820	6,183	,000***
Stress hydrique*population*priming	32	21,825	1,352	,118^{ns}
Erreur	150	16,145		
Total	225			

F : valeur statistique de Fisher.P : n'est pas significative (ns), * (5%), ** (1%), *** (0,1%) représentent le niveau de signification : significatif, hautement significatif et très hautement significatif respectivement

V.3.4. Influence de l'amorçage sur l'indice de vigueur des plantules

Les résultats de la figure17 et du tableau 13 indiquent qu'en général, l'indice de vigueur diminue très hautement significativement avec l'augmentation du stress hydrique. Cependant, l'amorçage des graines induit une amélioration très hautement significative de cet indice en conditions normales ainsi qu'en conditions de stress hydrique.

Tous traitements confondus, les meilleurs indices sont obtenus dans le lot de Thermopriming , suivi du priming en acide acétique AA10mM (figure17).

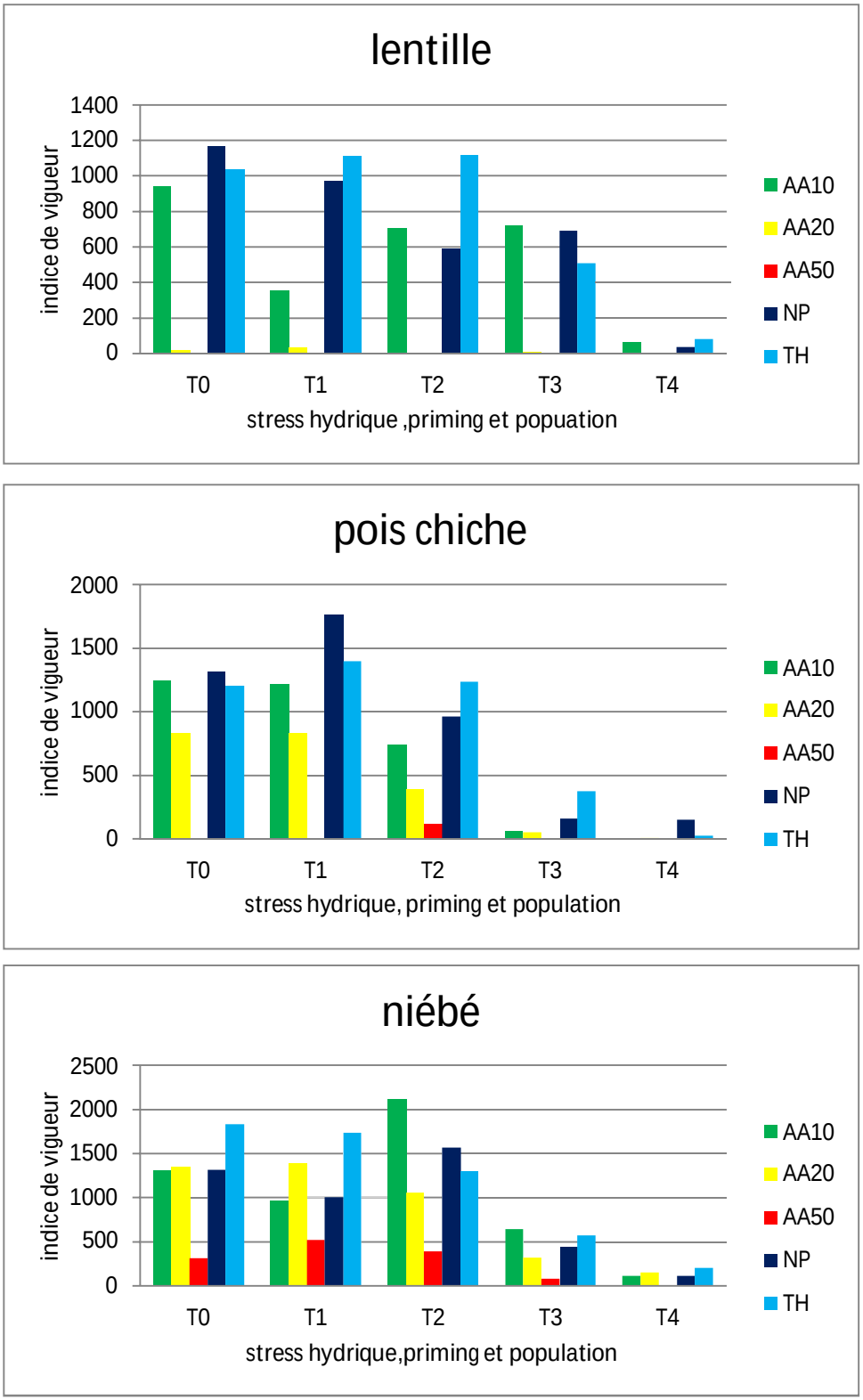


Figure n°17:l'indice de vigueur: de trois populations de lentille, pois chiche et niébé conduites sous différentes concentrations de PEG (T0 :eau distillé,T1 :5%,T2 :10%,T3 :15%,T4 :20%) et différentes situations d'amorçage (Témoin : non priming T0NP,TH : thermopriming, acide acétique :AA10,AA20,AA50) durant 7 jours.

Pour lentille l'acide acétique 10 et le thermopriming améliore significativement l'indice de vigueur en condition normale et sous stress hydrique, le maximale est obtenu chez le thermopriming () en T1 et T2.

Le pois chiche enregistre une amélioration de l'indice de vigueur dans le thermopriming l'AA10 et AA20, avec un maximale dans le thermopriming.
Pour le niébé tous les priming améliorent significativement l'idice de vigueur avec un pic dans l'AA10 en T2.

Tableau n°13: ANOVA à trois facteurs de l'effet traitement, génotypes et priming et leurs interactions pour l'indice de vigueur des plantules.

Tests des effets inter-sujets

Variable dépendante: indice de vigueur

Source de variation	ddl	Moyenne des carrés	F	P.
Stress hydrique	4	6848278,411	54,476	,000***
population	2	3498639,718	27,831	,000***
priming	4	5063657,641	40,280	,000***
Stress hydrique* population	8	647901,965	5,154	,000***
Stress hydrique*priming	16	458402,407	3,646	,000***
Population *priming	8	281944,732	2,243	,027
Stress hydrique*population*priming	32	157158,833	1,250	,188
Erreur	150	125711,518		
Total	225			

(**F :** valeur statistique de Fisher, P: n'est pas significative (ns), * (5%), ** (1%), *** (0,1%) représentent le niveau de signification : significatif, hautement significatif et très hautement significatif respectivement).

V.3.5. Effets de l'amorçage des graines sur le poids frais et le poids sec des plantules

- ✓ **Pois frais :** Les résultats du poids frais des plantules de les populations lentille niébé et pois chiche soumises au stress hydrique et au priming sont représentés par la figure 20, l'analyse statistique a montré pour le poids frais des jeunes plantules, un effet très hautement significatif du stress hydrique, non significatif pour les facteurs population et priming (Figure18).

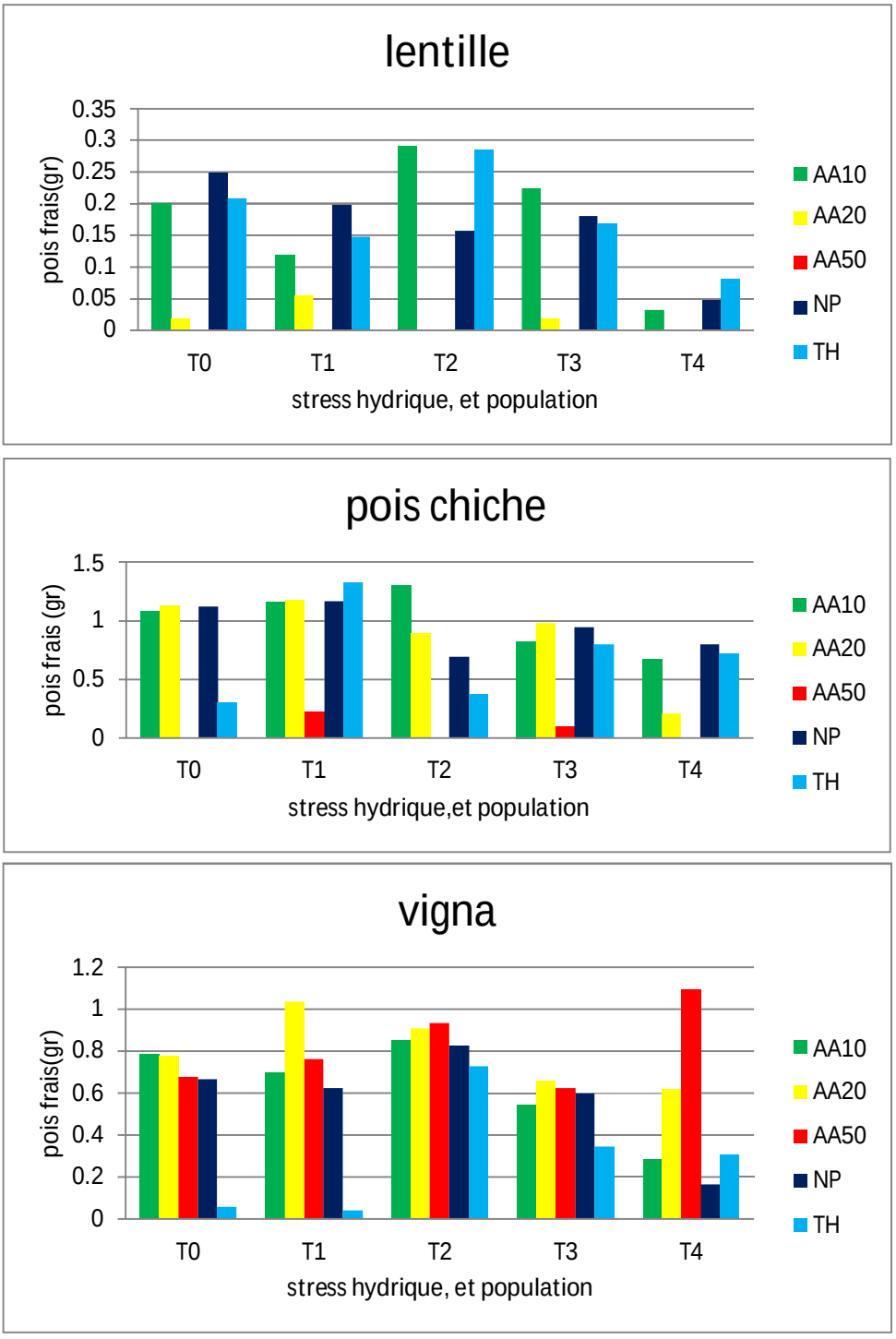


Figure n°18:variation de pois frais : de trois populations de lentille, pois chiche et niébé conduites sous différentes concentrations de PEG (T0 :eau distillé,T1 :5%,T2 :10%,T3 :15%,T4 :20%) et différentes situations d'amorçage (Témoin : non priming T0NP,TH : thermopriming, acide acétique :AA10,AA20,AA50) durant 7 jours.

En condition normale et en condition de stress hydrique le pois frais est améliorée significativement par le thermopriming et l'AA10 (pour lentille).

Pour le pois chiche les priming AA10 et AA20 et le thermopriming améliorée significativement le pois frais.

Le niébé enregistre une amélioration significative dans tous les priming en condition normale et sous l'effet de stress hydrique , avec un maximale dans l'AA50 en T4 (1.1g).

Tableau n°14: ANOVA à trois facteurs de l'effet traitement, génotypes et priming et leurs interactions pour le pois frais des plantules.

Source de variation	ddl	Moyenne des carrés	F	P
Stress hydrique	4	,409	8,330	,000***
population	2	8,107	165,180	,000***
priming	4	,810	16,511	,000***
Stress hydrique* population	8	,223	4,533	,000***
Stress hydrique*priming	16	,129	2,634	,001**
Population *priming	8	1,099	22,387	,000***
Stress hydrique*population*priming	32	,095	1,941	,004**
Erreur	150	,049		
Total	225			

(**F :** valeur statistique de Fisher, P: n'est pas significative (ns), * (5%), ** (1%), *** (0,1%) représentent le niveau de signification : significatif, hautement significatif et très hautement significatif respectivement**).**

- ✓ **Pois sec**

Les résultats du poids frais des plantules de les populations lentille niébé et pois chiche soumises au stress hydrique et au priming sont représentés par la (figure 21), l'analyse statistique a montré pour le poids frais des jeunes plantules, un effet très hautement significatif du stress hydrique, non significatif pour les facteurs population et priming (tableau19).

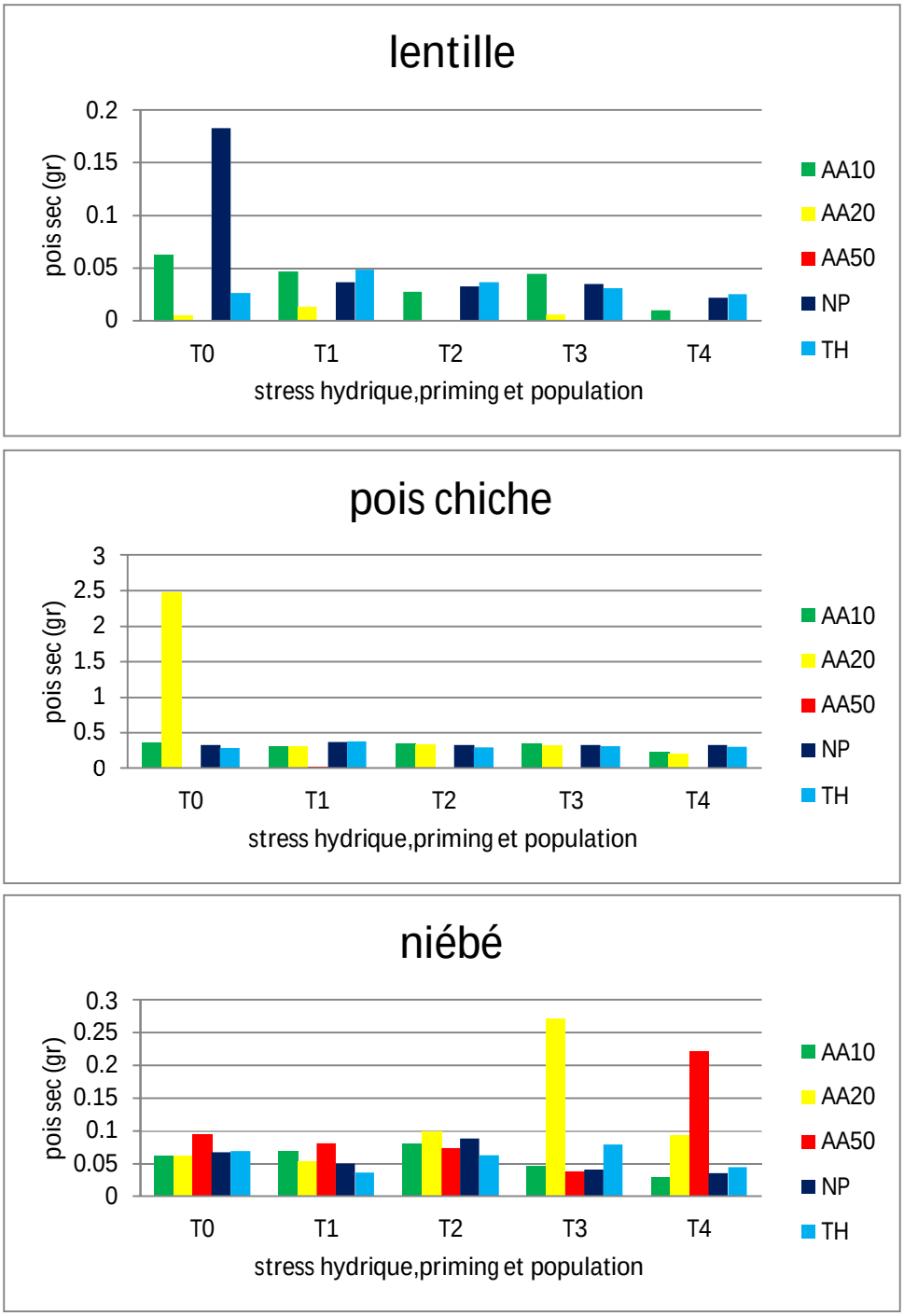


Figure n°19:variation de pois sec de trois populations de lentille, pois chiche et niébé conduites sous différentes concentrations de PEG (T0 :eau distillé,T1 :5%,T2 :10%,T3 :15%,T4 :20%) et différentes situations d'amorçage (Témoin : non priming T0NP,TH : thermopriming, acide acétique :AA10,AA20,AA50) durant 7 jours.

En condition normale et sous stress le thermopriming améliore le pois sec chez lentille.

En condition normale l'AA50 améliore le pois sec et enregistre la valeur maximale de pois sec, sous l'effet de stress hydrique le thermopriming et l'AA10 améliore significativement le pois sec de pois chiche.

Pour le niébé tous les priming en condition normale et sous stress améliore significativement le pois sec surtout l'AA50 en T4.

Tableau n°15: ANOVA à trois facteurs de l'effet traitement, génotypes et priming et leurs interactions pour le pois sec des plantules.

pois sec

Source de variation	ddl	Moyenne des carrés	F	P
Stress hydrique	4	,218	1,181	,321^{ns}
population	2	2,066	11,201	,000***
priming	4	,349	1,890	,115^{ns}
Stress hydrique* population	8	,185	1,002	,437^{ns}
Stress hydrique*priming	16	,177	,962	,501^{ns}
Population *priming	8	,330	1,789	,083*
Stress hydrique*population*priming	32	,205	1,113	,326^{ns}
Erreur	150	,184		
Total	225			

(**F** : valeur statistique de Fisher, P: n'est pas significative (ns), * (5%), ** (1%), *** (0,1%) représentent le niveau de signification : significatif, hautement significatif et très hautement significatif respectivement).

V.4. Discussion

V.4.1. Effet des différentes méthodes de l'amorçage des graines sur la germination et la croissance précoce de sous stress hydrique

Le déficit hydrique est l'un des facteurs environnementaux qui affecte le plus souvent la germination et la croissance des plants **(Cirad, 2002).** La germination est une composante principale de l'établissement du plant, et elle est définie comme la phase le plus critique de cycle de vie de la plante **(Rajjou *et a*l ,2012).** La germination est affectée par plusieurs conditions environnementales et végétales, y compris la salinité, la sècheresse, la température, le génotype, la taille des graines et les conditions du sol **(Black , 2012).** Les graines des espèces de légumineuses alimentaires sont souvent exposées au déficit hydrique surtout en zone aride et semi-aride, La maitrise de la germination, de ces espèces est de grande importance pour atténuer ces aléas climatiques.

Dans cette étude, nous avons étudié les effets de l'amorçage des graines sur les traits de germination et de croissance précoce de trois espèces de légumineuses, le niébé originaire d'Adar, la lentille et le pois chiche originaires de Médéa, soumises au stress hydrique. Il consiste à faire subir aux graines un prétraitement thermopriming (4°C) et et un hormonopriming à l'aide de l'acide acétique à différentes concentrations de PEG (5%, 10%, 15% et 20%).

Nos résultats montrent, que, tous traitement confondus, la variation du potentiel hydrique diminue et retarde significativement le pourcentage de germination et la vitesse de germination chez toutes les espèces étudiées. Plus la concentration du PEG6000 (à partir de 20%) est élevée, plus le pourcentage et la vitesse de germination diminue. Des résultats similaires ont a été observés par d'autres chercheurs, qui indiquent que le stress hydrique affecte la germination, et son effet dépressif augmente avec l'augmentation de l'intensité du stress **(Wu *et al.*, 2011; Foti *et al.*, 2018)**. Nos résultats sont similaires avec ceux obtenus par **Muscolo *et al.* (2014)** chez quatre cultivars de lentille.

La réduction de la germination observée aux hautes concentrations de stress hydrique induit par le PEG, peut être explique par la réduction de l'absorption de l'eau **(Leila, 2007)**. L'eau est le principal facteur stimulant la germination. L'absorption de l'eau est la première étape de la germination. Les graines absorbent l'eau et gonflent. La quantité d'eau absorbée

dépend de la composition chimique des graines. Les protéines, le mucilage et la pectine ont des colloides plus hydrophiles hydrophiles et absorbent plus d'eau que l'amidon **(Rahmani, 2006).**

Si le niveau d'eau est inférieure à celui désirée ou complètement absent, l'absorption diminuent et donc la germination diminuent ou s'arrêtent **(Leila, 2007).** Ces résultats indiquent que ces espèces présentent des comportements variés vis-à-vis du stress hydrique au moment de leurs germinations. À la concentration de PEG à partir de T2, des différences de sensibilité apparaissent entre les espèces ce qui permet de les classer selon leur résistance a stress hydrique comme suit : *Vigna nguiculata* > *Cicer arietinum* > *Lens culinaris.*

Cette étude a permis de constater que *Vigna unguiculata* et *Cicer arietinum* étaient peu exigeants en eau en phase germinative et croissance précoce. Des Résultats similaires sont obtenus par d'autres chercheurs. **Zareian, (2004)** indique que le stress sécheresse peut affecter le pourcentage et vitesse de germination , cependant, la sensibilité au stress hydrique au cours de la germination est différente. l'augmentation de la sévérité du stress hydrique, le pourcentage et la vitesse de germination, la longueur des radicules et des tiges est réduite chez le mil. Nos résultats sont également en accord avec ceux obtenus par **Shekari (2000)**, qui a trouvé que la sécheresse a affecté de nombreux aspects de la croissance des racines, tiges et matières sèche des plantes et retarde la germination.

D'autres travaux sont conformes avec nos résultats, c'est ainsi que **Ben Miled (1986)** ont expliqué le retard de la germination des graines ainsi que la diminution de la moyenne de germination journalière des génotypes avec l'augmentation de la concentration de PEG, par des difficultés d'hydratation des graines qui se trouvent incapable d'absorber les quantités d'eau nécessaire au démarrage des processus de germination D'après cette étude, nous constatons que, Le stress hydrique induit par le PEG a provoqué une réduction des paramètres de croissance (longueur des radicules, longueur des hypocotyles, longueur des épicotyle, longueur total, poids frais et poids sec) et l'indice de vigueur des plantes des trois populations étudiées. La sècheresse est une contrainte majeure qui affecte la croissance et le développement des plantes **(Ben Miled ,1986.).** Son effet sur la croissance des plantes varie en fonction la concentration du PEG, , de l'espèce, de la variété, de l'organe de la plante, ainsi que de son stade végétatif **(Levigneron,*et al*,1995).**

Nos résultats sont similaires avec ceux obtenus par **Harris *et al.* (2002)** qui indiquent que le premier effet de la sécheresse est l'affectation de la germination et le mauvais établissement des plantules. **Kaya et al. (2006)** signalent que le stress dû à la sécheresse réduit considérablement la germination et la croissance précoce des plantules. Des résultats analogues sont obtenus pour d'autres légumineuses. En effet, dans une étude sur le pois, le stress hydrique a altéré la germination et la croissance précoce de cinq cultivars testé **(Okcu *et al.*, 2005)**. De plus, pour la luzerne (*Medicago sativa*), le potentiel de germination, la longueur de l'hypocotyle et les poids frais et secs des tiges et des racines ont été réduits par le déficit hydrique induit par le polyéthylène glycol**, (Zeid et Shedeed, 2006).**

Nos résultats ont démontré que le *priming* atténue l'impact négatif de du stress hydrique sur la germination et la croissance. En effet, le *priming* a amélioré les performances germinatives, la croissance des trois populations, et particulièrement le niébé et le pois chiche et l'indice de vigueur des plantules soumis sous conditions stressantes et non stressantes. Le *priming* est une méthode efficace qui a permet une germination rapide et synchronisée et une meilleure croissance. Ainsi, le *priming* permet d'avoir une tolérance plus vigoureuse aux stress hydrique. Cependant quel que soit l'effet du *priming* sur la germination et la croissance, l'effet varie selon la dose de PEG et le type de *priming* et la population.

Nos résultats sont en accord avec ceux rapportés par **Fabunmi *et al*. (2012)** qui ont également observé que l'amorçage améliore les performances et la vigueur du niébé en conditions stressantes et non stressantes.

L'amorçage des graines facilite l'absorption de l'eau, ce qui permettra la croissance de l'embryon à l'intérieur et augmente la vitesse de germination **(Elouaer et Hannachi, C., 2012)**. l'embryon s'étend et comprime l'endosperme **(Liptay and Zari, 1993)**. Il stimule et prépare le métabolisme des graines pour la sortie de la radicule **(Farooq *et al,* 2007).**

Plusieurs auteurs ont expliqué cette germination rapide et synchronisé, par une activation des processus prégerminatifs qui induisent des modifications biochimiques quantitatives et qualitatives au niveau des semences' telles que la réparation des membranes **(Jowkar *et al.* 2012)** et l'augmentation des activités des enzymes antioxydants **(Ahmed *et al.,* 2012)** tel que la catalase, la peroxydase et la dismutase superoxyde). La synthèse de la

proline, était plus élevée dans les graines amorcées du sorgho **(Monti *et al,* 1990)**. Cela augmente la capacité de tolérance d'une plante au stress hydrique.

Cette amélioration dépend étroitement du type d'amorçage et la concentration de PEG dans le milieu. Ceci a été déjà suggéré par **Ghassemi-Golezani *et al*. (2008).** Nos résultats indiquent que les prétraitements des graines améliorent considérablement la croissance précoce des plantules, exposées ou non au stress salin. **Khan *et al*. (1999)** ont montré que la biomasse de la plante augmentée peut être due à la germination synchronisée et l'émergence rapide des graines prétraitées.

Notre étude indique que les prétraitements des graines par le thermopriming, et l'hormonopriming acide acétique sont plus efficaces sous les quatre niveaux de stress hydrique appliqués et en conditions non stressantes. Avec des pourcentages de germinations meilleurs, une vitesse de germination plus rapide et une croissance meilleure par rapport aux graines non amorcées.

Gholam (2015) indique que le prétraitement des graines par le thermopriming à basse température est efficace pour améliorer la germination des graines et la croissance précoce des plantules, il peut également améliorer la croissance et le développement ultérieurs des plantes. Cependant, il existe peu d'informations disponibles dans la littérature reflétant le rôle du traitement de la température des semences dans l'amélioration de la croissance et le rendement des semences de différentes cultures dans des conditions de stress hydrique.
Concernant l'acide acétique, Récemment**, Kim *et al*. (2017)** ont démontré que l'application de l'acide acétique exogène intervient dans la signalisation de l'acide jasmonique qui intervient dans la de tolérance au stress hydrique. Dans une étude récente**, Chen *et al*. (2019)** ont trouvé que le priming par l'acide acétique pourrait améliorer la tolérance et la défense de la tomate contre insectes herbivores. Ils suggèrent la possibilité d'utiliser l'acide acétique comme alternative prometteuse pour la gestion des ravageurs agricoles.

Le métabolisme des acides organiques est d'une importance fondamentale dans plantes pour plusieurs processus biochimiques majeurs, y compris la production d'énergie, la photosynthèse, la biosynthèse des acides aminés, l'absorption des nutriments, la détoxification des métaux lourds et écologie des sols **(Hawrylak-Nowak *et al.,* 2015).**
L'Acide acétique (AA) est un acide organique de bas poids moléculaire ubiquitaire. semblable à d'autres composés d'acides organiques, l'AA appliqué de manière exogène

réduit la phytotoxicité du cadmium chez les plants de tournesol **(Hawrylak-Nowak *et al.*, 2015).** AA à une concentration de 20 % a également été utilisé pour le contrôle des mauvaises herbes de la pomme de terre **(Ivany, 2010).**

Concernant l'indice de vigueur des plantules, nos résultats montrent qu'il est réduit significativement avec l'augmentation du stress hydrique chez le lot témoin non traités par le *priming*, ainsi que les lots traités par les différentes méthodes de *priming*. Cependant, l'amorçage des graines induit une amélioration significative de l'indice de vigueur des plantules par rapport aux plantules issues des graines non prétraitées en conditions normales ainsi que en conditions de stress hydrique. L'effet diffère selon la dose de sel et le type de *priming*.

Nous constatons d'après nos résultats que, la longueur des différentes parties des plantules sont le principal facteur qui a contribué à l'index de la vigueur des plantules. Nos résultats montrent que, la longueur des différentes parties est réduite sous l'effet du stress hydrique, par conséquence, la tolérance des plantules a été affectée. Les plantules issues des graines amorcées sont plus tolérances à la sécheresse par rapport aux plantules issues des graines non amorcées. Ces résultats en accord avec ceux obtenus par **Hosseini *et al.* 2003**, qui ont indiqué que, la longueur des plantules contribue pour un index de vigueur des plantules élevé, ce dernier est affecté considérablement avec l'augmentation du stress hydrique suite à la réduction de la longueur des plantules.

La présente d'étude a confirmé que les plantules issues des graines amorcées ont acquis une grande tolérance au sel rapport à celles qui ne sont pas traitées, ceci est illustré par les meilleures valeurs de l'indice de vigueur des plantules, dû à l'amélioration de la longueur totale des plantules sous l'effet du *priming*. Des résultats semblables sont aussi rapportés par **Sivritepe *et al.* (2003).et Hosseini *et al.* (2003).**

CONCLUSION

Conclusion général

Le stress hydrique affecte le développement et le bon fonctionnement des plantes. Par ailleurs, et pour bien se développer, la plante doit disposer des mécanismes d'adaptation qui lui permettent de supporter la sécheresse. Dans le cadre de ce travail, le comportement de trois populations de légumineuse algériennes (*Vigna unguiculata L, Lens culinaris Medik et Cicer arietinum L*) ont été étudiés sous l'influence de la sécheresse.

Parmi les paramètres mesurés les plus affectés, nous avons choisis la germination et la croissance précoce et aussi nous avons testé l'effet de l'amorçage et du supplément en acide acétique sur la tolérance à la sécheresse de ces espèces. Ces paramètres ont été confié par une analyse statistique des différences significatives à hautement significatives entre les plantes témoins et plantes stressés.

L'utilisation des différentes concentrations de PEG6000 s'impose comme une nécessité première pour l'étude de la tolérance de la légumineuse à la sécheresse,ce dernier a affecté significativement tous les paramètres de germination et de croissance précoce (longueur des radicules, des hypocotyles, des épicotyles, de la longueur totale du poids frais et du poids sec) et l'indice de vigueur des plantules. *Vigna unguiculata* L , qui sembe être la plus tolérante au stress hydrique ,Ceci peutppeut-être du à son adaptation à la sécheresse, elle est également due à l'effet de son traitement à l'acide acétique au moment de la préparation ,qui a modifié la tolérance au stress hydrique en améliorant la germination et la croissance des graines en réduisant l'effet dépressif de la sécheresse sur les performances germinatives Tandis que le contraire est observé pour *Lens culinaris* Medik en raison de sa sensibilité à la sécheresse.

En plus des *Cicer arietinum* L qui enregistrent des fluctuations de croissance dues à son adaptation à la sécheresse et à sa tolérance au stress hydrique.
L'amorçage des graines en acide acetique et par le thermopriming ont amélioré significativement tous les paramètres de germination, croissance et indice de vigueur des plantules.

Au terme de ce travail on peut conclure que l'existence de différence de comportement entre les trois populations de légumineuse étudiées. De sorte que les

résultats précédents ont permis de déterminer *Vigna unguiculata* L suivi de Cicer arietinum comme la plus résistante à la sécheresse, ces populations qui peuvent être proposées dans les programmes de sélection. de meme l''amoçage en acide acetique et le thermopriming se sont montré efficace et peuvent être utilisés dans les programmes d'amélioration de la germination.

Recommandation

Pour répondre à certaines questions qui restent posées, nous proposons :

- D'ajouter certains aspects de la tolérance au stress hydrique non traites dans ce travail, tels que la pression osmotique foliaires, les protéines solubles.
- D'étudier le comportement des populations au stress hydrique en plein champs.
- De multiplier les essais sur d'autres populations provenant d'autres régions de l'Algérie, compte tenu de l'importance de ces espèce dans les régions arides et semi-arides, ce qui permettra de mieux évaluer la tolérance de niébé à la sécheresse et de l'intégrer dans les programmes d'amélioration de cette espèce.
- De procéder à la discrimination génétique entre les différents génotypes étudiés en utilisant les techniques de biologie moléculaire, afin d'identifier les gènes responsables de la tolérance à la sécheresse et de sélectionner les génotypes les plus résistants.
- D'effectuer d'autres investigations sur l'amorçage par l’acide acetique à d'autres concentrations.
- De tester d'autres types d'amorçages des graines par d'autres agents, exemple, l'hormone priming (acide gibbérellique et acide jasmonique) et le thermopriming , avec des durées d'amorçage différentes, afin de sélectionner les méthodes les plus efficaces. Ces méthodes ont prouvé leurs efficacités chez plusieurs espèces.
- L'usage d'approches d'ordres moléculaires et génétiques, qui s'avère incontournable pour mieux identifier l'expression des gènes activés au cours de l'amorçage.
- Conseiller et orienter les agriculteurs, simplifier et faciliter les techniques utilisées dans l’étude pour simuler les moyens dont dispose l’agriculteur, notamment :

Simplifier le protocole utilisé dans l’étude, déterminer le type de légumineuses le plus résistant , fournir une explication simplifiée à ce sujet , et l’inclure avec les autorités compétentes et contacter les agriculteurs.

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

Abdelguerfi-Berrekia R. ; A. Abdelguerfi ; N. Bounaga ; Guittoneau, G.G. (1988) – Contribution à l'étude des espèces spontanées du genre Hedysarum L. en Algérie. Ann. Inst. Nat. Agr. El Harrach, 12: 191- 219 .

ADDA A., 2006 - Etude des mécanismes d'adaptation à la sécheresse chez le blé dur (Triticum durum Desf). Thèse de doctorat, p.179

Adele Muscolo, Maria Sidari, Umberto Anastasi, Carmelo Santonoceto &Albino Maggio (2014) Effect of PEG-induced drought stress on seed germination of four lentil genotypes, Journal of Plant Interactions, 9:1, 354-363.

Amrouche I, Mesbah El-kahina A. Effet du stress abiotique sur l'accumulation des protéines totales chez deux variétés de blé dur (Triticum durum Desf.) [En ligne]. Mémoire de Master. Algérie : Université des Frères Mentouri Constantine, 2017, p 96.

Anzala F.J. (2006). Contrôle de la vitesse de germination chez le maïs (Zea mays) : Etude de la voie de biosynthèse des acides aminés issus de l'aspartate et recherche de QTLs. Thèse de Doctorat, Université d'Angers, Angers, France., 149 p.

Aouar-Sadli M., Louadi K. Et Doumandji S-E., 2008.Pollination of the broadbean (Vicia faba L. var. major) (Fabaceae) by wildbees and honeybees (Hymenoptera : Apoidea) and its impact on the seed production in the Tizi-Ouzou area (Algeria). African Journal of Agricultural research. 3(4): 266-272.

Asif, M., Rooney, L.W., Ali, R. & Riaz, M.N. 2013. Application and opportunities of pulses in food system: a review. Critical reviews in food science and nutrition, 53(11): 1168–1179.

Atti S. 2002. Assessment of soybean (glycine max (l.) merr.) water stress, lipochito oligosaccharides application and spectatral responce. These Master, Département of Agricultural and Biosystems Engineering Macdonald Campus of Mc Gill, University Montreal, Canada, 128p.

Barrios, E., Buresh, R.J. & Sprent, J.I. 1996. Organic matter in soil particle size and density fractions from maize and legume cropping systems. Soil Biology and Biochemistry, 28(2): 185–193.

Basra S. M. A., Pannu I. A., Afzal I. 2003. Evaluation of seedling vigor of hydro and matriprimed wheat (Triticum aestivum L.) seeds. Int. J. Agric. Biol., 5(2): 121-123.

Bekunda, M., Sanginga, N. & Woomer, P.L. 2010. Restoring Soil Fertility in sub-Sahara Africa. Advances in Agronomy, 108: 183–236

BEN MILED, «Tolérance au sel d'espèces annuelles du genre Medicago au cours de germination.,» Djerba 8-10 sept. Fac. Sci. de Tunis. ACCTT., 1986 in : Actes du Colloque sur les végétaux en milieu aride .

Benoit, G. & Cameau, A. (sous la direction de) (2005) L'eau. In : Méditerranée. Les perspectives du Plan Bleu sur l'environnement et le développement. Six enjeux de développement durable, 75-107, Editions de l'Aube, La Tour d'Aigues, F.

Bewley D., Black M. (1994). Seeds development and maturation. In: Bewley D.J.B. M eds. Physiology of development and germination. New York: Plenum., 35-117. Bewley J. (1997). Seed germination and dormancy. Plant cell., 9: 1055-1066.

BLUM A., 1996 - Crop responses to drought and the interpretation of adaptation. Edit. Plant Growth Regul. Vol. 20, pp 135 – 148. BLUM A., 1996 - Crop responses to drought and the interpretation of adaptation. Edit. Plant Growth Regul. Vol. 20, pp 135 – 148.

Boucelha L, Djebba R.2019. publication/332594093_Synthese_sur_le_Priming_des_Graines/links/5cbf8b2b299bf120977 ac854/Synthese-sur-le-Priming-des-Graines.

Boukar O, Belko N, Chamarthi S, Togola A, Batieno J, Owusu E, Haruna M, Diallo S Umar ML, Olufajo O, Fatokun C. 2019. Cowpea (Vigna unguiculata): Genetics, genomics and breeding. Plant Breeding, 138: 415-424.

Bradford K. J. 1986. Manipulation of seed water relations via osmotic priming to improve germination under stress conditions. Hort Science 21: 1105-1112.

Braun, 1988 : Le pois chiche culture et utilisation ITCF pl 1.

Bray C.M., Davison P.A., Ashraf M. & Taylor R.M., 1989. Biochemical processes during osmopriming of leek seeds. Ann. Bot., 63, 185-193.

Bray E et Ziegler P. 1989. Biosynthesis and degradation of starch in higher plants. AnnualReview of Plant Physiologie. And plant mol. Bio., 40: 95-117p.

Brink M, Belay G. 2006. Céréales et légumes secs, ressources végétales de l'Afrique tropicale. Fondation Prota, Wageningen, Pays-Bas. P:102.

Brink M, Belay GKP. 2006. Vignasubterranea (L.) Verdc. Record from Protabase.Brewin N. J., 2002. - Pods and Nods: a new look at symbiotic nitrogen fixing. Biologist.Rev. 49 (3).

Brink M. et Delay G., 2006. Plant Resources of Tropical Africa 1. Cereals and pulses.

CIRAD, 2002. Memento de l'Agronome, Ministère des Affaires Etrangère GRET 1691 p.

CGDD (**Commissariat général au développement durable), 2009**. « La relance des légumineuses dans le cadre d'un plan protéine : quels bénéfices environnementaux ? » Études & documents, n°15, décembre 2009. Auteure : Émilie Cavaillès, ingénieur élève de l'ENGREFAgroParisTech.<http://www.developpementdurable.gouv.fr/IMG/pdf/E_D15.pdf >.

Chalal Farida & Chibout Meriem 2017, Effet préventif de pathologies hémolytiques.

Chaux & Foury C. (1994) : Productions légumières, légumineuses potagères, légumes fruits,T.3.Ed.Lavoisier. Paris. 563 p.

Chen D, Shao M, Sun S, Liu T, Zhang H, Qin N, Zeng R and Song Y Cisse & Hall A.E (2004) : La culture traditionnelle du niébé au Sénégal. Etude de cas. Botany & Plant Science Département, university of California, Riverside, CA 9252610124,A

Cokkizgin et Shtaya, 2013. Lentil: Origin, Cultivation Techniques, Utilization and Advances in Transformation. Agricultural Science Volume 1, Issue 1. P: 55-62.

Côme D. (1970). Les obstacles à la germination. Masson et Cie., 162 p. Côme D. (1970). Les obstacles à la germination. Masson et compagnie – Paris., 160 p.

Côte, M. (1996a). L'Algérie, espace et société, Masson -Armand Colin, Paris, F.

Cronquist A. (1981): An integrated system of classification of flowering plants. Columbia University, Paris, New york 1262p.

Cubero, J., M. Pérez de la Vega, R. Fratini, W. Erskine, F. Muehlbauer, A.Sarker et B. Sharma. 2009. Origin, phylogeny, domestication and spread. In: Ws au stress oxydatif des

extraits de l'écorce de Fraxinus angustifolia. Erskine, F. J. Muehlbauer, A. Sarker and B. Sharma. The lentil: Botany, productionand uses. CABI, Oxford, pp:13-33.

Dabiré L.C., 2001. Etude de quelques paramètres biologiques et écologiques de Clavigrallatomentosicollis 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'insecteau Burkina Faso. Thèse Université de Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire 179 p.

Darra, B. L., Seth, S. P., Singh, H., And Mendiratta, R. S. (1973). Effect of hormone directed presoaking on emergence and growth of osmotically stressed wheat (TriticumaestivumL.)seeds.Agron. J.65, 292–295.

Davison P.A. & Bray C.M., 1991. Protein synthesis during osmopriming of leek (Allium porrum) seeds. Seed Sci. Res., 1, 29-35.

De Castro R.D. et al., 2000. Cell division and subsequent radicle protrusion in tomato seeds are inhibited by osmotic stress but DNA synthesis and formation of microtubular cytoskeleton are not. Plant Physiol., 122, 327-335.

De Ron, A. M. (2015). Grain Legumes. Springer, London, 449p.

Dell'Aquila A. & Bewley J.D., 1989. Protein synthesis in the axes of polyethylene glycol-treated pea seeds and during subsequent germination. J. Exp. Bot., 40, 1001-1007.

Dixon, R.A. & Sumner, L.W. 2003. Legume natural products: understanding and manipulating complex pathways for human and animal health. Plant Physiology, 131.

Drinkwater, L.E. & Snapp, S.S. 2008. Nutrients in agroecosystems: Rethinking the management paradigm. Advances in Agronomy, 92: 163–186. drought stress, Biol. Plant. 50, 635–640.

Duc G., Mignolet C., Carrouée B., Huyghe C. 2010. Importance économique passée et présente des légumineuses : rôle historique dans les assolements et facteurs d'évolution. Innovations Agronomiques 11, pp. 1-24.

Ducke J.A. (1981): Handbook of legumes of world economic importance. Plenum Press, New – york and London.

Dugot, P. (2001). L'eau autour de la Méditerranée, L'Harmattan, Paris, F.

Duranti M., 2006. Grain legume proteins and nutraceutical properties. Fitoterapia 77, 67–82p.

Echikh N., 2000 - Organisation du pool génétique de formes sauvages et cultivées d'une légumineuse alimentaire, *Vigna unguiculata* (L.) Walp. Ph.D. thesis, Faculte Universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux, Gembloux, Belgium, 307 pp.

Echikh N., Ahmed-Said T., Brac De La Perrière R.A., 1997 - Collecting local *Vigna unguiculata* L. (Walp.) landraces in Algeria. Plant Genet. Resour. News. 112:73-76.

El Aoufir A., 2001. Étude du flétrissement vasculaire du pois chiche (Cicer arietinum) causé par le Fusariuin oxysporum f sp. Ciceri. Evaluation de la fiabilité de l'analyse isoenzymatique et de la compatibilité végétative pour la caractérisation des races physiologiques. Thèse de doctorat, Université Lavai, P 161.

El-Jasser HCA. 2011. Chemical and biologie properties of local cowpea seed protein seed protein grown in Gisan Region. International Journal of Biological, Biomolecular Agricultural, Food and Biotechnological Engineering, 5(8): 466- 472. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.1078332.

Erroux J. (1975) : Agronomie méditerranéenne. Le milieu méditerranéen et ses problèmes. Les cultures Verviers en Algérie, Tome I.

Erskine, W. 2009. Global Production, Supply and Demand. In: W. Erskine, F. J. Muehlbauer, A. Sarker and B. Sharma. The lentil: Botany, production and uses. CABI, Oxford, pp:4-12.establishment and yield in dry direct-seeded rice, in: Pandey S., Mortimer M., Wade L.

FAO Stat, 2013. Statistical database of the Food and Agriculture Organization of the United Nations.

FAO, Faostat (2014). Website: http: www.fao.org/stat

FAO. 2006. (Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture). Deuxième rapport national sur l'état des ressources phytogénétiques.

Feliachi K, Amroune R et Khaldoune. 2001. Impact de la sécheresse sur la production des céréales cultivées dans le nord de l'Algérie: céréaliculture N0 35.ED. ITGC. Algérie.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2016). Les bienfaits pour la santé des légumineuses.

Fornara, D.A. & Tilman, D. 2008. Plant functional composition influences rates of soil carbon and nitrogen accumulation. Journal of Ecology, 96(2): 314–322.Foundation PROTA/ Backhuys/ CTA, Wageningen, Pays-Bas, 328 p.

Foti C, Khah EM, Pavli OI (2018). Germination profiling of lentil genotypes subjected to salinity stress. Plant Biology 6(4):75-83.

Fournerau.J.C., 2000-L'eau –l'environnement : cycle biologique de l'eau : eau et végétaux. Le cahier n°3 concerne les problèmes de l'eau sous ses aspects physiques Editeur CRDP des pays de la Loire ISBN : 2-86628-333-3.

Francis C., lieblein G.,*et al* (2003).. Agroecology: the Ecology of Food Systeme. *Journal of sustainable agriculture*, 22, 99-118. g N.Q. et Marechal R., 1985. Cowpea taxonomy, origin and germplasm. ln: S.R. Singh andK.O. Rachie, Cowpea Research, Production and utilization, pp 11-21.

Gage, DJ (2004)-infection and invasion of roots by symbiotic, nitrogen-fixing rhizobia during nodulation of temperate legumes. Microbiol Mol Biol Rev. 68:280-300.

Ghalmi N., Malice M., Jacquemin J.M., Ounane S.M., Leila Meklichel., Baudoin J.P., 2009- Morphological and molecular diversity within Algerian cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) landraces. Genet. Res. Crop Evol., 57: 371-386.

Ghassemi-Golezani K., Sheikhzadeh-Mosaddegh P. & Valizadeh M., 2008. Effects of hydropriming duration and limited irrigation on field performance of chickpea. Res. J. Seed Sci., 1, 34-40.

Giller, K.E. & Cadisch, G. 1995. Future benefits from biological nitrogen fixation: An ecological approach to agriculture. Plant and Soil, 174: 255–277.

Gimeno-Gilles C. (2009). Étude cellulaire et moléculaire de la germination chez Medicagotruncatula. Thèse de Doctorat, Université d'Angers, Angers, France., 174 p.

Glitho I.A., 1990. Les Bruchideae ravageurs de Vigna unguiculata (L.)Walp. en zoneguinéenne. Analyse de la diapause reproductrice chez les mâles de Bruchidius atrolineatusPic. Thèse de Doctorat, Université F. Rabelais Tours, 172 p.

Glover, J. D., Reganold, J.P. & Cox, C.M. 2012. Plant Perennials to Save Africa's Soils. Nature, 489 (7416): 359–361.

Graham P. et C. Vance (2003)-Legumes:importance and contraintes to greater use. Plantphysiol. 131:872- 877.

Hamadach, 2001. La plantation de la culture de pois chiche dans les régions tropical et semi tropical. Rapport technique ITGC.

Hamadache, A. 2014. Grandes cultures Tome II .Légumineuses alimentaires (pois chichefèves-lentille). Vol 2. pp: 103–105.

Hamidou F., Dicko M.H., Zombre G., Traore A., Guinko S., 2005 -Réponse adaptative de deux variétés de niébé à un stress hydrique. Edit. Cahiers Agricultures, Vol.14 n° 6, pp 561- 567.

Harris D. et al. 2002. Prospects of improving maize yields with 'on-farm' seed priming. In: Rajbhandari N.P.,Ransom J.K., Adikhari K. & Palmer A.F.E., eds. Sustainable maize production systems for Nepal. Kathmandu: NARC & CIMMYT, 180-185.

Harris D. et al., **1999**. Onfarm seed priming in semi-arid agriculture: development and evaluation in maize, rice and chickpea in India using participatory methods. Exp. Agric., 35, 15-29.

Harris D. et al., 2001. On-farm seed priming: using participatory methods to revive and refine a key technology. Agric. Syst., 69(1-2), 151-164.

Harris D., Tripathi R.S., Joshi A. (2002) On-farm seed priming to improve crop.

Hawrylak-Nowak, B., Dresler, S., and Matraszek, R. (2015). Exogenous malic and acetic acids reduce cadmium phytotoxicity and enhance cadmium accumulation in roots of sunflower plants. Plant Physiol. Biochem. 94, 225–234.doi: 10.1016/j.plaphy.2015.06.012.

Hayek, T., Ben Salem, M., & Zid, E. (2000). Mécanisme ou stratégie de résistance à la sécheresse: Cas du blé, de l'orge et du triticale. CIHEAM-IAMZ, Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens, 40: 287-290.

Heller R., Esnault R et Lance C. (2000). Physiologie végétale II. Développement. Ed Dunod. Paris., pp 64-260.

Heydecker W., Higgins J. et Gulliver R. L. 1973. Accelerated germination by osmotic seed treatment. Nature 246:42-44.

Hopkins W. G. 2003. Physiologie végétale traduction de la 2ème Edition américaine par Serge R. Révision scientifique de Charle M. Edition Deboek. Université Bruxelles. 66-81, 237-309, 362-514p.

Hopkins W.G. (2003). Physiologie végétale. Traduction de la 2e édition américaine. Ed. de Boeck, Bruxelles., 514 p. Hopkins W.G. (2003). Physiologie végétale. Traduction de la 2eme édition américaine par SERG R. Ed de Boeck., pp 309-362.

Hsissou, D. (1994). Sélection *In vitro* et caractérisation de mutants de blé dur tolérants à la sécheresse. Thèse de doctorat. Univ. Catholique de Louvain. induced by polyethylene glycol 6000. African Journal of Biotechnology. 6: 1102-1105.

Ingram J et Bartlzq D. 1996. The molecular basis of dehydratationtolerance in plants. Annula Review of Plant Physiologie. And plant mol. Biologie., 47 :377-403p.

INRAA (l'Institut National de la Recherche Agronomique d'Algérie), **18 mai 2020.** « Développement et consolidation des chaines de valeurs de la culture du Niébé, Vigna unguiculata au niveau des petites exploitations agricoles familiales algériennes ». **(**http://bourse-dz.com/institut-recherche-agronomique-projet-culture-niebe/

Iqbal A., Ateeq N., Khalil I.A., Perveen S., Saleemullah. (2006). Physicochemical characteristics and amino acid profile of chickpea cultivars grown in Pakistan foodservice. 17: 94-101.

Ivany, J. A. (2010). Acetic acid for weed control in potato (*Solanum tuberosum* L.). Can. J. Plant Sci. 90, 537–542. doi: 10.4141/cjps09026.

Jones H G. 1992. Plant and Microclimates (Ed): A quantitative approach to environmental plant physiology, Cambridge UniversityPress London. In :

Kadri A, Zakari Moussa O, Sidoyacouba A, Hame Abdou KK, Karimoune L. 2013 . Gestion intégrée de Maruca vitrata (FABRICIUS, 1787) et Megalurothrips sjostedti (TRYBOM 1908), deux insectes ravageurs majeurs du niébé au Niger. Int. J. Biol. Chem. Sci., 7(6): 2549- 2557. DOI: http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v7i6.29.

Kaiser, W. M. (1987). Effect of water deficit on photosynthetic capacity. *Physiol. Plant*, 71 142-149.

Kande Y., 1965. Contribution à l'étude de la valeur nutritionnelle de deux graines de légumineuses (Cicer arietinum L. et leurs isolements).

Kay, D.E. (1979). Food legumes. Tropical Development and Research Institute, London.

Kaya .M.D., Okçub G., Ataka M., Çıkılıc Y., Kolsarıcıa O_. (2006) Seed treatments to

Kiani P. 2007. Analyse génétique des réponses physiologiques du tournesol (*Helianthusannus* L.) soumis à la sécheresse. Thèse Doctorat de l'Institut National Polytechnique de Toulouse.

Kichou, T. SH, 2003. Effet de la température sur la fixation et l'assimilation de l'azote chez le pois chiche. Céréaliculture revue technique et scientifique de ITGCn 40.

Kim, J. M., To, T. K., Matsui, A., Tanoi, K., Kobayashi, N. I., Matsuda, F., et al.

Koroma, S., Molina, P.B., Woolfrey, S., Rampa, F. & You, N. 2016. *Promoting regional trade in pulses in the Horn of Africa*. Accra, Ghana, FAO.

Koutika, L.S., Nolte, C., Yemefack, M., Ndango, R., Folefoc, D. & Weise, S. 2005. Leguminous fallows improve soil quality in south-central Cameroon as evidenced by the particulate organic matter status. Geoderma, 125: 343–354.

Kumar, J., E. Srivastava, M. Singh, D. Mahto, A. Pratap, et S. Kumar. 2014. Lentil. In: Aditya P. et J. Kumar. Alien Gene Transfer in Crop Plants, Volume 2. Springer, New Delhi, pp 191-205. L.), Eur. J. Agron. 24, 291–295.

Laamari M., Khelfa L. Et Cœur D'acier A (2008). Resistance source to cowpea aphid (Aphis craccivora Koch) in broad bean (Viciafabae L.) Algerian landrace collection. African Journal of Biotechnology. 7 (14), 2302p.

Labdi, M., 1990. Chickpea in Algeria. 137-140p, in Saxina, N. P.; Saxina, M C.; Jouhansen, C.; Virmani, S M.; and Harris, H. Adaptation of chickpea in West Asia and North Africa region. ICARDA- ICRISAT. 262p.

Laberche J-C, 2004. La nutrition de la plante In Biologie Végétale. Dunod. 2e (éd). Paris: 154 -163 p.

Lamaze T. 1994. Résistance de plantes a la sécheresse: mécanismes physiologiques. Le sélectionneur Français, 45: 75-85p.

Laumont, P.; Chevassus, A., 1956. Note sur l'amélioration du pois chiche en Algérie. Institue agricole d'Algérie. Maison-carree Alger.24p.

Leila, R. 2007. Response of Tunisian autochthonous peral millet to drought stress.

M.A.D.R, 2015. Ministère de l'agriculture et du développement rural. Direction des zones arides et semi-aride ; Services statistiques agricoles.

Madomba 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.

MADR, 2014. Annuaire statistiques du Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural.

Maphosa .Y and Jideani V. (2017). The Role of Legumes in Human Nutrition. In the book: Functional Foods - Improving Health Through Adequate Food.

Marechal, R., Mascherpa, J. M. et Stainier, F. (1978). Etude taxonomique d'un groupe d'espèces des genres Phaseolus et *Vigna* (Papilonaceae) sur la base des données morphologiques et polliques, traitées pour l'analyse informatique. Boissiera 28 : 1-273.

Marinus, W., Ronner, E., van de Ven, G.W., Kanampiu, F.K., Adjei-Nsiah, S. & Giller, K.E. 2016. What role for legumes in sustainable intensification? – Case studies in Western Kenya and Northern Ghana for PROIntensAfrica. [Cited 7 October 2016]. www.N2Africa.org.

Mazliak P. 1998. Physiologie végétale II : Croissance et Développement. Hermann ed, Paris.

Mc Donald M. B. 2000. Seed priming. In Black M and Bewley J.D. (eds.), Seed technology and its biological basis. Sheffield Academic Press Ltd, Sheffield, England: 287-325.

Mebarki, A & Laborde, J.P. (2009). Bases d'information et cartographie des bilans hydriques de l'Algérie du Nord (1er Colloque International sur la Gestion Intégrée des Ressources en Eau – GIRE, Batna, Algérie, 10-11 novembre 2009), Proceedings, 72-75.

Mebarki, A. (2008). Le défi de l'eau en Algérie : ressources, aménagements et gestion durable (31ème Congrès International de Géographie UGI, Tunis, Tunisie, 12 -15 Août 2008).

Melakhessou Z., 2007- Étude de la nuisibilité directe des adventices sur la culture de pois-chiche d'hiver (cicer arietinum L.) variété ILC 3279, cas Sinapis arvensis. Université El Hadj Lakhdar- Batna. Faculté des sciences ; Departement d'Agronomie. Mémoire de Magister en sciences agronomiques.

Merah O., 1999 - Utilisation de la discrimination isotopique du carbone pour l'amélioration de la tolérance à la sécheresse chez le blé dur dans les régions méditerranéennes. Thèse de doctorat.

Moosavi A., Tavakkol-Afshari R., Sharif-Zadeh F. et Aynehband A. 2009. Effect of seed priming on germination characteristics, polyphenoloxidase, and peroxidase activities of four amaranth cultivars. J. Food Agric. Environ 7(3-4): 353-358.

MRE(2005). Le secteur de l'eau en Algérie, Ministère des Ressources en Eau, Alger, DZ.

Mutin, G. (2000). L'eau dans le monde arabe, Ellipses (Carrefours de Géographie), Lonrai, F.

Naghavi M. R., Jahansouz M. R. (2005). Vaiation in the agronomic and morphological traits of Iranian chickipea accessions.J. Intregr. Plant. Boil. 47(3): 375-379.

Nieuwenhuis R., Nieuwelink J., 2005. La culture du soja et d'autres légumineuses. Série Agrodok 10, 75pp, p6.

Nouri, L. (2011). Identification de marqueurs physiologiques de la tolérance à la sécheresse chez le tournesol. Thèse de Doctorat es Science, spécialité, Biologie et Physiologie végétales, option, Génétique et Amélioration des plantes, Université Constantine. 131 p.

Obaton M. (1983): Fichier technique de la fixation symbiotique de l'azote légumineuse Rhizobium. F.A.O. Rome.

Okcu G., Kaya M.D., Atak M. (2005) Effects of salt and drought stresses on germination Opportunities, International Research Institute, Manila, Philippines, pp. 231–240.overcome salt and drought stress during germination in sunflower (*Helianthus annuus*).

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.

Passioura J.B., 1996 - Drought and drought tolerance. Edit. Plant growth regul. Vol. 20, pp 79-83ACEVEDO E., 1991b - Morph physiological traits of adaptation of cereals to Mediterranean environments. In Improvement and management of winter cereals under temperature, drought and salinity stress (ACEVEDO E., FERERES E., and GIMENEZ C. and SRIVASTAVA J.P. eds). Edit. Proceedings of the ICARDA-INIA symposium, Cordoba Spain, pp 85-96.

Passioura, J. (2004). Increasing crop productivity when water is scarce : From breeding to field management In : Proceedings of the 4th International Crop Science Congress "New directions for a diverse planet" Brisbane, Australia. 12p. www.regional.org-au/au/cs.

Peoples, M.B., Brockwell, J *et al* (2009). The contributions of nitrogen- fixing crop legumes to the productivity of agricultural systems. Symbiosis, 48: 1–17. DOI: 10.1007/BF03179980.

Pérennes, J.J. (1993). L'eau et les hommes au Maghreb, contribution à une politique de l'eau en Méditerranée, Karthala, Paris, F.

Peron, J-Y., 2006. Productions Légumières. Ed. Lavoisier, 613p.

Plaut, Z., & Federman, E. (1991). Acclimation of CO2 assimilation in cotton leaves to water stress and salinity. *Plant Physiol.*, 97 : 515-522.

Ploux, G., (1985): contribution à l'étude de la formation du rendement chez le pois chiche. Thèse DEA ENSAM (Montpelier).

Powell, J.M., Pearson, R.A. & Hiernaux, P.H. 2004. Crop-livestock interactions in the West African drylands. Agronomy Journal, 96(2): 469–483.

Powell, J.M., Pearson, R.A. & Hiernaux, P.H. 2004. Crop-livestock interactions in the West African drylands. Agronomy Journal, 96(2): 469–483.

Quézel,P.,et Santa,S.,(1963)-Nouvel flore de l'Algerie et des régions désertiques méridionales.CNRS.Paris.

RAC-France, Solagro, 2015. Diagnostic des filières de légumineuses à destination de l'alimentation humaine en France — intérêt environnemental et perspectives de développement. Auteurs : Cyrielle Denhartigh, responsable agriculture et alimentation, Réseau Action Climat – France, et Nicolas Metayer. L'étude a été réalisée avec le soutien du ministère de l'Agriculture, du ministère de l'Écologie et de l'ADEME. <http://www.rac-f.org/Nouvelle-etude-Etat-des-lieux-sur>.

Radhouane, L. (2009). La photosynthèse du mil (*Pennisetum glaucum* (L.) R.Br.) en présence de contrainte hydrique et saline. *Journal of Agriculture and Environment for International Development*, 103 (3): 185-200.

Rahman, M. M., A. Sarker, S. Kumar, A. Ali, N. Yadav et M. L. Rahman. 2009. Breeding for Short Season Environments. In: W. Erskine, F. J. Muehlbauer, A. Sarker and B. Sharma. The lentil: Botany, production and uses. CABI, Oxford, pp 121-136.

Rahmani, n. 2006. Effect of irrigation and nitrogen application on the quantity and Enhancement of Jasmonate-Mediated Antiherbivore Defense Responses in Tomato by Acetic Acid, a Potent Inducer for Plant Protection. Front. Plant Sci. 10:764. doi: 10.3389/fpls.2019.00764.

Rajesh, P. N., 2001. Chickpea genomics: BAC library construction, Resistance gene analog (RGA) mapping and tagging double-podded trait. A thesis submitted to the University of Pune for the Degree of doctor of philosophy. Plant Molecular Biology Division of Biochemical Sciences National Chemical Laboratory Pune 411 008 (India). 144p.

Rockström, J., Williams, J.,*et al*..(2016). Sustainable intensification of agriculture for human prosperity and global sustainability. Ambio, 46(1): 4–17. DOI: 10.1007/ s13280-016-0793-6.

Sahnoune M., 2005 - Etude des paramètres morpho physiologiques de résistance à la sécheresse chez l'orge (Hordeum vulgare L.). Thèse de Doctorat. INRA El Harrach,135 p.

Sahnoune M., Adda A., Soualem S., Kaid Harch And Merah O ., 2004 – Early water deficit effect on seminal root barley .C.R.Biologies III. Agron. 327 : 389-398.

Saxena, M. C. 2009. Plant morphology, anatomy and growth habit. In: W. Erskine, F. J. Muehlbauer, A. Sarker and B. Sharma. The lentil: Botany, production and uses. CABI, Oxford, pp 34-45.

Scherr, S.J. 1999. Soil degradation, a threat to developing-country food security by 2020? Food, Agriculture and the Environment Discussion Paper 27. Washington, D.C., USA, International Food Policy Research Institute.

Schneider A., Huyghe C., Maleplate T., Labalette F., Peyronnet C., Carrouée B. 2015 . Rôle des légumineuses dans l'agriculture française. In Les légumineuses pour des systèmes agricoles et alimentaires durables, A. Schneider, C. Huyghe (coord.), éd. Quae, pp. 11-78

Schneider A., Thiébeau P., Valantin-Morison M., Vertès F. (2015):"Performances agronomiques et gestion des légumineuses dansles systèmes de productions végétales", Les légumineuses pour des systèmes agricoles et alimentaires durables, A. Schneider, C.Huyghe (coord.), éd. Quae, 104-164.

Shao H. B., Chu L. Y., Cheruth A. J., Zhao C. X. 2008. Water-déficit stress-induced anatomical changes in higher plants. C. R. Biologies 331 :2015-225.

SHekari, F. 2000. Effect of drought stress on phenology, water relations, growth, yield.

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 K.B.1997. Chickpea(Cicer arietinum L.) .Field crops research, 53(1-3): 161-170.

Sinha 1980- Insectes des minoteries, des silos élévateurs, 311 p.

Slama A., Salem M., Ben Naceur M., Zid E., 2005 - Les céréales en Tunisie : production, effet de la sécheresse et mécanisme de résistance. Edit. Sécheresse, Vol. 16,pp 225- 229.

Slama,A. Ben Salem. M.BenNaceur. M. Zid, E, 2005. Les céréales en Tunisie : production effet de la sécheresse et mécanismes de résistance (Inrat).16(3) : 225-229.

Snapp, S., Rahmanian, M., Batello, C. 2018. Légumes secs et exploitations durables en Afrique subsaharienne, sous la direction de T. Calles. Rome, FAO.4.

Snapp, S.S., Mafongoya, P.L. & Waddington, S. 1998. Organic matter technologies to improve nutrient cycling in smallholder cropping systems of Southern Africa. Agriculture, Ecosystems & Environment, 71: 187–202.

Stanton W.R. (1970) : Les légumineuses à graines en Afrique. Ed. Lavoisier. 453p.

Sumberg, J. 2002. The logic of fodder legumes in Africa. Food Policy, 27(3): 285–300.

Tarawali, G., Manyong, V.M., Carsky, R.J., Vissoh, P.V., Osei-Bonsu, P. & Galiba, M. 1999. Adoption of improved fallows in West Africa: lessons from mucuna and stylo case studies. Agroforestry systems, 47: 93–122.

Tardieu F., Zivy M. 2006. Amélioration génétique de la tolérance des cultures à la sécheresse. In : Sécheresse et agriculure réduire la vulnérabilité de l'agriculture à un risque accru de manque d'eau. Ed. Expertise scientifique collective, INRA, Paris, 242-257.

Tarquis A.M. & Bradford K.J., 1992. Prehydration and priming treatments that advance germination also increase the rate of deterioration of lettuce seeds. J. Exp.

Trabut A ., 1935 - Répertoire des noms indigènes des plantes spontanées cultivées et utilisées dans le nord de l'Afrique. Algiers, Algérie, 355 pp.

Tuong T.P., Lopes K., Hardy B. (Eds.), Direct seeding: Research Strategies and traits(2017). Acetate-mediated novel survival strategy against drought in plants. Nat. Plants 3:17097. doi: 10.1038/nplants.2017.97.

Turner Nc., 1986- Adaptation to water deficits: a changing perspective. Edit. Aust J Plant Physiol, Vol. 13, pp 175-90.University of Khorasgan. University of Takestan Branch.

Varier A., Vari A.K. & Dadlani M., 2010. The subcellular basis of seed priming. Curr. Sci., 99 450-456.varieties of winter canola, MS Thesis Agronomy, Faculty of Agriculture, Islamic Azad.

Velasco R Salaminif et Bartlets D. 1994. Dehydratation and ABA increasemRNAlevels and enzyme activity of cytosolic GAPDH in the resurrection plant. Plant mol. Biol., 26: 541-546p.

Viveros A., Brenes A., Elices R., Arija I., Canales R. (2001). Nutritional value of raw and autoclaved kabuli and desi chickpea (Cicer arietinum L.) for growing chickens. Brit. Poult. Sci. 42: 242-251.

Voisin A.S., Guéguen J., Huyghe C., Jeuffroy M.H., Magrini M.B., Meynard J.M., Mougel C., Pellerin S., Pelzer E. 2013. Legumes for feed, food, biomaterials and bioenergy in Europe : a review. Agron. Sustain. Dev., 34, pp. 361-380.

Weiss, E. et D. Zohary. 2011. The Neolithic southwest Asian founder crops. Current Anthropology 52: 237-254.

Wu C, Wang Q, 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.

Xavier Leflaive, Maria Witmer (PBL). 2012. Perspectives De L'environnement De L'ocde A L'horizon 2050 © Ocde 2012.

Yadav, S. S., P. C. Stevenson, A. Rizvi, M. Manohar, S. Gailing et G. Mateljan. 2007b. Uses and consumption. In: S.S. Yadav, D. NcNeil, et P.C. Stevenson. Lentil : An ancien crop for modern times. Springer, Dordrecht, pp: 33-46.

Yokota A Takahara K et Akashi K. 2006. Physiology and MolecularBiology of Stress Tolerance in Plants. Springer: 15-39p.

Zaghouane, O., Kada, M. A. M., Sidennas. R., 1995. Les légumineuses alimentaires en Algérie: situation actuelle et perspectives. ITGC Editions El-Harrach – ALGER. 136p.

Zare'ian, J. 2004. Effects of drought on the different stages of growth, and growth.

Zeid I.M., Shedeed Z.A. (2006) Response of alfalfa to putrescine treatment under.

Zuang H. (1991) : Mémento nouvelle espèce légumière.Ed.du centre technique internationl des fruits et légumes Cc. (F) service Bio agro. 360p.

ANNEXE : Résultats d'analyses statistiques

Longueur totale

Statistiques descriptives

T	P	Pr	Moyenne	Ecart-type	N
T0	L	AA10	12,4867	3,93861	3
		AA20	1,6767	2,90407	3
		AA50	,0000	,00000	3
		NP	12,4333	2,00028	3
		TH	12,4111	2,98967	3
		Total	7,8016	6,34069	15
	Total	AA10	12,4867	3,93861	3
		AA20	1,6767	2,90407	3
		AA50	,0000	,00000	3
		NP	12,4333	2,00028	3
		TH	12,4111	2,98967	3
		Total	7,8016	6,34069	15
T1	L	AA10	5,2767	7,85179	3
		AA20	1,6433	2,16763	3
		AA50	,0000	,00000	3
		NP	14,7778	1,48187	3
		TH	12,7333	2,37300	3
		Total	6,8862	6,91915	15
	Total	AA10	5,2767	7,85179	3
		AA20	1,6433	2,16763	3
		AA50	,0000	,00000	3
		NP	14,7778	1,48187	3
		TH	12,7333	2,37300	3
		Total	6,8862	6,91915	15
T2	L	AA10	8,1667	7,70216	3
		AA20	,0000	,00000	3
		AA50	,0000	,00000	3
		NP	7,5000	5,04458	3
		TH	11,8000	4,57857	3
		Total	5,4933	6,24140	15
	Total	AA10	8,1667	7,70216	3
		AA20	,0000	,00000	3
		AA50	,0000	,00000	3
		NP	7,5000	5,04458	3
		TH	11,8000	4,57857	3
		Total	5,4933	6,24140	15
T3	L	AA10	10,2533	3,69102	3
		AA20	1,0533	1,82443	3
		AA50	,0000	,00000	3
		NP	8,0556	2,05002	3
		TH	6,3111	2,46854	3
		Total	5,1347	4,56628	15
	Total	AA10	10,2533	3,69102	3

		AA20	1,0533	1,82443	3
		AA50	,0000	,00000	3
		NP	8,0556	2,05002	3
		TH	6,3111	2,46854	3
		Total	5,1347	4,56628	15
T4	L	AA10	,6433	1,11429	3
		AA20	,0000	,00000	3
		AA50	,0000	,00000	3
		NP	1,1444	1,18525	3
		TH	1,4000	2,42487	3
		Total	,6376	1,25376	15
	Total	AA10	,6433	1,11429	3
		AA20	,0000	,00000	3
		AA50	,0000	,00000	3
		NP	1,1444	1,18525	3
		TH	1,4000	2,42487	3
		Total	,6376	1,25376	15
Total	L	AA10	7,3653	6,30748	15
		AA20	,8747	1,71776	15
		AA50	,0000	,00000	15
		NP	8,7822	5,37095	15
		TH	8,9311	5,27902	15
		Total	5,1907	5,87040	75
	Total	AA10	7,3653	6,30748	15
		AA20	,8747	1,71776	15
		AA50	,0000	,00000	15
		NP	8,7822	5,37095	15
		TH	8,9311	5,27902	15
		Total	5,1907	5,87040	75

Statistiques descriptives
Pois sec

T	P	Pr	Moyenne	Ecart-type	N
T0	L	AA10	,0625	,01750	3
		AA20	,0050	,00866	3
		AA50	,0000	,00000	3
		NP	,1825	,00250	3
		TH	,0267	,00764	3
		Total	,0553	,07011	15
	PCH	AA10	,3542	,03884	3
		AA20	2,4700	3,66778	3
		AA50	,0000	,00000	3
		NP	,3267	,03971	3
		TH	,2792	,01127	3
		Total	,6860	1,67088	15
	V	AA10	,0617	,00289	3
		AA20	,0623	,01540	3
		AA50	,0950	,01392	3
		NP	,0667	,00629	3

		TH	,0692	,00764	3
		Total	,0710	,01549	15
	Total	AA10	,1594	,14759	9
		AA20	,8458	2,20178	9
		AA50	,0317	,04801	9
		NP	,1919	,11459	9
		TH	,1250	,11734	9
		Total	,2708	,98902	45
T1	L	AA10	,0467	,00382	3
		AA20	,0133	,00629	3
		AA50	,0000	,00000	3
		NP	,0367	,00804	3
		TH	,0483	,01233	3
		Total	,0290	,02076	15
	PCH	AA10	,3067	,02082	3
		AA20	,3033	,01774	3
		AA50	,0100	,00250	3
		NP	,3617	,12107	3
		TH	,3758	,07418	3
		Total	,2715	,14899	15
	V	AA10	,0683	,01756	3
		AA20	,0542	,02021	3
		AA50	,0817	,00804	3
		NP	,0500	,00901	3
		TH	,0358	,03106	3
		Total	,0580	,02294	15
	Total	AA10	,1406	,12569	9
		AA20	,1236	,13665	9
		AA50	,0306	,03881	9
		NP	,1494	,17049	9
		TH	,1533	,17185	9
		Total	,1195	,13902	45
T2	L	AA10	,0275	,02385	3
		AA20	,0000	,00000	3
		AA50	,0000	,00000	3
		NP	,0325	,01953	3
		TH	,0367	,01377	3
		Total	,0193	,02095	15
	PCH	AA10	,3442	,05620	3
		AA20	,3341	,03542	3
		AA50	,0000	,00000	3
		NP	,3242	,05126	3
		TH	,2867	,07371	3
		Total	,2578	,14139	15
	V	AA10	,0817	,02241	3
		AA20	,0992	,02602	3
		AA50	,0733	,00520	3
		NP	,0883	,07747	3
		TH	,0625	,03132	3
		Total	,0810	,03658	15

	Total	AA10	,1511	,15024	9
		AA20	,1444	,15021	9
		AA50	,0244	,03676	9
		NP	,1483	,14223	9
		TH	,1286	,12581	9
		Total	,1194	,13181	45
T3	L	AA10	,0442	,01283	3
		AA20	,0058	,01010	3
		AA50	,0000	,00000	3
		NP	,0350	,00433	3
		TH	,0308	,00289	3
		Total	,0232	,01893	15
	PCH	AA10	,3467	,04785	3
		AA20	,3150	,06514	3
		AA50	,0000	,00000	3
		NP	,3267	,00382	3
		TH	,3175	,05635	3
		Total	,2612	,14068	15
	V	AA10	,0458	,04260	3
		AA20	,2708	,44975	3
		AA50	,0383	,00382	3
		NP	,0408	,02005	3
		TH	,0783	,01283	3
		Total	,0948	,19432	15
	Total	AA10	,1456	,15433	9
		AA20	,1972	,26949	9
		AA50	,0128	,01926	9
		NP	,1342	,14477	9
		TH	,1422	,13617	9
		Total	,1264	,16909	45
T4	L	AA10	,0100	,01732	3
		AA20	,0000	,00000	3
		AA50	,0000	,00000	3
		NP	,0217	,00382	3
		TH	,0250	,02385	3
		Total	,0113	,01564	15
	PCH	AA10	,2225	,11303	3
		AA20	,1967	,11899	3
		AA50	,0000	,00000	3
		NP	,3208	,01665	3
		TH	,2992	,06125	3
		Total	,2078	,13519	15
	V	AA10	,0283	,04907	3
		AA20	,0925	,02291	3
		AA50	,2208	,27704	3
		NP	,0350	,04444	3
		TH	,0442	,04939	3
		Total	,0842	,13252	15
	Total	AA10	,0869	,11946	9
		AA20	,0964	,10455	9
		AA50	,0736	,17714	9

		NP	,1258	,14829	9
		TH	,1228	,13878	9
		Total	,1011	,13494	45
Total	L	AA10	,0382	,02319	15
		AA20	,0048	,00753	15
		AA50	,0000	,00000	15
		NP	,0617	,06332	15
		TH	,0335	,01469	15
		Total	,0276	,03790	75
	PCH	AA10	,3148	,07386	15
		AA20	,7238	1,65646	15
		AA50	,0020	,00425	15
		NP	,3320	,05456	15
		TH	,3117	,06207	15
		Total	,3369	,75812	75
	V	AA10	,0572	,03295	15
		AA20	,1158	,18951	15
		AA50	,1018	,12320	15
		NP	,0562	,04018	15
		TH	,0580	,03040	15
		Total	,0778	,10499	75
	Total	AA10	,1367	,13615	45
		AA20	,2815	,99330	45
		AA50	,0346	,08454	45
		NP	,1499	,14032	45
		TH	,1344	,13327	45
		Total	,1474	,46090	225

pois frais

Statistiques descriptives

T	P	Pr	Moyenne	Ecart-type	N
T0	L	AA10	,2011	,03564	3
		AA20	,0189	,03272	3
		AA50	,0000	,00000	3
		NP	,2478	,03906	3
		TH	,2078	,07748	3
		Total	,1351	,11402	15
	PCH	AA10	1,0844	,24793	3
		AA20	1,1289	,02674	3
		AA50	,0000	,00000	3
		NP	1,1167	,11533	3
		TH	,3044	,01895	3
		Total	,7269	,50683	15
	V	AA10	,7867	,04978	3
		AA20	,7733	,07937	3
		AA50	,6767	,01155	3
		NP	,6656	,24990	3

		TH	,0567	,05239	3
		Total	,5918	,29976	15
	Total	AA10	,6907	,40961	9
		AA20	,6404	,49293	9
		AA50	,2256	,33838	9
		NP	,6767	,40118	9
		TH	,1896	,11821	9
		Total	,4846	,42430	45
T1	L	AA10	,1189	,10648	3
		AA20	,0556	,01072	3
		AA50	,0000	,00000	3
		NP	,1978	,01072	3
		TH	,1489	,03863	3
		Total	,1042	,08396	15
	PCH	AA10	1,1600	,09000	3
		AA20	1,1722	,09347	3
		AA50	,2189	,09045	3
		NP	1,1622	,36286	3
		TH	1,3233	,11319	3
		Total	1,0073	,44134	15
	V	AA10	,6956	,29100	3
		AA20	1,0344	,20249	3
		AA50	,7611	,16015	3
		NP	,6233	,10806	3
		TH	,0389	,03372	3
		Total	,6307	,37147	15
	Total	AA10	,6581	,47964	9
		AA20	,7541	,53896	9
		AA50	,3267	,35158	9
		NP	,6611	,45943	9
		TH	,5037	,61969	9
		Total	,5807	,49842	45
T2	L	AA10	,2900	,25120	3
		AA20	,0000	,00000	3
		AA50	,0000	,00000	3
		NP	,1578	,04032	3
		TH	,2844	,32070	3
		Total	,1464	,20409	15
	PCH	AA10	1,2989	,19834	3
		AA20	,8922	,03657	3
		AA50	,0000	,00000	3
		NP	,6911	,05796	3
		TH	,3789	,13701	3
		Total	,6522	,46735	15
	V	AA10	,8544	,08514	3
		AA20	,9111	,31578	3
		AA50	,9311	,08527	3
		NP	,8256	,24847	3
		TH	,7256	,23978	3
		Total	,8496	,19752	15

	Total	AA10	,8144	,46816	9
		AA20	,6011	,47810	9
		AA50	,3104	,46750	9
		NP	,5581	,33202	9
		TH	,4630	,29195	9
		Total	,5494	,42992	45
T3	L	AA10	,2244	,01347	3
		AA20	,0189	,03272	3
		AA50	,0000	,00000	3
		NP	,1811	,01171	3
		TH	,1678	,04550	3
		Total	,1184	,09693	15
	PCH	AA10	,8222	,03949	3
		AA20	,9756	,19979	3
		AA50	,0889	,15396	3
		NP	,9422	,05591	3
		TH	,7956	,04834	3
		Total	,7249	,35136	15
	V	AA10	,5433	,17401	3
		AA20	,6600	,99955	3
		AA50	,6233	,05925	3
		NP	,5967	,06064	3
		TH	,3422	,12371	3
		Total	,5531	,40463	15
	Total	AA10	,5300	,27405	9
		AA20	,5515	,66200	9
		AA50	,2374	,30342	9
		NP	,5733	,33265	9
		TH	,4352	,28928	9
		Total	,4655	,40123	45
T4	L	AA10	,0322	,05581	3
		AA20	,0000	,00000	3
		AA50	,0000	,00000	3
		NP	,0467	,00333	3
		TH	,0811	,08002	3
		Total	,0320	,04861	15
	PCH	AA10	,6711	,33886	3
		AA20	,2067	,09018	3
		AA50	,0000	,00000	3
		NP	,8033	,05812	3
		TH	,7144	,09454	3
		Total	,4791	,35597	15
	V	AA10	,2822	,48882	3
		AA20	,6189	,06203	3
		AA50	1,0922	1,04039	3
		NP	,1633	,15059	3
		TH	,3044	,30334	3
		Total	,4922	,57137	15
	Total	AA10	,3285	,40861	9
		AA20	,2752	,27830	9
		AA50	,3641	,75421	9

		NP	,3378	,36192	9
		TH	,3667	,32284	9
		Total	,3344	,43789	45
Total	L	AA10	,1733	,14082	15
		AA20	,0187	,02763	15
		AA50	,0000	,00000	15
		NP	,1662	,07247	15
		TH	,1780	,14767	15
		Total	,1072	,12467	75
	PCH	AA10	1,0073	,29704	15
		AA20	,8751	,37295	15
		AA50	,0616	,11160	15
		NP	,9431	,23803	15
		TH	,7033	,38347	15
		Total	,7181	,45115	75
	V	AA10	,6324	,31055	15
		AA20	,7996	,43599	15
		AA50	,8169	,43795	15
		NP	,5749	,27441	15
		TH	,2936	,30091	15
		Total	,6235	,39787	75
	Total	AA10	,6044	,42899	45
		AA20	,5644	,50821	45
		AA50	,2928	,45397	45
		NP	,5614	,38292	45
		TH	,3916	,36674	45
		Total	,4829	,44391	225

vitesse de germination 7j

Statistiques descriptives

T	P	Pr	Moyenne	Ecart-type	N
T0	L	AA10	27,4444	6,01233	3
		AA20	4,8889	1,00462	3
		AA50	,0000	,00000	3
		NP	30,9444	1,35742	3
		TH	26,8333	6,72268	3
		Total	18,0222	13,78518	15
	PCH	AA10	48,3333	,00000	3
		AA20	45,5556	2,09718	3
		AA50	7,2222	8,55267	3
		NP	43,6111	5,67238	3
		TH	49,4444	,96225	3
		Total	38,8333	16,96986	15
	V	AA10	30,5000	2,48886	3
		AA20	36,1111	2,54588	3
		AA50	35,9444	3,78716	3
		NP	31,8889	6,77072	3

		TH	31,3333	5,50757	3
		Total	33,1556	4,56586	15
	Total	AA10	35,4259	10,29803	9
		AA20	28,8519	18,51209	9
		AA50	14,3889	17,11765	9
		NP	35,4815	7,57025	9
		TH	35,8704	11,24962	9
		Total	30,0037	15,41527	45
T1	L	AA10	19,0000	5,58520	3
		AA20	3,7222	3,23322	3
		AA50	,0000	,00000	3
		NP	21,5000	10,74063	3
		TH	26,3889	1,97437	3
		Total	14,1222	11,74336	15
	PCH	AA10	41,9444	5,42201	3
		AA20	36,9444	4,73853	3
		AA50	12,7778	8,55267	3
		NP	35,9444	4,96189	3
		TH	42,7778	2,09718	3
		Total	34,0778	12,29674	15
	V	AA10	29,1111	3,56033	3
		AA20	33,4444	3,75031	3
		AA50	25,6667	4,32371	3
		NP	32,5556	,58531	3
		TH	32,5556	,96225	3
		Total	30,6667	3,96613	15
	Total	AA10	30,0185	10,83924	9
		AA20	24,7037	16,17607	9
		AA50	12,8148	12,10299	9
		NP	30,0000	8,82468	9
		TH	33,9074	7,32770	9
		Total	26,2889	13,21651	45
T2	L	AA10	23,8333	4,25572	3
		AA20	2,2222	3,84900	3
		AA50	,0000	,00000	3
		NP	22,2222	8,42999	3
		TH	28,3889	1,41748	3
		Total	15,3333	12,82715	15
	PCH	AA10	24,2222	3,83816	3
		AA20	35,2778	,48113	3
		AA50	7,8333	2,92973	3
		NP	21,6667	2,20479	3
		TH	33,3333	3,81881	3
		Total	24,4667	10,44091	15
	V	AA10	27,5000	5,93249	3
		AA20	28,0556	9,94196	3
		AA50	20,8333	2,84312	3
		NP	23,2222	7,53019	3
		TH	21,7778	4,73853	3
		Total	24,2778	6,40426	15

	Total	AA10	25,1852	4,47791	9
		AA20	21,8519	15,96860	9
		AA50	9,5556	9,33891	9
		NP	22,3704	5,79857	9
		TH	27,8333	5,91373	9
		Total	21,3593	10,89325	45
T3	L	AA10	19,9444	1,49381	3
		AA20	3,6111	1,27294	3
		AA50	,0000	,00000	3
		NP	20,5556	2,25051	3
		TH	19,5556	2,55132	3
		Total	12,7333	9,43436	15
	PCH	AA10	22,7222	1,94603	3
		AA20	15,6667	1,45297	3
		AA50	1,3333	2,30940	3
		NP	21,3889	1,13448	3
		TH	23,0556	1,70239	3
		Total	16,8333	8,61109	15
	V	AA10	8,1111	3,86341	3
		AA20	6,2222	6,71096	3
		AA50	23,3889	2,27507	3
		NP	15,8333	6,66041	3
		TH	14,7222	2,39405	3
		Total	13,6556	7,51334	15
	Total	AA10	16,9259	7,09857	9
		AA20	8,5000	6,50854	9
		AA50	8,2407	11,49067	9
		NP	19,2593	4,40573	9
		TH	19,1111	4,11299	9
		Total	14,4074	8,54574	45
T4	L	AA10	6,8333	11,83568	3
		AA20	,0000	,00000	3
		AA50	,0000	,00000	3
		NP	4,8333	3,01386	3
		TH	5,6667	6,65833	3
		Total	3,4667	6,05471	15
	PCH	AA10	7,3333	4,16333	3
		AA20	4,6667	1,15470	3
		AA50	,0000	,00000	3
		NP	14,0000	5,29150	3
		TH	11,3333	4,16333	3
		Total	7,4667	5,92653	15
	V	AA10	4,8333	8,37158	3
		AA20	14,0000	5,92546	3
		AA50	21,0000	9,38675	3
		NP	5,8889	4,25680	3
		TH	8,3889	5,45775	3
		Total	10,8222	8,54342	15
	Total	AA10	6,3333	7,62807	9
		AA20	6,2222	6,87184	9
		AA50	7,0000	11,50121	9

		NP	8,2407	5,71554	9
		TH	8,4630	5,37469	9
		Total	7,2519	7,43708	45
Total	L	AA10	19,4111	9,19538	15
		AA20	2,8889	2,64325	15
		AA50	,0000	,00000	15
		NP	20,0111	10,27044	15
		TH	21,3667	9,51110	15
		Total	12,7356	11,90727	75
	PCH	AA10	28,9111	15,46756	15
		AA20	27,6222	15,74820	15
		AA50	5,8333	6,79139	15
		NP	27,3222	11,75620	15
		TH	31,9889	14,31373	15
		Total	24,3356	15,97886	75
	V	AA10	20,0111	12,36586	15
		AA20	23,5667	13,09683	15
		AA50	25,3667	7,24739	15
		NP	21,8778	11,51215	15
		TH	21,7556	10,30947	15
		Total	22,5156	10,94722	75
	Total	AA10	22,7778	13,07592	45
		AA20	18,0259	15,99009	45
		AA50	10,4000	12,31804	45
		NP	23,0704	11,38178	45
		TH	25,0370	12,35031	45
		Total	19,8622	14,02998	225