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 NATUREET DE LA VIE

Mémoire de fin d'étude

Pour l'obtention le diplôme de Master
En écologie et environnement

Spécialité : Écologie

Thème

Contribution à l'étude de l'effet de la contrainte hydrique sur quelques espèces végétales

Présenté par :

- Guenfoud Oum Elkheir
- Khaouni Nesrine

Soutenue 23 Juin 2022 **Devant le jury :**

Mme. CHAOUATI Karima	M.A.A	Univ. Médéa	Examinateur.
Mr. LICIR Mourad	M.A.A	Univ. Médéa	Examinateur.
Mme. NABI FAHIMA	M.C.A	Univ. Médéa	Promotrice.

Année universitaire : 2021/2022

Remerciement

Nous tenons tout d'abord à remercier Dieu le tout puissant et miséricordieux, qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce modeste travail.

En second lieu, nous tenons à remercier notre encadreur ***«NABI FAHIMA»*** *de nous avoir accordé son précieux temps, ses conseils et son aide durant toute la période du travail.*

Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury : ***«Mme.CHAAOUATI..»*** *ET* ***« Mr. LICIR.M»*** *pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail et de l'enrichir par leurs propositions.*

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.*

Enfin, Nous adressons aussi nos vifs remerciements à toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Dédicace

À cœur vaillant rien d'impossible, a conscience tranquille tout est Accessible. Je dédie ce travail

À

Ma très chère honorable mère ***MASSOUDA,*** *qui représente pour moi le Symbole de la bonté par excellence, je te dédie ce travail en Témoignage de mon profond amour, puisse Dieu le tout puissant, te Préserver et t'accorder santé.*

À

Mon très cher père ***DJILLALI****, aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, L'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours eu pour toi. Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon Education et mon bien être.*

Je souhaite de tout mon coeur que Dieu les garde près de moi.

À

Mes frères : ***Oussama, isssam*** *et* ***mohamed.***

Et ***à*** *ma sœur :****Asmaa***

Nesrine

Dédicace

Louange à Dieu tout puissant, pour sa miséricorde. C'est lui qui nous a créé, c'est lui qui nous a donné le savoir, c'est grâce à lui que le fruit de mon travail est entre vos mains et je

Le dédie ***à*** *:*

La plus merveilleuse de toutes les femmes au monde, celle qui m'a transmis sa générosité, celle qui m'a appris à pardonner, à aimer et à donner le meilleur de moi ; ***MAMAN****.*

Et ***à****:*

Mon père *qui m'a soutenu durant toutes mes années d'études et qui m'a appris à compter sur moi-même, qu'il me soit permis aujourd'hui de t'assurer mon profond amour et ma grande reconnaissance ;Papa, laisse-moi te témoigner ma profonde gratitude à travers ce modeste travail.*

à *mes* ***frères*** *et mes* ***soeurs***

à *toutes mes* ***familles***

à *toutes mes* ***amis****.*

Oum Elkheir

Contribution à l'étude de l'effet de la contrainte hydrique sur quelques espèces végétales

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 ***cicer artinuim*** et ***Pisum sativum***, les graines ont subi différents types de priming : le peroxyde d' hydrogène à différentes concentrations (2 , 5, 10 et 12 m mol) et le thermopriming (4°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%) 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 *Pisum sativum* 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 peroxyde d' hydrogène 5 mM sont les plus efficaces.

Mots clés: ***Pisum sativum*** et *Cicer aretinum*, stress hydrique, PEG 6000, thermopriming, peroxyde d' hydrogène

Contribution to the study of the effect of water stress on some plant species

Abstract

The objective of this work is to study the effect of water stress and seed priming on the germination performance and early growth of *cicer artinuim* and *Pisum sativum*, the seeds have undergone different types of priming: peroxide d hydrogen at different concentrations (2, 5, 10 and 12 mm mol) and thermopriming (4° C.), for four hours, in addition to the control which does not undergo priming. These seeds are germinated in Petri dishes at different concentrations of PEG 6000 (5%, 10%, 15%) and the control with distilled water for 7 days.

The results show that the water stress induced by PEG 6000 (20%) affects all the parameters of germination and early growth. The population of *Pisum sativum* showed the most tolerant to water stress followed by the population of *Cicer aretinum.* Seed priming significantly improves the germination percentage, germination rate, growth parameters and seedling vigor index under normal conditions and under water stress. Thermopriming and 5 mM hydrogen peroxide priming are the most effective.

Key words: *Pisum sativum* and *Cicer aretinum*, water stress, PEG 6000, thermopriming, hydrogen peroxide

المساهمة في دراسة تأثير الإجهاد المائي على بعض الأنواع النباتية

ملخص

الهدف من هذا العمل هو دراسة تأثير الإجهاد المائي وتجهيز البذور على أداء الإنبات والنمو المبكر لنبات cicer *artinuim* و *Pisum sativum* ، وقد خضعت البذور لأنواع مختلفة من التحضير: بيروكسيد د هيدروجين بتركيزات مختلفة (2 ، 5 ، 10 و 12 ملم مول) والتقليم الحراري (4 درجات مئوية) ، لمدة أربع ساعات ، بالإضافة إلى الشاهد الذي لا يخضع لعملية التحضير. تنبت هذه البذور في أطباق بتري بتركيزات مختلفة من PËG 6000 (5% 10% 15%) والعنصر الشاهد بالماء المقطر لمدة 7 أيام.

أظهرت النتائج أن الإجهاد المائي الناجم عن(20) PEG 6000٪ يؤثر على جميع معاملات الإنبات والنمو المبكر. أظهر سكان *Pisum sativum* الأكثر تحملاً للإجهاد المائي يليهم سكان *Cicer aretinum*. يحسن تحضير البذور بشكل كبير من نسبة الإنبات ومعدل الإنبات ومعايير النمو ومؤشر قوة الشتلات في ظل الظروف العادية وتحت الإجهاد المائي. يعتبر التقسيم الحراري و 5 مم فتيلة بيروكسيد الهيدروجين هي الأكثر فعالية.

الكلمات المفتاحية: *Pisum sativum* و *Cicer aretinum* ، الإجهاد المائي ، PEG 6000 ، التقليم الحراري ، بيروكسيد الهيدروجين

Liste des abréviations

ABA: l’acide abscicique.

CAM: Crassulacean Acid Metabolism.

FAO: L’Organisation pour l’alimentation et l’agriculture.

GA3 : l'acide gibbérellique.

Hsp: Heat Shock Proteins.

LEA: Late Embryogenesis Abundant.

N_2O: Le protoxyde d'azote.

NR: nitrate réductase.

PEG: polyéthylène glycol.

ROS: Reactive Oxygen Spieces.

Liste des tableaux

Tableau n°01: Valeur nutritionnelle de quelques légumineuses en g pour 100g de MS……06

Tableau n°02: Valeur nutritionnelle moyenne pour 100 g de pois.....……11

Tableau n°03: composition biochimique du pois chiche pour 100 graines.....…….…..14

Tableau n°04: Caractéristiques agro morphologiques des populations de lentille, niébé et pois chiche étudiées et leur localisation géographique….....31

Tableau n°05: Les différentes concentrations en PEG 6000 .....…….....32

Tableau n°06: dispositif expérimentale ..... ……35

Tableau n°07: Effet des différentes méthodes de priming (Témoin ,NP: non priming, TH :Thermopriming,PXH2, PXH5, PXH10, PXH12) sur le pourcentage de germination de (Petit pois) durant 7 jours soumises à différentes concentrations de PEG T0(eau distillé) T1 (5%), T2 (10%),T3 (15%)…….…….....39

Tableau n°08: Effet des différentes méthodes de priming (Témoin ,NP: non priming, TH :Thermopriming,PXH2, PXH5, PXH10, PXH12) 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%) …….……...…40

Tableau n°09 : Effet des différentes méthodes de priming (Témoin ,NP: non priming, TH :Thermopriming,PXH2, PXH5, PXH10, PXH12) 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%) ……...…42

Tableau 10 : ANOVA à trois facteurs de l'effet traitement, génotypes et priming et leurs interactions pour le pourcentage finale de la germination.. ……43

Tableau n°11: ANOVA à trois facteurs de l'effet traitement, génotypes et priming et leurs interactions pour la vitesse de germination. ……..……..…44

Tableau n°12 : ANOVA à trois facteurs de l'effet traitement, génotypes et priming et leurs interactions pour la longueur des radicules……..…….….48

Tableau n°13: ANOVA à trois facteurs de l'effet de stress hydrique population et priming et leurs interactions pour la longueur des hypocotyles……..……...….50

Tableau n°14: ANOVA à trois facteurs de l'effet traitement, génotypeset priming et leursinteractions pour la longueur des épicotyles …….……52

Tableau n°15 : ANOVA à trois facteurs de l'effet traitement, génotype et priming et leurs interactions pour la longueur totale des plantules…….54

Tableau n°16: ANOVA à trois facteurs de l'effet traitement, génotypes et priming et leurs interactions pour l'indice de vigueur des plantules…….…….....56

Tableau n°17: ANOVA à trois facteurs de l'effet traitement, génotypes et priming et leurs interactions pour le pois frais des plantules……..…….58

Tableau n°18: ANOVA à trois facteurs de l'effet traitement, génotypes et priming et leurs interactions pour le pois sec des plantules…….…….....60

Liste des figures

Figure n°01 : Images représentatives des différentes formes et couleurs des graines de légumineuses…….....04

Figure n°02 : Images représentatives des différentes formes et couleurs des graines de légumineuses Images représentatives des appareils végétatifs, reproducteur ainsi que les fruits du pois et pois chiche……..05

Figure n°03 : Plant de petit pois, *Pisum sativum* L**.** branche d'une plante portant une fleur et des vrilles **(A)**, fleur **(B)**, fleur en coupe longitudinale **(C),** jeune gousse ou cosse **(D)** et jeune gousse ouverte montrant les graines ……..…..**.....**…..09

Figure n°04 :: Description botanique du pois chiche (Chekroun, 2011)……..……...13

Figure n°05 : Les phases successives lors d'un stress (Larcher, 1995, modifié)……..……...16

Figure n°06: Les phases successives lors d'un stress (Larcher, 1995, modifié).Schéma physiologique représentant l'implication du priming dans l'accélération des mécanismes métaboliques de la germination des graines (Bewley, 1997, modifiée par Mirmazloum et al., 2020)……..…...25

Figure n°07: Aspect de semence de la population de ***Pisum sativum.L*** étudiée…….....…29

Figure n° 08: Aspect de semence de la population de Cicer artienuim étudiée……..……30

Figure n°09: Les différentes solutions préparées de PEG…….**.....**33

Figure n°10: Les différentes solutions préparées de PEG 6000La mise en germination de deux populations……..……...34

Figure n°11: Mesure de radicule et celle de l'epicotyle et l'hypocotyle (Originale., 2022)…….**.....**37

Figure n° 12 : Variation de la vitesse de germination de deux populations de petit pois et pois chiche conduites sous différentes concentrations de PEG (T0 : eau distillé, T1 :5%,T2 :10%, T3 :15%) et différentes situation d'amorçage (Témoin :non priming , T0 :NP TH :Thermopriming , peroxyde l' hydrogène PXH2, PXH5, PXH10, PXH12) durant 7 jours…….**.....**45

Figure n° 13 : Variation de longueur de radicules (cm) de deux populations de petit pois et pois chiche conduites sous différentes concentrations de PEG (T0 : eau distillé, T1 :5%,T2 :10%, T3 :15%) et différentes situation d'amorçage (Témoin :non priming , T0 :NP TH :Thermopriming , peroxyde d' hydrogène PXH2, PXH5, PXH10, PXH12) durant 7 jours……...47

Figure n° 14: effet de stress hydrique sur la croissance des deux population de petit pois et pois chiche……..….....48

Figure n°15 : Variation de Longueur des hypocotyle (cm) la vitesse de germination de populations de petit pois et pois chiche conduites sous différentes concentrations de PEG (T0 : eau distillé, T1 :5%,T2 :10%, T3 :15%) et différentes situation d'amorçage (Témoin :non priming , T0 :NP TH :Thermopriming , peroxyde l ' hydrogène PXH2, PXH5, PXH10, PXH12) durant 7jours …….….....49

Figure n°16 : Variation de Longueur des epicotyle (cm) de deux populations de petit pois et pois chiche conduites sous différentes concentrations de PEG (T0 : eau distillé, T1 :5%,T2 :10%, T3 :15%) et différentes situation d'amorçage (Témoin :non priming , T0 :NP TH :Thermopriming , peroxyde l ' hydrogène PXH2, PXH5, PXH10, PXH12) durant 7jours …….…...….51

Figure n°17 : Variation de longueur totale (cm) de deux populations de petit pois et pois chiche conduites sous différentes concentrations de PEG (T0 : eau distillé, T :5%,T2 :10%, T3 :15%) et différentes situation d'amorçage (Témoin :non priming , T0 :NP TH :Thermopriming , peroxyde d'hydrogène PXH2, PXH5, PXH10, PXH12) durant 7 jours ……....…53

Figure n°18 :l'indice de vigueur: de deux populations de petit pois et pois chiche conduites sous différentes concentrations de PEG (T0 : eau distillé, T :5%,T2 :10%, T3 :15%) et différentes situation d'amorçage (Témoin :non priming , T0 :NP TH :Thermopriming , peroxyde l ' hydrogène PXH2, PXH5, PXH10, PXH12) durant 7 jours ……..……...…55

Figure n°19 : Variation de pois frais : de deux populations de petit pois et pois chiche conduites sous différentes concentrations de PEG (T0 : eau distillé, T :5%,T2 :10%, T3 :15%) et différentes situation d'amorçage (Témoin :non priming , T0 :NP TH :Thermopriming , peroxyde l ' hydrogène PXH2, PXH5, PXH10, PXH12) durant 7 jours ……...……...57

Figure n°20: Variation de pois sec : de deux populations de petit pois et pois chiche conduites sous différentes concentrations de PEG (T0 : eau distillé, T :5%,T2 :10%, T3 :15%) et différentes situation d'amorçage (Témoin :non priming , T0 :NP TH :Thermopriming , peroxyde l ' hydrogène PXH2, PXH5, PXH10, PXH12) durant 7 jours ……..……59

Table des matières

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

Introduction ……1

Chapitre I : Synthèse bibliographique sur les légumineuses…….....3

I.1. Généralité sur légumineuses…….3

I.2. Répartition des légumineuses alimentaires dans le monde……..…….....3

I.2.1. En Algérie……...4

I.3 Morphologie……..……4

I.4 Importance des légumineuses…….....….5

I.4.1 Consommation humaine…….……...….5

I.4.1.1. Les légumes secs……....…5

I.4.1.2. Légumineuses consommées en vert……6

I.4.2. Alimentation de bétail……...…....6

I.4.3. Préservation du sol……7

I.5. Espèces étudiées……..……..7

I.5.1. Petit pois…….……7

I.5.1.1 Généralités……...……7

I.5.1.2 Origine et répartition géographique……..…….7

I.5.1.3. Caractéristique botanique……..8

I.5.1.3.1. Morphologie……...…8

I.5.1.3.2. Classification……9

I.5.1.4 Intérêt culturel de l'espèce ……..……..10

I.5.1.4.1. Intérêt agronomique…….……..10

I.5.1.4.2. Intérêt nutritionnel…….……10

I.5.2. Pois chiche ……...…….11

I.5.2.1. Généralité……...……11

I.5.2.2.Origine et répartition géographique……...…..11

I.5.2.3. Caractéristique botanique……12

I.5.2.3.1. Morphologie……12

I.5.2.3.2. Classification……...13

I.5.2.4 .Importance de l'espèce……..……13

5.2.4.1.intérêt agronomique…….……13

5.2.4.2. Intérêt nutritionnel……...…14

Chapitre II Le stress hydrique……..….....15

II.1. Notion de stress……..15

II.2. Définition de stress hydrique……15

II.3. Effets du stress hydrique sur la plante……...……..17

II.3.1. sur la croissance……..……17

II.3.2. sur la photosynthèse……...…….17

II.3.3. sur la fermeture des stomates……18

II.3.4.Le rendement et la composition du grain…….……19

II.3.4. sur le métabolisme protéique…….19

- Les Hsp (Heat-shock proteins)……19
- Les LEA (Late Embryogenesis Abundant Proteins)……...…….20

II.3.5.sur la germination ……..….20

II.4. Les stratégies adaptatives pour contrer le déficit hydrique……...……20

II.4.1. Stratégie d'échappement ou Evasion……..……...20

II.4.2. L'évitement……..……21

II.4.3.La tolérance à la dessiccation (plantes de résurrection ou plantes reviviscentes)……..…22

Chapitre III: Traitement pré germinatif des semences(Priming)……...……...…..24

III.1. La Semence……...……24

III.2. La germination……..…24

II.2.1. Définition……24

III.3. Le Priming……...……..…24

III.3.1. Définition ……..….25

III.3.2. Types de priming ……..…25

III.3.2.1.Hydro priming ou redéshydratation……....…..26

III.3.2.1.1. Simple hydropriming ……...….....26

III.3.2.1.2. Double hydropriming……..…..……..…….26

III.3.2.2.L'osmopriming ou osmoconditionnement……..…26

III.3.2.3. Hormopriming……..…..27

III.3.2.4.Thermopriming……..…….….27

III.3.2.5. Mécanismes de priming…….……27

Chapitre IV: Matériel et Méthode…….29

IV.1. Objectif de l'étude……..……...…29

IV.2.Localisation de l'essai…….……..29

IV.3. Matériel végétale…….……29

IV.3.1. Petit pois *(Pisum sativum)*……..…….*29*

IV.3.2. Pois chiche (*Cicer artinuim)* ……..……....*30*

IV.4.Méthode d'étude…….……..31

IV.4.1. Préparation des semences (amorçage) ……,...…31

IV.4.2. Préparation des solutions de PEG pour l'application du stress……..……..32

IV.5.Mise à germination…….....34

IV.5.1.Protocole expérimentale au laboratoire (Application du traitement pré germinatif)……34

IV.5.2. Détermination des paramètres de germination……...……...36

IV.4.5.2.1. Cinétique de germination…….……..36

- Vitesse de germination ……..…….….36
- Pourcentage final de graines germées (PFG)…….……..…….36
- Paramètres morphologiques ……36
- L'indice de vigueur (IVP)……37

IV.4.5.2. Analyse statistique ……..…37

CHPITRE V : Résultats et discussions……...…38

V. Résultats…….…..38

V.1. Influence de l'amorçage sur la germination sous stress hydrique……..……38

V.1.1 Évolution du pourcentage de germination…….……..…38

V.2. Effets de l'amorçage des graines sur le pourcentage final de germination……41

V.2.1.Pourcentage final de germination……...…….41

V.2.2.Effets de l'amorçage des graines sur la vitesse de germination…….……..….43

V.3.Effets de l'amorçage des graines sur la croissance précoce……45

V.3.1. Effets de l'amorçage des graines sur la longueur des radicules…….……46

V.3.2. Effets de l'amorçage des graines sur la longueur des Hypocotyles……..…..…...48

V.3.3. Longueur des épicotyles…….…..….50

V.3.4. Longueur totale……...…..52

V.4.Influence de l'amorçage sur l'indice de vigueur des plantules…… ……...……54

V.5. Effets de l'amorçage des graines sur le poids frais et le poids sec des plantules……...55

- Pois frais……...……..56

- Pois sec……....58

V. Discussion……....61

V.4.1. Effet des différentes méthodes de l'amorçage des graines sur lagermination et la croissance précoce de sous stress hydrique……..…..61

Conclusion……...……..……65

RECOMMANDATIONS

Références bibliographiques

Annexe

INTRODUCTION GENERALE

Introduction

Les légumineuses (pois, lentilles, haricots, soja et pois chiches.) sont l'une des cultures les plus importantes en raison non seulement de leur qualité nutritionnelle mais également pour leurs divers avantages agro-environnementaux. Les graines et poudres de légumineuses sont des sources importantes de protéines, glucides, vitamines, minéraux et fibres alimentaires **(Baljeet et *al*., 2014 ; Rachwa- Rosiak et *al*., 2015).** En plus de leur importance dans le régime alimentaire humaine et animale, elles ont un intérêt particulier dans le concept de l'agriculture durable. Leur introduction est instaurée dans l'assolement/rotation des cultures, la diversification des productions et la protection du sol . L'introduction de ces espèces dans un système de culture est impérativement, tributaire de l'amélioration de leurs performances agronomiques **(Ben Mbarek, 2011)**

La durabilité des écosystèmes et agro systèmes méditerranéens est fortement menacée par l'accélération des pressions climatiques et anthropiques (Cramer et al., 2018; Thiébault and Moatti, 2016). Les changements climatiques affectent notamment la disponibilité des ressources en eau, avec une raréfaction des ressources en eau et un allongement des périodes de sécheresse (Polade et al., 2014). Les conséquences au niveau des plantes sont une augmentation des situations de déficit hydrique. c'est une facteur majeur limitant sur la croissance et le développement. (Gupta et al., 2020). difirent modifications morphologiques (pour augmenter l'absorption et diminuer la transpiration) et 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).**

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)**.

Parmi les solution proposées pour résoudre ce problème Afin d'améliorer la production et le rendement des espèce végétales . L'amorçage ou endurcissement (priming) est une des techniques de pré-semis la plus connue qui permet d'influencer le développement des semis, en modulant les activités métaboliques de la germination avant la percée de la radicule, c'est à dire au cours de la phase réversible de la germination, la graine pouvant revenir à son état initial sans dommages.**(BOUCELHA Lilya.,2015)**

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)**

Le présent travail est réalisé dans un essai qui regroupe deux population de légumineuses : *Pisum sativum* et *Cicer aretinum* 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 aux quels nous nous sommes parvenu ainsi que leurs discussion .

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre I

Synthèse bibliographique sur Les légumineuses

Chapitre I : Synthèse bibliographique sur les légumineuses

I.1. Généralité sur légumineuses

Les légumineuses représentent la famille des *Leguminosae* (ou *Fabaceae*), de l'ordre des *Fabales*, la sous classe des *Rosidae*, et la classe des *Eudicots*. Elles forment une famille importante et variée des Angiospermes, la troisième après les *Orchidaceae* et les *Asteraceae* **(Doyle et Luckow, 2003).**

La famille des légumineuses comprend plus de 700 genres et près de 20000 espèces **(Lewis et *al*., 2005)** répartis en trois sous-familles : les *Caesalpinoideae*, les *Mimosoideae* et les *Papilionoideae*, divisées elles-mêmes en groupes de genres communément appelés tribus **(Doyle, 2011).**

Malgré le grand nombre d'espèces de légumineuses, seules 12000 espèces ont un intérêt économique (Aykroyd et Doughty, 1964). La famille des Papilionacées est la plus représentée (environ 10000 espèces) et exploitée par l'homme. Les légumineuses sont largement utilisées pour l'alimentation humaine et animale, en plus elles répondent aux demandes croissantes pour le développement d'une agriculture durable grâce à leur capacité de fixer l'azote atmosphérique. **(Abdelguefi et Ramdane, 2003)**

D'un point de vue alimentaire, il est d'usage de distinguer les légumineuses fourragères Cultivées essentiellement pour leur production de matières vertes (Luzerne, trèfle) et leur production alimentaires exploitées principalement pour leurs graines riches en protéines (fèves, féverole, pois, haricot, lentille et pois chiche) **(Abdelguefi et Ramdane, 2003).**

I.2. Répartition des légumineuses alimentaires dans le monde

Les légumineuses font partie intégrante de l'alimentation humaine depuis des siècles. 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, et on les retrouve ainsi dans de nombreux régimes alimentaires traditionnels **(Anonyme, 2016).**

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 de puis les années 1960.En

2014,le premier pays producteur de légumineuses au monde était l'Inde. Les trois plus gros producteurs de la région Europe et Asie centrale sont la Fédération de Russie, suivie de la Turquie et de la France **(Anonyme, 2016).**

I.2.1. En Algérie

La région de l'Est algérien se caractérise par une grande diversité de légumineuses spontanées et cultivées **(Anonyme,2016).**

Les légumineuses alimentaire en Algérie ont toujours occupe 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 **(Anonyme, 2016).**Sur le plan géographique, les espèces de légumineuses alimentaires les plus cultivées sont la lentille le pois chiche, le pois , la fève et le haricot **(Abdelguerfi, 2003)**.

I.3 Morphologie

Les graines de légumineuses présentent diverses formes et les plus connues, on trouve les lentilles, les pois, les fèves, les haricots, le soja et les arachides **(Anne *et al*., 2015)**.

Les fleurs des légumineuses sont très variables, mais chez toutes les espèces, les bases des 5 pétales et les étamines sont soudées pour former une coupe autour de la base de l'ovaire.

Elles possèdent habituellement 10 étamines, qui sont soudées en une structure unique réparties en 2 groupes. Dans ce cas, l'un comprend 9 étamines et l'autre une seule, comme c'est le cas chez les lentilles. L'ovaire consiste en un seul carpelle, situé au florales **(Anne *et al*.,2015)**.



Figure n°01 : Images représentatives des différentes formes et couleurs des graines de légumineuses

(Net 01)

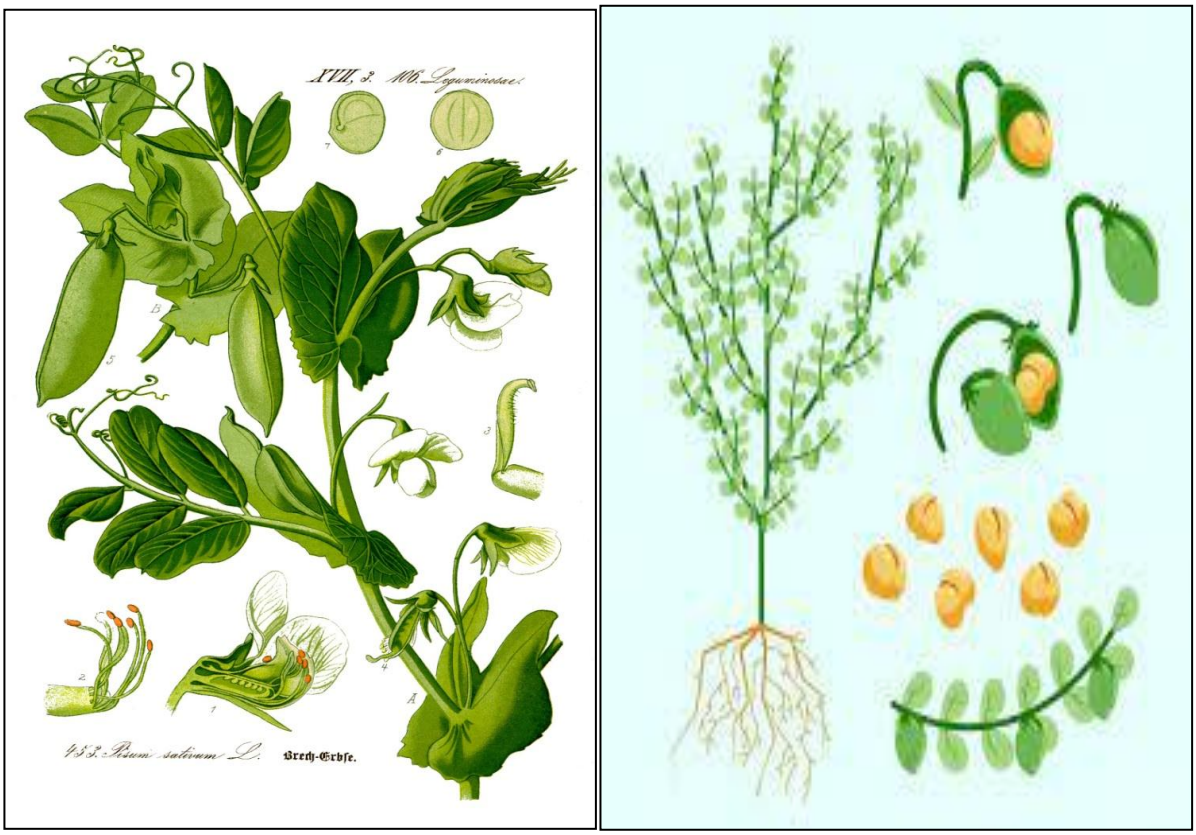


Figure n°02 : Images représentatives des appareils végétatifs, reproducteur ainsi que les fruits du pois et pois chiche**. (Net 02)**

I.4 Importance des légumineuses

Les légumineuses servent à divers usages. Elles peuvent être utilisées dans la Consommation humaine comme elles peuvent être utilisées dans l'alimentation du bétail **(Shelton, 1999)**.

I.4.1 Consommation humaine

Les graines de légumineuses peuvent se répartir en deux groupes ; Le premier groupe Correspond à des graines riches en glucides, et notamment en amidon (40-50% du produit sec), et pauvres en matières grasses (1-6% du produit sec), et c'est le groupe le plus important dont les espèces les plus importantes sont le pois, la fève, les haricots secs, le pois chiche, les lentilles. Le second groupe correspond à des graines plus riches en matières grasses et contenant peu d'amidon. Ce groupe rassemble notamment le lupin et le soja qui contiennent respectivement 10 et 20% de lipides **(Rémond et Walrand, 2017)**.

I.4.1.1. Les légumes secs

En plus d'être un aliment intéressant sur le plan diététique et nutritionnel, les Légumineuses peuvent jouer un rôle important dans la prévention et la gestion d'un certain nombre de problèmes de santé, en particulier les pathologies chroniques. Les légumes secs apportent la diversité

alimentaire nécessaire **(Tableau I).** Ils contribuent ainsi de manière cruciale à la nutrition humaine, en offrant une source extrêmement importante de protéines, de divers acides aminés et de vitamines du groupe B, de fer, de zinc, de magnésium et de calcium **(Rémond et Walrand, 2017).**

Tableau 1: Valeur nutritionnelle de quelques légumineuses en g pour 100g de MS

Légumineuses	**Nutriments**				
	Protéines	**lipides**	**Glucides**	**fibres**	**Minéraux**
Haricot	26,2-43,6	1-1,9	60-65	4-5	3,0-4,9
Niébé	25,0-26,3	1,62	68-69	68-69	3,9-4,2
Soja	37,6	18,3	6,3	6,3	4,69
Pois chiche	19,4-20	5-5,6	54,9	54,9-5,9	4

Source : Ait Saada *et al. (*2016)

I.4.1.2. Légumineuses consommées en vert

Les légumineuses consommées en vert est un groupe de légumineuses dites potagères qui sont destinées uniquement à l'alimentation humaine et qui se sont développées plus récemment dans l'histoire de l'agriculture. Il s'agit des « pois potagers » « haricots verts» et « fèves fraîches» qui appartiennent exactement aux mêmes espèces que le pois sec, le haricot sec ou la féverole, mais qui sont consommés en frais (graines ou gousses immatures) et issus de cultivars de plus en plus différenciés de leurs homologues secs.

Leur culture est souvent jardinée, mais il existe de grands marchés (conserve, surgélation) qui ont induit des larges structures de production souvent sous contrat avec un utilisateur industriel **(Schneider et Huyghe, 2015)**.

I.4.2. Alimentation de bétail

Les légumineuses fourragères sont exploitées pour leur partie aérienne riche en protéines et sont essentiellement destinées à l'alimentation animale **(Duc *et al.*,2010)**. L'intensification a conduit à développer l'implantation de prairies semées avec des légumineuses en culture pure (on

parle alors de prairies artificielles) ou plus souvent associées à une ou plusieurs graminées, ces prairies étant insérées dans des rotations à dominante céréalière **(Duc *etal.*, 2010)**.

La flore des prairies cultivées par l'homme se compose en général d'un mélange de graminées (ray-grass anglais, fléole, dactyle, fétuque des prés, pâturins,…), de légumineuses (luzerne, trèfle blanc, trèfle violet, …) et de plantes diverses (pissenlits, renoncules,…). **(Baumont *et al.*, 2016)**.

I.4.3. Préservation du sol

La fertilité des sols n'est pas un phénomène statique. Au contraire, elle est en perpétuel changement et sa direction (accumulation ou appauvrissement en éléments nutritifs) est déterminée par l'action conjuguée des processus physiques, chimiques, biologiques et anthropogéniques **(Smaling *et al.*, 1997)**.

L'introduction d'un pois dans une succession de cultures de 3 ans permet de réduire de l'ordre de 20% les émissions de N2O, d'une part sur cette culture car elle n'est pas fertilisée, et d'autre part sur la culture suivante, sur laquelle les fournitures d'azote par la légumineuse permettent de réduire la fertilisation azotée nécessaire **(Duc*etal.*,2011).**

Si la plante en association est une légumineuse, elle permet de réduire les infestations d'adventices (car elle couvre mieux le sol que la culture pure, sans avoir à utiliser d'herbicide), et de favoriser fourniture d'azote, par la fixation symbiotique, dans le système. En plus, l'utilisation des légumineuses et de façon générale la prairie multi spécifique, a un impact positif sur la Biodiversité **(Duc*et al.* ,2011).**

I.5. Espèces étudiées

I.5.1. Petit pois

I.5.1.1 Généralités

Le petit pois (*Pisum sativum* L.) est une plante légumineuse, annuelle cultivée à travers le monde et utilisé en alimentation humaine et animale. La production mondiale en pois a atteint son optimum en 1990 avec une production qui avoisine 16,5 millions de tonnes a partir de l'année 2000, la production mondiale s'est stabilisée autour de 10 millions de tonnes **(Yakoubi, 2014)**.

I.5.1.2 Origine et répartition géographique

L'origine de *Pisum sativum.L* est mal connu. La région méditerranéenne, l'Asie centrale et occidentale et l'Ethiopie ont été envisagés comme centres d'origine. La FAO a désigné l'Ethiopie et l'Asie occidentale comme centres de diversité, avec des centres secondaires dans le sud de l'Asie et la région méditerranéenne, **(Cousin et Bannerot, 1992 ; Brink et Belay, 2006).**

Le petit pois est une plante très anciennement cultivée dans l'Ancien monde puisque sa culture a vraisemblablement commencé il y a environ 8000 ans dans la région du Croissant fertile, dans le même processus que certaines céréales (blé, orge) et d'autre légumineuses (vesce, lentille). Ils ont découvert dans des sites archéologiques du Néolithique de la Grèce a l'Irak entre 7500 et 5000 ans avant Jésus Christ, des restes prouvent soit de cueillîtes, soit de plantes domestiques. Par la suite, sa culture s'est diffusée vers l'Ouest (Europe) et vers l'Est (Inde). On en trouve trace notamment dans le site archéologique de Troie, en Europe centrale (vers -4000 ans), en Europe occidentale et en Inde (vers -2000) **(Cousin et Bannerot, 1992).**

Des restes de pois ont été retrouvés notamment dans des habitats lacustres de début de l'âge du hronze en France (lac du Bourget) **(Pitrat et Foury, 2003**).

I.5.1.3. Caractéristique botanique

I.5.1.3.1. Morphologie

• **Système racinaire :** L'appareil souterrain de petit pois est formé d'un système racinaire pivotant relativement peu développé avec des racines secondaires voir tertiaires. L'enracinement des pois est assez développé puisque les racines peuvent atteindre 60 cm de profondeur jusqu'à 80 cm en fin de floraison. On peut noter la présence des nodosités qui vont permettre à la plante de fixer l'azote atmosphérique **(Yakoubi, 2014)**.

• **Tiges :** Les tiges sont herbacées, grêles et creuses, arrondies ou légèrement anguleuses, d'une hauteur variable (0,25 à 2 m), L'appareil aérien est constitué d'une tige principale et de ramifications issues des bourgeons latéraux **(Yakoubi, 2014)**.

• **Feuilles :** Les feuilles ont la forme imparipennée **(Poitier, 1981)** et sont composées de 7 à 15 folioles ovales et dentelées, sans vrilles, en position alternée sur un rachis **(Saxena, 1984)**. Les faces inférieures des feuilles sont couvertes par un duvet formé de poils unis et pluricellulaires.

• **Fleurs :** Les fleurs (Bisexuée) sont zygomorphes, articulées, solitaires ou en grappes de deux fleurs insérées sur des pédoncules axillaires à l'aisselle des feuilles et au niveau des bifurcations. Le pois chiche est une espèce autogame **(Ladizinsky, l987 *in* Ben Mbarek, 2011)** caractérisée par une floraison massive. Seulement son taux de nouaison est faible et varie de 28 à 37 % respectivement chez les types Kabuli et Desi **(Khanna-Chopra et Sinha, 1987*in* BenMbarek, 2011).**

La floraison est rapide durant les jours longs et lents durant les jours courts. Elle dure, selon les génotypes de 30 à 45 jours, toutefois, comme le pois chiche est une espèce à croissance indéterminée, sous des conditions hydriques favorables et des températures clémentes.

Les branches continuent à se développer, à fleurir et à produire des gousses et des graines **(Leport**

et *al*., 2006).

Les premières fleurs, dites pseudo-fleurs ou fausses fleurs, sont imparfaites et ne donnent pas de gousses **(Roberts et *al.*, 1980)**.

•**Fruits :** Le fruit est une gousse déhiscente bivalve, appelée aussi cosse, de 4 à 15 cm de long, contenant de 2 à 10 graines rarement plus. Elles sont rondes lisses ou anguleuses, de 5 à 8 mm de diamètre. Ces gousses présentent des variations morphologiques selon les variétés ; leur forme générale est droite ou plus ou moins arquée, leur extrémité plus ou moins effilée ou tronquée. Elles comportent généralement une membrane sclérifiée, le parchemin, qui est absente chez les variétés de type « mangetout ». Leur couleur est généralement verte, parfois violette **(Yakoubi, 2014)**.

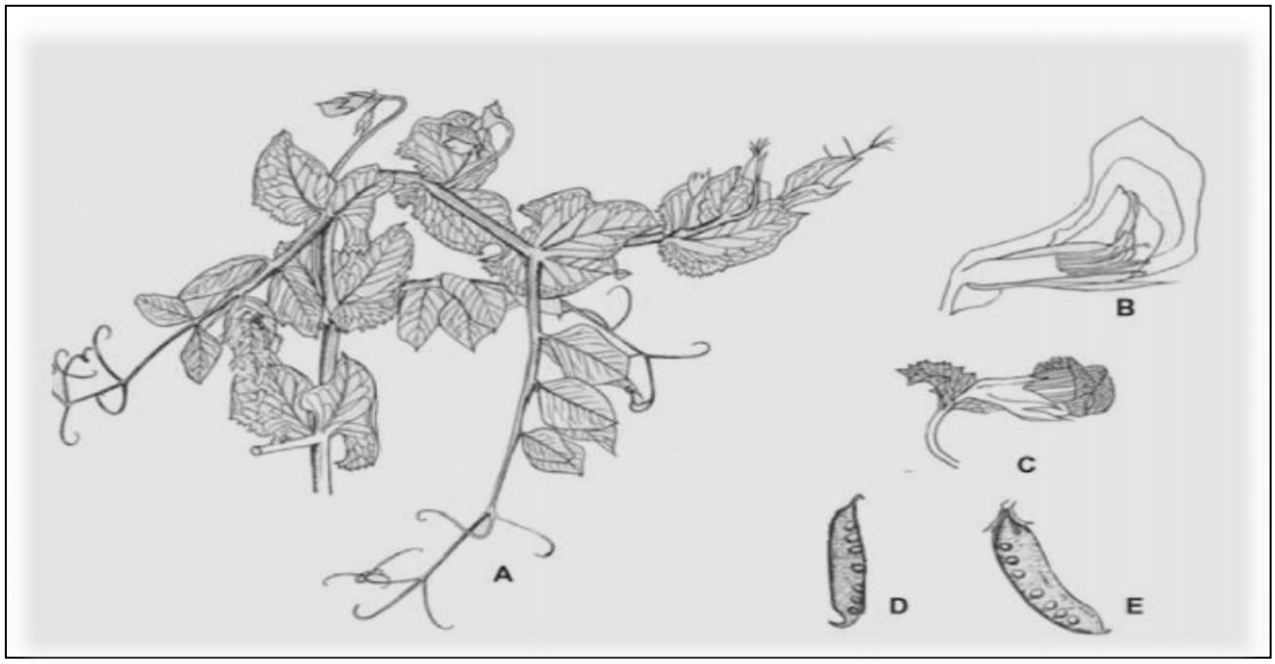


Figure n°03 : Plant de petit pois, *Pisum sativum* L**.** branche d'une plante portant une fleur et des vrilles **(A)**, fleur **(B)**, fleur en coupe longitudinale **(C),** jeune gousse ou cosse **(D)** et jeune gousse ouverte montrant les graines **(E) (Zohary et Hopf, 1988)**

I.5.1.3.2. Classification

- **Règne …….** Plantae (plantes)
- **Sous-règne ……** Tracheobionta (plantes vasculaires).
- **Embranchement ……** Spermatophyta (plantes à graines).
- **Sous embranchement ……**Magnoliophyta (Angiospermes, Phanérogames ou plantesà fleurs).
- **Classe ……..**Magnoliopsida (Dicotylédones).
- **Sous-classe ……..**Rosidae.

- **Ordre ……..** Fabales
- **Famille ……**.Fabaceae, fabacées, papilionacées ou légumineuses.
- **Genre ……...***Pisum L*.
- **Espèce ……** *Pisum sativum* L.**(D'après Yakoubi, 2014)**

I.5.1.4 Intérêt culturel de l'espèce

I.5.1.4.1. Intérêt agronomique

Souvent, l'agriculteur est intéressé par la culture de pois visant ses atouts agronomiques. En effet, le pois est capable de fournir ses besoins en azote par une simple fixation symbiotique de l'azote atmosphérique. Cette fixation symbiotique d'azote se fait grâce à une interaction entre les plantes de pois et les souches de *rhizobium* qui sont des bactéries Gram négatif, en forme de bâtonnets mobiles. Ces bactéries induisent chez la plante la formation des nodules sur les racines. En grande culture, l'agriculteur peut utiliser le pois en tête de rotation pour profiter de l'enrichissement du sol en azote. Malgré ces caractéristiques nutritionnelles et agronomiques, une régression des superficies des cultures des légumineuses et en particulier le pois a été observée. Cette régression est due à plusieurs contraintes biotiques et abiotiques, notamment les ravageurs et les maladies **(Broughton et Dilworth, 1971)**.

I.5.1.4.2. Intérêt nutritionnel

Les pois ont en commun d'être des aliments riches en énergie et en protéines. Les pois secs sont comparables à d'autres légumineuses (haricots secs, lentilles, fèves sèches, pois Chiches), et aux céréales par leur valeur énergétique (330 kcal/100 g). La partie glucidique des Pois est formée essentiellement d'amidon (50 %) et de sucres (6 %) saccharose et oligosaccharides **(Varela et *al*., 2004).**

Ils sont aussi riches en protéines. Celles-ci, à teneur élevée en lysine, sont toutefois déficientes en certains acides aminés essentiels comme la méthionine et le tryptophane, en les associant avec des aliments à base de céréales tel que le pain, qui sont au contraire déficients en lysine, on obtient une bonne complémentarité **(Holwach, 1982)**.

Les pois sont une bonne source de minéraux : potassium, phosphore, calcium et fer ; ainsi que de vitamines B, notamment de (folate, vitamine B9). Ils se distinguent également par leur très faible teneur en matières grasses.

Les petits pois sont plus riches en eau (74 %), n'apportent que 92 kcal/100 g (crus) mais plus énergétiques que la majorité des légumes verts. Ils sont plus riches en sucres solubles que les pois

sec **(Holwach, 1982)**.

Tableau 2 : Valeur nutritionnelle moyenne pour 100 g de pois **(Tacques, 1985).**

Glu/Lip/Prot	**Vitamines Sels**	**Minéraux**	**Acides aminés Essentiels**	**Divers**
Glucides 56g Lipides 1,7g Protides 23g	Vitamine B1 0,7mg Vitamine B2 0,2mg Vitamine B3 3,1mg Vitamine C 3mg Vitamine K 930mg	Calcium 60mg Chlore 50mg Fer 5,5mg Potassium 930mg Magnésium 130mg Sodium 40mg Phosphore 380mg Soufre 219mg Zinc 3,5mg	Isoleucine 930mg Leucine 1480mg Lysine 1620mg Méthionine 210mg Phénylalanine 1000mg Thréonine 860mg Tryptophane 210 mg Valine 1000mg	Eau 12g Fibres 15g Cellulose 5g

I.5.2. Pois chiche

I.5.2.1. Généralité

Le pois chiche (*Cicer arietinum* L.) est une plante de la famille des fabacées (ou légumineuses), voisine du petit pois mais d'un genre botanique différent. Il est cultivé dans les régions méditerranéennes et produit une graine comestible. Il est connu par sa haute teneur en glucides assimilables et son pourcentage élevé en protéines végétales.

Son nom latin d'espèce *arietinum* fait référence à la forme de la graine en tête de bélier *(aries*) flanquée de ses cornes, c'est un pois, ces pois de taille moyenne, rond et terminé en pointe, il est très parfumé et conserve sa forme à la cuisson (environ 1 heure). Ses principaux constituants sont les lipides, les substances azotées, l'amidon, les sucres, les sels minéraux (phosphore, potassium, magnésium, calcium, sodium, silice), l'oxyde de fer, l'arsenic, l'asparagine, et les vitamines B et C **(Gaid, 2015).**

I.5.2.2. Origine et répartition géographique

Le pois chiche est probablement originaire du Proche-Orient (sud-est de la Turquie,Syrie) où trois espèces annuelles sauvages de pois chiche existent encore dans cette région. On dit souvent que le pois chiche a conquis l'Europe durant le Moyen Âge après que les croisés l'eurent

redécouvert au Proche-Orient, mais sa culture et sa consommation sont en réalité attestées bien avant, au moins dès l'IXème siècle par des sources écrites et archéologiques.

Le pois chiche est arrivé en Inde il y a seulement deux siècles en passant d'abord par l'Afghanistan **(Kechache, 2005).**

La culture du pois chiche est répandue au niveau mondial dans 4 grandes régions :

- Le sud du continent indien où il assure plus de 85% de la production mondiale.
- Le bassin méditerranéen.
- L'Amérique latine.
- L'Afrique de l'Est **(Jodha et *al.* , 1987**).

I.5.2.3. Caractéristique botanique

I.5.2.3.1. Morphologie

Le pois chiche est une plante herbacée annuelle, autogame, diploïde (2n=16 chromosomes), atteignant 20 à 40 cm de haut dont les caractéristiques morphologiques sont :

•**Racines :** le système racinaire est de type pivotant avec 3 ou 4 racines latérales dont la plupart sont étalées à 15 à 30 cm de profondeur dans sol. Les racines atteignent 1,5 à 2,0 m de profondeur. La fixation de l'azote se fait grâce à des bactéries spécifiques du pois chiche

•**Tiges :** Dressés, simple ou ramifiée dés la base et velue-glanduleuse.

•**Feuilles :** alternes, présentent un nombre de folioles impaires. Chacune d'elles compte de 7 à 17 folioles ovales et dentées (Ayadi, 1986).

•**Fleurs :** Bisexuées, papilionacées, pédicelle de 3 à 12 mm de long. Parfois il ya 2 ou 3 fleurs sur le même noeud. Elles sont de couleur rose, blanche ou bleue.

•**Fruit :** Ce sont des gousses renflées ayant 1 à 2 graines, rarement 4 graines. Les graines globuleuses à anguleuses ovoïdes, à rainure médiane et à bec bien distinct supérieur au hile, de crème à brune, verte ou noire, surface lisse ou ridée (Singh et *al.*, 1995 ; Bock, 2008) (Fig. 01) **(*Rhizobium ciceri*) (Tillard, 1988).**

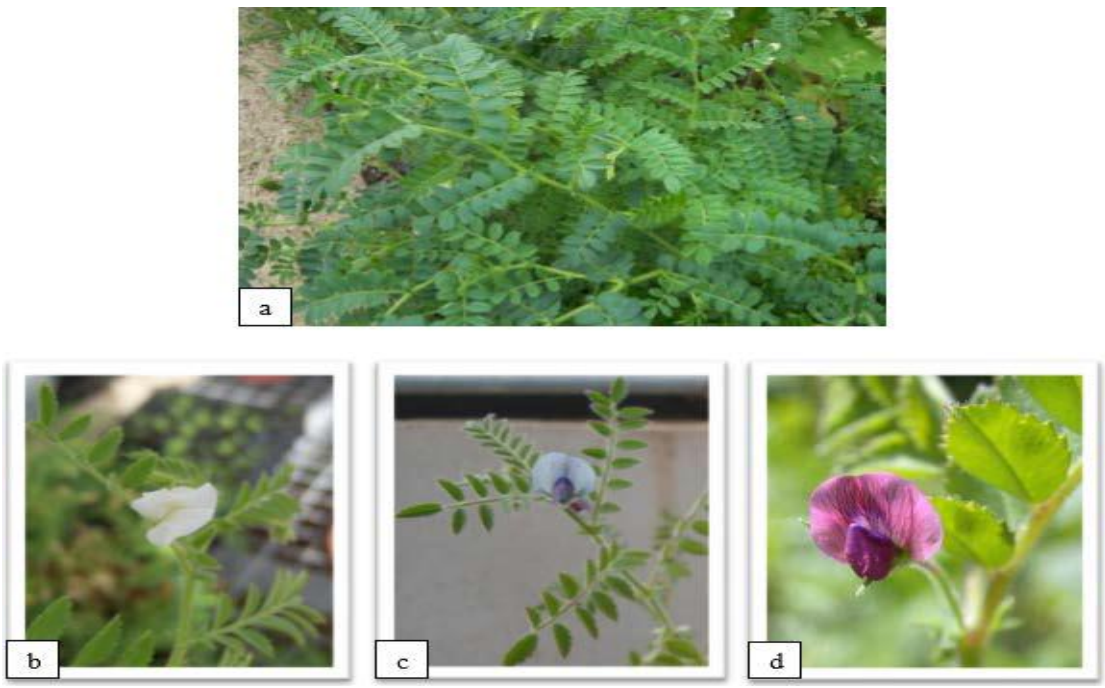


Figure n°04 : Description botanique du pois chiche (Chekroun, 2011).

a : port herbacés de *Cicer arietinum* ; **b** : fleur blanche de *Cicer arietinum.*

c : fleur bleue de *Cicer arietinum* ; **d** : fleur rose de *Cicer arietinum*.

I.5.2.3.2. Classification

- **Règne : ……..**Plantae.
- **Sous règne :……..**Tracheobionta (plantes vasculaires).
- **Embranchement : ……**Spermatophyta (plantes à graines).
- **S/Embranchement : ……..**Magnoliophyta (= angiospermes, phanérogames ou plantes à fleurs).
- **Classe : ……..**Magnoliopsida (ou Dicotylédones/ Eudicots).
- **Sous Classe :……..**Rosidae.
- **Ordres :……..**Fabales.
- **Famille :……..**Légumineuses.
- **Genre :……**.*Cicer.*
- **Espèce :……**.*Cicer arietinum* L.
- **Nom commun :……**Pois chiche. **(Gaid, 2015).**

I.5.2.4 .Importance de l'espèce

5.2.4.1.intérêt agronomique

Le pois chiche est capable de fixer l'azote atmosphérique grâce à une relation symbiotique avec *Rhizobium ciceri.* Il participe ainsi à fertiliser les sols pauvres, particulièrement dans les zones

arides (Saxena, 1990).

Selon Tawaha et *al.* (2005), les besoins de la plante en phosphate ne sont pas importants, ce qui lui permet de croitre sur les sols calcaires très répandus dans les pays méditerranéens. La réduction des apports d'engrais chimiques dans les cultures permet la préservation de l'environnement (David et Khan, 2001).

La culture du pois chiche est pratiquée en rotation avec le maïs ou le blé, surtout dans les zones arides et semi-arides **(Winch, 2006).**

5.2.4.2. Intérêt nutritionnel

Le pois chiche est une bonne source de carbohydrates et de protéines (tableau n02) qui constituants ensemble environs 80% du poids sec de la graine. L'amidon est le principal carbohydrate chez le pois chiche, il contient aussi une quantité considérable en acide gras. Les triglycérides et les phospholipides sont les composants prédominant des lipides chez le pois chiche **(Singh., 1985)**.Les acides gras majeurs chez le pois chiche sont les acides : linoléiques, oléique et palmitique **(Ling et Robinson, 1976).**

Tableau 03 : composition biochimique du pois chiche pour 100 graines (Baumgartner, 1998)

Composition	**Quantité**
Energie (kcal)	275
Eau(g)	10.4
Protéines (g)	20.0
Graisse (g)	4.4
Glucides(g)	48
Fibres alimentaires(g)	15
Sodium(mg)	30
Potassium(mg)	700
Calcium(mg)	140

Chapitre II

Le stress hydrique

Chapitre II Le stress hydrique

II.1. Notion de stress

Selon les définitions, le stress chez les plantes apparaît avec des significations différentes en biologie, qui convergent principalement en attribuant le stress à n'importe quel facteur environnemental défavorable pour une plante .

(Levitt, 1982).. Selon**(Jones *et al.*, 1989)**, un stress désigne à la fois l'action d'un agent agresseur et les réactions qu'il entraîne dans l'organisme agressé, une force qui tend à inhiber les systèmes normaux. **(Tsimilli-Michael *et al.*, 1998)**considèrent que le stress a une signification relative, avec un contrôle comme état de référence, ils considèrent le stress comme une déviation du contrôle à une contrainte.

II.2. Définition de stress hydrique

Le déficit hydrique, considéré comme l'une des plus importantes contraintes environnementales (Rodriguez-Gamir et al., 2010) affectant la productivité agricole autour du monde (Boyer, 1982). Il occupe et continuera d'occuper une très grande place dans les chroniques agro-économiques. C'est un problème sérieux dans beaucoup d'environnements arides et semi-arides, où les précipitations changent d'année en année et où les plantes sont soumises à des périodes plus ou moins longues de déficit hydrique (Boyer, 1982).

Le stress hydrique a été définit comme une baisse ou un excès de la disponibilité de l'eau, traduisant par une réduction de la croissance de la plante et/ou de sa reproduction par rapport au potentiel du génotype. La contrainte hydrique est le facteur ou l'ensemble de facteurs ayant pour conséquence le stress. D'autres auteurs limitent la définition du stress aux seules conditions correspondant à une hydratation suboptimale des tissus (Lamaze et *al*., 1994).

L‟installation d‟une sécheresse se manifeste par la combinaison d‟une part, de la restriction de la disponibilité en eau du sol et, d‟autre part, de l‟augmentation de la demande évaporatrice (Kiani, 2007).

Lorsqu'une plante est soumise à une diminution progressive de la disponibilité en eau, un stress hydrique s'installe. Selon l'intensité et la durée de ce stress, Larcher (1995) décrit le passage de la plante par trois phases **(Figure n°05) :**

- **La phase d'alarme :** elle survient au niveau cellulaire, des structures sont déstabilisées, en particulier les membranes, et un certain nombre de fonctions biochimiques et métaboliques sont

réorganisées pour la poursuite normale des activités vitales de la plante. Ainsi, le catabolisme l'emporte sur l'anabolisme est c'est la réaction fondamentale au stress. Au cours de cette première phase, la transpiration et la photosynthèse se maintiennent comme pour des plantes non stressées, cet état "normal" est assuré par des processus de réparation et de restauration de l'état initial par la synthèse de molécule de protection, c'est la réaction de restitution ou de récupération. Cette phase est réversible, donc le retour à l'état initial est possible.

- **la phase de résistance:** apparaît si l'eau ne permet plus de satisfaire l'évapotranspiration, en d'autre terme si le stress continue, voire même s'intensifie, la transpiration et la photosynthèse sont réduites en dessous du niveau potentiel, la plante augmente progressivement ses processus de protection. Des modifications physiologiques rendent la plante plus résistante, elle peut survivre et se reproduire au cours de la période de stress, on parle alors d'endurcissement. Ce dernier correspond à une étape de résistance, il s'agit d'une acclimatation au stress. Si le stress reste constant, un haut degré de résistance est développé par la plante l'apparition d'un phénomène d'ajustement permet le retour à une situation d'activité normale, plus ou moins proche de celle de départ. Les réponses physiologiques de la plante au cours de cette phase sont variables et dépendent des facteurs de l'environnement et de la plante elle-même (Blum, 1996). Lorsque le stress persiste trop longtemps et augmente d'intensité, apparaît la dernière phase.

- **la phase d'épuisement :** où l'on constate l'installation de dommages irréversibles, menant ainsi à l'effondrement des fonctions de la plante (Fig.4).

La réponse au stress est donc une interaction entre l'effort de s'adapter et les processus potentiellement létaux dans le protoplasme (Djebbar, 2012).

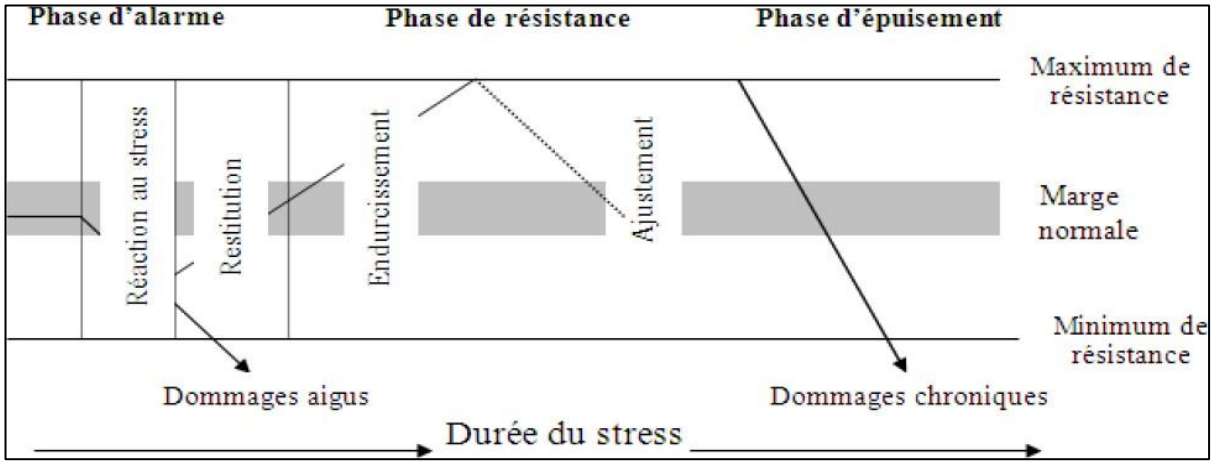


Figure n°05 : Les phases successives lors d'un stress (Larcher, 1995, modifié).

II.3. Effets du stress hydrique sur la plante

II.3.1. sur la croissance

Le développement végétatif d'une plante cultivée sous conditions hydriques limitantes est fortement perturbé (Chaves *et al*, 2002; Lebon *et al*, 2006). On note principalement une diminution importante de la taille, de la longueur des entre noeuds, du nombre de feuilles voire de la surface foliaire (INRA, 2006 ; Lebon *et al*, 2006; Attia, 2007). Les plantes soumises à un déficit hydrique voient généralement leur sénescence foliaire s'accélérer; et une perte trop importante d'eau peut conduire à la mort des cellules, (Kramer et Boyer, 1995 ; Bouchabke *et al*, 2006 ; INRA, 2006).

L'effet de stress provoque un grand développement en longueur du système racinaire pour permettre une exploitation efficace de ce dernier à extraire l'eau des profondeurs du sol. (Gowan, 1974 ; Brown et al, 1987).

Certaines auteures ne soient pas du même avis comme (Hopkins ,2003) qui affirme que la Croissance des racines est généralement moins sensible au déficit hydrique que celle de la parité aérienne. La croissance racinaire est plutôt orientée dans un sens de remodelage de l'ensemble de système racinaire : le nombre des racines diminue, le volume racinaire est également réduit (Daaloul et al, 2005).

II.3.2. sur la photosynthèse

Lors d'un déficit hydrique, l'activité physiologique de la feuille, et plus particulièrement la photosynthèse et la conductance stomatique sont affectées (Lowlor et Cornic, 2002).

La réduction de la photosynthèse, liée à la diminution du potentiel hydrique foliaire, est supposée dépendre à la fois de la fermeture des stomates, avec pour conséquence une diminution de la conductance à la diffusion du CO_2 et d'une limitation biochimique du chloroplaste à fixer le CO_2 (Tardieu et Simoneau, 1998 ; Escolana *et al.*, 1999 Flexas et Medrano, 2002.).

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). Gharti-Chhetri et Lales, (1990) ont montré aussi, chez d'autres espèces du genre *Triticum*, que la photosynthèse devient nulle lorsque le potentiel hydrique foliaire atteint -26 à -27 bars.

II.3.3. sur la fermeture des stomates

Les stomates jouent un rôle central dans la régulation de l'équilibre des pertes en eau par la

transpiration et le gain en carbone permettant l'accumulation de biomasse (Buckley 2005).

La fermeture des stomates intervient lors d'un déficit hydrique subi par la plante. Elle a pour but de limiter la transpiration et, ainsi, de réduire les pertes en eau. La variation de turgescence au niveau des cellules de garde autorise l'ouverture ou la fermeture des stomates. Les cellules de garde étant situées sur l'épiderme, la baisse de turgescence peut être la résultante d'une perte directe d'eau sous forme de vapeur dans l'atmosphère (Gao et al., 2005).

Constamment synthétisée à un faible taux dans les cellules du mésophylle, l'ABA tend à s'accumuler dans les chloroplastes. Lorsque les premiers effets d'un déficit hydrique sont ressentis par les cellules du mésophylle, l'ABA accumulé jusqu'alors dans les chloroplastes va être libéré dans l'apoplasme (Hartung et al., 1998).

Plus en détail, la perte de turgescence conduisant à la fermeture stomatique est induite par un afflux à long terme de potassium (K+) et d'anion.

L'ouverture des canaux sortant de K+ nécessite une dépolarisation membranaire à long terme, déclenchée à la fois par une dépolarisation transitoire de la membrane plasmique induite par l'ABA et par une « bouffée » de calcium cytosolique.

Il a été démontré que l'ABA stimulait l'activation des canaux lents anioniques dans la cellule de garde (Tallman, 2004). De même, l'ABA activerait des canaux anioniques rapides (Raschke et al., 2003). L'ouverture prolongée de ces canaux anioniques autorise la sortie, hors de la cellule, d'une grande quantité de chlorures (Cl-) et de malate, ce qui a pour effet de dépolariser fortement la membrane et d'entraîner l'ouverture des canaux voltage dépendant à efflux de K+.

Cette dépolarisation est appuyée par l'inhibition des pompes H+ATPase membranaire engendrées par les bouffées calciques (Kinoshita et al., 1995) sous contrôle de l'ABA. Ces processus dirigés par l'ABA ont pour conséquence une alcalinisation du cytosol et une augmentation de Ca2+ cytosolique (Zhou et al., 2000).

Les pompes H+ATPase neutralisées, les canaux à afflux de K+ ne peuvent plus s'ouvrir : ce procédé prévient toute ouverture des stomates.

En résumé, les concentrations intracellulaires en ions calcium et en protons affectent les canaux de la membrane en inhibant à la fois l'afflux de K+ et l'activité des pompes H+ATPase, ce qui prévient toute ouverture stomatique. En parallèle, l'activation des canaux anioniques à afflux, conduisant à l'ouverture des canaux à afflux de K+ provoque la fermeture stomatique.

II.3.4.Le rendement et la composition du grain

Selon le positionnement dans le cycle de développement et l'intensité de la contrainte hydrique, les stress hydriques influencent les rendements ainsi que la composition biochimique des graines. Un déficit hydrique après la fécondation réduit la taille des organes et si elle se poursuit pendant la phase de remplissage, elle affecte leur composition.

Les différents métabolismes étant inégalement affectés par le déficit hydrique (le métabolisme carboné l'est davantage que le métabolisme azoté), les concentrations relatives des différents composés sont modifiées : un manque d'eau induit généralement une baisse des teneurs en amidon et en huile des graines, et une augmentation des teneurs en protéines (Hireche, 2006 ; INRA, 2006).

II.3.4. sur le métabolisme protéique

De nombreuses études ont montré que les protéines peuvent subir d'importantes pertes d'activité ou même être dénaturées lorsqu'elles sont déshydratées. Les teneurs en protéines foliaires diminuent de près de 50 % suite à un ralentissement probable de la synthèse du fait d'une diminution de l'activité de la nitrate réductase (NR). Cette enzyme clé dans le métabolisme primaire présente une régulation de son expression assez complexe (Pinheiro et al. 2001), l'inactivation de la NR est souvent observée dans des conditions de diminution de la photosynthèse comme lors d'un stress hydrique. Suite à la fermeture des stomates, la concentration en CO2 diminue par conséquent la photosynthèse et l'activité NR sont réduites, et donc la photorespiration augmente (Foyer et al. 1998).

Un certain nombre de protéines très hydrophiles sont induites par le stress hydrique. Les HSP (Heat Shock Proteins) et les protéines de type LEA (Late Embryogenesis Abundant) représentent les deux types majeurs de protéines induites par le stress, elles jouent un rôle important dans la protection des macromolécules, comme les enzymes, les lipides et les ARNm.

- **Les Hsp (Heat-shock proteins)**

Les protéines HSP sont des protéines dont la synthèse est associée à la tolérance des plantes à la dessiccation, ces protéines permettent (dans certains cas en synergie avec le tréhalose) d'éviter l'agrégation des protéines résultant de stress de dessiccation ou de stress thermique (Goyal et al. 2005). Elles interagissent également avec les surfaces membranaires afin d'éviter la fuite d'ions et de solutés.

- **Les LEA (Late Embryogenesis Abundant Proteins)**

Les protéines LEA, initialement découvertes comme des protéines de réserve, sont une large

famille de protéines très hydrophiles synthétisées abondamment durant les dernières étapes du développement de l'embryon. Leur profil d'expression et leur abondance suggèrent un rôle protecteur dans des situations de forte déshydratation, par le maintien d'un minimum d'eau cellulaire, en empêchant la dénaturation des protéines et ainsi le maintien l'intégrité membranaire (Maury et al. 2011). Elles peuvent intervenir dans la séquestration d'ions et agir comme des molécules chaperonnes (chaperonines) (Goyal et al. 2005).

II.3.5.sur la germination

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 glycéraldéhyde-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).

Selon Bray et *al*. (1989), 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.

II.4. Les stratégies adaptatives pour contrer le déficit hydrique

Différentes stratégies -qui ne sont pas strictement indépendantes- sont mises en œuvre par les plantes pour résister au déficit hydrique. En effet, le manque d'eau ou la sécheresse engendre diverses modifications d'ordre phénologiques, morpho-physiologiques et métaboliques. Enfin, une autre controverse concernant la terminologie porte sur la notion de **stratégie**. Le terme stratégie est souvent utilisé pour décrire la façon dont une plante apporte une réponse positive à un stress particulier. Pour les plantes, le mot stratégie peut valablement décrire une séquence de réponses programmées génétiquement permettant à un organisme de survivre dans un environnement particulier (Jones and Jones, 1989). De ces stratégies, on considère généralement trois aspects : l'**évasion**, l'**évitement** et la **tolérance à la déshydratation**.

II.4.1. Stratégie d'échappement ou Evasion

Le développement des plantes est délimité par des stades distincts, à savoir : la germination, l'émergence des feuilles, la floraison et la fructification. L'échappement à la sécheresse est observé

dans le cas où les plantes ajustent leur développement au cours du temps afin d'avoir un cycle de vie complet en évitant ou diminuant l'impact du stress (Verslues and Juenger, 2011). Autrement dit, l'échappement est une modification phénologique qui favorise l'achèvement du cycle de reproduction avant l'apparition des effets négatifs du facteur de stress. Le temps de floraison est le trait majeur impliqué dans la stratégie d'échappement (Araus et al. 2002). De plus, la floraison est fortement reliée à des adaptations à la sècheresse, et représente un évènement clé qui détermine la production de biomasse et donc le rendement des plantes (Jung and Muller, 2009).

II.4.2. L'évitement

L'évitement de la déshydratation est une stratégie commune aux plantes annuelles et pérennes, elle a pour objectif de réduire les pertes en eau des tissus et de protéger les cellules de la déshydratation tout en augmentant le prélèvement de l'eau du sol.

La réduction des pertes d'eau est la fonction principale des stomates. De ce fait, un des aspects des réponses au déficit hydrique est la diminution de la conductance stomatique permettant de réduire les pertes en eau des tissus et de maintenir un potentiel hydrique foliaire le plus haut possible.

La conductance stomatique est reliée au mouvement stomatique : une diminution de la conductance traduit une fermeture stomatique, et à l'inverse une augmentation de la conductance traduit une ouverture stomatique.

Sous le contrôle de l'acide abscissique, l'ouverture et la fermeture des stomates permet une régulation fine des échanges de vapeur d'eau et de CO_2 contrôlant ainsi le taux de transpiration et de photosynthèse (Farquhar and Sharkey, 1982).

Par conséquent, lors d'un stress de déficit hydrique, les plantes se retrouvent devant un compromis entre la fermeture des stomates afin de réduire les pertes en eau et optimiser leur alimentation carbonée. De ce fait, les plantes xérophytes de la famille des *Crassulaceae* (plantes succulentes) ont dû modifier leur métabolisme qui présente un mécanisme photosynthétique particulier de type CAM "Crassulacean Acid Metabolism". En effet, la capture du CO_2 et la photosynthèse sont séparées dans le temps, la nuit les stomates sont ouverts pour absorber du CO_2 (pertes en eau limitées), ce dernier réagit avec le pyruvate pour former le malate. Le jour, les stomates se ferment, le malate accumulé dans les vacuoles au cours de la nuit est converti en pyruvate et en CO_2, ce dernier sera fixé sur le ribulose biphosphate par la RuBisCO et va ainsi rejoindre le cycle de Calvin.

Les plantes soumises à la contrainte hydrique tendent à trouver de nouvelles sources d'eau.

En effet, une augmentation du ratio racine/feuille est souvent observée, *via* une réduction de la croissance des parties aériennes et/ou par une augmentation de la croissance racinaire (Boyer, 1985). De ce fait, la régulation de l'ouverture des stomates permettant une réduction des pertes d'eau, ainsi que l'augmentation de la capacité d'absorption depuis le sol contribuent tous deux à une meilleure efficacité de l'utilisation de l'eau.

Afin de maintenir le statut hydrique et éviter la déshydratation des tissus, les plantes ont recours à l'ajustement osmotique (Farooq et al. 2009). Cela, est dû principalement à l'accumulation de solutés osmo-protecteurs (osmolytes) de différentes natures tels que les sucres, la proline, la glycine-bétaïne, des acides organiques ou encore certains ions. Lors d'un déficit hydrique, l'accumulation de ces solutés confère un potentiel osmotique plus faible aux cellules, attirant ainsi l'eau à l'intérieur des cellules et permettant alors de conserver la turgescence cellulaire. Une turgescence cellulaire à des niveaux plus élevés contribue àl'amélioration des performances des plantes et au maintien des processus physiologiques tels que l'ouverture stomatique, la photosynthèse et l'expansion foliaire (Subbarao et al. 2000)

II.4.3.La tolérance à la dessiccation (plantes de résurrection ou plantes reviviscentes)

Si le stress persiste ou devient plus sévère, les plantes ne peuvent plus maintenir leur statut hydrique, et doivent alors supporter des potentiels hydriques plus faibles. Les mécanismes de tolérance à la déshydratation sont étroitement liés aux mécanismes d'évitement et les processus sont souvent interchangeables (Lawlor, 2012). Cependant, les plantes doivent faire face à des dommages de leur protoplasme plus importants affectant l'intégrité cellulaire. Dans les cas les plus extrêmes, un fort déficit hydrique peut conduire à la mortalité des plantes.

Le cas le plus spectaculaire de survie à de fortes déshydratations des tissus concerne les plantes dites espèces reviviscentes. Ces plantes peuvent tolérer une déshydratation presque complète de leur tissus, on parle alors de tolérance à la dessiccation. Ces plantes accumulent à de très fortes concentrations des protéines protectrices, des solutés (tréhalose) permettant la stabilisation des membranes et des antioxydants (Moore et al. 2009). Le coût métabolique pour maintenir un tel équilibre métabolique est élevé et conduit à une vitesse de croissance très faible voire arrêtée. Lors d'un déficit hydrique, les plantes doivent faire face à des dommages tissulaires, essentiellement dus à l'accumulation d'espèces réactives de l'oxygène ou ROS de l'anglo-saxon "Reactive Oxygen Spieces", telles que des radicaux libres, des ions oxygénés et des peroxydes. Les ROS interagissent avec les protéines, les lipides et l'ADN, provoquant ainsi des dommages cellulaires qui affectent les membranes et le matériel génétique. Les dommages oxydatifs sont diminués par l'action combinée d'osmo- protecteurs tels que la cystéine, le glutathion et l'acide

ascorbique, mais aussi par l'activité de diverses enzymes antioxydantes comme la catalase, les superoxyde dismutases, les ascorbate peroxidases, la gaïacol peroxydase et la glutathion réductase (Hasegawa et al. 2000 ; Prochazkova et al. 2001).

Chapitre III

Traitement pré germinatif des semences(Priming)

Chapitre III: Traitement pré germinatif des semences(Priming)

III.1. La Semence

La 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.2. La germination

La production végétale et l'établissement de bonnes cultures agricoles dépendent étroitement de la germination des semences qui est une étape cruciale dans le cycle de vie des végétaux supérieurs (Cheng and Bradford, 1999).

II.2.1. Définition

La germination est définie comme la somme des événements qui conduisent la graine sèche à germer; elle commence par la prise d'eau et se termine par l'allongement de l'axe embryonnaire (HOPKINS, 2003).

La germination est le passage de la vie latente de la graine à la vie active, sous l'effet de facteurs favorables. Selon MAZLIAK (1982), c'est un processus physiologique dont les limites sont le début de l'hydratation de la semence et le tout début de la croissance de la radicule. Une semence a germé, lorsque la radicule a percé les enveloppes ou elle est visiblement allongée (BEWLEY, 1997)

III.3. Le Priming

Afin de résoudre les problèmes posés par l'hétérogénéité de la germination 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 représentée par les traitements prégerminatifs des semences. Ces traitements sont également dénommés « endurcissement des semences » ou « amorçage », priming en anglais. Ces traitements de prégermination permettent la levée de la dormance, d'amener les semences au même stade physiologique (synchronisation), et même d'améliorer la croissance des plantules et leur tolérance aux stress abiotiques (Heydecker, 1978; Kheddache, 2005).

III.3.1. 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) **(Figure n°06)**.

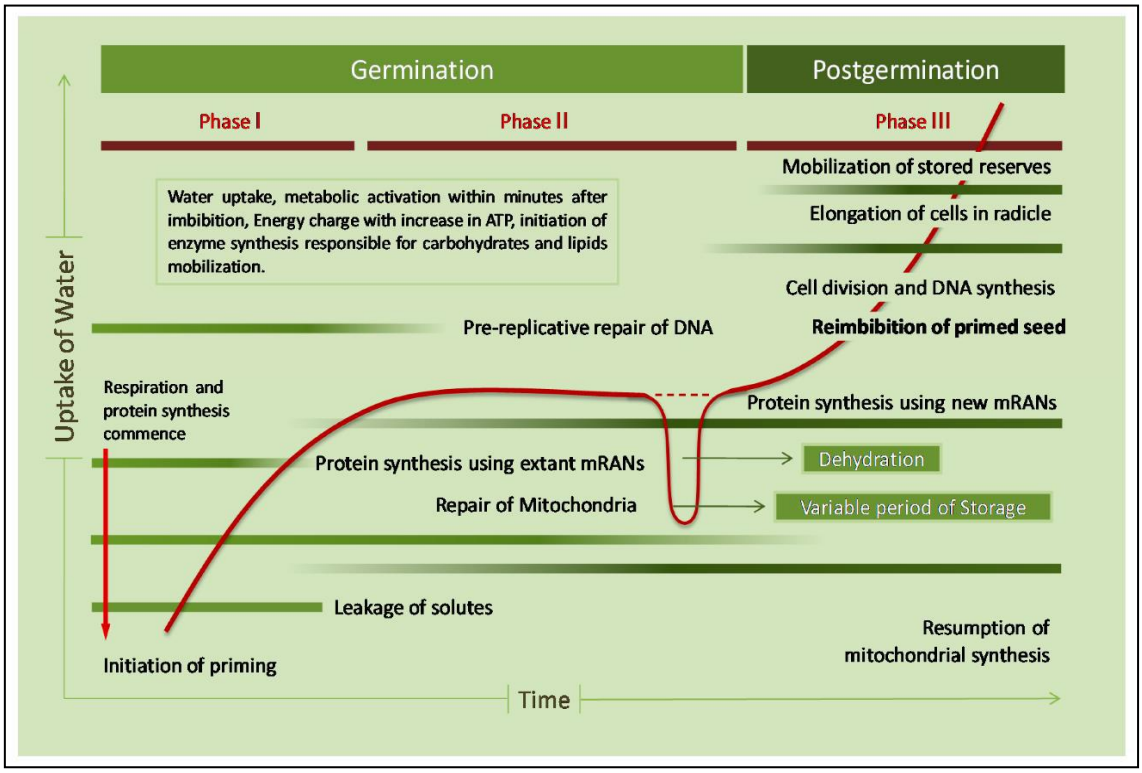


Figure n°06: Les phases successives lors d'un stress (Larcher, 1995, modifié).Schéma physiologique représentant l'implication du priming dans l'accélération des mécanismes métaboliques de la germination des graines (Bewley, 1997, modifiée par Mirmazloum et al., 2020).

III.3.2. Types de priming

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

III.3.2.1.Hydro priming 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 quela 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).**

III.3.2.1.1. Simple hydropriming

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

III.3.2.1.2. 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 les meilleurs résultats en améliorant très significativement les performances germinatives, la croissance ainsi que la tolérance aux stress (Boucelha et Djebbar, 2015; Boucelha, 2015). Boucelha et al. (2019) ont montré que ce double hydropriming induit un large spectre de modifications physiologiques et biochimiques au niveau embryonnaire.

III.3.2.2.L'osmopriming ou osmoconditionnement

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

L'amorçage des graines par l'osmopriming améliore les performances germinatives en conditions favorables et stressantes, en augmentant l'activité des enzymes impliquées dans la

dégradation des réserves et la mobilisation des substances organiques vers différentes parties de l'embryon (Nasri et al., 2011 ; Boucelha et al., 2019).

III.3.2.3. Hormopriming

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

III.3.2.4. 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.3.2.5Thermopriming

Thermo priming 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).**

III.3.2.5. Mécanismes de priming

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 anti oxydatifs, la stimulation de la synthèse des osmolytes et l'activation du cycle cellulaire fortement régulées et contrôlées par l'expression de nombreux gènes (Bray *et al.*, 1989).

Toutefois, ces phénomènes intervenant au cours de la prégermination restent encore mal connus. Des études récentes montrent cependant qu'il existe des marqueurs moléculaires qui permettraient de mettre en évidence la prégermination et d'en assurer le contrôle. Ces marqueurs se manifestent à plusieurs niveaux : au cours de la mobilisation des réserves, lors de l'altération physique des tissus entourant la pointe racinaire, ou au cours de la reprise de l'activité cellulaire. La disponibilité de marqueurs moléculaires permettrait de définir plus facilement les conditions optimales de la prégermination des semences et de suivre en continu le déroulement des procédés (Soeda *et al.*, 2005).

PARTIE EXPERIMENTALE

Chapitre 1 :

Matériel et méthode

Chapitre IV: Matériel et Méthode

IV.1. Objectif de l'étude

Cette étude concerne l'effet des différents méthodes de l'amorçage des graines (thermo priming et hormopriming par" peroxyde d'hydrogène" sur les performances germinatives et croissance précoce de deux légumineuses (petit pois 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 pendant la saison 2022. Le déroulement de l'essai est conditionné par des températures de 25°C. Il concerne l'effet de déférente concentration de" peroxyde d' hydrogène (priming) et thermopriming, ainsi que la durée de priming sur la performance germinative des deux populations .

IV.3. Matériel végétale

Les semence utilisée dans cette étude sont le petit pois (Pisum sativum) et le pois chiche(*Cicer arietinum)* d'origine et de comportement au déficit hydrique déférent.

IV.3.1. Petit pois *(Pisum sativum)*

Notre premier matériel végétal est constitué de la population (***Pisum sativum.L***) est originaire de Médéa. **(Figure n° 07).**



Figure n° 07: Aspect de semence de la population de ***Pisum sativum.L*** étudiée. **(Originale., 2022)**

IV.3.2. Pois chiche (*Cicer artinuim)*

Le deuxième 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°08)**



Figure n° 08: Aspect de semence de la population de Cicer artienuim étudiée **(Originale 2022)**

Les principaux caractères agro morphologiques des populations étudiées petit pois et pois chiche et leur localisation géographique sont présentés dans le Tableau **(Tableau 4) :**

Tableau 4: Caractéristiques agro morphologiques des populations de lentille, niébé etpois chiche étudiées et leur localisation géographique.

	Petit pois	Pois chiche
Population		**Kabuli**
Origine geographique	Médéa	**Médéa**
Longitude		**2° 44°**
Latitude		**36° 17°**
Altitude(m)		**1030**
Couleur de graine		**Beige**
Forme de graine		**Sphérique**
Texture de graine	Lisse	**Lisse**
Poids de 100 graines (g)	31grame	**32 grame**
Type du climat		**Climat sub Humide**
Date de récolte	**2021**	**2021**

IV.4.Méthode d'étude:

IV.4.1. Préparation des semences (amorçage) :

- Les graines sont désinfectées dans une solution l'hydrochlorate de sodium 5 % pendant 5 minutes. sont ensuite rincées à l'eau distillée trois fois pour éliminer les traces de chlore .
- Les graines ont ensuit été amorcées avec 0 (eau distillée) et quatre concentration de priming appliquées de peroxyde d' hydrogène H2O2 (2mM , 5mM, 10mM et 12 Mm) les graines d'écotype ont été imbibées pendant 4H, à température ambiante dans les solutions de priming .
- D'autre graines non traitées (non priming) sont stérilisées pour d'amorçage thermique (mette dans un congélateur à 4°C pendant 4H) , et des grains sont stérilisées pour servir de témoin .

Donc nous avons :

- Le témoin non priming (**NP).**
- Thermo priming mette dans un congélateur à 4°C pendant 4H **(TH).**
- (2mM) peroxyde d'**hydrogène** = pendant 4H**(H2O2).**

- (5mM) peroxyde d'**hydrogène** = pendant 4H **(H2O2).**
- (10mM) peroxyde d'**hydrogène** = pendant 4H **(H2O2).**
- (12Mm) peroxyde d'**hydrogène**=pendant 4H**(H2O2)**

- 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 de PEG pour l'application du stress:

Les essais de germination ont été réalisés sous différents niveaux de potentiel hydrique simulé à l'aide d'une solution de Polyéthylène glycol (PEG 6000). Le PEG constitue un agent relativement stable, inerte, non ionique mais bien soluble dans l'eau. Il est non toxique même à de fortes concentrations, à l'obscurité et à la température optimale de la germination (25°C).

Le PEG maintient un potentiel hydrique stable et uniforme durant toute la période expérimentale. En effet, les molécules de PEG 6000 constituent, un moyen plus efficace pour simuler une contrainte hydrique. Le choix de cet agent osmotique se justifie par ses avantages, soit un produit inerte, neutre, n'affectant pas le pH et ayant un poids moléculaire élevé. Il ne pénètre pas dans les graines et ne semble pas avoir des interférences, ni des effets secondaires (Berkat & Briske 1982).

La solution de PEG est préparée en faisant dissoudre la quantité de PEG 6000 « volume » dans l'eau distillée avec l'utilisation d'un agitateur. Les solutions à préparer de diffèrent niveau sont : (5%,10% ,15%) en plus d'eau distillée comme témoin **(Tableau 5)**.

Tableau 5 : Les différentes concentrations en PEG 6000**.**

Solutions	Concentrations du PEG 6000(g/l)
S1	0
S2	50
S3	100
S4	150



Figure n°09: Les différentes solutions préparées de PEG 6000.

(Originale., 2022) .

IV.5.Mise à germination :

IV.5.1.Protocole expérimentale au laboratoire (Application du traitement pré germinatif)

- ✓ Les graines choisies doivent être saines, elles ont été sélectionnées selon leur taille et leur forme .
- ✓ Les testes de germination sont réalisés en 3 répétitions de 10 graines par boîte de Pétri stériles de 9cm de diamètre et de 1,3 cm dépaisseur, contenant deux couches de papier (filtre Wattman humidifiées) .
- ✓ les boîtes Pétri sont déposées dans une étuve dotée d'un thermostat assurant une stabilité thermique convenable (25°C, la température optimale de germination).
- ✓ 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 osmotique de PEG6000(stress hydrique).

Le nombre de graines germées a été noté après 24 heure jusqu'à 7éme jour.



Figure n°10: La mise en germination de deux populations (**Originale., 2022)**

Le dispositif randomisation totale **(figure n°10),** avec deux populations le petit pois et le pois chiche, quatre traitements hydrique de PEG (T0, T1, T2, T3,), 3 répétitions, six niveaux de priming (Témoin : Non priming NP, PXH2, PXH5, PXH10 et PXH12, thermo- priming TH), soit un total de 144 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) .

Facteur 2: représente six niveaux de priming utilisés : Témoin (Non *priming*), PXH2, PXH5, PXH10 ,PXH12 ,Thermo priming (4°C).

Facteur 3 : représente deux populations (***Pisum sativum.L)*** (**(*Cicer aietinum*).**

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°06 : dispositif expérimentale

T1PXH10PCHR1	T0PXH10PPR1	T0NPPCHR1	T1PXH12PPR2	T3NPPPR3	T1THPPR2
T3PXH5PPR2	T0PXH5PCHR2	T0PXH2PPR2	T1NPPPR1	T0PXH12PPR2	T3PXH2PPR1
T0PXH12PCHR1	T3THPPR1	T1PXH12PCHR1	T3PXH2PCHR2	T1PXH2PCHR3	T0PXH2PCHR1
T3PXH10PCHR3	T3PXH12PCHR3	T1PXH2PPR1	T0THPCHR1	T3THPPR2	T2THPPR1
T0PXH2PPR3	T1THPCHR2	T3PXH12PCHR2	T2NPPPR3	T1NPPCHR2	T3NPPPR2
T1NPPPR3	T2PXH12PCHR2	T1PXH2PPR3	T0PXH5PPR3	T2PXH12PCHR3	T0NPPPR3
T3NPPCHR3	T1THPPR3	T0PXH10PCHR2	T3THPCHR2	T1NPPCHR1	T0PXH2PCHR2
T1PXH10PCHR2	T2PXH2PCHR1	T2PXH2PPR2	T0PXH10PPR2	T0PXH5PCHR3	T2THPPR3
P0PXH12PCHR2	T1THPPR1	T1NPPCHR3	T3THPPR3	T1THPCHR3	T1NPPPR1
T2PXH5PCHR1	T3PXH2PCHR1	T2THPCHR1	T3THPCHR1	T1PXH12PPR1	T3PXH10PPR2
T1PXH12PCHR3	T3PXH10PPR1	T0NPPPR1	T2PXH5PCHR3	T0NPPPR2	T0PXH2PCHR3
T1THPCHR1	T0THPPR1	T3PXH2PPR3	T1PXH12PPR2	T1PXH10PPR3	T0THPCHR2
T1PXH10PCHR3	T1PXH2PCHR2	T3PXH5PCHR1	T0PXH5PPR1	T2THPCHR2	T1NPPPR2
T2PXH5PPR2	T0PXH12PCHR3	T2NPPCHR1	T0PXH12PPR1	T2PXH12PPR3	T2PXH2PCHR2
T2PXH10PPR2	T1PXH2PCHR1	T0THPCHR3	T2PXH12PPR1	T0THPPR2	T2THPCHR3
T1PXH5PPR3	T3PXH10PCHR2	T1PXH12PCHR2	T1PXH5PPR1	T0PXH10PCHR3	T2PXH2PCHR3
T1PXH10PPR2	T2NPPPR1	T0NPPCHR2	T3PXH12PPR1	T3PXH12PCHR1	T2NPPPR2
T3PXH5PPR2	T0PXH5PCHR1	T0PXH10PPR3	T2THPPR2	T2PXH2PPR1	T0PXH5PPR2
T2PXH10PCHR3	T0THPPR3	T1PXH5PCHR1	T2PXH5PPR1	T2NPPCHR3	T0NPPCHR3
T2PXH10PCHR1	T3PXH2PPR2	T3PXH2PPR2	T0PXH12PPR3	T2PXH10PPR1	T2PXH5PCHR2
T1PXH5PCHR2	T3PXH10PCHR1	T3PXH5PCHR3	T3NPPPR1	T3PXH10PPR3	T2PXH5PPR3
T2PXH2PPR3	T2PXH12PCHR1	T0PXH10PCHR1	T3PXH5PPR1	T1PXH12PPR3	T3PXH5PCHR2
T2PXH10PCHR2	T2PXH10PPR3	T3THPCHR3	T2NPPCHR2	T3NPPCHR2	T3NPPCHR1
T1PXH5PCHR3	T0PXH2PPR1	T1PXH10PPR1	T3PXH5PPR3	T3PXH2PCHR3	T1PXH5PPR2

IV.5.2. Détermination des paramètres de germination:

Les différents paramètres mesurés sont :

IV.4.5.2.1. Cinétique de germination

La cinétique de germination représente le plus souvent l'évolution des pourcentages de germination cumulés en fonction de temps. Cette cinétique est établie à partir des taux cumulés des graines germées, c'est-à-dire, la variation des taux de germination en fonction du temps exprimé en jour.

- **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 morphologiques :**

➢ La longueur de la radicule et celle de l'epicotyle et l'hypocotyle ont été mesurées à l'aide d'un papier millimétré **(Figure n°11)**.

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

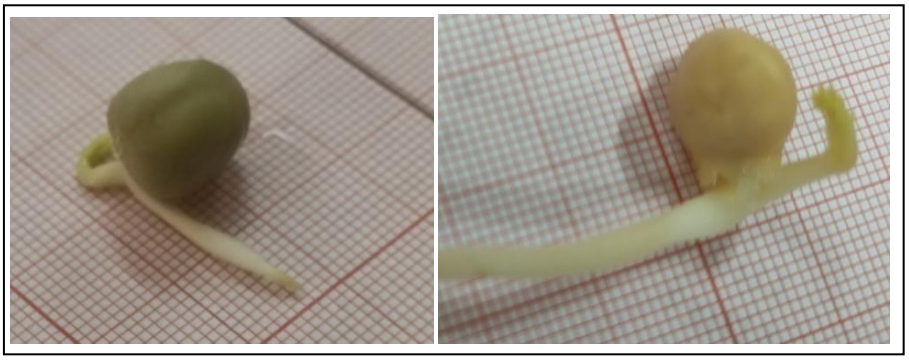


Figure n°11: Mesure de radicule et celle de l'epicotyle et l'hypocotyle **(Originale., 2022).**

- 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 à70°C pendant 72H.

- **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

IV.4.5.2.2. Analyse statistique :

Les données obtenues sont soumises à une analyse de la variance à trois facteurs (facteur traitement stress hydrique et facteur priming et facteur population) les moyennes sont comparées selon la méthode de Newman et Keuls **,** basée sur la plus petite valeur 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 *Pisum sativum* L. (1978), *Cicer arietiunum* L (1981) 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(tableau 07, et 08), le pourcentage final de germination (tableau09) et la vitesse de germination (figure12).

V.1.1 Évolution du pourcentage de germination

La réponse des deux 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 tableaux07 et 08). 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 (tableau09). 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 07: Effet des différentes méthodes de priming (Témoin ,NP: non priming, TH :Thermopriming,PXH2, PXH5, PXH10, PXH12) sur le pourcentage de germination de (Petit pois) durant 7 jours soumises à différentes concentrations de PEG T0(eau distillé) T1 (5%), T2 (10%),T3 (15%).

Evolution journalière de pourcentage% de germination de petit pois									
population	**traitement**	**priming**	**J1**	**J2**	**J3**	**J 4**	**J 5**	**J 6**	**J 7**
Petit Pois	**T0**	**NP**	**0**	**23,33**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**
		TH	**0**	**0**	**83,33**	**100**	**100**	**100**	**100**
		PXH2	**0**	**0**	**63,33**	**93,33**	**100**	**100**	**100**
		PXH5	**0**	**0**	**60**	**93,33**	**100**	**100**	**100**
		PXH10	**0**	**0**	**70**	**96,66**	**96,66**	**96,66**	**96,66**
		PXH12	**0**	**0**	**60**	**100**	**100**	**100**	**100**
		moyenne	**0**	**3,88**	**72,77**	**84,25**	**99.44**	**99,44**	**99,44**
	T1	**NP**	**0**	**0**	**30**	**100**	**100**	**100**	**100**
		TH	**0**	**3,33**	**10**	**90**	**100**	**100**	**100**
		PXH2	**0**	**0**	**6,66**	**90**	**100**	**100**	**100**
		PXH5	**0**	**0**	**20**	**86,66**	**100**	**100**	**100**
		PXH10	**0**	**0**	**23,33**	**96,66**	**100**	**100**	**100**
		PXH12	**0**	**0**	**20**	**90**	**100**	**100**	**100**
		moyenne	**0**	**0,55**	**18,33**	**92,22**	**100**	**100**	**100**
	T2	**Np**	**0**	**0**	**0**	**76,66**	**93,33**	**96,66**	**96,66**
		TH	**0**	**0**	**0**	**66,66**	**70**	**93,33**	**93,33**
		PXH2	**0**	**0**	**0**	**60**	**90**	**93,33**	**93,33**
		PXH5	**0**	**0**	**13,33**	**53,33**	**73,33**	**83,33**	**93,33**
		PXH10	**0**	**0**	**0**	**50**	**90**	**100**	**100**
		PXH12	**0**	**0**	**0**	**43,33**	**60**	**83,66**	**86,66**
		moyenne	**0**	**0**	**2,22**	**58,33**	**79,44**	**92,22**	**94,88**
	T3	**NP**	**0**	**0**	**0**	**6,66**	**23,33**	**26,66**	**26,66**
		TH	**0**	**0**	**0**	**10**	**20**	**30**	**30**
		PXH2	**0**	**0**	**0**	**0**	**6,66**	**13,33**	**13,33**
		PXH5	**0**	**0**	**0**	**0**	**6,66**	**6,66**	**10**
		PXH10	**0**	**0**	**0**	**6,66**	**13,33**	**13,33**	**13**
		PXH12	**0**	**0**	**0**	**10**	**16,66**	**26,66**	**30**
		moyenne	**0**	**0**	**0**	**5,55**	**14,44**	**19,44**	**20,55**

Chaque valeur représente la moyenne de trios répétitions. Les différents lettre majuscules et minuscules sur la même colonne sont différentes signification ($P<0,05$). Les valeurs de F sont Présentées.

Tableau 08: Effet des différentes méthodes de priming (Témoin ,NP: non priming, TH :Thermopriming,PXH2, PXH5, PXH10, PXH12) 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%) .

Evolution journaliere de pourcentage% de germination de Pois chiche									
population	**traitement**	**priming**	**J1**	**J2**	**J3**	**J 4**	**J 5**	**J 6**	**J 7**
Pois chiche	**T0**	**NP**	**0**	**3,33**	**20**	**23,33**	**23,33**	**23,33**	**23,33**
		TH	**0**	**10**	**16,66**	**16,66**	**26,66**	**26,66**	**26,66**
		PXH2	**0**	**50**	**76,66**	**86,66**	**90**	**90**	**90**
		PXH5	**0**	**70**	**73,33**	**73,33**	**80**	**80**	**80**
		PXH10	**0**	**73,33**	**76,66**	**76,66**	**80**	**80**	**80**
		PXH12	**0**	**56,66**	**66,66**	**73,33**	**73,33**	**73,33**	**80**
		moyenne	**0**	**43,88**	**54,99**	**58,32**	**62,22**	**62,22**	**63,33**
	T1	**NP**	**0**	**70**	**70**	**83,33**	**96,66**	**96,66**	**96,66**
		TH	**0**	**30**	**33,33**	**76,66**	**80**	**80**	**86,66**
		PXH2	**0**	**46,66**	**53,33**	**96,66**	**100**	**100**	**100**
		PXH5	**0**	**30**	**83,33**	**90**	**93,33**	**93,33**	**93,33**
		PXH10	**0**	**53,33**	**76,66**	**90**	**100**	**100**	**100**
		PXH12	**0**	**23,33**	**76,66**	**83,33**	**86,66**	**90**	**90**
		moyenne	**0**	**42,22**	**65,55**	**59,66**	**92,77**	**93,33**	**94,44**
	T2	**Np**	**0**	**0**	**30**	**76,66**	**80**	**80**	**80**
		TH	**0**	**0**	**3,33**	**60**	**96,66**	**100**	**100**
		PXH2	**0**	**6,66**	**20**	**63,33**	**90**	**90**	**90**
		PXH5	**0**	**10**	**56,66**	**90**	**96,66**	**96,66**	**96,66**
		PXH10	**0**	**46,66**	**60**	**93,33**	**100**	**100**	**100**
		PXH12	**0**	**3,33**	**46,66**	**66,66**	**93,33**	**96,66**	**96,66**
		moyenne	**0**	**11,10**	**36,10**	**74,99**	**92,77**	**93,88**	**93,88**
	T3	**NP**	**0**	**0**	**3,33**	**23,33**	**50**	**56,66**	**60**
		TH	**0**	**0**	**3,33**	**36,66**	**56,66**	**60**	**63,33**
		PXH2	**0**	**0**	**0**	**26,66**	**50**	**56,66**	**60**
		PXH5	**0**	**0**	**13,33**	**43,33**	**76,66**	**76,66**	**80**
		PXH10	**0**	**0**	**13,33**	**40**	**46,66**	**46,66**	**46,66**
		PXH12	**0**	**0**	**10**	**40**	**66,66**	**70**	**70**
		moyenne	**0**	**0**	**7,22**	**43,99**	**57,77**	**61,11**	**63,33**

Chaque valeur représente la moyenne de trios répétitions. Les différents lettre majuscules et minuscules sur la même colonne sont différentes signification ($P<0,05$). Les valeurs de F son Présentées.

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), (tableau07 et 08), il n'existe pas une

différence notable dans l'évolution du pourcentage de germination des graines de pois chiche celle du témoin (T0). Cependant le petit pois 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 le petit pois 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 (tableau07 et 08). En effet, la germination des graines de pois chiche 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 7ème jour, ou elle atteint des pourcentages de 66.66% contre 44.66% (témoin non priming) (tableau08).

En général, les meilleurs pourcentages de germination durant les 7 jours sont observéschez les graines traitées par le thermopriming pour toutes les populations et par peroxyde d'hydrogène (PXH10mM) pour le pois chiche (tableau 08). l'hormopriming PXH12mM et PXH10mM améliore la germination de petit pois (tableau 07).

Dans les conditions de stress sévère (T3 : 15%) la germination des populations (pois chiche) est retardée et réduite significativement (tableau08). Chez la population de petit pois, la germination des graines est accélérée rapidement à partir de 3ème jour dans le priming PXH 5Mm, 10 Mm et 12mM a un pourcentage de 100% le 7ème 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 le priming par peroxyde d'hydrogène 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 09 et lafigure 13. L'analyse statistique (tableau10) indique des effets très hautement significatifs du stress hydrique et population, hautement significatif du facteur amorçage.

À la lecture du tableau 09, le stress hydrique réduit le pourcentage final de germination des deux populations. Le pois chiche 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 le pois chiche avec des pourcentages de germination élevée (86,66 et

93,33% contre 66,66% et 70%) pour le témoin non amorcés.

L'amorçage améliore significativement le pourcentage final de germination en T2, avec une amélioration significative par le thermopriming, PXH5 mM et PXH10mM avec des pourcentages de germination de l'ordre de 30%, et 70% respectivement contre 23% pour le témoin non amorcé.

Tableau 09 : Effet des différentes méthodes de priming (Témoin ,NP: non priming, TH :Thermopriming,PXH2, PXH5, PXH10, PXH12) 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%) .

		Pourcentage final de germination(PFG)			
		T0	T1	T2	T3
PP	**NP**	100±0,00	100±0,0	96,66±5,77	26,66±46,18
	TH	100±0,00	100±0,0	93,33±11,54	30±0,00
	PXH2	100±0,00	100±0,0	93,33±11,54	13,33±15,27
	PXH5	100±0,00	100±0,0	93,33±11,54	10±10
	PXH10	96,66±5,77	100±0,0	100±0,00	13,33±23,09
	PXH12	100±0,00	100±0,0	86,66±15,27	30±30
	Moyenne total	99,44±2,35	100V0,0	93,88±9,78	20,55±23,12
PCH	**NP**	23,33±11,54	96,66±5,77	80±20	60,00±20
	TH	26,66±11,54	86,66±5,77	100±0,00	63,33±23,09
	PXH2	90±10	100±0,00	90±10	60±17,32
	PXH5	80±20	93,33±11,54	96,66±5,77	80V17.32
	PXH10	80±10	100±0,00	100V0,00	46,66±35,11
	PXH12	80±17,32	90±10	96,66±5,77	70,00±26,45
	Moyenne Total	63,33±30,48	94,44±7,83	93,83±10,92	63,33±22,75

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

Tableau 10 : ANOVA à trois facteurs de l'effet traitement, génotypes et priming et leurs interactions pour le pourcentage finale de la germination..

Tests des effets inter-sujets

Variable dépendante: pourcentage final de germination .

Source de variation	ddl	Moyenne des carrés	f	p.
Stress hydrique	3	23183,333	110,178	,000***
Population	1	2,778	,013	,909
Priming	5	336,111	1,597	,168
Stress hydrique *population	3	9493,519	45,118	,000
Stress hydrique*priming	15	483,889	2,300	,008
Population*priming	5	761,111	3,617	,005
Stress hydrique*population Priming	15	369,630	1,757	,053
Erreur	96	210,417		
Total	144			

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

La vitesse de germination des deux populations sous stress hydrique et l'amorçage est représentée par la figure12.

En conditions favorables (T0), l'hormonopriming PXH10 améliore la vitesse de germination de pois chiche (27.4) et petit pois (48) le thermopriming aussi accélère la vitesse de germination pour le petit pois (49.44).

L'analyse de la variance a montré un effet très hautement significatifs du facteur population, traitement PEG, et le priming, ainsi que l'interraction entre les facteurs (tableau10).

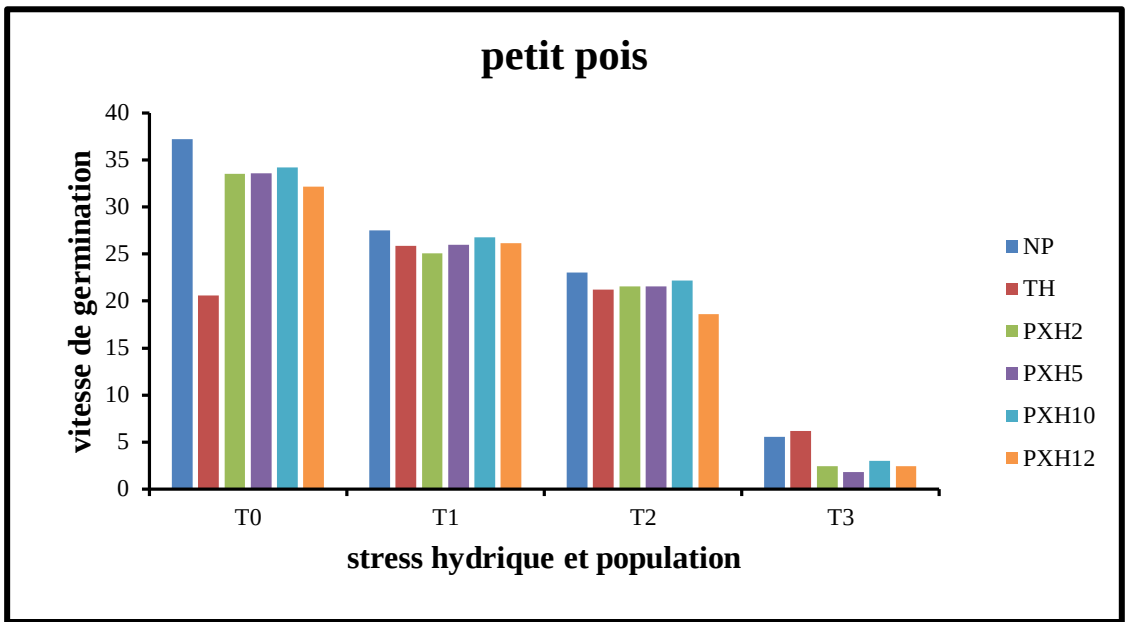
Tableau 11 : ANOVA à trois facteurs de l'effet traitement, génotypes et priming et leurs interactions pour la vitesse de germination.

Tests des effets inter-sujets

Variable dépendante : vitesse de germination 7j

Source de variation	ddl	Moyenne des carrés	F	P
Stress hydrique	3	3457,860	155,816	,000***
Population	1	1086,906	48,978	,000***
Priming	5	113,838	5,130	,000***
Stress hydrique *population	3	398,579	17,961	,000***
Stress hydrique*priming	15	73,037	3,291	,000***
Population*priming	5	235,668	10,620	,000***
Stress hydrique*population Priming	15	101,092	4,555	,000***
Erreur	96	22,192		
Total	144			

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



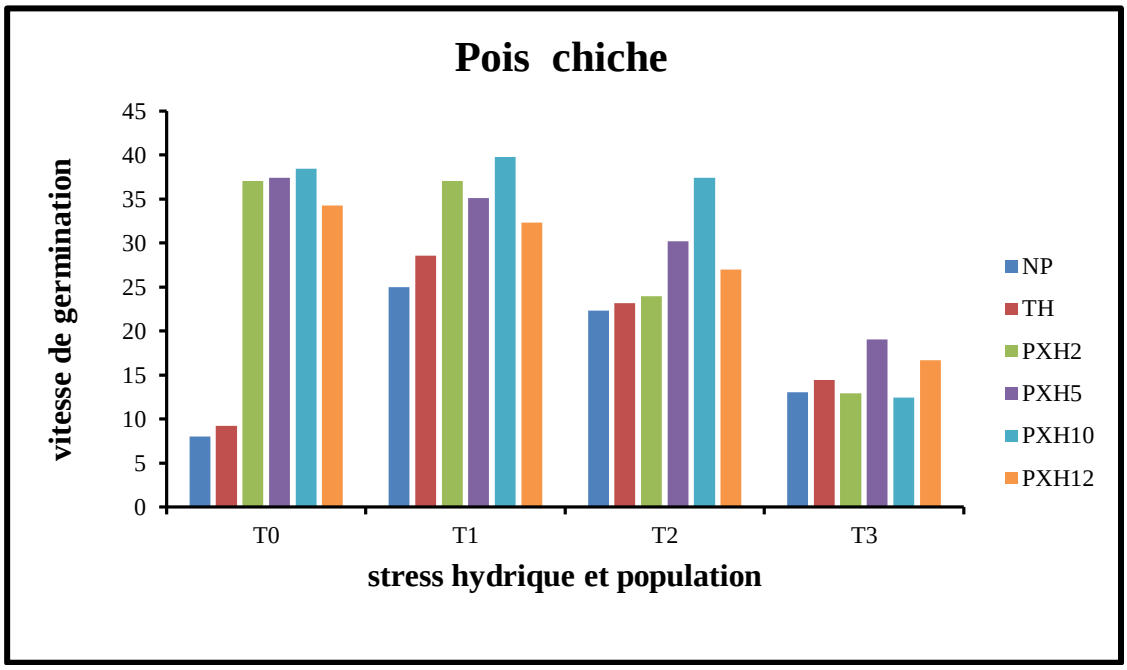


Figure n° 12 : Variation de la vitesse de germination de deux populations de petit pois et pois chiche conduites sous différentes concentrations de PEG (T0 : eau distillé, T1 :5%,T2 :10%, T3 :15%) et différentes situation d'amorçage (Témoin :non priming , T0 :NP TH :Thermopriming , peroxyde l' hydrogène PXH2, PXH5, PXH10, PXH12) durant 7 jours.

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

La croissance de les deux populations de petit pois et pois chiche 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% et 15%) en boite de Pétri, ainsi que le poids frais, le

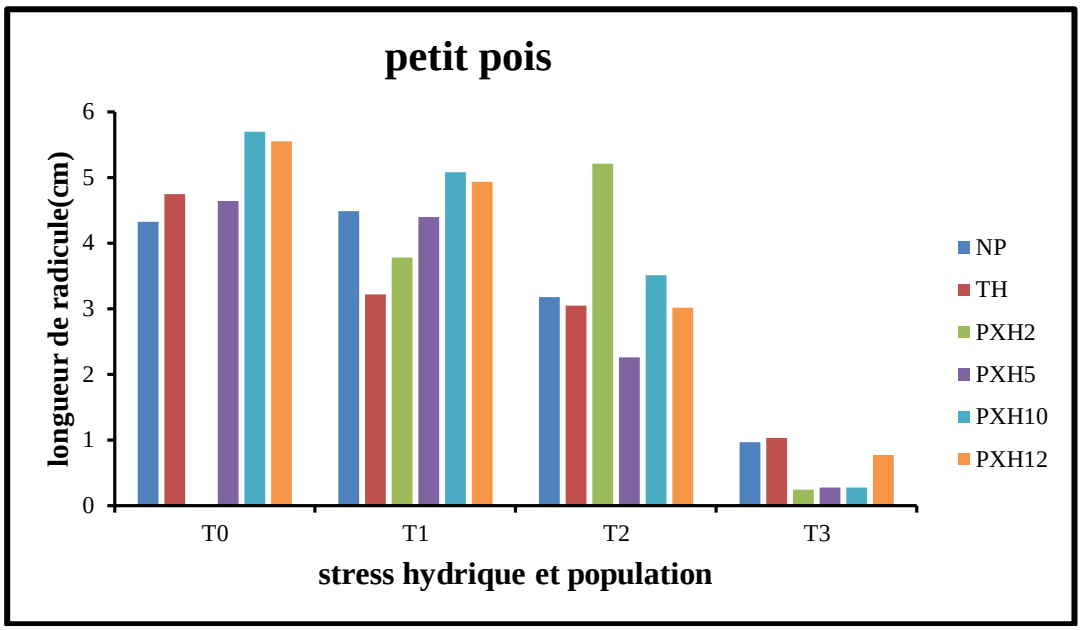
poids sec des plantules et l'indice de vigueur des plantules le 7ème jour de germination .

En général, l'augmentation de stress hydrique a induit une réduction très 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 (Tableau11).

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 .



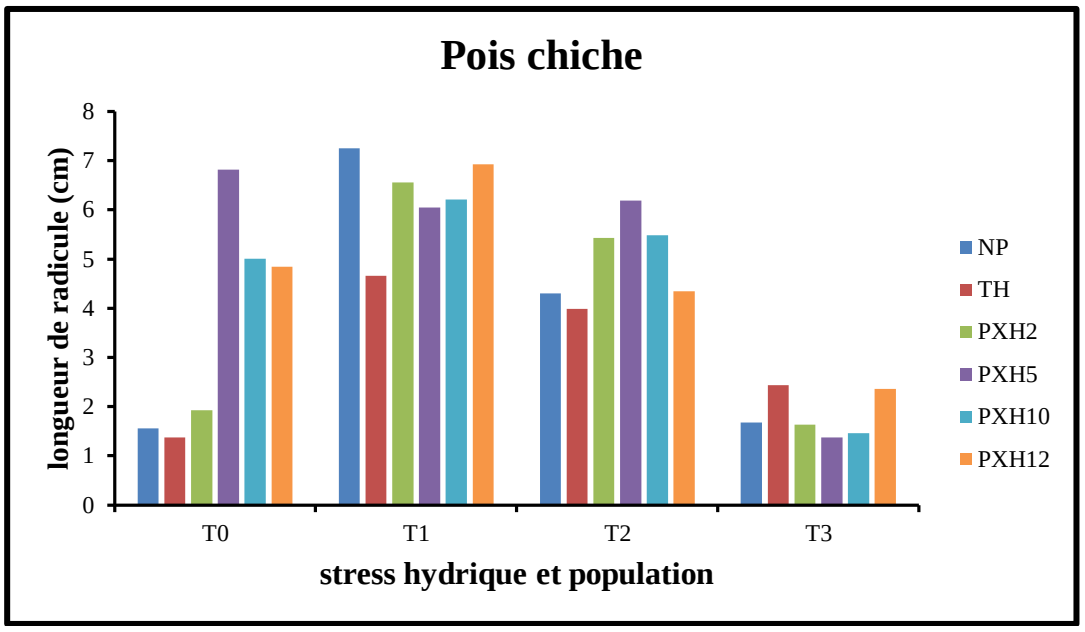


Figure n° 13 : Variation de longueur de radicules (cm) de deux populations de petit pois et pois chiche conduites sous différentes concentrations de PEG (T0 : eau distillé, T1 :5%,T2 :10%, T3 :15%) et différentes situation d'amorçage (Témoin :non priming , T0 :NP TH :Thermopriming , peroxyde d' hydrogène PXH2, PXH5, PXH10, PXH12) durant 7 jours.

En conditions favorables (figure13), l'amélioration de la longueur des radicules est notée avec peroxyde d' hydrogène PXH10mM et le thermopriming pour les trois populations.

Sous stress modérée (T1), l'amélioration est enregistrée avec le thermopriming et PXH10 Mm pour la population de petit pois , et le thermopriming et PXH5mM pour le pois chiche .

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

Au stress sévère (T3) généralement l'amélioration est enregistrée par le thermopriming et PXH12mM pour le petit pois et PXH5mM pour le pois chiche.

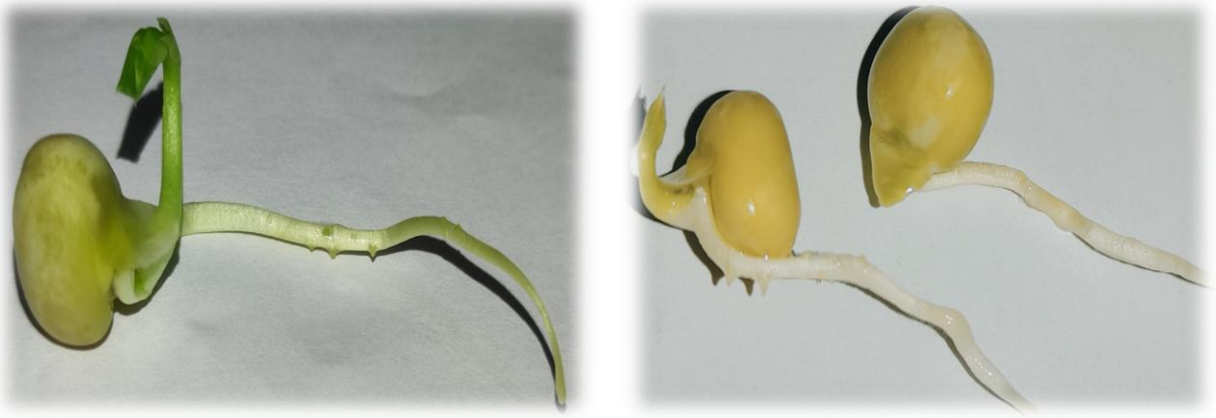


Figure n° 14: effet de stress hydrique sur la croissance des deux population de petit pois et pois chiche **(Originale., 2022)**

Tableau 12 : 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	**3**	**112,812**	**81,504**	**,000*** **
population	**2**	**16,328**	**11,797**	**,000*** **
priming	**5**	**4,207**	**3,039**	**,014*** **
Stress hydrique *population	**3**	**16,522**	**11,937**	**,000** **
Stress hydrique*priming	**15**	**3,758**	**2,715**	**,002** **
Population*priming	**5**	**3,090**	**2,233**	**,057** **
Stress hydrique*population*priming	**15**	**1,966**	**1,420**	**,154*** **
Erreur	**95**	**1,384**		
Total	**144**			

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 12).

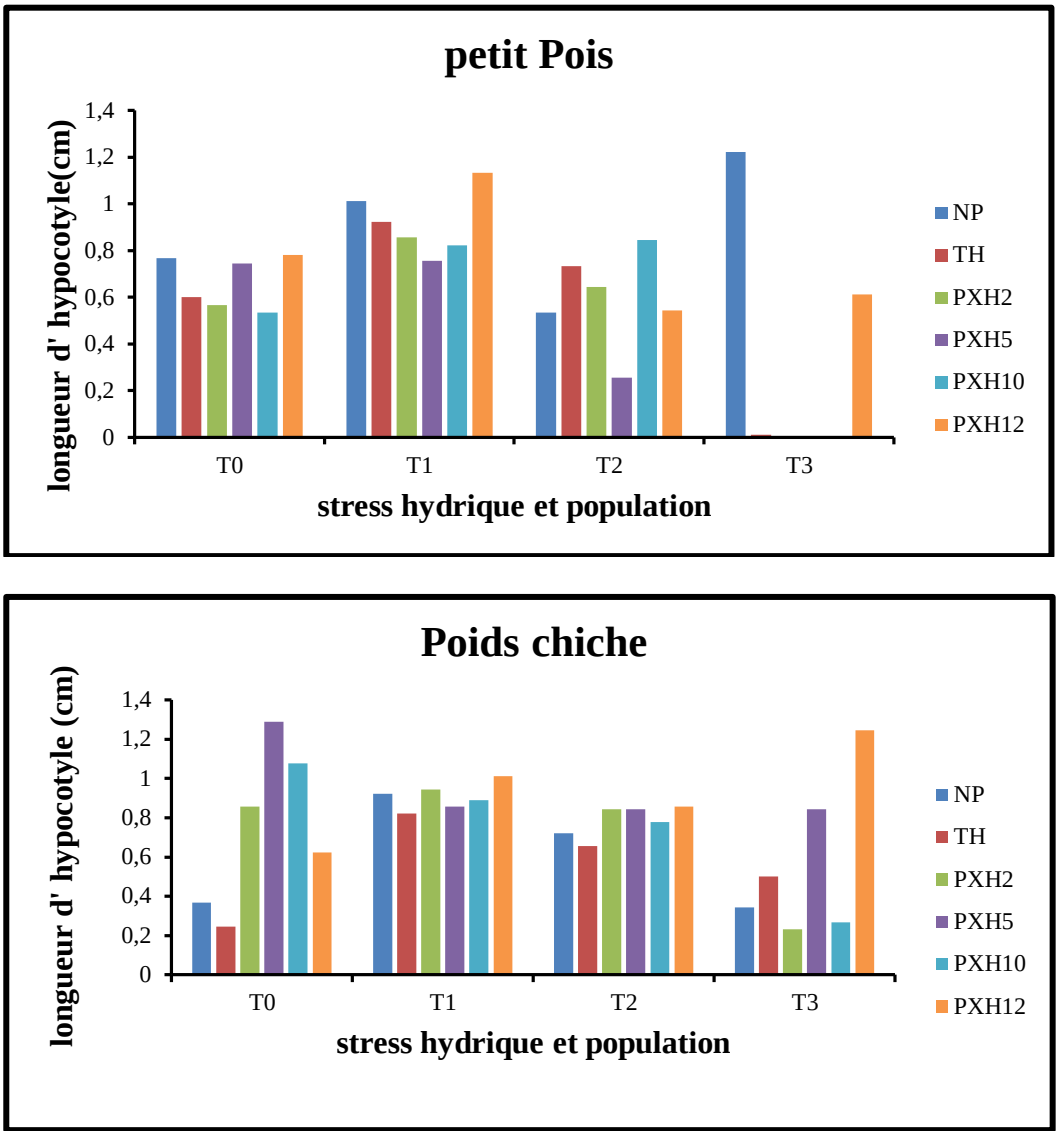


Figure n°15 : Variation de Longueur des hypocotyle (cm) la vitesse de germination de populations de petit pois et pois chiche conduites sous différentes concentrations de PEG (T0 : eau distillé, T1 :5%,T2 :10%, T3 :15%) et différentes situation d'amorçage (Témoin :non priming , T0 :NP TH :Thermopriming , peroxyde l ' hydrogène PXH2, PXH5, PXH10, PXH12) durant 7jours .

En conditions favorables, le priming améliore significativement la longueur des hypocotyles; le maximum est obtenu avec le PXH 12mM (9cm) par rapport au témoin (6.95cm) chez le petit pois (figure15).

Concernant le pois chiche , le thermopriming améliorée la longueur des hypocotyles, avec unmaximum observé avec le T1 (0.61cm).

Le petit pois a enregistré un millieur résultats dans l'hormonopriming PXH5mM ,PXH

10Mm etPXH12mM (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 PXH10mM chez la population de petit pois. L'effet de l'amorçage en PXH12 est plus marqué chez la population pois chiche .

Tableau 13: 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	**3**	**1,993**	**31,818**	**,000*** **
Population	**1**	**1,284**	**20,511**	**,000*** **
Priming	**5**	**,330**	**5,268**	**,000*** **
Stress hydrique*population	**3**	**,331**	**5,291**	**,002*** **
Stress hydrique*priming	**15**	**,200**	**3,191**	**,000*** **
population*priming	**5**	**,235**	**3,747**	**,004*** **
Stress hydrique* population*priming	**15**	**,079**	**1,265**	**,239ns**
Erreur	**96**	**,063**		
Total	**144**			
	143			

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 .

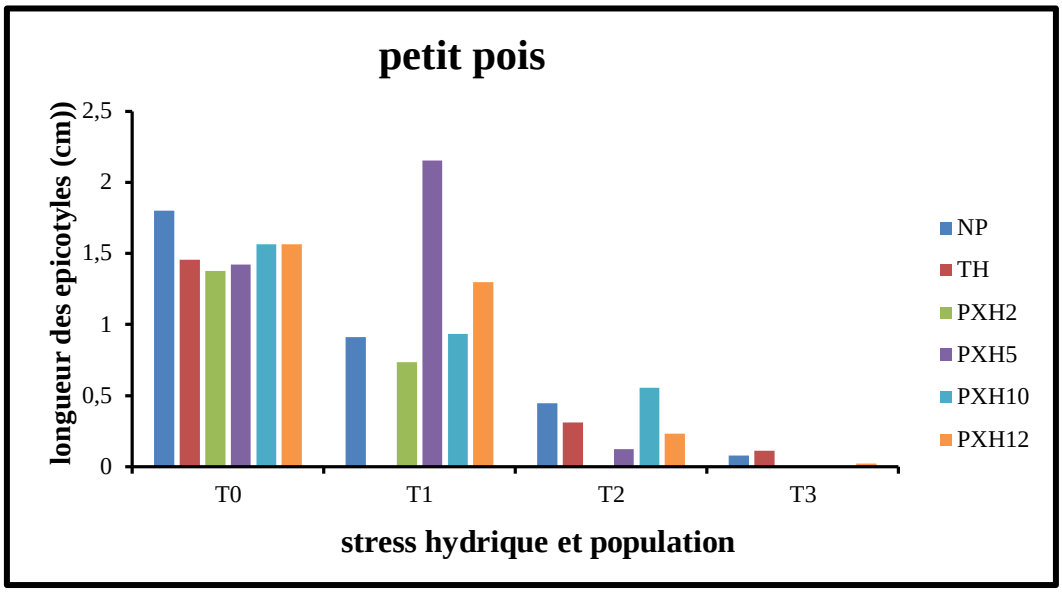
V.3.3. Longueur des épicotyles

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 13).

Sous stress modéré (T1 5% de PEG), le priming améliore significativement l'allongement des épicotyles. Pour le petit pois (5.62cm), 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 4.45cm (figure 17). En conditions de stress hydrique T2 10% de PEG), les hormonopriming PXH5.PXH10,PXH12 ont

améliorée l'allongement des épicotyeles.



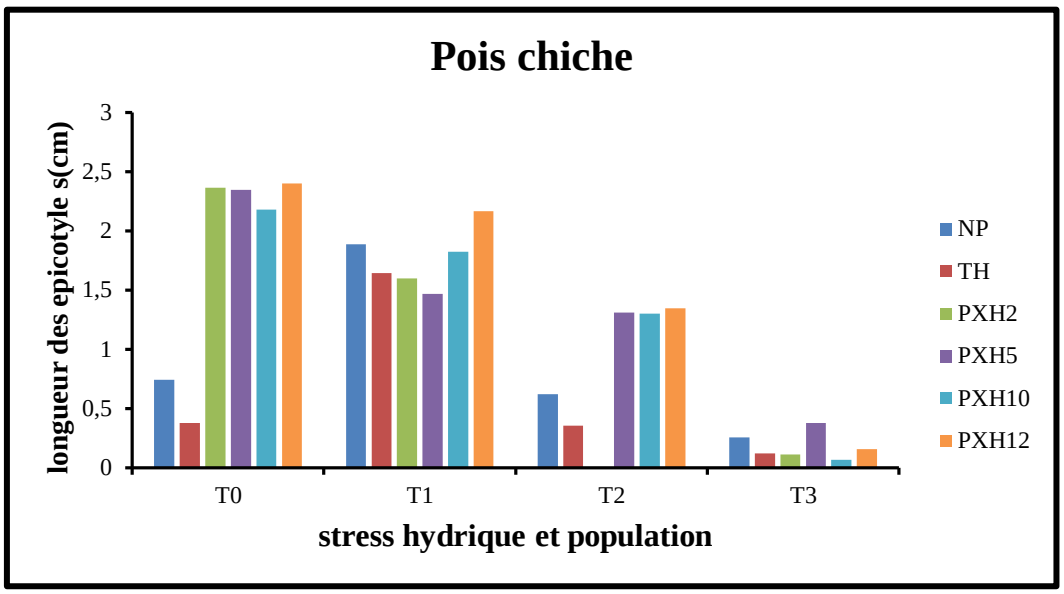


Figure n°16 : Variation de Longueur des epicotyle (cm) de deux populations de petit pois et pois chiche conduites sous différentes concentrations de PEG (T0 : eau distillé, T1 :5%,T2 :10%, T3 :15%) et différentes situation d'amorçage (Témoin :non priming , T0 :NP TH :Thermopriming , peroxyde l ' hydrogène PXH2, PXH5, PXH10, PXH12) durant 7jours .

Tableau 14: ANOVA à trois facteurs de l'effet traitement, génotypeset priming et leursinteractions pour la longueur des épicotyles .

Variable dépendante: LONGUER D'épicotyle :

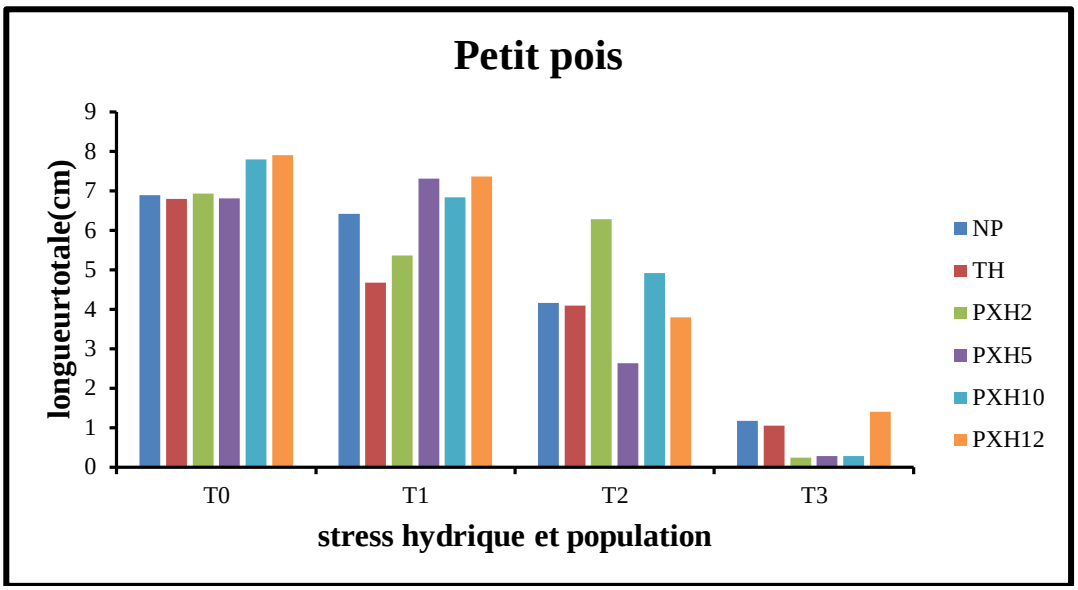
Source de variation	ddl	Moyenne des carrés	F	P
Stress hydrique	**3**	**18,182**	**84,142**	**,000*** **
Population	**1**	**5,921**	**27,402**	**,000*** **
Priming	**5**	**1,078**	**4,989**	**,000*** **
Stress hydrique*population	**3**	**,606**	**2,804**	**,044** **
Stress hydrique*priming	**15**	**,287**	**1,327**	**,202ns**
population*priming	**5**	**,485**	**2,243**	**,056ns**
Stress hydrique* population*priming	**15**	**,687**	**3,180**	**,000*** **
Erreur	**96**	**,216**		
Total	**144**			

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. Longueur totale

Les résultats de la longueur totale sont présentés dans la figure17. L'analyse de la variance montre que la longueur totale des plantules est très hautement significativement affectée par le stress hydrique , le priming et le génotype (tableau14).

Tous traitements confondus, la longueur totale des deux populations est améliorée très hautement significativement par le priming, la valeur maximale est notée chez le thermopriming suivi du priming par PXH10, et enfin le priming PXH12 mM et PXH5mM pour le petit pois , tous les priming améliorent significativement la longueur totale, la meilleure valeur est notée chez les plantules issues de semences traitées par (T1 10% de PEG), suivi par le (T2 5% de PEG).



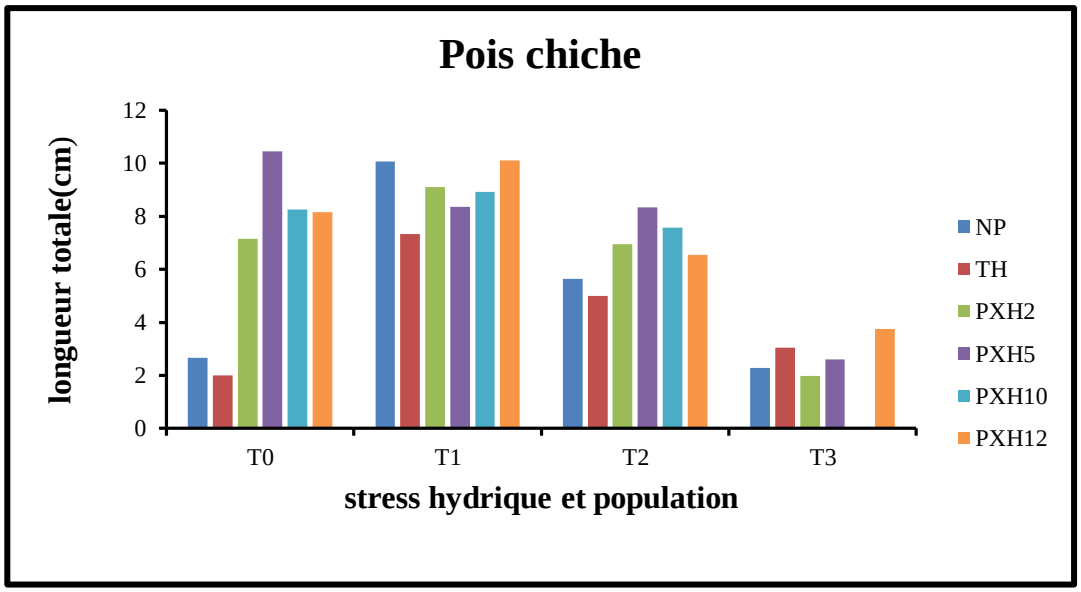


Figure n°17 : Variation de longueur totale (cm) de deux populations de petit pois et pois chiche conduites sous différentes concentrations de PEG (T0 : eau distillé, T :5%,T2 :10%, T3 :15%) et différentes situation d'amorçage (Témoin :non priming , T0 :NP TH :Thermopriming , peroxyde l ' hydrogène PXH2, PXH5, PXH10, PXH12) durant 7 jours .

En conditions favorables, la figure 09 montre que, pour le petit pois , les priming PXH10 et thermopriming améliorent significativement la longueur totale, le maximum est obtenue avec le TH (12.73cm). Quant au pois chiche, l'hormonopriming PXH5 et le thermopriming augmentent la longueur totale ; le maximum est observé avec le TH (15.5cm contre 12.48 pour le témoin).

Tableau 15 : ANOVA à trois facteurs de l'effet traitement, génotype et priming et leurs interactions pour la longueur totale des plantules.

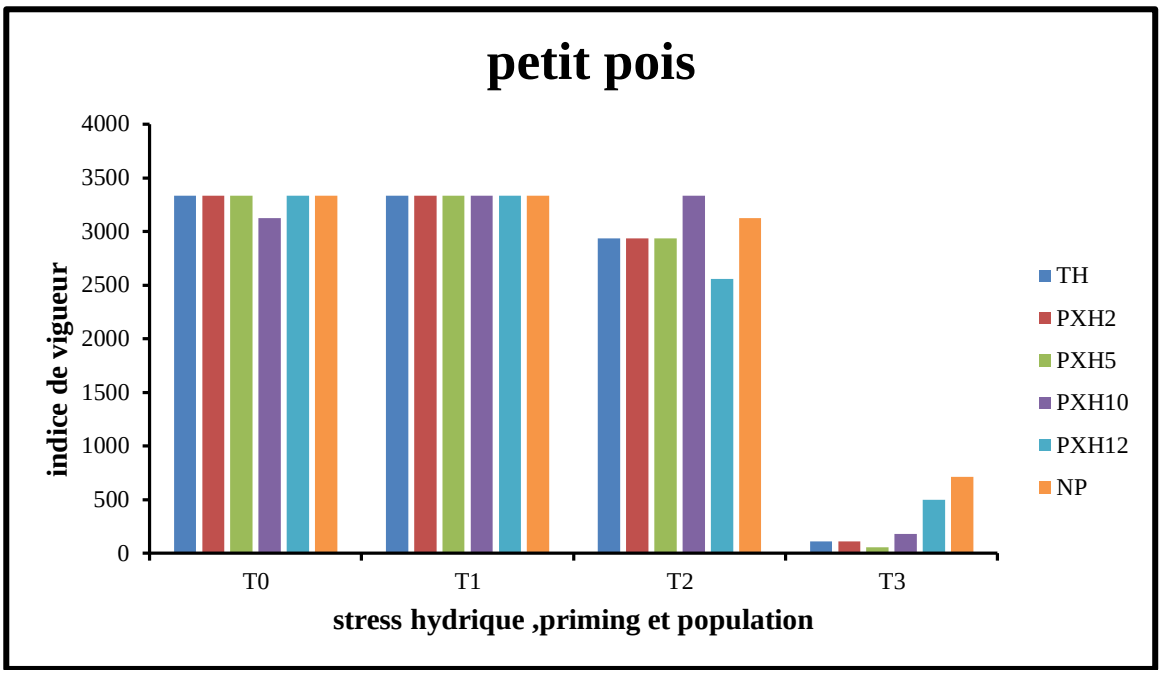
Source de variation	ddl	Moyenne des carrés	F	P
Stress hydrique	**3**	**253,476**	**113,748**	**,000*** **
Population	**1**	**84,181**	**37,776**	**,000*** **
Priming	**5**	**11,808**	**5,299**	**,000*** **
Stress hydrique*population	**3**	**21,634**	**9,708**	**,000*** **
Stress hydrique*priming	**15**	**6,351**	**2,850**	**,001** **
population*priming	**5**	**7,007**	**3,144**	**,011** **
Stress hydrique* population*priming	**15**	**5,125**	**2,300**	**,008** **
Erreur	**96**	**2,228**		
Total	**144**			

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 figure18 et du tableau 15 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 peroxyde d'hydrogène PXH10mM (figure18).



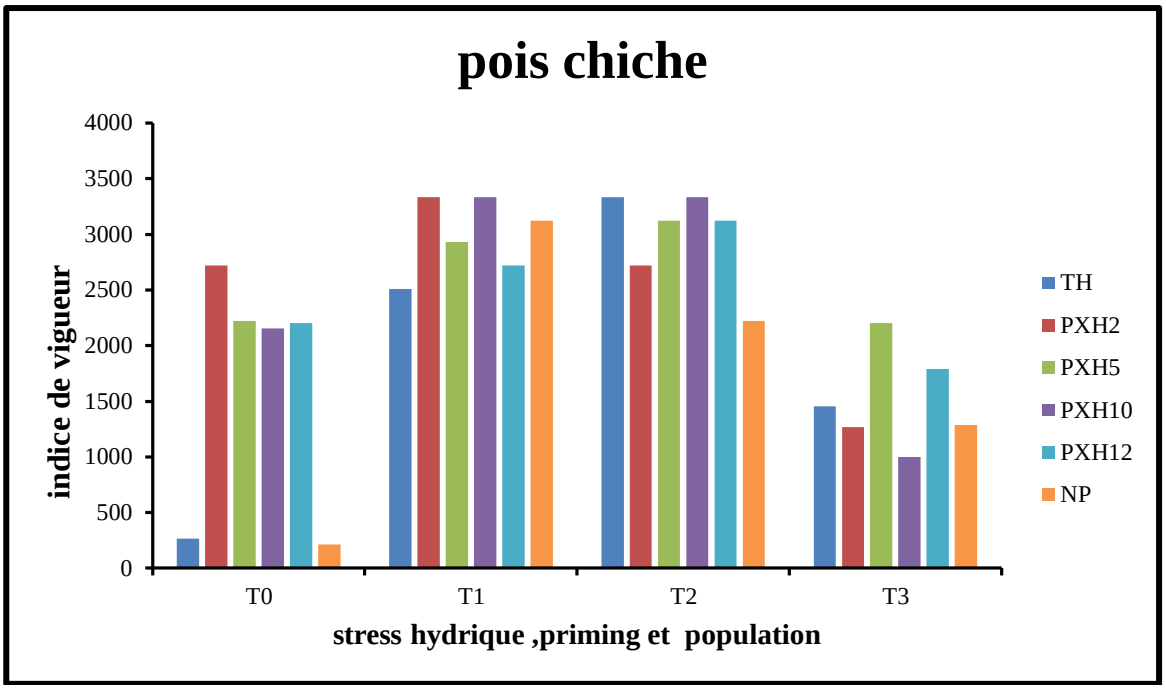


Figure n°18 :l'indice de vigueur: de deux populations de petit pois et pois chiche conduites sous différentes concentrations de PEG (T0 : eau distillé, T :5%,T2 :10%, T3 :15%) et différentes situation d'amorçage (Témoin :non priming , T0 :NP TH :Thermopriming , peroxyde l ' hydrogène PXH2, PXH5, PXH10, PXH12) durant 7 jours .

Pour le petit pois peroxyde d'hydrogène10 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

PXH2,PXH10 avec un maximale dans le thermopriming.

Tableau 16: 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-sujet

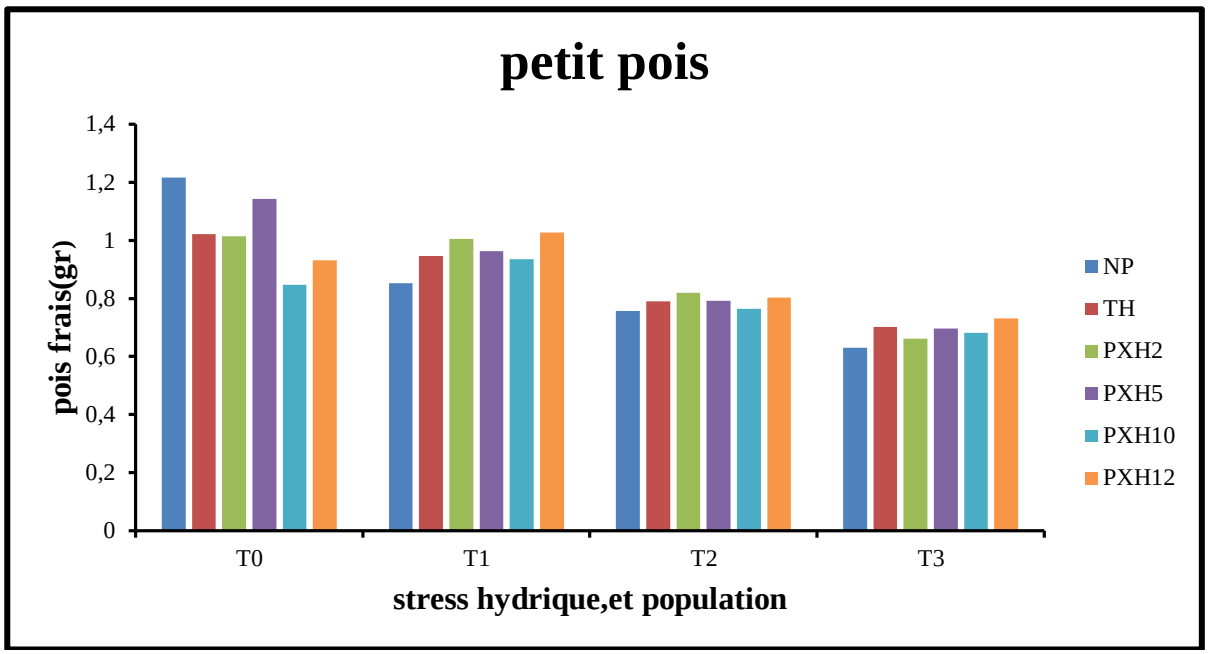
Variable dépondant indice de vigueur

Source de variation	ddl	Moyenne des carrés	f	P
Stress hydrique	**3**	**37769362,132**	**117,308**	**,000*** **
Population	**1**	**1480277,777**	**4,598**	**,035***
Priming	**5**	**590845,679**	**1,835**	**,113ns**
Stress hydrique*population	**3**	**12460504,113**	**38,701**	**,000*** **
Stress hydrique*priming	**15**	**662553,498**	**2,058**	**,019****
population*priming	**5**	**1176037,037**	**3,653**	**,005****
Stress hydrique* population*priming	**15**	**571744,856**	**1,776**	
Erreur		**321967,593**		
Total	**144**			**,049***

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 petit pois et pois chiche soumises au stress hydrique et au priming sont représentés par la figure19, 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 (tableau16).



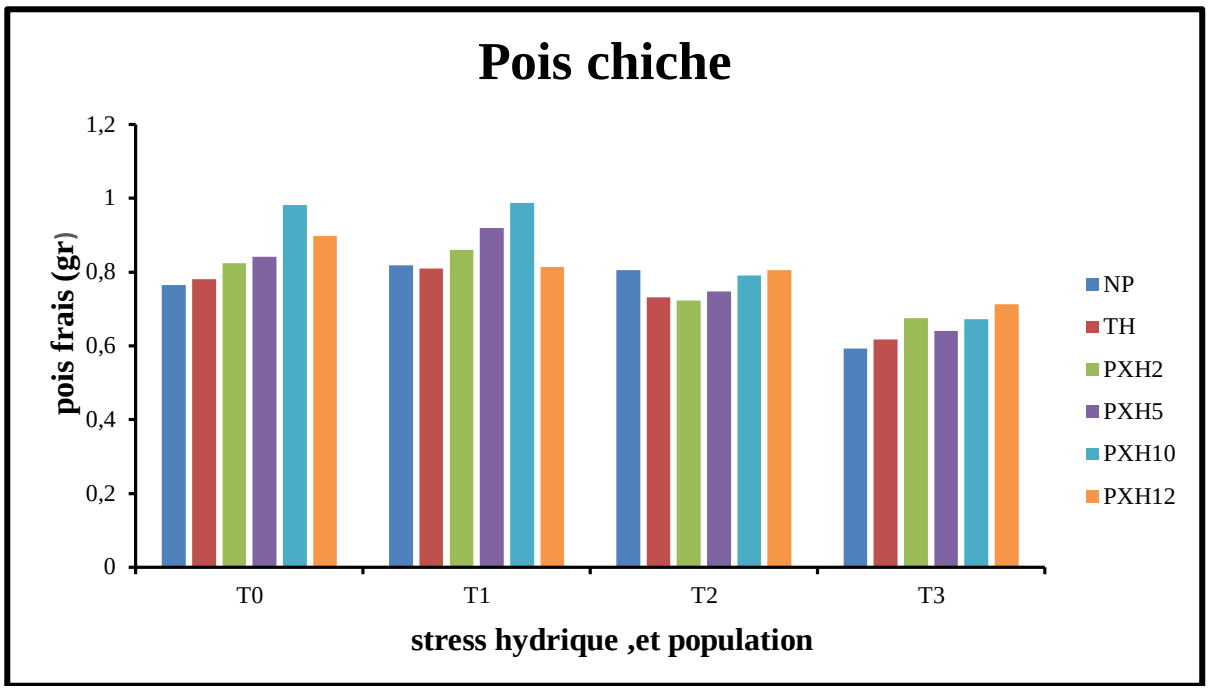


Figure n°19 : Variation de pois frais : de deux populations de petit pois et pois chiche conduites sous différentes concentrations de PEG (T0 : eau distillé, T :5%,T2 :10%, T3 :15%) et différentes situation d'amorçage (Témoin :non priming , T0 :NP TH :Thermopriming , peroxyde l ' hydrogène PXH2, PXH5, PXH10, PXH12) durant 7 jours .

En condition normale et en condition de stress hydrique le pois frais est améliorée significativement par le PXH10.

Pour le petit pois les priming PXH10 et PXH5 et le thermopriming améliorée significativement le pois frais.le pois chiche enregistre une amélioration significative dans tous

les priming en condition normale et sous l'effet de stress hydrique , avec un maximale dans PXH5 .

Tableau 17: 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
Population	**3**	**,569**	**67,040**	**,000*** **
Priming	**1**	**,230**	**27,156**	**,000*** **
Stress hydrique*population	**5**	**,008**	**,936**	**,461ns**
Stress hydrique	**3**	**,048**	**5,693**	**,001** **
population*priming	**15**	**,008**	**,941**	**,523ns**
Stress hydrique* population*priming	**5**	**,027**	**3,225**	**,010** **
Erreur	**15**	**,019**	**2,198**	**,011** **
Total	**96**	**,008**		
	144			

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 sec des plantules de les populations petit pois et pois chiche soumises au stress hydrique et au priming sont représentés par la (figure20), l'analyse statistique a montré pour le poids sec des jeunes plantules, un effet très hautement significatif du stress hydrique, non significatif pour les facteurs population et priming (tableau18) .

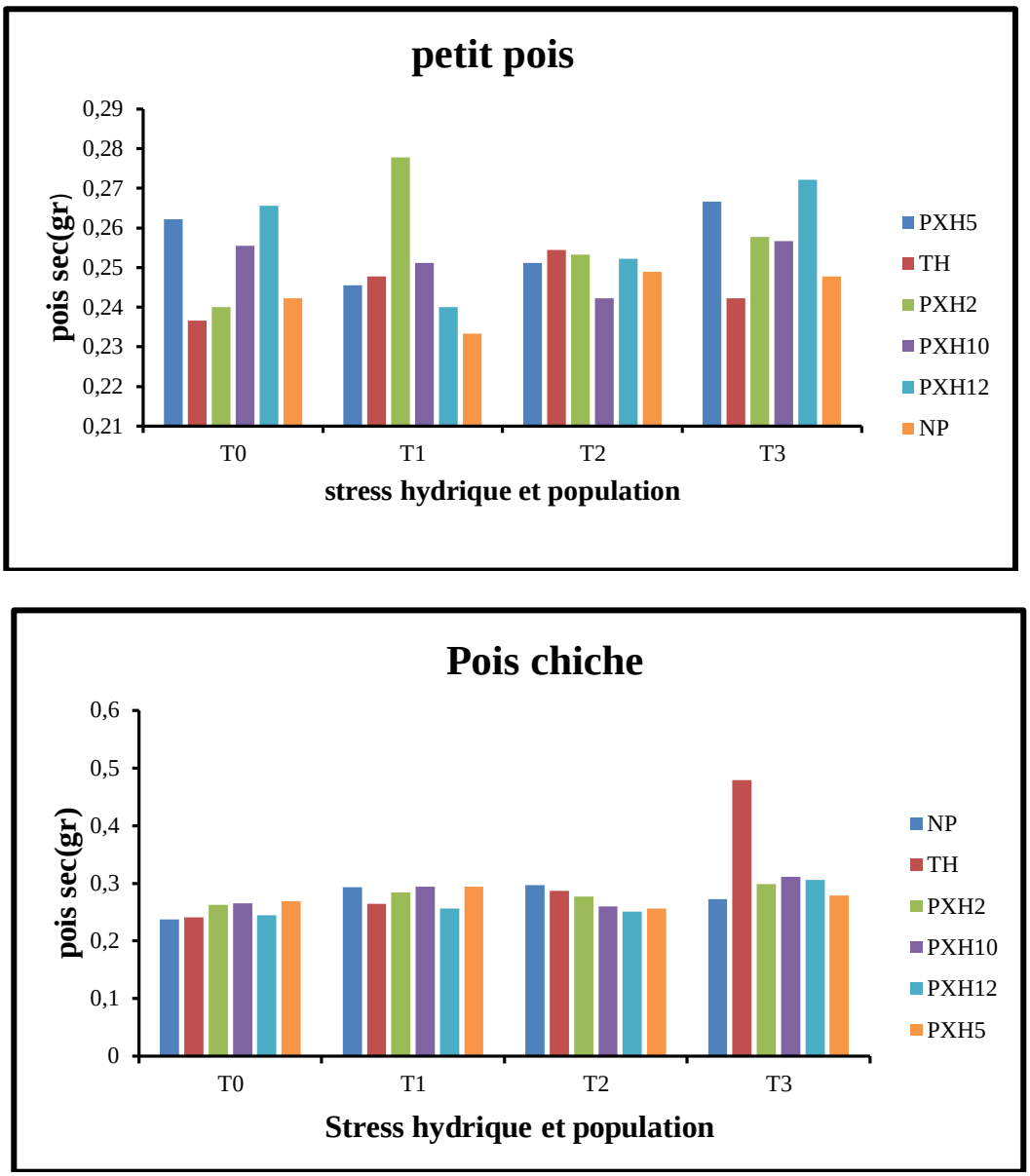


Figure n°20: Variation de pois sec : de deux populations de petit pois et pois chiche conduites sous différentes concentrations de PEG (T0 : eau distillé, T :5%,T2 :10%, T3 :15%) et différentes situation d'amorçage (Témoin :non priming , T0 :NP TH :Thermopriming , peroxyde l ' hydrogène PXH2, PXH5, PXH10, PXH12) durant 7 jours .

En condition normale et sous stress le PXH2 et PXH5 améliore le pois sec chez le petit pois. En condition normale PXH5 améliore le pois sec et enregistre la valeur maximale de pois sec, sous l'effet de stress hydrique le thermopriming améliore significativement le pois sec de pois chich

Tableau 18: ANOVA à trois facteurs de l'effet traitement, génotypes et priming et leurs interactions pour le pois sec des plantules.

Source de variation	ddl	Moyenne des carrés	F	P
Population	**3**	**,009**	**4,168**	**,008****
Priming	**2**	**,014**	**6,570**	**,002****
Stress hydrique*population	**5**	**,001**	**,468**	**,799ns**
Stress hydrique	**3**	**,004**	**2,046**	**,113ns**
population*priming	**15**	**,002**	**,959**	**,504ns**
Stress hydrique* population*priming	**5**	**,001**	**,557**	**,733ns**
	15	**,002**	**,743**	**,735ns**
Erreur	**95**	**,002**		
Total	**144**			

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 lagermination 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 composant e 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 deux espèces de légumineuses, le le petit pois 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 par peroxyde d' hydrogène à différentes concentrations de PEG (5%, 10%, 15%)

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 les deux 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**

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 .a 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: *Pisum sativum* L > *Cicer arietinumL* .

Cette étude a permis de constater que *Pisum sativum* L et *Cicer arietinumL* 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 deux 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 deux populations, et particulièrement le 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 petit pois 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 peroxyde d ' hydrogène sont plus efficaces sous les trois 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 peroxyde d ' hydrogène, Récemment**, Kim *et al*. (2017)** ont démontré que l'application de peroxyde d ' hydrogène 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 peroxyde d ' hydrogène pourrait améliorer la tolérance et la défense de la tomate contre insectes herbivores. Ils suggèrent la possibilité d'utiliser peroxyde d'hydrogène 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-Nwak *et al*., 2015).**

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 deux populations de légumineuse algériennes (***Pisum sativum*** *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 peroxyde d'**hydrogène** 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. Pisum sativum.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 peroxyde d' hydrogèneau 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.

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 peroxyde d' hydrogène 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 Deux populations de légumineuse étudiées. De sorte que les résultats précédents ont permis de déterminerPisum sativum.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 enperoxyde d' hydrogène et le thermopriming se sont montré efficace et peuvent être utilisés dans les programmes d'amélioration de la germinatio

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 pois chiche 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 peroxyde d' hydrogène 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.

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

Abdelaguerfi A, Ramdane SA. **2003**. Evaluation Des Besoins En Matière De Renforcement Des Capacités Nécessaires A La Conservation Et L'utilisation Durable De La Biodiversite Importante Pour L'agriculture. Bilans des Expertises sur «La Biodiversité Importante pour l'Agriculture en Algérie » MATEGEF/ PNUD : Projet ALG/97/G31. P11

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

Ait Aaada D., Ait Chabane O., Bouderoua K., Selselet-Attou G. (2016). Place des légumes secs dans l'alimentation humaine – atouts nutritionnels et impacts sur la sante. *Forum Régional pour le Développement des Légumineuses Alimentaires, Université de Mostaganem*, Algérie, p5.

Anne S., **Christian H.(2015)**.Les légumineuses pour des systèmes agricoles et alimentaires durables. Éditions Quæ RD 10, 78026 Versailles Cedex 471p

Anonyme (2016). Legumineuses : Des graines nutritives pour un avenir durable.

Ansari O., Azadi M. S., Sharif-zadeh F. and Younesi E. 2013. Effect of hormone priming on germination characteristics and enzyme activity of mountain rye (Secale montanum) seeds under drought stress conditions. J. Stress Physiol Biochem 9: 61-71.

Araus J.L., Slafer G.A., Reynolds M.P., Royo C. (2002). Plant breeding and drought in C3 cereals: what should we breed for? *Annals of Botany.* 89: 925-940.

Atici O., Agar G. and Battal P. 2003. Interaction between endogenous plant hormones and alphamylase in germinating chickpeas seeds under cadmium exposure. Fresenius Environ Bull 12: 781-785.

Attia F., 2007. Effet du stress hydrique sur le comportement écophysiologique et la maturité phénologique de la vigne *(Vitis vinifera* L.) : Etude de cinq cépages autochtones de Midi-Pyrenées. Thèse INP, Toulouse (France), 194p

Ayadi, T. 1986. Analyse agronomiques des différents types de pois chiche : influence de la date de semi. Mémoire d'Agronomie approfondie (ENSAM ; Montpelier) p 61-70.

Aykroyd W. et Doughty J., 1964-Les graines de légumineuses dans l'alimentation humaine. Etude de la nutrition de la F. A .O n°19 : 1-5

Baljeet, S.Y., Ritika, B.Y et Reena, K. (2014). "Effect of incorporation of carrot pomacepowder

and germinated chickpea flour on the quality characteristics of biscuits." *International Food Research Journal*, (21), 217–222.

Basra S. M. A. et al. 2006. Alleviation of salinity stress by seed invigoration techniques in wheat (Triticum aestivum L.). Seed Technol 28:36-46.

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

Baumgarterner, A. le pois chiche: la viande des pauvres, TABULA, 1998, NO3.p :16-19.

Baumont, R., Bastien, D., Férard, A., Maxin, G., & Niderkorn, V. (2016). Les intérêts multiples des légumineuses fourragères pour l'alimentation des ruminants. *Fourrages*, 227, 171-180.

Bayard P., 1991. Etude de la germination des semences de six espèces herbacéesen fonction du régime hydrique, DEA d'agrochimie, Université de Grenoble I, 28 p.

Ben Mbarek K., (2011). . Comportement du pois chiche (*Cicer arietinum* L.) du type Kabuli vis-à-vis du stress hydrique et identification de génotypes tolérants la sécheresse. Thèse de Doctorat en Sciences Agronomiques. Université de Sousse Chott-Mariem, Tunisie ; 247p.

Berkat O. & Briske D. D. 1982. Water potentiel evolution of three germination substrates utilizing Polyethylene glycol. *Agronomy journal*, 74, 518-521

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.D., 1997 - Seed germination and dormancy. *Plant Cell* 9: 1055–1066.

Blum A. (1996). Crop responses to drought and the interpretation of adaptation. *Plant GrowthRegulation* **20**: 135-148.

Boucelha L. (2015). Compréhension des mécanismes régissant l'endurcissement des graines de Vigna unguiculata (L.) Walp. Thèse de Doctorat, Université Houari Boumediene, Alger, Algérie., 166

Boucelha L., Abrous-Belbachir O., Djebbar R. (2019). Vigna unguiculata seed priming is related to redox status of plumule, radicule and cotyledons Faculty of Biological Sciences, Laboratory of Biology and Physiology of Organisms, University of Science and Technology Houari Boumediene, BP 32 El Alia, 16111 Bab Ezzouar Algiers (Algeria).

Boucelha L., Djebbar R. (2015). Influence de différents traitements de prégermination des graines de Vignaunguiculata (L.) Walp. Sur les performances germinatives et la tolérance au stress hydrique. Biotechnol. Agron, Soc. Environ., 19(2): 132-144.

Bouchabke O., Tardieu F. & Simonneau T., 2006. Leaf growth and turgor in growing cells of maize (Zea mays L.) respond to evaporative demand under moderate irrigation but not in water-saturated soil. *Plant Ce/l and Environment*, 29 (6): 1138-1148.

Boyer J. S. 1982. *Plant productivity and environment. Sci*, New series. 218: 443 - 448 p.

Boyer J.S. (1985). Water transport. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*. 36: 473-516.

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

Bray C.M., DAVISON P.A., ASHRAF M., TAYLOR R.M., **1989**. Biochemicalprocesses during the osmopriming of seeds. Department of Biochemistry and Molecular Biology, University of Manchester, Oxford Road, Annals of Botany., 63: 185-193.

Bray E. et Ziegler P. 1989. Biosynthesis and degradation of starch in higher plants. Annual Review of Plant Physiol. And plant mol. Bio. 40: 95-117.

Brink, M et Belay, G., (2006). Resources végétales de l'Afrique tropicales 1.Céréales et légumes secs. Fondation PROTA.328P.

Broughton WJ et Dilworth MJ., (1971). Control of leghemoglobin synthesis in snake beans. Biochemistry Journal 125, 1075–1080.

Brown M., Gregory P.J. et **Wahbi A., 1987**. Root characteristics and water use inMediterranean environment in drought tolerance in winter cereals. Edit. John Wiley and Sons. New York. Pp. 275-283.

Buckley TN. 2005. The control of stomata by water balance. *New Phytologist* **168**(2): 275-292.

Chaves M.M., Pereira J.S., Maroco J., Rodrigues M.L., Ricardo c.P.P., Osorio M.L., Carvalho 1., Faria T. & Pinheiro C ., 2002. How plants cope with water stress in the field. Photosyntesis and growth. *Annals ofBotany* 89: 907-916.

Cheng Z., Bradford K.J. (1999). Hydrothermal time analysis of tomato seed germination responses to priming treatments. Journal of Experimental Botany., 33: 89-99.

Cousin, R, and Bannerot, H., (1992). Amélioration des espèces végétales cultivées. INRA Editions. Paris, France.pp173-188.

Cramer, W., Guiot, J., Fader, M., Garrabou, J., Gattuso, J.-P., Iglesias, A., Lange, M.A., Lionello, P., Llasat, M.C., Paz, S., 2018. Climate change and interconnected risks to sustainable development in the Mediterranean. Nat. Clim. Chang. 8, 972–980.

David J. et Khan K.S., 2001. Effect of nitrogen application on nodulation in inoculated chickpea *(Cicer arietiunm L.)* Online Journal of Biological Sciences, 1(3):87-89**.**

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 seedsare inhibited by osmotic stress but DNA synthesis and formation of microtubular cytoskeleton are not. Plant Physiol., 122, 327-335.

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.

Djebbar R. (2012). Effet du stress hydrique sur le métabolisme cellulaire de plantes de tabac sauvage (*Nicotiana sylvestris*) et d'un mutant mitochondrial (CMSII). Thèse de doctorat d'état de l'Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene, 233p.

Doyle J J, Luckow M A. 2003. The rest of the iceberg. Legume diversity and evolution in a phylogenetic context. Plant Physiol 131: 900–10.

Doyle J J. 2011. Phylogenetic perspectives on the origins of nodulation. Molecular Plant- Microbe Interactions. 24: 1289–1295.

Duc, G., Jeuffroy, M. H., & Tivoli, B. (2011). Les légumineuses protéagineuses pour améliorer les bilans environnementaux en grandes cultures: principaux travaux de l'INRA qui ont accompagné la naissance de la filière et les perspectives. *Innovations Agronomiques*, *12*,157-180.

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*, 1-24.

Escalona, JM, Flexas J, Medrano H., 1999: Stomatal and non-stomatal limitations of photosynthesis under water stress in field-grown grapevines. Aust. J. Plant Physiol. 26. P: 421-433.

Farooq M., Wahid A., Kobayashi N., Fujita D., Basra S.M.A. (2009). Plant Drought Stress: Effects, Mechanisms and Management. Agronomy for Sustainable Development, 29, 185-212.

Farquhar G.D. and Sharkey T.D. (1982). Stomatal Conductance and Photosynthesis.*Annual Review of Plant Physiology*. 33: 317-345.

Flexas J, Medrano H., 2002: Drought-inhibition of photosynthesis in C3 plant: Stomatal and non-stomatal limitations revisited. Annals of Botany 89. P: 183- 189.

Foyer C.H., Valadier M.H., Migge A., Becker T.W. (1998). Drought induced effects on nitrate reductase activity and mRNA on the coordination of nitrogen and carbon metabolism in maize leaves. *Plant Physiology*. 117: 283–292.

Gaid S., (2015). La tolérance à salinité du pois chiche (*Cicer arietinum* L.). Mém. Ing. Bio. Univ. Oran. 64p.

Gao, X.-Q., Li, C.-G., Wei, P.-C., Zhang, X.-Y., Chen, J. and Wang, X.-C. 2005. The dynamic changes of tonoplasts in guard cells are important for stomatal movement in Vicia faba. Plant physiology 139(3): 1207-1216.

Gharti-Chhetri, G. B., & Lales, S. (1990). Biochimical and physiological responses of nine spring wheat (*Triticum aestivum*) cultivars to drought stress at reproductive stage in the tropic. *Belg. Bot*. 123 (2): 27-35.

Ghassemi-Golezani K., Chadordooz-Jeddi A., Nasrullahzadeh S., Moghaddam M. (2010). Influence of hydro-priming duration on field performance of pinto bean (Phaseolus vulgaris L.) cultivars. African Journal of Agricultural Researc., 5(9): 893-897.

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.

Goyal K., Walton L. J., Tunnacliffe A. (2005). LEA proteins prevent protein aggregation due to water stress. *Biochem. J.* 388: 151–157.

Gratào P. L., Polle A., Lea P. J. and Azevedo R. A. 2005. Making the life of heavy metal-stressed plants a little easier. Funct Plant Biol 32: 481-494.

Gupta, A., Rico-Medina, A., Caño-Delgado, A.I., 2020. The physiology of plant responses to drought. Science. 368, 266–269.

Hajlaoui, H., Denden, M., & Bouslama, M. (2007). Etude de la variabilité intraspécifique de tolérance au stress salin du pois chiche (Cicer arietinum L.) au stade germination. Tropicultura, 25(3), 168-173.

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.

Hartung, W., Wilkinson, S. and Davies, W. 1998. Factors that regulate abscisic acid concentrations at the primary site of action at the guard cell. Journal of Experimental Botany 49(Special Issue): 361-367.

Hasegawa P.M., Bressan R.A., Zhu J.K., Bohnert H.J. (2000). Plant cellular and molecular responses to high salinity. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 51: 463-499.

Heydecker W., 1978. Primed seeds for better crop establishment, Span 21: 12- 14.

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

Hireche Y.A. , 2006. Reponse de la luzerne *(Medicago sativa* L) au stress hydrique et à la profondeur de semis. Mémoire de Magister, *Université Al Hady Lakhdar-Batna(Algérie)*, 83p.

Holwach LP., (1982). Dissertation abstracts international (42) cornell uni. Uthaca, NV, USA.

Hopkins W.G., 2003 - Physiologie Végétale. Traduction de la 2ème édition américaine par Serge.R. Ed. de Boeck, p. 66-81.

Hu Y. F., Zhou G., Nax F., Yang A., Nan W., Zhang Y., Lijl and Biyr. 2013. Cadmium interferes with maintenance of auxin homeostasis in Arabidopsis seedlings. J. Plant Physiol. 170: 965-975.

Ingram J., Bartels D. 1996. The molecular basis of dehydration tolerance in plants. Ann. Rev. Plant Physio. Plant Mol. Biol. 47 : 377-403.

INRA, 2006. Sécheresse et agriculture: réduire la vulnérabilité de l'agriculture à un risque accru de manque d'eau. *Synthèse du rapport d'expertise scientifique collective*, 76p.

Jones H.G. and Jones M.B. (1989). Introduction: some terminology and common mechanisms. - In: Jones H.G., Flowers T.J. and Jones M.B. (Eds.) *Plants Under Stress.* Cambridge university Press, Cambridge, pp. 1–10.

Jones H.G., Flowers T.J. et Jones M.B. 1989. Plants under stress. Univ. Cambridge.

Jung C. and Muller A.E. (2009). Flowering time control and applications in plant breeding.*Trends in Plant Science.* 14: 563-573

Kechaache. K., (2005). Contribution à l'étude de l'effet de la fertilisation phosphatée à base des engrais SSP 20% et TSP 46% sur le pois chiche mémoire de fin d'étude.

Khanna-Chopra R. et Sinha S.K., (1987). Chickpea : physiological aspects of growth and yield. In : The Chickpea. 409 pages ; CAB International, (Eds. Saxena, M.C., Singh, K.B.), Wallingford, Oxon, UK in BEN MBAREK. K .2011 : Comportement du pois chiche (*Cicer arietinum*) du type « Kabuli » vis-à-vis du stress hydrique et identification des génotypes tolérants la sécheresse Th. Doct., Instit Supé agronomique de Chott Meriem –Tunisie. 281p.

Kheddache A., 2005. Endurcissement des graines de (CedrusaltanticaManetti) en vue de sa régénération par semis en conditions de stress hydrique. Thèse de magister, Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou, 85 p.

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.

Kinoshita, T., Nishimura, M. and Shimazaki, K. 1995. Cytosolic concentration of Ca2+ regulates the plasma membrane H+-ATPase in guard cells of fava bean. The Plant Cell Online 7(8): 1333-

1342.

Kramer J.P. & Boyer J.S., 1995. Water Relations of Plants and Soils *Academie Press, Inc. A. Division of Harcourt Brace* & *Company* 525 *B Street, Suite 1900, San Diego, California 92101-4495:* 482p.

Ladizinsky G., (l987). Pulse domestication before cultivation. Econ. Bot., 41: 60-65.

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

Larcher W. (1995). Physiological plant ecology (3rd edition). Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, p. 528.

Lawlor DW, Cornic G., 2002: Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plants. Plant, Cell Environment 25. P: 275–294.

Lawlor DW. (2012). Genetic engineering to improve plant performance under drought: physiological evaluation of achievements, limitations, and possibilities. *Journal of Experimental Botany.* 64: 83-108.

Lebon E., 2006. Effet du déficit hydrique de la vigne sur le fonctionnement du couvert, l'élaboration du rendement et la qualité. *INERA Sup Agro, UMR, Laboratoired'Ecophysiologie des Plantes sous Stress Environnementaux,* 4p.

Leport L., N.C. Turner, S.L. Davies et K.H.M. Siddique., (2006). Variation in pod production and abortion among Chickpea cultivars Under terminal drought ; Europ. J. Agronomy 24p.

Levitt J. 1982. Responses of plants to environmental stresses.*Academic Press*. New York San Francisco –London: 607p.

Ling L.Y. and Rolinson R, J., (1976). Extracting and fractionating lipids from chickpea. Cereals food World 21 :424.

Maguire J.D., 1962- Speed of germination- aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science.,* 2 : 176-177.

Masood A., Iqbal N. and Khan N. A. 2012. Role of ethylene in alleviation of cadmium-induced capacity inhibition by sulphur in mustard. Plant Cell Environ 35: 524-533

Maury P., Langlade N., Grieu P., Rengel D., Sarrafi A., Debaeke P., Vincourt P. (2011).

Ecophysiologie et génétique de la tolérance à la sécheresse chez le tournesol. *Innovations Agronomiques.* 14:123-138.

Mazliak P., 1982 - Croissance et développement. Physiologie végétale II. Hermann ed., Paris, Collection Méthodes, 465p.

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.

Memon N., Gandahi M.B., PahojaV.M., Sharif N., 2013 - Response of seeds priming with boron on germination and seedling sprouts of broccoli. *Int. J. Agric.Sci.Res*., 3 (2) : 183–194.

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.

Mirmazloum I., KissA., Erdélyi E., Ladányi M., Németh EZ., Radácsi P. (2020). The Effect of Osmopriming on Seed Germination and Early Seedling Characteristics of Carum carvi L.agriculture 10_94

Moore J.P., Le N.T., Brandt W.F., Driouich A., Farrant J.M. (2009). Towards a systems based understanding of plant desiccation tolerance. *Trends in Plant Science.* 14: 110-117.

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.

Nasri N., Kaddour R., Mahmoudi H., Baatour O., Bouraoui N., Lachaa M. (2011). The effect of osmopriming on germination, seedling growth and phosphatase activities of lettuce under saline condition. Afr. J. Biotechnol.,10: 14366–14372.

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.

Pinheiro C., Chaves M. M., Ricardo C. P. (2001). Alteration in carbon and nitrogen metabolism induced by water deficit in the stems and leaves of *Lupinus albus* L. *Journal of Experimental Botany*. 52 (358): 1063-1070.

Poitier G.A., (1981). Flore de la Tunisie ; (2 tomes), 1190 pages.Poorter, H., et J.R. Evans, 1998. In BEN MBAREK. K .2011 : Comportement du pois chiche (*Cicer arietinum*) du type « Kabuli » vis-à-vis du stress hydrique et identification des génotypes tolérants la sécheresse ; Th. Doct., Instit Supé agronomique de Chott Meriem –Tunisie.281p.

Polade, S.D., Pierce, D.W., Cayan, D.R., Gershunov, A., Dettinger, M.D., 2014. The key role of dry days in changing regional climate and precipitation regimes. Sci. Rep. 4, 4364.

Prochazkova D., Sairam R.K., Srivastava G.C., Singh D.V. (2001). Oxidative stress and antioxidant activity as the basis of senescence in maize leaves. *Plant Science.* 161: 765-771.

Rachwa-Rosiak, D., Nebesny, E et Budryn, G. (2015). "Chickpeas-composition, nutritional value, health benefits, application to bread and snacks: a review." *Critical Review inFood Science and Nutrition*, 55(8), 1137-45.

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.

Raschke, K., Shabahang, M. and Wolf, R. 2003. The slow and the quick anion conductance in whole guard cells: their voltage-dependent alternation, and the modulation of their activities by abscisic acid and CO2. Planta 217(4): 639-650.

Roberts E.H., R.J. Summerfield F.R. Minchin, et Haley P., (1980). Penology of Chickpea (*Cicer arietinum* L.) In : Contrasting aerial environments. Experimental Agriculture. 343p.

Rodríguez-Gamir, J., Primo-Millo, E., Forner, J. B. and Forner-Giner, M. 2010. Citrus rootstock responses to water stress. Scientia Horticulturae 126(2): 95-102.

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.

Saxana M, C, 1990. Status of chickpea in Mediterranean basin CBB AM Option Mediterranean 9; 17-24

Saxena N.P., (1984). Adaptation of Chickpea and pigeonpea to abiotic sresses. ICRISTAT 1987. Proceeding of the consultants workshop, 19-21Décembre 1984. ICRISTAT Patancheru, AP 502-

324 India.

Schneider, A., & Huyghe, C. (2015). Les légumineuses pour des systèmes agricoles et alimentaires durables. *éditions Quae*, p512

Shahba M.A., QIAN Y.L. and LAIR K.D., 2008- Improving seed germination of salt grass under saline conditions. *Crop Sci*., 48 (2) : 756-762.

Shelton H. M. **(1999)**. Archive de document de la FAO **Rémond D. et Walrand S. (2017)**. Les graines de légumineuses: caractéristiques nutritionnelles et effets sur la santé. *Innovations Agronomiques, INRA*, 2017, p60

Singh F. and Diwakar B., 1995. Chickpea Botany and production Practices. Skill Development series ICRISAT India., 16: 502-324.

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.

Smaling, E. M., Nandwa, S. M., & Janssen, B. H. (1997). Soil fertility in Africa is at stake. *Replenishing soil fertility in Africa*, *51*, 47-61.

Soeda Y., Konings M.C.J.M., Vorst O., Van -Houwelingen A.M.M.L., Stoopen G.M., Maliepaard C.A., Kodde J., bino R.J., Groot S.P.C., Van-Der-Geest A.H.M., 2005. Gene Expression Programs during Brassica oléracea Seed Maturation, Osmopriming, and Germination Are Indicators of Progression of the Germination Process and the Stress Tolerance Level. Plant Physiology., 137: 354-368.

Subbarao G.V., Nam N.H., Chauhan Y.S., Johansen C. (2000). Osmotic adjustment, water relations and carbohydrate remobilization in pigeonpea under water deficits. *Journal of Plant Physiology*. 157: 651-659.

Tacques Lanore., (1985). Tables de composition des aliments, Institut scientifique d'hygiène alimentaire.

Tallman, G. 2004. Are diurnal patterns of stomatal movement the result of alternating metabolism of endogenous guard cell ABA and accumulation of ABA delivered to the apoplast around guard cells by transpiration? Journal of Experimental Botany 55(405):1963-1976.

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.

Tarquis A.M., Bradford K.J. (1992). Prehydration and priming treatments that advance germination also increase the rate of deterioration of lettuce seeds. Journal of Experimental Botany., 43: 307-317.

Tawaha A.R.M Turk M.A ET KyengDoeg Lee 2005 Adaptation of chickpea to Cultural Practices in 'a Mediterranean Type Environment Research Journal of Agriculture and Biological Sciences 1(2):152-157.

Taylor A.G., Allen P.S., Bennett M.A., Bradford K.J.,∗ Burris J.S., Misra M.K. (1998). Seed enhancements.

TaylorA.G., HARMAN G.E., 1990. Concepts and technologies of selected seedtreatments. Ann. Rev. Phytopathol., 28: 321-339.

Thiébault, S., Moatti, J.-P., 2016. The Mediterranean Region under Climate Change: A Scientific Update. IRD Editions, Marseille.

Tillard, 1986, Modulation and introgenase activity of chickpea cultivar INRA, France, pp 378-392

Tradieu F, Simoneau T., 1998: variability among species of stomatal control under fluctuating soil water status and evaporative demand: modeling isohydric and anisohydric behaviours. J. exp. Bot. **49**. P: 419-432.

Tsimilli-Michael M. M., Pêcheux R. J. et Strasser. 1998. Vitality and stress adaptation of the symbiontsofcoral reef and temperate foraminifers probed *in hospite*by the fluorescence kinetics O-J-I-P. *Archs. Sci*.Genève.51: 205 - 240 p.

Varela J ; sanchez- Monge. R ; Lopez-Torrejon. G ; Pascual CY ; Martin Esteban M et Salcdo G., (2004). Vicilin and convicilin are potential major allergens from pea, unidad Bioquimica, Departamento biotechnologia, ETS Ingenicros Agronomos, Madrid, and Clin Exp Allergy. Résumé dans NCBI (National center for Biotechnology Information) consulté le 20 October 2008.

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 increase mRNA levels and enzyme activity of cytosolic GAPDH in the resurrection plant. Plant mol. Biol. 26: 541 - 546.

Verslues P.E. and Juenger T.E. (2011). Drought, metabolites, and Arabidopsis naturalvariation: a promising combination for understanding adaptation to water-limited environments. *Current Opinion in Plant Biology*. 14: 240-245.

Yakoubi M., (2014). Biologie, physiologie et mise en évidence de l'activité enzymatique chez quelques isolats d*'Ascochyta pisi* agent de l'anthracnose de petit pois. Mém. Magi. Bio. Univ. Oran. 103p.

Yari L., Aghaalikani M., Khazaei F. (2010). Effect of seed priming duration and temperature on seed germination behavior of bread wheat (Triticum Aestivum L.). Journal of Agricultural and Biological Science .5:1-6.

Zhou, X., Zhao, N. and Zhang, H. 2000. Relation of stomatal movement and ion content change of guard cells in Populus berolinensis under water stress. Forest Research, Beijing 13(1): 71-74.

Zohary, D., and Hopf, M., (1988). Domestication of plants in the old World, Oxford Univ. Presd. Oxford, UK.

Net 01 : https://fr.wikipedia.org/wiki/Fabaceae

Net 02 : https://www.pinterest.fr/

Net 03 : http://www.fao.org/3/a-i5528f.pdf

Net 04: https://doi.org/10.1126/science.aaz7614.

Net 05 : https://doi.org/10.1038/srep04364

ANNEXE :Résultats d'analyses statistiques

Statistiques descriptives

Variable dépendante: vitesse de germination

T	P	Pr	Moyenne	Ecart-type	N
T0	PCH	NP	8,0556	4,11074	3
		PXH10	38,4444	5,67972	3
		PXH12	34,2857	6,97826	3
		PXH2	37,0556	9,69870	3
		PXH5	37,4444	8,69440	3
		TH	9,2222	4,88004	3
		Total	27,4180	14,92551	18
	PP	NP	37,2222	4,19435	3
		PXH10	30,0000	1,44338	3
		PXH12	30,0000	,83333	3
		PXH2	29,9444	2,36487	3
		PXH5	29,6667	,60093	3
		TH	31,9444	,48113	3
		Total	31,4630	3,27875	18
	Total	NP	22,6389	16,40136	6
		PXH10	34,2222	5,92703	6
		PXH12	32,1429	5,02657	6
		PXH2	33,5000	7,41845	6
		PXH5	33,5556	6,96632	6
		TH	20,5833	12,82608	6
		Total	29,4405	10,84582	36

Variable dépendante: vitesse de germination

T	P	Pr	Moyenne	Ecart-type	N
T1	PCH	NP	41,0000	2,64575	3
		PXH10	39,7778	5,62073	3
		PXH12	32,3333	6,38575	3
		PXH2	37,0556	4,39802	3
		PXH5	35,1111	6,31650	3
		TH	28,5635	5,59551	3
		Total	35,6402	6,26511	18
	PP	NP	27,5000	,83333	3
		PXH10	26,7778	1,67774	3
		PXH12	26,1667	1,04083	3
		PXH2	25,0556	,94771	3
		PXH5	26,0000	2,72845	3
		TH	25,8889	,78764	3
		Total	26,2315	1,48537	18
	Total	NP	34,2500	7,59952	6
		PXH10	33,2778	8,02888	6
		PXH12	29,2500	5,30592	6
		PXH2	31,0556	7,16214	6
		PXH5	30,5556	6,62123	6
		TH	27,2262	3,86239	6
		Total	30,9358	6,54982	36

Statistiques descriptives

Variable dépendante: longeur total 7eme jr

T	P	Pr	Moyenne	Ecart-type	N
T0	PCH	NP	2,6667	1,89033	3
		PXH10	8,2667	1,71302	3
		PXH12	8,1667	3,64112	3
		PXH2	7,1444	2,70439	3
		PXH5	10,4556	1,92074	3
		TH	2,0000	2,07311	3
		Total	6,4500	3,76362	18
	PP	NP	6,8889	1,53128	3
		PXH10	7,8000	,90615	3
		PXH12	7,9111	1,07152	3
		PXH2	6,9333	,80829	3
		PXH5	6,8111	1,01780	3
		TH	6,8000	1,07134	3
		Total	7,1907	1,03853	18
	Total	NP	4,7778	2,77766	6
		PXH10	8,0333	1,25202	6
		PXH12	8,0389	2,40457	6
		PXH2	7,0389	1,78891	6
		PXH5	8,6333	2,42377	6
		TH	4,4000	3,01500	6
		Total	6,8204	2,74682	36

Variable dépendante: longeur total 7eme jr

T	P	Pr	Moyenne	Ecart-type	N
T1	PCH	NP	10,0667	1,36423	3
		PXH10	8,9222	1,14228	3
		PXH12	10,1000	2,86725	3
		PXH2	9,1000	2,67665	3
		PXH5	8,3667	1,65965	3
		TH	7,3333	1,86667	3
		Total	8,9815	1,97339	18
	PP	NP	6,4111	,30062	3
		PXH10	6,8333	,33830	3
		PXH12	7,3667	,03333	3
		PXH2	5,3667	,52915	3
		PXH5	7,3111	2,63361	3
		TH	4,6778	,16777	3
		Total	6,3278	1,38829	18
	Total	NP	8,2389	2,18850	6
		PXH10	7,8778	1,36994	6
		PXH12	8,7333	2,35164	6
		PXH2	7,2333	2,67565	6
		PXH5	7,8389	2,05193	6
		TH	6,0056	1,87633	6
		Total	7,6546	2,15371	36

Statistiques descriptives

Variable dépendante: pois frais

T	P	Pr	Moyenne	Ecart-type	N
T0	PCH	NP	,7644	,02776	3
		PXH10	,9811	,11711	3
		PXH12	,8978	,06678	3
		PXH2	,8233	,07311	3
		PXH5	,8411	,18647	3
		TH	,7811	,11027	3
		Total	,8481	,11866	18
	PP	NP	1,2156	,14132	3
		PXH10	,8478	,15130	3
		PXH12	,9322	,07128	3
		PXH2	1,0148	,04880	3
		PXH5	1,1433	,13503	3
		TH	1,0211	,11974	3
		Total	1,0291	,16030	18
	Total	NP	,9900	,26334	6
		PXH10	,9144	,14134	6
		PXH12	,9150	,06459	6
		PXH2	,9191	,11868	6
		PXH5	,9922	,22046	6
		TH	,9011	,16697	6
		Total	,9386	,16656	36

Variable dépendante: pois frais

T	P	Pr	Moyenne	Ecart-type	N
T1	PCH	NP	,8189	,12002	3
		PXH10	,9878	,24730	3
		PXH12	,8144	,03025	3
		PXH2	,8600	,13618	3
		PXH5	,9189	,17128	3
		TH	,8100	,07424	3
		Total	,8683	,14073	18
	PP	NP	,8533	,08544	3
		PXH10	,9356	,03657	3
		PXH12	1,0267	,14948	3
		PXH2	1,0056	,08002	3
		PXH5	,9633	,01000	3
		TH	,9456	,09051	3
		Total	,9550	,09301	18
	Total	NP	,8361	,09507	6
		PXH10	,9617	,16068	6
		PXH12	,9206	,15105	6
		PXH2	,9328	,12781	6
		PXH5	,9411	,11121	6
		TH	,8778	,10485	6
		Total	,9117	,12551	36

Variable dépendante: pois frais

T	P	Pr	Moyenne	Ecart-type	N
T2	PCH	NP	,8056	,07411	3
		PXH10	,7911	,06834	3
		PXH12	,8056	,06301	3
		PXH2	,7233	,07881	3
		PXH5	,7478	,08275	3
		TH	,7322	,06185	3
		Total	,7676	,06994	18
	PP	NP	,7578	,01644	3
		PXH10	,7644	,06552	3
		PXH12	,8033	,07506	3
		PXH2	,8189	,04018	3
		PXH5	,7911	,04476	3
		TH	,7900	,03055	3
		Total	,7876	,04697	18
	Total	NP	,7817	,05468	6
		PXH10	,7778	,06163	6
		PXH12	,8044	,06199	6
		PXH2	,7711	,07661	6
		PXH5	,7694	,06406	6
		TH	,7611	,05390	6
		Total	,7776	,05958	36

Variable dépendante: pois frais

T	P	Pr	Moyenne	Ecart-type	N
T3	PCH	NP	,5922	,04741	3
		PXH10	,6722	,03372	3
		PXH12	,7122	,08758	3
		PXH2	,6744	,02219	3
		PXH5	,6400	,02517	3
		TH	,6178	,05178	3
		Total	,6515	,05841	18
	PP	NP	,6300	,06360	3
		PXH10	,6822	,03339	3
		PXH12	,7311	,06012	3
		PXH2	,6622	,03564	3
		PXH5	,6967	,06360	3
		TH	,7011	,05481	3
		Total	,6839	,05551	18
	Total	NP	,6111	,05427	6
		PXH10	,6772	,03051	6
		PXH12	,7217	,06798	6
		PXH2	,6683	,02739	6
		PXH5	,6683	,05324	6
		TH	,6594	,06601	6
		Total	,6677	,05852	36