

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE MOULOU MAMMARI DE TIZI-OUZOU
FACULTE DES SCIENCES BIOLOGIQUES ET DES SCIENCES AGRONOMIQUES
DEPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUES



Mémoire de fin d'études

En vue d'obtention du Diplôme Master en Biologie

Spécialité : Biotechnologie et valorisation des plantes

Thème

Contribution à l'étude de l'influence du stress salin, sur
les paramètres morphologique et physiologiques de
pisum sativum

Présenté par

Melle BECHAR Ghania

Melle ABDELLI Hakima

Membres de jury

Présidente : Hannachi L.

MCCA

UMMTO

Promoteur : Medjebeur Dj.

MCCB

UMMTO

Examinatrice : Daoudi H.

MCCB

UMMTO

Co-promotrice : Makhloufi H.

Doctorante

UMMTO

Année universitaires 2021-2022

REMERCIEMENTS

Tous nos remerciements vont d'abords à nôtre Grade Dieu Allah, le tout puissant, pour nous avoir donnée la force et la patience d'accomplir ce Modeste travail.

فَاللّٰهُمَّ لَكَ الْحَمْدُ كَمَا يَنْبَغِي لِجَلَالِ وَجْهِكَ وَعَظِيمِ سُلْطَانِكَ

En second lieu, nous tenons à remercier notre encadreur **Mr Medjebeur Dj** qui a assuré la direction de ce travail, pour son aide, ses encouragements et sa disponibilité tout au long de la réalisation de ce mémoire, ainsi pour le temps qu'il a bien voulu nous consacrer et sans qui ce mémoire n'aurait jamais vu le jour.

Nos plus vifs remerciements à la présidente de jury **Mme Hannachi L** qui a accepté d'évaluer ce modeste travail et pour avoir nous fait l'honneur de présider à ce jury.

Nos remerciements les plus sincères à **Mme Daoudi H** d'avoir pris de son précieux temps pour examiner ce modeste travail, sa participation au jury est pour nous un grand honneur.

Nos remerciements vont également à la Co-promotrice **Mme Makhloufi H** pour ces aides précieux et ses encouragements et surtout son soutien moral.

Nos remerciements à **Mr Ferraguig N** pour ses aides et précieux conseils.

Sans oublier bien sûr les ingénieurs des laboratoires de la faculté UMMTO qui ont mis à notre disposition les produits et le matériel nécessaire pour la réalisation de ce travail

Enfin, nous tenons également à remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.





DÉDICACE

Avant tout, je remercie **Dieu** tout puissant de m'avoir accordée la santé, le courage et la force pour accomplir ce modeste travail.

Je dédie ce mémoire :

A la bougie de ma vie, à l'être le plus pure, le plus honnête, l'ange gardien de ma vie, j'espère que je suis la bonne fille que t'as rêvé d'avoir. Maman **Tassadit**, aucun mot ne peut exprimer ce que tu représentes pour moi, puisse Dieu le tout puissant, te préserver et t'accorder santé, longévité et le bonheur.

A mon cher père **Ahcn**, merci pour ta patience, merci pour tout ce que tu me donne, aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime et le respect que j'ai toujours eu pour toi. J'espère que je serais une source de fierté pour toi, que Dieu te protège et t'accorde la santé et une longue vie.

A ma grand-mère maternel **Djouher**, source de savoir et de sagesse que j'aime beaucoup, je te souhaite la bonne santé et une longue vie.

A mes frères : **Brahim** et **Smail**, à qui je souhaite tout le bonheur.

A ma chère sœur **Lamia** et son mari **Djamel**, puisse Dieu le tout puissant vous préserve du mal.

A mes chères copines : **Kenza B** et **Hayat Z**.

A mon binôme **Hakima**.

Tout ce qui a contribué de près ou loin à la réalisation de travail.

Ghania



DÉDICACE

Avant tout, je remercie **Dieu** tout puissant de m'avoir accordée la santé, le courage et la force pour accomplir ce modeste travail.

Je dédie ce mémoire :

A la mémoire de ma chère mère **Nadia**, ta mort inattendue laisse un grand vide parmi nous. Puisse dieu d'accorder sa miséricorde et t'accueillir dans son vaste paradis

A mon cher père **Hocine**, merci pour ta patience, merci pour tout ce que tu me donne, aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime et le respect que j'ai toujours eu pour toi. J'espère que je serais une source de fierté pour toi, que Dieu te protège et t'accorde la santé et une longue vie.

A mes frères : **Faissal** et **Khaled**, à qui je souhait tout le bonheur.

A ma chère sœur **Sonia** et ma grande sœur **Souad** et son mari **Amar**, puisse Dieu le tout puissant vous préserve du mal.

A mon fiancé **Karim** et toute ma belle famille

A mon binôme **Ghania**

Tout ce qui a contribué de près ou loin à la réalisation de travail.

Hakima

Sommaire

Introduction générale.....	1
Chapitre I . Synthèse bibliographique	
Généralités sur le <i>Pisum sativum</i> L.....	3
1. Description morphologique.....	3
2.1 Système racinaire.....	3
2.2 la partie aérienne	3
➤ Tiges	3
➤ Feuilles	3
➤ Fleurs.....	4
➤ Fruit.....	4
2. Classification	4
3. Exigences naturelles.....	5
4. Utilisation	5
5. Composition et intérêt nutritionnel	6
6. Importance agronomique de la culture de pois en Algérie	6
Généralités sur la salinité.....	7
I. Le stress	7
1. Définition de stress.....	7
2. Définition de stress salin.....	7
II.La salinité	7
1. Définition	7
2. Les sels solubles	7
3. Définition et origine des sols salés.....	8
3.1 Formes de salinisation.....	8
3.1.1 Salinisation primaire.....	8
3.1.2 Salinisation secondaire.....	9
3.2 Les causes de la salinité des sols.....	9
4. Effet de la salinité sur les plantes.....	9
5. Effet de la salinité sur la germination.....	10

6. Effet de salinité sur la croissance et le développement.....	11
7. La résistance à la salinité.....	11
7.1 L'exclusion.....	11
7.2 L'inclusion	12
7.3 L'excrétion.....	12
7.4 L'accumulation.....	12
Chapitre II : Matériels et méthodes.....	13
I. Matériels d'étude.....	13
1. Matériels utilisés	13
2. Matériels végétaux.....	13
II. Méthodes d'étude.....	13
1. Protocole expérimentale.....	13
1.1 Préparation des solutions salines.....	13
1.2 Préparation des graines.....	14
1.2.1 Tri de graines	14
1.2.2 Désinfection des graines.....	14
1.2.3 : Pré imbibition.....	14
1.3 Mise en culture.....	14
2. Paramètres mesurés.....	15
2.1 Taux de germination : TG.....	16
2.2 Temps moyenne de germination.....	16
2.3 Détermination de la croissance en longueur.....	16
2.4 Détermination de la teneur en eau	16
3. Analyse statistique.....	16
Chapitre III : Résultats et discussion	17
I. Résultats	17
1. Influence de l'action osmotique de quatre types de sels sur le taux de germination des graines de <i>P.sativum</i>	17
1.1 Effet de quatre sels sur le taux de germination des graines de <i>P. sativum</i> face à la pression de [-0,4] MPa	
1.2 Effet de quatre sels sur le taux de germination des graines de <i>P. sativum</i> face à la pression de [-0,8] MPa	
1.3 Effet de quatre sels sur le taux de germination des graines de <i>P. sativum</i> face à la pression de [-1] MPa	
1.4 Effet de quatre sels sur le taux de germination des graines de <i>P. sativum</i> face à la pression de [-1,2] MPa	
1.5 Effet de quatre sels sur le taux de germination des graines de <i>P. sativum</i> face à la pression de [-1,5] MPa	
1.6 Effet de quatre sels sur le taux de germination des graines de <i>P. sativum</i> face à la pression de [-1,9] MPa	

2. Influence de l'action osmotique de quatre types de sels sur le temps moyen de germination des graines de P.sativum21

2.1 Effet de quatre sels sur le temps moyen de germination des graines de *P. sativum* face à la pression de [-0,4] MPa

2.2 Effet de quatre sels sur le temps moyen de germination des graines de *P. satives* face à la pression de [-0,8] MPa

2.3 Effet de quatre sels sur le temps moyen de germination des graines de *P. sativum* face à la pression de [-1] MPa

2.4 Effet de quatre sels sur le temps moyen de germination des graines de *P. sativum* face à la pression de [-1,2] MPa

2.5 Effet de quatre sels sur le temps moyen de germination des graines de *P. sativum* face à la pression de [-1,5] MPa

2.6 Effet de quatre sels sur le temps moyen de germination des graines de *P. sativum* face à la pression de [-1,9] MPa

3. Influence de l'action osmotique de deux types de sels sur la croissance des graines de P.sativum :26

3.1 Effet des deux sels sur la croissance graines de *P. sativum* face à la pression [-0,4] MPa

3.2 Effet des deux sels sur la croissance graines de *P. sativum* face à la pression [-1,2] MPa

4. Influence de l'action osmotique de deux types de sels sur la teneur en eau des graines de P.sativum.....28

4.1 Effet de deux sels sur la teneur en eau des graines de *P. sativum* face à la pression de [-0,4] MPa

4.2 Effet de deux sels sur la teneur en eau des graines de *P. sativum* face à la pression de [-1,2] MPa

II. Discussion30

Résumé

Conclusion générale

Référence bibliographique

Annexe

Liste des figures

- Figure 1 : Pois fourrager
- Figure 2 : Plant de *Pisum sativum* L. (1 : schéma ; 2 : monographie): branche d'une plante portant 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)
- Figure 3.,Dsinfection de matériels végétales (Original, 2022).
- Figure 4 : Dispositifs expérimentale mise en germination des graines de *Pisum Sativum* L(Original, 2022).
- Figure 5 : Effet de la pression osmotique [-0,4MPa], à différents sels, sur les taux de germination de *Pisum sativum* L.....
- Figure 6 : Effet de la pression osmotique [-0,8] MPa, à différents sels, sur les taux de germination de *Pisum sativum* L.....
- Figure 7 : Effet de la pression osmotique [-1MPa], à différents sels, sur les taux de germination de *Pisum sativum* L.....
- Figure 8 : Effet de la pression osmotique [-1,2] MPa, à différents sels, sur les taux de germination de *Pisum sativum* L.....
- Figure 9 : Effet de la pression osmotique [-1,5] MPa, à différents sels, sur les taux de germination de *Pisum sativum* L.....
- Figure 10 : Effet de la pression osmotique [-1,9] MPa à différents sels, sur les taux de germination de *Pisum Sativum* L.
- Figure 11 : Effet de la pression osmotique [-0,4] MPa à différents sels sur le temps moyen de germination TMG de *Pisum Sativum* L
- Figure 12 : Effet de la pression osmotique [-0,8] MPa à différents sels sur le TMG de *Pisum Sativum* L

Figure 13 : Effet de la pression osmotique [-1] à différents sels sur le TMG de *Pisum Sativum* L

Figure 14 : Effet de la pression osmotique [-1,2] MPa à différents sels sur le TMG de *Pisum Sativum* L

Figure 15 : Effet de la pression osmotique [-1,5] à différents sels sur le TMG de *Pisum Sativum* L

Figure 16 : Effet de la pression osmotique [-1,9] MPa a différents sels sur le TMG de *Pisum.Sativum* L

Figure 17 : Effet de la pression osmotique [-0,4] a deux sels (KCl et Na₂SO₄) sur la longueur de la plantule

Figure 18 : Effet de la pression osmotique [-1,2] a deux sels (Kcl et Na₂so₄) sur la longueur de la plantule

Figure 19 : Effet de la pression osmotique [-0,4] à deux sels (KCl et Na₂SO₄) sur la teneur en eau de *Pisum Sativum* L

Figure 20 : Effet de la pression osmotique [-1,2] MPa à deux sels (KCl et Na₂SO₄) sur la teneur en eau de *Pisum Sativum* L

Liste des tableaux

Tableau 1: Caractéristique des différentes catégories de sols sales (Marmoud, 2006).

Tableau 2 : Effet de l'action iso-osmotique de quatre type de sels sur le taux de germination des graines de *P.sativum* (% : $\mu \pm$ écart type).....

Tableau 3 : effet de l'action iso-osmotique de quatre type de sels sur le temps moyen de germination des graines de *P.sativum* (% : $\mu \pm$ écart type)

Tableau 4 : effet de l'action iso-osmotique de deux type de sels sur la teneur en eau des graines de *P.sativum* (% : $\mu \pm$ écart type)

Tableau 5 : effet de l'action iso-osmotique de deux type de sels sur la croissance des graines de *P.sativum* (% : $\mu \pm$ écart type)

Liste des abréviations

NaCl : chlorure de sodium.
Na₂SO₄ : sulfate de sodium.
KCl : chlorure de potassium.
CaCl₂ : chlorure de calcium.
Na⁺ : sodium.
T: témoin .
Cm : centimètre.
Na₂CO₃ :le carbonate de sodium.
NaHCO₃ : bicarbonate de sodium .
CaCO₃ : carbonate de sodium .
Na₂SO₄ :le sulfate de sodium .
MgSO₄ : le sulfate de magnésium.
MgCl₂ : le chlorure de magnésium.
ABA : l'acide abcissique .
OH : radicaux hydroxyle .
H₂O₂ :peroxyde hydrogène.
ITGC : l'Institut Technique Des Grandes Cultures.
TG :Taux de germination .
N1 : Nombre des graines germées au temps **T1**.
N2 : Nombre des graines germées au temps **Tn**.
Tn : Temps moyen de germination.
TMG :le temps moyen de germination.
NT : Nombre totale des graines germées.
TE : la teneur en eau .
PF : poids frais.
PS : poids sec.
NH₃ : ammonium.
N₂ : l'azote atmosphérique.
CE: conductivités électrique .
EPS : taux de sodium échangeable.

Introduction Générale

L'agriculture algérienne se caractérise principalement par les activités d'élevage (ovins, caprins, bovin, avicole) ... En d'épis de l'importance de la production du fourrage dans ce domaine, les cultures fourragères occupent toujours une place marginale en Algérie.

La production des associations fourragères constitue un défi majeur de l'agriculture. Dans un contexte de sol pauvre en azote, les légumineuses sont intéressantes car elles ont la capacité de réaliser une symbiose fixatrice d'azote atmosphérique avec les bactéries rhizobium du sol.

Le pois appartient à la famille des légumineuses qui représente la deuxième famille de plantes cultivées après les Poacées, représentant environ 27% de la production végétale mondiale (Graham et Vance, 2003). De nos jours, les légumineuses fournissent un tiers de la quantité totale de protéine pour la consommation humaine, représente une source importante de fourrage pour les animaux et dans la production d'huiles comestible (Smykal *et al.*, 2012). Outre rôle nutritionnel des pois gourmands, ils sont également utiles comme cultures de rotation qui améliorent la fertilité des sols grâce à la fixation de l'azote. Il s'agit d'une relation entre les plantes de pois fourragers et les bactéries fixatrices d'azote (Rhizobium) dans laquelle l'azote atmosphérique (N₂) est réduit en ammonium assimilable par les plantes (NH₃) (Heldt et Piechulla, 2011). Le pois de grande culture, comme d'autres légumineuses, est relativement sensible à un certain nombre de facteurs de stress abiotiques, impliquant en particulier la nutrition du sol, tels que la salinité et la toxicité alcaline induite par le bore, les dommages dus au gel pour la reproduction, le stress thermique et le déficit hydrique (Dita *et al.*, 2006).

A l'échelle mondiale et nationale, la culture des légumineuses trouve des difficultés pour se développer dont la salinisation des sols et de l'eau est l'une des contraintes majeures qui limite fortement le rendement des légumineuses particulièrement quand la croissance des plantes dépend de la fixation symbiotique de l'azote (Saadallah *et al.*, 2001a, 2001b ; Khadri *et al.*, 2001).

Actuellement, sur 1.5 milliard d'hectares de terre cultivée dans le monde, environ 77 millions d'hectares (5%) sont affectés par la teneur excessive en sel (Sheng *et al.*, 2008). Ce chiffre ne cesse d'augmenter d'une année à l'autre à cause de la mauvaise qualité de l'eau d'irrigation (Pasternak et Malach, 1994), de l'intensification des cultures (Ghassemi *et al.*, 1995) et à l'utilisation démesurée des fertilisants chimiques chez plusieurs espèces cultivées particulièrement chez celles cultivées sous serre (Shannon et Grieve, 1999).

L'origine des sels peuvent être varié en générale ils proviennent de la décomposition de roches salifères sous l'effet des agents climatique et des facteurs biologiques (Benchetrit, 1956).

En Algérie, les facteurs qui contribuent à l'extension du phénomène de salinisation des terres sont liés à l'aridité du climat qui porte sur plus de 95% du territoire, la qualité médiocre des eaux d'irrigation, le système de drainage souvent inexistant ou non fonctionnel et le conduit empirique des irrigations (Saidi, 2004).

En effet, la salinité réduit la croissance et la productivité de la culture en raison de la diminution du potentiel osmotique dans le sol et de l'augmentation de la concentration des ions Na^+ et Cl^- , qui atteint alors un niveau toxique pour la plante (Chartzoulakis et Klapaki, 2000).

L'augmentation de la teneur en sel dans le sol induit un déséquilibre de la balance ionique qui affecte directement et/ou indirectement plusieurs processus physiologiques et métaboliques se traduisant à l'échelle de la plante par l'inhibition de la croissance (Munns, 2002).

Par ailleurs, les réponses des végétaux face au stress salin varient largement en fonction des espèces, des variétés et surtout du stade de développement des plantes (Brun, 1981).

Le présent travail vise à étudier l'effet comparatif des concentrations croissantes de (NaCl , KCl , Na_2SO_4 et CaCl_2) sur la germination et la croissance de (*Pisum sativum L.*) cultivées en Algérie, en estimant plusieurs paramètres liés à la germination et au développement des plantules après l'exposition des graines à de différente concentration des quatre sels.

Ce mémoire est reparti en trois chapitres :

- un premier chapitre consacré à une synthèse bibliographique sur *Pisum Sativum L.* essentiellement le pois fourrager et le stress salin.
- un deuxième chapitre où sont décrit le matériel et les méthodes utilisés.
- un troisième chapitre consacré aux résultats obtenus suivis d'une discussion.

Enfin, ce mémoire se termine par une conclusion générale.

Généralités sur le *Pisum sativum* L.

Pisum sativum L, communément appelé pois des champs est largement cultivé pour ses graines, consommée comme légume ou utilisée comme aliment de bétail, le terme désigne aussi la graine elle-même, riche en énergie et en protéine (Unip-Itcf,1995).



Figure 1 : Pois fourrager

1. Description morphologique :

1.1 Système racinaire :

L'appareil souterrain est formé d'un système racinaire à pivot relativement peu développé avec des racines secondaires voir tertiaires. Les racines secondaires sont assez nombreuses portant des nodosités abondantes dans les 30 premiers centimètres (Yakoubi, 2013).

1.2 La partie aérienne :

- **Tiges** : Les tiges de cette plante mesurent entre 50cm et 200cm de long ; c'est une tige herbacée, grêle et de section cylindrique, creuse, arrondies ou légèrement anguleuses, à croissance indéfinie (Prioul *et al.*, 2004).
- **Feuilles** : les feuilles sont composées avec 4 à 5 folioles à disposition alterne. Elles présentent différentes teintes allant du vert jaunâtre au bleu foncé. Les folioles sont entières plus ou moins dentées, de forme ovale ou elliptique, leur extrémité est arrondie et crénelée, pointue ou tronquée selon les variétés. La feuille se prolonge par des vrilles de plusieurs centimètres de long (McGee,2012).

- **Fleurs** : les fleurs de type papilionacé, sont zygomorphes, à ovaire supère et cléistogames. Elles sont blanches présentant un étendard d'un blanc bleuâtre et les ailes d'un violet noirs. Les fleurs ont une taille de 3 à 4 cm de long, elles naissent à l'aisselle des feuilles, les pédoncules de longueur variable supportent une à trois fleurs (Elzebroek et Wind, 2008).
- **Fruit** : il est de type gousse de longueurs variable entre 6 à 8 cm et contient 4 à 12 graines, leur couleur est généralement verte, leurs extrémités plus ou moins effilée ou tronquée. Les graines sont globuleuses (Figure 02), lisses et non marbrés. Ils possèdent des réserves constituées essentiellement d'amidon et de protéines (Yakoubi, 2013)



1 -

2-

Figure 2 : Plant de *Pisum sativum* L. (1 : schéma ; 2 : monographie) : branche d'une plante portant 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)

2. Classification :

Embranchement : Phanérogames

Sous-embranchement : Angiospermes

Classe : Magnolipsida ;(Dicotylédones)

Sous-classe : Rosidae.

Ordre : Fabales.

Famille : Fabaceae (légumineuses). Papilionacée.

Sous-Famille : Faboideae ; Papilionideae.

Tribu : fabaceae.

Genre : Pisum

Espèce : *Pisum Sativum* L.(USDA, 2008)

3. Exigences naturelles :

La culture du pois a besoin d'un climat relativement frais ; les températures moyennes doivent être comprises entre 7 et 24°C. *Pisum sativum* est cultivé jusque dans les régions où les précipitations ne dépassent pas 400 mm, mais la pluviométrie idéale se situe entre 800 et 1000 mm par an. Le pois est légèrement sensible à la photopériode, les jours longs favorisant la floraison. Il pousse sur des sols de toutes natures, dotés de niveaux de fertilité modérés, bien drainés et à pH de 5,5 à 7 (Brink et Belay, 2006).

Le cycle végétatif du pois est d'environ 140 jours pour les variétés de printemps pouvant descendre à 90 jours pour les variétés ultra-précoces et de 240 jours pour les variétés d'hiver. Le grain du pois protéagineux a un gros calibre et une haute teneur en protéines, toutes les variétés sont à fleurs blanches. Toutes les variétés du pois fourrager sont à fleur anthocyanée (Benoît et al., 2006 ; Cieslarová et al., 2011)

4. Utilisation :

L'espèce *Pisum sativum* fournit plusieurs types d'aliments tant pour l'homme que pour les animaux (Benoît et al., 2006 ; Brink,2006) :

- Le pois frais (85% d'eau) : les graines sont récoltées au stade avant maturité, on obtient les petits pois verts de maraîchage classé comme légume frais.
- Le pois sec (15% d'eau) : les graines sont récoltées à maturité au stade sec, soit le pois cassé classé comme un légume sec (alimentation humaine), soit le pois protéagineux destiné à l'alimentation animale.
- Les jeunes pousses feuillées sont aussi consommées en légume, particulièrement en Asie.
- La plante entière fournit un fourrage aux ruminants, soit en sec, soit en vert, frais ou ensilé. On l'utilise aussi sous forme paille, c'est à dire les fanes restant sur le terrain après la récolte des gousses ou des graines. En générale, on appelle pois fourrager tout type de pois destiné à l'alimentation animale, y' compris les pois secs en grains qui sont appelés pois protéagineux. Le pois est aussi une plante importante dans une rotation, car il fixe l'azote

atmosphérique et joue ainsi un rôle dans le rétablissement de la fertilité du sol (Brink et Belay, 2006).

5. Composition et intérêt nutritionnel

Toutes les variétés de pois ont en commun d'être un aliment riche en protéines (Pointereau, 2001). Elles présentent également une digestibilité élevée et une bonne teneur en calcium/. Les protéines contenues dans la graine sont constituées par environ $\frac{3}{4}$ de globulines et $\frac{1}{4}$ d'albumines (Duc, 1996).

Le pois contient également des niveaux élevés d'hydrate de carbone, de minéraux et des vitamines. Par ailleurs, il peut fixer l'azote atmosphérique grâce aux nodosités des racines et il se cultive seul ou en association avec une céréale pour une production importante de fourrage vert destiné à l'alimentation animal après ensilage (Cousin, 1996).

6. Importance agronomique de la culture de pois en Algérie :

En Algérie les espèces de légumineuses alimentaires les plus cultivées sont le pois (*Pisum sativum* L), le pois chiche (*Cicer arietinum* L), le haricot (*Phaseolus* L.) et la fève (*Vicia faba* L.). La culture des légumineuses alimentaires a fait l'objet de beaucoup d'attention de la part des services agricoles pour augmenter les superficies et améliorer les niveaux de rendements, mais les résultats n'ont pas été à la hauteur des efforts consentis (Abdelguerfi, 2003). La diversification des cultures fourragères est très limitée, parmi les espèces cultivées, le pois fourrager est utilisé pour l'alimentation du bétail soit comme fourrage vert, soit sous forme de grains. Cette espèce, qui a connu un développement conséquent dans les années 1980 subit un net recul en matière d'utilisation. Il est à noter aussi que le pois est utilisé en association fourragères sèches (Pois-avoine, pois-triticales, pois-orge). Bien que le genre *Pisum* soit assez bien représenté dans la flore algérienne, il semble que la totalité des variétés cultivées aient été introduites. Le pois protéagineux a été introduit très récemment, et sa culture est restée assez limitée malgré son importance stratégique (Fao, 2006).

Généralités sur la salinité

I. Le stress

1. Définition du stress :

Le stress est un ensemble de conditions qui provoquent des changements des processeurs physiologiques résultant éventuellement des dégâts, dommages, blessures, inhibition de croissances ou de développement (Menacer, 2007). Selon Levitt (1980), c'est un facteur de l'environnement induisant une contrainte potentiellement néfaste sur un organisme vivant. 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 (Jones *et al.*, 1989).

2. Définition du stress salin :

L'eau est un élément important pour les plantes, lorsque se produit un stress salin, le végétal rencontre un problème, en absorbant le sel qui affecte les activités physiologiques des cellules d'une part, et l'abaissement du potentiel hydrique du sol qui a un impact sur l'alimentation de la plante en eau d'autre part (Derkaoui, 2009). Les dommages causés par le stress salin à long terme consistent surtout en le déséquilibre ionique et la toxicité provoquée par le Na^+ , plutôt que l'effet du sel sur le potentiel hydrique réduisant la disponibilité en eau (Belkheiri, 2008). En effet ; l'augmentation du taux de NaCl diminue l'absorption du potassium et du calcium et interfère avec leurs fonctions physiologiques (Youshida, 2002).

II. La salinité :

1. Définition :

Elle est définie selon plusieurs chercheurs comme la présence d'une concentration excessive de sels solubles dans le sol ou dans l'eau d'irrigation (Baiz, 2000 et Maatougi, 2001)

2. Les sels solubles :

La principale source de sels est issue des formations sédimentaires d'origine marine au sein desquelles d'importantes quantités de sels solubles sont mobilisées par les écoulements. Les sels résultent de l'association entre acides et bases, ils sont libres et solubles dans la solution du sol d'où le nom de « sels solubles ».

➤ **Les principaux sels solubles qui participent dans la formation des sels dans la solution du sol sont :**

Les carbonates : le carbonate de sodium (Na_2CO_3), bicarbonate de sodium (NaHCO_3), carbonate de sodium (CaCO_3).

Les sulfates : le sulfate de sodium (Na_2SO_4), le sulfate de magnésium (MgSO_4).

Les chlorures : le chlorure de sodium (NaCl), chlorure de calcium (CaCl_2) et le chlorure de magnésium (MgCl_2).

La présence de sels solubles en quantité importante ou d'un horizon sodique à structure dégradée, caractères qui ont une influence néfaste sur le développement de la végétation ou des cultures (Aubert, 1982).

3. Définition et origine des sols salés :

La salinité des sols correspond à une teneur en sels solubles préjudiciable à la production végétale. C'est le processus pédologique par lequel le sol s'enrichit anormalement en sels solubles en acquiert le caractère salin (Michel, 2005). Les sols sont salés lorsqu'ils contiennent une certaine quantité d'éléments minéraux, dont notamment le sodium, sous forme dissoute, échangeable ou précipitée. Munns *et al.*, (2006).

La salinité présente l'accumulation des sels dissous dans la solution du sol à un niveau qui inhibe la croissance et le développement des plantes. On compte généralement deux formes de salinisation : primaire et secondaire.

Tableau N 01 : Caractéristique des différentes catégories de sols sales (Marmoud, 2006)

	CE à 2C° (mS-cm)	ESP
Sol Salains	>4	<15
Sols alcalins	<4	>15
Sols alcalino-sains	>4	>15

CE : conductivité électrique

ESP : taux de sodium échangeable

3.1 Types de salinisation :

3.1.1 Salinisation primaire :

La salinité primaire résulte de l'accumulation des sels dans le sol à travers un long processus naturel de dégradation des roches salines et des apports éoliens des sels des mers et

océans. La mise en valeur des terres affectés par la salinité primaire est généralement très difficile (Mian *et al.*, 1977).

3.1.2 Salinisation secondaire :

Dans les zones à climat aride et semi-aride, la pratique de l'irrigation présente l'une des plus importantes causes de la salinisation secondaire, actuellement il y a environ 350 millions hectares irrigués dans le monde (Szablocs, 1994). La salinité est une contrainte en agriculture par ce que la plupart des cultures sont peu tolérantes aux excès de sels. De plus la salinité est associée à l'eau qui est un important facteur limitant de la production végétale. En effet, une superficie de 15% des terres irriguées dans le monde participent pour 1/3 dans la production totale mondiale. De ce fait la réduction de la productivité, suite à la salinité, pose une sérieuse contrainte à l'augmentation de la production pour couvrir une demande alimentaire de plus en plus importante (Chaves *et al.*, 2003). En Algérie, près de 10-15% de terres irriguées, sont concernées par le problème de la salinisation. Bien que le problème d'alcalinisation, ne se pose plus, on estime que les terres salinisées seront difficilement récupérables. (Daoud et Halitim, 1994).

3.2 Les causes de la salinité des sols :

Plusieurs recherches ont démontré que les principales causes de la salinité des sols sont :

- Les faibles précipitations ;
- L'évaporation élevée ;
- L'irrigation avec l'eau saline et les pratiques culturales en premier lieu ou les terres agricole productives deviennent impropres à cause de la qualité inférieure de l'eau d'irrigation ;
- De plus, le fort éclaircissement et les rares pluies dans les régions arides et semi arides affectent considérablement le rendement des cultures (Ashraf et Foolad, 2007 *in* Hammia, 2012).

4. Effet de la salinité sur les plantes :

La réponse des plantes au stress est variable selon leur adaptation. Les plantes dites halophytes sont adaptées aux fortes concentrations en sel. Cependant, les glycophytes, dont les espèces cultivées, ne supportent que de très faibles teneurs en sel dans le sol.

La réponse de quantités excessives de sels solubles dans le sol a des effets négatifs sur les plantes. En effet, la salinité provoque, un déséquilibre ionique et/ou une toxicité ionique, un stress osmotique et par conséquent une déficience nutritionnelle.

Le potentiel hydrique et le potentiel osmotique des plantes deviennent de plus en plus négatifs avec l'augmentation de la salinité (Romeroaranda *et al.*, 2001 in Parida et Das, 2005). Durant les premières phases du stress, la capacité d'absorption de l'eau à partir des racines diminue en raison de l'accumulation des sels dans le sol. En effet ; le stress salin engendre un stress osmotique qui induit une diminution du potentiel hydrique provoquant dans un premier temps une diminution de la croissance cellulaire, puis de l'activité mitotique des cellules (Shannon et Grieve, 1999). Dans un deuxième temps, il provoque la fermeture des stomates réduisant ainsi l'efficacité photosynthétique des plantes.

Par ailleurs, le stress entraîne une diminution de la biomasse fraîche et sèche des feuilles, tige et racines (Chartzoulakis et Klapaki, 2000). L'effet du sel se voit aussi dans la réduction significative de la hauteur de la plante, du nombre de feuilles, de la chute des feuilles, la longueur des racines et de la surface racinaire chez la tomate (Mohammad *et al.*, 1998). Toutefois, chez le coton, le taux élevé de NaCl se manifeste par une croissance en longueur des racines et une augmentation du ratio partie racinaire/partie aérienne (Meloni *et al.*, 2001). Des auteurs comme Channon et Grieve (1999) ont constaté que les racines peuvent également devenir minces ou épaisses selon la sensibilité des espèces et des variétés.

5. Effet de la salinité sur la germination :

Le stress salin peut réduire la germination en limitant l'absorption de l'eau par les graines (Boulghalagh *et al.*, 2008), en affectant soit la mobilisation des réserves stockées ou l'organisation et la synthèse structurale des protéines dans les embryons (Hermann *et al.*, 2007). Ces paramètres pourraient être dus aux effets toxiques des ions et/ou aux effets osmotiques de la réduction du potentiel hydrique du milieu (Dold et Donnovau, 1999).

La réduction de la capacité germinative des graines est également due à l'impact du sel et des processus métaboliques qui se produisent lors de l'imbibition de la graine. En effet, la salinité perturbe les systèmes enzymatiques impliqués dans les différentes fonctions physiologiques de la graine en germination telle que la diminution de l'activité de l'α amylase (Khemri *et al.*, 2004 ; Levent *et al.*, 2007).

La faible tolérance à la salinité des graines de certaines glycophytes peut être expliquée par leurs inaptitudes à enclencher les mécanismes leur permettant de mobiliser les réserves de la graine en présence du sel. En effet la germination exige cette mobilisation de réserves majoritairement de nature glucidique chez les légumineuses. Cette mobilisation dépend de l'activité des enzymes hydrolytiques. L'effet du sel peut aussi s'exercer sur le transport des produits de l'hydrolyse des réserves vers l'embryon (Khaled et al. 2004). Lachhab *et al.* (2000) ont signalé une inhibition de l'activité et de l'expression des protéases chez les graines de Luzerne (*Medicago Sativa*) sous stress salin (200mM de NaCl).

6. Effet de salinité sur la croissance et le développement :

La salinité est une contrainte majeure qui affecte la croissance et le développement des plantes, les effets néfastes de la salinité sur la croissance des plantes sont généralement associés au faible potentiel osmotique de la solution du sol et au niveau élevé de toxicité du sodium (et du chlore pour certaines espèces) qui provoquent des perturbations multiples sur le métabolisme, la croissance et le développement des plantes au niveau moléculaire, biochimique et physiologique (Tester et Davenport, 2003). Il a été démontré que les concentrations élevées de NaCl diminuent l'absorption de Ca^{2+} qui est important pour exprimer une tolérance relative au sel. L'augmentation de la concentration en Na^+ s'accompagne souvent d'une réduction de la concentration en certains éléments importants pour la croissance et le développement des plantes comme le, Mg^{2+} , K^+ , P et Ca^{2+} dans la plante (Levitt, 1980). Ce déséquilibre nutritionnel est une cause possible de la réduction de la croissance en présence de sel lorsque des ions essentiels comme K^+ , Ca^{2+} ou NO_3^- deviennent limitant (Haoula *et al.*, 2004). De plus Jabnoue (2008), a montré que les effets osmotiques du stress salin peuvent également limiter la croissance des racines, ce qui limite les possibilités d'absorption des éléments nutritifs indispensables.

7. La résistance à la salinité :

7.1. L'exclusion :

C'est l'accumulation d'éléments toxiques dans les organes souterrains afin d'éviter leurs accumulations dans les organes aériens pour ce végétal, (Peterson, 1981 *in* Bahrls, 1995). Ce phénomène est bien connu chez les halophytes qui secrètent de NaCl à la surface des feuilles lors des jours ensoleillés.

7.2. L'inclusion :

La plante capte le sel qui parvient aux feuilles au même titre que l'eau par le mouvement ascendant de la sève dans les vaisseaux, le sel est alors stocké dans les vacuoles grâce à des systèmes de pompes moléculaires et ainsi le sel isole des constituants cellulaires vitaux (Berthomieu *et al.*, 2003).

7.3. L'excrétion :

Certaines plantes absorbent les éléments toxiques, mais les excrètent à la surface de leurs organes aériens sous forme des sels, (Batamouny, 1993), telles que les plumbaginacées, Tamarix et Sparthe.

L'appareil excréteur est formé de cellules épidermiques (cas des Thalassi), et de glandes sécrétrices spécialisées (spartina) ou de poils sécréteurs (Atriplex).

7.4. L'accumulation :

De même, les plantes peuvent modifier la composition de leurs sèves par l'accumulation des ions Na^+ et Cl^- pour ajuster le potentiel hydrique des tissus, nécessaire pour maintenir la croissance (Mannus, 2005).

I. Matériels d'étude**1. Matériel utilisés**

Sulfate du sodium (Na_2SO_4) PM=142,04g/mol.

Chlorure de sodium (CaCl_2) PM= 142,04g/mol.

Chlorure de potassium (KCl) PM=58,45g/mol.

H₂O distillée, balance, fioles, papier aluminium, boîtes de pétri, papier absorbant.

2. Matériel végétal :

Nous avons utilisé une variété de Pois fourrager : « Sefrou » la plus cultivée en Algérie depuis longtemps d'origine Marocaine.

Les graines proviennent de la récolte de 2021 d'une station située à la wilaya de Tiaret et elles nous ont été fournies par l'Institut Technique Des Grandes Cultures (ITGC) située à El Harrach à Alger. Ces graines n'ont pas subi aucun traitement et elles étaient stockées dans un endroit sec à température ambiante du laboratoire.

II. Méthodes d'étude :

Le présent travail est réalisé au niveau du laboratoire d'écophysiologie végétale du département des sciences biologique à L'UMMTO. Nous avons procédé à des essais concernant l'effet des différents sels : (NaCl , KCl , Na_2SO_4 et CaCl_2) sur les paramètres de germination et du début croissance des graines du *Pisum sativum* L.

1. Protocole expérimentale :**1.1. Préparation des solutions salines :**

Préparation des solutions de quatre sels testés dont la concentration correspondent aux pressions osmotiques suivantes : -0,4 ; -0,8 ; -1 ; -1,2 ; -1,5 ; -1,9 MPA

-Peser la masse du sel

-Ajouter de l'eau

-Agiter la solution pour dissoudre le sel

-Verser le contenu dans une fiole puis remplir avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge (500ml)

-Fermer la fiole avec un bouchon et la couvrir avec l'aluminium

-Etiqueter les fioles.

1.2. Préparation des graines :

1.2.1. Tri de graines :

Nous avons trié les graines manuellement, en évitant toutes celles qui présentent des signes d'attaque de bruches, les graines utilisées étaient préalablement pesées afin d'homogénéiser le lot de graines testées dont la masse est supérieure à 0,99g.

1.2.2. Désinfection des graines :

Afin d'éviter d'éventuelle infestations des graines, nous les avons traités à l'hypochlorite de sodium à 5% pendant 5min, ces dernières sont ensuite rincées trois fois à l'eau distillée.



Figure 3 : Désinfection de matériels végétales (Original, 2022).

1.2.3. Pré imbibition :

Après la désinfection des graines, ces derniers sont mis dans l'eau distillée pendant 1h.

1.3. Mise en culture :

Les graines sont mises dans des boîtes de Pétri en plastiques, tapissées de deux couches de papier filtre (papier wattman) à raison de quinze graines de *Pisum Sativum* L par boîte, le nombre de répétition est de 8. Ce qui fait par conséquent 120 graines par traitement (15 graines \times 8 boîtes). L'arrosage des graines est réalisé par 15ml de chaque solution des sels avec des concentrations correspondante aux pression osmotiques croissantes de : -0,4 ; -0,8 ; -1 ; -1,2 ; -1,5 ; -1,9 MPA a raison de trois fois par semaine. Les graines des boîtes de pétri considérées

comme témoins ont été arrosées à l'eau distillée avec le même volume et la fréquence que les précédentes.

Les graines ont été ensuite mises dans l'étuve réglée à une température de $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ correspondant à la température propice à la germination de cette espèce.

Afin de suivre la germination des graines dans ces différentes conditions de stress salin, nous avons procédé au comptage quotidien du nombre de graines germées durant une période de 15 jours (Figure 4).



Figure 4 : Dispositif expérimental mise en germination des graines *Pisum sativum* L (Original, 2022).

Après quinze jours de mise en germination, les graines de *Pisum Sativum* L, ont atteint le stade final de germination (Figure 9). Nous avons ainsi calculé les différents paramètres de germination tel que le taux de germination final (%), le temps moyen de germination ainsi que le paramètre de croissance des plantules exprimé par la longueur des plantules et leur teneur en eau.

La longueur des plantules issues des graines germées était mesurée à l'aide d'une feuille millimétrée (CM).

2. Paramètres mesurés :

Le suivi de comportement des graines de *Pisum Sativum* L a été basé sur plusieurs paramètres morphologiques durant la germination.

Taux de germination (TG%) :

Selon Mazliak (1982), c'est le pourcentage de germination maximal ou le taux maximal obtenu dans les conditions choisies par l'expérimentateur. Il correspond au nombre de graines germées par rapport au nombre totale de graines.

Il est exprimé en pourcentage.

$$\text{TG\%} = (\text{Nombre de graines germées} / \text{Nombre totale des graines}) * 100$$

2.2. Temps moyenne de germination :

C'est le temps mis par les graines pour germer (Come, 1970), il est exprimé en jour et calculer par formule suivante :

$$\text{TMG} = (N_1 T_1 + N_2 T_2 + \dots + N_n T_n) / (N_1 + N_2 + \dots + N_n)$$

N₁ : Nombre des graines germées au temps **T₁**

N_n : Nombre des graines germées entre le temps **T_{n-1}** et le temps a **T_n**

T : Nombre total de jour d'observation

2.3. Détermination de la croissance en longueur :

Après 15 jours, la longueur des plantules est mesurée à l'aide d'une feuille millimétrée (CM)

2.4. Détermination de la teneur en eau (TE%) :

Après deux semaines de la mise en germination, les plantules ont été pesées à l'état frais puis à l'état sec après passage à l'étuve à 60°C jusqu'à obtention du poids sec constant.

La teneur en eau des plantules des différents traitements a été calculée selon la formule suivante

$$\text{TE (\%)} = \text{PF} - \text{PS} / \text{PF} * 100$$

PF : poids frais.

PS : poids sec.

3. Analyse statistique :

Tous les résultats obtenus ont été analysés statistiquement à l'aide du logiciel R. Lorsqu'il y a une conformité des résultats à la loi normale, une analyse de la variance ANOVA à un facteur a été effectuée suivie d'un test post-hoc de Newmann-Keuls, si les différences sont significative

I. Résultats

1. Influence de l'action osmotique de différents types de sels sur le taux de germination des graines de *P.sativum* :

1.1 Effet de différents sels sur le taux de germination des graines de *P. sativum* face à une pression de -0,4 MPa :

Le taux germinatif de *Pisum sativum* de la variété Séfrou, obtenus après 15 jours de mise en germination est représenté dans la figure 10. L'analyse statistique a révélé que le stress salin n'exerce pas d'effet significatif par rapport au témoins excepté pour le CaCl_2 , à la pression osmotique de -0,4MPa. En effet ; selon le test Newman et Keuls, ces valeurs sont classées dans le groupe homogène « a », le groupe « b » représente uniquement le traitement CaCl_2 avec un taux de réduction d'environ 5%.

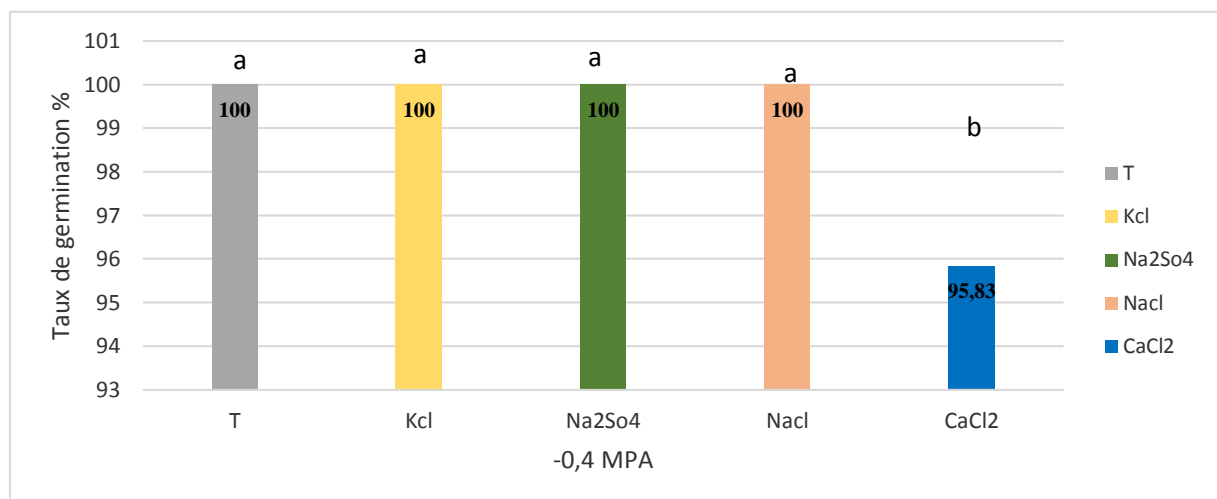


Figure 5 : Effet de la pression osmotique -0,4MPa, à différents sels, sur les taux de germination de *Pisum sativum* L.

1.2 Effet de différents sels sur le taux de germination des graines de *P. sativum* face à une pression de -0,8 MPa :

Le taux germinatif de *Pisum sativum* de la variété Sefrou, obtenus après 15 jours de mise en germination, est représentés dans la figure 11. Le test d'Anova, a montré que les différents sels à la pression osmotique -0,8MPa exerce un effet très hautement significatif ($P < 0,001$). L'étude statistique accompagné du test de Newman et Keuls classe les valeurs obtenues en deux groupes homogènes : « a » et « b ». Les sels de Na_2SO_4 et CaCl_2 ont montré une différence très hautement significative et classés en groupe b avec une chute de la germination d'environ 35 – 41%, les deux autres sels (NaCl et KCl) ne manifestent aucun effet sur la

germination et placé dans le même groupe que le témoins « groupe a ».

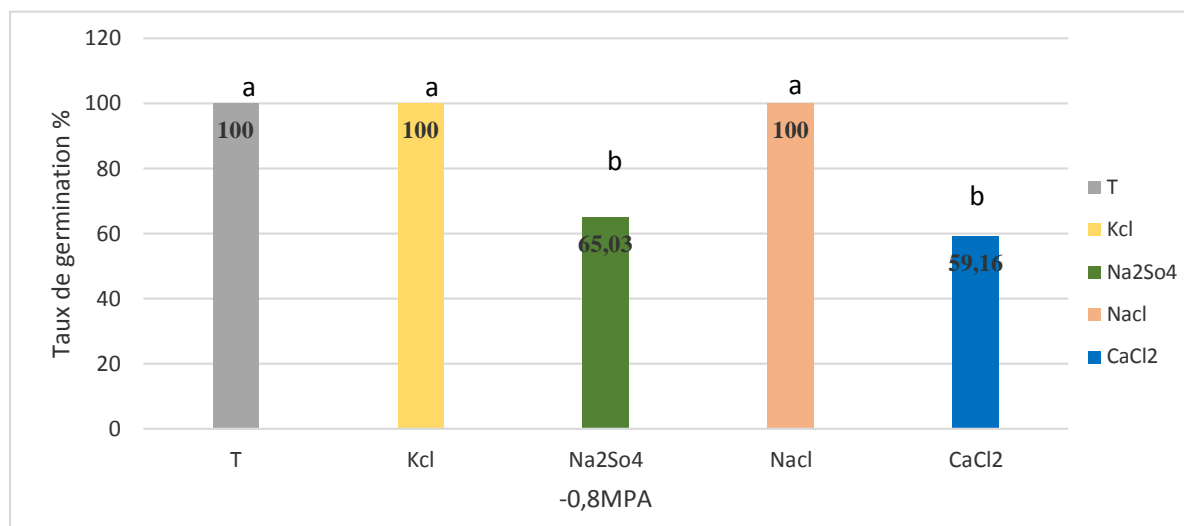


Figure 6 : Effet de la pression osmotique -0,8 MPa, à différents sels, sur les taux de germination de *Pisum sativum* L.

1.3 Effet de différents sels sur le taux de germination des graines de *P. sativum* face à une pression de -1 MPa :

La figure 7 présente l’effet des différents sels sur le taux germinatif de *Pisum sativum*, de la variété Séfrou. A la pression osmotique -1 MPa, les traitements KCl, NaCl, Na₂SO₄ et CaCl₂ ont enregistré une différence très hautement significative (P< 0,001) par rapport au témoin. Selon Newman et Keuls, le CaCl₂ s’est montré le plus inhibiteur avec une réduction de 68% et ainsi classé dans le groupe homogène « d ». Le chlorure de potassium est le sel qui a présenté la plus faible influence (8%) et classé par test dans un groupe intermédiaire « ab ». Cependant le reste des sels sont d’une influence intermédiaire entre les deux sels précédant.

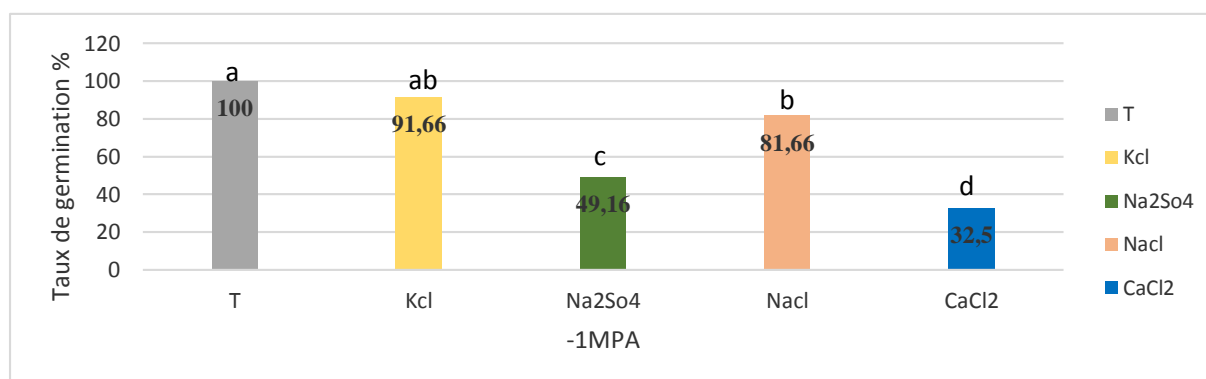


Figure 7 : Effet de la pression osmotique -1MPa, à différents sels, sur les taux de germination de *Pisum sativum* L.

1.4 Effet de différents sels sur le taux de germination des graines de *P. sativum* face à une pression de -1,2 MPa :

A la pression osmotique -1,2MPa. Nous avons constaté qu'il y'a une différence très hautement significative($P < 0,001$) par rapport au témoin qui est classée dans le groupe « a » avec un taux de 100%. La même constatation que celle obtenue sous la pression -1MPa a été relevée. En effet ; le Na_2SO_4 et CaCl_2 sont plus inhibiteur (groupe d et e) pour la germination comparativement à l'action de KCl , NaCl (groupe, b et c) (Figure13).

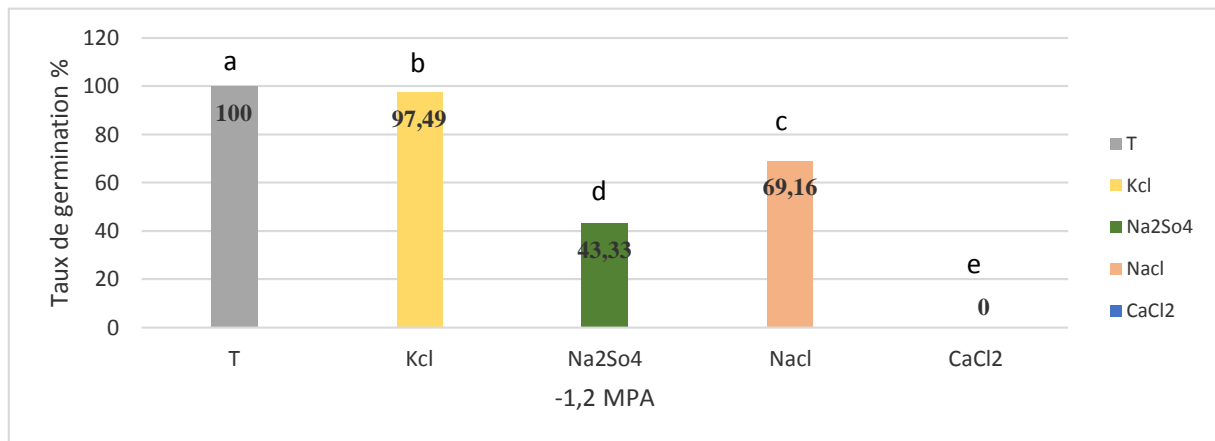


Figure 8 : Effet de la pression osmotique -1,2 MPa, à différents sels, sur les taux de germination de *Pisum sativum* L.

1.5 Effet de différents sels sur le taux de germination des graines de *P. sativum* face à une pression de -1,5 MPa :

Selon l'analyse statistique à la pression osmotique -1,5MPa, une différence très hautement significative($P < 0,001$) est trouvée par rapport au témoin qui est classé dans le groupe « a ». Le teste de New man et Keuls, classe les valeurs obtenues des traitements en différents groupes homogènes. : « a », « b », « c », « d » respectivement pour le, témoin, KCl , NaCl , Na_2SO_4 , et CaCl_2 où on remarque qu'à cette pression que l'effet exercé par le KCl et le NaCl est similaire avec un pourcentage d'environ 55% (groupe b) (Figure 14).

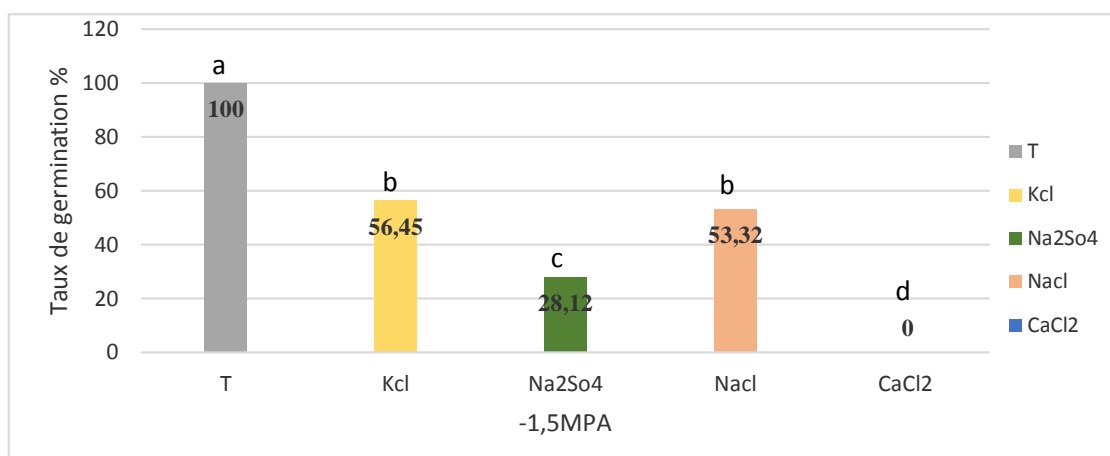


Figure 9 : Effet de la pression osmotique -1,5 MPa, à différents sels, sur les taux de germination de *Pisum sativum* L.

1.6 Effet de différents sels sur le taux de germination des graines de *P. sativum* face à une pression de -1,9 MPa :

A la forte pression osmotique -1,9MPa, une différence très hautement significative ($P < 0,001$) a été également enregistrée par rapport au témoin. Selon Newman et Keuls, les valeurs obtenues sont classées en trois groupes homogènes « a », « b » et « c ». On remarque que l'effet exercé par KCl, Na₂SO₄, NaCl est identique statistiquement « groupe b » avec une réduction d'environ 80% par rapport au témoin (Figure 10).

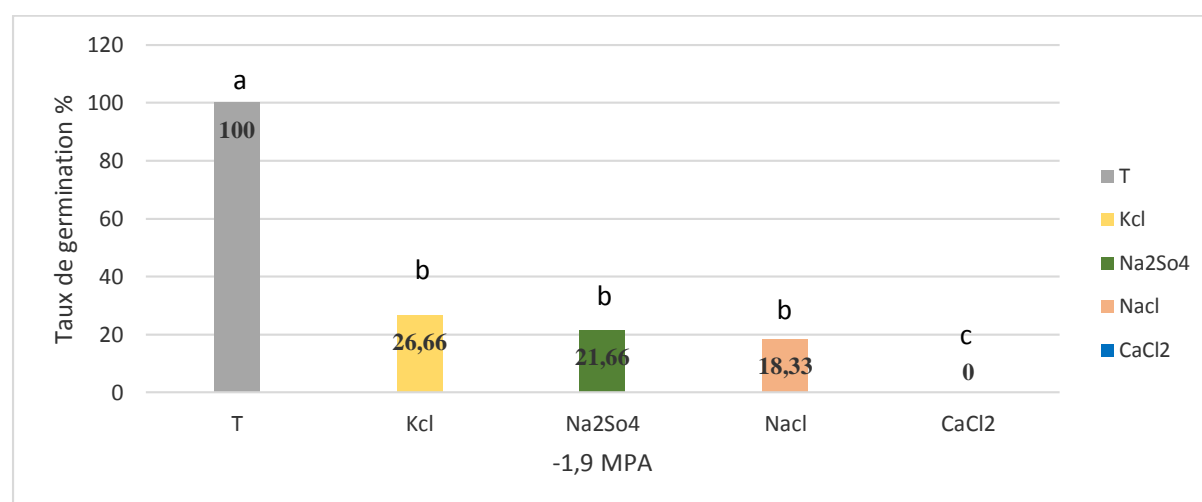


Figure 10 : Effet de la pression osmotique -1,9 MPa à différents sels, sur les taux de Germination de *Pisum Sativum* L.

Les résultats de l'effet des différents sels sur le taux de germination est illustré par le tableau suivant :

Tableau 2 : Effet de l'action osmotique de quatre type de sels sur le taux de germination des graines de *P.sativum* (% : $\mu \pm$ écart type)

MPa	T	KCl	Na ₂ SO ₄	NaCl	CaCl ₂
-0,4	100±0 (a)	100±0 (a)	100±0 (a)	100±0 (a)	95,83±2,4813194 (b)
-0,8	100±0 (a)	100±0 (a)	65,04±10,2063565 (b)	100±0 (a)	59,16±5,1747442 (b)
-1	100±0 (a)	91,66±4,27307011 (ab)	49,16±6,40865316 (c)	81,66±5,56380743 (b)	32,5±5,6694671 (d)
-1,2	100±0 (a)	97,49±2,4813194 (b)	43,33±4,36435808 (d)	69,16±7,75238071 (c)	0±0 (e)
-1,5	100±0 (a)	56,45±5,74746773 (b)	28,12±5,29659982 (c)	53,33±6,42440794 (b)	0±0 (d)
-1,9	100±0 (a)	26,66±6,90065573 (b)	21,66±2,95414721 (b)	18,33±2,95414721 (b)	0±0 (c)

2. Influence de l'action osmotique de différents types de sels sur le temps moyen de germination des graines de *P.sativum* :

2.1 Effet de différents sels sur le temps moyen de germination des graines de *P.sativum* face à une pression de -0,4 MPa :

A la pression osmotique -0.4 MPa, nous avons enregistré une différence significative par rapport au témoin. Le test Newman et Keuls a révélé trois groupes homogènes. Les valeurs du TMG enregistré avec le KCl, NaCl et Na₂SO₄ sont similaires. Ceux-ci ont même montré une légère réduction de la durée nécessaire de la germination et sont regroupés dans le groupe « c », celui du sel CaCl₂ est classé dans le groupe « b » (Figure 11) .

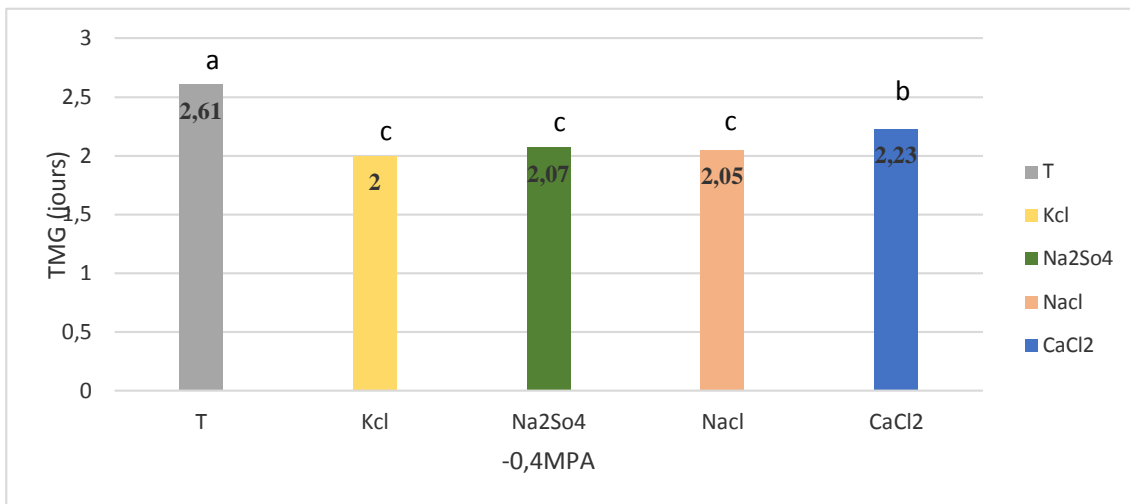


Figure 11 : Effet de la pression osmotique -0,4 MPa à différents sels sur le temps moyen de germination TMG de *Pisum Sativum L.*

2.2 Effet de différents sels sur le temps moyen de germination des graines de *P. sativum* face à une pression de -0,8 MPa :

A la pression osmotique -0.8 MPa, nous avons enregistré une différence très hautement significative par rapport au témoin. Selon Newman et Keuls, ces valeurs sont classées dans les groupes homogènes suivants « a », « b », « c » et « d » respectivement pour les sels CaCl₂, NaCl, Na₂SO₄ KCl et témoin (Figure12). En effet ; le CaCl₂ a induit un effet plus ressenti que celui des trois autres sels avec une valeur de TMG augmentée de 100 % par rapport aux témoins.

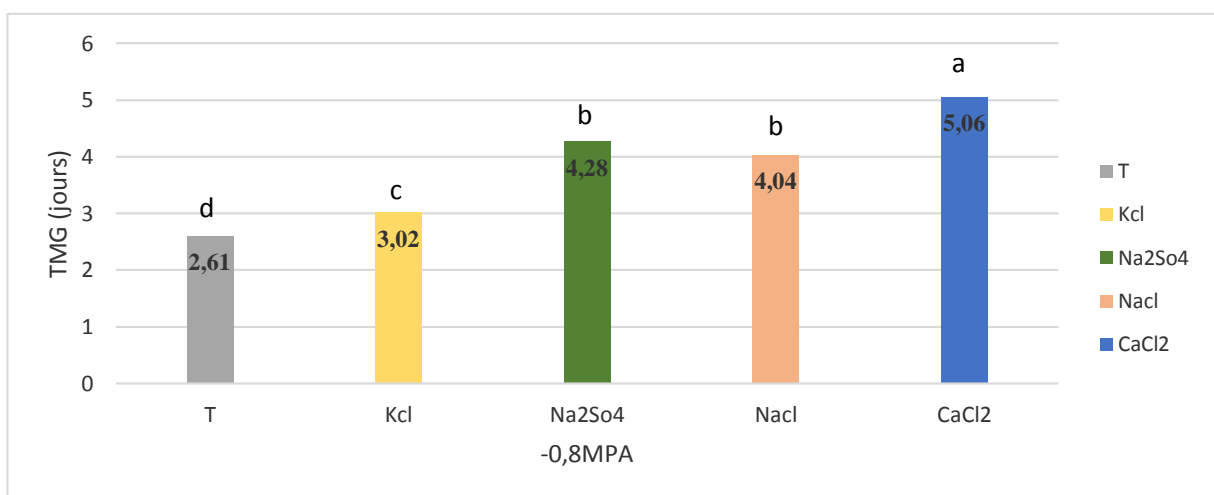


Figure 12 : Effet de la pression osmotique -0,8 MPa à différents sels sur le TMG de *Pisum Sativum L.*

2.3 Effet de différents sels sur le temps moyen de germination des graines de *P. sativum* face à une pression de -1 MPa :

A la pression osmotique -1 MPa, nous avons enregistré une différence significative ($P= 0,02$) par rapport au témoin. D'ailleurs selon le test de Newman et Keuls, les quatre sels CaCl_2 , NaCl , Na_2SO_4 , KCl sont classés dans la même groupe homogène « a » ou le TMG est de 4,5 jours Par rapport au témoin qui y est classé « b » avec un temps moyen de germination de 2,6 jours (figure 13).

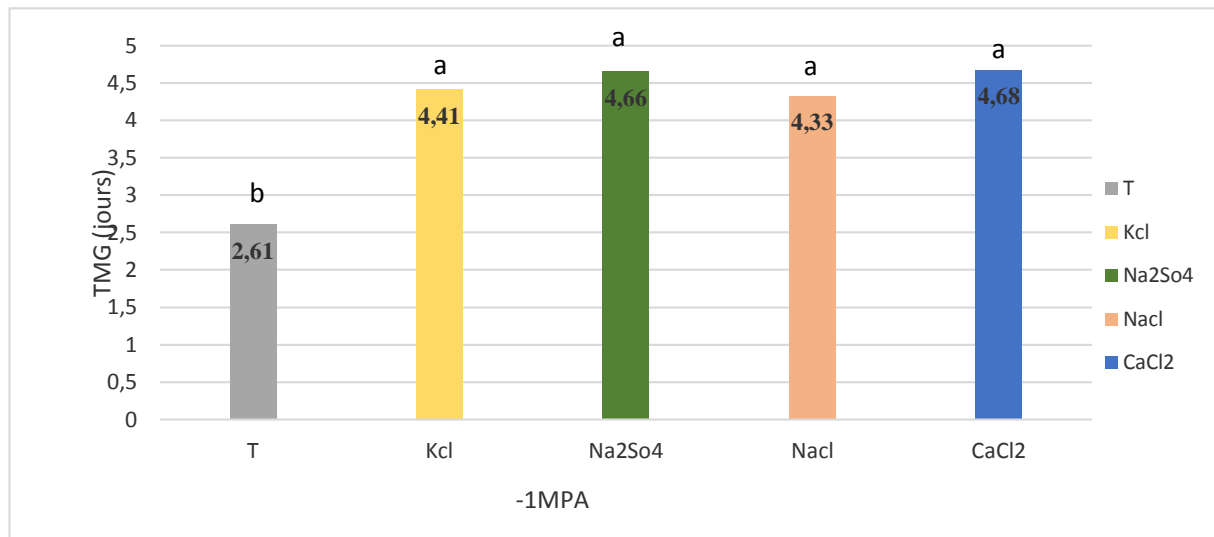


Figure 13 : Effet de la pression osmotique -1 à différents sels sur le TMG de *Pisum Sativum* L.

2.4 Effet de différents sels sur le temps moyen de germination des graines de *P. sativum* face à une pression de -1,2 MPa :

A la pression osmotique -1,2 MPa, nous avons enregistré une différence très hautement significative ($P<0,001$) par rapport au témoin. Selon Newman et Keuls, ces valeurs sont classées dans les groupes homogènes suivants « b » pour NaCl et témoin. Le Na_2SO_4 est le sel le plus influant et qui retarde le plus la germination des graines de *Pisum sativum* L avec une valeur de TMG de 4,18 jours. Nos résultats ont également montré que le KCl n'engendre aucun retard de germination des graines de cette espèce (figure 14).

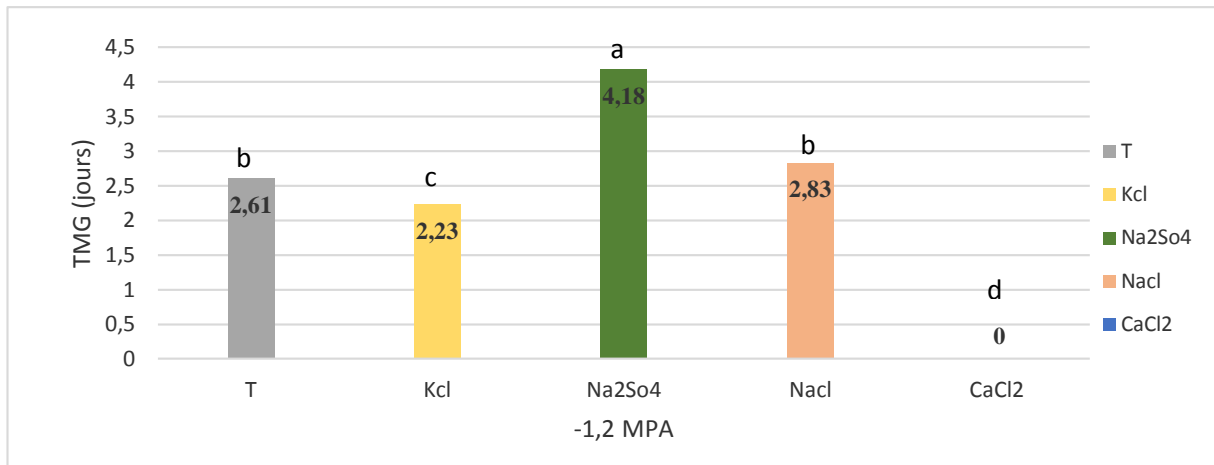


Figure 14 : Effet de la pression osmotique -1,2 MPA à différents sels sur le TMG de *Pisum sativum L.*

2.5 Effet de différents sels sur le temps moyen de germination des graines de *P. sativum* face à une pression de -1,5 MPa :

A la pression osmotique -1,5 MPa, nous avons enregistré une différence très hautement significative par rapport au témoin. Selon le test Newman et Keuls ces valeurs sont classées dans les groupes homogènes suivants « a », « b », « c » respectivement : (Na₂SO₄, KCl, NaCl), sels qui ont significativement retardé la germination des graines de *Pisum sativum* (figure 15).

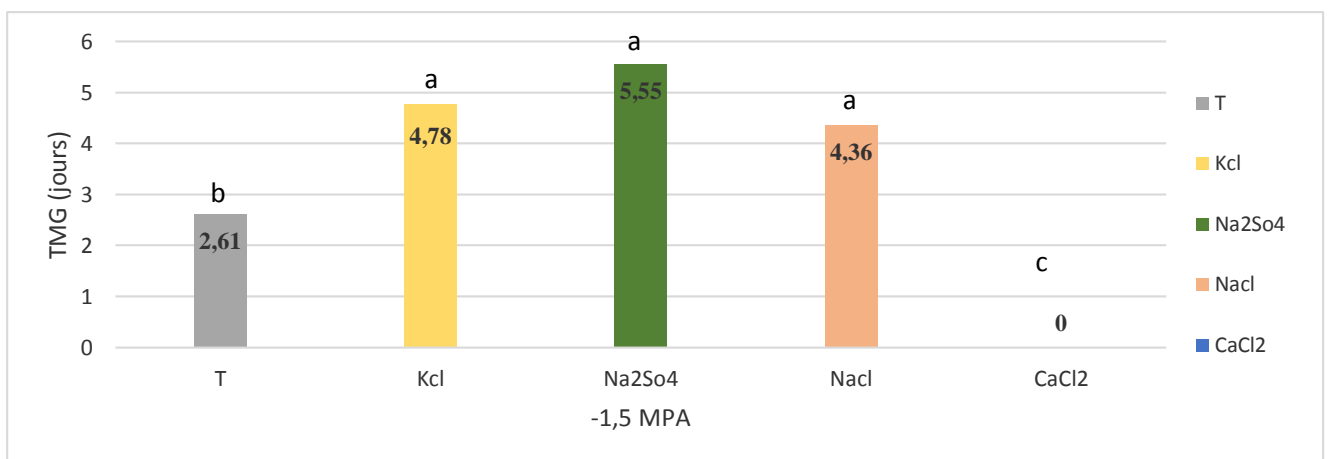


Figure 15 : Effet de la pression osmotique -1,5 à différents sels sur le TMG de *Pisum Sativum L.*

2.6 Effet de différents sels sur le temps moyen de germination des graines de *P. sativum* face à une pression de -1,9 MPa :

A la pression osmotique -1,9 MPa nous avons enregistré une différence très hautement significative par rapport au témoin. Selon Newman et Keuls, ces valeurs sont classées dans les groupes homogènes suivants « a », « b », « c », « d » respectivement : Na₂SO₄, NaCl, KCl, témoin (figure 16). A la lumière de ces résultats ; nous constatons la même observation déjà relevée face aux autres conditions osmotiques pour lesquels l'action inhibitrice de Na₂SO₄ par rapport aux autres sels.

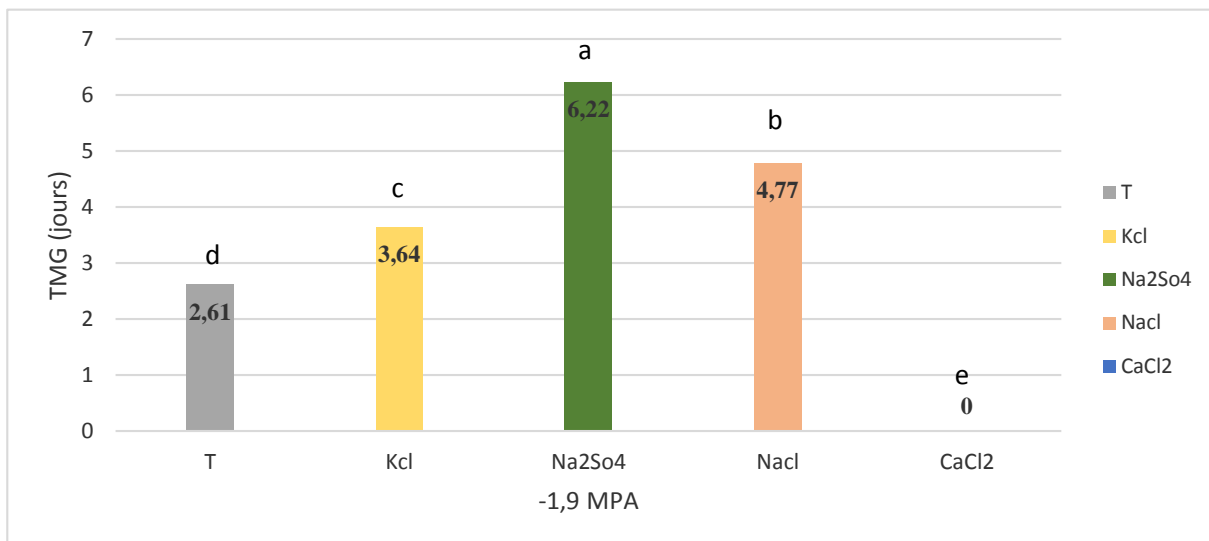


Figure 16 : Effet de la pression osmotique -1,9 MPa a différents sels sur le TMG de *Pisum. Sativum L.*

Les résultats de l'effet des quatre sels sur le temps moyen de germination est illustré par le tableau suivant.

Tableau 3 : effet de l'action osmotique de quatre type de sels sur le temps moyen de germination des graines de *P.sativum* (% : $\mu \pm$ écart type)

MPa	T	KCl	Na ₂ SO ₄	NaCl	CaCl ₂
-0,4	2,6±0,0451134 (a)	2±0 (c)	2,07±0,037297 7 (c)	2,05±0,070710 8 (c)	2,23±0,09823214 (b)
-0,8	2,6±0,0451134 (d)	3,03±0,0353554 (c)	4,28±0,131419 1 (b)	4,04±0,058336 1 (b)	5,06±0,2260284 (a)
-1	2,6±0,0451134 (b)	4,41±0,1695105 (a)	4,66±0,237306 1 (a)	4,33±0,124642 5 (a)	4.68±1,5114884 (a)
-1,2	2,6±0,0451134 (b)	2,23±0,1394886 (c)	4,18±0,259749 9 (a)	2,83±0,129874 6 (b)	0±0 (d)
-1,5	2,65±0,045113 4 (b)	4,78±0,3219333 (a)	5,55±1,156396 1 (a)	4,36±0,238528 9 (a)	0±0 (c)
-1,9	2,6±0,0451134 (d)	3,64±0,2865921 (c)	6,22±0,287700 4 (a)	4,77±0,366567 9 (b)	0±0 (e)

3. Influence de l'action osmotique de deux types de sels sur la croissance en longueur des graines de *P.sativum* :

3.1 Effet des deux sels sur la croissance en longueur des graines de *P. sativum* face à une pression de -0,4 MPa :

A la pression osmotique -0.4 MPa, nous avons constaté qu'il y a une différence très hautement significative. Selon New Keuls, ces valeurs sont classées dans les différents groupes homogènes suivants : « a », « b », et « c » : respectivement : témoin, KCl, Na₂SO₄. Comme dans le cas du taux de germination et du TMG le Na₂SO₄ a enregistré une plus forte action inhibitrice sur la croissance en longueur des plantules. En effet, ce dernier a fait chuter la longueur des plantules d'une proportion de 75.02 %. Cependant le KCl a montré un taux de réduction de la longueur des plantules plus faibles avec une valeur de 18.16% (figure 17).

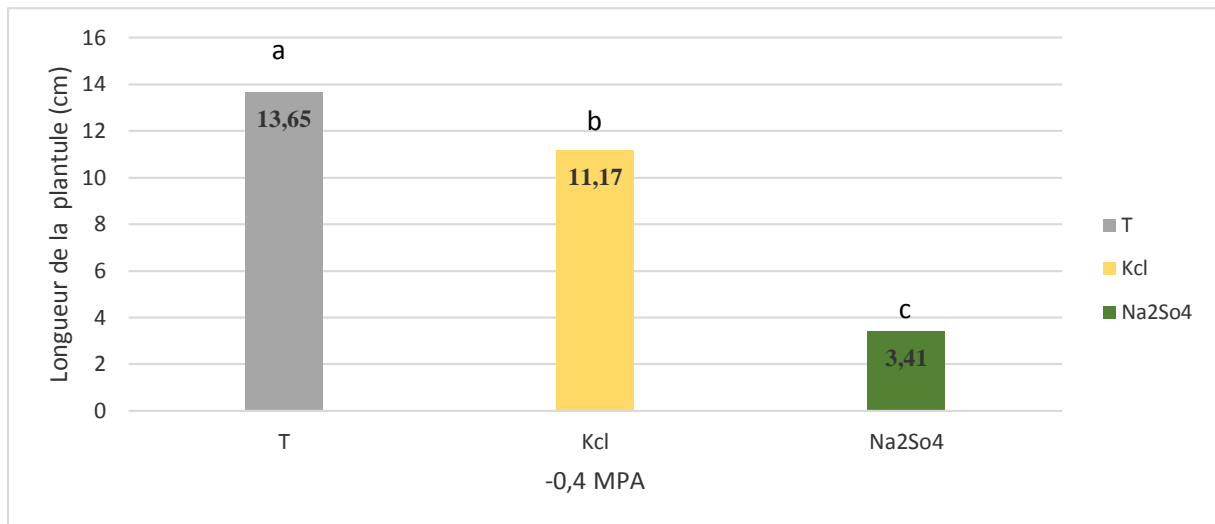


Figure 17 : Effet de la pression osmotique -0,4a deux sels (KCl et Na₂SO₄) sur la longueur de la plantule.

3.2 Effet des deux sels sur la croissance en longueur des graines de *P. sativum* face à une pression de -1,2 MPa :

A la pression osmotique -1.2 MPa, le test Newman et Keuls a révélé une différence très hautement significative. Le KCl a montré une diminution de la longueur de 76.85 % et 96.05% pour le Na₂SO₄, classé respectivement dans les groupes homogènes « b », « c » (figure18).

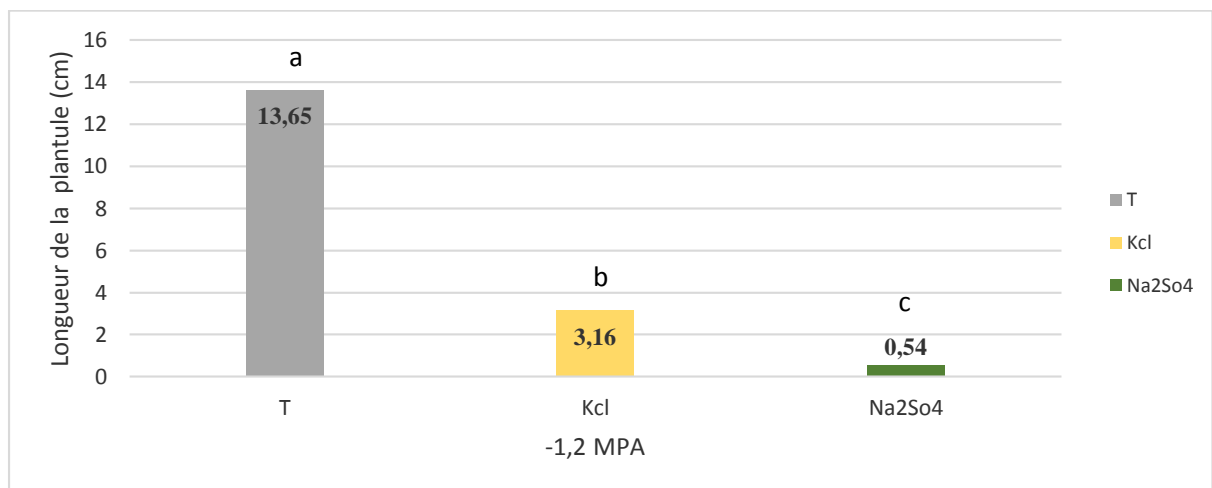


Figure 18 : Effet de la pression osmotique -1,2 a deux sels (KCl et Na₂SO₄) sur la longueur de la plantule.

Les résultats de l'effet des deux sels sur la croissance en longueur est illustré par le tableau suivant.

Tableau 4 : Effet de l'action osmotique de deux type de sels sur la croissance des graines de *P.sativum* (% : $\mu \pm$ écart type)

MPa	T	KCl	Na ₂ SO ₄
-0,4	13,65±2,63831609 (a)	11,17±1,8493777 (b)	3,41±0,54761783 (c)
-1,2	13,65±2,63831609 (a)	3,16±0,62835607 (b)	0,54±0,13936328 (c)

4. Influence de l'action osmotique de deux types de sels sur la teneur en eau des graines de *P.sativum* :

4.1 Effet de deux sels sur la teneur en eau des graines de *P. sativum* face à une pression de -0,4 MPa :

A la pression osmotique -0,4MPa nous avons constaté que le facteur (sels) exerce une différence très hautement significative ($P < 0,001$) sur la teneur en eau des plantules. En effet ; le Na₂SO₄ est toujours le plus influant avec une diminution de 24.7% comparativement au KCl qui a enregistré une chute d'hydratation de 4.2% (figure 19).

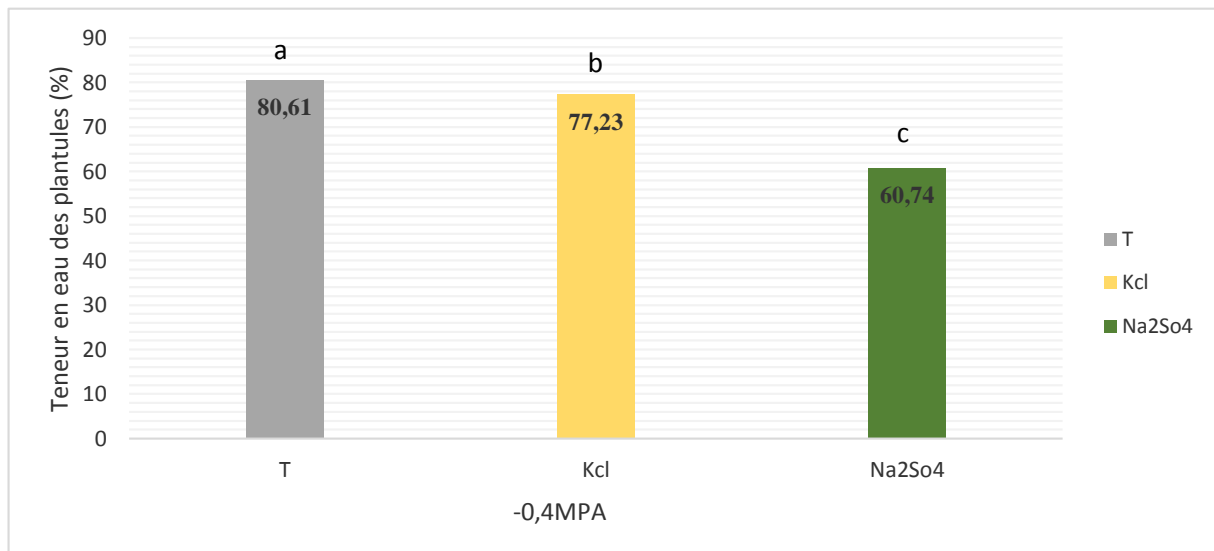


Figure 19 : Effet de la pression osmotique -0,4MPa à deux sels (KCl et N2SO4) sur la teneur en eau des plantules de *P. sativum*

4.2 Effet des deux sels sur la teneur en eau des graines de *P. sativum* face à une pression de -1,2MPa :

A la pression osmotique -1,2MPa, nous avons constaté qu'il y a une différence très hautement significative dans les deux sels (KCl et Na₂SO₄) qui sont très diminué par rapport au témoin (KCl 33.96% ; Na₂SO₄ 42.08%). Selon Newman et Keuls, ces valeurs sont classées dans les différents groupes homogènes suivants : « a », « b », et « c » : respectivement : témoin, KCl, Na₂SO₄ (figure20).

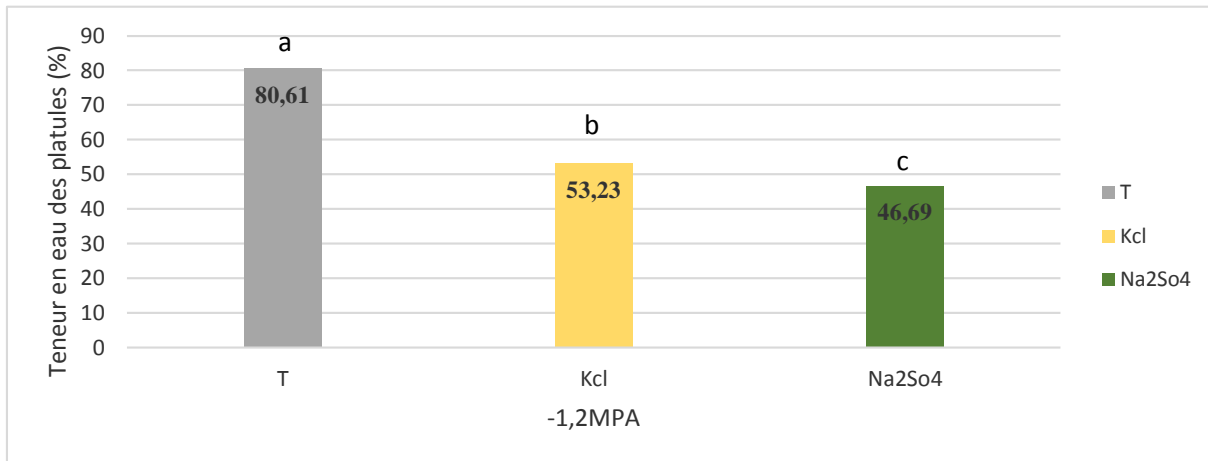


Figure 20 : Effet de la pression osmotique de -1,2 MPa à deux sels (KCl et Na₂SO₄) sur la teneur en eau de *Pisum Sativum* L.

Les résultats de l'effet des deux sels sur la teneur en eau est illustré par le tableau suivant.

Tableau 5 : effet de l'action iso-osmotique de deux type de sels sur la teneur en eau des graines de *P.sativum* (% : μ±écart type)

MPa	T	KCl	Na ₂ SO ₄
-0,4	80,61±2,32515168 (a)	77,23±3,20631602 (b)	60,74±2,95468237 (c)
-1,2	80,61±2,32515168 (a)	53,23±3,56599331 (b)	46,69±3,00708441 (c)

II. Discussion :

D'après les figures N° 10,11,12,13,14 ,15, on peut dire que les pressions osmotiques - 0,4 et - 0,8 MPa de KCl n'ont aucun effet sur la germination des graines de *Pisum Sativum* L. Nous avons dans ce cas enregistré 100% de germination. Les pourcentages de germinations les plus faible 56 et 26% sont remarquée pour les pression osmotiques de -1,5 et- 1,9 MPa.

Nos résultats après l'étude statistique ; montrent que les pourcentages de germination sous la dose de -0,4 MPa de CaCl₂ a dépassé une proportion de 90%. Un ralentissement de la germination est observé sous les traitements de -0,8 et- 1 MPa où on enregistre le taux de germination le moins élevé de 59 à 32%. La germination est complètement inhibée à partir de la pression de - 1.2 MPa.

Nous avons aussi remarqué qu'un taux de germination de 100% pour le témoin et la dose - 0,4 MPa de Na₂SO₄. Un ralentissement de la germination est observé sous les traitements de -0.8, -1, -1.2,-1.5, -1.9 MPa où on enregistre le taux de germination le moins élevé de 65% à 21%.

A la lumière de nos résultats, on remarque que les doses faibles du NaCl -0.4 et -0.8MPa, n'ont pas d'effet sur la germination des graines de *Pisum Sativum* L, on enregistre des taux de germination plus élevés (100%) semblable au témoin. Pour les pressions osmotiques allant de -1 ; -1,5 MPa, nous avons remarqué une légère diminution des pourcentages de germination.

La pression de -1,9 MPa donne le taux le moins élevé dans lequel le pourcentage de germination est de 18%. Ce résultat est en accord avec l'étude de Okço *et al.*, (2005) qui ont démontré que l'application de différents niveaux de NaCl induit une réduction significative du taux de germination final chez les cultivars de petit pois. Nos résultats sont également concordant avec ceux de Camara et al., (2018) qui ont déduit que l'effet de NaCl sur le comportement germinatif des graines de petit pois se traduit par une augmentation du temps de latence et une diminution de la vitesse et du taux de germination.

Les principaux résultats obtenus concernant la germination de *Pisum sativum* L. ont montré un effet peu marqué du stress salin sur le taux de germination pour des niveaux de salinité modérés. Les réponses des graines de *Pisum sativum* L. que nous avons testées suivent la même tendance quant à leur réponse à la salinité comparativement aux résultats obtenus par Nedjimi (2010). Celui-ci a trouvé que le taux de germination des graines d'*Atriplex halimus* subit une diminution de 25% pour des concentrations salines de 5,25 g/L de NaCl, 6,06 g Na₂SO₄/l

et 7g CaCl₂/l). Au-delà de ces seuils, le taux de germination accuse une diminution significative. En effet, pour le CaCl₂ et le Na₂SO₄, nous avons enregistré une diminution variante entre 41% et 100% et 35% et 79 % de taux de germination sous les pressions osmotiques respectives de -0.8 et -1.9 MPa. Pour les deux sels NaCl et KCl nous n'avons pas observé de diminution de pourcentage de germination qu'après le traitement de -1MPa (diminution de 5 à 19%). Des auteurs ont rapporté que les racines des plantes sont dotées de transporteurs à haute affinité aux ions SO₄⁻ (SHT1 ET HST2) et que la transcription des gènes codant pour ces derniers est régulée par la concentration des ions sulfure dans l'environnement racinaire des plantes (Smith et al., 2000).

Plusieurs auteurs ont constaté que la réduction du pouvoir germinatif est due à l'augmentation de la pression osmotique de la solution du sol, 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. Par ailleurs ; la salinité perturbe également les systèmes enzymatiques impliquées dans les différentes fonctions physiologiques de la germination des graines tels que la diminution de l'activité de polyphénol oxydase et l'amylase (Slama *et al.*, 1992 ; Khemiri *et al.*, 2004).

Pour ce qui est de l'influence des différents sels sur la cinétique de germination simulé par le paramètre temps moyen de germination (TMG) ; les résultats obtenus corroborent ceux rapportés par plusieurs auteurs dont Sosa et ses collaborateurs (2005). En effet, ces auteurs ont affirmé que le stress salin allonge le temps moyen nécessaires aux graines pour enclencher le processus de germination. Dans ce présent travail, nous avons trouvé que le temps moyen de germination de *Pisum sativum* L. s'allonge au fur et à mesure de l'augmentation de la salinité pour les différents sels testés ; ainsi, à titre d'exemple pour le Na₂SO₄ à la pression osmotique de -0,4MPa, le TMG est de 2,01 jours, celui-ci s'allonge pour atteindre une durée de 6,22 jours à la plus forte pression osmotique testée -1,9 MPa.

Les travaux de BayueloJiménez *et al.* (2002) sur *Phaseolus* et ceux d'Okçu *et al.*, (2005) sur des cultivars de petits pois, ont démontré que le temps moyen de germination des graines a augmenté avec l'apport de NaCl. Cette augmentation est proportionnelle à la concentration en sel dans le milieu. Cependant, Cokkizgin *et al.* (2012) a trouvé que tous les paramètres de germination examinés chez le haricot diminuent significativement avec l'augmentation de la concentration en NaCl sauf le temps moyen de germination qui reste comparable à celui du témoin. Un autre travail de recherche signale que la présence du chlorure de sodium se

répercute négativement sur les moyennes de germination journalière des différents génotypes de petit pois (Hajlaoui *et al.*, 2007). La variation des capacités germinatives associées au temps moyen des graines ont permis de bien discriminer les espèces quant à leur tolérance et /ou leur sensibilité au sel au cours de la phase de germination (Ghrib *et al.*, 2011).

L'impact d'un traitement salin osmotique par quatre différents sels sur la phase de début de croissance des plantules issues de la germination des graines de *P. Sativum* exprimé par la longueur des plantules ainsi que l'estimation du statu hydrique de ces plantules exprimé par la teneur en eau a révélé un effet statistiquement significatif. Nous avons enregistré une réduction de la teneur en eau des plantules de *Pisum Sativum* ; celle-ci est respectivement de 77,23% et 53,23% sous les pressions osmotiques de [-0,4 ; -1,2] MPa. Dans notre essai, nous avons constaté que la croissance en longueur des plantules de *P. sativum* diminue avec l'augmentation de l'intensité du stress. Ceci est conforme à ce aux constatations de Okçu *et al.* (2005) sur le petit pois.

Nos résultats sont en concordance avec les travaux de Nguyen *et al.* (2004). Ces auteurs ont révélé que les deux espèces *Acacia auriculiformis* et *Acacia mangium* ont réagi également par une réduction de la croissance de la partie aérienne en réponse au stress salin. Cet effet est fréquent chez la majorité des Glycophytes (Chartzoulakis *et al.*, 2000) chez lesquelles la diminution de la croissance de l'appareil végétatif peut être expliquée par une augmentation de la pression osmotique provoquée par le NaCl, ce qui engendre la diminution de l'absorption de l'eau par les racines. Les plantes s'adaptent ainsi au stress salin par la réduction de leur croissance afin d'éviter les dommages causés par sel (Yeo *et al.*, 1983, Zhu *et al.*, 2002).

Les effets de la salinité sur la croissance des plantules cultivés en conditions semi contrôlées dépendent de plusieurs facteurs. Ils varient selon la teneur de NaCl appliquée, l'espèce, la provenance, le stade végétatif et l'organe (Levigneron *et al.*, 1995). Les effets de la salinité se manifestent principalement par un ralentissement de la croissance de l'appareil végétatif induisant ainsi la réduction de la surface transpirante.

La diminution de la croissance des parties aérienne peut aussi être expliquer par les perturbations des taux des régulateurs de croissance dans les tissus, particulièrement l'acide abscissique et les cytokinines induites par le sel (Fahad *et al.*, 2015), mais aussi à une diminution de la capacité photosynthétique provoqué par la diminution de la conductance stomatique et par conséquent la diffusion du CO₂ sous la contrainte saline. Dans tous les cas,

cette réduction de la croissance des différentes parties aériennes est considérée comme une stratégie adaptative nécessaire à la survie des plantes exposées à la salinité (Daroui *et al.*, 2013). Ceci permet à la plante d'emmagasiner de l'énergie nécessaire pour faire face au stress afin de réduire les dommages irréversibles occasionnés, quand le seuil de tolérance des plantes est atteint (Benmahioul *et al.*, 2009).

Pisum Sativum L. est considéré comme une légumineuse très intéressante pour ces intérêts agronomiques écologiques et fourragers. La rareté des travaux sur les effets comparés de plusieurs sels dissous dans le sol nous a motivé pour estimer sa réponse vis-à-vis d'une contrainte saline exercée par quatre différents sels. Au terme de notre travail nous avons enregistré un effet négatif de l'augmentation de la pression osmotique des sels sur la germination et des paramètres de début de croissance (la longueur des plantules et la teneur en eau). Nous avons ainsi enregistré une réduction de 44%, 82%, 47% et 100% respectivement pour le KCl, Na₂SO₄, NaCl et CaCl₂ pour le TG à la pression de -1,5MPa.

La longueur des plantules a diminué de 77% et 97% respectivement pour le KCl et le Na₂SO₄ à la pression osmotique de -1,2 MPa.

Cependant, nous avons relevé une différence très significative du type de sel. En effet, nous avons trouvé que le Na₂SO₄ est le sel qui a présenté le degré d'inhibition le plus élevée et le KCl est caractérisé par la plus faible action sur la germination et la croissance des plantules de cette espèce.

Comme perspective à ce modeste travail ; nous préconisons d'augmenter la gamme de pression osmotiques de ces quatre sels et de refaire ce travail en étudiant l'estimation de ces contraintes salines pendant les différentes phases phénologiques de cette espèce afin d'en déterminer la phase la plus vulnérables aux contraintes abiotiques en générale et saline en particulier.

Résumé

Le présent travail cible comme objectif d'étudier l'impact d'une contrainte saline exercée par quatre types de sels majoritairement présents dans le sol (Na_2SO_4 , NaCl , KCl , CaCl_2). Pour ce faire des paramètres de germination tel que le taux de germination (TG) et le temps moyen de germination (TMG) et des paramètres de croissance des plantules comme la longueur et la teneur en eau des plantes ont été également étudié chez le pois fourrager. Plusieurs pressions osmotiques ont été test é savoir : -0,4MPa, -0,8MPa, -1MP, -1,2MPa, -1,5MPa, -1,9MPa.

Nos résultats énumérés indiquent :

Que le sel a un effet dépressif sur le TG et TMG. Cet effet varie en fonction de l'intensité du stress.

La croissance des plantules de cette espèce se trouve également affectée par l'action du stress salin exprimée par la longueur et la teneur en eau.

Nous avons ainsi enregistré une réduction de 44%, 82%, 47% et 100% respectivement pour le KCl , Na_2SO_4 , NaCl et CaCl_2 pour le TG à la pression de -1,5MPa.

La longueur des plantules a diminué de 77% et 97% respectivement pour le KCl et le Na_2SO_4 à la pression de -1,2MPa.

Abstract

The present work aims to study the impact of a saline constraint exerted by four types of salts mainly present in the soil (Na_2SO_4 , NaCl , KCl , CaCl_2). To do this, germination parameters such as germination rate (TG) and average germination time (TMG) and seedling growth parameters such as plant length and water content were also studied in field peas. Several osmotic pressures were tested, namely: -0.4MPa, -0.8MPa, -1MP, -1.2MPa, -1.5MPa, -1.9MPa.

Our results listed indicate:

That salt has a depressing effect on TG and TMG. This effect varies according to the intensity of the stress.

The growth of seedlings of this species is also affected by the action of salt stress expressed by length and water content.

We thus recorded a reduction of 44%, 82%, 47% and 100% respectively for KCl , Na_2SO_4 , NaCl and CaCl_2 for the TG at the pressure of -1.5 MPa.

Seedling length decreased by 77% and 97% respectively for KCl and Na_2SO_4 at the pressure of -1.2MPa.

Références
Bibliographique

- Abdelguerfie A. 2003.** Evaluation des besoins en matière de renforcement des capacités nécessaires à la conservation et l'utilisation durable de la biodiversité importante pour l'agriculture. Rapport de Synthèse sur « La Biodiversité Importante pour l'Agriculture en Algérie » MATE-GEF/PNUD : Projet ALG/97/G31 Tome IX.
- Baize D., 2000.** Guide des analyses en pédologie. 2ème édition. Institut National de la Recherche Agronomique, Paris : 206- 207
- Batamouny. K., 1993.** Adaptation of plants to saline condition in arid regions, faculty of science CAIRO. University. Egypte Accad Publisher in Netherlands. PP13-20.
- Bayuelo, J. 2002.** Salinity tolerance of Phaseolus species during germination and early seedling growth. Crop. Sci., 2184-2192.
- Belkheiri, O. 2008.** Adaptabilité des espèces du genre *Atriplex* aux conditions de salinité et d'aridité. Tesi di Dottorato in Agrometeorologia ed Ecofisiologia dei Sistemi Agrarie Forestali. Università di Sassari 42p
- Benchetrit, M. 1956.** Les sols d'Algérie. In Revue de géographie alpine, 44: 749-761
- Benmahiou, B., Daguin, F., and Kaid -Harche, M. 2009,** Effet du stress salin sur la germination et la croissance in vitro du pistachier (*Pistacia vera L.*). Comptes Rendus Biologies, 332(8)p.752-758. Available on :<http://www.Sciencedirect.com/science/article/pii/S1631069109000936>
- Benoît M., Deffontaines J.-P., Lardon S. 2006.** Acteurs et territoires locaux. Vers une géoagronomie de l'aménagement. Collection Savoir-Faire, Inra
- Berthomieu, P. Conéjéro, G. Nublat, A. Brackebury, W.J. Lambert, C. Savio, C. Uozumi, N. Oiki, S. Yamada, K. Cellier, F. Gosti, F. Simonneau, T. Essah, P.A. Tester, M. Véry, A.A. Sentenac, H. Casse, F. 2003.** Functional analysis of AtHKT1 in *Arabidopsis* shows that Na⁺ recirculation by the phloem is crucial for salt tolerance, EMBO Journal, 22 (9): 2004-2014
- Boulghalagh J, Berich A, El Halouani H, Boukout 2006.** Effets du stress salin et hydrique sur la germination des graines de Jojoba. Proceeding du premier congré National Amélioration de la Production Agricole. Settat, les 16 et 17 mars 2006
- Brink M, Belay G. 2006.** Céréales et légumes secs, ressources végétales de l'Afrique tropicale. Fondation Prota, Wageningen, Pays-Bas. P:102
- Brun, A. 1981.** Mise au point bibliographique concernant l'étude des effets de la salinité sur les végétaux. Ann. Fac. Sci., 28: 59-84
- Camara, B. Sanogo, S. Cherif, M. et Kone, D. 2018.** Effet du stress salin sur la germination des graines de trois légumineuses (*Phaseolus vulgaris*, *Glyscin max* et *Vigna unguiculata*). J.Appl. Biosci. 124 : 12424-12432
- Carpenter, J.F. Crowe, L.M. et Arakawa, T. 1990.** Comparison of solute-induced protein stabilisation in aqueous solution and in the frozen and dried states. J. Dairy Sci. 73(12) : 3627-3633.

Chartzoulakis, k. and klapaki,G. 2000. Response of two greenhouse pepper hybrids to NaCl salinity during different growth stages . *Scientia horticulturae*, 86 (3) :p . 247-260.Available on : <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304423800001515>

Chartzoulakis K, K lapaki G 2002. Reponse oftwo green house pepper hybrids to NaCl salinity during different growth stages. *Sci. H ortic.* 86:247-260.

Chaves. M., Pereira. J. S.,2003. Understanding plant responses to drought-from genes to the whole. *Funct. Plant. Bio*, 30: 239-264.

Cieslarová J, Smýkal P, Dočkalová Z, Hanáček P, Prochazka S, Hýbl M, Griga M. 2011. Molecular evidence of genetic diversity changes in pea (*Pisum sativum L.*) germplasm after long-term maintenance. *Genetic Resources and Crop Evolution*. 58: 439–451.

Cokkizgin A., Notulae Not. Bot. Horti. Agrobo. 40 2012. 177.

Cousin R., 1996. Le pois variabilité, objectif de sélection. Inra station de génétique et d'amélioration des plantes-versailles. 6p. Disponible sur : http://www7.inra.fr/lecourrier/wp-content/.../Sauve-qui-peut-n°8_Cousin.pdf

Cornillon, P. et Palloix, A. 1995. Influence de la salinité et de la température du substrat sur la croissance et la nutrition du piment. *Fruits*, 50: 469-471

Daroui,E.A., Boukroute, A., Kouddane,N.-E., and Berrichi, A. 2013. Effet de la salinité sur la germination et la croissance in vitro du *Washingtonia filifera L.*Nature & Technology, 8 :p.32-38.Available on :<http://www.univ-chlef.dz/RevueNatec/Art8B05.Pdf>

Derkaoui, K.M, 2009. Les réponses morphologiques, physiologiques et anatomiques des racines de la tomate (*Solanum lycopersicum L.*) Vis-à-Vis du stress salin. Mémoire de Magistère en Biodiversité végétale méditerranéenne de l'Algérie occidentale, Université d'Oran, 80p

Dita, MA, N. Rispaïl, E. Prats, D. Rubiales, KB Singh 2006 .Approches biotechnologiques pour surmonter les contraintes de stress chez les légumineuses. *Euphytica* 147y:1-24.

DJOUDI Celia &SADALI Sadia. 2017. Effet de la marge sur la symbiose endomycorhizienne chez d'eux culture *Triticum secale* et *Pisum sativum* .

Dold, G. L., Donovan, A. 1999. Water potential and ionic effect on germination and seedling growth of two cold desert shrubs *American Journal of Botany*, 86: 1116-1153

Duc G., 1996 . Valeur alimentaire et usage des graines de légumineuses. Sauve qui peut n°8-INRA station de génétique et d'amélioration des plantes. 3p.

Elzebroek,T., and Wind ,K. 2008. Guide to cultivated plants.CAB International, oxfordshir ,UK, enzymology. New York;Academic press.(1);149-158

Fahad , S., Hussain,S., Matloob,A., et al., phytohormones and plant responses to salinity stress : a review. *Plant Growth Regulation*,2015.75 (2) :p.391-404.Availableon :<https://link.springer.com/article/10.1007/s10725-014-0013-y>

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

Ghrib C.D., Kchaou R., Gharbi F., L., Nejib Rejeb M., Euro. Journals Publishing, Inc. 50 2011. 208.

Graham, PH, CP Vance 2003. Légumineuses : importance et contraintes pour une plus grande utilisation. Plant Physiol., 131: 872-877

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.

Heldt, H., B. Piechulla 2011. La fixation de l'azote permet aux plantes d'utiliser l'azote de l'air pour leur croissance. Plante biochimie (quatrième édition) San Dieg: Academic press:307-322

Jabnoue, M. 2008. Adaptation des plantes à l'environnement : Stress salin. Presentation Power Point

Jones, H.G. Flowers, T.J. et Jones, M.B. 1989. Plants under stress. Univ. Cambridge. Breeding for abiotic. Stresses for sustainable agriculture. Phil. Trans. R. Soc. B., 363:

Levent Tuna, A., Kaya, C., Dikilitas, M., Yokas, I., Burun, B., Altunlu, H. 2007. Comparatives effects of variours salycilic acide deriviationives on key growth parameters and some enzyme activities in salinity stressed maize (*Zea mays*) plants Pak. J. Bot., 39(3) 787-798.

Levigneron, A., Lopez ,F., Vansuyt,G., Berthomieu, P.,Fourcroy ,P., and Casse-Delbart,F. 1995. Les plantes face au stress salin. Cahiers Agricultures, 4(4) : 263-273. Available on :<http://revues.cirat.fr/index.php/cahiers-agricultures/article/view/29899>

Levitt, J. 1980. Responses of plants to environnemental stresses. Vol. II, Water, radiation, Salt and other stresses. Acad. Press, New York, 3-211.

Mc Gee , R ,2002: USDA . ARS. Personal communication

Melouni DA, Olivia MA, Ruiz HA, Martinez CA 2001. Contribution of proline and inorganic solutes to osmotic adjustment in cotton under salt stess. J. Plant Nutr. 20: 599-612

Menacer, F. 2007 .Contribution à l'étude de l'effet de la salinité sur un marqueur biochimique, cas de la proline chez *Atriplex halimus L*. Et *A triplex conescens purch*

Michel. CG et al., 2005.Sols et environnement Dunod, Pris, Pp: 609; 612; 620.

Mohammed M, Shibi R, Ajouni M, Nimri L 1998. Tomato root and shot responses to salt stress under different levels of phosphors untrition. J. Plant Nutr. 21: 1667-1680.

Munns, R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. Plant Cell Environment, 25: 239-250.

Munns, R. 2005.Genes and salt tolerance: bringing them together. New Phytol. 167(3): 645-663

Munns. R., James.R A., Lauchli. R., 2006. Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cerels. Journal of Experimental Botany; 57 (5): 1025-1043

- Nedjimi B., Guit B. 2012.** “Les steppes algériennes : causes de déséquilibre”, Algerian j. Arid Environ., 2, 50-61.
- Nguyen,N.T. Moghaib, R.E.,Saneoka, H., and Fujita,k., 2004.** RAPD markes associated with salt tolerance in *acacia auriculiformis* and *Acacia mangium*. Plant science, **167(4)** : p. 797-805. Available on <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168945204002237>
- Okcu, G. Kaya, M.D. Et Atar, M. 2005 .** Effects of salt and drought stresses on germination and seedling growth of pea (*Pisum sativum L.*). Turk J Agric for., 29: 237- 242.
- Pointereau P., 2001.** Légumineuses : quels enjeux écologiques ? Courrier de l'environnement de l'INRA n°44 : 69 -72
- Prioul, S. Frankewitz, A. Deriot, G. Morin, G. Baranger, A. 2004.** Mapping of quantitative trait loci for resistance to *Mycosphaerella pinodes* in pea (*Pisum sativum*), at the seedling and adult plant stage. Theor Appl Genet, 108: 1322-1344. 4
- Saadallaha, K. Drevonb, J.J. Hajjic, M. and Abdellya, C. 2001a.** Genotypic variability for tolerance to salinity of N₂-fixing common bean (*Phaseolus vulgaris*). Agronomie, 21: 675-682
- Saadallaha, K. Drevonb, J.J. And Abdellya, C. 2001b.** Nodulation et croissance nodulaire chez le haricot (*Phaseolus vulgaris*) sous contrainte saline. Agronomie 21: 627-634
- Saidi, J. 2004.** Influence de la phase saline sur les propriétés physiques des matériaux Argileux du bas Cheliff. Thèse de Doctorat d'Etat en Science Agronomiques. Spécialité Science du sol.181p
- Shannon, M.C. Grieve, C.M. 1999.** Tolerance of vegetable crops to salinity. Sci. Hortic., 78:5-38
- Slama, A.D. Afifi, W.M. Mousa A.Z. et Shams El Din. 1992.** Biochemical study on the effect of salinity on cucumber seedlings. Annals Agric. Sci. Ain Shams Univ. Cairo., 37(2): 339-349
- Smith FW, Rae AL, Hawkesford JM. 2000.** Molecular mechanisms of phosphate and sulphate transport in plants. Biochimica et Biophysica Acta 1465; 236-245.
- Smykal, P., G. Aubert, J. Burstin, CJ Coyne, N. Ellis, A. Flavell, R. Ford, M. Hybl, J. Macas, P. Neumann, K. Mcphee, R.Redden; D.Rubiales, J.Weller, T.Warkentin 2012.** Le pois (*Pisum sativum L.*) à l'ère génomique. Agro., 2y:74-115.
- Sosa L, Reginato M, Reinoso H, Luna V. 2002.** Efectos de cloruro y sulfato de Na sobre el crecimiento de plantulas de *Prosopis strombulifera*. Actas XI Reunion Latinoamericana de Fisiologia Vegetal. Punta del Este, Uruguay, 22-25 October 2002.
- Szablocs, I. 1994.** Prospects of soil salinity for the 21 st century trans. Int cong of soil sc, 123-141.
- Tester, M. et Davenport, R.J. 2003.** Na⁺ tolerance and Na⁺ transport in higher plants. Ann. Bot. Lond., 91 (5): 503-527
- Tognite F.M., 2012.** Implémentation et évaluation du modèle de culture de pois (*Pisum sativum L.*) AFISOL sous la plate-forme logicielle RECORD. Mémoire master UMR. 25p.

Yeo , A. and Flowers, T ., Varietal differences in the toxicity of sodium ions in rice leaves .
Physiologia plantarum, **1983**.59 (2) :p : 189-195. Available on:
[http ://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1399-3054.1983.tb00756.x/full](http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1399-3054.1983.tb00756.x/full)

Yoshida, K. 2002. Plant biotechnology genetic engineering to enhance plant salt tolerance. J.
Biosci. Bioeng., 94: 585-590

Zohariy, D., and Hopf, M . 1988. Domestication of plants in the old world, Oxford Univ.
press. Oxford, U.K.

ANNEXE

ANNEXE

Analyse statistique sous le logiciel R

Effet des sels sur le TG% :

Effet de la première pression -0,4MPa sur le TG% (Anova à un facteur)

```
RGui (32-bit) - [R Console]
Fichier Edition Voir Misc Packages Fenêtres Aide
[Icons]
> reg.aov=lm(tg~sel)
> anova(reg.aov)
Analysis of Variance Table

Response: tg
      Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
sel      4 111.22  27.8056   5.6452 0.001294 **
Residuals 35 172.39   4.9256
---

```

Les groupes homogènes de la pression -0,4Mpa (Newman et keuls)

```
$comparison
NULL

$groups
      tg groups
ka 100.00000    a
Na 100.00000    a
Naa 100.00000   a
t  100.00000    a
Ca  95.83125    b

attr(,"class")
[1] "group"
> |

```

Effet de la première pression -0,8MPa sur le TG% (Anova à un facteur)

```
> reg.aov=lm(tg~sel)
> anova(reg.aov)
Analysis of Variance Table

Response: tg
      Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
sel      4 13927.5   3481.9  33.237 1.788e-11 ***
Residuals 35  3666.5    104.8
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

Les groupes homogènes de la pression -0,8Mpa (Newman et keuls)

```
$comparison
NULL

$groups
      tg groups
kb 100.00000    a
Nb 100.00000    a
t  100.00000    a
Nab 65.03625    b
Cb  59.16375    b

attr(,"class")
[1] "group"
> |
```

Effet de la première pression -1MPa sur le TG% (Anova à un facteur)

```
> reg.aov=lm(tg~sel)
> anova(reg.aov)
Analysis of Variance Table

Response: tg
      Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
sel      4  26726   6681.4  68.218 4.926e-16 ***
Residuals 35   3428    97.9
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

Les groupes homogène de la pression -1MPa (Anova a un facreur)

```
$comparison
NULL

$groups
      tg groups
t  100.00000   a
kc  91.66375  ab
Nc  81.66125   b
Nac 49.16375   c
Cc  32.50000   d

attr(,"class")
[1] "group"
> |
```

Effet de la première pression -1,2MPa sur le TG% (Anova à un facteur)

```
| > reg.aov=lm(tg~sel)
> anova(reg.aov)
Analysis of Variance Table

Response: tg
      Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
sel      4  55584 13896.1  203.63 < 2.2e-16 ***
Residuals 35   2389    68.2
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

Les groupes homogènes de la pression -1,2MPa (Anova a un facreur)

```
$comparison
NULL

$groups
      tg groups
t  100.00000   a
kd  97.49875   a
Nd  69.16375   b
Nad 43.33000   c
Cd   0.00000   d

attr(,"class")
[1] "group"
> |
```

Effet de la première pression -1,5MPa sur le TG% (Anova à un facteur)

```
> reg.aov=lm(tg~sel)
> anova(reg.aov)
Analysis of Variance Table

Response: tg
          Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
sel         4  44017 11004.3   134.38 < 2.2e-16 ***
Residuals  35   2866    81.9
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
'. . . . .
'. . . . .
```

Les groupes homogènes de la pression -1,5MPa (Anova a un facreur)

```
$comparison
NULL

$groups
      tg groups
t  100.00000  a
kf  26.66375  b
Naf 21.66500  b
Nf  18.33000  b
Cf   0.00000  c
```

Effet de la première pression -1,9MPa sur le TG% (Anova à un facteur)

|

```
> reg.aov=lm(tg~sel)
> anova(reg.aov)
Analysis of Variance Table

Response: tg
          Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
sel         4  47690 11922.6   229.02 < 2.2e-16 ***
Residuals  35   1822    52.1
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
'. . . . .
'. . . . .
```

Les groupes homogènes de la pression -1,9MPa (Anova a un facteur)

```
$comparison
NULL

$groups
      tg groups
t  100.00000   a
ke  56.45625   b
Ne  53.32875   b
Nae 28.12250   c
Ce   0.00000   d

attr(,"class")
[1] "group"
> |
```

Effet des sels sur le TMG :

Effet de la première pression -0,4MPa sur le TMG (Anova à un facteur)

```
| > reg.aov=lm(tg~sel)
> anova(reg.aov)
Analysis of Variance Table

Response: tg
      Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
sel      4  47690 11922.6  229.02 < 2.2e-16 ***
Residuals 35   1822    52.1
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

Les groupes homogènes de la pression -0,4Mpa (Newman et keuls)

```
$comparison
NULL

$groups
      tmg groups
t   2.60375   a
Ca  2.23625   b
Naa 2.07250   c
Na  2.05000   c
ka  2.00000   c

attr(,"class")
[1] "group"
. |
```

Effet de la première pression -0,8MPa sur le TMG (Anova à un facteur)

```
> reg.aov=lm(tmg~sel)
> anova(reg.aov)
Analysis of Variance Table

Response: tmg
          Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
sel         4 31.4870   7.8718  131.11 < 2.2e-16 ***
Residuals 35  2.1013   0.0600
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

Les groupes homogènes de la pression -0,8Mpa (Newman et keuls)

```
$comparison
NULL

$groups
      tmg groups
Cb  5.06875    a
Nab 4.28625    b
Nb  4.04125    b
kb  3.02500    c
t   2.60375    d

attr(,"class")
[1] "group"
> |
```

Effet de la première pression -1MPa sur le TMG (Anova à un facteur)

```
> reg.aov=lm(tmg~sels)
> anova(reg.aov)
Analysis of Variance Table

Response: tmg
          Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
sels         4 24.345   6.0862   3.1869 0.02473 *
Residuals 35 66.842   1.9098
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

Les groupes homogènes de la pression -1Mpa (Newman et keuls)

```
$comparison
NULL

$groups
      tmg groups
Cc  4.68750    a
Nac 4.66500    a
kc  4.40750    a
Nc  4.33000    a
t   2.60375    b

attr(,"class")
[1] "group"
> |
```

Effet de la première pression -1,2MPa sur le TMG (Anova à un facteur)

```
> reg.aov=lm(tmg~sls)
> anova(reg.aov)
Analysis of Variance Table

Response: tmg
      Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
sls      4  73.531  18.3827   227.34 < 2.2e-16 ***
Residuals 35   2.830   0.0809
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

Les groupes homogènes de la pression -1,2Mpa (Newman et keuls)

```
$comparison
NULL

$groups
      tmg groups
Nad 4.18250    a
Nd  2.83375    b
t   2.60375    b
kd  2.23000    c
Cd  0.00000    d

attr(,"class")
[1] "group"
> |
```

Effet de la première pression -1,5MPa sur le TMG (Anova à un facteur)

```
> reg.aov=lm(tmg~sls)
>
> anova(reg.aov)
Analysis of Variance Table

Response: tmg
      Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
sls     4 157.115   39.279   32.736 2.2e-11 ***
Residuals 35  41.995    1.200
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

Les groupes homogènes de la pression -1,5Mpa (Newman et keuls)

```
$comparison
NULL

$groups
      tmg groups
Nae 5.55125    a
ke  4.78250    a
Ne  4.36125    a
t   2.60375    b
Ce  0.00000    c

attr(,"class")
[1] "group"
> |
```

Effet de la première pression -1,9MPa sur le TMG (Anova à un facteur)

```
> reg.aov=lm(tmg~dose)
> anova(reg.aov)
Analysis of Variance Table

Response: tmg
      Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
dose     4 176.794   44.198  183.36 < 2.2e-16 ***
Residuals 35   8.437    0.241
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

Les groupes homogènes de la pression -1,9Mpa (Newman et keuls)

```
$comparison
NULL

$groups
      tmg groups
Naf 6.22500    a
Nf  4.77000    b
kf  3.64375    c
t   2.60375    d
Cf  0.00000    e

attr(,"class")
[1] "group"
```

Effet des sels sur la croissance :

Effet de la première pression -0,4MPa sur la croissance (Anova à un facteur)

```
> reg.aov=lm(long~sel)
> anova(reg.aov)
Analysis of Variance Table

Response: long
      Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
sel      2 3650.8  1825.41  128.18 < 2.2e-16 ***
Residuals 189 2691.6    14.24
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
> library(corrplot)
```

Les groupes homogènes de la pression -0,4Mpa (Newman et keuls)

```
$comparison
NULL

$groups
      long groups
t  13.653125    a
ka 11.178125    b
na  3.417187    c

attr(,"class")
[1] "group"
```

Effet de la première pression -1,2MPa sur la croissance (Anova à un facteur)

```
> reg.aov=lm(long~sel)
> library(agricolae)
> anova(reg.aov)
Analysis of Variance Table

Response: long
          Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
sel         2  6160.4  3080.18   313.24 < 2.2e-16 ***
Residuals 189  1858.5     9.83
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

Les groupes homogènes de la pression -1,2Mpa (Newman et keuls)

```
$comparison
NULL

$groups
      long groups
t  13.653125     a
kd   3.168750     b
nd   0.540625     c
```

Effet des sels sur le TE% :

Effet de la première pression -0,4MPa sur le TE% (Anova à un facteur)

```
> reg.aov=lm(te~sel)
> anova(reg.aov)
Analysis of Variance Table

Response: te
          Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
sel         2 14470.6  7235.3   222.24 < 2.2e-16 ***
Residuals 189  6153.2    32.6
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
\ library(agricolae)
```

Les groupes homogènes de la pression -0,4Mpa (Newman et keuls)

```
$comparison
NULL

$groups
      te groups
t  80.61206    a
ka 77.23600    b
na 60.74143    c

attr(,"class")
[1] "group"
\ |
```

Effet de la première pression -1,2MPa sur le TE% (Anova à un facteur)

```
> reg.aov=lm(te~sel)
> anova(reg.aov)
Analysis of Variance Table

Response: te
      Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
sel      2  41446  20722.8   572.13 < 2.2e-16 ***
Residuals 189    6846     36.2
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
\ |
```

Les groupes homogènes de la pression -1,2Mpa (Newman et keuls)

```
$comparison
NULL

$groups
      te groups
t  80.61206    a
kd 53.23036    b
nd 46.69586    c

attr(,"class")
[1] "group"
\ |
```