

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou
Faculté des sciences biologiques et des sciences Agronomiques



Département Biologie

Mémoire de Fin de cycle

En vue de l'obtention du diplôme de Master en Sciences Biologiques

Option : Biologie et Physiologie végétale

Thème

**Influence de différents stress abiotiques : Hydrique salin et thermique sur
la germination des variétés Reyna et Utrillo de pois (*Pisum sativum* L.)**

Réalisé par :

Ibourichene Ouerdia

Sai Razika

Devant le jury :

Président : Mme Hannachi . L MCCA

Promoteur : Mme Daoudi .H MCCB

Co _ Promotrice : Dr. Mekhloufi .H Doctrante

Examineur : Mr. Medjbeur .D MCCB

Année universitaire : 2023/2024

Remerciements

Au terme de ce modeste travail, nous remercions avant tout DIEU de nous avoir donnée le courage et la forces nécessaire pour mener à terme ce projet

Nous tenon à témoigner nos profonds remerciements et profonde considération à notre promoteur Mme :

***H. Daoudi** et Co-promoteur : **Dr. H. Mekhloufi** pour leurs encouragements et surtout leurs disponibilités qui a été pour nous, une source constante de motivation, pour achever ce travail.*

On remercie fortement tous les travailleurs les responsables et les profs pour nous avoir accueillie au sein de leurs laboratoires.

Nos remerciements s'adressent aussi aux membres du jury qui nos feront l'honneur de juger notre travail ainsi qu'aux enseignants qui nous ont accompagné durant notre cycle universitaire et tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce présent travail

Dédicaces

Je dédie ce travail en signe de respect et de reconnaissance en témoignage de ma profonde affection à :

-Mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien tout au long de mes études.

-Mes frères Ferhat et Ali

-Tous Mes Profs

-Mes chers amis

- Toute personne qui a contribué de près ou de loin à ma réussite.

Ouerdia

Dédicaces

Je dédie ce travail en signe de respect et de reconnaissance en témoignage de ma profonde affection à :

-Mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien tout au long de mes études.

-Mes sœur Sarah, Fatma et Yasmine

-Tous Mes Profs

-Mes chers amis

- Toute personne qui a contribué de près ou de loin à ma réussite.

Razika

Sommaire

Introduction :	1
1-La Germination 1-Définition.....	3
2- Conditions de germination	3
1-Les conditions internes de la germination :.....	3
2-2- Les conditions externes de la germination :.....	3
2-2-1-L'eau :.....	3
2-2-2-L'oxygène :.....	3
2-2-3-La température :.....	4
2-2-4-La lumière :.....	4
3-Les phases de la germination :	4
1-La phase d'imbibition :	4
3-2-La phase de germination au sens strict :	4
3-3-La phase de croissance :.....	5
2-Le stress.....	5
1-Définition :	5
2 –Les différents types de stress abiotiques :	6
2-1-Le Stress hydrique :	6
2-2- Le stress thermique :	6
3-Le stress salin :.....	7
Les effets des stress hydrique, salin et thermique sur la germination :	7
3-1- Effet du stress hydrique sur la germination :.....	7
3-2- Effet de stress thermique sur la germination :	8
3-3-Effet du stress salin sur la germination :.....	8
4-Présentation du Pois :.....	9
4-1-Classification du Pois :	9
4-2-Description morphologique :	10
4-2-1- Le système racinaire :.....	10
4-2-2- Le système aérien :.....	10
4-3- Les exigences agro- écologiques de la plante :.....	11
4-3-1-Les exigences climatiques :.....	11
4-3-2-Les exigences pédologiques :	11
4-4- Production de Pois en Algérie :	11

1-Matériel Végétal :.....	12
2-Méthodes :.....	12
1-Application des stress :.....	12
2-1-1-Application du stress hydrique :	12
2-1-2-Application du stress salin :.....	13
2-1-3-Application du stress thermique :	13
2-2-Mise en germination :	13
Evaluation des paramètres de germination :.....	14
3-1- La cinétique de germination :	14
3- 2-Les taux de germination :.....	14
3-3-Le temps moyen de germination :	14
4-Analyse statistique :	15
Résultats :	16
1-Effet du stress hydrique induit par le Mannitol sur la germination des variétés Reyna et Utrillo de pois :	16
1-1- Effet sur la cinétique de germination :	16
1-2- Effet sur le taux de germination (TG) :.....	17
1-3- Effet sur le temps moyen de germination (TMG):	19
2-Effet du stress salin induit par le NaCl sur les variétés Reyna et Utrillo de pois :	20
2-1-Effet sur la cinétique de germination :.....	20
2-2- Effet sur le taux de germination (TG) :.....	22
2-3- Effet sur le temps moyen de germination:	23
Effet du stress thermique sur la germination du la variété Reyna de pois :	24
3-1 Effet sur la cinétique de germination :	24
3-2 Effet sur le taux de germination (TG) :.....	25
3-3-Effet sur le temps moyen de germination (TMG) :	26
4-Comparaison des effets des stress hydrique et salin sur la germination des variétés Reyna et Utrillo :.....	27
4-1- Le taux de germination :	27
4-2- Le temps moyen de germination :	27
Conclusion :.....	31

Liste des figures

Figure 01 : Les différentes phases de germination	05
Figure 02 : Graines des variétés Reyna (a) et Utrillo (b) de <i>Pisum sativum L.</i>,	12
Figure 03 : l'effet de différentes concentrations de Mannitol sur l'évolution de taux de germination, au cours du temps, de la variété Reyna	17
Figure 04 : l'effet de différentes concentrations de Mannitol sur l'évolution de taux de germination, au cours du temps, de la variété Utrillo	17
Figure 05 : l'effet de différentes concentrations de Mannitol sur le taux de germination, de la variété Reyna de pois, après 15 jours de mise en germination.	18
Figure 06 : l'effet de différentes concentrations de Mannitol sur le taux de germination, de la variété Utrillo de pois, après 15 jours de mise en germination.	19
Figure 7 : Effet de différentes concentrations Mannitol sur sur le temps moyen de germination de la variété Reyna de pois, après 15 jours de mise en germination	20
Figure 08 : Effet de différentes concentrations Mannitol sur sur le temps moyen de germination de la variété Reyna de pois, après 15 jours de mise en germination2	20
Figure 09 : l'effet de différentes concentrations de NaCl sur l'évolution de taux de germination, au cours du temps, de la variété Reyna	21
Figure 10 : l'effet de différentes concentrations de NaCl sur l'évolution de taux de germination, au cours du temps, de la variété Reyna	21
Figure 11 : l'effet de différentes concentrations de NaCl sur le taux de germination, de la variété Reyna de pois, après 15 jours de mise en germination.	22
Figure 12 : l'effet de différentes concentrations de NaCl sur le taux de germination, de la variété Utrillo de pois, après 15 jours de mise en germination.	22
Figure 13 : Effet de différentes concentrations NaCl sur le temps moyen de germination de la variété Reyna de pois, après 15 jours de mise en germination.....	23
Figure 14 : Effet de différentes concentrations NaCl sur le temps moyen de germination de la variété Utrillo de pois , après 15 jours de mise en germination	24
Figure 15 : Effet de différentes températures sur l'évolution de taux de germination, au cours du temps, de la variété Reyna de pois	24
Figure 16 : Effet de différentes températures sur le taux de germination de la variété Reyna de pois, apres mise en germination	26
Figure 17 : Effet de différentes températures sur le temps moyen de germination de la variété Reyna de pois, après 15 jours de mise en germinatio	26

Liste des tableaux

Tableau 01 : Les concentrations de Mannitol utilisées et les potentiels hydriques induits	13
Tableau 02 : Les concentrations de NaCl utilisées et les potentiels hydriques induits	13
Tableau 03 : Comparaison des effets des stress hydrique et salin sur le taux de germination de Reyna et Utrillo	27
Tableau 04 : Comparaison des effets des stress hydrique et salin sur le temps moyen de germination de Reyna et Utrillo	28

Introduction Générale

Introduction :

Les légumineuses alimentaires sont parmi les espèces les plus cultivées par l'homme car elles présentent de nombreux intérêts alimentaires et écologiques (Schneider et Huyghe, 2015). Elles viennent juste après les céréales, notamment en terme de superficie cultivée et de production (Schneider et Huyghe, 2015). Elles constituent une importante source de protéines végétales et de fibres alimentaires, elles sont également, considérées comme une source importante d'azote pour le sol par leur capacité à former des nodosités qui sont des symbioses avec des bactéries fixatrices de N₂ (Hamadache *et al.*, 1997).

Le pois (*Pisum sativum* L.) est une légumineuse qui occupe la deuxième position mondiale après le haricot en tant que légumineuse alimentaire cultivée et est considéré comme une source essentielle de protéine en Europe et en Afrique (Mcphee, 2007).

En Algérie, le pois a été cultivé avant 1830 dans les jardins et les champs en Kabylie (Laumont et chevassus, 1960). Il existe de nombreuses variétés de pois en Algérie, certaines sont locales et d'autres sont d'origine étrangère (Ouafi *et al.*, 2016). Les variétés locales sont malheureusement ignorées ou perdues pourtant de nombreux travaux réalisés durant la période coloniale ont révélé que les variétés locales sont plus performantes en termes de tolérance et d'adaptation que les variétés introduites principalement d'origine européenne (FAO, 2006).

La production de pois en Algérie, insuffisante pour satisfaire la demande nationale, fluctue d'une année à une autre et ces fluctuations sont tributaires de facteurs abiotiques et biotiques (FAO, 2006).

Les stress abiotiques sont provoqués par des conditions environnementales extrêmes déstabilisant l'environnement des cultures et générant des stress qui impact la productivité des plantes (Faucheux, 2022).

Les stress abiotiques, constituant les facteurs limitant la production de pois en Algérie, sont essentiellement les stress hydrique, thermique et salin (Dita *et al.*, 2006). En effet, en Algérie les grandes superficies cultivées se situent dans les zones arides et semi-arides qui sont caractérisées par un manque d'eau et des températures élevées (Gaidi, 2023).

La sécheresse sévissant en Algérie expose les cultures aux stress hydrique et thermique. De plus, ces stress sont aggravés par le réchauffement climatique (Tafiel, 2016). L'Algérie est classée à la 29^{ème} place sur un total de 44 pays exposés à un très grave stress hydrique dans les années à venir (Gaidi, 2023).

En Algérie, les facteurs qui contribuent à l'extension du phénomène de salinisation des terres sont liés à l'aridité du climat qui concerne plus de 95% du territoire, la qualité médiocre des eaux d'irrigation, le système de drainage souvent inexistant ou non fonctionnel, et la conduite empirique des irrigations, le fort ensoleillement et la faible pluviométrie font accumuler les sels dissous en surface (Mermoud, 2006).

Les stress hydriques salin et thermique affectent négativement la germination de la majorité des espèces végétales (Fauchaux, 2022). Le manque d'eau diminue la germination des espèces cultivées et réduit leur survie au cours des stades précoces de levée et de développement (Feliachi *et al.*, 2001). La germination des plantes, qu'elles soient halophytes ou glycophytes, est, également, affectée par la salinité (Hafeez *et al.*, 2017). Selon l'espèce, l'effet dépressif peut être de nature osmotique ou toxique (M'barek *et al.*, 2001). Et Hawker et Jenner (1993) suggèrent que les hautes températures inhibent la germination des graines en limitant la disponibilité d'énergie et des hydrolysats.

Le recours à la culture de variétés tolérantes à ces différents stress, qui seront aggravés dans le futur par le réchauffement climatique, est l'une des solutions proposées pour améliorer les rendements et réduire la dépendance alimentaire de notre pays envers les importations (Tafiel, 2016).

Dans le cadre de ce mémoire, nous avons évalué le comportement, au stade de germination, de deux variétés étrangères de pois, Reyna originaire de Turquie et Utrillo originaire de la Nouvelle Zélande, cultivées en Algérie, face aux trois stress abiotiques cités précédemment : hydrique, thermique et salin. Les résultats obtenus permettraient la caractérisation de ces variétés face à ces stress en variété sensible ou tolérante.

Notre mémoire est divisé en trois chapitres :

- le premier chapitre est une synthèse bibliographique sur les stress étudiés (hydrique, thermique et salin) et leurs effets sur les plantes
- le deuxième chapitre est consacré aux matériels et méthodes utilisés.
- le troisième chapitre est consacré aux résultats obtenus suivie d'une discussion.

Ce mémoire est clôturé par une conclusion générale où sont recensés les principaux résultats obtenus

Chapitre 1 : Analyse Bibliographique

1-La Germination 1-

Définition :

La germination est 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 favorable (Hopkins, 2003). 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 graine a germé, lorsque la radicule a percé les enveloppes.

2- Conditions de germination

1-Les conditions internes de la germination :

Ces facteurs sont d'ordre structurel et fonctionnel, se rapportant à la qualité de déroulement des différentes phases de sa formation et sa maturité physiologique ; ils englobent la longévité et la maturité des graines (Heller *et al.*, 2004).

La longévité se définit par le temps maximal durant lequel les graines demeurent capables de germer et de donner des plantules viables (Heller *et al.*, 2004).

La maturité d'une graine est atteinte lorsque ses parties constitutionnelles ; enveloppes séminales et amande (tissus de revêtement de l'embryon) sont morphologiquement complètement différenciées (Heller *et al.*, 2004).

2-2- Les conditions externes de la germination :

La graine exige la réunion de conditions extérieures favorables à savoir l'eau, l'oxygène, la température et la lumière (Soltner, 2007).

2-2-1-L'eau :

La germination exige obligatoirement de l'eau, celle-ci doit être apportée à l'état liquide, pour être en solution dans les réserves de la graine, pour être utilisée par l'embryon et provoquer le gonflement des cellules, puis leurs divisions (Soltner, 2007).

La plupart des graines ont besoin d'une quantité d'eau équivalente à leur poids sec pour réussir à germer (Bonner, 2002).

2-2-2-L'oxygène :

Selon Mazliak (1982), La germination exige obligatoirement de l'oxygène, une faible quantité peut être suffisante pour permettre la germination. D'après Meyer *et al.* (2004),

l'oxygène permet la production de l'énergie nécessaire aux enzymes hydrolytiques pour décomposer les réserves alimentaires stockées.

2-2-3-La température :

La température exerce deux actions : directe par augmentation de la vitesse des réactions biochimiques impliquées dans la germination (c'est la raison pour laquelle il suffit d'élever la température de quelques degrés pour stimuler la germination) et indirecte par effet sur la solubilité de l'oxygène dans l'embryon (Mazliak, 1982).

2-2-4-La lumière :

La lumière agit de manière différente sur les espèces, elle inhibe la germination des graines à photosensibilité négative et stimule celles à photosensibilité positive alors que certaines sont indifférentes à la lumière (Anzala, 2006).

Les graines à photosensibilité positive, ne pouvant germer que si elles ont été exposées longtemps à la lumière, sont majoritaires et représentent 70% des semences, celles à photosensibilité négative ne peuvent germer qu'à l'obscurité (à une certaine profondeur dans le sol) représentent 25% des graines et les graines indifférentes sont rares (Heller, 1998).

3-Les phases de la germination :

La germination se déroule en trois phases, selon Côme (1982) (Figure 1).

1-La phase d'imbibition :

C'est la première phase qui est un phénomène d'entrée rapide et passif d'eau, elle se déroule même si la graine n'est pas viable, et cette entrée d'eau est accompagnée d'une augmentation de la consommation d'oxygène attribuée à l'activation des enzymes mitochondriales (Hopkins, 2003).

3-2-La phase de germination au sens strict :

C'est la deuxième phase, caractérisée par une diminution de l'entrée d'eau et une consommation stable de l'oxygène (Rajjou *et al.*, 2004). La présence d'eau et d'oxygène permet l'activation des processus respiratoires et mitotiques, et les synthèses protéiques sont facilitées car la graine renferme toute la machinerie nécessaire, en particulier des ARNm qui sont accumulés (Rajjou *et al.*, 2004). L'eau rend mobiles et actives les phytohormones hydrosolubles en stock dans la graines (Soltner, 2007).

La phase de germination au sens strict se termine avec la percée du tégument par la radicule, rendue possible grâce à l'allongement des cellules (Heller *et al.*, 2004).

3-3-La phase de croissance :

C'est une phase post-germinative, caractérisée par une reprise de l'absorption de l'eau et une élévation de la consommation d'oxygène suivie rapidement par une reprise des divisions et grandissement cellulaires ; elle correspond, donc, à un processus de croissance affectant la racicule puis la tigelle (Hopkins, 2003).

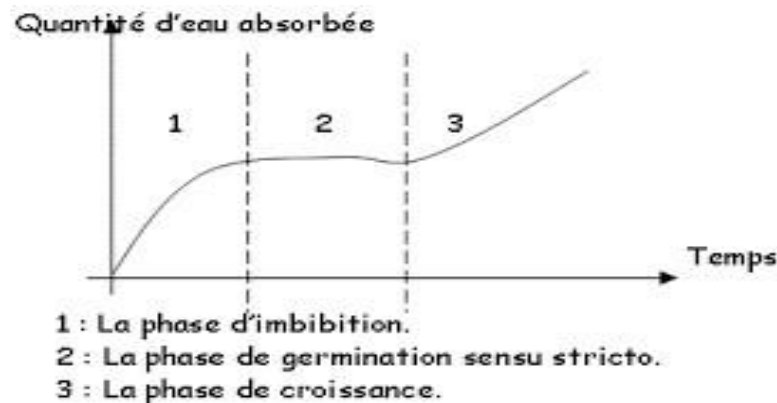


Figure 1 : Les différentes phases de la germination (Côme, 1982)

2-Le stress

1-Définition :

Le stress est l'ensemble des perturbations physiologiques ou pathologiques provoquées dans un organisme par des agents biotiques (virus, bactérie, champignon...) ou abiotiques (salinité, sécheresse, température, pollution, ...) (Maarouf et Raynaud, 2007). Un stress peut l'être pour une plante sans l'être pour une autre (Vincet, 2006).

Les plantes sont généralement soumises à des stress qui se traduisent par des changements morphologiques, physiologiques, biochimiques et moléculaires qui affectent négativement sa croissance et sa productivité (Araus *et al.*, 2002). En effet, les plantes se trouvent rarement dans des conditions environnementales optimales, elles se trouvent souvent dans des conditions extrêmes qui les amènent à la limite de la survie (Araus *et al.*, 2002).

2 –Les différents types de stress abiotiques :

2-1-Le Stress hydrique :

Le stress hydrique peut-être provoqué par un déficit hydrique ou un excès d'eau (Boyer, 1982).

Le stress hydrique par déficit hydrique est l'un des stress environnementaux les plus importants, affectant la productivité agricole autour du monde et il est considéré comme un problème sérieux dans beaucoup d'environnements arides et semi-arides, où les plantes sont soumises à des périodes plus ou moins longues de déficit hydrique (Boyer, 1982).

On assiste à un stress hydrique lorsque la demande en eau de la plante dépasse la quantité disponible pendant une certaine période ou lorsque sa mauvaise qualité en limite l'usage (Madhva Rao *et al.*, 2006). Il peut être défini comme le rapport entre la quantité d'eau nécessaire à la croissance de la plante et la quantité d'eau disponible dans son environnement, sachant que la réserve d'eau utile pour la plante est la quantité d'eau du sol accessible pour son système racinaire et la demande en eau de la plante est déterminée par le niveau de transpiration ou évapotranspiration, ce qui inclut les pertes d'eau tant au niveau des feuilles qu'au niveau du sol (Laberche, 2004).

Le déficit hydrique peut être provoqué par d'autres conditions environnementales telles qu'une salinité élevée dans le sol et des températures élevées ou basses, essentiellement (Madhva Rao *et al.*, 2006).

2-2- Le stress thermique :

Chaque espèce végétale possède une température optimale de croissance et de développement (Haichour, 2009).

Le stress thermique peut être provoqué par des températures extrêmes, assez hautes ou basses, pendant un temps suffisant pour qu'elles endommagent irréversiblement la fonction ou le développement des plantes ; celles-ci peuvent être exercées de jour ou de nuit, par l'air chaud ou froid ou par les températures élevées du sol (Haichour, 2009).

3-Le stress salin :

La salinité élevée des sols, due essentiellement au chlorure de sodium, affecte le tiers des terres à l'échelle mondiale et constitue un facteur limitant prépondérant de la production végétale (Drevon *et al.*, 2001). La salinité se rencontre dans de nombreuses zones arides et semi arides du bassin méditerranéen (Drevon *et al.*, 2001).

Les effets des stress hydrique, salin et thermique sur la germination :

La sensibilité des plantes aux stress abiotiques tels que les stress hydrique, thermique et salin est très variable (Hopkins, 2003).

3-1- Effet du stress hydrique sur la germination :

Le manque d'eau affecte grandement la germination des espèces cultivées et réduit leur survie au cours des stades précoces de levée et de développement (Feliachi *et al.*, 2001).

En absence d'humidité suffisante, la graine ne germe pas, retardant ainsi la levée de la culture et en cas de persistance du manque d'eau, la situation peut se traduire par une absence totale de levée (Feliachi *et al.*, 2001).

Le déficit hydrique affecte le métabolisme des carbohydrates en perturbant le fonctionnement enzymatique impliqué dans ce processus (Ingram *et al.*, 1996). De nombreux gènes contrôlant le métabolisme des sucres simples sont régulés par les variations de l'hydratation cellulaire (Bray *et al.*, 1989). L'hydrolyse de l'amidon et la libération des sucres réducteurs énergétiques constituent une étape incontournable dans le déroulement de la germination, mais indirectement la disponibilité des carbohydrates pendant cette phase assure un rôle de protection contre le déficit hydrique. Ils constituent les principaux osmolytes impliqués dans l'ajustement osmotique, assurent une protection des macromolécules essentiellement membranaires (Bray *et al.*, 1989).

Les systèmes enzymatiques responsable dans le fonctionnement physiologique de la germination des graines sont perturbés par le stress hydrique, par la diminution de leurs activité hydrolytique (Khemiri *et al.*, 2004).

Le stress hydrique chez le pois est considéré comme le facteur limitant le plus important pour sa germination et son rendement, en affectant chaque année à la fois la quantité et la qualité des récoltes (Dita *et al.*, 2006).

Le stress hydrique peut affecter les hydrolases en altérant leurs structures et leur fonction, par le stress oxydant qu'il induit. Ce qui peut entraîner une diminution de leur activité enzymatique, cela peut perturber les processus métaboliques et biochimiques des cellules (Velasco *et al.*, 1989).

3-2- Effet de stress thermique sur la germination :

La germination des graines est très affectée par les températures élevées de 40°C car elles sont exposées à un stress oxydatif qui provoque des modifications et des dommages dans les constituants des membranes telles que la peroxydation des lipides et la dénaturation des membranes, ce qui altère leur structure et leur fonction (Pukacka *et Wojkiewicz*, 2003).

Hawker *et Jenner* (1993) suggèrent que les hautes températures inhibent la germination des graines en limitant la disponibilité d'énergie et des hydrolysats, événement conséquent d'un retard et d'une inhibition de la synthèse et l'activité des enzymes hydrolytiques. La respiration, l'hydrolyse des réserves et les activités enzymatiques demeurent sous la dépendance de la température (khemiri *et al.*, 2004).

Le stress thermique peut avoir un impact significatif sur la germination des pois, les pois sont généralement des graines à germination rapide, mais elles sont sensibles aux températures élève supérieure à 30°C (Dita *et al.*, 2006).

3-3-Effet du stress salin sur la germination :

Plusieurs études ont montré que le sel a un effet dépressif sur le taux de germination, sur la croissance biologique et sur la production des grains (M'barek *et al.*, 2001).

La germination des plantes, qu'elles soient halophytes ou glycophytes, est affectée par la salinité (Hafeez *et al.*, 2017). Selon l'espèce, l'effet dépressif peut être de nature osmotique ou toxique (M'barek *et al.*, 2001).

L'effet osmotique : est dû à l'augmentation de la pression osmotique de l'eau d'imbibition qui est trop élevée induisant une diminution ou un arrêt de l'absorption de l'eau par la graine pour permettre sa germination (Katembe *et al.*, 1998).

L'effet toxique : est lié à une accumulation cellulaire de sels qui provoquent des perturbations des enzymes impliquées dans la physiologie des graines en germination, empêchant la levée de dormance des embryons et conduisent à une diminution de la capacité de germination (Rejili *et al.*, 2006).

La sensibilité à la salinité des graines peut être expliquée par leur inaptitude à enclencher les mécanismes de mobilisation des réserves de nature glucidique et protéiques de la graine chez les légumineuses en présence du sel (Hafeez *et al.*, 2017). Lachhab *et al.* (2013) ont signalé une inhibition de l'activité et de l'expression des protéases chez les graines sous stress salin. L'effet du sel peut aussi s'exercer sur le transport des produits de l'hydrolyse des réserves vers l'embryon (Hafeez *et al.*, 2017).

Chez les graines de pois, la réduction de la capacité germinative est due à l'impact du sel sur les processus métaboliques qui se produisent lors de l'imbibition de la graine par perturbation des systèmes enzymatiques impliqués dans les différentes fonctions physiologiques de la graine en germination (Levent *et al.*, 2008).

4-Présentation du Pois :

Le pois est originaire du Proche Orient méditerranéen et les premières traces de sa culture sont en Irak et en Turquie (Mackee, 1994). Il représente un légume dont les qualités nutritives, gustatives et culinaires sont très élevées ce qui a conduit à une extension rapide de sa culture dans les différentes régions du monde (Mackee, 1994).

4-1-Classification du Pois :

Le pois est une plante annuelle, de la famille des Fabacée (couramment appelée Légumineuses). Sa classification botanique est comme suit (USDA, 2008) :

Règne : Plantae (Plantes).

Sous-règne : Tracheobionta (plantes vasculaires).

Embranchement : Spermatophyta (plantes à graines).

Sous Embranchement : Magnoliophyta.

Classe : Magnoliopsida (Dicotylédones).

Sous-classe : Rosidae.

Ordre : Fabales.

Famille : Fabaceae.

Sous-famille : Papilionoideae.

Genre : *Pisum*.

Espèce : *Pisum sativum* L.

L'espèce *P. sativum* est divisée en trois sous espèces : *P. sativum elatius*, *P. sativum arvense* Poirb et *P. sativum hortense* Asch (Srarfi Ben Ayed *et al.*, 2017) dont chacune est divisée en plusieurs variétés. Le nombre de variétés appartenant au pois, les variétés Reyna et Utrillo.

4-2-Description morphologique :

Pisum sativum, est une plante herbacée dont la morphologie est variable en fonction de la variété, du type de sol et des conditions climatiques (Nyabyenda, 2005).

4-2-1- Le système racinaire :

L'enracinement du pois est assez développé puisque les racines peuvent atteindre 60 cm à 80 cm de profondeur en fin de floraison. Son système racinaire est formé d'un pivot relativement peu développé avec des racines secondaires voire tertiaires où on peut noter la présence de nodosités, associations symbiotiques avec des bactéries fixatrices de N₂ (Marion, 2019).

4-2-2- Le système aérien :

L'appareil aérien est constitué d'une tige principale et de ramifications issues des bourgeons latéraux portant des fleurs puis des fruits contenant des graines (Christian, 2019).

-Les tiges : Elles sont herbacées, grêles et creuses, arrondies ou légèrement anguleuses, d'une hauteur variable (0,25 à 2 m) (William-G, 2003).

-Les feuilles : Elles sont alternes, composées-pennées avec deux grandes stipules foliacées (Elzebroek et Wind, 2008).

-Les Fleurs : Elles naissent à l'aisselle des feuilles portées par des pédoncules de longueur variable supportent une à trois fleurs, elles ont une taille de 3 à 4 cm de long, les feuilles de petit pois elles sont généralement blanches (Lalumière *et al.*, 1996).

- Le Fruit : Il est de type gousse (ou légume) longue de 4 à 11 cm ; la gousse contient 5 à 10 graines globuleuses, lisses et non marbrées qui possèdent des réserves en amidon et en protéines (Foury, 1994).

4-3- Les exigences agro- écologiques de la plante :

4-3-1-Les exigences climatiques :

Le pois exige un climat frais relativement humide et il se développe à des altitudes élevées dans les tropiques avec des températures de 7 à 10 °C (Duc, 1981). Il tolère le gel à jusqu'à -2 °C (Slinkard *et al.*, 1994). Les températures optimales pour les périodes végétatives et reproductrices du pois sont de 21 à 16°C et de 16 à 10 °C jour et nuit respectivement (Duc, 1981). Une température qui dépasse 25C° influence négativement la germination (Tamindzic *et al.*, 2023).

Le pois est une plante qui a besoin de la pleine lumière pour accomplir son cycle végétatif (Sikerdji, 2002).

Le pois craint l'excès d'humidité et la sécheresse (Sikerdji, 2002). Les cultures de pois doivent être irriguées ou installées sur des terrains où la nappe phréatique est proche sans toutefois trop irriguer durant la phase de floraison, car cela provoquerait la chute des fleurs (Sikerdji, 2002).

4-3-2-Les exigences pédologiques :

Le pois exige un pH entre 5,5-7,6 (Fardaous,2015), craint le calcaire (Sikerdji, 2002) et est peu exigeante en matière organique (Luc, 2021).

Le pois préfère les sols légers frais et sain sinon ils germent difficilement et leurs graines durcissent (Fardaous,2015).

La fixation symbiotique du N₂ dans le système racinaire du pois commence 30 jours après le semis et se poursuit pendant environ 60 jours (Larue et Patterson, 1981). La quantité d'azote fixée varie largement avec les cultivars et les conditions de croissance de la culture (Larue et Patterson, 1981).

4-4- Production de Pois en Algérie :

En Algérie, le pois a été cultivé avant 1830 en Kabylie (Laumont et chevassus, 1960). La culture a eu un développement important à partir de 1945 et elle a connu par la suite un essor remarquable de 1947 à 1952 (Laumont et chevassus, 1960). Sa culture est répandue sur tout le

territoire national mais il est surtout cultivé sur les plaines côtières et les zones sublittorales et il occupe la 3ème place parmi les légumes secs (Maatougui, 1996).

Chapitre 2 : Matériel et Méthodes

L'expérimentation est réalisée au laboratoire d'Ecophysiologie végétale du département de Biologie, de la faculté des Sciences Agronomiques et des Sciences Biologiques, à l'université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. L'objectif de notre travail est de tester l'aptitude du Pois à germer sous différents stress abiotiques (salin, hydrique et thermique).

1-Matériel Végétal :

Nous avons évalué le comportement au stade de germination, de deux variétés de Pois (*Pisum sativum* L.) commercialisées en Algérie : Reyna originaire de Turquie et Utrillo originaire de la Nouvelle Zélande, face à différents stress abiotiques.

Les graines ont été achetées de la ville de Tizi-Ouzou en Février 2024 et proviennent des récoltes du mois d'Août 2023. Elles ont été traitées au fongicide systémique Métalaxyl-M (appartenant à la famille des Acylalanines) avant leur commercialisation (Figure 2). Elles étaient maintenues dans des bocaux en verre jusqu'à leurs utilisations.



Figure 2 : Graines des variétés Reyna (a) et Utrillo (b) de de *Pisum sativum* L.

2-Méthodes :

Nous avons évalué l'influence de trois stress abiotiques : hydrique, salin sur la germination des deux variétés de pois Reyna et Utrillo. On a utilisé des concentrations pour créer les mêmes potentiels pour qu'on puisse comparer entre les deux stresses.

Les potentiels hydriques testé sont édentique a ceux testé avec le Mannitol pour le stress hydrique.

et le stress thermique sur la germination de la variété Reyna uniquement.

1-Application des stress :

2-1-1-Application du stress hydrique :

Nous avons testé différentes intensités de stress hydrique par utilisation de différentes concentrations de Mannitol, provoquant différentes pressions osmotiques donc différents potentiels hydriques dans le milieu de germination des graines (Tableau 1)

Tableau 1 : Les concentrations de Mannitol utilisées et les potentiels hydriques induits (Sosa *et al.*, 2005)

Solution Mannitol (mol/l)	Potentiel hydrique (MPa)
0,1	-0,4
0,180	-0,8
0,340	-1,2
0,425	-1,5
0,540	-1,9
0,610	-2,2

2-1-2-Application du stress salin :

Nous avons, également, testé différentes intensités de stress salin par utilisation de différentes concentrations de NaCl, provoquant différents potentiels hydriques dans le milieu de germination des graines (Tableau 2).

Tableau 2 : Les concentration de NaCl et de potentiel hydrique utilisées (Sosa *et al.*, 2005)

Concentration NaCl (mol/l)	Potentiel hydrique (MPa)
0,1	-0,4
0,2	-0,8
0,3	-1,2
0,4	-1,5
0,5	-1,9
0,6	-2,2

2-1-3-Application du stress thermique :

Nous avons évalué l'effet de différentes températures sur la germination des graines de la variété Reyna. Pour cela, nous avons mis à germer les graines dans de l'eau distillée dans des étuves à 20, 25, 30, 35 et 40C°.

2-2-Mise en germination :

Les tests de germinations sont effectués dans des boites de Pétri stériles de 9 cm de diamètre. Pour chaque variété, tapissée de trois couches de papier filtre nous avons utilisé un volume de 20ml par boite de Pétri :

- 20 ml d'eau distillée pour les témoins Reyna et Utrillo

-d'eau distillée pour les graines de la variété Reyna mises à germer à 20, 25, 30, 35 et 40°C pour évaluer le stress thermique

-des différentes solutions de Mannitol pour Reyna et Utrillo pour évaluer l'effet du stress hydrique.

-des différentes concentrations de NaCl pour Reyna et Utrillo pour évaluer l'effet du stress salin

Nous avons ensuite disposé les graines à l'intérieur de ces différentes boîtes, à raison de 15 graines par boîte, et pour chaque test nous avons réalisé cinq répétitions (boîtes).

Les graines témoins et celles soumises aux stress hydrique et salin des deux variétés sont mises à germer à 20 °C. Les graines de la variété Reyna sont mises à germer à différentes températures pour évaluer l'effet du stress thermique.

Evaluation des paramètres de germination :

3-1- La cinétique de germination :

La cinétique de germination a été évaluée par le calcul des taux de germination quotidiennement pendant 15 jours afin d'identifier les effets sur les différentes phases de la germination.

3- 2-Les taux de germination :

Nous avons calculé le taux de germination des graines des différents tests après 15 jours de mise en germination selon la formule suivante (Mazliak, 1984) :

$$TG (\%) = Ni \times 100/Nt$$

TG : Taux de germination

Ni : Nombre des graines germées

Nt : Nombre total de graines/ boîte

3-3-Le temps moyen de germination :

Nous avons calculé le temps moyen de germination des graines après 15 jours de mise en germination selon la formule suivante (Côme, 1970) :

$$TMG (\%) = (N_1T_1 + N_2T_2 + \dots N_nT_n) / (N_1 + N_2 + \dots N_n)$$

N1 : nombre de graines germées au temps T1

Nn : nombre de graines germées entre le temps Tn-1 et le temps Tn

T : nombre total de jours d'observation

4-Analyse statistique :

Les résultats de tous les tests de germination effectués (stress hydrique, thermique et salin) ont été traités statistiquement par le test Anova en cas de conformité à la loi normale sinon le test de Kruskal-Wallis suivi par un test post-hoc (Newman et keuls).

Chapitre 3 : Résultats et discussion

Résultats :**1-Effet du stress hydrique induit par le Mannitol sur la germination des variétés Reyna et Utrillo de pois :****1-1- Effet sur la cinétique de germination :**

Les courbes illustrant la cinétique de germination des graines de Reyna et Utrillo témoins et traitées aux différentes concentrations de Mannitol montrent trois phases différentes (Figure 3 et 4) :

-Une première phase de latence qui correspond au temps nécessaire pour l'imbibition des graines.

-une deuxième phase exponentielle durant laquelle la vitesse de germination augmente jusqu'à atteindre une valeur maximale.

-et une phase constante, stationnaire où aucune germination n'est enregistrée.

La phase de latence est identique et dure deux jours chez les témoins et avec toutes les concentrations de Mannitol testées chez les deux variétés à l'exception de la concentration 0,34 mol/l chez Utrillo où elle dure une journée.

Les durées de la phase exponentielle sont, cependant, différentes entre les deux variétés et les différentes concentrations de Mannitol appliquées :

-elle dure chez les témoins du deuxième au neuvième jour chez Reyna, et jusqu'au huitième jour chez Utrillo.

-chez la variété Reyna, aux concentrations de 0,1mol/l, 0,340mol/l, et 0,510mol/l de Mannitol, la durée de cette phase est identique à celle du témoin (du deuxième au neuvième jour). A la concentration de 0,180mol/l, cette phase est plus longue que chez le témoin et s'étale jusqu'au dixième jour. Les fortes concentrations de 0,424 et 0,610mol/l montrent des durées inférieures à celle du témoin et s'étalent jusqu' au cinquième et sixième jour respectivement.

-elle est plus courte chez les graines de la variété Utrillo stressées ; les durées sont toujours inférieures à celle du témoin ; elle s'étale du deuxième au cinquième jour pour les concentrations de 0,1 mol/l, 0,180 mol/l, 0,425mol/l et 0,540mol/l, jusqu'au quatrième jour pour 0,610mol/l et jusqu'au troisième jour pour 0,340mol/l.

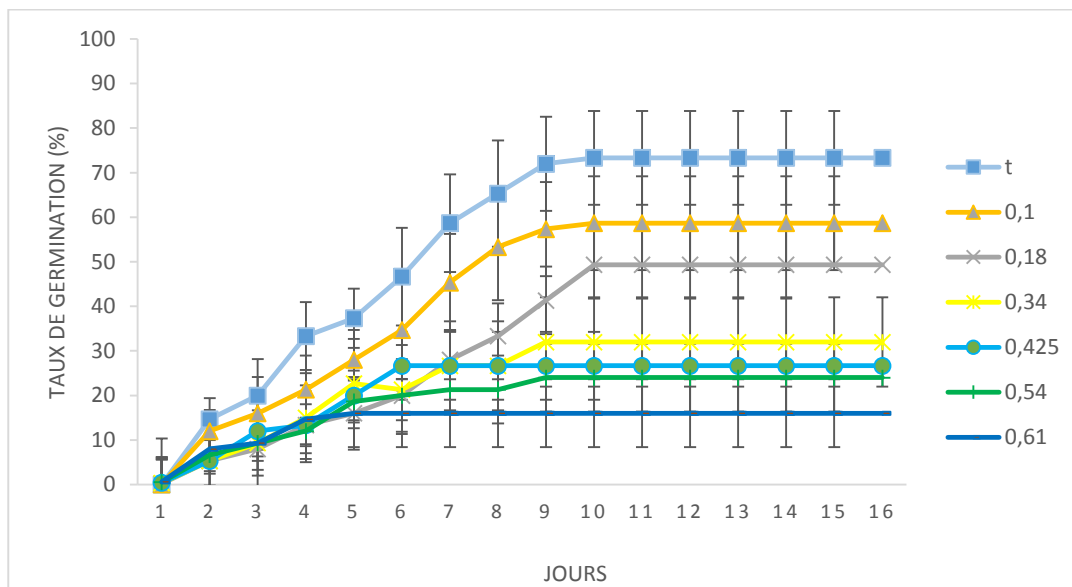


Figure 3 : Effet de différentes concentrations de Mannitol sur l'évolution des taux de germination, au cours du temps, de la variété Reyna de pois

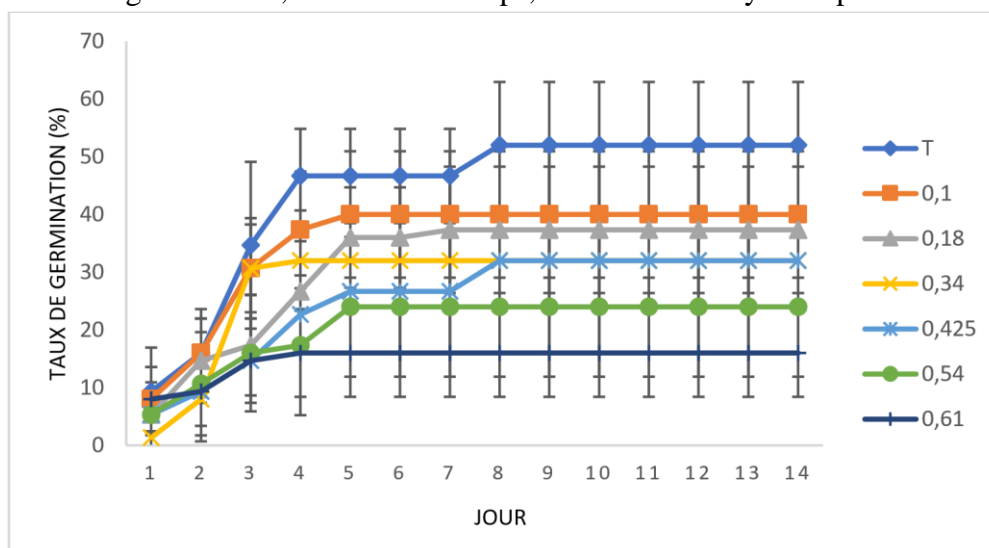


Figure 4 : Effet de différentes concentrations de Mannitol sur l'évolution des taux de germination, au cours du temps, de la variété Utrillo de pois

1-2- Effet sur le taux de germination (TG) :

Les Figures (5 et 6) montrent les résultats des TG des graines de Reyna et Utrillo en réponse à l'augmentation de la concentration de Mannitol dans le milieu d'imbibition. Les TG les plus élevés sont obtenus chez les témoins et sont de 74% chez Reyna et de 53% chez Utrillo. Nous remarquons une diminution des TG avec l'augmentation de la concentration de Mannitol et les plus faibles TG sont enregistrés avec la concentration la plus élevée de Mannitol (0,610mol/l) chez Reyna (19%) et chez Utrillo (15%). Ces diminutions sont statistiquement très hautement significatives chez les deux variétés.

Cependant ces taux sont faibles est inférieur à ceux indiquée sur les emballages des 2 variétés (96%).

Chez Reyna, le test de Newman et keuls réalisé après Anova a révélé l'existence de cinq groupes homogènes (Figure 5).

Pour la variété Reyna :

Groupe a : représenté par les témoins

Groupe b : regroupant les concentrations 0,1mol/l et 0,180mol/l

Groupe c : représenté par la concentration 0,340mol/l

Groupe cd : regroupant les concentrations 0,425mol/l et 0,540mol/l

Groupe d : représenté par la concentration 0,610mol/l

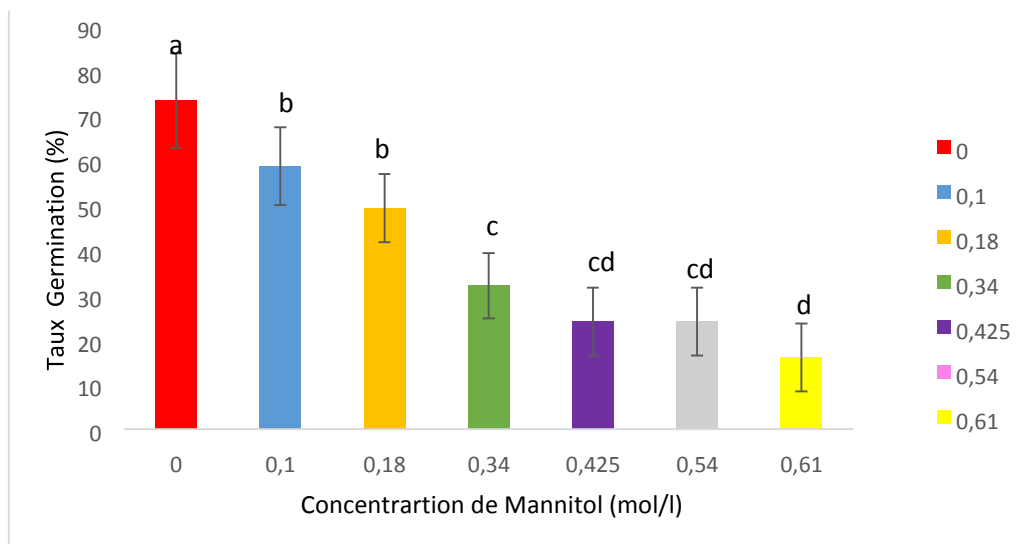


Figure 5 : Effet de différentes concentrations de Mannitol sur le taux de germination de la variété Reyna de pois, après 15 jours de mise en germination.

Chez Utrillo, quatre groupes homogènes sont identifiés par le test de Newman et keuls :

Groupe a : représenté par le témoin

Groupe ab : regroupant les concentrations 0,1mol/l et 0,180mol/l

Groupe bc : regroupant les concentrations 0,340mol/l, 0,425mol/l et 0,540mol/l

Groupe c : représenté par la concentration 0,610mol/l

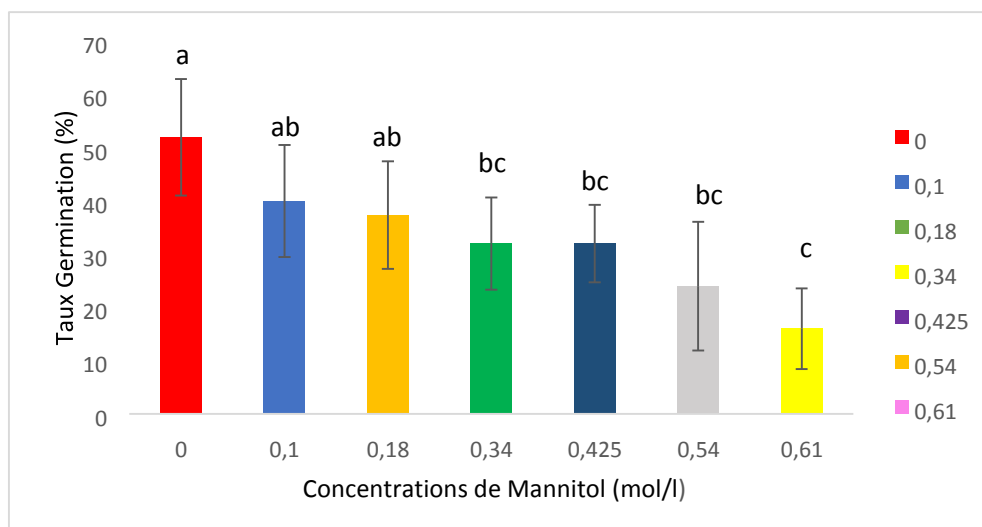


Figure 6 : Effet de différentes concentrations de Mannitol sur le taux de germination de la variété Utrillo de pois, après 15 jours de mise en germination.

1-3- Effet sur le temps moyen de germination (TMG):

Le stress hydrique appliqué n'a pas eu le même effet sur ce paramètre physiologique, chez les deux variétés (Figures 7 et 8).

Chez la variété Reyna, les TMG diminuent avec l'augmentation des concentrations de Mannitol, d'une manière hautement significative à l'exception de 0,180mol/l (Figure 7). Le test Anova d'après le test Post-hoc Newman et keuls a distingué cinq groupes homogènes :

Groupe a : représenté par la concentration 0,180mol/l

Groupe ab : regroupant le témoin et 0,1mol/l

Groupe b : représenté par 0,340mol/l

Groupe bc : regroupant les concentrations 0,425mol/l et 0,540mol/l

Groupe c : représenté par 0,610mol/l

Chez la variété Utrillo, toutes les concentrations testées n'ont eu aucun effet sur le TMG (Figure 8).

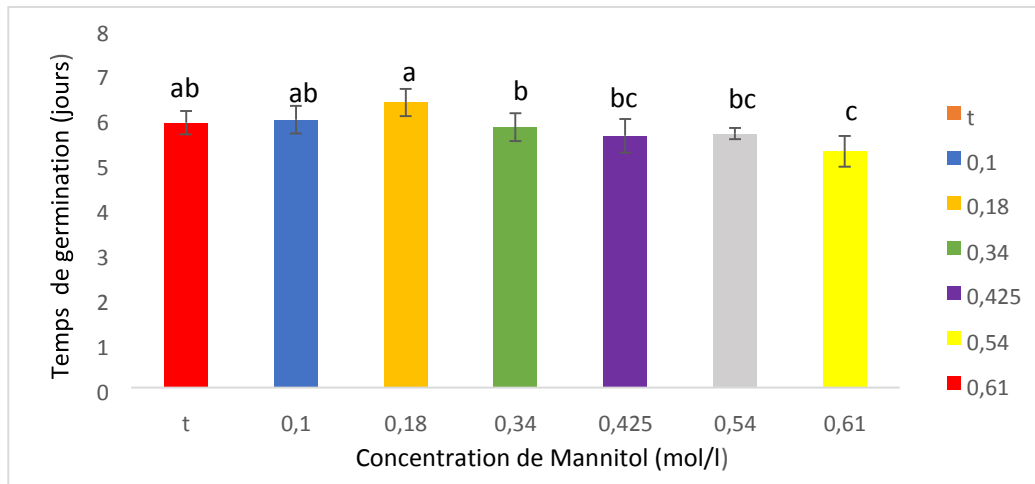


Figure 7 : Effet de différentes concentrations Mannitol sur sur le temps moyen de germination de la variété Reyna de pois, après 15 jours de mise en germination

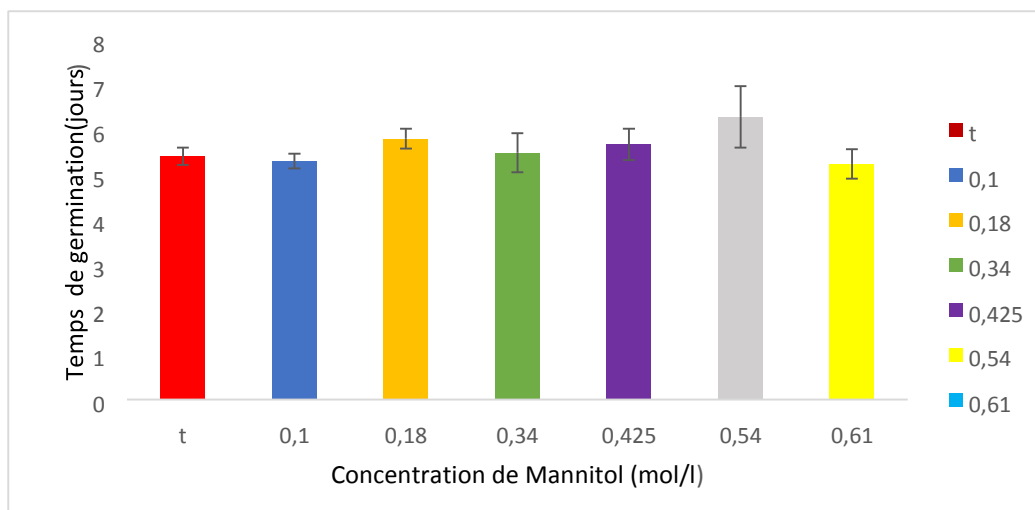


Figure 8 : Effet de différentes concentrations de Mannitol sur le temps moyen de germination de la variété Utrillo de pois, après 15 jours de mise en germination

2-Effet du stress salin induit par le NaCl sur les variétés Reyna et Utrillo de pois :

2-1-Effet sur la cinétique de germination :

Les courbes illustrant la cinétique de germination des graines de Reyna et Utrillo témoins et traitées aux différentes concentrations de NaCl, montrent, comme pour le stress

hydrique, l'existence de trois phases différentes : phases de latence, exponentielle et stationnaire (Figure 9 et 10).

La phase de latence dure 2 jours chez les témoins des deux variétés et chez Utrillo traitée aux différentes concentrations de NaCl et chez Reyna traitée aux concentrations élevées de 0,4, 0,5, 0,6 mol/l

Chez la variété Reyna, la phase exponentielle dure chez le témoin jusqu'au cinquième jour mais elle s'allonge jusqu'au septième jour pour les concentrations de 0,1, 0,3 et 0,4 mol/l de NaCl et jusqu'au huitième jour pour les concentrations de 0,2 et 0,5 mol/l. et jusqu'au sixième jour pour 0,6 mol/l.

Chez la variété Utrillo, la phase exponentielle dure 9 jours chez le témoin et aux concentrations de 0,1 0,3 et 0,4 mol/l mais sa durée diminue aux autres concentrations. A 0,6 mol/l de NaCl, le maximum de germination est atteint au troisième jour.

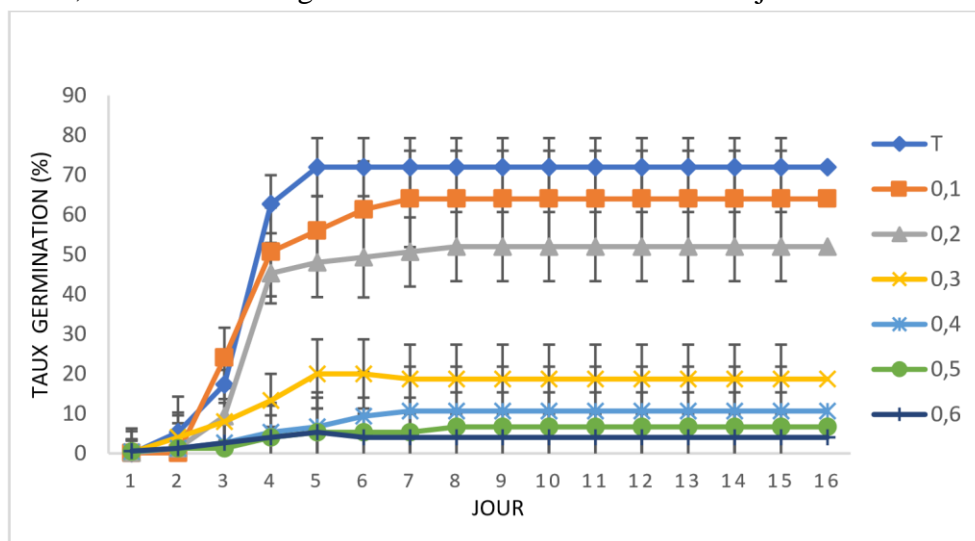


Figure 9 : Effet de différentes concentrations de NaCl sur l'évolution des taux de germination, au cours du temps, de la variété Reyna de pois

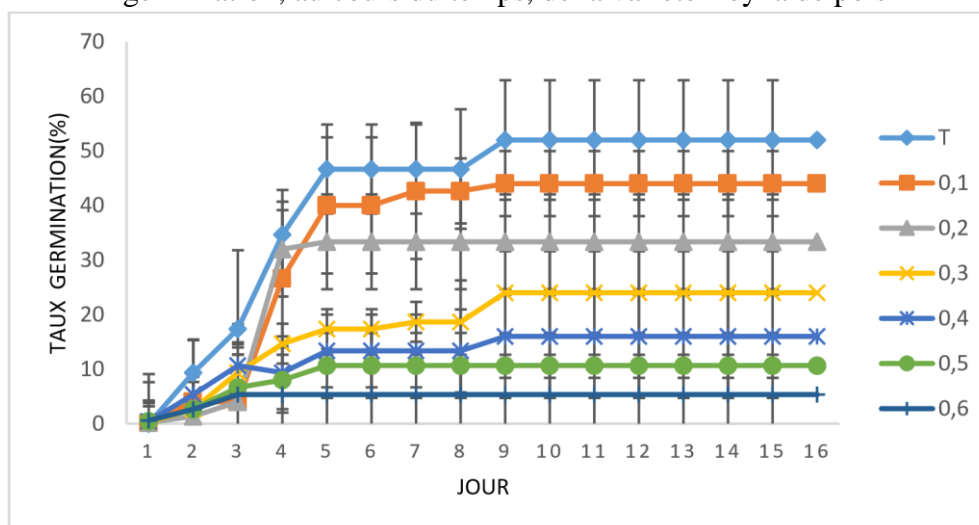


Figure 10 : Effet de différentes concentrations de NaCl sur les taux de germination, au cours du temps, de la variété Utrillo de pois

2-2- Effet sur le taux de germination (TG) :

Nous observons une diminution des taux de germination, chez les deux variétés, à partir de 0,2mol/l de NaCl et les taux de germination les plus faibles sont enregistrés avec la concentration la plus élevée de NaCl testée (0,6 mol/l) et sont de 4% chez Reyna et de 8% chez Utrillo (Figures 11 et 12). Ces diminutions sont statistiquement très hautement significatives.

Le test Kruksal Wallis révèle l'existence de trois groupes homogènes chez la variété Reyna :

Groupe a : regroupant le témoin et la concentration 0,1mol/l

Groupe b : représenté par la concentration de 0,2mol/l

Groupe c : regroupant les concentrations 0,3mol/l, 0,4mol/l, 0,5mol/l et 0,6mol/l

Le test Anova d'après le test post-hoc Newman et keuls, révèle l'existence de cinq groupes homogènes chez la variété Utrillo :

Groupe a : regroupant le témoin et 0,1mol/l

Groupe b : représenté par la concentration 0,2mol/l

Groupe bc : représenté par la concentration 0,3mol/l

Groupe cd : représenté par la concentration 0,4mol/l

Groupe d : regroupant les concentrations 0,5 mol/l et 0,6mol/l

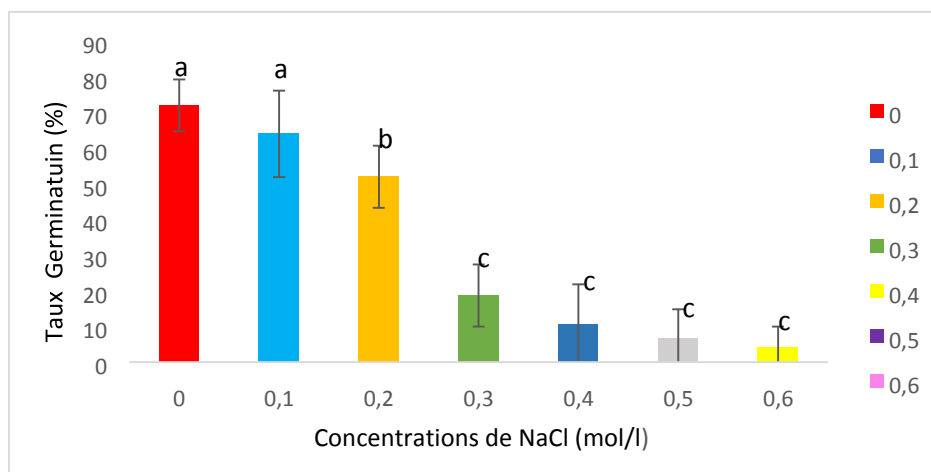


Figure 11 : Effet de différentes concentrations de NaCl sur le taux de germination de la variété Reyna de pois, après 15 jours de mise en germination

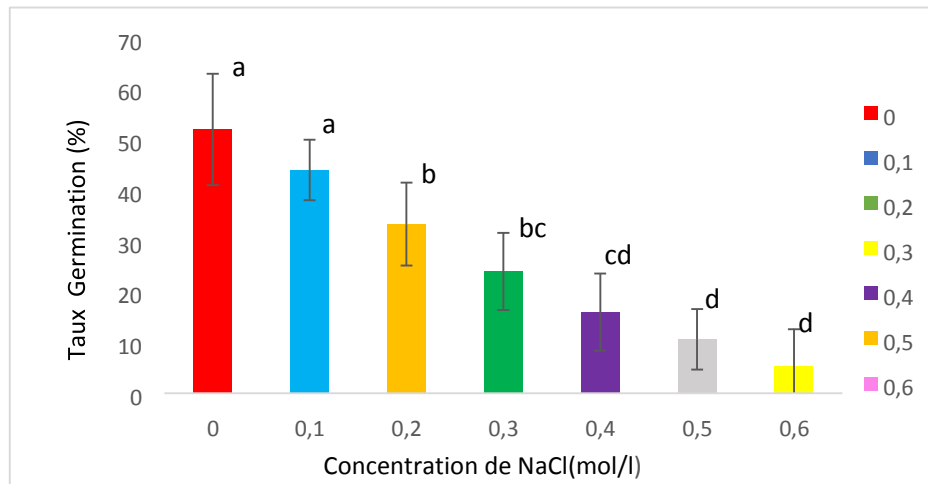


Figure 12 : Effet de différentes concentrations de NaCl sur le taux de germination de la variété Utrillo de pois, après 15 jours de mise en germination

2-3- Effet sur le temps moyen de germination:

Les stress salin appliqué n'exerce pas le même effet chez les deux variétés de pois fourrager (Figures 13 et 14).

Chez la variété Reyna, même si nous constatons une diminution des TMG, donc une accélération de la germination, aux fortes concentrations de NaCl (0,4mol/l , 0,5mol/l et 0,6mol/l), par rapport au témoin, cette diminution n'est pas statistiquement significative.

Chez la variété Utrillo, le stress salin exerce un effet statistiquement significatif sur le TMG uniquement à forte concentration de 0,6mol/l de NaCl. En effet, le test de Newman et keuls, réalisé après Anova a révélé l'existence de deux groupes homogènes :

Groupe a : regroupant le témoin et les concentrations 0,1mol/l 0,2mol/l 0,3mol/l 0,4mol/l 0,5mol/l

Groupe b : représenté par la concentration 0,6mol/l

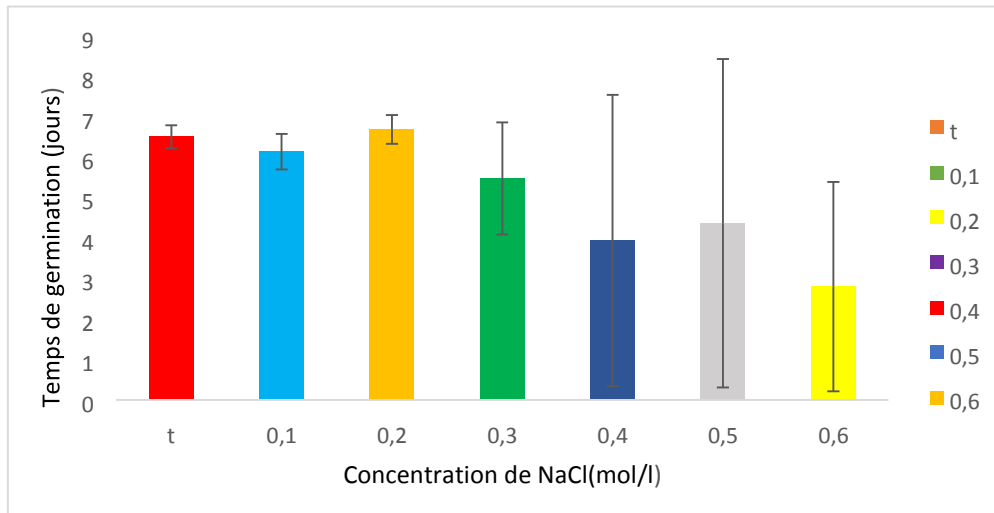


Figure 13 : effet de différentes concentrations de NaCl sur le temps moyen de germination de la variété Reyna de pois, après 15 jours de mise en germination

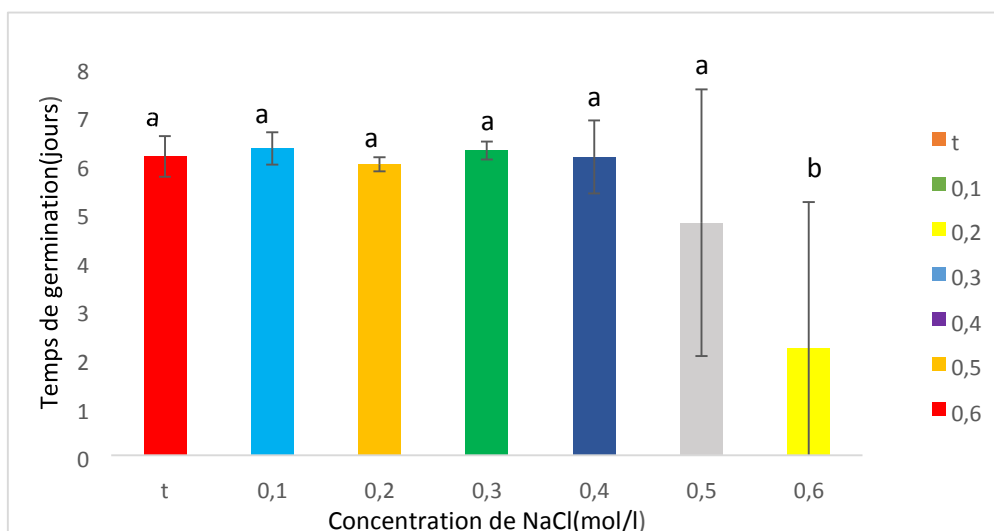


Figure 14 : Effet de différentes concentrations de NaCl sur le temps moyen de germination de la variété Utrillo de pois, après 15 jours de mise en germination

Effet du stress thermique sur la germination de la variété Reyna de pois :

3-1 Effet sur la cinétique de germination :

L'effet des différentes températures testées sur la cinétique de germination de la variété Reyna est représenté sur la figure 15.

La phase de latence est absente à 25°C, 30°C et 35°C ; nous avons enregistré des germinations dès le premier jour après mise en germination. A 40°C, la phase de latence s'allonge et dure deux jours (Figure 15).

La phase exponentielle s'allonge avec l'augmentation de la température ; elle se termine au quatrième jour à 20°C, au sixième jour à 25°C et elle s'étale jusqu'au huitième jour à 30°C et 35°C. A 40°C, la phase exponentielle est courte se terminant au troisième jour mais avec un très faible taux de germination de 4% (Figure 15).

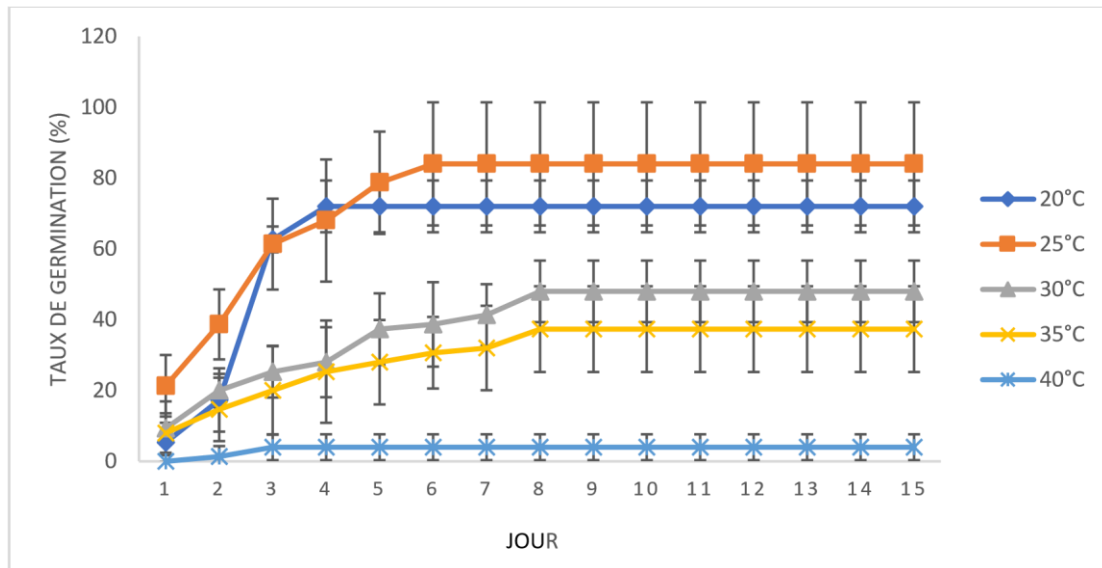


Figure 15 : Effet de différentes températures sur l'évolution de taux de germination, au cours du temps, de la variété Reyna de pois

3-2 Effet sur le taux de germination (TG) :

La Figure 16 représente l'effet des différentes températures testées sur la germination de la variété Reyna. Nous constatons que les taux de germination les plus élevés sont enregistrés à 20°C (76%) et 25°C (83%). Les TG diminuent à partir de 30°C et le plus faible TG est obtenue à 40°C (4%). Selon le test Anova, cette diminution des TG est très hautement significative.

Le test post-hoc Newma et keuls, révèle l'existence de trois groupes homogènes :

Groupe a : regroupant les températures 20°C° et 25°C°

Groupe b : regroupant les températures 30°C° et 35°C°

Groupe c : représenté par la température de 40°C°

Ainsi, 20°C et 25°C sont les températures les plus favorables à la germination de la variété Reyna.

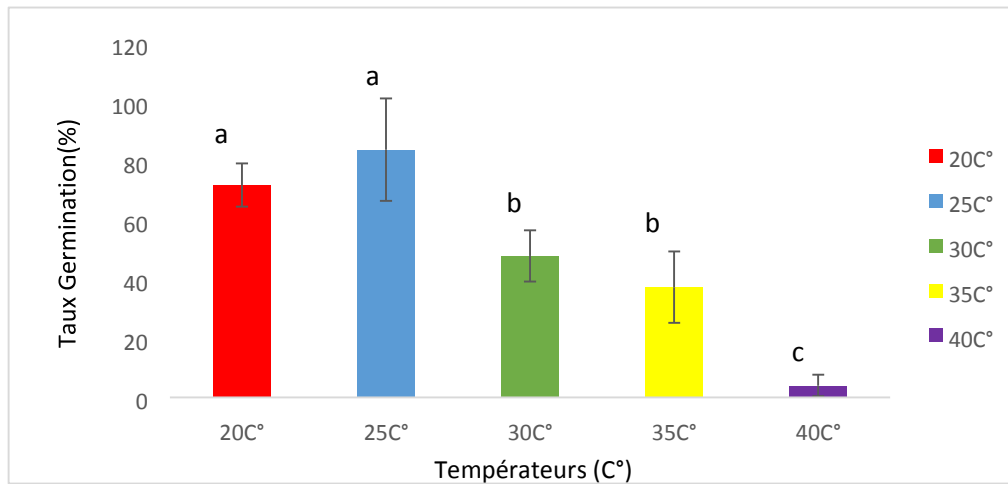


Figure 16 : Effet de différentes températures sur le taux de germination de la variété Reyna de pois, après 15 jours de mise en germination

3-3-Effet sur le temps moyen de germination (TMG) :

D'après la figure 17, le TMG qui est de 6 jours à 20°C et 25°C augmente jusqu'à 6,3 jours à 30°C et 35°C et il diminue jusqu'à 4 jours à 40°C. Cependant, selon le test Anova il y'a pas d'effet significatif sur le temps moyen de germination de la variété Reyna.

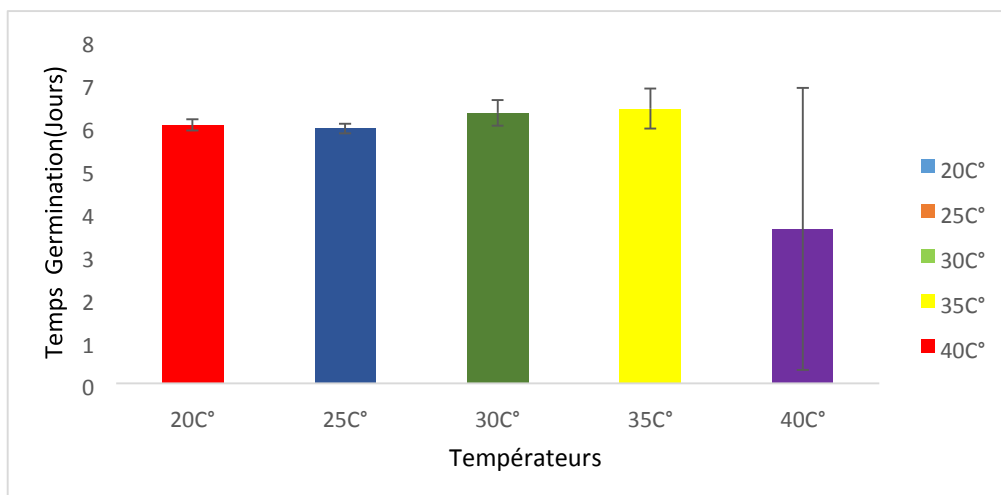


Figure 17 : effet de différentes températures sur le temps moyen de germination de la variété Reyna de pois, après 15 jours de mise en germination

4-Comparaison des effets des stress hydrique et salin sur la germination des variétés Reyna et Utrillo :

4-1- Le taux de germination :

Les réponses des deux variétés Reyna et Utrillo de pois, face aux stress hydrique, induit par le Mannitol et au stress salin induit par le NaCl sont identiques (Tableau 3).

Le Mannitol a provoqué une diminution significative des taux de germination dès la première concentration testée qui est de 0,1 mol/l provoquant une pression osmotique de -0,4 MPa chez les deux variétés (Tableau 3).

Le NaCl a, également, provoqué une diminution significative des taux de germination mais à partir de la concentration 0,2 mol/l induisant une pression osmotique de -0,8 MPa chez les deux variétés (Tableau 3).

Tableau 3 : Comparaison des effets des stress hydrique et salin sur le taux de germination de Reyna et Utrillo

Stress Pression Osmotique (MPa)	Stress hydrique		Stress salin	
	Reyna	Utrillo	Reyna	Utrillo
-0,4	-	-	0	0
-0,8	-	-	-	-
-1,2	-	-	-	-
-1,5	-	-	-	-
-1,9	-	-	-	-
-2,2	-	-	-	-

- : Diminution

0 : Pas d'effet

4-2- Le temps moyen de germination :

Le stress hydrique induit par le Mannitol et le stress salin induit par le NaCl n'ont pas exercé le même effet chez les deux variétés, sur le temps moyen de germination (Tableau 4).

Chez Reyna, le TMG augmente à la pression osmotique de -0,8 MPa (0,180mol/l de Mannitol) puis aux pressions de -1,2, -1,5, -1,9 et 2,2 MPa (0,340, 0,425,0,540, 0,610mol/l de Mannitol) alors que chez Utrillo, le stress hydrique n'a pas affecté ce paramètre physiologique (Tableau 4).

Le stress salin n'a pas eu d'effet sur le temps moyen de germination chez Reyna. Chez

Utrillo, les TMG ont augmenté des pressions -0,4 MPa jusqu'à -1,9 MPa (provoquées par 0,1, 0,2, 0,3, 0,4, 0,5, 0,6mol/ l de NaCl) puis a diminué à -2,2 MPa (0.6 mol/l de NaCl) (Tableau 4).

Tableau 4 : Comparaison des effets des stress hydrique et salin sur le temps moyen de Germination de Reyna et Utrillo

Stress Pression Osmotique (MPa)	Stress hydrique		Stress salin	
	Reyna	Utrillo	Reyna	Utrillo
-0,4	0	0	0	+
-0,8	+	0	0	+
-1,2	-	0	0	+
-1,5	-	0	0	+
-1,9	-	0	0	+
-2,2	-	0	0	-

- : Diminution
 + : Augmentation
 0 : Pas d'effet

Discussion :

Nos résultats montrent que la germination des variétés Reyna originaire de Turquie et Utrillo originaire de la Nouvelle Zélande de *Pisum sativum* L. est affectée par le stress salin et hydrique.

Les différentes intensités de stress hydrique appliquées, induites par différentes concentrations de Mannitol ont eu le même effet sur le taux de germination des variétés Reyna et Utrillo de *P. sativum* ; une diminution des taux de germination, statistiquement significative, est observée dès la pression osmotique de -0,4 MPa dans le milieu d'imbibition des graines provoquée par la concentration de 0,1mol/l de Mannitol. Par contre, les effets sur le temps moyen de germination sont différents chez les deux variétés ; il n'a aucun effet chez Utrillo et chez Reyna augmente à -0,8 MPa (correspondant à 0,180mol/l de Mannitol) mais il diminue à partir de -1,2 jusqu'à -2,2 (de 0,325 à 0,610 mol/l de Mannitol).

Le stress hydrique chez le pois est considéré comme le facteur limitant le plus important pour sa germination provoquant une baisse des rendements, en affectant à la fois la quantité et la qualité des récoltes (Dita *et al.*, 2006).

La réduction du pouvoir germinatif provoqué par le stress hydrique est due à l'augmentation de la pression osmotique de la solution du milieu, donc à une baisse du potentiel hydrique, qui ralentit l'imbibition et limite par conséquent l'absorption de l'eau nécessaire au déclenchement des processus métaboliques impliqués dans la germination des graines (Slama *et al.*, 1992). Le retard de germination est dû, d'après Naddem *et al.*, (2019), à une perturbation des enzymes responsables du déclenchement de la germination comme les enzymes hydrolytiques, les polyphénols oxydases et les protéases, qui augmentent pour déclencher la germination (Laxmi *et al.*, 2015). Selon Fortier (2006), l'inhibition de la germination lors d'un stress hydrique, est dû à l'acide abscissique (ABA) qui favorise la dormance des graines afin de les maintenir viables pendant le stress. L'ABA joue un rôle dans l'activation des gènes codant pour réguler les changements métaboliques et l'entrée de la graine en dormance au condition d'un environnement défavorable (Seki *et al.*, 2007). Lors d'un stress hydrique, les LEAS et les HSPs peuvent s'accumuler pour intervenir comme osmoprotectants et antioxydants pour permettre la germination (Lachhab *et al.*, 2013 ; Kalumba, 2007).

Les différentes intensités de stress salin testées, induites par différentes concentrations de NaCl ont eu le même effet sur le taux de germination des deux variétés Reyna et Utrillo de *P. sativum*, cependant, une diminution de ce taux n'est statistiquement significative qu'à partir de la pression osmotique de -0,8 MPa dans le milieu d'imbibition provoquée par la concentration de 0,2mol/l de NaCl. Chez les deux variétés, le temps moyen de germination n'est pas affecté chez Reyna, et chez Utrillo, il augmente jusqu'à la pression de -1,9 MPa puis diminue à -2,2 MPa avec une absence de la phase de latence.

Ces résultats sont en accord avec ceux observés chez de nombreuses variétés de légumineuses telles que le haricot (Cokkizgin, 2012), le pois chiche (Hadjlaoui *et al.*, 2007) et la lentille (El-Monem et Sharaf, 2008). Chez des cultivars de petit pois (*P. sativum*), Okcu *et al.* (2005) ont montré que l'application des concentrations de 0,1, 0,2, 0,3, 0,4, 0,5, 0,6 mol/l de NaCl induit une réduction significative du taux de germination à partir d'une pression osmotique de -0,8. Cependant, contrairement à nos résultats obtenus pour les TMG, les travaux de Bayuelo Jiménez *et al.* (2002) chez *Phaseolus*, de d'Okcu *et al.* (2005) chez des cultivars de petits pois et de Cokkizgin *et al.* (2012) chez le haricot, et d'autres légumineuses fourragères (Wu *et al.*, 2011), les temps moyens de germination augmentent avec l'augmentation de la concentration de NaCl.

La salinité affecte la germination des graines en réduisant la facilité d'absorption de l'eau, induisant donc une difficulté d'hydratation des semences en raison de potentiel osmotique élevé (Thiam *et al.*, 2013).

La salinité perturbe les systèmes enzymatiques impliqués dans les différentes fonctions physiologiques de la germination des graines telle que la diminution de l'activité des polyphénol oxydase et de l'amylase (Khemiri *et al.*, 2004). Lors de la germination l'amylase est responsable de la décomposition de l'amidon en sucres simples, de maltose puis en glucose, fournissant l'énergie nécessaire pour la croissance de l'embryon (Xu *et al.*, 2012), et les oxydases catalysent la fixation de l'oxygène et interviennent dans l'élimination des espèces réactives de l'oxygène (Fortier, 2021).

Les concentrations élevées de NaCl inhibent l'activité enzymatique des graines puis retardent et inhibent la sortie et le développement de la radicule (Prenz et Trembelini, 1995).

L'effet négatif des sels peut également s'expliquer par un ralentissement de la mobilisation des réserves, en raison de l'inactivation de la synthèse des hydrolases ou de l'inhibition du transfert des produits de l'hydrolyse de l'endosperme à l'embryon (Oliviera *et al.*, 1998).

Selon Prado *et al.* (2000), la diminution du taux de germination sous stress salin serait due à un processus de dormance osmotique développé qui représente une stratégie d'adaptation à l'égard des contraintes environnementales. Les mécanismes de dormance des graines sont liés à l'adaptation des espèces à différents environnements et aux dynamiques des écosystèmes ; sous climats arides, de nombreuses espèces présentent une dormance pour survivre jusqu'à la saison des pluies et démarrer leur développement (Louque, 2023).

L'étude de l'influence de différentes températures sur la germination de la variété Reyna de pois a révélé que les températures optimales pour sa germination sont 20°C et 25°C et une diminution significative des taux de germination est observée dès 30°C.

Ces résultats sont identiques à ceux de Tamindzic *et al.* (2023) qui ont montré qu'une température qui dépasse 25°C influence négativement la germination du pois des champs (*Pisum sativum* L.).

Les températures au-delà de 25°C, inhibent la germination des graines (Essamine *et al.*, 2010) en limitant la disponibilité de l'énergie et des nutriments essentiels, à cause d'un retard et d'une inhibition de la synthèse et de l'activité des enzymes hydrolytiques (Haweker et Jenner 1993). Les températures extrêmes peuvent, également, affecter les processus indispensables pour le contrôle de la germination comme la perméabilité membranaire et l'extensibilité de la paroi (Gul et Waber 1999) dus à la dénaturation des protéines et des enzymes nécessaires pour la germination des graines (Hills et Staden, 2003).

Conclusion Générale

Conclusion :

Le but de ce présent travail est l'étude du comportement, au stade de germination, de deux variétés de pois Reyna, originaire de Turquie, et Urtillo, originaire de la Nouvelle Zélande, face aux stress hydrique induit par le Mannitol, salin, induit par le NaCL, et thermique, par l'évaluation de trois paramètres de germination : le taux de germination, la cinétique de germination et le temps moyen de germination.

Le stress hydrique a eu un effet négatif sur le taux de germination des deux variétés à partir de -0,4 MPa mais n'a eu aucun effet sur le temps moyen de germination de la variété Urtillo alors qu'il a eu des effets antagonistes sur le TMG chez Reyna ; il diminue aux fortes pressions mais augmente à -0,8mol/l.

Le stress salin appliqué a eu un effet négatif sur le taux de germination des deux variétés à partir de -0,8 MPa mais n'a pas eu d'effet sur le temps moyen de germination de la variété Reyna alors qu'il a provoqué un retard de germination donc une augmentation du TMG chez Urtillo.

L'étude de la germination de la variété Reyna, à différentes températures, a montré que 20°C et 25°C représentent les températures optimales pour sa germination et à partir de 30°C, la germination est affectée négativement révélé par la diminution du taux de germination, et l'augmentation du temps moyen de germination.

Les différents résultats obtenus ne sont pas suffisants pour la sélection de la variété à privilégier dans les cultures futures. En effet, d'autres études sont nécessaires afin de sélectionner la (ou les) variété(s) à privilégier dans le futur en Algérie afin de faire face à la sécheresse actuelle qui serait aggravée par le réchauffement climatique. En perspectives, nous proposons :

-la confirmation des résultats obtenus en réalisant plus de répétitions pour réduire les écarttypes qui sont quelques fois très élevés.

-l'évaluation des effets de ces stress sur des stades plus avancés : croissance, floraison, fructification et rendement.

-l'étude de l'impact de ces stress sur d'autres variétés locales, des zones semi-aride et aride, et étrangères provenant de pays à caractéristiques climatiques semblables à celles de l'Algérie qui permettrait de mieux sélectionner la (ou les) variété(s) à privilégier dans les cultures.

Références bibliographiques

- Assman.S.M, Shimazaki.K,(1999). The Multisensory Guard Cell : Stomatal Responses to Blue Light and Abscisic Acid. *Plant physiology*. 119:809-816.
- Boyer J.S, 1982-plant productivity and environment . Vol. 218 pp.443-448.
- Boyer J.S, (1968) . Relationship of water potential to growth of leaves. *Plant biology*. 43 : 1056-1-62.
- Camara, B. Sanogo, S. Cherif, M. et Kone, D. 2018. Effet du stress salin sur la germination des graines de trois légumineuse (Phaseolus Vulgaris, Glycine max et Vigna unguiculata). *J.Appl. Biosci*.124 : 12424-12432.
- Chausset R et Ledeburff Y. 1975 – la germination des semences. ED. Bordars, Paris, 232p.
- Come, croissance et développement physiologie végétale, Herman. (1982) 465.
- Côme D.1989. les obstacles à la germination. Masson et Cie. 162 pp.
- Cutler .S.R, Rodriguez.p.l, Finkelstein.R.R, Abrams.S.R,(2010). Abscisic Acid : Emergence of a Core Signaling Network , *Annual reviews*. 61 :651-679.
- Devi. J, Jha. U.C, Prakash. V, kuma. S, Parida. S.K, Paul.P.J, Prasad P.V.V Sharma.K.d Siddique, K.h.m, Nayyar.h, (2022). Response of physiological, reproductive function and yield traits in cultivated chickpea (*Cicer arietinum* L) under heat stress, *Frontiers in plant science*. 13.
- Dunod. 2eme (éd). Paris : 154 – 163 p. les composantes chez des populations F3 de blé dur 43 (*Triticum durum* dest).
- Essamine. J, Ammar. S, Bouzid.S,(2010). Impact of heat stress in germination and growth in higher plant: physiological, biochemical and molecular repercussions and mechanisms of defence. *Journal of biological sciences* . 10(6) : 656-572.
- FAO. 2006. Perspectives alimentaires. Analyse des marchés mondiales. [http://www.fao.org/010/ah864f/ah864f00.htm.\(31.5.2008/13:28\)](http://www.fao.org/010/ah864f/ah864f00.htm.(31.5.2008/13:28)).
- Feliachi K, Amroune R et Khaldounz. 2001. Impact de la Sécheresse sur la production des céréales cultivées dans le nord de l'Algérie: céréaliculture N035.ED.ITGC.Algérie
- Gray (1989). Effects of dehydration of and exogenous growth regulators on dormancy, quiescence and germination of grape somatic embryos. *In vitro cell. Biol*, 25-1173-1178.
- Heller R. Esnault R et Lance C. 2004 – plant physiology 1 Tome I. Nutrition. Dunod, Paris, Pages: 350.
- Heller, R, Ensaule, R, & Ince, c.1996. physiologie végétale.
- Hills. P.N, Staden, JEV. (2003). Thermoinhibition of seed germination, *South African journal of Botany*. 69(‘): 455-461.
- Hopkins W.G, 2003. Physiologie végétale. traduction de la 2^{ème} édition américaine par Serge R Ed. de Boeck, p 66-84.

- Ingram Jet Bartizq, D.1996. the molecular basis of dehydration tolerance in plants.
- Kondra ZP, Campbell DC, King JR (1983). Temperature effects on germination of reseed (Brassica napus L. and B. campestris L.), Can.J. Plant Sci 63: 1063-1065.
- Kotowsk ; F.1926 : Temperature, relation to germination of vegetable seed.
- Laberche J-C. 2004. La nutrition de la plante In Biologie Végétale.
- Levigner A. Lopez F. Vansuyt G. Berthomieu P. Fourcroy P. et Casse Delbart F. 1995 – les plantes face au stress salin cahiers agriculteurs, 4, 263-273.
- Levitt.J, (1980). Responses of plants to environmental stresses. Physiological ecology series. 2 : pp607.
- Madhava Rao K.V Raghavendra A.S & Janadhan Reddy K. 2006. Printed in the Netherlands. Physiology and molecular biology of stress Tolerance in Plants. Springer : 1-14p.
- Marouf A. Reyanaud J, 2007 –la botanique de A à Z.1962définition Ed Dunod : p.286.
- Mayer (1977) – In : the physiology and biochemistry of seed dormancy and germination. Khan A, Ed, Elsevier north Holland Biomedical Press. 357-320.
- Mazliak P.1982 – croissance et développement. Physiologie végétale II.Hermann ed Paris, collection Méthodes, 465p.
- M'barek. 2001. Effet du stress salin sur la germination, la croissance et la production en grains de quelques variétés maghrébines de blé. Inst Nati de reche Egro de Tunisie. Sécheresse Volume 12, numéro 3, 167-74. Of plant physiologie. And plant mol. Biologie, 47 : 377
- Mcky.j.k, Richards.J,H, Mitchell-olds. T, (2003). Genetics of drought adaptation in arabidopsis thaliana : I pleiotropy contributes to genetics correlations among ecological traits. Molecular ecology. 12:1137-1151.
- Meyer S ; Reeb C et Bosdeveix R, 2004 – botanique, biologie et physiologie végétale. Ed Moline, Paris, 461p.
- Mouhouche B. & Boulassel Z. 1997. Gestion rationnelle des irrigations des compléments des cultures de légumineuses alimentaires et céréales. Recherche agronomique. INRA.1 :21-31p.
- Nadeem.m,Li.j, Yahya.m, sher.a review international journal molecular sciences. 20:2541.
- Ouafi, L, (2008). Etude de la variabilité agro-morphologique de quelques genotypes de pois (pisum sativum). These. Ecole nationale supérieure d'agronomie (ENSA d'elharrach).
- Pareek.A, Singla S.L, Gover,A (1998). Proteins alteration associated with salinity desiccation, high and low temperature stress in seedlings of Pusal

- 169, high-yielding rice (*Oryza sativa* L) cultivar. *Current Science*. 75 : 1023-1035.
- Prado F.E., Boero C., Gallardo M., Gonzalez J.A. 2000. Effect of NACI
 - Rajjou L, Gallardo K, Debeaujon L, Vandekerckhove J, Job D. 2004. The effect of alpha-amanitin on the Arabidopsis proteome highlights the distinct roles of stored and neosynthesized mRNAs during germination. *Plant Physiology* 134, 1598-613.
 - Renaud V. (2006). *Les Tomates qui ont le goût*. Eugen Ulmer, Paris.
 - Rice-Evans C., Miller N., Paganga G. 1997. Antioxidant properties of phenolic compounds. *Trends in Plant Science* 2(4) : 152-159.
 - Slama A., Ben Naceur M., Zid E. (2005). Les céréales en Tunisie : production, effet de la sécheresse et mécanismes de résistance. *Sécheresse*. 16(3) : 225-229.
 - Slama A., Ben Salem M., Ben Naceur M. & Zid E.D. 2005. Les céréales en Tunisie : production, effet de la sécheresse et mécanismes de résistance. Institut National de la recherche agronomique de la Tunisie (INRAT). Univ. Elmanar. Tunisie. (http://www.john-libbeyeurotext.fr/fr/revues/agro_biotech/sec/e-docs/00/04/11/2E/telecharger.md).
 - Soltner D. 2007 – Les bases de la production végétale tome III, la plante. Ed. Collection sciences et technique agricole Paris, 304 p.
 - Thiam M., Champion A., Diouf D. & Ourey S.Y.M., 2013. NACI effects in vitro germination and growth of some Senegalese cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) cultivars. *ISRN Biotechnology*. doi 10-5402/2013/382417.
 - Ungar A., and Badger K. S. 1989 The effect of salinity and temperature on the germination of inland halophyte *Hordeum jubatum*. *Can J Bot* ; 67 : 1420-5.
 - Vincet R., 2006 – Recherche et étude de marqueurs moléculaires de la réponse au stress chez l'algue brune *Laminaria digitata*. Thèse de doctorat. Université de Rennes 1. 237p.
 - Wahid A., Gelani S., Ashraf M., Fooland M.R. (2007). Heat tolerance in plants : an overview. *Environmental and Experimental Botany*. 61 : 199-223.
 - Wery J., Turc O., Lecoq J. (1994). Mechanisms of resistance to cold, heat and drought in cool-season legumes with special references to chickpea and pea. *Oo* 271-291.
 - Wery J., Turc O., Lecoq J. (1994). Mechanisms of resistance to cold, heat and drought in cool-season legumes with special references to chickpea and pea. *Oo* 271-291.
 - Yant and Hunt. 1999 : An equation for modeling the temperature response of the plants using only cardinal temperature *Annals of Botany*, 84, 607-614.
 - Zhu, 2001. Plant salt tolerance. *Plant Sciences*, University of Arizona : 66-71.

Résumé

L'objectif de ce travail est d'étudier les effets des stress hydrique, salin et thermique sur trois paramètres de germination (taux de germination, cinétique de germination et temps moyen de germination) de deux variétés de pois (*Pisum sativum* L.), Reyna originaire de la Turquie et Utrillo originaire de la Nouvelle Zélande.

Le stress hydrique a été induit par différentes concentrations de Mannitol (0,1, 0,180, 0,340, 0,425, 0,540,

0,610 mol/l) pour provoquer différentes pressions osmotiques dans le milieu d'imbibition des graines (-0,4, 0,8, -1,2, -1,5, -1,9, -2,2 MPa). Le stress hydrique a eu un effet négatif sur le taux de germination des deux variétés à partir de -0,4 MPa mais n'a eu aucun effet sur le temps moyen de germination de la variété Utrillo alors qu'il a eu des effets antagonistes sur le temps moyen de germination chez Reyna selon la concentration.

Le stress salin a été induit par différentes concentration de NaCl (0,1, 0,2, 0,3, 0,4, 0,5, 0,6 mol/l) pour provoquer différentes pressions osmotiques (-0,4, -0,8, -1,2,-1,5, -1,9, -2,2 MPa). Le stress salin appliqué a eu un effet négatif sur le taux de germination des deux variétés à partir de -0,8 MPa mais n'a pas eu d'effet sur le temps moyen de germination de la variété Reyna alors qu'il a provoqué un retard de germination donc une augmentation du Temps moyen de germination chez Utrillo.

La germination des graines de Reyna sous différentes températures (20, 25, 30, 35, 40°C) a montré que 20°C et 25°C représentent les températures optimales pour sa germination et à partir de 30°C, la germination est affectée négativement révéle par la diminution du taux de germination, et l'augmentation du temps moyen de germination.

Mots clés: *Pisum sativum* L., Reyna, Utrillo, Germination, Stress hydrique, Stress salin, Stress thermique.

Abstrat

The objective of this work is the study of the effects of water, saline and thermal stress on three germination parameters (germination rate, germination kinetics and average germination time) of two varieties of pea (*Pisum sativum* L.), Reyna from Turkey und Utrillo from New Zeeland.

Water stress was induced by different concentrations of Mannitol (0,1, 0,180, 0,340, 0,425, 0,540, 0,610 mol/l) to cause different osmotic pressures in the seed imbibition medium (-0,4, -0,8, -1,2, -1,5, -1,9, -2,2 MPa).

Water stress had a negative effect on the germination rate of the two varieties from -0,4 MPa but had no effect on the average germination time on the Utrillo variety while it had antagonist effects on the Reyna average germination time

Salt stress was induced by different concentrations of NaCl (0,1, 0,2, 0,3, 0,4, 0,5, 0,6 mol/l) to cause different osmotic pressures (-0,4, -0,8, -1,2, -1,5, -1,9, -2,2 MPa). The applied saline stress had a negative effect on the germination rate of the two varieties from -0,8 MPa but had no effect on the average germination time of the Reyna variety while it increases the average germination time of Utrillo.

The germination of seeds of Reyna under different temperatures (20, 25, 30, 35, 40°C) showed that 20°C and 25°C represent the optimal temperatures for its germination and from 30°C, germination is affected negatively as revealed by the decrease in germination rate and the increase in the average germination time.

Keywords: *Pisum sativum* L., Reyna, Utrillo, Germination, Water stress, Salin stress, Heat stress.